

*Allgemeine zoologie, oder
Grundgesetze des thierischen ...*

Heinrich Alexander Pagenstecher



EX LIBRIS

BIOLOGY
LIBRARY
G

Allgemeine Zoologie

oder

Grundgesetze des thierischen Baus und Lebens

von

H. Aléxander Pagenstecher

Med. u. Phil. Dr., weil. ord. öff. Professor der Zoologie, der Paläontologie und der landwirthschaftlichen Thierlehre,
Director des Zoologisch-Zootomischen Instituts und Museums, des Museums für Paläontologie und des Instituts
und Museums für landwirthschaftliche Thierlehre an der Universität Heidelberg.

Dritter Theil.

Mit 194 Holzschnitten.



Berlin.

Verlag von Wiegand, Hempel & Parey.

Verlagsbuchhandlung für Landwirtschaft, Gartenbau und Forstwesen.

1878.

QL 42
P 23
V. 3
BIOLOGY
LIBRARY
G

Verfasser und Verleger behalten sich das Uebersetzungsrecht vor.

PO 3110
ANNONIAO

Vorwort.

Indem ich in diesem Bande das Kapitel von der Athmung mit Einschluss auch derjenigen Stimmbildungen, welche mit jener nicht in direkter Verbindung stehen, abgeschlossen vorlege, erbitte ich demselben eine freundliche Aufnahme und hoffe, es werde die ausführliche Behandlung aus der physiologischen Wichtigkeit des Gegenstandes und der Fülle der in Betracht kommenden Einrichtungen gerechtfertigt erachtet werden.

Heidelberg, 22. Juli 1878.

Der Verfasser.

Inhalt.

IV. Buch: Organisation und Funktionen der Thiere. Organe des vegetativen Lebens (Fortsetzung).

Athmung.

	Seite
Allgemeines	1
Infusorien	10
Schwämme und Coelenteraten	15
Würmer	26
Cestoden und Trematoden	—
Turbellarien	27
Malacobdellen und Hirudineen	28
Sagitta	30
Gephyreen	—
Phoronis	33
Polygordius	34
Balanoglossus	34
Anneliden	37
Räderthiere	53
Arthropoden	—
Crustaceen	54
Copepoden	57
Rhizocephalen und Cirripedien	58
Ostracoden	61
Phyllopoden	63
Xiphosuren	66
Edriophthalme Malakostraken	67
Lämöpoden sammt Pycnogoniden	—
Amphipoden	68
Isopoden	70
Deren Luftathmung	75
Podophthalme Malakostraken	76
Stomatopoden	—
Diastyliden	78
Schizopoden	—
Nebaliden	79
Decapoden	80

	Seite
Peripatiden (und Pentastomiden)	99
Myriapoden	102
Insekten	108
Deren Tracheenkiemen	121
Deren Stimme	133
Arachnoiden	144
Bryozoen	156
Tunicaten	156
Brachiopoden	161
Mollusken	164
Gastropoden	165
Pteropoden	201
Heteropoden	204
Dentaliiden	205
Lamellibranchien	207
Cephalopoden	218
Wirbelthiere	223
Fische	224
Amphioxus	225
Cyclostomen	229
Selachier	234
Holocephale	241
Ganoide	—
Dipnoische	245
Knochenfische	246
Accessorische Athemeinrichtungen derselben	253
Schwimmlase	256
Darmathmung	273
Stimmen der Fische	274
Amphibien	278
Innere Kiemen der Larven	279
Aeussere Kiemen der Larven	280
Verhalten in besonderer Brutpflege	286
Perenniren der Kiemen	291
Metamorphose der Kiemenbogen	297
Embryonale Athmung der Caecilien	299
Lungen	301
Luftröhre und Stimmlade	303
Nasengänge und Mechanik der Athmung	309
Besondere Stimmittel und Stimme	310
Reptile	313
Schlangen	313
Eidechsen	319
Krokodile	323
Schildkröten	329
Vögel	336
Lungen	—
Luftsäcke und Mechanik der Athmung	338
Luftröhre	346
Oberer Kehlkopf	352

	<u>Seite</u>
<u>Unterer Kehlkopf</u>	<u>355</u>
<u>Stimmbildung</u>	<u>364</u>
<u>Nasengänge</u>	<u>374</u>
<u>Säuger</u>	<u>377</u>
<u> Lungen</u>	<u>—</u>
<u> Luftröhre</u>	<u>381</u>
<u> Kehlkopf</u>	<u>385</u>
<u> Stimmverstärkungsapparate</u>	<u>392</u>
<u> Stimmbildung</u>	<u>394</u>
<u> Mechanik der Athmung</u>	<u>396</u>
<u> Pleura</u>	<u>400</u>
<u> Maass und Zahl der Athemzüge</u>	<u>402</u>
<u> Nasengänge</u>	<u>408</u>
<u> Darm- und Hautathmung</u>	<u>411</u>
<u> Effect der Athmung, Eigenwärme</u>	<u>412</u>

Athmung.

Als Athmung, Respiratio, der thierischen Körper können wir deren gesammten Gasaustausch mit der Umgebung verstehen.

Die dabei stattfindenden Vorgänge konnten erst in derjenigen Zeit richtig erfasst werden, als man die Gase unterscheiden lernte und den Vorgang der Verbrennung begriff. Das gewonnene Verständniss ist andererseits am meisten maassgebend gewesen für die Anwendung der an Anorganischem erkannten Gesetze auf die Erklärung oder Beschreibung des organischen Lebens.

Auch die Organe, welche der Athmung der Thiere dienen, sind zum Theil erst spät verstanden worden.

Die Hauptpunkte der geschichtlichen Entwicklung dieser Kenntnisse sind die folgenden.

Das Bedürfniss für Menschen und höhere Thiere war den alten Griechen klar. Wenngleich man den Tod aus Erstickung unter gewissen Umständen dem Eintritt von Wasser in die Luftwege zuschrieb, so kannten doch z. B. schon früh griechische Aerzte den Luftröhrenschnitt als unter anderen Verhältnissen rettend. Asclepiades, welcher für diese Operation berühmt war, brachte im letzten Jahrhundert vor Christus sie nur wieder in Uebung. Auch verstand schon Plato den physikalischen Vorgang beim Einathmen nach dem Principe des luftverdünnten Raumes und des Blasbalges. Wenn Hippokrates die Athmung unter die Nahrungsaufnahme stellte, so geschah das allerdings nicht in voreilem Verständniss der Athmung als eines Theils der Ernährung in weiterem Sinne; sondern auf die auch bei Plato vorkommende, wohl aus schaumigem Luftröhreninhalt abgeleitete Meinung, dass die Lunge einen Theil des Getränkes aufnehme.

Der Zusammenhang der Athmung mit Zufuhr des Lebensstoffs, πνεῦμα, und zwar des von Erasistratus nach Erkenntniss des Nervenursprunges im Gehirn vom ψυχικόν unterschiedenen πνεῦμα ζωτικόν, spiritus vitalis, und mit der thierischen Wärme schwebte überall vor. Aber jenes πνεῦμα

war ein philosophisches Problem und über den Wärmeeffekt der Athmung standen die Meinungen diametral. Einige dachten mehr daran, dass Leichenkälte mit Aufhören der Athmung zusammenfalle, Andere daran, dass ausgeathmete Luft eine Wärme besitze, welche sie nur vom Körper empfangen haben könne. Jenen schien das Athmen den Körper zu erwärmen, diesen ihn abzukühlen, da doch so leicht der Vergleich mit einem Feuerherde aufgeklärt hätte.

Auf der Seite derjenigen, welche die Abkühlung des Blutes in den Lungen betouten, hob Aristoteles hervor, dass hierfür die Kiemen der Fische gleich wie die Lungen wirkten. Er erachtete diese zwei Arten von Organen für Athmung einander vollständig vertretend und ausschliessend. Von der Wasseraufnahme in Athmung der Fische mit solchem abkühlenden Effekte unterschied er als nicht zur Athmung gehörig die der Wale, welche eingenommenes Wasser nicht durch Kiemen, sondern durch ein Spritzloch ausstossen und die auch zur Nahrungsaufnahme dienende von Mollusken und Krebsen. Indem er sagte, dass zur Seite kiemenähnlicher Füsse bei den Krebsen Wasser aufgenommen werde, scheint er ebenso wenig diesen Füssen eine Athemfunktion zugeschrieben als damit die wirklichen, versteckten Kiemen gemeint zu haben.

Bei den Insekten sprach Aristoteles zwar von Tonbildung durch innere Luft, jedoch unterschied er solche von der Stimmbildung der Luftathmer und sagte gradezu, dass Insekten nicht athmen. Demnach erkannte er nur eine Athmung durch den Mund an.

Galenus, indem er den Unterschied venösen und arteriellen Blutes in Verhältnisse zu Herz und Lungen so begriff, wie es von Theophilus aufgenommen, 1553 von dem unglücklichen Servet reiflicher durchdacht, endlich 1628 von Harvey bewiesen und zum Gemeingut gemacht wurde, stellte sich das Blut als Nahrung einer wärmenden Flamme, die eingeathmete Luft als deren Erhalter, immer aber wesentlich als abkühlend vor, die Ausathmung als Ausleerung unreiner Stoffe, ähnlich dem Russe des Feuers.

Deutlicher vertrat den Vergleich des Luftbedürfnisses für thierisches Leben mit dem für Verbrennung im sechszehnten Jahrhundert Paracelsus, die Abkühlungstheorie Descartes, auch Swammerdam. In der ersten Hälfte des nächsten Jahrhunderts fand von Helmont, dass die Kohlensäure, sein Waldgas, nicht athembar sei, vielmehr tödte. Für das Leben erschien fortan nicht Luft überhaupt, sondern Luft einer bestimmten Beschaffenheit nöthig, wie das die Wirkung der Stickluft in Gruben und Grotten bestätigte.

Unterdessen entwickelte sich einige Kenntniss der baulichen Verschiedenheit der Athemorgane. Gaza, Uebertrager des Aristoteles um Mitte des fünfzehnten Jahrhunderts und Rondelet, einer der frühesten und

selbständigsten zoologischen Schriftsteller in der Renaissance unserer Wissenschaft um ein Jahrhundert später, fassten die Aeusserungen des Aristoteles dahin, als habe er thatsächlich den Krebsen Kiemen zugeschrieben. Malpighi entdeckte 1669 die Athemöffnungen an den Seiten der Insekten, zunächst des Seidenspinners, und es lag die Deutung solcher um so näher, als das auf ihnen sitzende Röhrensystem mit seiner Verstärkung in elastischen Ringen an die Luftröhre, Trachea, der Wirbelthiere und deren Aeste, die Bronchi, erinnerte. So erhielt dasselbe selbst den Namen der Tracheen. Swammerdam dehnte bald den Nachweis dieser Organe auf die Larven mehrerer Insekten aus und beschrieb die Athmungseinrichtungen der Froschlurven und der Schnecken. So waren die Hauptkategorien von Athmungsorganen vor etwa zweihundert Jahren bekannt.

Boyle und Joh. Bernoulli setzten dann niedere Thiere unter die Luftpumpe oder in der Luft beraubtes Wasser und bewiesen deren Luftbedürfniss. Mayow, ein früh verstorbener Schüler von Boyle, zeigte 1688, dass es ein besonderer Bestandtheil der atmosphärischen Luft sei, welcher, zur Erhaltung der Flamme und des Lebens nöthig, in beiden verzehrt, die Wärme erzeuge und dass die Luft im Athemgeschäfte dem Blute Dünste, Gase abnehme. Sein viel versprechender Gedanke blieb ein weiteres Jahrhundert fast unwirksam und beispielsweise waren dem grossen Alb. v. Haller die Verschiedenheiten der eingeathmeten und der ausgeathmeten Luft noch wenig klar. Auch suchte Cigna, welcher 1759 nicht allein wie Andere wusste, dass Luft schwarzes Blut röthe, sondern auch, dass Luft, welche der Athmung bereits gedient hatte, in ähnlicher Weise schädlich wirke, wie unathembare, mephitische Gase, den Nutzen der Lungen nur in Abgabe von Dämpfen aus dem Blute, in Abkühlung und in Herstellung eines Druckgleichgewichtes zwischen Innen und Aussen.

Erst Hewson trat dem Gedanken wieder näher, dass die Luft in den Lungen zersetzt werde. Aus Erde und Salpetergeist bestehend, gebe sie dem Blute etwas aus sich ab und röthe es gleich dem Salpeter selbst. Black fand 1757, dass die ausgeathmete Luft, und Bergmann 1774, dass überhaupt atmosphärische Luft von dem, was letzterer wegen der Gegenwart in festen Körpern, Kreide und Magnesia, fixe Luft genannt hatte, dem früheren Waldgas, ein Weniges neben der vitalen und der vitiösen Luft, ihren überwiegenden Bestandtheilen enthalte.

Von 1771 an bewies Priestley, vorzüglich durch mancherlei Versuche mit Gasen, dass Pflanzen in der durch brennende Lichter, Athmen, Fäulniss verdorbenen Luft zu leben und dieselbe zu guter Beschaffenheit zurückzuführen vermöchten. Franklin verstand das so, dass die Pflanzen dieser Luft etwas wegnähmen. Er erkannte darin die Ordnung organischer Schöpfung und das Sanitärische. Priestley bearbeitete weiter die Ver-

minderung der atmosphärischen Luft durch oxydierende Körper und die Gewichtsvermehrung an letzteren. Er benannte die Luftart, welche dabei übergehe, den Sauerstoff, als dephlogistizirte, die übrig bleibende, den Stickstoff, als phlogistische. Durch Lavoisier kam es dann zu einem vollen Verständniss der atmosphärischen Luft als in der Hauptsache eines Gemenges zweier Gase, des Sauerstoffs und Stickstoffs, der Fähigkeit des ersteren zur Herstellung von Verbindungen auch mit dem Kohlenstoff und so der Athmung als einer Verbrennung von Kohlenstoff zu Kohlensäure, später auch von Wasserstoff zu Wasser vermittelt des dem Körper in der Luft zugeführten Sauerstoffs.

Nachdem Scheele und Vauquelin bewiesen hatten, dass Insekten und Mollusken ebenso die Luft verbrauchen, wie Wirbelthiere, auch die Zusammensetzung des Wassers gefunden war, wurde die Frage möglich, ob Wasserthiere durch Zerlegung des Wassers ihren Sauerstoffbedarf decken könnten. Die Untersuchungen von Spallanzani, Humphrey Davy und 1809 von A. von Humboldt und Provençal stellten fest, dass das nicht der Fall sei und nur die in das Wasser aufgenommene Luft dem Athemgeschäft den prozentualisch in ihr reichlicheren Sauerstoff gewähre.

Wie somit frei lebende Thiere sich unter allen Umständen bedürftig zeigten des chemisch nicht gebundenen Sauerstoffs und als Ausathmer von Kohlensäure, abhängig von der Zufuhr frischer Luft für ihr Dasein, allerdings mit ungleichem Maasse, so ergaben Gleiches für ungeborene Embryonen die an Vorarbeiten von Mayow und Réaumur anknüpfenden Untersuchungen von Paris, Bischoff, Prevost und Dumas in den Jahren 1820 bis 1827. Einverleibung von Sauerstoff, Ausscheidung von Kohlensäure, also Abgabe von Kohlenstoff in Athmung erschienen als unerlässliche Lebensfunktionen thierischer Organismen. Man unterwarf die Gase der Wägung und brachte sie in Rechnung in exakten Untersuchungen über den Stoffwechsel.

Vor einem halben Jahrhundert stellte Johannes Müller in seinem Lehrbuche der Physiologie das Gemeinschaftliche und die Gliederung der Organe der Athmung dar, wie sie sich aus wimperloser oder wimpernder Hautfläche niederer Thiere entwickeln in Oberflächenvermehrung, nach innen in sackförmigen Höhlen, den Lungen, oder Röhrensystemen, Tracheen, und nach aussen in Kiemen denkbar verschiedenster Form, ohne scharfe Trennung dieser zwei Kategorien.

In Thieren mit stärkerer Differenzirung in Organen und Funktionen ist die Athmung ein Vorgang besonderer Art. Sie ist gut umschreibbar; es ordnen sich Theilvorgänge in ihr gänzlich zusammen, die diätetischen Organe lassen sich nach jenen zwei hauptsächlichsten Prinzipien klassifiziren, leisten Effekte von ausgezeichneter Bedeutung und nehmen diese ganz oder wesentlich auf sich. Theoretisch würden dabei solche Organe nichts als die

Athmung und die ganze Athmung besorgen. Selbst bei den höchsten Thieren geht jedoch der Vorgang nicht in so scharfer Sonderung und so rein vor sich. Es kombiniren sich Arbeiten für Athmung mit solchen, welche für letztere nicht integrirend sind. Zwar bleibt gewissen Organen vorzugsweise die Gasathmung aber nicht ganz und gar; sie verdienen nur relativ den Namen der Athemorgane. Bei niedrig stehenden oder unreifen tritt die einzelne Funktion noch weniger deutlich oder gar nicht aus der Gesamtarbeit in Ernährung und Stoffwechsel hervor, oder es giebt eine Gemeinschaft wenn auch besonderer Leistungen, in welcher keine der letzteren so überwiegt, dass sie über den Namen der Organe absolut entscheiden könnte; die physiologische Unterscheidbarkeit gesellt sich nicht der morphologischen.

Der Grundvorgang der Athmung, die Aufnahme von Sauerstoff und die Abgabe von Kohlensäure, welchen bei Athmung in der Luft sich in der Regel Abgabe von Wasserdampf gesellt, ist eine Konsequenz aus physikalischen und chemischen Eigenschaften mit einander in Berührung kommender Körper und muss zunächst unabhängig gedacht werden von sonst geleisteter Arbeit, von Innervation, von psychischer Thätigkeit. Das zu athmende Medium, die atmosphärische oder die von Wasser absorbirte Luft begegnet den Oberflächen thierischer Organismen, welche selbst durchtränkt oder durchströmt sind von Flüssigkeiten. Gleich dem Wasser vermögen diese Sauerstoff in einem günstigeren Verhältnisse zum Stickstoffe aufzunehmen, als die atmosphärische Luft es bietet. Sie enthalten auch Substanzen in Lösung und Suspension, welche den Sauerstoff in ausgezeichneter Weise annehmen. Die lebendige Thiersubstanz bereitet stets Kohlensäure und hat theils aus Zersetzung organischer Nahrung gebildetes, theils in Substanz aufgenommenes und durch die Athmungswärme verdampftes Wasser zur Verfügung. Andererseits wird der Wasserdampf in der Atmosphäre zeitweise kondensirt und niedergeschlagen. Dadurch wird die Luft gewaschen, die Kohlensäure mit den Niederschlägen der Erde zugeführt. Hier wird letztere von den Pflanzen aufgenommen und in Aufbau organischer Substanz unter Freimachung von Sauerstoff verwendet. So stellt die Luft den Thieren stets Sauerstoff zur Verfügung und ist im Stande ihnen Kohlensäure und Wasserdampf abzunehmen. Eine einfache Exposition thierischer Flächen an die Luft oder lufthaltiges Wasser genügt einem gewissen Grade thierischen Lebens für die Athmung; für dessen Minimum bedarf es einer besonderen Athemarbeit nicht.

Der Gasaustausch ist dabei keineswegs nur Abgabe von Kohlensäure und Wasserdampf gegen Aufnahme von Sauerstoff oder unter allen Umständen derselbe. Erhalten Athemluft und Athemwasser neben Sauerstoff und statt seiner für das Athemgeschäft unwirksame oder feindliche Gase, so ist deren Einathmung nicht ausgeschlossen. Die nachhaltige Gefahr der

Einathmung von Kohlenoxydgas beruht auf der Schwierigkeit der Wiederausathmung desselben. Bei starkem Gehalt der Athemluft an Kohlensäure kann die Ausathmung derselben sich mindern, verlieren, sich gegen Einnahme vertauschen. Manche durch Einathmung oder auf anderem Wege eingebrachte Körper, Chloroform, Alkohol, können längere Zeit in der ausgeathmeten Luft wahrgenommen werden. Dieselbe enthält unter Umständen auch geringe Mengen von Ammoniak. Für Alles, was hier geschieht, ist maassgebend die Setzung der Gase ins Gleichgewicht gemäss dem Dalton'schen Gesetz in den Formen, welche bedingt werden durch die besonderen Energieen der Gewebe. Diese aber kommen dabei nicht in Rechnung als etwas Ständiges, sondern als in den Veränderungen stehend, welche das Leben ausmachen.

Erst an zweiter Stelle wirken mit die besonderen Funktionen mesodermaler Gewebe, der Muskeln und, soweit sie dahin gehören, der Nerven.

Wie ein Thier im Ganzen seine Gase mit der Atmosphäre austauscht, in äusserer Athmung, so jeder Theil des Leibes die seinigen mit den benachbarten Theilen in innerer Athmung. In diesem Sinne kann man eine Strömung austretender Gase vom Centrum gegen die Oberfläche, eine der eintretenden in umgekehrter Richtung annehmen. Bewegungen der festen Theile, mehr solche flüssiger können die Gasbewegung unterstützen. Einfachste Organismen machen bald diesen, bald jenen Antheil ihrer Substanz zur athmenden Oberfläche und einen andern wechselnd zum bewegten Blute. In Organismen mit ständiger Oberfläche kann die Verschiebung der Theile unter dieser Oberfläche, die Ausstreckung bald in dieser, bald in jener Richtung den Weg, welchen die Gase zurückzulegen haben, bald dem einen Theile, bald dem anderen zum Nutzen abkürzen. Das geschieht mit dem meisten Vortheile, wenn besonders rascher Athmung fähige Gewebe in Bewegung hin und her einmal den athembaren Medien, das andere Mal den verbrauchenden, athembedürftigen, in ihrer versteckteren Lage selbst nicht veränderlichen Theilen genähert werden. So sind Lymphe und Blut Träger der Gase von und zu den Geweben. Sind die Säfte des Körpers nicht vollkommen von der Aussenwelt abgeschlossen, stehen die Höhlungen des Coeloms, der Gefässe dem Wasser offen, so mehrt sich die Gelegenheit zum Gaswechsel unter Gefahr der Integrität des Körpers in Bestandtheilen und anderen Leistungen, besonders in Blut und Lymphe, doch auch in Verdauungshöhlen.

Die äussere Athmung leisten die oberflächlichsten Gewebslagen, die Epithelien. Sie kommen dabei in Betracht mit allen ihnen möglichen Arten des Vorkommens und der Gestalt, in Ektoderm, Endoderm und Auskleidung zugängiger Spalträume, als Pflasterepithelien, Cylinderepithelien, Flimmerepithelien, auch in Befestigung durch Verhornung und Chitinausscheidung.

Wo in sekundärem Epithelschwunde mesodermale Hautskelete freiliegen, ist gemäss deren Natur der Austausch mit der Umgebung minimal.

Der Grad der Athemfähigkeit der Epithelien hängt von der Beschaffenheit und der Zugängigkeit ab. Dabei dienliche Eigenschaften, Durchgängigkeit, Beweglichkeit der Substanz, Wimperausrüstung treten in Gegensatz mit der Solidifikation, mit welcher in anderer Richtung Epithelien und deren Produkte als Bewahrer der Gestalt und Schutz der Materie dem Thierkörper dienen.

Was die Abkunft betrifft, so nehmen Epithelzellen von nicht zu schwer veränderlicher Beschaffenheit, ohne Rücksicht auf ihre Abstammung, wenn sie nur irgendwie ausgesetzt sind, am Athemgeschäft Antheil. Die Stelle betreffend, kann das sowohl in äusserer Hautbekleidung als in innerer Auskleidung, in Zuthellung zu besonderen Athemorganen als ohne solche geschehen. Die Darmwand scheidet Gase aus, welche im Körper gebildet, und solche, welche von den Lungen aufgenommen waren. Sie nimmt auch deren auf und ist für den Gaswechsel keineswegs ohne Bedeutung. Einige Gase scheinen leichter durch die Darmwand auszutreten als durch Haut und Lungen. Die Wand einer Schwimmblase nimmt Gase auf und scheidet deren ab. In den Nieren treten mit dem Harn Gase aus. Wo in den Harnkanälchen Wasser zurückgenommen wird, geschieht das wohl nicht ohne darin enthaltene Gase. Gewisse mit der Athemluft aufgenommene riechende Substanzen treten am leichtesten mit dem Harne aus.

Andererseits kann man nicht zweifeln, dass umspülendes Wasser den spezifisch dem Athemgeschäfte dienenden Flächen nicht allein Gase abnehme, sondern auch lösliche Stoffe, anorganische Verbindungen, Harnbestandtheile und Aehnliches. Diffundibele und nicht diffundibele Körper werden ihre Qualitäten mit Rücksicht auf die Natur der Membranen, die Lösungsverhältnisse, den Druck überall geltend machen. Wie nicht spezifisch der Athmung dienende Organe und Funktionen eine Beimischung von Athmung haben, so hat die Athmung einen Antheil an weiterem Stoffwechsel. Die Vertheilung der Exkretion der Verbrauchsprodukte verschiedenen Aggregatzustandes und verschiedener chemischer Qualität auf besondere Organe ist nicht absolut. Spuren der ursprünglichen Gleichwerthigkeit der Epithelien erhalten sich auch in dieser Beziehung trotz der Differenzirung nach Abkunft, Lage, Gestalt und Funktion.

Bei der Verdauung war Nachdruck darauf zu legen, dass Ausscheidungen des Körpers sich der Nahrung beimischen und durch ihre Einwirkung deren Bewältigung und Aufnahme ermöglichen. Der Körper wagt Einiges von seinen Bestandtheilen, um Weiteres zu gewinnen. Selbst hierfür gibt es etwas Vergleichbares bei der Athmung. Die Durchtränkung der Gewebe, welche den Gaswechsel erleichtert, bringt Opfer mit sich, bei Luftathmern

an Wasserdampf, bei Wasserathmern an den in den Säften gelösten Substanzen.

Man hat somit Grund, sich für die Athmung in ihrer Gliederung als Stoff aufnehmende und Stoff abscheidende Aktion des Parallelismus mit den anderen Arbeiten im Stoffwechsel bewusst zu bleiben, in ihr nicht allein den Gegensatz der Sauerstoffaufnahme gegen alle andere Nahrungsaufnahme, der Ausscheidung von Kohlensäure gegen die von Harn, Galle, Schweiß u. s. w. zu sehen.

Bewegung des thierischen Körpers dient der Athmung theils direkt durch die veränderte Exposition der Theile, theils indirekt, indem sie sich auf das umgebende Medium überträgt. Dabei kann mehr die Bewegung des athembaren Mediums über das Thier weg, die des ganzen Thieres im Raume, die von Theilen an einem im Ganzen ruhenden oder minder bewegten Körper hervortreten.

In Körpern von unvollkommener Gewebsbildung kann solche Bewegung durch das Protoplasma, bei deutlicher Zellbildung durch die eigensten Hilfsmittel der Epithelzellen geleistet werden. Potenzirt geschieht das durch Wimpern in allgemeiner oder lokaler, immerwährender und gleichmässiger, oder rhythmischer, wechselnder Wimperung. Indem diese wenig umfängliche Körper ganz im Wasser umhertreibt und auf schwereren die Wassertheilchen in Bewegung setzt, stellt sie, wie in Erneuerung der Umgebung, so in Reinhaltung der athmenden Flächen günstigste Bedingungen für Wasserathmung. Sie genügt, so lange die exponirte Fläche im Verhältnisse zur Masse gross und die Entfernung eines jeden Substanztheilchens von der Oberfläche gering ist. Da die Epithelien der Haut, der Darmwand, der Coelomauskleidung, der Gefässe Wimpern haben können, steht dieses Mittel an den verschiedensten Stellen zur Verfügung. Am verbreitetsten und ausreichendsten findet es sich bei schwimmenden Jugendformen.

Wenn die Bewegungsarbeit bereits dem Mesoderm zufällt, treten feste Epithelausscheidungen, Muschelschalen, Decken und Trachealauskleidungen der Arthropoden und Aehnliches in den Dienst der Athmung, indem sie die Form der Theile bestimmen und durch ihre Elastizität zurückführen, den Muskeln Angriffspunkte für die Arbeit geben, besondere Athemkammern herstellen und andere mechanische Hilfsmittel für die Athmung ermöglichen. Die Verwendung der Epithelien zu Solchem schliesst die Wimperarbeit an den betreffenden Stellen nicht absolut für den ganzen Körper aus. Sie verdrängt jedoch dieselbe mehr und mehr und endlich ganz. Bei räumlicher Trennung der zwei Einrichtungen und Funktionen verbleibt der Wimperarbeit theils mehr die feinere und letzte Vertheilung der durch gröbere Einrichtungen zugeführten Athemmedien, theils und hiermit in unmittelbarer Verbindung und in Verschiebung der Leistung auf ein Nebengebiet das Geschäft der Reinhaltung athmender Flächen. Indem gewisse Besonderheiten,

sei es die versteckte Lage, sei es die Abhäutbarkeit chitiner Auflagerungen, sei es die Abstossung der äussersten Epithellagen selbst, solche besondere Leistung der Wimpern entbehrlich machen können, fällt deren Beseitigung mit gänzlicher Ueberlassung der Bewegung für Athmung an das Mesoderm nicht nothwendig mit höchster sonstiger Organisation, namentlich aus dem Mesoderm, zusammen. Es fehlt beispielsweise Wimperung den Insekten gänzlich, aber es bleibt ein nicht Unerhebliches von denselben den Wirbelthieren erhalten. Abgesehen von Wimperarbeit kann trotz harter Auflagerungen weichen Epithelien ihre Athemfähigkeit durch Poren der Chitinhäute und Lufthaltigkeit der Hornzellen erhalten bleiben.

Es giebt Einrichtungen und Funktionen, welche, obwohl an sich gänzlich von der Athmung getrennt vorstellbar und auch in manchen Fällen wirklich von ihr geschieden, sich doch häufig und mit Vortheil mit ihr kombiniren. Aehnlich wie sich den Organen zur Nahrungsaufnahme die peripherischen Einrichtungen des Geschmackssinnes gesellen, ist vielfach das Riechorgan den Athemwegen angelehnt. Es empfängt dann durch den Athemstrom Eindrücke, welche für den ganzen Körper leitend werden, wie Witterung der Speise oder im Geschlechtsverkehr, und es kontrollirt, soweit sein spezielles Vermögen reicht, die zu athmenden Medien. Wie diese Kontrolle unvollkommen ist, da übler Geruch keineswegs Merkmal aller nicht athembaren Luft ist, so tritt auch in der Konkurrenz jener beiden Funktionen die für das Athemgeschäft zurück. Oeffnen sich die Athemwege mehr seitlich oder hinten, so pflegt das Riechorgan seine Stelle nahe dem vorderen Körperende zu behaupten. Vielleicht auch das nicht ohne Ausnahme. In der Zusammenlegung erscheint der grössere Vortheil auf der Seite des Riechorgans. Es kann dieses durch sie in versteckter und geschützter Lage hinlänglich Kenntniss nehmen von den Zuständen der Umgebung, soweit sie im Luftstrom merklich werden.

Dass sich die Stimmbildung der Athmung kombinirt, geschieht für Insekten und luftathmende Wirbelthiere. Hier hat nur die Stimmbildung Vortheil von der Zusammenlegung, sie erscheint als eine mögliche Nebenfunktion der Athmung und beschwert diese.

Obwohl weniger spezifisch, sind die Gemeinschaften an Organen und Arbeiten, welche Ortsbewegung oder Nahrungszufuhr mit der Athmung haben, nicht weniger bedeutsam.

Die einfachste Athmung ist die des gewöhnlichen farblosen Protoplasma ohne Gliederung nach Qualität und Form oder etwa mit Kernbildung. Für die Energien protoplasmatischer Substanzen ist die Gegenwart des Sauerstoffs unerlässlich. Dieselben erscheinen in ihren Leistungen als Verbraucher ihrer selbst und neben ihnen abgelagerter anderer organischer Substanzen. Sie sind unfähig, Kohlenstoff und Stickstoff aus anorganischen Verbindungen zu entnehmen. Andere organische Körper müssen ihnen Nahrungsmaterial

liefern, welches an erster Stelle von den farbigen Modifikationen des Protoplasma, besonders dem Chlorophyll hergestellt wurde. Als Ausscheidungen derselben sind die Zersetzungsprodukte eiweissartiger Körper, Kohlensäure, Wasser und Stickstoffverbindungen aus der Reihe der Harnsubstanzen zu erwarten. Soweit letztere nicht etwa in Körnchen zur Ablagerung kommen, ist für die Ausscheidungen zunächst ebenso wenig als für ausscheidende Organe eine Sonderung deutlich. Die Protoplasmaabewegung erleichtert die Abwaschung und Auswaschung solcher Ausscheidungsprodukte durch umgebendes Wasser ebenso wie den Zutritt von Sauerstoff.

Eine Erhebung des Athemgeschäftes wird zuerst in zwei Einrichtungen merklich, in der Bedeckung mit Wimpern und in der Einrichtung von kontraktile Blasen oder Vakuolen. Nehmen wir dazu eine mehr vollendete Kontraktilität an besonderen Theilen für gewisse Gruppen, so haben wir, was aus der Organisation der Infusorien auf Athmung bezogen werden kann.

Wäre es thunlich, eine scharfe Gränzlinie zwischen Thieren und Pflanzen zu ziehen, so würde es doch nicht nothwendig sein, dieselbe in Betrachtung der Einrichtungen einzuhalten, welche derjenigen Athmung dienen, welche wir hier im Auge haben, der Aufnahme von Sauerstoff und der Abgabe von Kohlensäure, gegenüber der Aufnahme von Kohlensäure zur Bereitung fester Substanz, jedes von beiden in entsprechender Verbindung mit Bewegung des Stickstoffs. Soweit jene Athmung bei Pflanzen geschieht, kann man sie getrost bei den Thieren mit unterbringen. Diese Frage wurde im ersten Bande behandelt.

Die erste Organisationsform, welche in Betracht kommt, ist die Bewimperung. Die Erhebung protoplasmatischer Substanz zu Wimpern oder Geisseln, haarähnlichen, längeren und feineren oder plumperen, zahlreichen oder vereinzelt Fortsätzen ist unabhängig von der möglichen weiteren Gliederung der Substanz in Zellen und sonstiger Organisationserhöhung. Die Bewimperung war den älteren Beobachtern der Infusorien nicht verborgen geblieben. O. F. Müller hatte schon die beweglichen, schimmernden Cilia micantia von anderen Fortsätzen, Setae und Cirri, unterschieden, Ehrenberg hatte, den unbeweglichen die Griffel, Styli, und Haken, Uncini, zuzügend, die beweglichen, wenn ihrer nicht mehr als drei waren, Rüssel, Rostra, genannt, Andere danach solche lieber Geisseln, Flagella. Dujardin erkannte, dass die Wimperhaare im Principe mit den pseudopodischen, wechselnden Ausstreckungen der Rhizopoden übereinstimmten. De Bary sah wirklich die Entstehung von Geisseln, die Vorstreckung aus dem Protoplasma Körper glatter Amöben im Entwicklungsgange der Myxomyzeten, Häckel die Einleitung solcher Bildung durch amöboide Höcker bei der Catallacte, Magosphaera planula, Clark 1867 das Einziehen bestehender Geisseln bei flagellaten Infusorien.

Wimpern, welche durch Vorstreckung aus protoplasmatischer Substanz ständig oder wechselnd gebildet werden, gewähren eine für den Gasaustausch nützliche Oberflächenvermehrung. Wir werden später den Beweis finden, dass ihr Nutzen mehr in der Bewegung gesucht werden darf. Rhythmisch sich hebend und senkend, gestatten sie keine Stockung der Gase in den Theilchen der umspülenden Flüssigkeiten, welche in die Zwischenräume eingesenkt liegen. Wimperarbeit wird stets eine bedeutende Athmung im Sinne thierischer Arbeit, einen relativ starken Substanzverbrauch bezeugen.

Nachdem Dujardin für seine vierte Infusorienordnung das Wimperkleid als Charakter angegeben hatte, benannte Perty nach solchem die Ordnung der Ciliata. Indem er den Schwerpunkt in der Gestalt, nicht in der Bewegung der betreffenden Organe suchte, nahm er die Acinetinen, als mit nicht schwingenden Wimpern versehen, in diese Ordnung auf. Pritchard erhob 1861 die Ordnung zu einer Klasse. Stein benutzte die Stellung der Wimpern zur weiteren Eintheilung.

Kurze, den ganzen Körper bedeckende, oder doch viele Reihen bildende Wimpern sind es, deren Arbeit besonders für Athmung gerechnet werden darf. Bei ganz oder zeitweise sessilen Formen, z. B. den auf der Oberfläche bewimperten Stentoren, ist für sie ausser dem Dienste für die Athmung nur der damit in direktester Verbindung stehende der Reinhaltung anzunehmen. Für längere, als Geisseln vereinzelt, oder wedelartig zusammengeordnete, für den Mund umstehende oder den Mundtrichter auskleidende Wimpern, mit Einschluss der zu undulirenden Membranen modifizirten bei *Pleuronema* (*Paramecium chrysalis*) und anderen, überwiegt die Bedeutung für die Ortsbewegung und mehr für Nahrungszufuhr. Alle härteren, festeren Gebilde, Griffel, Haken, Stifte sind mehr lokomotorischer Natur. Je mehr Wimperung mit anscheinender Willkür eingeleitet oder abgestellt wird, das heisst mit Spezifikation unter dem indirekten Einfluss von Umständen, um so sicherer dient sie wechselnden Vorgängen, namentlich der Nahrungsbeschaffung, nicht ständigen, wie der Athmung.

Nachdem Thuret 1840 in Geisselträgern Algenspermatozoen erkannt hatte, sah Unger 1843 einen ausgedehnten Wimperbesatz an Sporen von *Vaucheria clavata*. Flagellen und Wimpern konnten nicht länger als Merkmale für Unterscheidung der Thiere von den Pflanzen gelten. Wimperarbeit, auch Anderem dienend, schafft Sauerstoff bei, durch dessen Einwirkung die Kraft frei wird, auf welcher sie selbst beruht. Ueber das Bedürfniss der Infusorien für Sauerstoff experimentirte schon 1836 Peltier.

Die Organe der zweiten Gruppe, die rhythmisch kontraktile Räume, wurden 1776 von Spallanzani und 1778 von v. Gleichen bei *Paramecium aurelia* in der Form von zwei kugligen Centralblasen mit strahlig ausgehenden Röhren und in der Art thätig gesehen, dass der Expansion der Blasen die der Strahlen nachfolgte. Ehrenberg fand sie in ähnlicher

Gestalt bei *Bursaria leucas*, *Ophryoglena atra* und *Glaucoma scintillans*, in Form eines Rosenkranzes bei *Nassula ornata*. Indem er dieselben einem kontraktilem Organ der Räderthiere verglich, welches er wegen Einmündung der Samenleiter Samenblase nannte, hielt er sie für Organe gleicher Art und ihre rhythmische Kontraktion für unermüdlische Samenausleerung. Wie später Schultze, vermisste er sie bei den Polythalamien.

Dujardin stellte die gedachten Räume unter dem Namen der Vakuolen mit den rundlichen Höhlen zusammen, welche sich in den aus Infusorien und anderen niederen Thieren ausgetretenen Tropfen, seiner Sarkode, sowie in todtten Infusorien in Menge bildeten, auch mit den Gruben, welche an der Oberfläche lebender nicht gewimperter Infusorien auftreten, mit Oberflächenvergrößerung die Mittel der Ernährung vermehren und vom aufgenommenen Einiges ausstossen, Anderes zurückhalten; mit den Austiefungen, welche im Grunde des Mundes gewimperter Infusorien vor dem Wimperstrome sich bilden, zuweilen nur Wasser aufnehmen und in wechselnder Kontraktion verschwinden, in anderen Fällen aus der Sackform in Röhrenform übergehen und, durch Annäherung der Wände gestielt und abgelöst, sich zu in das Innere eintretenden Verdauungsräumen gestalten. Die Vakuolenbildung war ihm allgemeine Eigenschaft der Sarkode (vgl. Bd. I, p. 63). Einer detaillirten Betrachtung der kontraktilem Räume wich Dujardin aus.

Mehr methodisch hob 1839 Meyen die Eigenschaften der Vakuolen, seiner Aushöhlungen, hervor, die Möglichkeit plötzlichen Verschwindens, die Wandlosigkeit, den Mangel einer Oeffnung nach aussen, die Dünnpflüssigkeit des Inhalts, das Vorkommen auch in der Schleimsubstanz der Pflanzen. Da auch Busk bei verschiedenen Pflanzen die kontraktilem Blasen fand, konnte das Vorkommen bei *Volvox* nach Ehrenberg, bei *Gonium* und *Chlamydomonas* nach Cohn kein Motiv bleiben, diese Infusorien für Thiere anzusehen, und Cohn stellte sie zu den Pflanzen. Da Chlorophyll nicht allen Pflanzen zukommt, wird man auch farblose Protisten mit kontraktilem Blase nicht nothwendig für Thiere halten müssen. de Bary fand 1859 bei den geißeltragenden Schwärmern der Myxomyceten mindestens eine von zwei Vakuolen rhythmisch pulsirend und bei den amöboiden unregelmässig.

Man findet je nach den Objekten, selbst in genetisch zusammenhängenden Ständen einmal kontraktile Blasen als bleibende Organe untergeordneter Gestalt von allerlei Art, ein anderes Mal Blasen als vorübergehende Erscheinung, ein drittes Mal gar keine. Man hat versucht, kontraktile Blasen von den Vakuolen als einer niedrigeren Stufe zu trennen. Einiges ist früher (Bd. I, p. 93, Bd. II, p. 357) hierüber gesagt worden. Wir wollen jetzt den Verschiedenheiten näher treten.

Die Amöben niederster Ordnung, *Amoeba porrecta* Schultze (*Protoamoeba* Häckel's), der vielstrahlige *Protogenes primordialis* Häckel, ein Theil

der Zoosporeen und Tetraplasten Cienkowsky's, welche fressende Amöben und Schwärmer bilden, *Monas amyli* (Protomonas Häckel's), *Vampyrella* und *Nuclearia*, die Monerenkolonie *Myxodictyum* Häckel's, die Gregarinen, die Labyrinthuleen Cienkowsky's, das *Myxastrum radians* Häckel entbehren der Vakuolen. *Protomyxa aurantiaca* Häckel soll sie nach Nahrungsaufnahme in einfachster Weise als Flüssigkeitsansammlung bilden. Die meisten schalenlosen Amöben dagegen haben Vakuolen. Andere Zoosporeen als die genannten haben deren bis drei, so *Colpodella*, wenigstens zum Theil *Pseudospora* und *Nuclearia*. Bei den sogenannten Süßwasserradiolarien, den Heliozoa, welche zwar nicht die scharf gesonderte Binnenkapsel der Seeradiolarien, aber doch eine von der Rinde unterscheidbare Centralsubstanz und zum Theil, so *Clathrulina elegans* Cienkowsky, das Kieselgehäuse besitzen, ist die Rinde reich an Vakuolen, diese bei *Actinophrys* Eichhorni nach Kölliker geringsten Werths, netzartig, und sie erhält den Anschein eines zelligen Baues, aber regelmässig kontraktile Blasen haben jene nur theilweise. In Erwägung, dass echte Radiolarien und Foraminiferen der kontraktilen Blasen ganz entbehren, möchte man die bei einer gewissen Grösse für die Arbeitsenergie erforderlichen Einrichtungen zur Beschleunigung des Stoffwechsels in einigem Gegensatz durch Aussendung von Pseudopodien oder durch Vakuolenbildung unter grösserer Solidität der Umrisse hergestellt erkennen, mit Ausgleichung des Mangels oder der Verringerung der einen Qualität durch Erhebung der anderen, somit einige Uebereinstimmung in der Leistung jener zweierlei Formen von Organen.

Die Vakuolen der *Noctiluca* erscheinen nach Art derer von Süßwasser-radiolarien in den Körper verwebt, weniger als spezielle Organe. Webb nannte sie Magentaschen, alimentary sacs, und sah sie sich an der Ein-senkungsstelle entleeren, auf deren einer Seite der Stachel oder Zahn, auf der anderen, weiter zurück, der After unter dem Schutz der Geissel liegt. Die flagellaten Schwärmer der *Noctiluca*, sowie die der Radiolarie *Collo-sphaera* scheinen keine Vakuolen zu besitzen.

Bei den Wimperinfusorien erreichen die kontraktilen Räume die grösste Vollendung. Schmidt, Leuckart, Carter, Stein und in der Folge auch Claparède und Lachmann hielten sie für ein Wassergefässsystem. Dieses muss dann ebensowohl eine Bedeutung haben als irrigatorischer Apparat für Aenderung des Volums und sekundär des Wassergehaltes der Substanz, wie als ein exkretorischer für Ausscheidung von Kohlensäure und in Ausspülung von Harnprodukten. Die beiden letztgenannten Gelehrten fassten anfänglich und so auch Müller und Lieberkühn die Einrichtung mehr als von zirkulatorischer Bedeutung. Für die erste Ansicht war bestimmend die Oeffnung nach Aussen, welche Schmidt bei dem vollkommenst ausgebildeten sternförmigen Apparat von *Cyrtostomum leucas* entdeckte und welche nach Stein niemals fehlen möchte. An der gleich-

falls sternförmigen Blase von *Paramecium aurelia* (Bd. II, p. 11, Fig. 38) ist diese Oeffnung sehr fein. Bei *Bursaria flava* sieht man nach Stein fünf bis sieben sehr feine Punkte, welche sich wahrscheinlich zeitweise an einer sehr verdünnten Hautstelle öffnen, bei anderen konnte man die Kommunikationen bis dahin nicht erkennen. Auch ohne sie hat die Einrichtung Bedeutung für innere Athmung. Es handelt sich dabei nicht um Bewegung in der Substanz im Allgemeinen, sondern um die eines besonders dienlichen, des flüssigsten Antheils derselben.

Besondere Wandungen kann man an den kontraktilen Behältern nicht nachweisen; sie sind Aushöhlungen im Parenchym. Die Flüssigkeit in ihnen hat keine geformten Elemente. In der Kontraktion, Systole, tritt sie mehr zurück in das Parenchym als nach aussen. In der Erweiterung, Diastole, quillt sie ebenso mehr aus dem Parenchym zu, als dass sie von aussen einträte. Träte gar nichts ein oder aus, so dürfte sie nur dem Blut verglichen werden, der Apparat dem Blutgefässsystem. Bei vorhandenen Oeffnungen deckt dieser Vergleich unvollkommen; wenigstens kommen Wasserathmung und Harnausscheidung mit in Betracht.

Die sternförmige Anordnung findet sich weiter bei *Bursaria flava* und *Ophryoglena flavicans*. Die wenigsten Strahlen oder Kanäle, nur acht bis zehn, hat *Paramecium*, *Cyrtostomum* hat über dreissig. Die Gestaltänderung geschieht bei *Paramecium* regelmässig so, dass bei der Kontraktion des Hauptbehälters zunächst die am meisten peripherischen, entferntesten Theile der Kanäle durch die zugetriebene Flüssigkeit sich zu spindelförmiger Gestalt ausdehnen, indem an ihrer Wand die Substanz den geringsten Widerstand übt, dann die Ausdehnung gegen den centralen Raum fortschreitet, bis die Wurzeln der Kanäle birnförmig geworden sind und an Stelle des rundlichen Behälters der Stern erscheint. Der sich wieder füllende Behälter ist erst mit kegelförmigen Anschwellungen besetzt; danach werden die Kanäle überall gleich weit.

Ein rosettenförmiges Kanalsystem nennt es Stein, wenn am kontraktilen Behälter nur bei der Systole perlartige Blasen erscheinen, bei *Nassula aurea*, *Paramecium colpoda*, *Plagiotoma concharum*. Auch hier kommt eine äussere Mündung vor.

Ein longitudinales Kanalsystem besteht aus einem Längsgang, welcher von einer Blase ausgeht. Derselbe nimmt bei *Spirostomum ambiguum* einen grossen Theil des hinteren Körperabschnittes ein und mündet, wie es scheint, in einer Ausrandung. Bei *Climacostomum virens* münden, zeitweise sichtbar, zwei Kanäle in die Blase. Bei *Stentor* liegt ein kontraktiler Behälter neben dem After. Es verbindet sich damit nach Lachmann ein Ringkanal unter der zum Munde ziehenden Spirale. Bei *Stylonychia mytilus* bilden sich Stränge aus zusammenfliessenden Tropfen, die Rosenkranzform Ehrenberg's, und aus mehreren solcher sammelt sich die Flüssig-

keit im kontraktilen Behälter am Peristom, welcher sie durch seine Zusammenziehung zum After treibt. Viele Wimperinfusorien haben gar keine zuführenden Gefässe, aber doch Behälter, welche sich in grösseren Zwischenräumen ruckweise zusammenziehen. Sind diese vereinzelt, so sind sie meist sehr geräumig; sie liegen oft ganz hinten, doch zuweilen in der Umgebung des Mundes. *Trachelius ovum* hat etwa fünfzig Behälter in der Rindenschicht; es kommt vielleicht damit den Aktinophryen näher, spritzt aber nach Stein aus denselben Wasser nach aussen. Bei den mundlosen Opalinen giebt es wohl mit dünneren Flüssigkeiten gefüllte Binnenräume, aber keine regelmässig arbeitenden kontraktilen Behälter. Auch bei *Loxodes* vermisste Stein solche.

Die ständigen kontraktilen Behälter können doch bei Füllung des Infusorienleibes verschoben werden. Lachmann sah bei *Spirostomum* zwischen ihnen und der Haut Speiseballen durchgehen, ohne dass diese durchbrachen.

Die Kontraktionen der Behälter geschehen bei Salzwasserinfusorien in einem langsameren Rhythmus.

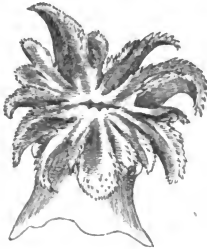
Von Muskelaktion müssen bei Infusorien als der Athmung, wenn auch nicht ausschliesslich, doch wesentlich dienend die wechselnden Kontraktionen und Erschlaffungen des Stieles der Vortizellen angenommen werden, durch welche diese jeweilig in eine neue Wassersphäre kommen, ferner die Einstülpungen und Ausstülpungen des oralen Wimperkranzes der spastischen Infusorien.

Schwämme und Coelenteraten im engeren Sinne haben das gemeinsam, dass die äusseren Wimperkleider der Embryonen nicht persistiren. Abgesehen von den Wimperplatten der Ctenophoren kommt den fertigen Ständen Wimperung nur auf den Wänden der Binnenräume, allgemeiner oder beschränkt, zu, mögen diese als Unterhauräume, Kanalsysteme, Flimmerhöhlen, Taschen oder sonst wie auftreten. Da es dabei Nichts giebt, was nicht in offenem Zusammenhange mit den Verdauungshöhlen stünde, so wurde alles Solches im Kapitel von der Nahrungsaufnahme und Verdauung behandelt (Bd. II).

Als besondere Werkzeuge für Athmung dürften am ersten die Tentakel der Aktinien betrachtet werden. Sie bergen unter einer zarten Hülle einen verhältnissmässig grossen Hohlraum, in welchem die von gröberem Nahrungsbestandtheilen durch die Entfernung und die in den Weg gestellten Hindernisse befreiten und blutartig gewordenen Verdauungsflüssigkeiten durch eine besonders lebhafte innere Wimperung wechselnd dem umspülenden Wasser ausgesetzten Flächen genähert werden. Je mehr dieselben sich vervielfältigen oder ihre Oberfläche durch Zerschlitung und Fältelung vergrössern, je dünner sie in Ueberfüllung der Hohlräume ihre Haut ausspannen, um so

leichter werden umschlossene und umspülende Flüssigkeiten den Gasaustausch bewerkstelligen. Die Tentakelkronen bleiben bei Bildung zusammenhängender Skelete, Sklerenchyme, der Korallen von der Verkalkung frei und von etwaigen vereinzelt Skeletstücken, Skleriten, erhalten sie im Allgemeinen den geringsten Antheil.

Fig. 240.



Actinoloba dianthus Blainville, Seenelke von europäischen Küsten; zur Darstellung der tief gelappten, mit zahlreichen kleinen Tentakeln besetzten Mundscheibe.

Wo nicht feste Skelete das hindern, werden die Kontraktionen und Schwankungen des Leibes die Tentakelbewegung in dem Wechsel der Exposition gegen das Athemwasser unterstützen.

Sessile Strobiloide und nackte Hydroide haben durch den Wasserreichthum ihres Gallertgewebes die Ueberführung der inneren Athmung in die äussere leicht. Für die Medusoide und Siphonophoren kommen dazu

die Ortsveränderung, die Kontraktion und Expansion der Schirme und der Glocken, welche man bei Siphonophoren gradezu Athemröhren genannt hat, mit der stossweisen Bewegung des Wassers an den Flächen. Dann kann die Thätigkeit der Tentakel für die Athmung mehr zurücktreten; ihre Oberfläche kann unbedeutend werden, der Hohlraum schwinden und sie dienen ausschliesslich der Nahrungsgewinnung (vgl. Bd. II, p. 30).

Eine Eigenthümlichkeit der Physophoriden und der Veelliden unter den Siphonophoren, sowie der Minyadinen und Arachnactis unter den Zoantharien ist die Absonderung eines Gasquantums in einen oberflächlichen Raum und dadurch Herstellung einer einfachen oder gekammerten Schwimmblase gegen einen Pol hin. Am schwimmenden Körper stellt sich dieser Pol nach oben. Die Wand der Kammer wird gebildet durch eine Einstülpung des Ektoderm. Der Schwimmsack von *Physalia* behält eine feine, offene Verbindung mit aussen. Auch die einzelnen Kammern oder Kanäle der Schwimmscheiben der Veelliden münden nach aussen. Die Schwimmblase der Physophoriden thut das nicht. Das auskleidende Epithel sondert gegen den Luftraum, dessen Gas als seine erste Ausscheidung betrachtet werden muss, weiter ein zartes Kutikularlager ab. An gekammerten Blasen entwickeln sich die Wände stärker und gewähren unter dem Luftsack der ganzen Siphonophorenkolonie eine stützende, die Ordnung der Theile erhaltende Platte. Die Luftsäcke sind danach umgeben von demselben Muskelager, welches die Axe hat. Sie können durch dasselbe komprimirt werden. Ausserhalb dieses Lagers kann eventuell dasjenige folgen, welches im Axen-

kanal oder Reproduktionskanal das Endothel bildet, und dieser Kanal kann auf solche Weise kammerartig den Luftsack umgreifen (vgl. Bd. II, p. 22). Will man die Auskleidung des Luftsackes ein Endothel nennen, so darf man dasselbe doch nicht von dem der Achse ableiten; die zwei Invaginationen geschehen von verschiedenen Stellen und in entgegengesetzten Richtungen.

Das von Kölliker ausführlich behandelte Vorkommen kleiner geschlechtsloser Polypen, Zoide, bei den Oktaktinien, welche vielleicht in ausschliesslicher Wasseraufnahme auch die Verdauung aus ihrer Funktion ausscheiden und nur der Irrigation und der Athmung, welche dann in Höhlen geschähe, dienen, wird eingeleitet durch die nicht unerheblichen Unterschiede der Individuen in polyaktinischen Korallen, namentlich der die Zweige umstehenden gegen die terminalen, der nach der Küste sehenden gegen die dem offenen Wasser zugewendeten. Aber bei diesen möchten eher die kräftigsten und exponirtesten Individuen für die Sauerstoffaufnahme die grössten Dienste leisten.

Mannigfaltige und auf verschiedenen Grundlagen sich aufbauende Einrichtungen müssen bei den Echinodermen als der Athmung dienend angesehen werden. Allgemein erhält diese Klasse, wie es scheint, während des Furchungsprozesses ein embryonales Wimperkleid. Nach Selenka besteht beispielsweise das Blastoderm des fertig gefurchten Eis der Holothurioide *Cucumaria doliolum* (= *C. Planci* Brandt) aus etwa 250 Geisselzellen. Die Embryonen rotiren damit im Ei und diese Rotationen dürfen hier wie sonst als von vorzugsweise respiratorischer Bedeutung angesehen werden. An den freigewordenen Larven erleidet die Wimperung je nach Entwicklung provisorischer Hautbildungen Spezifizierungen, welche zunächst mehr der Ortsbewegung, durch diese aber wieder der Athmung dienen. An kompakten Larvenformen ist die Wimperaktion am stärksten. Sie scheint sich wesentlich auf zum Munde führende Bahnen zu beschränken bei denjenigen, welche sich schirmartig ausbreiten oder Arme bilden und welchen solche Oberflächenvermehrung an Bewegung im Dienste der Athmung zu sparen gestattet. So haben die eiförmigen Larven von *Comatula* vier Wimperringe und einen hinteren Wimperbusch; die Gruppe der Müller'schen Larven mit hasenschart-ähnlichem Munde dagegen bildet zunächst um letzteren auf der Bauchwand eine in sich zurücklaufende Wimper schnur. Diese zieht sich bei den Pluteuslarven der Ophiurioiden und Echinoiden, den Aurikularienlarven der Holothurioiden und den Brachiolarien- und Bipinnarienlarven der Asteroideen an den Armvorstreckungen aus und gliedert bei den letzteren durch Begegnung der Ausbuchtungen auf dem Rücken einen besonderen vorderen Wimperkranz sekundär ab, während grosse Flächen nackt bleiben.

Am definitiven Echinodermenleibe, nach Abstossung oder Einziehung der provisorischen Bildungen, bildet sich in der Regel die ektodermale Wimperung vorzüglich aus und bleibt auch im Heranwachsen in grosser Ausdehnung erhalten. Für die Athmung spielt sie theils direkt durch die Bewegung der Gase mit dem erzeugten Wasserstrom, theils indirekt durch die Reinhaltung der Haut eine grosse Rolle. Diese äussere Wimperung wurde von Ehrenberg entdeckt und von J. Müller, Leydig, Hoffmann, Simroth u. a. ausdrücklich bestätigt. Auf cylindrischen Zellen liegt eine Cuticula, möglicher Weise hergestellt von einer besonderen Zellschicht, und auf dieser die Wimpern. Die Cuticula erhält sich nach Simroth am konsequentesten, wenn im Uebrigen die Haut schwindet. So bleibe sie allein an den Peristomealplatten der Ophiuride *Ophiactis*. Unter gewissen Umständen schwindet auch sie. Die Hautverkalkungen liegen dann nackt, so grade bei der gedachten Ophiuride an den Verwachsungsstellen der Rückenplatten der Scheibe, namentlich aber an den Spitzen vorragender Hautverkalkungen, besonders der Seeigelstacheln. Gänzlich einzugehen scheint die ektodermale Wimperung bei den Holothurioiden. Bei den Krinoiden besitzen mindestens die Tentakelrinnen der Arme und Pinnulae ein dichtes Kleid von kurzen Wimpern. So bildet sich auch auf den bandförmigen Strassen, Fasciolen oder Semiten, des Perisoms der Spatangiden das Wimperkleid besonders stark aus. Die äussere Wimperarbeit wird durch die an den invaginierten Theilen unterstützt. Es findet sich Wimperung im Darne, im Wassergefässsystem, an welchem es bei den Krinoiden sich auf die Zuleitungsröhren beschränkt, bei den Holothurien spärlich in dem durch Geschlechtsspalten und Hautporen mit der Aussenwelt kommunizirenden Peritonealraum, auch auf der Aussenwand der Blutgefässe, welche sich durch den Mangel innerer Wimperung von den Wassergefässen unterscheiden sollen, in den besonderen dem Mesenterium der Synaptiden anhängenden, gestielten, pantoffelförmigen, in die Leibeshöhle geöffneten Wimpersäckchen und in den ähnlichen, aber ungestielten der Krinoide an dem von der Leibeshöhle abgegliederten Dorsalkanale der Arme in Gruppen für jede Pinnula.

Diese allgemeinen günstigen Bedingungen gleichen bei den Echinodermen wesentlich die Ungunst aus, welche ihnen durch träge Ortsbewegung und Aufenthalt auf dem Meeresgrunde in an Verwesungsprodukten reichem Schlamme erwächst. Es werden überdies der Athmung weitere, besondere Einrichtungen zur Verfügung gestellt aus der Gruppe der sogenannten ambulakralen Organe. Man hat, weil die vom Wassergefässsystem irrigierten Organe in der Regel vorzüglich stark in gewissen Regionen vertreten sind und dabei zunächst als Bewegungsorgane auftreten, ambulakrale Regionen, Gehbahnen, von den Interambulakren und Antambulakren, den Zwischenregionen und den polar entgegengesetzten, unterschieden. Da aber jene

Organe weder auf die gedachten Stellen, noch auf die lokomotorische Funktion beschränkt sind, so ist es vielleicht besser, sie statt ambulacral Hautfüßchen zu nennen.

Als Grundlage aller solcher Bildungen kann man an Hand der Entwicklung der Seesterne von A. Agassiz Hautfältchen am bleibenden Leibe des Echinodermenembryo annehmen. Durch Eindringen der Leibeshöhle werden diese zu vorgestülpten Säckchen und in Theilnahme der muskulösen Elemente des Mesoderms an der Wandbildung zu kontraktilen Schläuchen oder Tentakeln, unter Umständen auch zu Augen. Einfach zugespitzt finden solche Schläuche durch Oberflächenvermehrung ihre nächste Funktion in Athmung. Man kann demnach Athmung als die am meisten originale Arbeit der Hautfüßchen betrachten. Sie werden dazu um so geschickter, wenn das wimpernde Wassergefäßssystem in sie eintritt. Diese höhere ambulakrale Vollendung darf nicht, wie bei Bronn und zum Theil bei J. Müller, als ein Einwand gegen ein Verständniß der Funktion im Sinne der Athmung betrachtet werden. Diese geht damit ebenso wenig, wie etwa aus Wegfall der Wassergefäßversorgung die Beweglichkeit verloren. Schon in jenem einfachsten Zustande können die Füßchen durch Anheftung der Ortsbewegung dienen.

So gebildete Schläuche bleiben zum Theil spitz. Zum anderen Theil verästeln sie sich und werden damit der Athmung um so dienlicher. Wieder andere leiten durch keulenförmige Verdickung des Endes die Bildung von Scheiben ein und werden dadurch geschickter für Lokomotion. Die den Echinodermen eigenthümliche Verkalkung der Haut kann aus der Fläche des Perisoms sich in diese Erhebungen fortsetzen, sei es mit Stücken, welche zugleich an der Bildung der Wand theilhaftig sind, sei es mit einzelnen, den Wandstücken aufsitzenden Stacheln, Paxillen, sei es in zerstreuten kleineren, oder doch in Abgliederung durch weiche Zwischenstücke zu eigenthümlichen Werkzeugen zusammengestellten Platten, letzteres vorzüglich in Stielen und Zängelchen der Pedicellarien und Scheiben der Füße. Solches mindert zunächst die respiratorische Energie, indem es einen Theil des Organs gänzlich der Athmung entzieht. Doch können ihr so gewonnene Stützen sekundär dienen. Nicht allein nach ihrem sonstigen Bau als Athmwerkzeuge anzusehende Hautorgane haben Wandverkalkungen; in ganz feinen beweglichen Stacheln der Semiten der Spatangoide erscheint eine überwiegende Skelettbildung eher im Dienste der Hautwimperung als im Gegensatz zu derselben.

Unter solchen überall etwas gemischt verwendeten Organen der Echinodermenhaut verdienen einige nach ihrer Lage und Beschaffenheit vorzüglich den Namen äusserer Athmungsorgane oder Kiemen. Betreffs der Lage haben dafür die dem freien Wasser zugewendeten Flächen den Vorzug. Die Rückendecke der Asteriden ist mit sehr zahlreichen konischen Röhrrchen

in Reihen oder anderen Gruppen besetzt, welche am allgemeinsten als Rückenkiemen bezeichnet werden. Auch bei den Seeigeln tritt die dorsale Region gern in Fusscheiben und Kalkringen an den Hautfüsschen zurück. So entbehren der Kalkscheiben die dorsalen Füsse der Cidariden, konisch bei *Cidaris*, flachgedrückt und gekerbt bei *Echinometra* und *Diadema*, geknöpft endend bei *Echinocyamus*, gefiedert bei *Echinocidaris*. Solche Kiemenfüsse sind stets mehr oder weniger in Kammern getheilt. Allerdings muss man bei allen skeletlosen oder skeletarmen Hautfüssen auch die Funktion als Sinnesorgane, als Träger feinerer Gefühlsempfindung als eine Möglichkeit im Auge behalten, zumal wo sie in fadenförmiger Ausstreckung das Gebiet ihrer Thätigkeit über die Stacheln hinauschieben. Häufig führen sie deshalb den Namen von Tentakeln. Aber selbst wo, wie bei *Arbacia*

Fig. 241.



Stück der Schale von *Arbacia punctulata* Lamarck aus dem atlantischen Ozean vom Rücken neben dem Periprokt mit Tentakeln und Stacheln, in natürlicher Grösse, nach Alex. Agassiz.

a. After. g. g. Genitalplatten und Oeffnungen. o. o. Ocellarplatten.

t. Ausgestreckte spitze Tentakel.

der dorsale, oder nach Agassiz abaktinale Antheil der Ambulakren die Kontinuität mit dem ventralen aufgiebt, von ihm abgeschnitten ist, so dass die betreffenden fünf Ambulakralabschnitte zusammen die Figur einer Blume bilden, petaloid werden durch lanzettförmige Gestalt des medianen Ambulakralfeldes. Obgleich dann dorsal die Kiemenfüsse überwiegen und ihre Leistungsfähigkeit durch Lappenbildung steigt, können doch von der Bauchseite her über den Aequator der Schale weg die lokomotorischen Füsse in die Petaloiden eintreten und deren medianes Feld füllen. Nach den Beobachtungen von A. Agassiz an *Echinanthus* (*Clypeaster*) *rosaceus* Lamarck erscheint bei einer Länge von bereits 3 cm., bei welcher die

punctulata Lamarck, die Ausstreckbarkeit eine ganz aussergewöhnliche ist, so dass die Büschel spitzer, die Stacheln weit überragender Tentakel der Rückenfläche des Seeigels ein absonderliches Ansehen geben, sprechen die Abplattung des basalen Theils und die Langsamkeit der Reaktion auf Berührung mehr für die Athemfunktion als für Empfindlichkeit.

Bestimmter wird der Gegensatz in Bau und Funktion, wenn bei irregulären Seeigeln, Clypeastriden und Spatangiden

Genitalplatten noch fehlen, zwar im Skelet die petaloide Rosette ganz wie beim Erwachsenen, aber die Tentakel sind auf derselben noch sämtlich cylindrisch und an der Spitze zu Scheiben erweitert. Erst bei grösseren sind die auf den grossen Poren stehenden Tentakel abgeplattet, für die äussere Hälfte an den beiden Rändern gelappt und des scheibenförmigen Abschlusses verlustig. Die besonderen gelappten Kiemenfüsse werden also hier erst mit der Geschlechtsreife, mit dem bedeutenderen Volumen, dem grösseren Athemanspruch entwickelt und erscheinen als höhere Entwicklung der Gefüsschen, welche ihrerseits höher standen als die konischen.

Die Holothurien bilden nicht sämtlich Füsschen. Bei einem Theile derjenigen, welche solche überhaupt bilden, wird ein Radius, oder zu diesem die angränzende Hälfte zweier weiterer, oder in noch grösserer Ausdehnung die Gesamtheit dreier Radien, auch wohl mit Einschluss von deren Interradien, für die Entwicklung von Gefüssen bevorzugt. So wird ein Trivium als Sohle verwendet. Soweit dann auf einem sekundär dorsalen Reste der Leibeswand Rückenfüsse mit einfach konischer oder papillärer Form überhaupt vorhanden sind, bleibt solchen eine respiratorische Bedeutung. Solche papilläre Ambulakralfüsse kommen ebensowohl in der Gruppe der Aspidochiroten, so bei der Gattung *Holothuria*, als bei den *Dendrochiroten*, so bei *Colochirus*, vor. Wenn sie sich auf dem Rücken oder auf Antheilen der Ambulakren der Sohlengegend zu groben Höckern oder Spitzen umbilden, so verlieren sie die Athemenergie. In der Gattung *Sporadipus* treffen nach *Semper* Fälle, in welchen die Ambulakralpapillen auf die Sohle übergreifen, mit solchen zusammen, in welchen die Gefüsse auf den Rücken übergreifen. Bei *Psolus* fehlen die ambulakralen Organe dem Rücken, bei den *Molpadiden* auch dem Bauch, bei den *Synaptiden* sogar die ambulakralen Wassergefässe.

Bei den Krinoiden empfängt die Mundfläche mit der Wendung nach Oben auch die grössere Athemfähigkeit. Die Erhebungen längs der Ränder der Tentakelrinnen an den Pinnulae und auf den Armen an der Basis einer jeden Tentakelgruppe des Antedon, die sogenannten Saumläppchen, haben von *Carpenter* den Namen der respiratorischen Läppchen erhalten. Da sie aber bei *Pentacrinus* ganz fest verkalken, sieht *Ludwig* ihre respiratorische Bedeutung für weniger sicher an als die für Abweisung von Verunreinigungen von der wimpernden Rinne. Auf der Körperscheibe wandeln die Reihen dieser Saumläppchen sich in niedrige, wellig gehobene

Fig. 242.



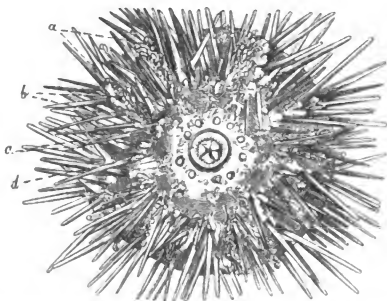
Gelappte Tentakel oder Kiemenfüsse von *Echinanthus rosaceus* Lamarck von der Küste von Florida, nach *Aussen* von feineren, mit Scheiben endenden, aus den abaktinalen, petaloiden Ambulakren; nach *A. Agassiz*.

und gesenkte Hautleistchen um. Die Tentakel selbst sind bei *Pentacrinus*, *Antedon*, *Rhizocrinus*, auch wo sie radial und interradial zum Munde stehen, mit Papillen besetzt, soweit im Leben beobachtet, sehr schwellbar und ausstreckbar und, obwohl in den Wänden mit Kalkgebilden gestützt, mindestens nebenbei der Athmung dienlich.

Bei den Ophiuriden sind die Tentakel auf die ambulakrale Zone beschränkt und gleichartig, in der Regel quirlförmig mit Papillen besetzt, welche, zuweilen, so bei *Ophiothrix fragilis* Müller, sehr deutlich, manchmal sich weniger merklich von dem von ihnen eingenommenen Ringe erheben. Simroth nimmt die Zellanhäufung in diesen Ringen bei *Ophiactis virens* Sars so, als fehle in den Zwischenräumen das Epithel überhaupt und seien diese dadurch vorzüglich für die Athmung wirksam. Je mehr gestreckt und je mehr mit Papillen besetzt die Tentakel sind, um so besser werden sie der Athmung dienen. Direkter erwiesen erscheint aber durch die vorzügliche Versorgung mit Längsmuskelfasern und Nerven die Bedeutung als Tastorgane und in diesem Sinne ist wohl die Zellanhäufung an den Papillen zu nehmen. Die Ausdehnbarkeit des ganzen Organs steht mehr im Dienst der passenden Stellung papillärer Nervenpolster als in dem der Athmung.

Uebrigens finden sich Organe, welche als Kiemen verstanden werden müssen, auch auf dem ventralen Abschnitt, nämlich bei sohligen, regulären Seeigeln aus der Gruppe der Latistellaten, d. h. derjenigen, bei welchen mehr als ein Porenpaar jederseits auf je einen Ambulakralhöcker kommt. Es gehören dahin die gemeinsten Seeigel der europäischen Meere. Es stehen bei ihnen gelappte Mundkiemen paarig am Anfange jedes Ambulacrum, je

Fig. 243.



Toxopneustes lividus Lamarck aus Spezia von der Mundseite gesehen in natürlicher Grösse.
 a. Die Füschenreihen eines Ambulacrum. b. Die beiden Kiemen desselben. c. Das besondere Paar Füschen der Mundhaut für den gleichen Radius. d. Die in der Mundhaut zum Vorschein kommenden Zähne. Die anderen Radien wiederholen diese Einrichtungen. Auf der Mundhaut erscheinen ausserdem Pedicellarien.

eine bei dem ersten Ambulakralfüsschen gegen das benachbarte Interambulacrum hin. Die Kiemen verstecken sich im zusammengefallenen Stande zwischen den Stachelwurzeln und den Ambulakralfüsschen, aber sind entfaltet ziemlich umfänglich. Bei einem *Toxopneustes lividus* Lamarck von mässiger Grösse finde ich die einzelnen 6 mm. lang. Sie haben einen Stiel, welcher aussieht wie der basale Theil eines plumpen Fusses. Sie verästeln sich geweihartig in unregelmässiger und für die einzelnen ungleicher Weise. Die Aeste tragen kurz aufsitzende hohle Beeren oder Schläuche, zuweilen Fäden. Die Beeren oder Schläuche sind meist wasserhell, aber zuweilen enthält ihre innere Epithelauskleidung bräunliche Konkretionen von feinen Körnchen. Harnreaktion mikrochemisch an diesen nachzuweisen, war mit Sicherheit nicht möglich. Das Mesoderm dieser Kiemen ist mit sehr feinen Kalkspangen und Gitterrädchen gestützt und wenigstens in der Basis muskulös. Der Hohlraum kommuniziert mit der Leibeshöhle.

Fig. 244.



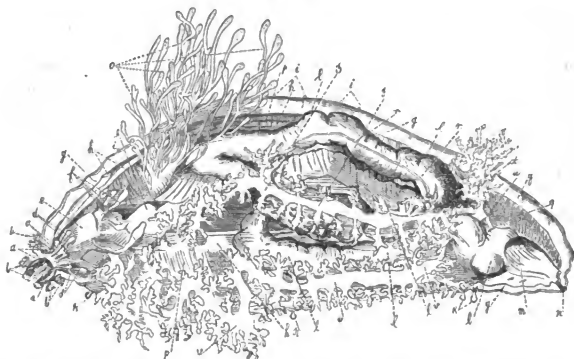
Eine einzelne Mundkieme von *Toxopneustes lividus* Lamarck, etwa dreimal vergrössert.

Den Holothurioiden fehlen Mundtentakel nie. Sie stehen in einfachem oder doppeltem Kranze. Sind überhaupt Ampullen vorhanden, so zeichnen sich die ihnen dienenden in Grösse aus. Man hat die Gruppen und deren Tentakel nach der weniger oder mehr über den Stamm dominirenden Lappenbildung und der Gestalt und Anordnung solcher Lappen benannt, bei schildförmigen Tentakeln als *Aspidochiroten* und *peltata*, die mit baumförmigen als *Dendrochiroten* und *arborescentia*, auch *pinnata*, *digitata*, *peltatodigitata* unter *Molpadiden* und *Synaptiden*, endlich einfache *haplodactyla* in der hiernach benannten Gattung. Die Tentakelwände haben Kalkstäbe. Die Grösse der Tentakel ist sehr verschieden und es kann den grösseren und vielfach geschlitzten einige Bedeutung für die Athmung nicht wohl bestritten werden. Da diese Organe jedoch dickhäutig sind, die ganze Zufuhr der Speise auf ihrer Fläche und durch ihre Bewegungen zu Stande bringen und für dieses Geschäft suchen und untersuchen müssen, also im Sande und Schlamme arbeiten, für einen Theil der Beziehungen gleich den Armen der Krinoide und Asteroide eintreten, da ferner einer Abtheilung der Holothurioiden die oben angeführten Wimpertrichter, anderen, in Ausschliessung hiermit, die sogenannten Wasserlungen, also weiterè Athmearrichtungen zur Verfügung stehen, so darf die respiratorische Bedeutung der Tentakel der Holothurien mindestens nicht überall als eine hohe veranschlagt werden.

Indem Cuvier irrig annahm, dass den Holothurien diejenigen äusseren Organe gänzlich abgingen, für welche, als kleiner und zahlreicher als die gewöhnlichen Füsse, er bei Seeigeln und Seesternen die Bedeutung von Athmorganen beansprucht hatte, fand er den Ersatz dafür bei *Holothuria*

tubulosa in einem inneren Organe von Gestalt eines oder mehrerer hohler Bäume, deren Stamm mit dem Darmkanale gemeinsam in die Kloake mündet, deren Zweige sich in Büscheln verästeln und mehr oder weniger mit Wasser, nach Meckel, ersichtlich nur wegen des Gelangens des Thieres an die Luft, auch mit Luft gefüllt sind. Diese Organe haben den Namen der Wasserlungen, trachées aquifères, erhalten, die mit ihnen versehenen Holothurioide aber den der Dendropneumones oder Pneumonophora. Apneumon ist ein Theil der fusslosen, von fusstragenden vielleicht die Gattung *Oncinobates* Brandt. Ausser der gleichfalls fraglichen Gattung *Eupyrigus* haben die lungenlosen eine zartere und mit keinen anderen Kalktheilen als mit Ankern und Rädchen ausgerüstete Haut, sowie lineare, gefiederte oder gefingerte Tentakel. Die Wasserlungen der Pneumonophoren theilen sich meist in zwei Stämme, seltener giebt der rechte von diesen einen besonderen dritten Stamm ab. Einer der beiden Stämme, bei den gemeinen Holothuriern europäischer Meere und, nach Jäger und Semper stets der linke, begleitet krausenartig den Darm, besonders dessen mittlere Schlinge

Fig. 245.



Holothuria tubulosa Gmelin ♀ aus Spezia, in natürlicher Grösse, nach Wegnahme der linken Körperwand.

a. a. Mundtentakel des inneren Kranzes. b. b. Mundtentakel des äusseren Kranzes. c. Stücke des Mundkalkringes. d. d. Polische Blasen. e. Schlund. f. Steinkanäle. g. g. Körperwand, Haut. h. h. Längsmuskeln, die eine Hälfte des dorsalen rechten durchschnitten. i. i. Dorsale papilläre Ambulakralfüsschen. k. k. Ventrale Gehfüsschen. l. l. Darm, erst an der rechten Wand und nahe der Axe nach hinten laufend, dann dorsal nach vorn umkehrend, danach eine zweite Schlinge nach hinten mit Umkehr nach vorn legend, endlich zur Kloake gelangend. m. Kloake, deren linke Wand entfernt ist. n. After. o. Eierstock mit zahlreichen reifen Eiern (im Monat September). p. p. Mesenterium. q. Stränge, welche die Kloakalwand vorzüglich dorsal befestigen. r. r. Ventrales Darmblutgefäss. s. s. Linker sich dem Darm anschliessender Wasserlungenstamm. t. Abgesetzter Theil, rudimentärer dritter Stamm der Wasserlunge. u. Wurzel der Wasserlunge. v. v. Rechter der Körperwand anliegender Wasserlungenstamm.

und tritt für die Blutgefäße in eine in der Hauptsache schon von Tiedemann her bekannte Verbindung mit dem dorsalen Darmblutgefäss (vgl. Bd. II, p. 360). Der rechte Stamm dagegen ist an der Körperwand, oder in vielleicht besserem Ausdruck an einer keinen Darmtheil umschliessenden Mesenterialfalte befestigt und reicht gewöhnlich bis in das Vorderende. Das Vorkommen eines dritten Stammes möchte die Anordnung so verstehen lassen, als gehe die linke Hälfte eines Hauptstammes in Entwicklung eines Darmstammes mehr oder weniger auf, während die rechte Hälfte des Darmstammes ermangele. Der Hauptstamm gehört übrigens nach Semper einem dorsalen, der Darmstamm einem ventralen Interradium an. Bei *Stichopus naso* Semper ist die Verbindung mit dem Wundernetze des Darms nur lose, bei einem Theile der *Dendrochiroten* bleibt sie ganz aus, so bei *Colochirus*, und bei einem anderen Theile, so *Echinocucumis* und *Ocnus*, wird die Lunge ganz rudimentär.

Gegenbaur hat diese Holothurienlunge morphologisch, wenn auch nicht physiologisch entsprechend erachtet den interradiären Blindsackanhängen des Enddarms der Seesterne (vgl. Bd. II, p. 53), welche auch auf ein Paar beschränkt sein können. Wo sie in solcher Beschränkung auch bei afterlosen vorkommen, wenigstens bei *Astropecten*, münden sie in den Magen. Nach Stimpson sollen auch Seesterne in diese Organe Wasser pumpen.

Die Holothurienlungen sind aussen, mit Ausnahme an den Spitzen ihrer Lappchen, mit dem Wimperepithel der Leibeshöhle bekleidet. Diesem untermischt sind Schleimzellen und oft Pigmentzellen, welche ringförmig um jene Spitzen gehäuft sein können. In ihrem Mesoderm kann man eine äussere Bindegewebslage, eine Ringsmuskellage, eine Längsmuskellage und eine innere Bindegewebschicht unterscheiden. Das endodermale Epithel wimpert nicht. In ihm, aber auch bis hinein in die ihm unterbreitete Bindegewebschicht, bilden sich gelbliche Körnerhaufen. Zwischen der äusseren Bindegewebslage und den Muskeln, auch zwischen den Lagen letzterer fand Semper Bluträume, einen Lungensinus, und zweifelte kaum, dass diese wenigstens zuweilen mit den Darmgefässen direkt, oder, Mangels der Versorgung der Lungen mit einem Wundernetze, durch die Kloakalgefäße zusammenhängen. Die innere Bindegewebschicht kann Verkalkungen ausbilden.

Semper beobachtete die Arbeit der Wasserlungen genau. Durch die Kraft der Kloake und des der äusseren Haut angehörigen Schliessmuskels, sowie durch Kontraktion und Erschlaffung des ganzen Körpers wechseln Expirationen und Inspirationen von Wasser der Art, dass überwiegende Inspirationen sich rasch in einer durch kleinere Expirationen unterbrochenen Reihe folgen, bis der sehr geschwellte Körper plötzlich aus weit geöffneter Kloake einen starken Wasserstrahl auswirft. Wenn, wie Semper als wahrscheinlich annimmt, die Spitzen der Lungenröhrchen durchbrochen

wären, so würde wohl ein Theil des Seewassers in die Leibeshöhle gelangen. Das ist wegen der plötzlichen Expiration nicht sehr glaublich. Wahrscheinlich ist es aber, dass auch in der Expiration und vielleicht mehr in ihr ein Theil des Wassers aufwärts in den Darm gelangt, diesen wie ein Klystier ausspült, namentlich im Beginne der Expiration, bevor der Sphinkter gänzlich nachgibt. Semper sah bei seiner *Haplodactyla pellucida* das Wasser bis an den muskulöseren Abschnitt des Darmkanals, den Magen, gelangen. Ihm erscheinen deshalb die von Selenka entdeckten, blutgefäßreichen, mannigfaltig angeordneten Blätterreihen des unteren Darmabschnittes als eine Darmkieme. Wenn auch der linke Stamm nicht, wie Semper meinte, dem Austritt von Wasser aus der freien Leibeshöhle dient, so mag er doch wegen der Befestigung am Darm bei den kleinen Einathmungen und der Ausathmung schwieriger sich füllen und entleeren als der rechte. Die beiden Stämme stehen dann in einem ähnlichen Verhältnisse, wie der wabenartige, gefäßsumponnene vordere Lungenantheil einer Riesenschlange zu dem ihn als Reservoir unterstützenden gefäßarmen, sackartigen hinteren Abschnitte. Was durch die gedachten Sekretzellen etwa abgeschieden werde, bleibt vorläufig dahin gestellt.

Wir wenden uns zu den Würmern.

Unter den parasitischen Würmern bilden die Rundwürmer, *Acanthocephali* und *Nematodes* auch nicht einmal im embryonalen Stande ein Wimperkleid aus. Ebenso wenig besitzen sie später Organe, welche speziell auf Athmung zu beziehen wären.

Das Gleiche gilt für die *Cestoden*, nur mit der Ausnahme, dass zuweilen frei schwimmende, wimpernde Embryonen vorkommen. Das geschieht bei den Gattungen *Ligula* der Fische und Wasservogel und *Bothriocephalus*, dessen Art *B. latus* Bremser wohl aus diesem Grunde als Bandwurm des Menschen in Gegenden nicht ungewöhnlich vorkommt, in welchen das Trinkwasser aus Flüssen und Süßwasserseen entnommen wird.

Bei den *Trematoden* sind die Wimperembryonen mehr verbreitet. Sie kommen nicht allein in der Familie der *Distomiden* einem Theile der *Distomen*, den *Amphistomen*, *Monostomen* zu, sondern auch einem Theile der *Polystomiden*, so grade dem in der Harnblase des braunen Frosches im erwachsenen Stande sitzenden *Polystoma integerrimum*. In allen Fällen wird das Wimperkleid bei der ersten Umgestaltung abgeworfen. Es fehlt nicht allein den geschlechtsthätigen *Trematoden*, sondern auch den sich ungeschlechtlich vermehrenden Ständen der *Distomiden*, den *Redien* und *Sporocysten*, sowie den von diesen geborenen *Cerkarien-larven*. Man wird unter diesen Umständen eine hauptsächliche Bedeutung des Wimperkleides der Embryonen solcher parasitischen *Platyelminien* in der Bewegung finden dürfen.

Sofern das Wassergefäßsystem solcher Würmer (vgl. Bd. II, p. 368) zeitweise in der Lage ist, Flüssigkeiten einzupumpen, welche dem reinen Wasser näher stehen, als die, welche zu anderen Zeiten den parasitisch lebenden Körper umgeben, oder solche aus der Diffusion durch die Haut zu empfangen, kann sein Inhalt, wenn auch nur sekundär, doch einigermaßen für Gasaustausch mit in Rechnung gebracht werden, am meisten, wenn die Strömung stellenweise durch innere Wimpern erhalten wird, wie ich es für *Distoma cygnoides* Zeder nachgewiesen habe, also die Flüssigkeit wechselnd verschiedenen Körpertheilen dargeboten wird. Für eine Aufnahme relativ athembarer Flüssigkeiten in das Wassergefäßsystem wird der Aufenthalt in der Harnblase und Kloaken von Amphibien und an den Kiemen von Fischen die günstigsten Bedingungen bieten.

Bei den Turbellarien wurde das äussere Wimperkleid, welches ihnen den Namen gegeben hat, zuerst bei einer Süßwasserplanarie von O. F. Müller gesehen. Es bildet sich, wenigstens bei den Nemertinen, gewöhnlich schon im Ei, bei *Nemertes communis* van Beneden auch schon vor dessen Ablage, jedoch bei anderen, z. B. nach van Beneden bei *Vortex vittata* Frey und Leuckart erst nach dem Austritt des Embryo aus dem Ei. Für die Nemertinen möchte van Beneden aus Desor's Beobachtung an *Nemertes obscura* folgern, dass im Allgemeinen dieses embryonale Wimperkleid abgeworfen werde. In der eigenthümlichen Nemertinentwicklung durch die Pilidiumlarve, ist, wie Leuckart und ich nachgewiesen haben, die schirmförmige oder hutartige, der der Echinodermlarven ähnliche, starke Hautentfaltung ganz, nicht blos längs der Wimperschnüre oder Flimmerreifen mit Wimpern besetzt. Nach A. Agassiz hat eine der Gattung *Polia* ähnliche Nemertide, im Larvenstande einen vorderen und einen hinteren Wimperkranz.

Während der Wimperhaut der Embryonen und den Wimperschnüren der Larven wesentlich eine lokomotorische Bedeutung und letzteren zum Theil eine solche für Nahrungszufuhr zukommt, darf das feinere Wimperkleid des Pilidium wohl vorzüglich auf Reinhaltung bezogen werden, da die Flächenausbreitung des zarten Gewebes für seine eigene und die Athmung des von ihm umhüllten bleibenden Leibes genügen wird. Das definitive Flimmerkleid der Turbellarien hat dazu ohne Zweifel einen bedeutenden respiratorischen Werth, wie schon 1836 F. F. Schulze hervorhob. Für die Lokomotion des relativ schweren Leibes können diese Wimpern bei ihrer geringen Länge einen erheblichen Werth nicht mehr haben. Als länger wurden von Keferstein die der Dendrocoelen und von Schmidt die des *Microstomum* beschrieben. Die Wimpern bedecken, ohne in Reihen geordnet zu sein, die ganze Hautfläche. Wo einzelne Haare sich auszeichnen, wie vier durch Länge hervorragende am Kopfe von *Dinophilus vorticoides*

Schmidt, oder borstenartig werden, darf man ihnen mehr eine Beziehung zur Empfindung zuschreiben.

Das Wimperkleid der Turbellarien scheint sich an allen Oeffnungen in die inneren Höhlen fortzusetzen. An den Mündungen des sogenannten Wassergefässsystems (Bd. II, p. 370) erfährt es gewöhnlicher eine stärkere Ausbildung.

O. Schmidt nahm 1848 das letztere System ernstlichst für die Respiration mit in Anspruch, bezeichnete die Oeffnungen als Stigmata oder Respirationsöffnungen, nachdem Burmeister die gestaltliche Anlage mit der der Insektentracheen verglichen hatte, und sah in diesem Apparate die Wassererneuerung durch Einpumpen. Es ist nöthig, die Oeffnungen dieses Systemes von denjenigen Flimmergruben oder Flimmergängen zu unterscheiden, welche manchmal seitlich dem Gehirne aufliegen, und es ist die Lage derselben und die weitere Anordnung des Systems nicht immer auf dieselbe Weise verstanden worden. Man hat sie bald in der Nähe des Mundes oder gar vor ihm, bald in der Nähe des Begattungsapparates, bald hinten, dabei zuweilen paarweise, zuweilen median zusammentretend, auch in der Form eines grossen Bechers gefunden. Das Gefässsystem selbst verästelt sich in der Regel deutlich. Den weiter oben gegebenen Einzelheiten möge beigefügt werden, dass auch die Landplanarien ein Wassergefässsystem haben, welchem Moseley zum Theil erectile Bedeutung für den Geschlechtsapparat zuschrieb. Auch die Differenz der Meinungen über die Funktion ist oben berührt. Bei den Nemertinen hat, abgesehen von der Deutung van Beneden's für die vorderen Wimpergruben als exkretioneller Organe nur Schultze ein eigentliches wimperndes Wassergefässsystem behauptet.

Die Malakobdellen, meist den Hirudineen zugerechnet wegen des hinteren Saugnapfes und des mit einem After geöffneten Darmes, auch in Manchem an die Trematoden erinnernd, in Muscheln, besonders in *Mya truncata* parasitisch, theilen mit den Turbellarien das äussere Wimperkleid und sind ihnen deshalb 1847 von Frey und Leuckart, neuerdings von Semper als schmarotzende Nemertinen zugerechnet worden.

Sonst besitzen die Hirudineen zwar in verschiedener Art des Vorkommens auf inneren Flächen Wimpern, so im Mastdarm, in den Trichtern und Kanälen der Exkretionsorgane, bei *Histriobdella* am Mundrand, aber nirgends, auch nicht einmal im embryonalen Stande, ein äusseres Flimmerkleid.

Eine Unterordnung, die der Branchiobdellen, dies nicht im Sinne der an Kiemen der Flusskrebse schmarotzenden Krebsigel, hat dagegen blättrige oder blasige Anhänge, symmetrisch und metamerisch geordnet an den Seiten des Körpers. Quatrefages wies nach, dass diese Anhänge mit Lymphgefässen in Verbindung stehen, Lymphkiemen sind und schlug vor, nach

ihrer Anwesenheit die Egel in branchifere und abranche einzuteilen. Derartige Kiemen hat in einfacher Blattform und in dreissig, oder nach Leydig in dreiunddreissig Paaren Branchellion (Branchiobdella), gefiederte hat Eubbranchella, verzweigte haben Phyllobranchus und Ozobranchus. Blasige, man könnte auch sagen knopfförmige sollen haben Calliobdella und die für die Einheiten nicht beschriebene Hemibdella. Die letzteren haben Anlass gegeben, diese Kiemenegel näher an die doch nur warzigen Arten der Gattung Pontobdella anzuschliessen. Wohnthiere der Kiemenegel sind vor Anderen Seethiere, welche unter der Athmung nicht sehr günstigen Umständen leben, theils sich mit Sand überdeckende Plattfische, sei es Schollen, sei es Rochen, Zitterrochen, Adlerrochen, theils auf dem Meeresgrunde lauende Grundeln und Groppen, theils träge Seeschildkröten. Man kann in der Versorgung mit besonderen, fächerartig arbeitenden Kiemen eine Ausgleichung für die diesen Egel sonst für die Athmung gebotene Ungunst der Verhältnisse erkennen.

An solchen Kiemen sahen weder Leydig noch P. J. van Beneden und Hesse, welche diese Egel monographisch bearbeitet haben, Kontraktionen oder ein Vortreiben und Zurückziehen. Doch nahmen die letztgenannten Gelehrten keinen Anstand, die von Dalyell als mit zehn Paar halbkuglicher, wie in Athmung sich hebender und fallender Blasen versehen beschriebene *Hirudo vittata* und die bekannte *Piscicola respirans*, nach Diesing *Cystobranchus Troscheli*, bei welcher Troschel elf Paar solcher Blasen entdeckte, mit in die Gruppe der Kiemenegel aufzunehmen. An einer in Heidelberg an einer Forelle gefundenen *Piscicola* haben sich elf Paar lebhaft thätige Blasen im Spirituspräparate als deutlich vorragende Knoten erhalten. Leydig hat nur acht Paar von einer zoologisch nicht genau definirten *Piscicola* angegeben. Bei *Calliobdella* sah van Beneden an der Spitze der einzelnen, hier wie bei *Piscicola* hellen Bläschen eine grosse Zahl Oeffnungen. Leydig sah bei *Branchellion* jeweilig im dritten Anhang, in acht grossen warzenförmigen Höckern am Halse der *Pontobdella* und in den Bläschen der *Piscicola* rhythmisch kontraktile Gefässanschwellungen oder Schlingen, welche er bei den ersteren zu den Seitengefässen rechnete, bei der letzten Gattung als zu in Uebereinstimmung mit *Clepsine* angenommenen Verbindungsbogen zwischen kontraktilem Seitenstämmen und Mediangefäss gehörig ansah. Derselbe stellte fest, dass die kontraktile Ausbuchtungen

Fig. 246.



Kiemenegel des Turbot, *Branchellion rhombi* van Beneden, aus dem Kanal, in natürlicher Grösse, vom Rücken gesehen. Zwischen der punktirten Halsgegend und der Region der kienentragenden Segmente zeichnet sich die angeschwollene Stelle aus, welche auf der Bauchseite die Geschlechtsöffnungen trägt; nach van Beneden.

des Blutgefäßsystems verschieden seien von dem, was man damals Respi-
rationskanäle nannte, den Segmentalorganen, an welchen er unter Umständen
eine innere Oeffnung, auch eine blasenförmige Anschwellung und an dieser
Kontraktionen sah. Wo aber das Blut am meisten respirire, wagte er nicht
zu entscheiden. Diesem wesentlich exzernirenden System der Schleifen-
kanäle oder Segmentalorgane sind zweifellos die mit Stigmata bezeichneten
Oeffnungen in der Nähe der Bläschen von Calliobdella zuzuteilen. Es ist
möglich, dass alle weniger in der Fläche ausgebreiteten, den Athmungs-
organen zugerechneten Bildungen bei Egelu Hilfsapparate der Schleifen-
kanäle sind. Dann würden die äusseren Kiemen von Branchellion, für
welche Quatrefages eine energische Oxydationskraft nachwies, Eubran-
chus und Phyllobranchus darüber hinausgehen und deutlicher Athmungsorgane
darstellen.

Den kiemenlosen Egelu genügt für die Athmung der Gefässreichtum
der Haut. Sie unterstützen die Funktion häufig durch Pendelschwingungen
des mit dem hinteren Napfe befestigten Körpers im Wasser. Nicht wenige
haften auch vorzüglich denjenigen Stellen an den Wohnthieren an, an
welchen sie durch deren Athemarbeit unterstützt werden, so Astacobdella
an den Kiemen oder an der Unterseite des lebhaft bewegten Schwanzes der
Krebse, Clepsine in Athemhöhlen von Schnecken.

Sagitta hat weder ein Wimperkleid noch sonst etwas von auf Ath-
mung zu beziehender Organisation. Die relativ grosse Oberfläche des
gestreckten Körpers, die Zartheit der Hülle, das bewegte pelagische Leben
genügen dem Respiationsbedürfnisse.

Bei den Gephyrei spielt die einfachste Art der Athmung, die durch
äussere Wimperung, eine geringe Rolle, indem die Haut mit einer festen,
häufig gemusterten, auch sich zu Stacheln oder Haken verstärkenden Cuti-
cularablagerung versehen zu sein pflegt. Doch wurde Wimperung auf
Aussenwand und Innenwand an den Tentakeln von Sipunculus und Phasco-
losoma von Keferstein und Ehlers, an den Armen des Rüssels der
Bonellia von Schmarda, auf der Innenfläche und am Randsaum des
Rüsselanhangs des Echiurus von Greeff gesehen. Wimpern bekleiden
nach Graff auch bei der nach Ihering für die Ableitung der Mollusken
wichtigen Neomenia eine Bauchfurche, welche sich bei Chaetoderma
in rudimentärem Zustande wieder findet. Die Bedeutung solcher Wimperung
für die Athmung wird um so mehr dann in Anspruch genommen werden,
wenn man die Rüssel oder Tentakel als dieser Funktion dienlich ansieht,
während sie doch auch für Ortsbewegung, z. B. bei Bonellia beim Ein-
kriechen in Verstecke, und für Untersuchung und Nahrungszufuhr benutzt
werden (vgl. Bd. II, p. 75). Sie so in Kombination mit einer vorn ange-
brachten Athmereinrichtung zu erkennen, geht bei der starken Anfüllung der
Wände mit Blut selbst für solche Rüssel, welche in das tentakellose Vorder-

ende ganz retrahirt, jedoch in rascher Wiederkehr in Umdrehung vorgestossen werden, wie es v. Willemoes Suhm über Priapulius berichtet hat. Dass, wie Williams betont, die ganze Haut athmet, ist selbstverständlich, aber es geschieht gewiss bei der verschiedenen Hautbeschaffenheit der einzelnen Formen in sehr ungleichem Grade.

Bei den Sipunkuliden ist der Mund meist mit Tentakeln umstellt, bei den Echiuriden von einem diesen gleichwerthigen, gefurchten, getheilten oder ungetheilten Rüssel überragt. Beiderlei Organe kommen je nach der Flächenausbreitung für die Athmung in Betracht. Für jene Tentakel besteht eine ähnliche Mannigfaltigkeit wie bei den Holothurien. *Aspidosiphon truncatum* hat nach Keferstein sechszehn Tentakel. Bei *Phascolosoma Puntarenae* zeichnet derselbe achtzehn fadenförmige dorsal von einem Bauchlappen. *Ph. boreale* und *pectinatum* K. haben zwanzig; *Ph. minutum* hat dagegen neben fünf verkümmerten nur zwei länglich blattähnliche. *Ph. margaritaceum* und *Ph. australe* haben zahlreiche in mehreren Reihen. *Petalostoma* hat zwei breit blattähnliche über dem Munde. *Dendrostoma* hat sechs breite an jeder Seite mit je acht bis zehn fadenförmigen Fiedern und ähnelt damit abgesehen vom Numerus sehr den dendrochiroten Holothurien.

Der Rüssel über dem Munde endet bei Echiurus und *Thalassema* wie eine Schaufel oder ein Löffel. Fadig verlängert theilt er sich bei *Bonellia* gablig an der Spitze (vgl. Bd. II, p. 75, Fig. 62). Keferstein, indem er die vorzüglich von Milne Edwards für die Anneliden angewendete Unterscheidung der Leibeshöhlenflüssigkeit und des Blutes in Gefässen und der respiratorischen Funktion dieser beiden in etwas veränderter Form anwandte und dem Blutgefässsystem lieber den Namen Respirationssystem zu geben vorschlug, fand denselben Unterschied bei den Sipunkuliden wieder, das besondere Gefässsystem aber mit den Tentakeln im Zusammenhang. In letztere sah er, wie Semper, sich vom Ringgefässe Schläuche einsenken und diese durch die Kontraktionen der in entgegengesetzter Richtung am Speiserohr hinablaufenden, innen wimpernden geschwellt werden. Zu den drei grossen Kanälen, welche den Rüssel der *Bonellia* durchziehen, und den sie verbindenden Quergängen kommt nach Semper ein reiches Netz ebenfalls wimpernder Gefässe in der Rüsselhaut. Das bildete auch Schmarda ab. Der Rüssel ist ihm eine echte Kieme. Bei *Petalostoma* aber haben die Tentakel keinen Hohlraum.

Ein drittes Mittel für Athmung und eine zweite Organgruppe für dieselbe tritt bei den Gephyreen in Entfaltungen der Haut am hinteren Ende auf, nämlich bei einem Theil der Priapuliden. Hier hat Priapulius auf einem besonderen Schwanztheil, einem nach dem Verständniss von Ehlers ventral vom After und den diesen symmetrisch begleitenden Geschlechtsöffnungen anhängenden cylindrischen Grundstocke von schwankender Länge

eine grosse Menge spindelförmiger, abgestutzter und etwas abgeplatteter Papillen in Kreisen und Längsreihen geordnet, *P. caudatus* deren etwa zweihundert. Bei jungen Thieren sind die Papillen sparsam; sie entstehen zuerst auf der Rückenseite. An der Spitze des Grundstocks liegt inmitten der Papillen eine ziemlich grosse Oeffnung, der Porus. Die Leibeshöhle dringt in den Schwanztheil und auch in dessen Papillen. Die Papillenkreise sind durch Hautmuskelreifen gesondert. Stärker als letztere sind die

Fig. 247.



Priapulus caudatus Lamarck, vom Rücken gesehen, in natürlicher Grösse.

o. Mund. a. After. b. Schwanzkieme. p. Porus derselben.

Längsmuskelbänder, bei gedachter Art fünfzehn an der Zahl. Die äussere Bedeckung der Papillen bildet eine durchsichtige Chitinlage. In die Wand treten die Elemente der Haut, auch die muskulösen. Im Hohlraum finden sich Körperchen des Leibeshöhlenblutes. Mit Ausnahme von Rathke, welcher den Anhang den Ovarien, richtiger den anhängenden Eischläuchen gewisser Krebse verglich, sind die Beobachter der Meinung von Lamarck, dass es sich hier um ein Organ für Athmung durch Aufnahme von Seewasser handle, beigetreten. Wenngleich Wasserwechsel nicht eigentlich gesehen wurde, so wird doch der nach Rathke frei in das Wasser

ragende Schwanzanhang des übrigens von einem Sandhäufchen bedeckten *Sipunculus* nach Phillips entfaltet und verkürzt, auch in seinen einzelnen Papillen kontrahirt. Es war wohl der Erschlaffung der Thiere zuzuschreiben, wenn v. Willemoes Suhm ihn stets dicht an den Körper gezogen sah.

Während *Strephterterus Norman's* sich wahrscheinlich an *Priapulus* anschliesst, dagegen die demselben übrigens sehr nahe stehende Gattung *Halicryptus* des Anhangs und des Porus entbehrt, auch *Lesinia Schmidt's* weder Tentakel noch hintere Kiemen hat, finden sich bei *Chaetoderma* nach Lovén zwei mit je acht Blättern am äusseren und inneren Rande gefiederte Kiemen. Sie umgreifen mit ihrer Basis den am Hinterende gelegenen After und können mit ihm, ähnlich wie bei Dorisschnecken, in eine trichterförmige Höhle zurückgezogen werden. Nach Graaff haben die einzelnen Blätter Leisten, die äusseren mehr, die inneren weniger. Der Stamm enthält einen Rückziehmuskel und daneben eine Höhlung. Die obere Kante des Stammes, die Blätter und die Innenfläche des Sackes, in welchen die Kiemen zurückgezogen werden, wimpern.

Ein Athmungsorgan einer dritten Art kommt den Echiuriden zu, am ausgezeichnetsten der *Bonellia*, bei welcher es zuerst von Schmar da als respiratorisch angesehen und den Lungen der Holothuriern gleich gestellt wurde, während der Entdecker Rolando in verkehrtem Verständniss der Lage der Theile es für Speicheldrüsen gehalten hatte. Es handelt sich um

zwei hart am After mit engen Oeffnungen in die Kloake mündende weite Schläuche, welche, nach aufwärts mit gefiederten oder verästelten Anhängen besetzt, braune Bäumchen von 12—18 mm. Länge darstellen. Die Zweiglein enden, wie Lacaze-Duthiers zeigte, nicht blind, sondern es dringt an ihrer helleren keulenförmigen Endanschwellung von einer becherförmigen Eintiefung ein feiner Kanal in den Hohlraum. Becher, Kanal und Gang wimpern. Ein körniger Inhalt der Wandzellen beweist die drüsige Natur des Organs. Dasselbe ist an der Leibeswand durch Fäden angeheftet, in welchen sich Muskeln befinden. Lacaze-Duthiers, da er nicht beobachtet hatte, ob Wasser in die Röhren eingezogen werde und ob die durch sie mit dem offenen Wasser kommunizierende Leibeshöhle mit Wimpern ausgekleidet sei und Blutkörperchen enthalte, kam über die respiratorische Bedeutung dieser Organe nicht zu einem zweifellosen Abschluss. Er betonte als jedenfalls an erster Stelle gegeben die als eines Reinigungsapparates und wir werden dafür setzen dürfen als einer Niere. Uebrigens wimpert, wie es scheint, die Leibeshöhle bei den Gephyrei allgemein und es kann das Eintreten von Wasser wenigstens in vielen Fällen kaum bezweifelt werden. Bei Echiurus sind die Anhänge der betreffenden Schläuche von Forbes und Goodsir schon früher als unverästelt beschrieben. Diese Gelehrten hielten die herantretenden Fäden für Blutgefäße und meinten, dass so das Blut direkt in der Wand der Schläuche athme. Greeff hat bestätigt, dass Zweige von einem Darmgefäße an diese Wimperschläuche treten, aber ebenso die Einmündung der letzteren in die Leibeshöhle, welche ihrerseits in der Spitze des Rüssels mit den Blutgefässräumen kommuniziert. Er nimmt die Einführung des Seewassers durch die Schläuche an.

Indem Semper die zuerst von Keferstein und Ehlers unter den Elementen des Blutes des Sipunculus als frei in der Leibeshöhle flottierend, dann von Keferstein für Aspidosiphon als von der bewimperten Leibeswand herrührend und vielleicht zum Wassergefässsystem gehörig beschriebenen Wimpertöpfe als bei allen echten Sipunkuliden am Darm und Mesenterium anhängend erkannte und den Wimpertrichtern der Synapten unter den Echinodermen gleichstellte, auch, wie wir oben sahen, für die Holothurienlungen terminale Oeffnungen anzunehmen neigte, gewann er für die Ausrüstung mit Wimpertrichtern und mit Lungenbäumen in den beiden jetzt in der Regel ganz gesonderten, aber bei Cuvier nahe verbundenen Klassen der Holothurioide und Gephyreen parallele Reihen.

Bei Phoronis flimmert nach Mecznikoff's Beschreibung das Epithel wenigstens stellenweise, während bei Crepina (vgl. Bd. II, p. 76) nach van Beneden die Wimperhaare durchaus, auch an den Tentakeln starr sind. Im Larvenstande, der Actinotrocha, ist anfänglich der ganze Körper bewimpert. Bei der schirmartigen Ausbreitung beschränkt sich die Wimperung, wird aber zugleich besonders stark im hinteren Wimperring

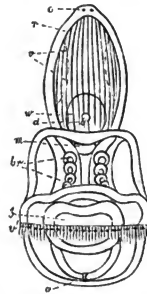
und an den Larvententakeln (vgl. Bd. II, p. 378, Fig. 185), welche in der Metamorphose verloren gehen. Die Leibeshöhle kommuniziert bei Phoronis durch die Genitalporen mit dem umgebenden Wasser. Sie soll wenigstens bei *Crepina* keine Blutkörperchen enthalten. Uebrigens ist der Tentakelkranz, indem er zunächst aus der Röhre vortritt und die stärkste Flächenentfaltung bietet, das wesentlichste Athmungsorgan.

Bei *Polygordius* hat die hinter dem Vorderende in der Mundgegend kuglig geblähte, von Girard und A. Agassiz als *Nareda* beschriebene und den Nemertinen zugetheilte, von Schneider als hierher gehörig erkannte Larve eine Wimperausrüstung am Vorderende, welches Stirne, nicht Mund ist, einen dreifachen Wimperkranz um die kuglige Blähung mit zwei Reifen vor und einem hinter dem Mund und einen Wimperkranz um das hintere Körperende. Nach Ablauf des Larvenstandes wimpeln nur zwei symmetrische Gruben, welche vom Rücken her zum Munde herumgreifen und aus den Wimperkränzen der kugligen Auftreibung abgeleitet werden können. Die beiden Tentakel am Kopfende sind Ausstülpungen des Hautschlauchs in allen seinen Elementen und die Körperhöhle tritt in sie ein. Ihre Aussenfläche ist nur mit starren Haaren besetzt, wie sie auch sonst vorkommen. Die Innenfläche des Darms wimpert und ebenso die Innenwand der Kanäle, welche paarweise in den mittleren Segmenten des Wurms als wahre Segmentalorgane seitlich verlaufen und Schneider am Hinterende solcher Segmente nach aussen zu münden schienen. Die Dünnwandigkeit der Blutgefäße mag dazu beitragen, besondere Athemorgane entbehrlich zu machen. Alles bestätigt unsere Meinung der Verwandtschaft mit den Naiden (vgl. Bd. II, p. 76).

Bei *Balanoglossus* hatte der erste Entdecker *delle Chiaje* die Leberschläuche für Kiemen angesehen. Die Larve desselben, die *Tornaria* von J. Müller, wurde wegen der Anordnung der Wimperreihen, wie früher angedeutet (vgl. Bd. II, p. 380), den Echinodermlarven, namentlich denen des Bipinnariastandes der Seesterne angeschlossen. Wenn man, wie es sich nach Lage der Augenflecken und des Afters gehört, die Darstellung Müller's umkehrt, so hat *Tornaria* eine nach vorn dreispitzige Wimperschnur am Bauche vor dem Munde, bogig querüber ziehend, während eine ähnliche dorsale, von jener vorn durch die Augenflecke getrennt, hinter dem Munde jederseits sich auf die Bauchfläche wendet mit wieder drei Lappen, deren mittlerer sich gegen den Mund vorstreckt und die Mundgrube hinten begränzt; endlich ist das Hintertheil mit einem besonderen Wimperkranz, nach *Mecznikoff* mit zweien, und der an ihm liegende After mit einem Wimperschopf ausgerüstet. Die erste Veränderung an *Tornaria* ist die Ausbildung von Kiemen. Diese treten zunächst als Falten jederseits an der Rückenseite des Anfangstheils der Speiseröhre auf. Die Falten werden zu Gruben und, indem diese sich krümmen und endlich zu Ringen schliessen,

erscheinen sie vom Rücken als Trichter. Diese sind nach Agassiz bei der amerikanischen Art, seinem *Balanoglossus Kowalewskii*, wenigstens noch lange, nachdem ihrer vier auf jeder Seite hergestellt sind, ohne äussere Oeffnungen, während nach Mecznikoff die mittelmeerische Art in den ersten Anfängen zwei weite Trichteröffnungen auf jeder Seite einer tiefen Rückengrube besitzt. Wenn die Längswimperbänder sich verloren haben und der hintere Wimperkreis nur noch langsam arbeitet, statt dessen aber der Körper sich ganz mit feinen Wimpern bedeckt hat und einige andere Veränderungen eingetreten sind, namentlich die Ausziehung des Rüssels, dann komplizieren sich die Wimperwülste zunächst durch Bildung einer neuen Schleife an dem medialen Rande. Bei dem jüngsten, in den Schlamm niedergesunkenen *Balanoglossus* fand Agassiz nach seiner Abbildung schon einundzwanzig Paar Kiemen, aber ihre Komplikation hatte sich noch nicht vergrössert. Es vermehrt sich dann durch Zuwachs am hinteren Ende die Zahl der Kiemenpaare, so dass sie bei einem Individuum von etwa 7 cm. Länge vierunddreissig beträgt, und es komplizieren sich zugleich die einzelnen Kiemen, indem sie nach der Medianen zu neue Schleifen ausbilden. Dann fand Agassiz auch die äusseren Oeffnungen. Für *B. minutus* hat Kowalewsky auf etwa 9 cm. Körperlänge zweiunddreissig Kiemenpaare gezeichnet.

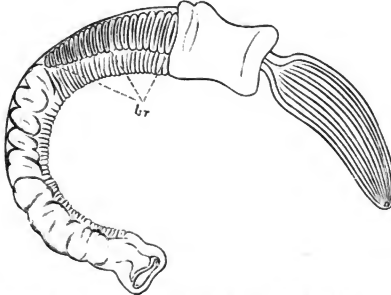
Fig. 248.



Umwandlung der Tornarialarve zum *Balanoglossus Kowalewskii* Agassiz, 25mal vergrössert, nach A. Agassiz.

o. Augen an der Spitze des Rüssels (r). v. Reste der Längswimperbänder. w. Wassergefässsystem. d. Deessen Rückenporus. m. Mund. s. Magen. v. Hinterer Wimperkranz. br. Kiemen. a. After.

Fig. 249.

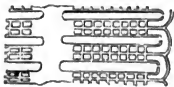


Junger *Balanoglossus Kowalewskii* Agassiz von der Küste von Neu-England, von der Seite gesehen, 12mal vergrössert.

br. Kiemenwülste der rechten Seite.

Keferstein beschrieb, ohne die Bedeutung zu verstehen, einen Stützapparat der Kiemen aus festen, durchlöcherten, in Kali nicht veränderlichen Stücken. Bei *Balanoglossus clavigerus* ist nach Kowalewsky das genauere Verhalten folgendes. In der Medianlinie des Rückens liegt ein gelbliches Gefäß und jederseits neben diesem eine Furche. Von letzterer laufen quer in die seitlichen Lappen der Kiemengegend bogenartige Streifen, bei dieser Art nur gegen das Ende der Reihe kürzer, bei *B. minutus* aber von Anfang an gleichmässig abnehmend. Am Aussenrande der Kiemengegend liegt zwischen den Bogen jedesmal eine stark wimpernde Oeffnung, aus welcher ein durch den Mund in den Schlund gelassener Wasserstrom abfliesst. In jedem Bogen stehen drei Plättchen senkrecht hinter einander, so dass sie von oben gleich Stäbchen erscheinen. Dieselben sind auf der Oberseite durch acht in der Längsaxe des Wurms liegende wirkliche Stäbchen, die verkürzten am Ende der Reihe durch eine geringere Zahl, quer gegen ihren Verlauf sprossenartig verbunden. So entstehen Roste. Jede mittlere Platte eines Rostes entsendet ferner an der Aussenkante der Kieme ein gebogenes Stäbchen nach vorn und eins nach hinten. Diese treten mit solchen des vorausgegangenen und des nachfolgenden in Verbindung. So erhält die ganze Kiemenplatte einen festonirten Rand. Die Randplättchen der einzelnen Abtheilung neigen sich hier nur gegen ihre Nachbarn, ohne sie zu erreichen. In der Mittellinie hängen die Gestelle beider Seiten durch eine einheitliche dünne Platte zusammen. Die Plättchen sind in

Fig. 250.



Ein Stückchen des Kiemengerüsts von *Balanoglossus minutus* Kowalewsky von Neapel; auf der rechten Seite sind die rostförmigen Theile bis zum Rande, auf der linken nur theilweise wiedergegeben; nach Kowalewsky.

verschiedenem Grade sichelförmig abwärts gekrümmt und können so einen zwischen ihnen liegenden, durch sie gekammerten, dorsalen Darmtheil von einem einfach durchgängigen ventralen abheben. Die Fächer zwischen den Kiemenplättchen wimpern. Das Wasser tritt vom Oesophagus in sie ein und durch die Randöffnung aus. Bei *B. Kowalewskii* liegen die äusseren feinen Oeffnungen nahe der Mittellinie auf handschuhfingerartig vorstülpbaren, innen stark wimpernden Taschen. Auch ist das Stabwerk viel einfacher,

indem jedesmal drei Zacken von einem äusseren Bogen nach der Mittellinie laufen, zusammen etwa in Ankergestalt, wo sie dann auf einen granulirten Strang treffen, welcher als erste Anlage des Kiemenskelets bei *Tornaria* an der Basis des Rüssels auftritt. Als ein Rudiment dieser eigenthümlichen Einrichtung des *Balanoglossus* betrachtet Agassiz die wimpernden Taschen des Nemertinenarms. Die vollständige Begründung der Bezeichnung der hier und im Rüssel des *Balanoglossus* dienenden festen Skelettheile als chitiner, welche man bei Kowalewsky und Agassiz findet, und des Verständnisses ihrer Bildung nach Art von Chitinausschei-

dungen chitinogener Membranen fehlt noch. Ueber die Kiemengefäße wurde oben gesprochen (vgl. Bd. II, p. 381).

Unter den Anneliden ist es ein Charakter der Oligochäten, dass sie keine besondere Athemwerkzeuge, Kiemen, haben. Auch die in der Erde oder im Schlamm wühlenden Formen haben im Ei eine Wimperbekleidung der Bauchfurche, auch wohl der Mundgegend und ein Paar Flimmerlappen neben dieser. Die Erdwürmer, Regenwürmer, Terricolae, verlieren solches gänzlich, bevor sie das Ei verlassen. Von den Schlammwürmern, Limicolae, behalten dagegen mehrere etwas von dieser Wimperung, so *Aeolosoma* (vgl. Bd. II, p. 80, Fig. 66) und *Ctenodrilus* an dem löffelförmig den Mund überragenden Kopflappen und der Unterlippe. Das dürfte mehr mit der Reinhaltung von Stellen feiner Empfindung als mit Athmung zu thun haben.

Die Segmentkanäle, mögen sie theilweise, bei Limikolen, zu Geschlechtsgängen verwendet sein oder nicht, wimpeln überall ausgezeichnet. Nachdem Gegenbaur gezeigt hatte, dass die Wimpern in den, wie Leydig gefunden, nicht nur aussen, sondern auch in die Leibeshöhle sich öffnenden Segmentorganen von innen nach aussen treiben und dass zuweilen ganze Abschnitte dieser Kanäle mit Sekreten gefüllt sind, konnte eine direkte Bezugnahme auf diese Organe für die Athmung, wie sie den Aeltern, Willis, Home u. A. für die Regenwürmer geläufig gewesen war, nicht mehr festgehalten werden. Ray Lankester ist dann der Meinung gewesen, dass eine indirekte Beihülfe geschehe durch Einströmen von Wasser durch von Busk angegebene dorsale Stigmen und ein feines Kanalsystem, welches er als den Zahnröhrchen ähnlich selbst beschrieb. Claparède hat aber gezeigt, dass dieses vermeintliche Kanalsystem ein Netz von Binde substanz ist.

Die Oligochäten, namentlich die für Hautathmung ungünstig situirten Terrikolen, möchten nach Allem unter höher organisirten Thieren diejenigen sein, bei welchen die Ausscheidung der Gase sich am wenigsten von der der Harnsekrete abgelöst hat.

Bei den polychäten Anneliden bedeckt sich der Embryo mit Wimpern, bei *Hermella* nach Quatrefages nach Ausbildung des Mundes, wahrscheinlicher überall vor derselben, so beispielsweise nach Claparède und Mecznikoff bei *Spio* und *Capitella*, nach meinen eigenen Beobachtungen bei *Spirorbis* (*Pagenstecheria oblonga* Quatrefages). Die Wimpern machen entweder den Embryo in der Eihülle rotiren oder arbeiten doch unter deren Schutz für die Athmung und weiter nach Zerreißung der Eihaut, oder diese, das Chorion, gestattet in merkwürdigster Weise den Wimpern vorzutreten, sei es durch eine grosse Anzahl feiner oder eine geringere Anzahl grösserer Poren, vielleicht auch in Anschmiegun an die

Wimpern, nachdem sie vor deren Ausbildung eine facettirte oder papilläre Oberfläche zeigte. So wenigstens scheint die von Aeltern angegebene Entwicklung von Wimpern auf der Dotterhaut hier und bei Gephyreen nach den Beobachtungen von Krohn und Schneider, so wie von Claparède und Mecznikoff verstanden werden zu müssen.

Bei den pelagisch schwimmenden Larven treten, wie das zuerst von Lovén beschrieben wurde, diese Wimpern als Ringe auf, von welchen ein vorderer mit langen Cilien als ein Segel erscheinen kann und ein hinterer sehr gewöhnlich vorkommt. Sie bilden auch Schöpfe und Epauletten oder beschränken sich in anderer Form auf Regionen, sei es am Bauche, sei es am Rücken. Es sind nach der Gestaltung der Wimperapparate die Wurmlarven in Kategorieen getheilt und benannt worden. Diese Larvenkategorieen stimmen jedoch nicht mit den Gruppen überein, welche man auf die Charaktere der Erwachsenen begründet hat. Es kommen in mehreren Familien Larven ohne Wimperreifen, atroche, neben solchen mit mehreren Wimperreifen und solchen mit unvollkommenen Reifen vor. Je stärker das pelagische Leben ausgebildet ist, um so energischer ist die Wimperbildung und sie erscheint zunächst und wesentlich der Ortsbewegung dienend. Soweit hernach polychäte Würmer das pelagische Leben behaupten, wird der grösser und schwerer gewordene Körper durch die schlängelnde Bewegung und Schwimmbewegung der Fussstummel getragen. Die Wimperausrüstung kann bei denselben ebensogut eingehen oder beschränkt werden, als bei denjenigen, welche niedergesunken im Schlamm und an Algen kriechen oder sich in besondere Verstecke setzen. Das, was sich dann von Wimpern findet, wird theilweise hergestellt durch Modifikation an den bereits gebildeten Ringen mit Abfallen und Eingehen einiger Wimpern, theils in einem differenten Verhalten nachgebildeter Segmente gegen die in der Larve vorhandenen.

Bei einigen polychäten Anneliden, wie Spirorbis und Telepsavus, wimpert im erwachsenen Stande die ganze Haut. Bei Nephthyden und den Tubicolen im Allgemeinen wimpert die Bauchfurchen, welche bei vielen Sabelliden auf den Rücken als Kopffurchen herumgreift (vgl. Bd. II, p. 84). Nicht selten wimpern die Tentakel, bei Diallychone, Stylarioides, Trophonia, die ausstreckbaren Mundpapillen, bei Stylarioides, und als förmliche retraktile Rotationsapparate, ähnlich denen der Rädertiere, oder als Wimperknöpfe bei Ophelia, Capitella, Notomastus, Nerilla und Polyophthalmus, die Lippen, bei Euphrosyne und Anaitis, die Cirren bei Euphrosyne und Polyophthalmus, oder sonst Gruben oder bandförmige Streifen auf dem Kopfe. An solchen Stellen führen die Wimpern durch die Bewegung des feinen Schlammtheilchen tragenden Wassers dem Munde Nahrung zu, sie schaffen den Koth weg, sie hindern die Belegung der Haut mit Schlamm, dieses an einigen der gedachten Stellen wieder wie bei Oligochäten zum Vortheil der Sinnesempfindung. Der Vortheil für Athmung geht überall neben her.

Am stärksten tritt er hervor in der Kombination der Wimpern mit den sogenannten Kiemen, über welche das Besondere gleich folgen wird. Diese Kombination lässt sich aus der Erhaltung oder Nachbildung von Wimperbogen ableiten, welche segmentweise in Abständen als quere Wimperwülste über die ganze Breite des Rückens ziehen, so bei *Polydora Agassizii* Clap. jedesmal mit doppelter Wimperreihe und auch gewöhnlich bei anderen Syllideen, und sich danach auf Segmentalanhänge beschränken. Sie erscheinen dabei an den verschiedenen Arten solcher, auch zugleich an mehreren, so an den Fusstummeln bei *Stephanomia flexuosa* auf der ganzen Oberfläche, bei *Micronereis variegata* Clap. nur an den oberen Stummeln, bei *Psammolyce arenosa* und bei *Sthenelais fuliginosa* Clap. in zwei dorsalen Feldern, bei anderen *Sthenelais*-arten in einem, bei *Euphrosyne racemosa* Ehlers, *Nychia cirrosa* Pallas, *Antinoë Sarsi* Kinberg und anderen auf der ganzen Oberfläche der Cirren, bei *Palmyrides portus veneris* Clap. an der Wurzel der Cirren und am allergewöhnlichsten an den Kiemen selbst. Die Art der Anordnung der Wimpern an den Kiemen lässt vermuthen, dass dieselben, wo sie neben den Kiemen auf anderen Segmentalanhängen stehen, dennoch ihre Hauptbeziehung zu der Athmung haben, freilich in einer nicht gleich zu vermuthenden Weise.

Die besonderen Träger des Athemgeschäftes, mit oder ohne Wimperung, die Kiemen, sind anfänglich von Lamarck, von Cuvier und Latreille als oberes Eintheilungsmotiv der Würmer überhaupt benutzt worden. Savigny und Blainville erschütterten die Eintheilung nach diesem Motive, jener durch eine weniger einseitige Systematik, dieser durch stärkere Betonung der Borsten und danach unter den Borstenwürmern der Gleichwerthigkeit und Ungleichwerthigkeit der Segmente. Endlich verwarfen Audouin und Milne Edwards wegen der Ungleichheit der Ausbildung der Athemwerkzeuge bei sonst nahe Verwandten die sich auf Kiemen stützende Eintheilung gänzlich und Oersted und Grube verfahren ebenso. Die Betrachtung der Kiemen im Einzelnen wird am Besten zeigen, wie weit unter den Polychäten eine Sonderung in Capitibranchie, eventuell in Tubicolae, Limivora, Serpulea und in Dorsibranchie, eventuell Errantia, Maricolae, Rapacia, Nereidea mit Einschluss der Aricidea den vorhandenen Organisationsformen geschickten Ausdruck verleiht (vgl. Bd. II, p. 81).

Am Hautschlauche der Würmer können segmentale äussere Anhänge unter der Form und dem Titel von Fusstummeln, Antennen, Tentakeln, Mundcirren, Tentakelcirren, Cirren, Kiemen wie in bilateraler so in dorso-ventraler Symmetrie ausgebildet werden. Sie entfernen sich selten und wenig wesentlich von jener, sehr gewöhnlich und morphologisch wie physiologisch nicht wenig von dieser Symmetrie. Unter solchen Anhängen hat man eine Art, welche der Ortsbewegung dient und mit ganz seltenen Ausnahmen Büschel von Chitingebilden, im Ganzen als Borsten bezeichnet, trägt,

Fussstummel oder Ruderfüße genannt. Dieselben sind meist plumpe, von kräftigen Muskeln gefüllte und regierte, sonst hohle Höcker. Anderen Arbeiten als der Bewegung sind sie ziemlich entzogen, namentlich der Athmung wenig nütze. Der Grad ihrer Entwicklung aus dem Rumpfe heraus und die Länge und Form der von ihnen getragenen Borsten gehen Hand in Hand mit der Lebensweise in freier Bewegung oder in Verstecken. Wie sie selten der Borsten oder diesen homologer Chitinbildungen entbehren, treten letztere auch nur ausnahmsweise an Anhängen einer anderen Kategorie auf. Die Kategorie der Fussstummel ist eine Kombination, deren Komponenten in verschiedenem Grade ausgebildet sein können, so dass die Summe ihren Charakter verschieden deutlich ausgeprägt zeigt, aber sie ist immerhin im Ganzen die am besten charakterisirte. Die dorsoventrale Symmetrie macht sich in ihr gewöhnlich durch Scheidung eines oberen von einem unteren Fussstummel geltend.

Zwei andere Kategorien von Anhängen, Cirren und Kiemen, können sich den Fussstummeln gesellen, indem sie entweder auf ihnen oder neben ihnen vorwachsen. Für beide stellt sich die Unterscheidung von den Füßen im Allgemeinen gemeinsam dahin, dass sie keine Borsten führen und keine besonderen, von den Wänden abgelösten und dadurch für die Bewegung ausgiebiger wirkenden Muskelgruppen haben. Doch giebt es, wie ausnahmsweise Füße ohne Borsten, so andererseits als Kiemen anzusprechende Gebilde bei den Chätopteriden, welche mit Borsten gestützt sind, auch bei *Onuphis Pancerii* Clap. mit einer Borste und bei *Diopatra neapolitana* Chiaje (vgl. Fig. 252, p. 44) mit einem Borstenbündel versehene Cirren. Auch sind häufig Kiemen und einigermaassen Cirren durch die Muskulararbeit ihrer eigenen Wände und Stieltheile in Stellung und Form veränderlich. Zuweilen haben sie selbst besondere Muskelbündel ähnlich denen der Füße. Die Unterscheidung ist also nicht absolut. Noch weniger ist das die der Kiemen von den Cirren. Physiologisch wird dieselbe so gedacht, dass die Cirren wesentlich der Empfindung, die Kiemen wesentlich der Athmung dienen. Jene erscheinen, was die Gestalt betrifft, für ihren Dienst am besten geeignet, wenn sie in fadenförmiger Streckung über die Fussstummel hinausreichen, die Kiemen für die Athmung, wenn sie in Ausbreitung oder Verästelung eine bedeutende Oberfläche bieten. Es giebt aber in den sogenannten Schuppen oder Elytren gewisser Würmer Organe, welche, obwohl bedeutend ausgebreitet, doch nach dem Vergleiche mit Verwandten und nach ihrer histologischen Beschaffenheit als Cirren gedeutet werden müssen. Man kann ferner im Verfolge der Segmente eines Wurmes Anhänge derselben Stellung von Cirrenform, d. i. einfach fadenförmiger Gestalt, durch die zweispartige zur reich verästelten, wie bei *Eunice Harrasii* Aud. und Edw. oder *Eunice cingulata* Clap., und wieder zurück zur einfachen verfolgen und so die Kiemengestalt erst gewinnen und dann verlieren sehen. Auch kann

am Vordertheile eines Wurmes eine Kieme als unbedeutender Anhang eines Cirrus auftreten, weiter hinten aber der entsprechende Cirrus zum unbedeutenden Anhang der immer grösser gewordenen Kieme herabsinken, so bei *Diopatra neapolitana* Chiaje. Einfache Kiemen wechseln mit gefiederten bei *Prionospio*. Da überdies zwei Cirren auf derselben Seite eines Segmentes vorkommen können, so bei *Glycera fallax* Quatrefages, zwei oder drei bei der Gattung *Euphrosyne*, drei in einer merkwürdigen Gestaltumwandlung zu mit kugligen Köpfen versehenen Kegeln bei *Polymastus paradoxus* Clap., so wird es zulässig sein, Kiemen als eine der mannigfaltigen möglichen Modifikationen der Cirren anzusehen, welche in verschiedenem Grade und durch verschiedenartige Einrichtungen für das Athemgeschäft besonders effektiv sind. Dieses wird unterstützt durch die in etwaigem sekundärem Dienste von Cirren für das Athemgeschäft gegebene physiologische Gemeinschaft. Die Kiemen pflegen der Mittellinie des Rückens näher angebracht zu sein als die Cirren, doch können auch letztere sich einwärts deckend über jene legen. Die Kiemen stehen seltener auf den Fussstummeln als die Cirren, sie treten meist selbständig aus der Rückenhaut.

Quatrefages hat gemeint, den Namen der Kiemen auf solche Organe beschränken zu sollen, in welche ein Kanal eintritt, welcher mit einem zuführenden und einem abführenden Blutgefässe verbunden ist (vgl. Bd. II, p. 392, Fig. 188). Einerseits findet man aber nicht genau diese Anordnung der Blutgefässe in sonst vollkommensten Kiemen, vielmehr gewöhnlich ein aufsteigendes und ein absteigendes Gefäss mit zahlreichen Querverbindungen, andererseits Gefässschlingen auch in Cirren neben Kiemen und in einigen Fällen einen grossen Reichthum selbst an Stämmen in Tentakeln, so dass die Gefässe weder ausschliessliches Eigenthum der Kiemen noch in ihnen unter allen Anhängen am reichsten sind. Endlich muss man, wie Quatrefages selbst vorgeschlagen hat, eine Athmung der Leibeshöhlenflüssigkeit, eine Lymphathmung in denjenigen Fortsätzen annehmen, in welche Blutgefässe nicht eintreten, manchmal weil überhaupt der Körper keine hat, und es giebt also Kiemen ohne Gefässe. Claparède hat dann die Kiemen von den Cirren nur durch das Eintreten der Leibeshöhle unterscheiden wollen. Er subsumirt also die Lymphkiemen mit. Ehlers hat das Eintreten entweder der Gefässe oder der Leibeshöhle für den Kiemenbegriff obligatorisch erachtet. Nach diesem wird man verstehen, dass nicht in allen Fällen darüber, ob ein Organ eine Kieme heissen solle, Einstimmigkeit besteht. Man darf als das Anfängliche eine papilläre Erhebung der Haut, als das Nächste das Eintreten der Körperhöhle in diese und als letzte Vollendung die Einführung der Blutgefässe betrachten. In die Lymphkiemen treten übrigens bei *Dasybranchus caducus* Grube auch die zirkulirenden Hoden, in die Wimperwülste von *Acholoe astericola* Chiaje Darmzweige ein.

Man hat hiernach die Anbringung der Kiemen zu untersuchen. Die Arbeitstheilung der als ursprünglich gleichwerthig, homonom zu denkenden Segmente bringt es mit sich, dass gewisse Körperabschnitte anderen in Kiemenausbildung überlegen sind. Während die Cirren an den Fusstummeln des Bauchs ziemlich ebenso regelmässig auftreten, als an denen des Rückens, auch in gleicher Weise modifizirt werden können, wie z. B. bei *Phyllodoce vittata* Ehlers dorsal und ventral zur Blattform, nur meist erheblich kleiner bleiben, ist eine Vertretung der Kiemen am Bauche fast unerhört und kommt überhaupt wohl nur in der besonderen Gestalt der retraktilen Kiemen von *Dasybranchus caducus* Grube vor.

Für die dorsalen Kiemen giebt es dann eine metamerische Differenzierung. Wenn man berücksichtigt, dass die eigenthümliche Versorgung des Vorderendes der sogenannten *Capitibranchen* wesentlich auf einer Verkümmernng des Kopfes beruht, dann kann man das Freibleiben eines eigentlichen Kopfes von Kiemen, welches bei den umherschweifenden Formen, den Nereiden, ganz deutlich ist, wohl als eine allgemeine Eigenschaft bezeichnen. Hinter dem Kopfe können noch einige weitere vordere Segmente von Kiemen frei bleiben, während ebenso das hinterste und von diesem ausgehend wieder eine Anzahl hinterer Segmente kiemenlos sein können. Solche vordere und hintere Segmente bieten besondere Gelegenheit für eine Verwendung von Anhängen zu besonderen Verrichtungen in der verschiedenartigen Entwicklung der Cirren zu Antennen, Tentakularcirren, Mundcirren, Analcirren. Durch jene Anbringung von Kiemen entstehen Rückenkiemer, Dorsibranchen, und man kann ihnen die Formen mit stärkster Beschränkung der Kiemen auf mittlere Segmente aus den Tubicolen, muss ihnen aber auch solche, bei welchen die Kiemen ganz fehlen, einreihen.

Eine Kasuistik für die Beschränkung der Kiemen auf den Mittelkörper ergibt z. B., dass die Kiemen beginnen bei *Audouinia filigera* Chiaje am ersten Segmente hinter dem Kopfe, bei *Spio Mecznikowianus* Claparède, *Nerine cirratulus* Chiaje und *Sthenelais fuliginosa* Clap. am zweiten, bei *Nephtys scolopendroides* Chiaje und *Sthenelais leiolepis* Clap. am dritten, bei *Eunice Harrasii* Aud. und Edw. am fünften, bei *Diopatra neapolitana* Chiaje am sechsten, bei *Theodisca anserina* Clap. und *Polydora Agassizii* Clap. am siebten, bei *Eunice cingulata* Clap. am achten, bei *Telepsavus Costarum* Clap. am zehnten, bei *Arenicola Grubii* Clap. am elften, bei *Phyllochaetopterus major* Clap. am zwölften, bei *Pygospio elegans* Clap. am dreizehnten, bei *Arenicola branchialis* Aud. und Edw. am dreizehnten oder vierzehnten, bei *Phyllochaetopterus socialis* Clap. am fünfzehnten, bei *Arenicola ecauda* Johnston am fünfzehnten oder sechszehnten, bei *Phyllochaetopterus fallax* Clap. am zwanzigsten, bei *Eunice taenia* Clap. am zweihundertsten. Diese Einzelfälle beweisen zugleich die Mannigfaltigkeit innerhalb derselben Gattungen und bei nahe Verwandten.

Was den Abschluss der Kiemenreihe betrifft, so gehen z. B. bei der gedachten *Arenicola Grubii* die Kiemen bis an das Hinterende, bei der gedachten *Spio* bis zum vorletzten, fünfunddreissigsten Segment; bei den gewöhnlichen *Arenicola*-arten findet sich hinten ein sogenannter Schwanz mit zahlreichen feinen Ringen, welche der Kiemen wie der Füsse entbehren, bei *Pygospio elegans* folgen auf zwanzig kiementragende noch siebenundzwanzig kiemenlose Segmente, bei *Phyllochaetopterus major* nehmen die Kiemen nur zwei Segmente ein und hundertundeinundsechzig hintere sind kiemenlos. Die Nachbildung von Segmenten am Hinterende des Wurms bedingt nicht allein für diejenigen, bei welchen die Kiemen bis zum letzten oder vorletzten Segmente reichen, sondern auch für andere ungleiche Zahlen der Kiemenpaare je nach dem Alter und ungleiche Entwicklungsstände in der Reihe der Kiemen. So hat *Heteroterebella sanguinea* Clap., welche überhaupt zu nicht mehr als drei Paar Kiemen gelangt, deren in jüngeren Ständen nur eins oder zwei. Das ist individuell verschieden. Manchmal haben Individuen von sechzig Segmenten schon drei Paar, in anderen Fällen solche mit siebzig erst eins. Dagegen erscheinen die vordere Anfangsstelle und bei ungleichem Entwicklungsstande die Zustände der einzelnen Paare an diesem Vorderende ganz oder doch mehr bestimmt.

Innerhalb des Gebietes dorsaler Kiemen am Mittelleibe kann eine abwechselnde Versorgung mit Kiemen stattfinden. So hat *Acholoe astericola* Chiaje Segmente, deren Cirren fadenförmig sind, abwechselnd mit solchen, welche Elytren tragen, und an jenen aber nicht an diesen einen sich allmählich zu einem T-förmigen Kamme erhebenden Kiemenwulst.

Da Kiemen wie Cirren abfallen können und dann von einfacher Form an nachwachsen müssen, da ferner ein Wurm den Verlust einer grossen Zahl hinterer Segmente gleichgültig erträgt, so ist die Beobachtung der Kiemen nach der Zahl leicht unvollständig und einige Beschreibungen von Arten und Gattungen mögen auf Solches zurückzuführen sein.

Bevor man die Anbringung von Kiemen am Vorderende in das Auge fasst, wird es nützlich sein, an den Kiemen der mittleren Region, welche in dieser vom ersten bis zum letzten Segmente gehen können, für welche aber auch, und dieses wechselnd in sonst nahe verwandten Gruppen, die Beschränkung sich bis zum vollständigen Schwunde steigern kann, die möglichen Besonderheiten zu studieren.

Was die Form betrifft, so kann man, ohne dabei die Möglichkeit der Umgestaltung im Wachsen zu vergessen, einfache Kiemen, welchen verschiedene Proportionen in Dicke und Länge die Gestalt von Fäden, Griffeln, Pfriemen, Zungen; Blättern geben können, unterscheiden von solchen mit Nebenästen, welche bei Einreihigkeit der Äeste Kämme, bei Zweireihigkeit Federn, bei mehreren Reihen und bei Verzweigung Sträucher, Bäumen,

Geweihen ähneln, und von an der Wurzel oder weiter aufwärts gleichmässig in Fäden aufgelösten quastenförmigen und pinselförmigen. Bei *Diopatra neapolitana* Chiaje setzen sich die Aeste spiralg um den Stamm. Bei *Prionospio* liegt die Fiederdoppelreihe stets dorsal vom Kiemenstamme.

Fig. 251.



Ein abgelöster Fuss von *Eunice vittata* Chiaje von Neapel, im Profil, 15mal vergrössert, nach E. Claparède.

a. Gekämmte Kieme. b. Dorsaler Cirrus. c. Dorsaler Theil des Fussstummels. d. Damit innig verbundener ventraler Theil. e. Ventraler Cirrus.

Fig. 252.



Ein abgelöster Fuss der mittleren Körpergegend von *Diopatra neapolitana* Chiaje von Neapel, im Profil, 30mal vergrössert, nach Claparède.

a. Kieme mit spiralg geordneten Aesten. b. Dorsaler Cirrus, in dessen Innerem Borsten. c. Eigentlicher Fussstummel mit Borsten. d. Ventraler Fusscirrus mit Borsten (die Deutung des letzteren nach meinem Verständniß).

Greift die Theilung in der Kieme hinunter bis zum Rücken oder zum Fuss, so entstehen daraus mehrere Kiemenpaare für das einzelne Segment, so bei Arten der Gattung *Euphrosyne* fünf bis zwölf, welche dann wieder theils verästelt, theils nicht verästelt sind.

Was die ungleiche Entwicklung der Kiemen an auf einander folgenden Segmenten betrifft, so zeichnen sich z. B. dadurch die Arten der Gattung *Eunice* aus. Bei *Eunice cingulata* Clap. beginnen die Kiemen als kleine violette Fadenanhänge der Cirren am achten Segmente. Erst vom zwölften an sind sie gekämmt. Bei *Eunice Siciliana* Grube beginnen sie am neunten und bleiben bis zum fünfundzwanzigsten einfach, von da ab sind sie zweifadig. Bei *E. Gallica* Savigny sind sie vom dritten bis siebten einfach, an den zwei nächsten zweispaltig, am zehnten bis dreiundzwanzigsten dreispaltig und dann bis zum neununddreissigsten vierspaltig, während noch neunzehn kiemenlose Segmente nach Claparède's Befunde folgen.

Die einfachste unterstützende äussere Vorrichtung an den Kiemen ist die Ausrüstung mit Wimpern. Es ist ganz gewöhnlich, dass sie die Kiemen nicht gänzlich überdeckt. Häufig nehmen an denselben die Wimpern nur eine Kante ein, so bei *Sthenelais ctenolepis* Costa den äusseren konkaven Rand, bei *Aonides auricularis* Clap., *Theodisca liriostoma* Clap., und *Spio fuliginosus* Clap. die Innenkante, oder sie stehen in zwei Furchen des plattgedrückten Fadens, bei *Cirratulus chryso-derma* Clap., oder doch in zwei Reihen, bei *Nephtys scolopendroides* Chiaje und bei der genannten *Prionospio*, bei welcher sie nicht auf die Fiedern der Kieme übertreten.

Es ist sehr beachtenswerth, dass die Stellen, auf welche in solchen Fällen die Wimpern beschränkt sind, nicht die der intensiven Athmung sind. Sie sind dickwandig; neben ihnen sind andere dünnhäutige. Die beschränkte Wimperung bedeutet an der Kieme eine Arbeitstheilung zwischen dem mechanischen Theil der Athmung, der Wasserbewegung, und dem physikalischen, dem Gasaustausch. Während die Wimperung in dieser Theilung jenen Dienst übernimmt, dienen diesem zuweilen deutlich flimmerlose Ausbreitungen der Kieme, so nach Claparède bei seiner *Pygospio elegans*, *Nerine cirratulus Chiaje* und *N. Sarsiana Clap.*, wo dann die Kieme auf der Innenseite flimmert, in geringerer Ausbildung nach *Quatre-fages* bei *Malacoceros*, nach *Williams* auch bei *Spio*. In eine ganz gleiche Stellung zur Kiemenarbeit wie Wimperung an beschränkten Stellen der Kieme selbst treten Wimperwülste neben und zwischen den Kiemen, Wimperfelder am Rücken, Bewimperung der Cirren und Füße. Ein oder zwei den Kiemen beigeordnete ganz beschränkte Wimperwülste finden sich besonders bei *Sthenelais* und *Psammolyce*. Mitten unter Arten mit Kiemen ohne Wimpern steht in der Gattung *Eunice* die *E. vittata Chiaje* mit Wimpern; während die Kiemen von *Euprosyne polybranchia Schmar*da wimpern, thuen das die der *E. racemosa Ehlers* nicht.

Bei den Chaetopteriden sind die Verhältnisse sehr eigenthümlich. Bei *Telepsavus Costarum Clap.* erhebt sich am Hinterrande der Segmente vom zehnten borstentragenden an jederseits neben der Mittellinie auf schmaler Wurzel, von einem Borstenbündel gestützt, ein hohes oben in zwei Lappen getheiltes Blatt. Ihm verbindet sich aussen ein niedrigeres durch einen herabsinkenden Wulst und zieht sich wieder aussen mit einem halbmondförmigen Randwulst zu dem von Claparède als Bauchfuss bezeichneten Fussstummel herunter. Dieser aber ist in dieser mittleren, wie in der hinteren Körpergegend zweirudrig, während die Füße vorn nur einrudrig sind; der zweirudrige Zustand wird durch jene Besonderheit eingeleitet. So kann man mindestens ebenso gut die Rückenkieme nur für ein von einem Rückenfusse abgezwigtes Element, welches entgegen dem sonst Ueblichen ein Borstenbündel mitgenommen habe, ansehen als für einen umgewandelten

Fig. 253.



Fuss von *Theodisca liriostoma Clap.* von Neapel, im Profil, 10mal vergrößert.

a. Am Innenrande bewimperte und zwei Gefässe führende Kieme. b. Dorsaler Cirrus, gleichfalls mit Gefässen. c. Dorsaler Theil des Fussstummels. d. Ventraler Theil desselben. e. Ventraler Cirrus.

Fig. 254.

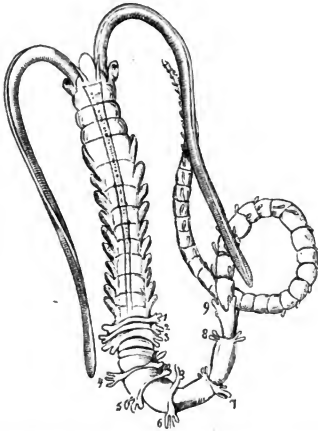


Fussstummel von *Pygospio elegans Claparède* von der Küste der Normandie, ungefähr 30mal vergrößert, nach Claparède.

a. Wimpersaum der Kieme. b. Flügel förmiger Anhang derselben. c. Blutgefäss der Kieme. d. Dorsaler Fussstummel mit Borsten. e. Ventraler Fussstummel mit Haken.

Rückenfuss, wie es Claparède gethan hat. An den genannten Blättern wimpern am stärksten die tief gelegenen Stellen, die Einsenkungen der

Fig. 255.



Phyllochaetopterus socialis Claparède von Neapel, achtmal vergrößert, nach Claparède. 1—9 die mit gelappten Kiemen versehenen Segmente der mittleren Körpergegend.

hinten mit cylindrischen Zweigen versehen. Von den zwei Kiemenpaaren des *Ph. major* ist das erste jederseits zweilappig, das zweite einfach zweihörnig; die nachfolgenden zahlreichen Segmente haben dorsale Fussstummel. Durch die Verschiedenheit der Segmente der drei Regionen, der zuerst auf den Kopf folgenden *Regio thoracica*, der kiementragenden *Regio media* und der *Regio postica* erscheinen die Chätopteriden vor anderen Würmern auffällig heteronom.

Die gestaltlichen Differenzen der Kiemen nehmen bis zu einem gewissen Grade ihren Weg unabhängig davon, ob Gefässe in die Kiemen eintreten, oder ob diese nur einen mit der Leibeshöhle verbundenen Hohlraum enthalten. Die gefässlosen Lymphkiemen von *Sigalion* (*Sthenelais*) *limicola* Ehlers sind den gefässführenden der Spioiden ganz gleich, auch betreffs des Besatzes mit einem grossen Wimpersaum und der Verdünnung des wimperlosen Randes. Lymphkiemen, in Form von wimperlosen Züngelchen, dünnhäutig, in Systole und Diastole lebhaft kontraktile, mit einem Strom der rothen Blutkörperchen der Leibeshöhle hat *Notomastus lineatus* Claparède. Bei *Dasybranchus* sind die Kiemen ganz durchsichtig, man kann in

Wülste. Bei *Phyllochaetopterus socialis* Clap. werden solche Blätter, nachdem sie vom fünfzehnten bis dreiundzwanzigsten Segment gegangen, für mehr als fünfunddreissig weitere durch cylindrische, mit einem Wimperknopf endende ersetzt, welche statt eines Borstenbündels nur eine einzige Borste führen. Da die Fussstummel auch in diesem hintersten Körperabschnitt zweitheilig sind, wird man diese Papillen als verkümmerte Kiemenantheile des Dorsalstummels ansehen dürfen. Bei *Ph. fallax* Clap. sind die vom zwanzigsten Segmente ab beginnenden Kiemen

der Wand keine Muskeln unterscheiden, aber kontraktile sind sie doch. Unter den Glyceren, deren Kiemen gleichfalls gefässlos und nach Quatre-fages und Grube kontraktile sind, scheinen sie doch letzteres nicht für alle Arten zu sein und haben bei *G. Meckelii* Aud. und Edw. die verästelte Form.

Wenn Kiemen Gefässe enthalten, Gefässkiemen sind, so komplizieren sich entsprechend der sonstigen Entwicklung in der Folge der Segmente eines Individuums auch die Gefässe von der einfachen Schleife anfangend, so bei *Diopatra neapolitana* Chiaje. Das gewöhnliche Verhalten der Euniciden ist, dass das aufsteigende Gefäss, die Kiemenarterie durch eine Doppelreihe querer Schleifen verbunden ist. Die Nephthys bilden ein sehr reiches Kiemengefässnetz. Bei *Cirratulus* drängen sich die Verbindungsschlingen fast an die Cuticula, sind sehr dünnwandig und sehr erweiterbar. Füllen sie sich, so scheint die ganze Kieme mit Blut gefüllt. Sie sind damit den Tentakelfäden, welche nur ein blindes dickwandiges Gefäss haben, sehr überlegen. *Nerine cirratulus* Chiaje hat an der Wurzel der Kiemengefässe ein Wundernetz. Andere Eigenthümlichkeiten, so das Anhängen eines Büschels kontraktiler Blindsäcke an den Kiemengefässen von *Ophelia*, die ungleiche Ableitung der Kiemenvenen in den verschiedenen Regionen der Arenicolen wurden oben erwähnt (vgl. Bd. II, p. 386 und 387).

Grube entdeckte 1846, dass *Dasybranchus* die Kiemen auf der Bauchseite trägt. Er nahm es für ein weiteres Hinabrücken der Kiemen im Vergleiche mit den Arenicolen, hielt diese Kiemen, welche einmal mit dem vierzehnten, das andere Mal mit dem dreiundachtzigsten Segmente begannen, für leicht abfallend und nannte deshalb die Art *D. caducus*. Claparède sah, dass vielmehr die Kiemen, welche sehr kontraktile sind, wie Handschuhfinger umgestülpt und mit grosser Schnelligkeit eingezogen werden. Derselbe verglich ihnen zwischen zwei Wimperwülsten liegende Poren der Notomasten, welche aber durch die Ausdehnung der ventralen Hakenlager auf den Rücken verschoben sind. Immerhin stehen auch die Kiemen des *Dasybranchus* lateral von den ventralen Hakenlagern, während sie, um die der gewöhnlichen dorsalen opponirte volle ventrale Lage zu erreichen, medial von jenen stehen müssten. Uebrigens sind nach Ehlers auch die Kiemen der Glyceren in die Ruderfortsätze rückziehbar, an welchen sie stehen.

Cirren können, wie die Form von Kugeln und Knöpfen bei *Ephesia*, *Eurysyllis* u. a. auch die von Blättern annehmen bei *Alciopeen* und *Phyllodoceen* und sie erscheinen unter dieser Form bei *Phyllodoce vittata* Ehlers

Fig. 256.



Diagramm für die Lage der Bauchkiemen von *Dasybranchus caducus*? Grube von Portvendres, nach Claparède.

a. Dorsales Hakenlager. b. Segmentalorgane. c. Kieme. d. Ventrales Hakenlager.

auch am Bauch. Eine höhere Entwicklung solcher ist die von Elytrae, schuppenförmigen Blättern auf kontraktile Stielen. Diese fungiren bei den Aphroditiden als Hilfsorgane für die Athmung. Elytrenpaare kommen, wo sie auftreten, meist den Segmenten alternirend zu; dabei aber so ausreichend gross, dass sie nicht nur die ihrer entbehrenden Segmente mit, sondern darüber hinaus einander theilweise in der Reihenfolge und so auch querüber einander bedecken. Auch dieses wird durch Blattcirren eingeleitet. Die Elytren schützen den Körper, namentlich auch gegen Ueberdeckung der Rückenfläche selbst mit Schlamm. Sie werden darin zuweilen unterstützt durch verfilzte Borsten. Sie sind öfter an ihrer Oberfläche ziemlich fest, die festeren Stellen bilden Skulpturen und am Rande Zähnen. Sie arbeiten direkt für die Athmung durch ihre Bewegungen. Claparède beobachtete bei *Hermione* während je einer Kontraktion des Körpers unter Hebung des hintersten Elytrenpaares den Austritt eines starken Wasserstroms, welcher über den Rücken weg unter den Elytren durchgegangen war. Der Strom tritt seitlich zwischen Rumpf und Elytren ein, nicht wie *Chiaje* meinte, hinten. Diese Athemböhle liegt also nicht, wie Aeltere glaubten, im Bauche. Bei *Aphrodite* ist der Strom schwächer. In der Regel athmet hier die Haut ohne Kiemen, die Arbeit der Elytren ersetzt solche. Doch finden sich in der Gruppe der *Sigalioniden* unter dem Schutze von Elytren Lymphkiemen und neben ihnen wimpertragende Warzen. Bei den *Gastrolepidinen* erlangen die Cirren auch auf der Bauchseite die Gestalt von Elytren. Elytren fallen ebenso leicht ab als Cirren.

Von einigen Eigenschaften der am Hinterende stehenden Kiemen des *Sternaspis* war schon früher (Bd. II, p. 389) die Rede. Sie sitzen jederseits dicht zottig auf einem Scheibchen über dem umstülpbaren Afterrohr, an welches inwendig zahlreiche Gefässe herantreten, entsprungen aus den geschilderten Kiemenhauptstämmen. Weniger grosse, aber sonst ähnliche Zotten bedecken nach *Krohn* die ganze Haut. Man kann vielleicht in dem trichterförmigen mit Papillen oder Fäden umsäumten Analsegment der

Fig. 257.



Hinterende von *Pygonospio elegans* Claparède von St. Vaast mit den analen Lappen, etwa 10mal vergrössert.

Clymeniden oder den Auswüchsen des Endsegmentes der Spiodeen, namentlich den vier kammartig zerschlitzten Endflösschen von *Pygonospio elegans* Clap. etwas sich einer hinteren Kiemenbildung Näherndes sehen. In anderen Fällen gestalten sich in dieser Familie die analen Organe allerdings wesentlich anders, als Papillen, Fäden, selbst als Saugnapf und können dann für die Athmung keine Bedeutung haben. So giebt es auch bei *Colobranchus* acht Afterblättchen und

der After der Clymeniden ist gewöhnlich mit einem Trichter und Papillen umgeben.

Weit deutlicher und reicher vertreten ist bei Anneliden die Versorgung des Vorderendes mit Kiemen. Sie gestattet, den Körper in Verstecken, Umhüllungen, Abscheidungen zu bergen und der Art sessil zu werden, dass nur die Jungen ausschwärmen und die Verbreitung der Art im Raume übernehmen. Nur die für Zufuhr und Aufnahme der Speise und des Athemwassers bestimmten Einrichtungen müssen zugänglich bleiben und diese werden eben durch die Cephalobranche räumlich und zum Theil organisch zusammengelegt. Die Kothfurche, indem sie die Exkremeute nach vorne schafft, kann sogar eine hintere Oeffnung an den Röhren entbehrlich machen.

Wo der Kopf gleich dem von Oligochäten im Schlamme wühlt und von dem aufgenommenen Materiale die Exkremeute reichlich ausfallen, da ist die Besetzung des Mittelleibes mit Kiemen oder der gänzliche Mangel solcher gewöhnlicher als die Cephalobranche.

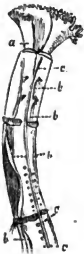
Je stärker der cephalobranche oder capitibranche Charakter ausgebildet ist, um so mehr sind es dieselben Organe, welche der Athmung und Speisenzufuhr dienen in fadiger Gestalt, zum Trichter zusammengelegt und mit Wimpern bedeckt. Um so mehr verschmelzen auch Kopf- und Mundsegment und werden undeutlich unter der überwältigenden Entwicklung solcher Kopffäden und anderer der Bereitung der Röhre und dem Verschlusse derselben dienender Einrichtungen. Solche Fäden können dann zugleich Träger der Sinnesorgane, der Augen, werden, während letztere in anderen Fällen, wie in den Larven, so auch in den Erwachsenen den vorderen Segmenten selbst aufsitzen und besondere Antennen vorhanden sind. Die zungenförmigen Kiemen, welche die Familie der Hermellaceen, eine im Uebrigen durch die Versorgung des Kopfes am Stirnrande mit einem Kranze von Plattborsten, Paleen, und schwanzförmigem Hinterleib zur Röhrenbewohnung geeignete, doch noch an allen oder den meisten Segmenten des vorderen, gegliederten Körperabschnittes hat, sind Lymphkiemen. Die Terebellen im weiteren Sinne, bei welchen der Kopflappen vom Mundsegment wenig oder gar nicht mehr getrennt ist, welche zugleich erwachsen der Augen ermangeln, aber immer noch deutlich von den nachfolgenden Kiemen unterschieden am Kopflappen über oder unter dem Lippenblatte zahlreiche fadenförmige Fühler tragen, können als die bei den Capitibranchen mit Ausnahme der Kiemen geschehende Verkümmernng des Kopfes einleitend angesehen werden.

Unter diesen Terebellen im weiteren Sinne giebt es Amphitriten mit vier Paar und drei Paar Kiemen, echte Terebellen mit drei und zwei, mit nur einem Paar und ohne Kiemen, Polycirriden ohne Kiemen und Heteroterebellen, welche mit dem Alter von einem Paare zu dreien gelangen. *Amphicteis curvipalea* Clap. hat vier Paar auf das zweite und dritte Segment vertheilt, *A. Gunneri* Sars am dritten und vierten. *Branchiosabella zostericola* Clap. hat zwei Paar einfache Kiemenfäden auf ein oder zwei vordersten Segmenten und einen Kranz von Papillen oder kurzen Cirren am

Hinterleibe. Die Kiemen dieser Gruppe sind meistens kammartig gefiedert oder hirschgeweihartig verästelt. Sind die Lappen eines solchen Kammes sehr erweitert, so erscheinen sie als an einem Stamme über einander gelagerte breite Blätter, so bei *Pectinaria*. Sie können, durch das Blut roth gefärbt, sich scharf von den weissen Tentakeln unterscheiden. Auch die Lymphe kann in ihnen roth sein. Sie sind sehr kontraktil und ihre starken Einkrümmungen machen zu der Annahme geneigt, dass sie auch zum Fange dienen. Die Kiemenblätter der *Pectinari*en sind mit Wimpern bekleidet, das Blutgefäss umläuft sie und bildet ein reiches Respirationsnetz; die der *Heteroterebell*en sind dagegen unbewimpert.

Andrerseits heben sich aus der Familie der *Clymeniden*, deren Kopflappen eine Nackenplatte bildet und welche kiemenlos sind, die *Ammochariden* hervor, bei welchen ein erstes, den borstentragenden vorausgehendes, sehr kurzes Segment eine elegante, trichterartige, nach dem Bauch zu gespaltene, an dem freien Rande gekerbte, nach Grube in etwa sechs, nach der Beschreibung von Claparède für *Owenia filiformis* Chiaje in viermal soviel Bäumchen zerschlitzte Membran trägt. Diese enthält ein reiches Gefässnetz und wimpert, wie Kölliker und bei einer brasilianischen Art F. Müller sah, auf der Innenfläche.

Fig. 258.



Vordertheil der *Owenia filiformis* Chiaje von Neapel, zweimal vergrößert, nach Claparède.

a. Kiementrichter. b. b. b. b. Drüsenschläuche, welche die Röhre absondern. c. c. Bauchblutgefäss, neben ihm die ampullaren Anschwellungen der von ihm zum Rückengefäss aufsteigenden Verbindungsäste.

Man hat weiter zu gedenken der Gattung *Stylarioides*, welche unter den *Pherusi*ern, deren Kopfende sich mit einigen Segmenten unter den Schutz der nach vorn gerichteten mächtigen Borsten eines folgenden Segmentes zurückziehen kann, sich dadurch auszeichnet, dass der übrige mit zwei Tentakeln ausgerüstete Kopflappen im Nacken auf einem Stiele einen hufeisenförmigen Kiemenapparat trägt. Dieser ist am Rande besetzt mit in mindestens drei Reihen geordneten, parallelen riemenförmigen Kiemenfäden. Die wenig zahlreichen grossen Nackenborsten bilden über diese ein Dach.

So gelangt man zu den *Serpuliden*, welche bei Verschmelzung des Kopflappens mit dem Mundsegmente oder Reduzirung zu einem Kragen den Mund zwischen den zwei Hälften des Kiemenapparates liegen haben. Antennen, Kiemenfäden und Mundtentakel können gänzlich zusammenfallen, aber es giebt dafür mehrere Modalitäten. Man kann an dem Kiemenapparate jederseits ein basales Stück und die von diesem getragenen Fäden unterscheiden, welche sich vor dem Munde ausbreiten. Jene Basallappen

können zusammen einen eingeschnittenen Trichter bilden, sie können auch ein jeder für sich spiralig eingerollt sein. Dabei können die auf den zwei Seiten eines Wurmes gleich sein oder ungleich an Grösse, Zahl der Windungen und der von ihnen getragenen Fäden. Eine erhebliche Asymmetrie kommt in Verbindung mit starker Ausbildung vorzüglich bei *Spirographis* vor. Sie kann innerhalb derselben Art zu Gunsten der einen oder der anderen Seite fallen. Die Spiralwindungen vermehren sich mit dem Alter und überschreiten bei der grossen *Spirographis* *Spallanzanii Viviani* die Zahl sechs. Sind die Fäden zahlreich, so dauert ihre Vermehrung mit dem Alter fort, sind sie sparsam, so ist die Zahl früh abgeschlossen. Das für diese Zahl oben (Bd. II, p. 63) Angeführte lässt sich durch folgende Reihe erweitern. *Spirorbis laevis* Quatrefages hat jederseits zwei Fäden, *Salmacina aedificatrix* und *incrustans* Clap. haben vier, *Psymbranchus coecus* Clap. hat fünf, *Leptochone aesthetica* Clap. sechs bis acht, *Pomatoceros triquetrioides* Clap. sieben bis acht, *Serpula aspersa* Philippi und *Amphiglena mediterranea* Leydig haben acht bis zwölf, *Eupomatus lunulifer* Clap. hat zehn, *Dialychone acustica* Clap. ein Dutzend, *Eupomatus thrypanon* Clap. fünfzehn bis sechzehn, *Laonome salmacidis* Clap. sechzehn, *Myxicola infundibulum* Renier und *Psymbranchus multicostatus* Clap. haben zwanzig, *Branchiomma vesiculosum* Montagu zweiunddreissig, *Vermilia infundibuliformis* Gmelin fünf und dreissig, *Serpula crater* Clap. etwa vierzig, *Psymbranchus protensus* Rumpf fünfundvierzig, *Branchiomma vigilans* Clap. etwa siebzig. Die Fäden können nach innen gerollt oder auch nach aussen umgebogen sein, so dass sie zusammen einer Trompetenmündung oder einem Windenblüthenkelche ähneln. Sie können eine oder zwei Reihen von Nebenfäden oder Barteln tragen und mehr oder weniger weit aufwärts durch eine Spannhaut oder Basalmembran verbunden sein. Sehr häufig ist die Spitze eines sonst gebärtelten

Fig. 259.



Vorderende des *Stylarioides monilifer* Chiaje von Neapel, sechsmal vergrössert, nach Claparède.
t. Wimpernde Antennen oder Tentakel. p. Gewimperte Mundpapillen.
l. Lippenpapillen. b. Kiemen. c. Gehirn in dem Stiele des Kiemenkorbes oder dem Kopfklappen. s. Borsten des ersten borstentragenden Segmentes.

Fig. 260.



Vordertheil von *Leptochone aesthetica* Claparède von Neapel, viermal vergrössert, nach Claparède. Die Kiemenfäden sind jederseits durch eine bis nahe zur Spitze reichende Spannhaut zu einem Halbtrichter verbunden.

Kiemenfadens bartenlos und gleicht einer Peitschenschnur. Bei *Salmacina incrustans* Clap. blüht sich der Kiemenfaden beim Abgange jedes Nebenfadens auf.

Fig. 261.



Branchioma vigilans Claparède von Neapel in Entfaltung der Kiemen, in natürlicher Grösse, nach Claparède. Die Kiemenfäden sind vor der Spitze mit zusammengesetzten Augen ausgerüstet. Die beiden zunächst der Mittellinie bleiben stets gestreckt; sich dadurch von den übrigen auszeichnend, erscheinen sie nur als Augenstiele.

Wurme abgesonderten Schleimes dienend ansehen. Aussen wimpert auch der Schirm von *Leptochone aesthetica* Clap.

Bei kleinen Arten von Kopfkiemern haben die Blutgefässe der Kiemen nicht immer gesehen werden können. Nach den übrigen Umständen ist aber auch für sie die Gegenwart von Kiemengefässen wahrscheinlich.

Für den Vergleich der Anneliden mit Wirbelthieren ist es von grosser Wichtigkeit, dass die Serpulenkiemen von einem Knorpelgerüst gestützt

Augen erscheinen an den Kiemenfäden besonders in den Gattungen *Branchioma*, *Vermilia* und *Psygmobranchus*. Sie stehen in Reihen, selbst Doppelreihen oder in Haufen, an der Basis der Fäden oder nahe dem Ende, meist aussen, jedoch bei *Branchioma vigilans* Clap. auf der dem Trichterraume zugewendeten Seite der Fäden.

Eine zweite Ausrüstung für Sinnesempfindung an Kiemenfäden ist die mit Tasthaaren.

Diese Sinneswerkzeuge an Kiemenfäden können nicht erheblich in direkte Beziehung zu der Athmung gebracht werden. Sie warnen, wie früher erwähnt, das Thier im Ganzen oder leiten etwa den einzelnen Faden in seiner Haltung im Dienste der Nahrungszufuhr.

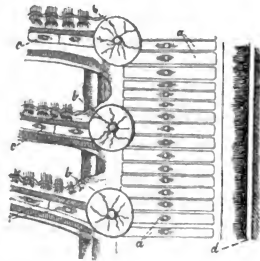
Basallappen, Membranen, Fäden und deren Aeste oder Barteln sind gewöhnlich mit Wimpern bekleidet. Die Wimperung auf der Oberfläche der die Fäden von *Myxicola infundibulum* Renier zum grössten Theile des Verlaufs verbindenden Spannhaut möchte Claparède als bei der Bildung der Röhre durch Transport des vom

werden. Es ist das Verdienst Grube's, dieses entdeckt zu haben. Der Knorpel ist von einer hyalinen Scheide umgeben. Die Gefässe lehnen sich an ihn. Er ist nach Claparède bei *Dialychnone acustica* mit Kalk durchsetzt. Derselbe Gelehrte fand bei *Myxicola infundibulum* Montagu den Knorpelfaden einer Kieme aus zwei neben einander liegenden Reihen von Zellen, den der Sekundärfäden aus einer einfachen Reihe gebildet. Wo letztere sich auf jene stützt, liegt eine besonders grosse, rundliche, dickwandige Stützzelle. Bei *Leptochone aesthetica* Clap. erscheinen dagegen schon im Profil des Kiemenfadens zwei Reihen Zellen und bei *Branchiomma vigilans* Clap. drei. Bei jener Art sind die Stützzellen der Sekundärfäden kaum grösser; bei dieser nehmen die Anfangszellen der Sekundärfäden in der Richtung gegen die Basis mehr allmählich zu. Während in der Mehrzahl der Fälle die Zahl der Knorpelreihen in den Hauptfäden sich auf zwei oder drei beschränkt, kommen doch zuweilen mehr vor, so bei *Sabella brachychona* Clap. fünf bis sechs. Die Zellen sind dann kleiner. Aber auch in solchen Fällen zeichnet Claparède wie Quatrefages den Knorpel eines Sekundärfadens einreihig.

Einige in den beiden Capiteln des zweiten Bandes im Uebergange von den Würmern zu den Arthropoden erwähnte Gruppen der Gliederthiere bedürfen in diesem Capitel von der Athmung keiner Behandlung, zum Theil Mangels jeglicher auf Athmung zu beziehender besonderen Organe, zum Theil, weil dessen, was allenfalls für Athmung mit in Anspruch genommen werden konnte, schon bei der Nahrungsaufnahme gedacht wurde, wie der Radapparate der Räderthiere (Bd. II, p. 91), oder unter den Segmentorganen gedacht werden wird.

Wenn wir uns somit zu den Arthropoden wenden, so wird es, während wir bei Besprechung der Nahrungsaufnahme und des Kreislaufs

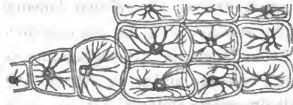
Fig. 262.



Längsschnitt durch einen Kiemenfaden und die Wurzel von dessen Barteln bei *Myxicola infundibulum* Montagu von Neapel, 150mal vergrössert, nach Claparède.

a. Knorpelzellen der Axe des Kiemenhauptfadens, welche in dieser Ansicht einreihig erscheinen, aber in die Quere gepaart sind. b. Stützzellen an der Wurzel der Sekundärfäden. c. Einfache Knorpelzellenreihe der Sekundärfäden. d. Flimmerepithel der Aussenwand.

Fig. 263.



Knorpelskelet eines Kiemenfadens von *Branchiomma vigilans* Claparède mit drei Reihen von Knorpelzellen und der Basis eines Sekundärfadens, 250mal vergrössert, nach Claparède.

unter diesen den Luftathmern den Vortritt liessen, für die Athmung geeigneter sein, mit den Crustaceen zu beginnen. Die Athemorgane dieser Klasse werden in einfachster Weise aus dem Systeme der parallelen Reihen an Gliedmaassen hergestellt, sie schliessen sich damit nahe an die der polychäten Anneliden an und behalten den Namen der Kiemen. Bei den luftathmenden Arthropoden kombinirt sich damit und tritt meistens an Stelle solcher Einrichtung ein System luftführender Röhren im Inneren des Körpers. Wir werden seiner Zeit Anfänge dazu bei den Isopodenkrebsen finden und an einer späteren Stelle über die Versuche der Ableitung dieses Systems aus allgemeiner verbreiteten Einrichtungen reden.

Durch die energischere Ausbildung der Chitinbedeckung und die Abwechslung so gebildeter Ringstücke mit intersegmentalen nachgiebigen Stellen auch an den statt der Annelidenfussstummel auftretenden Gliedmaassen, eines der unterscheidenden Merkmale der gut charakterisirten Arthropoden, steigert sich die Verwendbarkeit der Gliedmaassen zu besonderen Arbeiten. In ihr differenziren sich die metamerisch folgenden Gliedmaassen und die aus Spaltung am selben Metameron zu verstehenden parallelen Reihen in mannigfaltigster Weise. Dabei beansprucht die Verwendung eines Segmentalanhangs für das Athemgeschäft direkt und abgesehen von den aus anderen Mitteln etwa zu liefernden Einrichtungen für Schutz, Wasserbewegung u. s. w. die geringste bauliche Komplikation; die Kiemen sind segmentale Anhänge einfachster Art. Der Unterschied epimerischer Kiemen von den Füssen und anderen aus den Füssen abgeleiteten Organen ist hauptsächlich deshalb grösser als bei den Anneliden, weil diese Füsse und anderen Organe, nicht so sehr, weil die Kiemen mehr ausgearbeitet sind. Die Arbeit, welche Gliedanhänge im Athemgeschäfte leisten, tritt aus dem, was die Oberfläche der Segmente selbst zu leisten vermag, nicht erheblich heraus, während Gliedmaassen anderer Art zu ihren besonderen Verrichtungen nur befähigt werden durch reichliche Benutzung der in Gliederung und Differenzirung in Folgestücken und parallelen Reihen, in resistenten Platten und nachgiebigen Häuten, in Gestalt und Oberflächenausrüstung gegebenen Organisationsmöglichkeiten. Die für die Athmung nöthige Oberflächenvermehrung kann sogar von den Rumpsegmenten gewährt werden, die Gewinnung an Gliedmaassen aber liefert günstigere Gelegenheit für schickliche Anbringung.

Wie im Prinzipie davon ausgegangen werden kann, dass jeder Theil der Oberfläche von Leib und Gliedern athme, so giebt es zahlreiche Gruppen von Krebsen, an welchen ausschliesslich der Athmung dienende Gliedmaassen überhaupt nicht gefunden werden. Geringe Körpergrösse, Dünnhheit der Körperwandung, fleissige Bewegung im Raume machen entbehrlich oder ersetzen die besonderen Athmeinrichtungen. In der Vergleichungsreihe folgen dann Gliedmaassen, welche zwar zu anderen Diensten nicht ganz

unfähig, aber doch nur in beschränkter Weise tauglich, dagegen für das Athemgeschäft besonders vortheilhaft sind. Flächige Ausbreitung, geringe Wandstärke, nur mässige Muskelkraft, Mangel besonderer Sinnesausrüstung erregen die Vermuthung des Dienstes für die Athmung. Die Athmung tritt mit den anderen Funktionen in immer lebhaftere Konkurrenz. Die gedrungene Form, die zu mancherlei dienenden Chitingebilde, die bestimmte Gliederung, die Füllung des Hohlraums mit Muskeln und Nerven, welche der Lokomotion, der Palpation, der Mandukation dienen, bleiben an den athmenden Anhängen nur soweit erhalten, als sie für den besonderen Theil und Dienst benutzt werden. Wie aussen an athmender Oberfläche, so wird dabei innen an Blutraum gewonnen, wenn nicht immer absolut, doch im Sinne der Exposition von Blut zur Athmung. Diese Organe liefern an Athmung einen Ueberschuss über das aus ihrer Arbeit erwachsende Bedürfniss. Endlich gehen an solchen Gliedmaassen die Ausrüstungen für Bewegung und dergleichen ganz ein und werden von benachbarten Gliedmaassen oder von parallelen Reihen im Gebiete desselben Segments besorgt. Aus dem Athemfuss wird eine Kieme. Diese befreit sich von allen Beimischungen in Organisation und Funktion. Wie für die Athmung selbst, so kann auch für Unterstützung derselben der Rumpf neben und statt der Gliedanhänge eintreten, besonders mit Herstellung von Athemkammern durch Hautduplikaturen, deren Leistung eine durch die Chitinauflagerungen befestigte Gestalt sichert.

Wie überhaupt Gliedmaassen bei Krebsen nicht in der dorsoventralen Symmetrie der Würmer, sondern nur ventral ausgebildet, oder richtiger, wie die lateral auf einfachen Wurzeln, nicht in zwei über einander liegenden getrennten Reihen angebrachten Gliedmaassen durch überwiegende Entwicklung des Rückentheils der Segmente bauchwärts gedrängt werden, dieses wesentlich zum Nutzen der sich auf dem Grunde bewegenden oder den Körper schwimmend tragenden und bodenwärts Nahrung aufsuchenden Glieder und des Schutzes von oben, so stellen sich auch die Kiemen im Allgemeinen ventral, an Stelle ventraler Füsse oder in Verbindung mit solchen. Blattartige Erweiterungen an den Segmenten selbst kommen dagegen mehr am Rücken vor oder gehen doch von den dorsalen Antheilen aus und es giebt einige Beweise, dass unter geeigneten Bedingungen die Ausbildung von Kiemen ebensowohl dorsal als ventral geschehen könne. Das letzte Segment kann mit seinen Anhängen oder mit denen des vorausgehenden Segmentes wie für Lokomotion so auch für Athmung in Aehnlichkeit und Gleichwerthigkeit kombinirt sein.

Die ventrale Stellung der Athemfüsse oder Kiemen giebt bei frei schwimmenden Krebsen den Athemeinrichtungen grösseren Vortheil für das Ueberströmen des Wassers, welches bewegt wird durch die Füsse oder das

mächtigste Bewegungsorgan den Schwanz und in welchem das Thier zugleich seine Stelle verändert. Freie Lage der Kiemen und, was die Region betrifft, Anbringung am Schwanze, welcher in seiner Bewegungsarbeit selbst am meisten den Platz wechselt, bringen Nutzen. Bei denjenigen dagegen, welche ihre Nahrung auf dem Grunde des Wassers und selbst am Lande laufend suchen, oder doch, wenngleich schwimmfähig, länger an einer Stelle verweilen, indem sie z. B. von todtten Körpern äsen, oder welche angewachsen sind, oder mit dem Hinterleibe sich verbergen, würde eine freie Lage die Kiemen der Gefahr des Austrocknens, des Ueberdeckens mit Schlamm und Anderem aussetzen und die Anbringung am Schwanze, welcher überdies dann in der Regel verkümmert, keine Vortheile mehr bringen. Mit solchen Lebensverhältnissen verbindet sich gewöhnlich theils die Unterbringung der Kieme unter Schutzvorrichtungen, welche von den Segmenten oder anderen Segmentanhängen entlehnt werden, theils die Anbringung am Mittelleib, während der Hinterleib dann am häufigsten zum Träger einiger Geschlechtsfunktionen degradirt wird. Kiemen am Vorderende kommen bei den Crustaceen, wenn man nicht die Räderthierchen mit begreifen will, nicht vor. Die besonderen Träger der Sinnesempfindung die Augen und Antennen gehen in der Reihe der Gliedmaassen schon den Organen der Nahrungsgewinnung vor. Werden letztere mit denen der Athmung kombinirt, so kommt es doch zu solchen Nebengeschäften nicht an den vordersten Mundfüßen. Die eigentlichen Kiemen sind noch weiter hinter den Mund gerückt als die Athmungshülforgane.

In Betreff der Gegenwart der Kiemen überhaupt, der Zahl und Form, der Anbringung derselben können in den Entwicklungsphasen eines Krebses Aenderungen eintreten.

Für die Reinhaltung der Athemorgane kommt bei Krebsen an letzter Stelle überall die Häutung in Betracht, die Abstossung des alten mit Schmutz, pflanzlichen und thierischen Aufwachsungen, auch echten Parasiten und ihren Eiern überdeckten Chitinkleides. In einer grossen periodischen Aktion gewährt sie, was die hier gänzlich fehlende leise Wimpearbeit und kleine Oberhautabstossungen anderweitig zu Stande bringen.

Die Gestalt ist bei Krebskiemen, wenn auch nicht so mannigfaltig als bei Würmern, doch sehr verschieden. Blätter und Platten können von rundlicher zu eiförmiger und fadenförmiger Gestalt übergehen, jene können zerschlitzt, diese in Bündel gruppirt werden. Geringe Dicke der Chitindecke kann sie fleischig erscheinen lassen. Accessorische Apparate können als schützende Platten, als Wasser zufächernde Schaufeln, als aufrührende und reinigende Besen auftreten. Sie können behaart, am Rande mit Borsten, mit Zähnen besetzt sein und dergleichen mehr.

Den cyklopigenen Crustaceen (vgl. Bd. II, p. 176) schaffen, soweit sie im erwachsenen Stande die freie Bewegung behalten, die geringe

Körpergrösse, die Oberflächenverhältnisse, oft die relative Grösse und Gestalt der gespaltenen Ruderfüsse, die geringe Dicke der Chitinlage, lebhaftige Bewegung, Aufsteigen zum Wasserspiegel hinlänglich günstige Athembedingungen ohne besondere Athemorgane. Eines begleicht dabei das Andere. Der Körper der Sapphirinen, Porcellidien und Peltidien, blattförmig, fast nur Oberfläche, ist um so weniger für eigene Lokomotion geeignet. Das Meer, welches ihn trägt, macht ihn athmen. Auch die Füsse können besonders blattartig werden. Wo Copepoden parasitisch sind, nehmen sie vorzüglich ihren Sitz an den Athemorganen ihrer Wirthe. Sie leben in Kiemenhöhlen der Ascidien und Salpen, welche beständig ein Athemwasserstrom durchzieht, an Kiemen der Hummer, vorzüglich an Kiemen der Fische. Der Krebs schmarotzt dann nicht blos an der Nahrung seines Wirthes, als Kommensale, oder als echter Parasit an dessen Blut und anderen Säften, er lässt ihn auch für sich athmen. Auf andere Art zwar, wird es doch im Grunde, ähnlich zu verstehen sein, wenn solche Krebse, tiefer in den Körper eingebohrt, zum grössten Theil ihre Haut direkter Wasserathmung entziehend, mit verzehrtem Blute hinlänglichen Sauerstoff gewinnen oder durch Vermittlung der anliegenden Gewebe des Wirththiers respiriren.

Zuweilen hat man auch in dieser Ordnung in besonderen Gliedern einer oder der anderen Gattung Kiemen sehen wollen, z. B. Thorell in den Lappen des äusseren Astes des ersten Maxillenpaares der Notodelphen. Eher als diese dürfte bei den auf der Haut der Haifische wohnenden Dinematuren das vierte Fusspaar wegen seiner Grösse und Flächenausbreitung so verstanden werden.

Indem durch solche Mittel im Ganzen die Verhältnisse der Copepoden für die Athmung sich bereits befriedigend gestalten, kommt doch bei manchen parasitischen oder kommensalen Formen eine weitere Ausbildung der Oberflächen in denjenigen Fällen vor, in welchen sich die Thiere, vorzüglich die Weibchen, mit Geschlechtsprodukten übermässig füllen. An Stelle einfach bauchiger oder buckliger Auftreibungen, welche jenen am bequemsten Raum geben würden, erscheinen mehr flächige Entfaltungen der thorakalen Segmente. Treten in solche Blätter die Eierstöcke selbst ein, so können die sich entwickelnden Eier, dicht der dünnen Haut anliegend, selbst und unvermittelt athmen. Es lässt sich das genau gleich stellen der Lage der sich in Eiern entwickelnden Embryonen, wenn diese, wie das bei Copepoden so häufig geschieht, in Eisäcken oder Schläuchen mit geringer Umhüllung und Verkittung durch erstarrte Sekrete frei am Leibe getragen werden. So kann man die Flügel am vierten Segmente von *Nicothoe* als Athemeinrichtungen für die Ovarien ansehen. Solches wird eingeleitet durch die Verästelung der Eierstöcke in dem blattförmigen Leibe der Sapphirinen und in dem an den Segmenten etwas ausgebreiteten der Sabelliphilen. Die Elytren, welche viele Krebse der in der Regel ohnehin flächig ausgebreiteten

Familie der Caligiden paarweise an thorakalen Segmenten führen, geben neben den nothwendigen Konsequenzen der Oberflächenvermehrung für Athmung auch unter den hinteren überragenden Rändern Schutz für abgelegte Eier. So wird auch in der Brutpflege Sorge für die Athmung getragen. Vermittelnd stehen die Einrichtungen der Notodelphyden, bei welchen ein oder mehrere Segmente als ein sogenannter Matrikaltheil einen inneren Brutraum zur Aufnahme der aus den Ovarien austretenden Eier bilden.

Die Untersuchungen von Claus haben festgestellt, dass die fast scheibenförmigen Argulus mit den Copepoden, zunächst den Caligiden, nahe verbunden sind. So kann der Geisselanhang ihrer beiden ersten Fusspaare nicht auf das Kiemenbeutelchen der Phyllopoden, sondern nur auf den sogenannten Kiemenanhang des Cirripedienfusses bezogen werden. Dem ganzen Abdomen der Copepoden entspricht bei solcher Auffassung die am Hinterrande eingeschnittene, zweitheilige, rudimentäre Furkalglieder tragende, abgeplattete, in verschiedenem Grade entwickelte Schwanzflosse, auf welche hin Thorell diese Krebse als Unterordnung der Kiemenschwänze, Branchiura, den Phyllopoden einreichte. Indem die Muskeleinrichtung dieser Schwanzflosse die Blutzirkulation wesentlich unterstützt, kommt sie in weiteren Beziehungen als die übrigen flächigen Ausbreitungen des Körpers für die Athmung in Betracht.

Bei den Rhizocephalen oder Rhizopedunculaten und den Cirripedien kommt als erstes Hilfsmittel zur Athmung der Mantel in Betracht. Bei jenen ist es leicht zu verstehen, wie die quergestreifte Muskulatur des Mantels, welcher den Körper vom Rücken aus, wo er angewachsen ist, umhüllt und nur eine kleine, von einem Schliessmuskel umgürtete und öfter durch härtere Chitinbildungen gestützte Oeffnung besitzt, in Einschnürung das Wasser aus der unter dem Mantel den Körper umgebenden Höhle auspresst. Aber es ist schwieriger zu begreifen, wie nachfolgend die Erweiterung der Mantelhöhle geschieht. Bei den Cirripedien erneuert sich unter Hülfe der Schalenauflagerungen des Mantels der Inhalt der Athemhöhle lebhafter. Bei den Lepadiden ist es nicht schwer, zu sehen, in welcher Weise dabei die wechselnden Zustände der Mantelhöhle zu Stande kommen. Im Stiele findet etwa zwanzig Mal in der Minute eine Kontraktion statt. Der Körper wird durch diese ruckweise der Befestigungsstelle genähert. Die äussere Hülle des Stieles und der durch die Schale verstärkte Mantel sind es hauptsächlich, welche diesen Kontraktionen Widerstand leisten. Während die Spannung der elastischen Theile in ihnen zunimmt, wird der gegliederte Körper in die Schale zurückgezogen. Dabei legen sich die vorher trichterförmig entfalteten Fadenfüsse zusammen und drängen das zwischen ihnen liegende Wasser nach oben aus. Der Raum zwischen dem beschaltten Mantel und andererseits den Rumpfwänden und

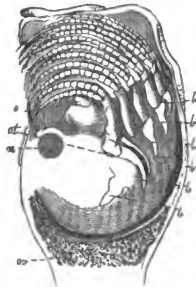
dem Fussbüschel wird dagegen weiter und zugänglich, das Wasser strömt in ihn ein. Danach erschlafft die Längsmuskulatur des Stiels, die Kontraktion der Ringmuskeln wird unterstützt durch die elastische Spannung. Das Thier hebt sich in langsamer Entfaltung des Fussstrichters; in diesen tritt frisches Wasser, das neben dem Trichter befindliche wird verdrängt. Bewegt man das Wasser ein wenig durch zugewehrte Luft und erfrischt es dadurch, so spart sich die Lepade ihre Kontraktionen und sie gedeiht dort am besten, wo ihr das Treiben der Körper, welchen sie anhaftet, im Meere überhaupt jene Arbeit erlässt. Die Bewegung kommt, wie auf allerlei Reize, so in diesem Falle durch die Anhäufung der Verbrauchsstoffe aus den gewöhnlichen Umsatzvorgängen im Blute zu Stande. Hiernach wird man auch für die Rhizopedunkulaten in den Athembewegungen mehr die Verschiebung des Körpers gegen den Mantel, welcher dabei das weniger Bewegte ist, als die des Mantel am mehr fixirt zu denkenden Körper in Betracht nehmen müssen.

Bei einigen Cirripedien erhält die gedachte Arbeit, welche zugleich Speise zuführt, eine grössere Bedeutung für die Athmung durch Anbringung besonderer Einrichtungen.

So sind als Athemorgane die Fadenanhänge angesehen worden, welche am Leibe einiger Lepadiden vor dem ersten Fadenfuss und an diesem in verschiedener Zahl sich finden.

Bei *Lepas pectinata* Spengler giebt es deren keinen oder doch nur einen verkümmerten jederseits; bei *Lepas cornuta* Darwin ein Paar, bei *Lepas australis* Darwin und *L. anatifera* Linné zwei Paare, bei *L. Hillii* drei, bei *L. fascicularis* Ellis und Solander und bei *L. anserifera* Linné fünf, bei der Gattung *Conchoderma* fünf bis sieben, bei *Pollicipes polymerus* Sowerby zwölf bis vierzehn, bei *P. cornucopiae* Leach ausser dreizehn am Rumpfe in jederseits zwei Reihen noch ein Paar am Mund und ein anderes an den Fadenfüssen des ersten Paares, bei *P. elegans* Lesson je zwölf Fadenanhänge in vier Reihen, davon einige gespalten, dreispaltig, selbst verästelt. Namentlich bei der Gattung *Pollicipes* sind die Zahlen wenig fest, sie nehmen mit dem Alter zu und, wo sie noch niedrig sind, deuten doch Papillen an, dass weitere Fäden kommen werden. Bei *Conchoderma* sitzen sie an den Spitzen aller oder der meisten Füsse. Dass Hoden in solche Anhänge eintreten,

Fig. 264.



Conchoderma virgata Spengler aus dem grossen Ozean in doppelter Grösse unter Wegnahme der rechten Wand des Capitulum und Stiels, das Thier umschlossen von dem Mantel und der Höhle der rechten Seite, nach Darwin.

o. Mund. ot. Hörspalte Darwin's.
m. Der Schliessmuskel. ov. Die in den Stiel eintretenden Eierstöcke. b. b. Die Kiemen oder Fadenanhänge.

wie Darwin annimmt, dürfte ihnen den respiratorischen Charakter nicht nehmen, wohl aber den Effekt lokalisieren.

Bei den Balaniden verdienen den Namen von Kiemen Fältelungen des Mantels an seiner inneren, dem Körper zugewendeten Fläche in carinolat-raler Lage, d. h. dort, wo die Mantelduplikatur sich vom Rücken abhebt, um an den Bauchseiten herabzusteigen. Dieselben kommen nach Darwin nur den echten Balaniden, nicht den Verrucinen zu und sind unter jenen bei den Balaninen gut, bei den Chthamalinen weniger gut entwickelt oder rudimentär. Man erkennt in einem Theile der Fälle leicht, dass es sich

Fig. 265.



Balanus tintinnabulum Chenu von Canton, in natürlicher Grösse nach Wegnahme der Schale bis auf die Operkularstücke, das Scutum s. und das Tergum t. der rechten Seite, von links gesehen. b. Die Reihe der Kiemen der rechten Mantelwand. o. Mundgegend. i. Darmmüchlingen. p. Füsse. m. An der Basis verschmelzende Masse der Musculi retractores. Das Thier ist in der gewöhnlichen Haltung, mit dem Bauche gegen oben dargestellt. Es sass auf einer Dreieckskrabbe, Pisa.

um eine Einrichtung handelt, welche sich an die der Lepadiden eng anschliesst. Die Kiemen sind dann nur etwas lateral von den Fussbasen abgeschoben und so vom Rumpfe an den Mantel gelangt. Sie sind in Absonderung von einander und in Gestalt einzeln den Fadenanhängen der Lepadiden ähnlich. In anderen Fällen entfernen sie sich mehr vom Rumpfe, stellen sich jederseits zu einem gefalteten Bande oder zweien solcher Bänder auf der inneren Mantelfläche zusammen und verlieren so mehr von dieser Aehnlichkeit. Bei der sich in die Haut der Wale einbettenden Gattung Coronula findet sich diese Verdoppelung des Kiemenbandes in Verbindung mit einer kolossalen Ausdehnung. Die Kiemen bedecken fast vier Fünftel der Sackfläche. Jede der zwei Falten jeder Kieme ist beiderseits tief gefältelt. Diese Fältelung haben auch Tubicinella und Platylepas, aber die Verdoppelung hat nach Darwin in anderen Gattungen nur eine Art, Chthamalus dentatus Krauss.

Für solche Balaniden, welche über der Ebbemarke sich ansiedeln, dienen die Operkularstücke als Schutz gegen die Verdunstung des im Mantelhohlraum eingeschlossenen Wassers und sichern auch beim Zurückweichen des Meeres eine Athmung der Oberflächen, welche man zunächst als eine geminderte zu denken geneigt ist. Darwin hat jedoch beschrieben, wie dabei wenigstens bei einigen Arten die Deckel ein wenig klaffen und in dem Sacke eine Luftblase sich befindet, welche durch ein dünnes zwischen den Operkularstücken gespanntes Wasserschichtchen von der Aussenluft getrennt ist. Dieses Schichtchen wird durch längs der Mantelwand ziehende Strömchen erhalten. Durch dasselbe treten die eingeschlossenen Gase mit den umgebenden in Austausch. Die Athmung wird eine ausgiebige sein. Diese Balaniden, von der Fluth zeitweise bedeckt,

von der Brandung übergossen, bleiben feucht genug, um Luft zu athmen, und finden zugleich Nahrung und Gelegenheit, ihre Brut ausschwärmen zu lassen.

Die Chitinbedeckung der versteckten Theile ist bei Cirripedien sehr zart. Der Häutung unterworfen, löst sie sich in derselben von den Schalen ab. Diese werden nicht abgehäutet, sondern die älteren Lagen bleiben an den neu gebildeten ausgedehnteren aussen haften, bis sie abschleissen.

Unter den Cirripedia abdominalia Darwin's hat *Cryptophialus* in der Mitte des Rückens am ersten und zweiten thorakalen Segmente je einen wurmförmigen, gekrümmten, anschwellenden und endlich sich zuspitzenden Anhang, den hinteren länger und mehr gekrümmt als den vorderen. Deren schuppige Oberfläche hat es jedoch Darwin wahrscheinlicher gemacht, dass sie zum Festhalten der Eier, als dass sie zum Athmen dienen. Dass die Lage kein Grund wäre, diesen Organen den Titel von Kiemen zu bestreiten, das wird, wenn weiter nöthig, bei der Beschreibung der folgenden Gruppe erhellen. Die Verringerung der eigentlichen Fusspaare bei diesen Cirripedien lässt es nicht unmöglich erscheinen, in jenen Anhängen gegen die Mittellinie zusammengeschobene Putzfüsse zu sehen und diese würden dann doch indirekt der Athmung dienen.

Bei den Ostracoden entwickeln sich von Basen der Gliedmaassen nach dem System paralleler Reihen Theile, welche der Athmung dienen. In diesem Sinne wird zunächst ein handförmiges Stück an den Maxillen der Cypriden und Cypriniden aufzufassen sein, die sogenannte Branchialplatte, wenn auch mehr im Sinne der Erzeugung eines Wasserstroms durch Schaufelbewegung als weil in sich selbst besonders Gelegenheit zur Athmung gebend. Claus hat gezeigt, dass diese Platte bei *Cypris* sich erst in der dritten der sieben durch Mauserung getrennten Stufen einfindet und dann bei *C. ovum Jurine* schon in der Schaufelgestalt, bei *C. vidua* O. F. Müller aber nur als borstenförmiger Anhang. So trägt sie von vorn herein die Signatur eines Stückes, welches an verschiedenen Stellen zu verschiedenen Zeiten seine Applikation zu dem besonderen Dienste empfängt. In Verbindung damit kann man an den Mandibeln, dem vorausgehenden Gliedmaassenpaar, einen ähnlichen handförmigen Anhang bringen. Dieser findet sich an deren Basis, neben dem erst noch viergliedrigen und als Fuss fungirenden, später dreigliedrigen Taster, schon in der zweiten Stufe und thut bis zur Ausbildung der Branchialplatte der Maxille deren Dienste. Später vergrössert sich die Branchialplatte der

Fig. 266.



Maxille mit Kiemenanhang b. von *Cypris ovum Jurine* im dritten Häutungstadium, etwa 200mal vergrössert nach Claus.

Maxille und es bilden zugleich mehr oder weniger die ihr folgenden Fusspaare eine solche aus. Der nächste, im Ganzen fünfte Anhang, die sogenannte zweite Maxille oder der Maxillarfuss, erhält bei *C. ovum* im siebten Stadium einen kleinen gefiederten Anhang. Bei den Cypriden hat es bei dieser dürftigen Ausbildung sein Bewenden und bei einzelnen Gattungen kommt es nicht einmal dazu, aber bei den Cypridinen entwickelt sich diese Branchialplatte enorm. Es geht das zusammen mit der sonstigen Gestaltung dieses Fusspaares. Je mehr an demselben für die mittlere Reihe die Fussform, eventuell in Tastergestalt erhalten bleibt, um so weniger entwickelt ist die Branchialplatte; je mehr als innerste Reihe sich ein kauender Kiefer ausbildet, um so mehr. Bei den Cypridinen, bei welchen die Kiefergestalt sich auf das nachfolgende Paar, die sogenannte dritte Maxille, im Ganzen das sechste Fusspaar ausdehnt, kehrt die Branchialplatte auch an diesem Paar wieder (vgl. Bd. II, p. 175), wenn auch nur in geringer Grösse, ähnlich der an der ersten Maxille. Hier erscheint sie auch bei *Halocypris*. So konnten gestaltlich gleiche Mundfüsse in verschiedenen zählenden Folgestücken die Beobachter über ihre Stellung und Titel irre führen.

Bei *Cypridina* hatte H. Milne Edwards die dünnen, zahlreich ringelten, durch ihre Dornen Bürsten oder Besen ähnlichen Füsse des siebten Paares, welche nahe der Rückenmittellinie entspringen, sich in einfachen oder S förmigen Bogen gegen den Rücken wenden und an der Spitze eine Zange tragen, als die Eierstöcke stützend oder auch als *Pattes ovifères* bezeichnet. Sie kommen jedoch beiden Geschlechtern zu. Fr. Müller, indem er den zuerst von Philippi abgebildeten Kiemenschläuchen eines Theils der Arten dieser Gattung die richtige Bedeutung vindizierte, fand, dass jene Füsse zum Reinigen solcher Kiemen dienen und nannte sie Putzfüsse, wie Zenker das bereits für das entsprechend aufgekrümmte aber schwächere siebte Gliedmaassenpaar oder zweite eigentliche Fusspaar von *Cypris* gethan hatte. Claus hat gezeigt, dass es dahinter ein achties Extremitätenpaar giebt, welches der Geschlechtsarbeit dient. Indem der besonderen Ausbildung der Putzfüsse bei den Cypridinen die Anwesenheit von Kiemen entspricht, gehen die drei Kategorien von Athemwerkzeugen parallel. Schaufeln und Putzfüsse erreichen ihre grösste Vollendung bei Gegenwart wirklicher Kiemen. Die Verbindung des Hauptorgans mit accessorischen und die zweierlei Grundform und Arbeit derselben sind die gleichen wie bei gewissen *Malacostraca podophthalmata*.

Als eigentliche Kiemen sah Müller bei seinen amerikanischen Arten *C. Agassizii* und *C. nitidula* sechs Paar hinter dem Herzen von der Rücken- seite des Abdomen entspringender, wurstförmiger Ausläufer an, in welchen das Blut strömt. Bei seiner *Cypridina monopia* fand Claus statt dessen einen kurzgestielten T förmigen Schlauch etwas vor dem Herzen und seitlich neben dem Ursprung der Fühlhörner bei doppelt S förmig gebogenen Putz-

füssen. Andere Arten von Cypridina ermangeln solcher Kiemenanhänge gänzlich.

Wie in der geringen Entwicklung für Zahl und Grösse und in wenig für die Ortsbewegung geeigneter Ausführung derjenigen Gliedmassen, welche hinter den zunächst dem Munde dienenden bei den Ostracoden folgen, dasjenige Paar, welches gemäss seiner Verwendung bei den meisten Crustaceen vor dem Munde den Namen des zweiten Antennenpaares erhalten hat, zuweilen das Meiste für die Bewegung im Raum leistet, allerdings in anderen Fällen auch in der Negation, als ein Klammerorgan zum Festlegen, so sind auch bei den Phyllopoden im weiteren Sinne meistens die Antennen des zweiten Paares grosse und zwar zweiästige Ruderarme, selten Klammerarme oder verkümmert. Wie aber die Zahl der hinter dem Munde folgenden Füsse über das bei den Ostracoden gegebene Maass hinausgeht, dieses oft sehr erheblich, so thut das auch deren Anpassung zum Athemgeschäft oder die Verwendung von Anhängen aus dem Gebiete der parallelen Reihen an Füssen zu solchem. Von den Füssen abgelöste Kiemen giebt es hier nicht. Was bei Cladoceren auf dem Rücken des Abdomen von zipfelförmigen Anhängen erscheint, dient dem Weibchen zum Abschluss eines Theils des Mantelraums als Brutkammer und ist bei dem Männchen rudimentär.

Die an den Füssen getroffenen Einrichtungen, einmal Flächenausbreitung einfach oder vermittelst des Borstenbesatzes, ohne gänzliche Beseitigung anderer Funktionen, in blattförmigen, fiederhaarigen Platten, ein anderes Mal in spezifischen Kiemenbeuteln, welche bei der Lokomotion nur beschwerend im Wege sind, sowie die metamerischen Beziehungen und die physiologische Kombination und Differenzirung der geleisteten Arbeit sind theilweise bei der Betrachtung der Nahrungszufuhr durch diese Organe behandelt worden (vgl. Bd. II, p. 168 ff.). Mit Leydig wird man bei den zweiklappigen Formen die Schalenbewegung in Oeffnen und Schliessen bei der Athemfähigkeit der gesammten Oberfläche der Athmung dienend annehmen dürfen, besonders während das Thier im Raume voranschreitend sich stets mit neuen Wassermengen in Berührung setzt. Grube und Lereboullet haben die Athmung der Kloake mit Eintritt von Wasserströmchen unter wechselnder Eröffnung und Schliessung betont.

Unter den Cladocera sind es diejenigen mit der geringsten Zahl von Füssen, nämlich die mit nur vier Paaren versehenen Polyphemiden, bei

Fig. 267.



Cypridina monopis Claus von Palawang, 10mal vergrössert, nach Claus.

o. Das hier allein vorhandene, dabei sehr grosse, vordere, mediane Auge. c. Herz. b. Eigentliche Kieme. m. Borstenrandige Branchialplatte der zweiten Maxille. p. Geringelter Putzfuss.

welchen auch deren Befähigung für das Athemgeschäft am wenigsten spezifizirt ist. Die Gattung Podon hat einen äusseren Anhang überhaupt nur am ersten Fusspaar, kurz und zweiborstig, Bythotrephes zwar je einen an den drei ersten Paaren aber nur in Form eines mit kurzen Dornen besetzten Läppchens. Bei Polyphemus ist der Anhang grösser und trägt fünf gefiederte Borsten und der vierte Fuss, obwohl verkümmert, ist doch, indem er mit einem elliptischen Stücke endet, für die Funktion nicht gänzlich der Athmung entzogen. Bei Evadne endlich kommen ausser den äusseren Anhängen der drei ersten Paare noch diesen entgegen gestellte, gleich gestaltete innere an den zwei mittleren Paaren vor. Vielleicht gehören hierher die schwerdtförmigen Anhängsel am dritten und vierten Fusspaar von Pasithea.

Die Lynceiden scheinen zu beweisen, dass zwar der nach innen gelegene Anhang sich auch zu dem wirksameren gefiederten Blatte entwickeln kann, dass es aber vielmehr der an der Aussenseite gelegene ist, welcher zu dem hellen, blattförmigen, mit zarten Fiederborsten ausgerüsteten Anhang der höheren Cladocera sich ausbildet. Bei Lynceus lamellatus Müller hat nach Leydig der erste Fuss einen solchen inneren Blattanhang, aber nach aussen nur zwei Fiederborsten. Am zweiten ist statt letzterer schon ein Blattanhang vorhanden und dieser wird nach hinten immer grösser, so dass er am vierten am umfänglichsten ist. Dazu kommt an allen vier Fusspaaren ein cylindrischer, blasiger, bei den vorderen nach oben und vorn, bei den hinteren nach unten gekrümmter Kiemenanhang oder Beutel, in welchen wenigstens etwas Blut eintritt. Der fünfte Fuss besteht nur aus dem Basalglied und diesem Anhange. Nach Leydig's Abbildung scheint dagegen der innere Blattanhang nach hinten zu in umgekehrtem Verhalten mit dem äusseren zu verkümmern. Bei den männlichen Daphniden erfährt das erste der fünf Fusspaare leicht eine Umwandlung durch Ausrüstung mit Klaue und Geissel. Aber es entbehrt wenigstens bei einem Theile auch der Weibchen der Kiemenanhänge und diese beschränken sich auf vier Paare. Bei den Siden haben alle sechs Fusspaare, das letzte trotz der sonstigen Verkümmern, den am Rande mit Fiederborsten versehenen blattförmigen und den blasenförmigen Anhang, letzteren wenigstens bei Sida crystallina Müller nach Leydig hammerförmig durch zwei Lappen, einen nach oben und einen nach unten, dem einzigen der Cypridina monopion ähnlich.

Ebenfalls haben am Aussenrande ihrer Füsse zwei der Athmung dienende Anhänge unter den Phyllopoden im engeren Sinne, den Branchiopoden, die Estheriden oder nach Grube Limnadien, welche zehn bis achtundzwanzig Fusspaare besitzen und zwar so, dass die Arten der Gattung Estheria sich zwar in den höchsten Nummern, von zweiundzwanzig bis achtundzwanzig bewegen, aber doch Limnadia von achtzehn anfangend

auch bis auf sechsundzwanzig kommen kann, *Limnetis* dagegen nur zehn bis zwölf hat, auch zuweilen die Männchen weniger Fusspaare haben, als die Weibchen, welche ferner zweischalig sind, wie die Cladocera (vgl. Bd. II, p. 171). Am Fusse zu oberst zwischen den Körperseiten und dem anderen Anhang steht ein unbehaarter Kiemenbeutel oder Schlauch, weiter abwärts ein mit Borsten besetzter Branchialanhang, welcher Putzapparat und Wasserschaukel für die benachbarten Füße und Schutz für den ihm zugetheilten Kiemenbeutel ist. Die Entwicklung dieses Theils, Appendix branchialis setigera Grube's, kann wie im Allgemeinen in Grösse und Form, so im Besonderen in Ausbildung eines oberen, neben dem nackten Lappen aufsteigenden Astes sehr verschieden sein. Bei *Estheria* bedeckt dieser Ast die Flanke des Leibes, aber bei *Limnadia* ragt er kaum über die Insertion des Fusses hinaus und verschwindet hinten. Auch der nackte Kiemenanhang ist dabei verkürzt. Es ist jener aufsteigende Ast, welcher, in einen nackten Faden umgewandelt, an zwei Fusspaaren des Weibchens die Eier stützt, während beim Männchen die beiden vordersten Fusspaare zu Begattungsklammerfüßen umgebildet werden. Auch bei *Estheria* verkürzen sich weiter hinten der obere Ast und der schlauchförmige Beutel und vom zwanzigsten Paar der überhaupt hinten stark abnehmenden Füße sind sie gänzlich verschwunden. Die Embryonen dieser Gruppe verlassen das Ei ohne zweiklappige Schale und mit drei Gliedmassenpaaren, deren erstes, das der vorderen Antennen, sehr rudimentär, im Naupliusstande. Sie bilden die hinteren Fusspaare allmählich nach. Der Bildung der Füße geht die von Segmenten ohne Füße voraus; die Füße werden dann zuerst ohne Beweglichkeit und ohne Kiemenanhänge angelegt. Die Entwicklung der Beweglichkeit und der Kiemenanhänge geht zusammen mit der Ausbildung der überdeckenden Schalen, aber die Kiemenanhänge sind eher nach ihrer Form zu erkennen, als die Füße bewegt werden. Eine einzelne Häutung giebt einer gewissen Anzahl von Füßen ihre Vollendung, rückt andere dieser einen Schritt näher und legt weiter rückwärts neue an. Nach den neuesten und genauesten Untersuchungen Ficker's über die Entwicklung der *Estheria ticinensis* Crivelli scheint es das fünfte Larvenstadium zu sein, in welchem zuerst thätige kientragende Füße und zwar sechs Paar auf einmal neben

Fig. 268.



Rechter Fuss des ersten Paares von *Estheria donaciformis* Baird ♀ aus Cordofan, etwa 15mal vergrössert, nach Grube.

a. Kiemenschlauch. b. Oberer Ast des Branchialanhangs, hier besonders lang, fein und besenförmig. c. Unterer Ast desselben.

vier weiteren rudimentären oder erst als Wülste angelegten Paaren und einem fusslosen letzten Segmente sich finden.

Während in einer solchen Entwicklung die Estheriden zu einer zweiklappigen Schale und zu ordentlichen Füssen an allen Segmenten mit Ausnahme eines letzten, bei *Estheria* und *Limnadia* mehr oder weniger lang ausgezogenen, bei *Limnetis* aus zweien zusammengesetzten, gelangen, bleiben die Apusiden, was die erst genannte Eigenschaft betrifft, bei einem Rückenschilde, wie es die Larven von *Limnetis* haben, stehen, die Branchipodiden aber zeigen den segmentirten Rumpf ganz unverhüllt. Auch bleibt in beiden Familien eine grössere und meist viel grössere Anzahl hinterer Leibesringe zeitlebens fusslos. Ich habe oben (vgl. Bd. II, p. 170) erwähnt, dass ich bei *Apus cancriformis* Schäffer hinter vierundsechzig Fusspaaren noch zwanzig fusslose Schwanzsegmente fand. Geringer sind die Zahlen in der anderen Familie; *Branchipus* hat hinter elf fusstragenden Segmenten neun Schwanzsegmente, *Artemia* sechs, *Polyartemia* hinter neunzehn Fusspaaren nur drei bis vier. Zweifellos giebt es dabei Differenzen für die Arten einer Gattung. In der Entwicklung geht es, wie oben geschildert. Während die Zahl der Fusspaare zunimmt, wächst auch die der fusslosen Segmente.

Fig. 260.



Branchipus Josephinae Grube ♂
aus den Sümpfen von Dorpat,
viermal vergrössert, von der Bauch-
seite, nach Grube, aber mit Aus-
führung der Kiemenanhänge am
äusseren, hier vorn erscheinenden
Rande des ersten Fusspaares.

Apus bedarf zur Herstellung seiner zahlreichen Glieder einer sehr grossen Zahl von Häutungen. Abgesehen von einigen besonders gestalteten und verwendeten Füssen nehmen bei den Apusiden die hinteren Fusspaare an Grösse und Vollendung sehr ab, bei den Artemien wenig, bei *Branchipus* noch weniger. Im übrigen ist die Organisation der einzelnen Paare für die Athmung wesentlich dieselbe und erhellt zum Theil aus den oben (Bd. II, p. 170 und 171, Fig. 109 und 110 B) gegebenen Darstellungen. Nach Grube hat *Branchipus* am äusseren Rande der Füsse ausser dem herabhängenden Kiemenbeutel noch ein bis zwei obere blattförmige Anhänge. Das, was wir für *Apus* als Kiemendeckblatt bezeichnet haben, seinen äusseren Kiemenanhang, fand Grube am Rande beborstet.

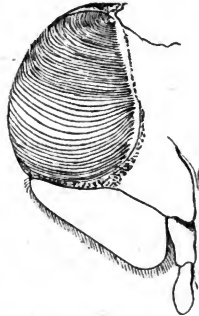
Die Disposition der sechs Hinterleibfusspaare, welche den *Xiphosuren* für die Athmung dienen, ist oben (Bd. II, p. 165) beschrieben worden. Diese Füsse sind alle nach demselben Plan gebaut. Sie enthalten je zwei parallele Reihen mit je zwei Gliedern. Für die fünf hinteren Paare ist die innere Reihe schmal, die äussere bildet

ein breites Blatt. Auf dessen hinterer oder nach oben gewendeter Fläche, über etwa zwei Drittel, wie es scheint, dem ersten Segmente entsprechend, lagern übereinander quere Kiemenlamellen, gegen die Basis mehr ausgedehnt, am freien Rande durch einen Chitinsaum gestützt. Die Zahl der Lamellen für das einzelne Blatt fällt nach Milne Edwards von hundertfünfzig am vordersten allmählich auf hundertdreissig am letzten. Im ersten Paare verbinden sich die Theile der einzelnen Füße und die beiden Füße unter einander zu einer die Kiemen deckenden und Wasser zuschaukelnden Platte, an deren Dorsalfläche überdies noch die Geschlechtsöffnungen liegen. Die Abbildung lässt ersehen, dass der untere, am Rande behaarte Theil des äusseren Astes bequem für den Dienst an den athmenden Blättern des nachfolgenden Fusses liegt.

Unter den Malacostraca edriophthalmata haben die Lämodipoden, mag man sie als besondere Ordnung betrachten, oder den Amphipoden als aberrante zuweisen, für die Athemorgane die einfachsten Verhältnisse. Einige der in grosser Verkümmernng des Schwanzes hinter dem Kopfe zu zählenden sieben, sehr einfach gestalteten, lineären oder breiten thorakalen Ringe tragen Kiemen. Stets sind davon das erste kurze oder dem Kopfe verschmolzene, mit seinen Füßen denselben untergreifende, den Namen der Kehlfüße bedingende und die drei letzten thorakalen Segmente frei. Bei Naupredia, Proto und Leptomera besitzen das zweite bis vierte, bei Protella, Aegina, Caprella, Cyamus und anderen nur das dritte und vierte solche.

Eine Verkümmernng der Füße an den thorakalen Segmenten, wie sie am hinteren Ende der Reihe bei Naupredia zwei Paare wegfallen lässt, trifft bei Aegina, Caprella und Cyamus die kiementragenden Segmente. So ordnen in der Reihe der Gattungen sich unter den thorakalen Segmenten solche blos mit Füßen, solche blos mit Kiemen und solche mit Kiemen und Füßen neben einander. Vermittelt wird der Ausfall jener mittleren Fusspaare, wie durch deren ganz geringe Grösse bei Protella, so wohl auch durch das, was als gleiche oder ungleiche, konische oder schlanke, lange oder kurze Anhänge an der Basis der Kiemen bei Cyamus bezeichnet wird. Der Ausfall giebt Raum ebenso wohl für eine Anbringung von grösseren Kiemen als für Einrichtungen zur Bewahrung der Eier während der Embryonalentwicklung. Die lokomotorischen Energieen, allerdings öfter in der negativen Ausführung der Greiffüße und Klammerfüße treten um so

Fig. 270.



Ein Abdominalfuss von *Limulus rotundicauda* Latreille aus dem Molukkenmeere mit seinen Kiemenblättern, vergrössert, nach Milne Edwards.

energischer an den erübrigenden Füßen hervor. Was die Form betrifft, so sind die Kiemen der Caprelliden ovale oder scheibenförmige Blasen, die der Cyamiden lange Schläuche. Dabei können diese Kiemenschläuche einfach oder doppelt sein und die Männchen der Cyamiden sind den Weibchen in diesen Einrichtungen überlegen, wogegen diese an den gedachten Segmenten die Eier schützende Platten entwickeln.

Fig. 271.



Cyamus erraticus Roussel de Vauzème von Walen nordischer Meere, in natürlicher Grösse. Das erste thorakale Fusspaar verbirgt sich unter dem Kopfe; die übrigen und die solche vertretenden Kiemen folgen nach den Nummern.

Die Pycnogoniden (vgl. Bd. II, p. 189) können hier als eine Ordnung angeschlossen werden, welche Kiemen überhaupt nicht zur Ausbildung bringt, wogegen der Eintritt der Magenschläuche in die Gliedmaassen die jene vom umspülenden Wasser trennende Körperschicht sehr dünn macht, Athmung in der dünnen Lage von Körperflüssigkeit erleichternd und, soweit man davon überhaupt reden mag, auch im Magen selbst geschehen lassend.

Bei den Amphipoden, deren Schwanz gut entwickelt ist, bleiben es doch die thorakalen oder präabdominalen Füße, welche die Kiemen an sich, und zwar an ihren Coxalgliedern, welche letztere man bei den Lämopoden als nicht gesondert annimmt, tragen, oder, sobald auch in dieser Ordnung diese nicht von den Rumpfsegmenten unterschieden sind, bei Phronima, an den Segmenten selbst. Während die etwaigen besonderen Einrichtungen für das Tragen der Eier auch hier auf die mittleren thorakalen Segmente beschränkt bleiben, an welchen die Opposition der vorderen und hinteren Füße den weitesten Raum und den stärksten Wasserstrom gewährt, lassen die Kiemen bei den Crevettina nur das vorderste Paar frei. Für den Vergleich mit den Podophthalmata darf man im Auge halten, dass dieses Paar dem zweiten Kaufuss entspricht. Ausser der Ausrüstung mit Kiemen erhalten die Coxen Erweiterungen zu schuppenförmigen Platten. Diese pflegen an den vier, seltener fünf vorderen Paaren, namentlich am zweiten und dritten besonders gross zu sein, selbst so hoch als die Segmente. Sie gestalten sich am seltsamsten bei Montagua, Danaia, Sulcator, Iphimedia, Otus, Pereionotus, Acanthonotus und bedecken die Kiemen wie auch Trochanter und Femur der Beine, selbst in gewissen Haltungen die ganzen vorderen, greifenden Füße und eventuell die Eier von aussen. Von hinten spielen in dem Raum zwischen diesen Platten die Schwanzfüsse und so konzentriren sie den von diesen erzeugten Wasserstrom; sie bilden eine Art von Athemkammer. Die Kiemen sind meist einfache Säckchen. Sie repräsentiren eine äussere parallele Reihe. Bate und Westwood geben an, dass sie zuweilen beim Männchen auch am ersten Fusspaar vorkommen, ohne dass man ersähe, für welche Gattung das gelten soll. Bei Gammarus

wenigstens sind die vorderen Kiemen, namentlich die des dritten Fusspaares grösser als die hinteren.

Bei den *Hyperina* mit mehr oder weniger geblähem oder sonst umgeformtem Kopfe sind, wenn überhaupt Erweiterungen an der Basis der Füsse vorkommen, die hinteren Fusspaare Träger von solchen, so besonders bei *Anchylomera* und *Typhis*. Es ist das Gewicht der thorakalen Füsse überhaupt mehr hinter die Mitte gelegt. Die zunächst dem Kopfe folgenden Paare verlieren unter dem Anspruche des Kopfes an den Raum an Bedeutung. Dabei wird die Athemkammer statt mehr vorn, mehr hinten am Thorax hergestellt. Trotzdem behauptet sich in den meisten Fällen die Sechszahl der Kiemenpaare voll. Sogar werden, etwa in Ersatz für die Trägheit der Lokomotion, die Kiemenblasen im Vergleiche mit den *Crevettina* sehr gross und weich. Sie ähneln mehr Säcken und Blasen als Platten, dieses selbst, wenn, wie bei *Oxycephalus* u. a., das letzte Fusspaar selbst in hohem Grade verkümmert oder nur durch die erweiterte Basalplatte vertreten wird. Bei *Anchylomera* sind sie verästelt. In der Familie der *Phronimidae* dagegen erleidet die Zahl der Kiemen eine Beschränkung. Es herrscht in dieser Beziehung eine Differenz der Meinungen über die Gattung *Phronima* selbst. In der Regel werden für sie drei Paar Kiemen angegeben, von *Milne Edwards* aber fünf, nämlich nur am ersten und letzten Fusspaar keine. Das klärt sich dahin, dass eigentliche Kiemen nur in drei Paaren hinter dem vierten bis sechsten Fusspaare an den Segmenten getragen werden, ausser diesen aber am vierten und fünften kleine der Bauchdecke anliegende Plättchen und solche allein am zweiten und dritten Segmente. Man hat demnach vom ersten bis zum fünften Fusspaar eine aufsteigende Entwicklung in Zahl und Rang der Anhänge mit endlicher Steigerung zu Kiemen, dahinter eine Abnahme. Jene drei Paare finden sich auch bei den übrigens etwas abweichenden Männchen und bei jungen Thieren von kaum mehr als ein Millimeter Länge, welche noch erhebliche Veränderungen durchzumachen haben. Bei *Phronimella* sind die Kiemen lanzettförmig, bei *Oxycephalus* beschränken sie sich auf das fünfte und sechste Fusspaar. Die weiteren Plättchen werden als den bei *Crevettina* zuweilen mit Borsten besetzten Eierträgern entsprechend anzusehen sein.

Die abdominalen oder kaudalen Füsse der Amphipoden, für die vorderen drei Schwanzsegmente als grössere Schwimmfüsse, für die hinteren, weniger entwickelten, auch verschmelzenden und verkümmerten als Schwanz-

Fig. 272.



Zweiter und dritter thorakaler Fuss mit Kieme vom gemeinen Flohkrebs *Gammarus Röselli* Gervais aus dem Neckar, dreimal vergrössert.

a. Coxalplatte. b. Kieme.

griffel, in der Regel zweiästig auf einfachen Basalgliedern, dienen durch ihre Arbeit in Ortsbewegung oder bei Verweilen am Platze durch Erzeugung eines Wasserstroms von vorn nach hinten, über den Bauch weg zwischen den Kiemen, indirekt der Athmung.

Bei fast allen Isopoden sind es diese kaudalen Füße, welche in stärkerer Ausbildung der auch schon bei Hyperiden möglichen lamellosen Form den Dienst für die Athmung, sowohl den direkten als den indirekten, ausschliesslich übernehmen. Die sich an der Bauchseite des Thorax findenden blattartigen Anhänge sind dann nur noch Werkzeuge der Brutpflege.

Es giebt einige Familien, welche, zwischen den Amphipoden und Isopoden hin und her geschoben, wohl auch zur Gruppe der Anisopoda vereint worden ist. Dana bestimmt den Charakter solcher Anisopoden dahin, dass wie bei Amphipoden je die drei hinteren und die vier vorderen thorakalen Fusspaare, nicht wie bei Isopoden je die vier hinteren und die drei vorderen zusammen gruppirt seien, dagegen den Isopoden entsprechend nur die Füße des letzten kaudalen Paares griffelförmig seien, aber nicht die drei letzten wie bei Amphipoden.

Unter diesen ist bei den Arcturus die Kiemenausrüstung des Schwanzes ganz wie bei normalen Isopoden und die Schwanzsegmente sind unter einander wenig beweglich. Bei den Tanais sind diese Segmente gut beweglich. Ihre Anhänge, lang und borstig, sind beim Schwimmen nützlich, aber sie bleiben doch zu fünft unter einander gleich. Bei den Serolis gruppieren sich die drei vorderen Paare als Schwanzschwimmfüsse zusammen, aber das vierte und fünfte Paar sind isopodische Kiemen.

Eine ausgezeichnete Stelle nimmt eine Familie ein, welche, je nachdem man das eine oder das andere der anfänglich in verschiedene Gattungen und Familien eingetheilten beiden Geschlechter der Benennung zu Grunde gelegt hat, den Namen der Anceidae oder den der Pranizidae erhielt. Die von Dohrn gegebene Entwicklungsgeschichte gestattet Anceus so aufzufassen, dass von den acht Segmenten, welche man erhält, wenn man zu den sieben gewöhnlich als thorakal bezeichneten der Edriophthalmen noch das zunächst vorausgehende mit seinem in der Regel in dieser Ordnung alleinigen, sonst ersten Kaufusspaar, hinter den beiden Maxillenpaaren und den Mandibeln, zurechnet, das hinterste ganz rudimentär ausgebildet werde, fusslos bleibe und das Begattungsorgan trage, die übrigen sieben aber anfänglich gleich und mit identischen Fussanlagen versehen seien. Solche Siebenzahl steht also um eine Stelle mehr nach vorn als die gewöhnliche der Isopoden. Von ihr wird zunächst das erste Fusspaar, im Wachsthum zurückbleibend, zum ersten Kaufusspaar, zu Maxillipeden, Maxillen dritter Stelle, je nach Wahl der Benennung. Dann wird aber als Ausnahme unter Edriophthalmen weiter das zweite jener sieben Paare zum Munde geordnet und die Segmente, welche diese beiden Fusspaare tragen, schliessen sich dem

Köpfe innig an. Der Thorax hat dann nur fünf fusstragende und ein sehr verstecktes hinteres Segment. Beim Weibe, der Pranizaform, bleibt er oval und es verschmelzen das vierte und fünfte Segment mit einander; beim Manne, dem Anceus der älteren Autoren, werden das erste und zweite Segment wie auch der Kopf sehr breit und schliessen sich letzterem an. Ein so gebildeter, um zwei Segmente bereicherter, sekundärer Kopf scheidet sich durch eine tiefe Einschnürung vom Thoraxreste und giebt in Verbindung mit den gewaltigen Beisszangen, welche nach der Meinung der Meisten, aber nicht Dohrn's die Oberkiefer sind, dem Thiere ein imponantes, bei Krebsen ganz ungewöhnliches, mehr an Insektenlarven erinnerndes Ansehen. Die gebliebenen thorakalen Füsse sind einfache Gangbeine oder leichte Klammerfüsse ohne irgend welchen Anhang. Die Brutblätter werden ersetzt durch nur theilweise abgehobene alte Chitinhaut, welche die Eier bedeckt. Das Abdomen ist eingeeengt und trägt an sechs Segmenten auf einfachen Grundgliedern zweiästige ovale Fussblätter. Von diesen hat man im Vergleiche mit der anderen Abtheilung der Isopoden wenig für die Athmung erwarten zu dürfen geglaubt. Man hat deshalb für das Athemgeschäft ein Paar grosser Platten unter dem Kopfe des Anceus herangezogen. Dohrn hat gezeigt, dass diese aus dem zweiten Kaufusspaar hervorgehen. Sie bestehen eine jede aus einem halbherzförmigen und aussen mit Fiederborsten umrandeten ersten Gliede, welchem als zweites Glied ein anderes kleines Blatt aufsitzt. Die Umwandlung des ersten, regulären Kaufusspaares ist geringer. Dem allerdings auch vergrösserten Basalgliede folgt eine Reihe von vier Gliedern. Bei den Weibchen, der Pranizaform, ist letzteres fast eben so gestaltet. An der Einlenkung des hier dreigliedrigen zweiten Kaufusses, welcher dem ersten Thorakalfusse der gewöhnlichen Edriophthalmen entspricht, sitzt dem Kopfe, nicht dem Fusse eine ovale Platte auf. Die gedachten Platten erregen bei Anceus einen Wasserstrudel. Da die Steigerung der Ausbildung zusammenfällt mit einer Veränderung in der Ernährung, nämlich Aufgeben der den Weibchen und Jungen eigenen parasitischen Lebensweise, möchte Dohrn diese Organe und ihre Arbeit lieber der Nahrungszufuhr als der Athmung zurechnen.

Andrerseits sind an dieser Stelle die Mittheilungen zu berücksichtigen, welche Fritz Müller über die Scheerenasseln gegeben hat. Die Füsse des ersten thorakalen Paares tragen bei diesen eine Scheere und es verschmilzt das betreffende Segment mit dem vorausgehenden zum Cephalothorax. Dessen Panzer überragt kleine Höhlen an den Seiten des Leibes. In diesen spielen nach Müller die nach hinten gerichteten äusseren Aeste der beiden Maxillenpaare, besonders der säbelförmige Anhang des zweiten. In den Panzerwänden strömt viel Blut. Vom Kaufusspaar sagt Müller nichts. Sollte der Branchialanhang diesem zuzutheilen sein, und Claus sagt, er stehe hinter der zweiten Maxille, so entspräche er der vorderen

Platte des Anceus und es bestände soweit einige Uebereinstimmung zwischen Praniziden und Tanaiden. In die blattförmigen Aeste der Schwanzfüsse sah Müller nie Blutkörperchen eintreten; sie schienen ihm nichts mit der Athmung zu thun zu haben. Die erwachsenen Männchen endlich schienen überhaupt nichts zu fressen. Auch bei Paranthura aus der dritten Familie des Tribus der Anisopoden, der der Anthuriden, trägt die Basis der Maxillarfüsse eine grosse Platte.

Fig. 273.



Anilocra mediterranea Leach von Spezia, vom Bauche gesehen, in natürlicher Grösse.

Fig. 274.



Idotea bectica Milne Edwards von Marseille, in natürlicher Grösse, vom Bauche gesehen. Die eine Schwanzklappe ist geöffnet, um die Kiemen zu zeigen.

Bei den übrigen Isopoden, dem Tribus der Euisopoden, übernehmen zweifellos die Schwanzfüsse die Athmung und meist allein. Dabei stehen zur Verfügung die fünf ersten Segmente des Schwanzes, während das sechste, für seine Anhänge grosse, bei der Eintheilung verwendete Verschiedenheiten zeigend, manchmal solcher entbehrend, bei einem Theile der Bopyridea, manchmal sie griffelförmig ausbildend, bei den Oniscidea, manchmal flossenförmig, bei den Cymothoidea, dieselben meist dem abschliessenden, fusslosen siebten Segmente zur Schwanzflosse gesellt und nur bei den Idoteidea sie auch als Deckklappen über die vorausliegenden, hier schmalen und durch das vordere harte Blatt des ersten Paares unter ihnen nicht hinlänglich geschützten Kiemen in den Dienst der Athmung stellt. Dabei ist die Grundlage, dass die abdominalen Kiemenfüsse jederseits zwispaltig auf kurzer einfacher, eingliedriger Basis stehen. In der Regel sind die beiden Aeste blattförmig. Alle solche Blätter können weich bleiben und thuen das besonders bei parasitischen Cymothoiden. Sie lassen dann zwischen ihren von der Haut gebildeten beiden Wänden eine grosse Blutmenge zirkuliren. Sie vermehren ihre Oberfläche durch zahlreiche Falten bei Amphoroidea, Sphaeroma und Nerocila. Es kann dagegen an mehreren Fusspaaren das vordere oder äussere Blatt eine härtere Schutzplatte für das hintere oder innere darstellen. Es kann ferner die vordere Platte des ersten Fusses diesen Dienst nach hinten nicht allein für das ihr beigesordnete hintere Blatt, sondern für alle nachfolgenden Blätter übernehmen, so dass diese alle weich bleiben und endlich ist es die Deckklappe

des sechsten Segmentes, welche, auch nach vorn ausgedehnt, ladenartig von hinten und der Seite die Reihe der Kiemen bei den Idoteiden, wie oben bemerkt, bedeckt. Dieses theilen mit Idotea die Gattungen *Stenosoma* und von den Anisopoden *Arcturus* und in geringerem Grade *Anthurus*.

Es kann auch eine Verschmelzung und Verkümmern der Schwanzsegmente eintreten und sich damit die Zahl der Doppelblätterpaare beschränken. Dieses geschieht zum Beispiel bei der gemeinen Wasserassel, *Asellus aquaticus* Linné. Wo solches berücksichtigt wird, pflegt es zu heissen, dass dieser Krebs nur drei Paar Kiemen habe. Die vordere Platte des ersten dieser drei Paare ist etwas härter und trockener und als Schutzplatte anzusehen. Die Segmente des Abdomen selbst bilden zusammen eine einfache grosse Platte, welche ausser jenen drei Kiemenpaaren und zwar hinter diesen ein Paar zweiästiger Griffel trägt, also vier gliedertragende Segmente enthält. Das letzte fusslose Segment ist danach abgesondert zu erkennen als ein kleines borstiges Plättchen. So weit scheinen also nur fünf abdominale Segmente statt sieben vertreten. Sieht man aber genauer zu, so findet man, dass zwischen dem letzten thorakalen Fusspaar und der aus vier Segmenten bestehenden Kaudalplatte noch zwei kaudale winzige Segmente eingeschoben sind. Diese sind ventral nicht allein als Rumpfringe, sondern auch durch Anhänge merklich. Das hintere Paar dieser Anhänge, wengleich im Verhältniss zu den folgenden Kiemen sehr klein und nicht zweispaltig, trägt doch ganz deutlich auf einem Basalgliede ein durch Muskeln bewegliches, beim Weibchen grösseres und härteres, aber beim Männchen mehr weiches und für die Athmung nicht geeignetes Blatt. Die Verkümmern an den Kiemen ist also etwas weniger gross, als es erst scheint. Das erste abdominale Segment trägt nur die cylindrischen Geschlechtsfüsse. Die harte Deckplatte gehört nicht ihm, sondern dem dritten Segmente an, welches aber in die gemeinsame Kaudalplatte aufgenommen ist. Durch die Verschmelzung zu letzterer bilden die Segmente mit

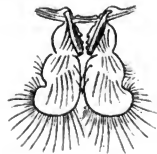
Fig. 275.



Asellus aquaticus Linné ♂ aus dem Neckar, vom Bauche gesehen, in doppelter Grösse.

- a. Die verkümmerte Kieme des zweiten abdominalen Segmentes.
b. Die Deckplatte der Kieme des dritten abdominalen Segmentes.

Fig. 276.



Die verkümmerten vordersten abdominalen Segmente von *Asellus aquaticus* Linné ♂, von der Bauchseite, mit ihren Anhängen, etwa 20mal vergrössert.

ausgebildeten Kiemenpaaren ein Einheitliches; die einfachste Muskelbewegung wird an ihnen ungebrochen ausgenutzt.

Bei anderen Aselliden hat man ein bis sechs abdominale Segmente, wenn man die Limnoridae mit einrechnet.

Von der Gattung *Idotea* hat die in Fig. 274 abgebildete Art vier gesonderte Segmente, am Abdomen aber fünf Kiemenpaare. Nach Dana giebt es andere Arten mit fünf, drei, zwei Segmenten und mit nur einem. Die Segmentverringerung tritt zum Theil erst in späterer Häutung ein. Dass mit ihr auch die Kiemenzahl sich ändere, ist nicht gesagt. Aehnliche Ungleichheiten zeigen andere Gattungen dieser Familie.

Bei den Cymothoiden hat das Abdomen ein bis sechs getrennte Abschnitte, die niederen Zahlen bei den Sphäromiden, aber die Kiemenzahl scheint vollständig zu bleiben.

Bei den Seroliden besitzen die drei vorderen Schwanzfusspaare nur harte und kleine Blätter und dienen nur zur Wasserbewegung. Die vordere Platte des vierten Fusses ist Deckplatte; seine hintere und die beiden des fünften Fusses sind weich und athmen.

Die Bopyriden sind noch in einem höheren Grade parasitisch als die Cymothoiden. Sie sitzen an den Kiemen höherer Krebse und meist unter dem Schutze von deren Brustpanzer. Unter solchen besonderen Umständen erlangen sie in starker, asymmetrischer Ausdehnung des Rumpfes des Weibes neben Zurückbleiben oder Schwinden an Augen, Antennen und Füßen einen auffälligen Geschlechtsdimorphismus. Es fehlt noch an einer ausreichenden Durcharbeitung der Verhältnisse für die Geschlechter und die Lebensalter. Nach einigen eigenen Studien scheint mir gemeinsam, dass beim Verlassen des Eis die mittleren Segmente weniger, Kopf und Schwanz besser ausgebildet sind. Man findet dann Augen, wenigstens zuweilen zwei Antennenpaare, einen normalen siebengliedrigen Schwanz mit fünf Fusspaaren, einem Paar Plattenanhänge und einem terminalen fusslosen Segment. Der Thorax aber hat nicht mehr als sechs Segmente und von diesen sind zuweilen nur vier mit Klammerfüßen versehen. Das siebte thorakale Segment wird immer nachgebildet und meist erhalten alle Füße. Diese Füße sind anfangs schlank, so dass sie die schweren Krallen hierhin und dorthin werfen können; nachher werden sie kurz und plump, selbst rudimentär. Die abdominalen Füße, vorher gestreckt und mit langen Borsten besetzt, nicht ungeeignet zum Schwimmen und dabei unterstützt durch ein balanzirendes Antennenpaar, schwinden den Männchen manchmal mit Ausnahme hinterster Stummeln gänzlich, bleiben in anderen Fällen etwas schwimmtüchtig, werden in noch anderen und beim Weibe neben etwaiger Minderung in Zahl und Grösse von hinten her im Ganzen mehr ungelenkt, entweder in Erhaltung beider Aeste schlauchartig mit Kiemenblasen aussen an der Basis oder zu einfachen Blättern, einfachen Schläuchen, oder endlich

bei den Joninae stark verzweigt. Dazu können an der Basis der Brustklammerfüsse der Weibchen Kiemenplatten stehen. Minderungen an Augen, Antennen, Segmentirung, Härte des Chitinpanzers stehen in grader Proportion zu dem Schutze, welchen das Wohnthier gewährt. Die Asymmetrie entspricht in der seitlichen Festlegung an letzterem den Raumverhältnissen. Sie tritt nicht ein bei den Zwergmännchen, welche sich zu einem oder mehreren der parasitischen Weibchen halten. Die Zufuhr des Athemwassers übernimmt das Wohnthier.

Die Isopoden, vorzüglich wenn man die Limuliden und die Pycnogoniden mit begreift, bieten somit eine grosse Mannigfaltigkeit für die Kiemen. Es kommt dazu, dass die Landasseln die Anfänge der direkten Luftathmung und für diese einer neuen Gruppe von Organen, der Luftgefässe bieten. Die Füsse der drei hinteren abdominalen Paare werden bei ihnen aus einer gespitzten Deckplatte und einem weicheren, mehr runden athmenden Kiemenblatte gebildet. Letzteres steht auf dem gemeinsamen Grundgliede mehr nach aussen. Nach Duvernoy und Lereboullet hätten die beiden vorderen abdominalen Segmente nur die Deckplatten, nicht die Kiemenblätter oder Bläschen. Das gilt wohl nicht absolut. Die vordersten Segmente tragen auch die Begattungsorgane der Männchen. Die Deckplatten halten etwas Feuchtigkeit zurück und sichern dadurch den Kiemen auf dem Lande, zwar nur in verstecktem und nächtlichem Leben, aber dann auch in heissen Ländern, die Athemfähigkeit. Vorzüglich jene beiden ersten Deckelpaare können theilweise in eine Art von Luftkissen umgewandelt sein und sie entbehren dann wohl immer des Kiemenblattes. Nach Duvernoy und Lereboullet fehlt die Einrichtung den Oniscus und Philoscia, kommt aber den Porcellio und Armadillo und Verwandten zu, bei einigen Arten von Porcellio an allen fünf Deckelpaaren, bei Tylos nach Milne Edwards an vieren. Die Luftkissen zeichnen sich durch eine gelbweisse Färbung aus. Sie sind entweder einfach oder sind wie abgenäht in mehrere Wülste. Ein Theil der Platte bleibt frei von Luftgefässen und ist mit feinen welligen Erhebungen oder Linien und Borstchen besetzt. Diese mögen leicht kleine Mengen Flüssigkeit fest halten und ähnlich, wenn auch nicht genau so, wirken, wie es Max Müller für die rauhe Umgebung der Athemspalten

Fig. 277.



Jone thoracicus Montagu ♀, parasitisch an *Callinassa subterranea* Montagu aus dem Kanal nach Milne Edwards, viermal vergrössert.

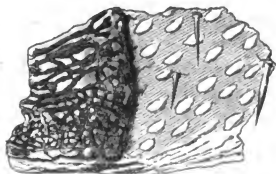
Fig. 278.



Erstes Schwanzfusspaar von *Armadillidium* spec. ♂ zunächst A. Hemprichii Brandt von Palermo nebst dem medianen Begattungs-gliede 10mal vergrössert.

gewisser Krebse angenommen hat. Es giebt entweder an den hinteren Kante eine Anzahl Oeffnungen oder Spalten am Rande der lufthaltigen Partie,

Fig. 279.



Ein Stückchen vom Rande eines Luftküssens von *Armadillidium commutatum* Brandt ♀ aus Nizza, stark vergrössert.

Fig. 280.



Fuss vom ersten abdominalen Paar von *Tylos Latreillii* Audouin aus Nordafrika mit lufthaltiger Platte, etwa 20mal vergrössert, nach Milne Edwards.

unvollkommener Ueberdeckung. Die Eubranchiaten haben reichliche Kiemen in von dem kephalothorakalen Panzer bedeckten Athemkammern. Der Uebergang wird ausser durch die Ungleichheiten bei den anomobranchen noch dadurch vermittelt, dass bei Larven eubrancher ein grosser Theil der Kiemen frei liegen kann und dass auch später basale Theile der Kiemen, allerdings durch Erhärtung für die Athmung unbrauchbar, frei unter dem Panzerrande erscheinen können.

Unter den Anomobranchiaten haben die Stomatopoden mit der Familie der Squilliden oder Raubheuschreckkrebse Kiemen in Form von Büscheln an den Schwimmfüssen des sich gegen die Schwanzflosse verbreiternden Hinterleibes. Indem die Anhänge des sechsten Segmentes sich dem terminalen Segmente zur Schwanzflosse gesellen, sind fünf Paar Füsse mit Kiemen versehen. Sie tragen auf einem vierseitigen Grundgliede zwei mit Borsten umsäumte Blätter. Dem äusseren und vorderen von diesen sitzt an der Innenkante nahe dem Stiele die Kieme auf. In ihr stehen einseitig auf einem Stamme eine Anzahl von Querblättern, welche kammartig so tief

eingeschnitten sind, dass sie zu Fäden aufgelöst erscheinen, am dürtigsten am ersten Paare, an welchem die Geschlechtseinrichtungen liegen. Die Kieme wendet ihren Stamm im Bogen nach vorn, oben und aussen und entfaltet ihre Fäden gegen die Mediane auf der Vorderfläche des sie tragenden Fusses. Die beiden Fussblätter sind bei *Squilla* an der Innenkante mit Zähnen oder Haken besetzt, das kientragende bei *Squilla* mantis Rondelet mit zweien, das kienlose mit einem. Die gepaarten kienlosen können sich damit querüber an einander hängen. Sie bilden so Organe zu einfachster und ausgiebigster Benutzung der lokomotorischen Energien am Schwanz und zugleich zur Wasserdurchspülung der jeweilig vor ihnen spielenden Kiemen. Bei *Gonodactylus chiragra* Fabricius finde ich die Verhältnisse ganz ähnlich. Jedoch hat das äussere, kientragende Blatt statt zweier Haken nur eine Borste. Auch ist es deutlicher, dass jedes Blatt aus Verschmelzung von drei auf einander folgenden Abschnitten entstanden ist. Unter den Larvenständen der Squilliden hat die Squillerichthusform bereits das hierher Gehörige, nur sind die Kiemen erst in eine kleinere Zahl von Fäden getheilt und hängen an etwas längeren Füssen herunter. Bei der Erichthusform und der Alimaform sind sie gar nur knospenförmig, rudimentär und den noch jüngeren Ständen fehlen sie gänzlich. Die Blättchen, welche aussen an der Wurzel der fünf Kaufüsse stehen, herzförmig oder oval, meist das vorderste am grössten, sind bei den Erwachsenen so hart, dass sie für die Athmung kaum in Anspruch genommen werden können. Sie fallen leicht ab, scheinen jedoch ursprünglich immer in der vollen Zahl von fünf Paaren vorhanden zu sein, auch bei *Gonodactylus*. Sie legen sich jederseits dachziegelartig an einander. Sie haben ähnliche Verhältnisse bei Squillerichthus, aber sie sind grösser und zart bei den vorausgehenden Formen des Erichthus und der Alima und mögen bei solchen für die Athmung von Werth sein. Ein Greiffuss mit diesem Nebenblättchen geht ebensowohl aus einem zweiästigen Ruderfuss hervor als ein kientragender Abdominalfuss. Solcher zweiästigen Ruderfüsse hat die Erichthoidinaform fünf Paar und wird dadurch einem Copepoden ähnlich.

Montagu hatte einen kleinen Seekrebs, welcher den Schwanz, den Skorpionen ähnlich, über den Rücken aufkrümmt, *Cancer scorpioides* genannt, aber, indem die Glieder wenig deutlich sind, für besonders am Kopfe verstümmelt angesehen. Say gab dieser Form wegen der auf langen Stielen zweiästigen, das ungleich ausgelängte terminale Glied überragenden Anhänge

Fig. 281.



Rechter Fuss des fünften abdominalen Paares von *Squilla mantis* Rondelet von Palermo in natürlicher Grösse, von der ventralen oder vorderen Fläche gesehen.

des sechsten Abdominalglieds den Gattungsnamen *Diastylis*; Milne Edwards nannte sie *Cuma*. Dessen Meinung, es möge sich um eine Makrurenlarve handeln, war L. Agassiz in Vermischung mit Caridenlarven geneigt zu bestätigen, obwohl Goodsir sie bereits 1843 unter Beschreibung mehrerer Gattungen der Familie widerlegt hatte. Es kann nach den weiteren Untersuchungen von Kroyer, Spence Bate, Sars und Dohrn, namentlich nachdem die Begattung beobachtet wurde, nicht mehr bezweifelt werden, dass diese *Cumacea* oder *Diastyliden* eine selbständige Gruppe seien. Sie stehen in sofern absonderlich unter den Podophthalmen, als ihre Augen, wengleich gestielt, doch nicht abgegliedert, dicht bei einander gestellt und meist in der Mittellinie mit einander verschmolzen sind. Das Kopfbrustschild und vier bis fünf freie Brustsegmente tragen hinter den Mandibeln und zwei Maxillenpaaren noch zwei Kieferfusspaare und sechs Beinpaare. Das Abdomen ist sechsgliedrig ausser dem terminalen Gliede und mindestens bei den Männchen, bei *Bodotria*, wie es scheint, auch bei den Weibchen mit Fussanhängen in verschiedener Zahl, vorzüglich an den vorderen Ringen in der Form von Begattungsfüssen ausgerüstet. Von den thorakalen Füßen hat eine verschiedene Zahl in Spaltung einen gegliederten Schwimmanhang, wobei stets die des hintersten Paares, aber auch bis zu vier hinteren Paaren desselben entbehren. Nach Bate, welcher nebenbei das erste Beinpaar als drittes Kieferfusspaar zählt und so die Füße mit den fünf Fusspaaren der Dekapoden gleichstellt, ist es dasjenige Paar von Anhängen, welches gleich auf die Maxillen folgt, also das erste Kieferfusspaar der Meisten, sein Maxilliped, welches bei diesen Krebsen die Kiemen trägt, nach Goodsir das obere, womit nach der speziellen Beschreibung bei *Cuma* gleichfalls das erste gemeint ist. Claus führt dagegen das zweite Kieferfusspaar als Träger der Kieme auf. Ich habe um der Entscheidung hierüber willen das einzige Exemplar des Heidelberger Museums nicht zergliedern wollen. Die Kieme sitzt der Basis der gedachten Gliedmaasse auf, empfängt das Blut in ihren Stamm und lässt es eintreten in acht bis zwanzig Aussackungen, welche an der unteren Kante wie die Zähne an einem Kämme aufsitzen. Bei *Diastylis* ist der Stamm selbst sackartig erweitert. Die Kieme entspricht in ihrer Anbringung am Kieferfuss, welcher nur um ein Segment gegen die thorakalen Füße gemindert ist, den Schwimmanhängen an den letzteren. Sie liegt über der Basis der nachfolgenden Gliedmaassen in einer Kammer, welche an der Uebergangsstelle der inneren Wand des kephalothorakalen Panzers auf die Rumpfseite sich eintieft. Sie kommt unter den Anomobranchen den Eubranchen am nächsten, bietet die äusserste Beschränkung dieser auf das vordere Ende der möglichen Reihe.

Bei den Schizopoda (vgl. Bd. II, p. 158), der dritten anomobranchen Gruppe der podophthalmen Malakostraken, findet man für die Athem-

werkzeuge so erhebliche Differenzen, dass dieselben von G. O. Sars zur Unterscheidung der Familien benutzt worden sind. Die Mysiden haben keine eigentlichen Kiemen, jedoch eine Athemkammer unter dem Schutze des kurzen kephalothorakalen Panzers zu beiden Seiten des Vorderkörpers. Es spielt in dieser lebhaft ein ungleich entwickelter schlauchförmiger oder blattartiger Anhang des ersten Kieferfusses, während die Innenfläche der Panzerüberwölbung durch ihre Einrichtungen besonders für die Athmung geeignet ist. Jener Anhang entspricht, da der Kieferfuss in der Geissel die zweite parallele Reihe besitzt, den Eierdeckplatten oder Brutplatten thorakaler Füsse. *Cynthia*, welche von Claus für das Männchen der auch sonst abweichenden Mysidengattung *Siriella* angesehen wird, ermangelt solcher Anhänge der Kieferfüsse, hat dagegen an den in fünf Paaren stark entwickelten Abdominalfüssen einen gablig getheilten, von den beiden Enden her sich einrollenden Schlauch, welchen Claus für eine Kieme hält. Die Euphausiden und Lophogastriden haben an dem zweiten Kieferfuss und an allen thorakalen Segmenten Kiemen. Bei jenen liegen sie frei, die vorderen sind klein, zwispaltig, die hinteren viel grösser und in eine grössere Zahl von Aesten getheilt. Die Aeste sind cylindrisch, fingerförmig und stehen in einfacher Reihe. Die Füsse selbst werden an den beiden letzten thorakalen Segmenten mehr oder weniger rudimentär, bei *Euphausia* trägt das letzte nur Kiemen. Bei den Lophogastriden sind die Kiemen alle umfanglich und verästelt. Sie stehen an jedem Fusse in zwei oder drei Büscheln, über deren äusseres sich vorn der Rückenschild legt. Die Aeste bilden Blättchen, welche fest an einander gedrängt in doppelter Reihe, fiederförmig stehen. Der erste Kieferfuss hat ausser dem Taster eine Geissel, der zweite gleicht wie bei den vorigen ganz den nachfolgenden sechs Fusspaaren. Der Unterschied von den Eubranchen beruht mehr in der minderen Entwicklung des Schildes als in der der Kiemen.

Die systematisch verschieden behandelten Nebaliden schliessen sich dem ganz nahe an. Acht wesentlich gleiche Fusspaare, welche auf die Maxille folgen, bedeuten die zwei Paare von Kieferfüssen und die sechs von thorakalen der vorigen. Die sie tragenden Segmente und die vorderen abdominalen werden von einer zweiklappigen Schale umschlossen, welche, wie das blattartige Ansehen der Füsse, diese Familie den Phyllopoden nahe zu stellen schien. Jene Füsse tragen aussen an dem Grundgliede eine grössere etwas zweilappige Kiemenplatte mit verzweigten Blutbahnen im Inneren, sowie am zweiten Gliede eine, physiologisch gleichfalls respiratorische Platte, welche Claus ebensowohl der Brutlamelle der Amphipoden als dem äusseren oder Schwimmfuss-Aste des Schizopodenbeines entsprechend erachtet. Die Platten reichen bis zu den Spitzen der Füsse. Diese sind an der Innenseite durchweg dicht mit Randborsten besetzt, welche beim Weibchen viel stärker entwickelt, wie über die Kiemen, so auch über die im Brutraume

geborgenen Eier frisches Wasser sprudeln. Darin besteht ein Unterschied gegen die übrigen aberranten Podophthalmen, dass acht kaudale oder abdominale Segmente folgen, vier davon mit zweiästigen, zwei mit einästigen Füßen, eins ohne Füße und das terminale mit stiel förmigen Furkalgliedern, welche dem Aussenaste der Schwimmfüße sehr ähnlich sind. Dieses und die zweiklappige Schale, deren Ausdehnung auch die thorakaler Panzer überschreitet, sondert zugleich die Gruppe von den Eubranchiaten.

Die eubranchen Podophthalmen sind zugleich Decapoda, indem regelmässig fünf Paar hinterer thorakaler von den sichtlicher zum Munde geschobenen und mit inneren Reihen ihm dienenden Gliedmaassen unterschieden werden können. Sie haben büschlige oder blättrige, nicht eigentlich verästelte Kiemen an der Wurzel der hinteren der zum Munde gestellten und an der der thorakalen Füße unter dem Schutze des über sie bis zur Wurzel der Füße sich ausdehnenden kephalothorakalen Panzers. Die Unterschiede werden bedingt durch die Ausdehnung der Kiemen auf eine mehr oder weniger grosse Zahl der gedachten Gliedmaassen, durch die Zahlen der Kiemen an den einzelnen und die Form derselben, durch die Gestalt der Kammer und die Belassung von Zugängen zu deren Hohlraum vom freien Rande her in den Zwischenräumen zwischen den verschiedenen Gliedmaassen, durch die grade bei Kammerbildung besonders wichtigen accessorischen Hilfsmittel aus dem Gebiete der parallelen Reihen an den Gliedmaassen in Gestalt von Platten, Schaufeln, Besen, welche das Wasser zuführen, abführen, vertheilen, vielleicht auch Schmutz und andere Schädlichkeiten fortwischen.

Es giebt auch hier einige hervorzuhebende Unregelmässigkeiten. Die Gattung *Leucifer* Thompson oder *Lucifer* Dana, welche durch den Mangel der zwei letzten pereopodischen Fusspaare von den normalen Dekapoden so abweicht, als wenn sie deren Stand nicht erreicht hätte, entbehrt der Kiemen gänzlich. Man könnte sie als abranche Gruppe absondern. Dass sie geschlechtlich vollendet ist, wurde durch Semper und Dohrn bewiesen, ja die Begattung gesehen.

Darauf hin, dass bei einigen Thalassiniden, namentlich der Gattung *Callianidea* neben Kiemen unter dem Schutze des kephalothorakalen Panzers auch an den abdominalen Füßen eine Besetzung mit zahlreichen Fäden der Athmung zu dienen scheint, hat H. Milne Edwards solche zur Familie der Gastrobranchiden, *Dana* zu der der Thalassinidea anomobranchia zusammengestellt.

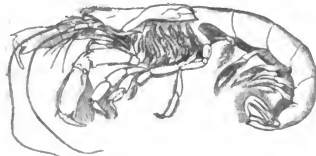
Die Thalassiniden im Gesammten bilden eine Abtheilung des Tribus der *Macrura*, der langschwänzigen Krebse. Diese werden, weil die kurzschwänzigen durch mehr langschwänzige Jugendstände hindurchgehen und für die Leibesabschnitte mehr differenzirt sind, als niedriger betrachtet. Für die Kiemen haben sie einen grösseren Spielraum der Zahlen und namentlich

häufig eine grössere Zahl, dagegen eine geringere Komplikation der Athemkammer und verwandter Einrichtungen. Die Verminderung der Zahl verbindet sich dabei mit Erhöhung der Energie und grösserer Spezifikation der Theile, wie das auch sonst nicht ungewöhnlich ist. Bei den Makruren giebt es in der Regel eine Spalte zwischen den Wurzeln der Füsse und der Kante des überdeckenden Panzers, welche in ihrer ganzen Ausdehnung eine Wasserbewegung gestattet. Eine schaufelförmige Einrichtung am dritten Kaufusspaar, vermittelt welcher von vorne Wasser in die Athemkammer getrieben würde, findet sich nur ausnahmsweise, bei *Callianassa* und *Gnathophyllum*, unvollkommener bei *Pontonia*, überhaupt nicht in der scharfen, effektvollen Einpassung wie bei Krabben. Da die *Thalassiniden* auch die Seitennähte des Panzers mit den Krabben und den *Anomuren* gemein haben, welche den gewöhnlichen Makruren fehlen und die stärkere Entwicklung der Kiemenkammer anzudeuten scheinen, so betrachtet sie *Dana* als eine besondere Entwicklungsreihe von den Squillen aufwärts zu den Paguren, als *Macroura paguro-squillidea*, die Penäiden, Cariden und Astaciden als eine andere Reihe von den Mysiden zu den höheren Dekapoden.

Unter denjenigen *Thalassiniden*, welche das letzte Kaufusspaar schaufelförmig haben, den *Callianassiden*, findet man bei *Callianassa subterranea* Montagu jederseits zehn Kiemen so vertheilt, dass auf die Gliedmassen vom dritten Kaufuss bis zum vierten Fusse je zwei kommen, wobei dieselben jedesmal die Basis des Fusses zwischen sich nehmen. Der letzte Brustfuss ist kiemenlos. Die Kaufusskiemen sind sehr klein. Ueber ihnen bleibt in der Athemkammer ein Raum, in welchem sehr kurze Schaufelanhänge des ersten Kaufusspaares spielen. Auch im übrigen nehmen die Kiemen nach hinten eher an Grösse zu. Jede erhebt sich mit einem Stamme von der Fussbasis und ist oben frei. Jeder Stamm trägt büstenartig aussen zwei Reihen gestreckter Blättchen. Die oberen Kiemenblättchen sind voller, blattförmig oder sackförmig. Die zunächst der Basis, welche vom thorakalen Panzer nicht geschützt werden, sind nur einseitig gewölbt, sichelförmig und an der Kante erhärtet.

Sie zeichnen sich schon in der Färbung aus. Mit Ausnahme des letzteren Umstandes und einer etwas stärkeren Ausbildung der Kiemen verhält sich *Gebia*, wenigstens *Gebia littoralis* Desmarest ebenso. In beiden Familien ist der Spalt zwischen Fussbasen und Panzerrand weit offen.

Fig. 282.



Gebia littoralis Desmarest von Cotte, in natürlicher Grösse, nach Wegnahme der linken Wand des Brustpanzers die Anordnung der Kiemen zeigend.

Unter den Thalassiniden im engeren Sinne, so bei *Thalassina scorpioides* Latreille, findet man dagegen an der Basis der Gliedmaassen vom zweiten Kaufuss an bis zum vierten Fuss neben zwei Kiemen eine gestreckte mit Haaren besetzte und fadig endende Platte, welche sich über die Kiemen legt und ein Besen genannt werden kann. Der dritte Kaufuss und die zwei ersten Füsse haben ausser jenen beiden Kiemen noch eine, welche vorne von der Basis des zugehörigen Besens aufsteigt. Am dritten Fusse ist dieselbe in hohem Grade rudimentär, am vierten fehlt sie. Am zweiten Kaufuss steht an ihrer Stelle ein nach vorn gerichteter, zum Munde gestellter, gegliederter Anhang. Der erste Kaufuss bildet mit dem einen Theile seines äussersten, hammerförmig nach zwei Richtungen vom Ansatz entwickelten Anhangs zwar einen Besen, welcher sich über die nächstfolgenden Kiemen legt und der Einrichtung am selben Kaufusse bei *Gebia* und *Callianassa* entspricht, aber er hat selbst keine Kieme. Man hat so jederseits Kiemen in zwei Reihen, in einer inneren oder oberen zwölf und in einer äusseren oder unteren drei. An dem unteren Abschnitte haben die Kiemen Fäden, welche hart und sperrig einem groben Moose gleichen; im oberen Theile finden sich in starkem Gegensatze volle und weiche Schläuche. Der bedeckende Panzer legt sich scharf anschliessend um die Wurzeln der einzelnen Füsse. Die Athemkammer ist im vorderen Theile, in welchem der Besen des ersten Kaufusses spielt, am weitesten.

Nach Milne Edwards würde man im Uebrigen die Dekapoden, welche vor ihm nur in Krebse und Krabben geschieden wurden, in drei Hauptabtheilungen, makrure, anomure und brachyure zerlegen. Die anomuren bildeten ihm eine Zwischengruppe, welche weder den starken Schwimmschwanz der Makruren, noch den gänzlich zurückgebliebenen, für gewöhnlich in Unterschlagung dem Sternum fest anlegenden Schwanz der Brachyuren hat. Dem Zurückbleiben des Schwanzes in der Entwicklung gesellen sich weitere gestaltliche Charaktere. Der vordere Körperabschnitt wird breiter und bietet mit einem Theile dieser Breite grösseren Raum für die Athemkammer. Die beim Schwimmen mittelst des Schwanzes die Bewegung richtenden Leisten, Stirnfortsätze, Fühlerschuppen und ähnliche Einrichtungen verschwinden, die weit voraus fühlenden Antennen verkürzen sich. Doch giebt es nicht eine einfache Stufenleiter hierfür, vielmehr gehen die Charaktere an verschiedenen Stellen in einander über. Am Schwanz selbst gestalten sich auch die Anhänge verschieden. Volle Brachyuren, Krabben, haben deren niemals am vorletzten, sechsten Segmente, die Männchen nur an den zwei ersten als Begattungsfüsse, die Weibchen am zweiten bis fünften als Eitragfüsse. Durch Verwachsung kann ein Theil der Schwanzsegmente unbeweglich werden. Die vollkommenen Makruren, Krebse im engeren Sinne, haben dadurch, dass grosse, nach aussen gestellte Anhänge des vorletzten Segmentes, gedoppelte Blätter auf einfachen Grundgliedern,

dem letzten Segmente beigeordnet werden, eine fächerartige Schwanzflosse. Sie tragen ferner meistens an allen vorausgehenden abdominalen Segmenten Füsse, welche durch ihre Grösse und ihre Entfaltung in zwei mit Haaren umstellten Blättern auf einfachem Grundglied den Schwanz beim Schwimmen zu unterstützen geeignet sind. Solche dienen jedoch auch hier dem Weibe überall zeitweise zum Tragen der an sie geklebten Eier. Auch giebt es zahlreiche Fälle, in welchen das erste Segment der Anhänge entbehrt und andere Modifikationen.

Bei den Anomuren sind die Anhänge des vorletzten Segmentes vorzüglich in's Auge gefasst worden. Es giebt da zuerst eine Gruppe der Apteruren, in welcher die Homoliden und Raniniden nach Ueberwindung des Jugendstandes gar keine Spuren der Flossenanhänge des vorletzten Gliedes, die Dromiaden höchst unbedeutende Stückchen besitzen. Die andere Gruppe konnte wegen der Ausbildung deutlicher beweglicher Anhänge am gedachten Segmente den Namen der Pteryguren erhalten. Doch ist in ihr Form und Bedeutung solcher Organe sehr ungleich. Bei den Paguriden sind sie, obwohl nicht unbedeutend, durchaus nicht zur Schwimmarbeit geeignet. In Grösse für die zwei Seiten sehr ungleich, haben sie die Blätter hakenförmig erst nach vorn gerichtet und dann nach hinten greifend. Indem sie sich so dem letzten klappenartigen Segmente entgegenstellen, umgreifen sie mit ihm die Spindel der Schneckenhäuser, in welchen solche Krebse als Eremitkrebse sich einnisten, vermögen den Krebs vorzuschieben und bereiten durch ihre Stellung dem sich zum Schutze des weichen aber grossen Abdomen in das Gehäuse zurückziehenden kein Hinderniss. Bei den sich rückwärts in Sand grabenden Hippiden ist Gestalt und wohl auch die Funktion dieser Füsse nicht erheblich anders. Aber das letzte Segment ist stark, gross, gespitzt und dringt leicht wie eine Schaufel in den Sand ein. Nur bei den Porcellaniden wird eine zum Schwimmen brauchbare Schwanzflosse gebildet. Nicht allein besitzt bei ihnen das vorletzte Segment flossenförmige Füsse, sondern auch am letzten sind solche Anhänge erkennbar, wengleich fest vernahtet und machen dasselbe sehr breit (siehe Fig. 286, p. 93).

Zu diesen Verschiedenheiten der Anomuren kommt eine weitere betreffs der Versorgung der vorausgehenden Abdominalsegmente. Manchmal fehlen hier die Anhänge gänzlich, kommen in anderen Fällen an einem oder mehreren Segmenten von vorne ab vor, bei den asymmetrischen Paguriden in stärkerer Vertretung auf der linken, in der Spiralstellung im Schneckenhäuse äusseren Seite. Dana hat solches mit angewendet bei der Sonderung der Anomura in superiora, den Krabben nähere, media und inferiora.

Fasst man die hier überall gebotenen Uebergänge bald zu Makruren, bald zu Brachyuren in's Auge, so wird man zweifelhaft, ob die Bildung der Unterordnung der Anomuren einen dauernden Nutzen habe und Einige, so

Claus, haben sie aufgegeben. Es ist freilich eine andere Frage, ob man sie damit in die Makruren und Brachyuren einreihen solle. Man kann eher die einzelnen Familien nach den Qualitäten, wenn auch nicht nach Zahl der Unterfamilien, Gattungen und Arten den beiden anderen Unterordnungen gleichwerthig stellen oder auch den Titel der Makruren und Brachyuren fallen lassen und von allen nur die Familien an einander reihen.

In der exquisit schwimmenden Makrurenfamilie der Carididen oder Garnelkrebse spielen bei den Penäinen äussere blattförmige Anhänge der zweiten Maxille und des ersten Kaufusses an der sich abwärts senkenden Wand der Athemkammer und lassen zwischen sich eine Bahn zu den oberen Spitzen der Kiemen, während unter dem zunächst nach innen folgenden, rinnenartigen, horizontal gestreckten Lappen des ersten Kaufusses weg eine Bahn zu den Wurzeln der Kiemen geht. Die Besetzung mit Kiemen beginnt am zweiten Kaufuss und endet an der Vorderkante des letzten thorakalen Segmentes. Die Zutheilung der Kiemen zu den einzelnen Gliedmaassen lässt sich bei dem hohen Hinaufsteigen an den Seiten des Thorax nicht über alle Zweifel auf direktem Wege, liesse sich aber vielleicht dadurch bestimmen, dass ein je von den Hüften nach oben aufsteigender Anhang, ein Epipus oder an den Kaufüssen Epignathos, die Interbranchialplatte Duvernoy's, die Geissel von Milne Edwards, oben bei Thalassina ein Besen, die Kiemen in Gruppen theilt. Der vorletzte Fuss entbehrt so wie der letzte dieses Anhangs. So kann durch ihn darüber, ob die an der Vorderwand des letzten stehende Kieme diesem oder dem vorletzten angehöre, nicht entschieden werden. Auch die vorausgehenden Abtheilungen fallen wenigstens bei einigen Penäinen so, dass zwar durch einen Ast der sich oben gabelnden Interbranchialplatte Kiemen des vorliegenden von denen des nachfolgenden Fusses geschieden werden, ein hinterer und tiefer liegender

Ast aber so in die Kiemen des nachfolgenden Fusses eingreift, dass er eine höher oben liegende, an der Vorderkante der epimerischen Skeletstücke entspringende von weiter unten inserirten der Hinterkante absondert. Nach diesem wird man die letzte Kieme als einzige des letzten Fusses ansehen dürfen und die vorderen den Füssen zutheilen ohne Rücksicht auf die Gliederung der Reihe durch die Epipoden. Das Ergebniss ist, dass alle Gliedmaassen ausser denen an

Fig. 283.



Fuss des ersten thorakalen Paares von *Penaeus canaliculatus* Olivier aus den ostindischen Meeren in natürlicher Grösse.

a. Stachel der Fussbasis. b. Exopus. c. Epipus. d. Kieme der Vorderkante. e. Kiemen der Hinterkante.

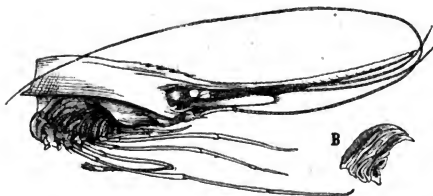
den Enden der Reihe Kiemen an der nach hinten und an der nach vorn gewendeten Kante der ihnen zutheilenden Skeletstücke der Thorakalseiten,

der Pleuren haben. Wo eine Kieme aufsitzt, besitzt das Skelet eine Art Fenster, durch welches die Kiemengefäße gehen. Milne Edwards giebt die Gesamtzahl auf achtzehn an. Ich finde bei einem grossen indischen *Penaeus canaliculatus* Olivier, welcher doch von dem *P. caramote* Risso nur sehr wenig, namentlich dadurch abweicht, dass er nur an der Basis der zwei, nicht der drei vorderen Füsse einen Stachel hat, nur siebzehn. Die Vertheilung ist vom zweiten Kaufuss bis zum letzten Thorakalfuss folgende: $(0 + 2) + (1 + 2) + (1 + 2) + (1 + 2) + (1 + 2) + (1 + 1) + (1 + 0)$. Wo an Hinterkanten zwei Kiemen stehen, ist die mehr ventral angebrachte zugleich mehr nach vorn und mehr nach aussen gestellt; sie bedeckt die anderen, sie allein zeigt an der Basis, also zunächst dem Rande des kephalothorakalen Panzers, Spuren jener bei *Callianassa* erwähnten Verstärkung der Chitinauflagerung. Ausserdem tragen die fünf thorakalen Füsse aussen an der Hüfte einen sich nach vorn wendenden mit Borsten besetzten Anhang, einen *Exopus*, welcher am letzten Fuss am kleinsten ist, an den Kaufüssen aber als *Exognathus* oder *Palpus* sich ausdehnt. Nahe der Wurzel der *Epignathen* und der der *Epipoden* der beiden ersten Füsse steht endlich nach aussen und hinten auf besonderer Basis ein Borstenschopf. Alle diese Einrichtungen schützen den Athemspalt am Kephalthorakalrande vor Eintreten von Schmutz, reinigen wohl auch die Kiemen davon und rühren das Wasser zwischen ihnen. Aus dem plumpen Stamm der Kieme erheben sich röhrlige Aeste, welche sich wieder plump fingerartig und wiederholt theilen. Die Anordnung der Aeste ist in der Familie verschieden und es hat *Duvernoy* die Gattung *Aristeus* darauf unterschieden, dass die Aeste zunächst paarig vom Stamme abgehen, sich in langen Bogen zur Seite strecken und dann auf der konvexen Seite eine Reihe distanter pinselförmiger Büschel von Zweigen tragen. Auch ist die Form der *Epipoden* in den Gattungen verschieden. Ueberall ist der ventrale Rand der Reihe der Kiemen durch die Entwicklung blos der vordersten, am höchsten gelegenen an dem hinteren Fusse konvex.

Aus der Unterfamilie der *Pandalinen* wähle ich den *Pandalus narwal* Milne Edwards als Beispiel. Bei diesem Krebse führt unter den seitlichen Vorderwinkeln des Panzers zwischen den seitlichen Anhängen der zweiten *Maxille* und des ersten Kaufusses eine tiefe Rinne nach hinten und oben in die *Athemkammer*. Die Rinnen der beiden Seiten wenden sich weiter vorn einwärts und treffen vor dem Munde zusammen, wo dann ihr Dach in den äusseren Antennen, besonders deren Schuppen eine Fortsetzung findet. Mehr eingeeengte Wasserbahnen liegen zwischen den *Palpen* der Kaufüsse. Der zweite Kaufuss hat zwei kleine Kiemen, der dritte eine. Diese Kiemen liegen in dem Gebiete der eben genannten engeren unteren Wasserbahnen. Sie sind von der Hauptathemkammer getrennt durch einen schaufelförmigen, äusseren, sie oben deckenden Anhang des ersten Kaufusses.

Die einzelne Kieme des dritten Kaufusses steht hoch. Von der Basis des Fusses erhebt sich gegen sie und statt einer Kieme ein harter, ziemlich

Fig. 254.



Vordertheil von *Pandalus narwal* Milne Edwards von Palermo in natürlicher Grösse. Durch Wegnahme der rechten Thorakalwand ist die Athemkammer geöffnet. Die zwei hinteren Füsse sind abgelöst. B. Die fünf hinteren Kiemen etwas vergrössert. Für den Vergleich der Füsse s. Bd. II, p. 164.

halbmondförmiger kurzer Epignathus, die einzige interbranchiale Platte, welche überhaupt diesem Krebse zukommt. Auf jeden eigentlichen Thorakalfuss kommen zwei Kiemen. Die des ersten sind beide kurz und gehören ebenfalls der durch den Anhang des ersten Kaufusses überdeckten Region an. Der zweite, dritte und vierte Fuss haben die vordere Kieme gross, hoch aufragend, die hintere kurz, der letzte hat zwei lange. Die langen Kiemen krümmen ihre Spitzen nach vorn und etwas nach innen, die kurzen legen sich zwischen deren Basen. In ihrer Längsmittellinie besitzt jede Kieme eine tiefe Furche. Die thorakalen Füsse haben, wie keinen Epipus, so auch keinen Exopus.

Im Allgemeinen darf man für schwimmende Makruren annehmen, dass das Athemwasser in den zwischen die schnellenden Bewegungen fallenden Pausen, in welchen der Körper langsam ein wenig sinkt, unter dem Rande des Panzers einzutreten Gelegenheit finde und über die Kiemen weg nach vorn strömend in leichter Ausbreitung der Kaufüsse austrete. Die stossende Schwimmbewegung selbst müsste der Athemkammer einen Wasserstrom von vorn zuführen, wenn nicht die feste Anlegung der Gliedmaassen diesen hinderte. Der Strom wird getheilt in den Rinnen der Kiemen gehen.

Unter den Crangoninen hat *Crangon vulgaris* Fabricius, der gemeine Garnat unserer Nordsee, an den fünf thorakalen Füssen je eine grosse Kieme. Diese Kiemen stehen hoch an den Pleuren. Sie entwickeln sich von der knappen Befestigungsstelle, dem Kiemenfensterchen aus ebensowohl abwärts breit gegen die Basen der Füsse als nach oben in Knickung nach vorn mit einem zungenförmig gespitzten Theil. Eine so in der Mitte befestigte Kieme kann man eine hammerförmige nennen. Diese Form kommt dann vor, wenn der Befestigungspunkt höher in der Athemkammer liegt und der Raum gegen die Basen hin nicht durch besondere untere Kiemen

ausgefüllt ist. Die vorderen Kiemen liegen fast horizontal, namentlich die erste. Nur am dritten Kaufuss möchte ich von einer rudimentären Kieme reden, welche ventral von dem Schaufelanhang des ersten Kaufusses liegt. Der Anhang des zweiten ist zu hart und knapp, um jenen Namen zu verdienen. Wir hätten also hier nur sechs Kiemen, nicht sieben, wie Milne Edwards sagt. Der Exopus ist an den drei hinteren Paaren durch ein Haarbüschel vertreten, der Epipus nur am zweiten rudimentär in einer schaligen, wenig freien Platte. Die Kiemenblätter lassen in zweizeiliger Anordnung auch hier eine gute Rinne, aber sie sind wenig getheilt.

Die Gattungen *Acetes*, bei welcher die beiden hinteren thorakalen Fusspaare fehlen und *Segestes*, bei welcher das letzte fast rudimentär, das vorletzte sehr klein ist, haben in der Versorgung mit sieben Kiemen in einfacher Reihe und bis zum letzten Thorakalsegment eine nahe Verwandtschaft zu *Crangon*, schliessen sich aber, wie in jener Verkümmernng von Füssen, so auch in anderem an *Leucifer* und sind mit ihm zur Familie der *Sergestiden* verbunden worden.

Unter den *Astaciden* bietet der gemeine Flusskrebs, *Astacus fluviatilis* Rondelet, bequeme Gelegenheit zum Studium des Spiels der Schaufel der zweiten Maxille. Bricht man am Lebenden die Thorakalwand weg, so sieht man die Schaufel sich in rhythmischer Hebung gegen das Dach des Eingangs der Respirationshöhle anpressen und zwar so, dass sie hinten etwas eher anstösst. Sie senkt sich hinten in dem Augenblicke, in welchem sie vorn oben anstösst, so dass dann einem über sie weg gegen die Athemkammer gehenden Strom die Bahn offen ist. Sie hat hinten bereits den von den vorderen Kaufüssen gebildeten Boden des Eingangs erreicht, ehe die Senkung im vorderen Theile geschieht. Sie kommt danach zu einem Augenblicke der Ruhe, in welchem sie überall dem Boden anliegt und der ganze Raum, in welchem sie spielt, als Kanal über ihr liegt. Diese Schaukelbewegung geschieht bei voller Lebenskraft sehr regelmässig, etwa vierzig Mal in der Minute. Sie

wird zuweilen etwas abgeändert, wohl mit bewusstem Effekte. Sie gleicht dem Spiele des Kiemendeckels der Fische und lässt annehmen, dass, wie

Fig. 285.



Die vordersten der beim Athemgeschäfte dienenden Gliedmassen des Flusskrebes, *Astacus fluviatilis* Rondelet, in der für ein Individuum von etwa sechs Zoll Länge natürlichen Grösse. a. Zweite Maxille. b. Erster Kaufuss. c. Zweiter Kaufuss mit Kiemen.

ein eintretender Strom über der Schaufel, so ein austretender unter der Schaufel durchgehe. Milne Edwards ist der Meinung, dass überall bei den Makruren der Eintritt des Wassers nur an den Seiten unter dem Panzerrande über den Fussbasen geschehe; ich möchte das höchstens für die gänzlich schwimmenden gelten lassen. Während auch der erste Kaufuss nur einen Antheil zu dem mechanischen Beigeräthe giebt, indem er den Boden des Athemganges bildet, gelangen am zweiten schon Kiemen zur Ausbildung und zwar in einer Ausführung, welche dazu angethan ist, sie als in Umwandlung von Platten entstehend ansehen zu machen. Eine Kieme an der Hüfte dieses zweiten Kaufusses bildet ein Blatt von Gestalt eines an der Spitze ausgezogenen und mit ihr befestigten Herzens. Dieses trägt eine quere Reihe von Längsfältchen, welche wie Fäden aussehen, etwas jenseits der Mitte beginnen, mit ihren Enden vom terminalen Rande der Platte nur wenig entfernt bleiben und leicht für Schläuche anzusehen sind, und eine doppelte Längsreihe wirklicher Schläuche an der Vorderkante des Stieles, welche weiterhin zur Axe der Platte wird. Dieses Blatt, obwohl längs der Axe etwas eingefalten, kann doch ganz flach ausgebreitet werden. Die andere Kieme bildet überhaupt kein Blatt. Ihre Röhren stehen in zwei Zeilen dicht bei einander an derjenigen Kante, welche bei Wendung der Spitze gegen oben die vordere ist. Zwischen diesen Zeilen muss der Wasserstrom sich bewegen. Vom dritten Kaufuss bis zum vierten thorakalen Fuss hat jeder ebenfalls eine Kieme mit Blattentfaltung. Der mit Schläuchen besetzte Stamm macht sich gegen die Spitze etwas frei, der Blatttheil mit dem Systeme der Längsfalten faltet sich in der Mittelnacht scharf, so dass man eine Schlauchkieme mit einem überwiegenden Doppelblattanhang besitzt. Der Stiel erweitert sich an der Wurzel für sich und wird mit Borsten besetzt. Ausser einer solchen Blattkieme tragen die gedachten Gliedmaassen zwei Büschelkiemen mit einfachem Stamm. Die Innenfläche der Hüfte ist mit einem Schopfe besonders langer, wirrer Haare ausgerüstet. Die Füße des letzten Paares sind nicht, wie Brandt meinte, blos mit diesen Wirrhaaren, seiner Fadenkieme, sondern auch mit einer Büschelkieme, aber nicht mit der Blattkieme ausgerüstet. Indem, namentlich vom zweiten thorakalen Fusse an, die Segmente an den Seiten mehr aufsteigen und endlich vorn überneigen, werden die oberen oder Blattkiemen zu vorderen und richten ihre Spitzen gegen den Athemgang. So weit ein Strom von vorne kommt, leitet die nach hinten und oben gewendete Blattspalte denselben zu den von den beiden Blättern umschlossenen und geschützten Büschelkiemen desselben Paares und den freien Schläuchen an der Vorderkante der nachfolgenden Blattkieme. Die Büschelkiemen liegen dabei zwischen dem Innenblatte der zum selben Fusse gehörigen und dem Innenblatte der nachfolgenden, sich theilweise einlegenden Blattkieme. Die Büschelkieme des letzten Fusses wird aufgenommen zwischen die Blätter

des vorletzten. Zwischen den Stielplatten der Blattkiemen kann jedenfalls auch Wasser zufließen und thut es ausschliesslich nach Milne Edwards' Meinung. Der Besatz mit Borsten hindert nicht das Eindringen der Astacoddellen, welche die Kiemen mit ihren Eiern besetzen. Unter den achtzehn Paar Kiemen, welche der Flusskrebis demnach hat, kann man vielleicht das Epipodensystem in den Blattkiemen vertreten finden. Exopoden giebt es nur als Exognathen vom dritten Kaufuss an nach vorn.

Beim gemeinen Hummer, *Homarus vulgaris* Belon, endet die Schaufel, der Epignathus, der zweiten Maxille in einen gegen die Spitze der nachfolgenden Kiemen gestreckten Faden. Der entsprechende äussere Anhang des ersten Kaufusses ist über die Spitze dieses Fadens hinaus zungenförmig ausgedehnt und bildet, indem seine Aussenkante sich theilweise vertikal erhebt, einen zur Wasserleitung besonders geschickten Boden des Athemganges. Dieses Blatt ist fleischig, aber es bildet keine Oberflächenvermehrung ausser einer Haarbekleidung der Hinterfläche. Am zweiten Kaufuss ist dieses Blatt kürzer und in seiner Verschmälerung bei Erhaltung jenes Haarbesatzes besenartig. An der Hinterkante des verbreiterten Stieles steht ein Borstenbesatz gleich dem am Stiel der Blattkieme des Flusskrebses. An der Vorderkante desselben Stieles steht eine kurze, schlanke Kieme. Am dritten Kaufuss nimmt die Grösse des Epignathus wieder zu und er wird in gleicher Form und Grösse an den vier ersten Fusspaaren durch einen Epipus vertreten. Dieser Anhang ist an der Hüfte eingelenkt, bildet zuerst eine nach hinten gehende, harte, mit Borsten längs der Hinterkante besetzte Platte, wendet sich dann nach oben, in um so rascherer Krümmung je weiter nach hinten, und stellt die behaarten Flächen nach vorn und hinten. So bildet er eine Scheidewand, welche die Hinterfläche der Kiemen des betreffenden Fusses von der des nachfolgenden trennt und das Wasser in einem Kiemenzwischenfach bewegt. Am fünften Fuss findet sich von diesem Anhang nur der basale Theil, das Blatt fehlt. Die zwischen die Blätter fallenden Fächer nehmen am dritten Kaufuss und dem grossen Scheerenfuss je drei Kiemen, an den drei folgenden Füßen je vier auf, von welchen die in der Tiefe liegende die mächtigste ist; der letzte Fuss hat nur eine Kieme. Der Hummer hat also zwanzig Kiemenpaare und weicht in seinen Athemeinrichtungen nicht unerheblich vom Flusskrebis ab. Exopoden hat auch der Hummer nicht. *Nephrops* schliesst sich mindestens in Form und Funktion der Epipoden ganz an *Homarus*.

Auffällig ist es, dass unter den Palinuriden die Languste, *Palinurus quadricornis* Fabricius, ebenfalls hiermit übereinstimmt, so dass, da *Astacus* dem *Homarus* nicht nahe steht, die Distribution zwischen Astaciden und Palinuriden eine grosse Schwäche hat. In der Familie der Palinuriden hat dann *Scyllarus arctus* Fabricius die Vorderkante des Galea-artigen Palpus des zweiten Kaufusses mit Fiederhaaren besetzt und an der Hinterkante der

Hüfte einen kleinen Anhang mit Wirrhaaren. Am dritten Kaufuss ist der Palpus vorn und hinten behaart, der hintere Anhang ist zu einer breiten und langen, halbovalen, an der Spitze fadig ausgezogenen, auf beiden Flächen mit langen Wirrhaaren besetzten Interbranchialplatte geworden. Von der Vorderkante des Stieles dieser entspringen zwei spitz zungenförmige, erst quirlförmig, endlich nur zweizeilig mit an der Spitze etwas knopfförmig abschliessenden Schläuchen besetzte Kiemen. Unter Mangel eines Exopus und mit Erhaltung der Interbranchialplatte steigt am ersten thorakalen Fuss, welcher bei den Palinuriden bekanntlich scheerenlos ist, die Zahl der Kiemen in gleicher Position wie zuvor auf drei, am zweiten und dritten auf je fünf, sinkt am vierten wieder auf drei und am fünften auf eins. Scyllarus hat also neunzehn Kiemenpaare. An der Interbranchialplatte jener vier vorderen Füsse ist die Hinterkante des Stiels hart, rauh, borstig und ergänzt den Panzer im Schutze der Seitenspalte. Am letzten Fusse fehlt sie und es wird ihre Basis für jene Funktion ersetzt durch ein glattes Plättchen über der Basis des Fusses.

Für die Galatheiden findet sich bei *Galathea squamifera* Leach durch die Wendung der Mundfüsse nach der Mittellinie und dem Bauche bei Fortsetzung des thorakalen Panzers in breiter Ausführung nach vorn und den Seiten nebst geringer Grösse der vorderen Kiemen vorn über den Kiemen eine erhebliche, kiemenfreie Athemkammer. Der dritte Kaufuss hat zwischen seinem Exognathus oder Palpus und seinem Epignathus, welcher eine kleine behaarte Interbranchialplatte darstellt, auf der Vorderwand eines gemeinschaftlichen blattartigen Trägers eine kleine und auf dessen Hinterwand eine grössere, fiederförmig mit Schläuchen besetzte Kieme. Die Wurzel der vorderen Kieme aber wird gebildet durch etwa ein Dutzend breiter, gleich den erweiterten Fühlergliedern lamellikorner Käfer einander anliegender Blätter. Gleicherweise an den beiden unteren Kiemen der Füsse an ihrem äusseren Rand mehr und mehr verhärtet, bilden solche weiterhin den schützenden ventralen Saum des Athemapparats. Der erste thorakale Fuss hat gleichfalls zwei, der zweite, dritte und vierte Fuss haben je drei Kiemen, davon eine obere mit einem besonderen Fenster in den Pleurastücken; der fünfte hat nur eine. Die Interbranchialplatte ist an den drei ersten thorakalen Füssen schmal, besenartig, wird dabei immer kleiner und fehlt am vierten und fünften. Einigermassen durch Beschränkung der Kiemen gewonnen, tritt die weite Athemkammer in Gegensatz zu der guten Ausfüllung mit Kiemen bei den auch vorn verbreiterten Scyllaren. Das Reservoir bezeichnet nicht vermehrte Athmung, sondern solche wechselnd geschehend unter erschwerenden Umständen. Wie anderwärts das Gehen an Land, mag hier Sitzen in Verstecken in Betracht kommen.

Von den Paguriden habe ich *Pagurus calidus* Risso untersucht. Die Ueberdachung der Athemkammer wird wie in dieser Familie im Allgemeinen

von einer sehr zarten kephalothorakalen Expansion gebildet. Die Kiemenreihe ist niedrig und lang; die unteren Theile der Kiemen sind nicht verhärtet. Der dritte Kaufuss und der erste thorakale Fuss haben je zwei kleine Kiemen, deren untere Spitzen sich nach vorn wenden. Von da ab wenden sich die unteren Spitzen nach hinten, die nächsten hinter die Basis des zweiten Fusses, und quellen manchmal auch bei ausgebildeten Individuen unter dem Panzer vor. Die Kiemen sind zweiblättrig, richten ihre Rinne nach aussen und liegen einander dachziegelartig an. Da die in solcher Lagerung zunächst folgende Kieme sicher dem zweiten Fusse angehört, so wird man diesem auch die nachfolgende zuzählen dürfen, welche höher oben zwischen den Rumpferüsten für den ersten und den zweiten Fuss oder in einem vorderen weichen Ausschnitt des Gerüstes des zweiten Fusses entspringt. Dann hat dieser Fuss drei Kiemen und ebenso haben das die beiden folgenden. Die der Fussbasis zunächst stehenden Kiemen sind von ihren Stielen hammerförmig gegen Rücken und Bauch in ziemlich gleicher Länge entwickelt. An den oberen ist der dorsale Abschnitt ganz überwiegend, so dass dieselben von oben in die Reihe der unteren jeweilig eingeschoben erscheinen. Der letzte Fuss hat nur eine Kieme. Im ganzen hat also dieser Pagurus vierzehn Paar Kiemen. Eine Kieme besitzt hundertundfünfzig und mehr Paare von Querblättchen.

Bei *Eupagurus anachoreta* Risso ist dagegen der am Rande der thorakalen Ueberdachung vortretende Theil der Kiemen, auch am Hinterrande der letzteren, etwas verhärtet und gefärbt. Die zwei Kiemen je am dritten Kaufuss und am ersten, grossen, scheerentragenden Thorakalfusse sind in hohem Grade beschränkt, nur durch jenen basalen Theil, ein pyramidales Häufchen inkrustirter Blättchen, vertreten. Der zweite und dritte Fuss haben je zwei Kiemen, nach hinten an Grösse zunehmend, der vierte hat drei, von denen die mittlere, oben eingeschaltet, allein die obere Reihe vertritt. Da der fünfte Fuss keine Kiemen hat, so besitzt diese Art deren nur elf Paare.

Man hat die Birgiden von den Paguriden auf einige von Antennengliedern und Kiefertastergeissel hergenommene Merkmale getrennt. Ich finde in dieser Familie die *Coenobita rugosa* Milne Edwards in Zahl und Disposition der Kiemen genau angeschlossen an *Pagurus calidus*. Der dritte Kaufuss und der erste eigentliche Fuss haben je ein Paar höchst rudimentärer Kiemen. Der zweite, dritte und vierte Fuss haben deren je drei, unter welchen jedesmal die mittlere sich als obere zwischen die beiden anderen einschiebt. Die Kiemen des zweiten Fusses sind, obwohl ganz deutlich, doch im Verhältniss zu den Skeletstücken, an welchen sie liegen, unbedeutend und stehen von den folgenden abgesondert. Die des dritten schliessen sich an die sehr grossen des vierten dicht an und letztere bedecken die Seiten gänzlich. Der fünfte Fuss hat nur eine grosse Kieme.

Auf der linken Seite hat diese in einem besonderen in der Mitte der hinteren Abtheilung abgezweigten Lappen den Anfang einer Theilung, während die der rechten Seite nur an der oberen Spitze nach hinten umgebogen ist. Die Ueberdachung der Athemkammer ist solider, lederartig, eine Haarbekleidung der Thorakalwand, an welche die Kiemen sich lehnen, stützt die Kiemen.

Birgus hat nach *Milne Edwards* gleichfalls vierzehn Kiemenpaare, nach *Semper* zwei an jedem Fusse. Die Kiemen sind, was wir hammerförmig nannten. Die Athemhöhle ist bei dieser exquisit das Land besuchenden und Bäume ersteigenden, auch in Landschneckenhäusern sitzenden Gattung zu mehr als neun Zehntel leer von Kiemen. Der leere Theil ist gegen die Kiemen von oben her durch eine Leiste von den Pleuren und von unten her durch den aufsteigenden Umschlag des Panzers bis auf eine enge Spalte getrennt. Der Pleurenantheil ihrer Innenwand ist glatt, aber der Antheil, welcher von dem abgehobenen Panzer gebildet wird, bis in einiger Entfernung von der Spalte mit zahlreichen Gefässbüscheln bedeckt. Die Kammer wird aussen angezeigt durch die schildartige hohe Wölbung des Panzers über den Fussbasen. *Semper* findet gegen *Milne Edwards* und *Gegenbaur* in dieser Kammer nicht einen Wasserraum zur Feuchthaltung der Kiemen, sondern eine selbst athmende Lunge. Diese erhalte vorn aus der Tiefe ein starkes zuführendes Gefäss, während sie hinten ein sich mit dem *Vas efferens* der Kiemen verbindendes ausführendes Gefäss abgebe. Die Büschelform würde immer mehr berechtigen, den Namen der Kiemen auch für diese besonderen Einrichtungen zu belassen. Es handelt sich nur um eine weitere Form und Aubringung von Kiemen.

Die Hippiden haben die Kiemen in einfacher Reihe. Der hinterste Fuss, welcher zwar lang, aber sehr zart und zwischen den anderen versteckt ist, hat keine. Der vierte Fuss und der letzte Kaufuss haben je eine, die drei Füsse zwischen diesen je zwei, so dass man acht Kiemenpaare hat, wenigstens bei *Hippa emerita* Linné.

Die Notopoden schliessen sich in der Grössenverringering des letzten oder der beiden letzten Fusspaare jenen an, aber diese Füsse wenden sich frei gegen den Rücken, was den Namen der Gruppe bedingte, oder, bei *Lithodes*, in die Kiemenhöhle selbst, oder, bei *Porcellana*, zunächst gegen den Rücken und dann wieder abwärts in die Bucht zwischen Thorax und Schwanzwurzel. Der Vorderkörper ist breit, krabbenartig, das Ueberwiegen des ersten Fusspaars in Grösse und seine Scheerengestalt sind gewöhnlich.

Bei den Porcellaniden wird die Ordnung der Kiemen in zwei Reihen besonders deutlich dadurch, dass die unteren Kiemen sehr kurz sind, wo es obere giebt. Der dritte Kaufuss und der erste eigentliche Fuss haben

jeder nur zwei untere Kiemen, die drei folgenden Füsse je zwei untere und eine obere, der fünfte Fuss hat nur eine Kieme. Nur die Kiemen am grossen Scheerenfuss sind lang genug, um mit ihren Spitzen von unten in das Gebiet der Reihe oberer Kiemen zu ragen. Die Blättchen der Kiemen sind sehr zart.

Nach der generellen Angabe von Milne Edwards haben die weiteren Familien der Notopoden, die Lithodiden und Dromiaden, dieselbe Zahl der Kiemenpaare mit vierzehn und die Stellung in zwei Reihen, jedoch mit anderer Vertheilung. Das stimmt für *Dromia Rumphii* Bosc nicht. Deren zweiter Kaufuss hat eine Kieme, der dritte Kaufuss und die folgenden Füsse einschliesslich des vorletzten

haben je zwei, und der letzte hat nur eine. So giebt es hier nur zwölf Paar Kiemen. Von denselben ist an dem zweiten bis vierten Fuss jedesmal die vordere viel kürzer als die hintere, tiefer entspringend und nur nach oben entwickelt. Auf diese Art schieben sich drei kleinere Kiemen vom Bauche her zwischen die längeren ein. Die beiden Kiemen des dritten Kaufusses und des ersten Fusses entspringen dagegen aus demselben Fenster. Der erste Kaufuss hat eine grosse, besenartig ausgezogene Schaufel, der zweite nur einen schmalen Besen. Dieser wird noch kleiner in interbranchialer Lagé am dritten Kaufuss und am Scheerenfuss, während weiterhin weder *Exopus* noch *Epipus* vorhanden ist. Die Aehnlichkeit mit *Porcellana* ist gewiss nicht gross. *Homola spinifrons* Lamarck hat wirklich vierzehn Kiemenpaare, je zwei an den zwei hinteren Kaufüssen, am ersten und am vorletzten Fusse, je drei am zweiten und dritten Fusse, keine am letzten. Wo drei Kiemen sind, gliedern sie sich in eine vordere und zwei hintere, wobei unter letzteren die untere, kürzere mit ihrer Spitze die Wurzel der oberen deckt. Der *Epipus* bildet vom dritten Kaufuss bis zum dritten Fuss eine gegabelte Interbranchialplatte, deren vorderer Ast die vordere Kieme des betreffenden Fusses von der oder den hinteren, der hintere diese von der vorderen des nachfolgenden Fusses scheidet. Die Interbranchialplatten sind denen von *Penäus* (Fig. 283, p. 84) sehr ähnlich.

Aus der gleichfalls wegen der Fussstellung den Notopoden eingeordneten Familie der Dorippiden hat *Dorippe lanata* Bosc vom zweiten Kaufuss bis zum zweiten Fuss je zwei Kiemen, an den drei letzten Füssen keine, im Ganzen also nur acht Paare. Einige Dorippiden haben nach de Haan

Fig. 286.



Porcellana platycteles Lamarck von Cotte in natürlicher Grösse nach Wegnahme des Panzers zur Darstellung der jederseits in zwei Reihen stehenden Kiemen.

nur sieben Paare. Epipoden kommen nicht vor, nur besenförmige Epignathen. Es besteht für die Kiemen gar keine Aehnlichkeit mit den Porcellaniden.

Hier schliessen sich dagegen die Raniden sehr nahe an. *Ranina dentata* Latreille hat ebenfalls an den drei hinteren Füssen gar keine Kiemen, am dritten Kaufuss, dem ersten und zweiten Fuss je zwei, am zweiten Kaufuss eine nach oben und eine kleine nach unten und hinten gerichtete, also auch acht Paare. Die Kiemen sind sehr breit. Auf jeder Seite des Stammes findet sich nach aussen eine Furche, die Spalten zwischen den zweizeilig geordneten Blättern sehen nach vorn und hinten. Die haarbesetzte Schaufel des ersten Kaufusses ist länger als die der zweiten Maxille und reicht, nach aussen von allen Kiemen liegend, bis hinter die fünfte. Der Besen des zweiten Kaufusses ist schmal; er liegt nach innen von allen Kiemen mit Ausnahme der ersten und reicht noch etwas weiter rückwärts als jene selbst. Der Kanal, in welchen die Schaufeln der zweiten Maxille und des ersten Kaufusses spielen, ist weit und hat nach oben, vorn und aussen einen wasserhaltenden Nebenraum im vorne erweiterten Brustpanzer. Wenn, wie Rumph erzählt, *Ranina* auf Dächer steigt, wird sie wohl vorne Luft in die Athemkammer einführen und mit dem Wasser mischen. Die Uebereinstimmung mit *Dorippe* im Mangel der Kiemen an drei hinteren Füssen erscheint um so bedeutsamer, als die Pleuralstücke für diese Füsse gut, für den dritten und vierten sogar sehr gut entwickelt sind, während bei *Dorippe* in der Aufwärtsdrängung die Pleuren der zwei letzten Fusspaare so gut wie vollständig fehlen. de Haan hat übrigens diese beiden Familien mit in die Gruppe der *Oxystomata*, der Krabben mit dreieckigem Mundhof aufgenommen, deren Kern die nächsten Familien bilden.

Für die *Leucosiden* giebt de Haan sechs Kiemen jederseits an, davon keine an den zum Munde stehenden Gliedmaassen, welche er, die Kaufüsse einbegreifend, Maxillen nennt, nur je eine am zweiten und dritten Fusse und vier am ersten Fusse. Ich habe *Leucosilia Jurinii* de Saussure untersucht. Die von dem sehr dicken, harten, körnigen, gewölbten Panzer überdeckte Athemkammer ist im vorderen Theile durch Einwärtsdrängung der inneren Gränzwand weit und leer. Im hinteren Theile wölben sich die Pleuren mehr nach aussen und der gemeinsame Kegel der Kiemen liegt mit nach hinten gerichteter Spitze auf ihnen. Ueber den Basen der Füsse läuft ein Skelettlängsbalken, dessen Abtheilungen nur durch kleine Erhebungen erkannt werden. Oberhalb werden aber die Pleurensegmente wieder deutlich und man kann sich über die Zutheilung der Kiemen zu den Füssen ein Urtheil bilden. Jedenfalls finden sich zwei Kiemen am dritten Kaufuss, zwei am ersten, grossen Scheerenfuss und, wie ich zutheile, je eine am zweiten und dritten Fuss.

Die Calappide *Calappa granulata* Fabricius hat ebenso am grossen Scheerenfuss zwei Kiemen, an den zwei folgenden Füssen je eine. Diese vier zusammen bilden eine hintere Kiemengruppe, getrennt von einer vorderen durch Schaufel und Besen des dritten Kaufusses. Die vordere Gruppe, welche die Aussenfläche nach vorn wendet, wird gebildet aus je zwei Kiemen vom zweiten und dritten Kaufuss, von denen jedesmal die eine normal nach oben, die andere aber unter der Basis jener weg nach hinten und unten gerichtet ist, sowie es am zweiten Kaufuss von *Ranina* der Fall war, und aus einer einzigen oberen Kieme des ersten Kaufusses. Die untere Kieme des zweiten Kaufusses liegt auf der des dritten, diese auf der Schaufel des dritten Kaufusses, bevor diese sich als Besen nach oben wendet. Die Schaufel des ersten Kaufusses deckt von vorn theilweise diese vordere Kiemengruppe, bevor sie sich zu dem aussen auch über die hinteren Kiemen sich schlagenden Besen auslängt. Der Palpus dieses Kaufusses hat einen besonderen, oben konkaven, unten konvexen Lappen. Dieser erstreckt sich bis vor den Mund und bildet den beweglichen Boden der jederseits vor dem Munde geöffneten Athemröhre, deren Dach der feste Kopfbrustpanzer bildet. Die Röhren der zwei Seiten sind in der Mittellinie nur durch eine Leiste getrennt. Die Schaufel der zweiten Maxille ist ohne Besenverlängerung am Hinterrande zierlich gezähnt. Der Anhang dieser Maxille reicht vorn in die Athemröhre und ist am Vorderrande gleichfalls gezähnt. Der freie Raum über und vor den vorderen Kiemen ist ziemlich geräumig. Der Haarbesatz der Palpen der Kaufüsse und der Basen der kiemenlosen Füsse ist bei dieser Gattung besonders dicht und geeignet, eine morphologische Identifikation der Haare und der Kiemenblätter zu erregen.

de Haan hat die Zahl der Kiemen an den Gliedmassen der verschiedenen Gattungen der Oxystomata vom zweiten Kaufuss bis zum dritten Brustfuss in folgender Weise registrirt:

$$\text{Calappa } 3 + 2 + 2 + 1 + 1 = 9$$

$$\text{Matuta } 2 + 3 + 2 + 1 + 1 = 9$$

$$\text{Dorippe } 2 + 2 + 2 + 1 + 1 = 8$$

$$\text{Ranina } 2 + 2 + 2 + 2 + 0 = 8$$

$$\text{Ethusa } 1 + 2 + 2 + 1 + 1 = 7$$

$$\text{Leucosia } 0 + 0 + 4 + 1 + 1 = 6.$$

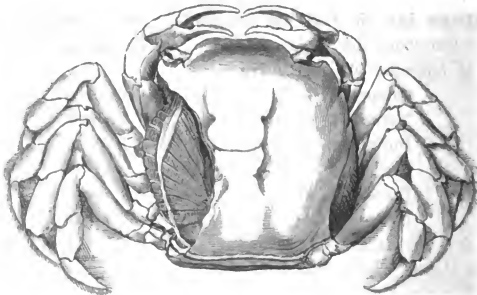
Bei der Wiedergabe ist davon abgesehen, dass de Haan die letzte Kieme der *Matuta* in den Zwischenraum des zweiten und des dritten Fusses, nicht an letzteren stellt. Die *Leucosiden* passen nach unserer Aufstellung für *Leucosilia* besser in diese Reihe.

Bei den katometopischen oder Viereckkrabben, *Quadrilatera* oder *Grapsoida*, finden sich in der Regel weniger als neun, bei den Rundkrabben, *Cyclometopa*, *Arcuata* oder *Cancroidea*, und bei den Dreieckkrabben

oder Seespinnen, *Oxyrhyncha* oder *Majacea*, angeblich überall neun Kiemenpaare. Ein gemeinsames Merkmal aller dieser Krabben ist, dass nicht wie bei den *Oxystomata* ein direkter Zugang zur Athemhöhle von einem Punkte vor der Mundöffnung unter Mitwirkung des Palpus des ersten Kaufusses vorhanden ist. Da bei ihnen der Mundhof im Gegensatz zu der dreieckigen Form der *Oxystomata* viereckig ist, zieht die Rinne, welche das Dach des Kanals der *Oxystomata* bildet, nunmehr zunächst nach aussen und wendet sich erst danach unter rechtem Winkel nach hinten. Auch ist die Rinne wenig tief, sie hat für den Wasserstrom kaum eine Bedeutung. Derselbe wird sich überall zwischen den Blättern der Mundfüsse bewegen. Milne Edwards hat den Eintritt nur durch die Spalte vor dem ersten Fusspaar geschehend angenommen.

Bei *Pachygrapsus marmoratus* Fabricius (*Grapsus varius* Latreille) aus der Gruppe der Katometopen hat der zweite Kaufuss eine Kieme, der dritte Kaufuss und der erste thorakale Fuss haben jeder zwei, der zweite und dritte Fuss jeder eine. Die Kiemen der eigentlichen Füsse werden zwischen zwei Besen, den breiteren des dritten Kaufusses von innen und den aus der Schaufel des ersten Kaufusses hervorgehenden von aussen, gefasst. Letzterer überragt die hinterste Kieme. Die Schaufel des ersten Kaufusses ist fast so gross als die der zweiten Maxille, dabei aber viel zarter. Der Besenanhang des zweiten Kaufusses ist klein. Der Panzer schliesst an den Fussbasen so dicht an, dass auch hier eine Wasserbewegung stattfinden muss. Die Siebenzahl der Kiemen ist überhaupt bei den Grapsoiden das Gewöhnliche und es findet sich z. B. zugleich ganz dieselbe Distribution bei *Varuna*.

Fig. 287.



Varuna litterata Fabricius aus der Südsee in natürlicher Grösse. Die linke Athemkammer ist frei gelegt. Ueber die Kiemen legt sich der Besen des ersten Kaufusses.

Für die *Ocypodiden* giebt Milne Edwards gleicher Weise sieben Kiemen an, zwei verkümmerte und fünf in den Flanken. Es hat aber

Ocypoda ceratophthalma Pallas an den zwei hinteren Kaufüssen je zwei Kiemen und an den zwei ersten Füßen je eine, also nur sechs Paar. Die an dem grossen Scheerenfuss ist vielleicht für zwei gezählt worden. Sie hat nämlich zwei Stämme, auf deren vorderem eine vordere, auf dem hinteren eine hintere Reihe von Blättern steht. Beide Stämme aber sind durch eine mittlere beiderseits befestigte Blätterreihe verbunden. So entsteht eine bis dahin nicht bemerkte wahre Doppelkieme.

Sowohl unter den Oxystomata als den Catometopa und Cyklomotopa kommen Gattungen vor, welche länger an der Luft als in nicht regelmässig erneuertem oder erfrischem Seewasser aushalten. Einige unter diesen pflegen nach den Beobachtungen von Fritz Müller den ganzen Panzer über den hinteren Füßen von Zeit zu Zeit zu lüften und so Luft zu athmen. Zuweilen dienen dabei besondere hintere Eingänge, so bei Eriphia eine Oeffnung hinter dem letzten Fusspaar, bei Ranina vielleicht eine unter dem Anfange des Hinterleibes. Bei Ocypoda nun liegt eine solche Oeffnung zwischen den Grundgliedern des dritten und vierten Fusses und wird vom Panzer zu einer Röhre ergänzt. Solche Zugangsstellen für die Athemkammer sind sehr gewöhnlich durch Chitinhaare geschützt. Bei Ranina ist der Haarbesatz am Panzerrand und hinteren Füßen sehr dicht. Bei Ocypoda sind die Haare an den die Oeffnung begränzenden Fussbasen knotig, manchmal auch sehr zart. Da sehr zarte Haare, namentlich an nervenreichen Antennen gern als Riechhaare gedeutet werden, so ist Müller nicht abgeneigt, letztere auch hier zu finden. Es wäre dann mit der Verlegung des Athemganges die des Geruchsinnens verbunden. Bei Gelasimus hat aber dieselbe Spalte gewöhnliche Haare. Man sieht, wie wenig bestimmt jene Unterscheidung ist, welche Milne Edwards für den Eintritt des zu athmenden Wassers für Makruren, Oxystomata und echte Krabben aufstellen zu sollen glaubte. Alle Krabben mit solchen besonderen Hilfsmitteln lieben besonders die nur zuweilen von einer Woge überspülten Strände und verlassen wohl für ganze Nächte die Schlupfwinkel unter Steinen im seichtesten Meerwasser um am Lande den Meeresauswurf zu durchsuchen.

Gelasimus vocans Bosc hat die Verschmelzung der zwei Kiemen des grossen Scheerenfusses nicht. Bei ihm ist der leere Raum der Athemhöhle ganz besonders gross und die Einfassung der Höhle durch die Längsleiste an den Pleuren über den Fussbasen sehr dicht.

Für die Pinnotheriden finde ich bei Pinnotheres veterum Bosc die Kiemen auf drei Paar beschränkt. Die erste sitzt am dritten Kaufuss und richtet sich erst nach hinten, dann im Winkel nach oben. Sie ist durch leistenartige Erhebung des Stammes dreikantig, zwischen den Kanten rinnenförmig wie ein hohl geschliffener Degen. Die beiden anderen Kiemen gehören dem ersten Fusse an und werden zwischen die Besen des ersten und des dritten Kaufusses genommen. Die lebenden Muscheln, in welchen diese

Krebse wohnen, geben durch ihre Athemarbeit denselben Ersatz für die Beschränkung der Kiemenzahl.

Die Gecarciniden, die Tourlourous der französischen Colonisten, welche die See nur zur Ablage der Eier aufsuchen, sonst bei Tage in feuchten Erdlöchern sitzen und bei Nacht in den Wäldern Nahrung suchen, haben nach Milne Edwards theilweise neun Kiemenpaare, theilweise nur sieben; von welchen überdies zwei an den Kaufüssen rudimentär sind. Die sich hoch über die Kiemen wölbende Athemkammer gewährt in einem grossen freien Raum ein Wasserreservoir. Auch ist die sie auskleidende Membran sehr spongiös und es wird häufig durch eine Falte längs des ventralen Randes eine Rinne hergestellt, welche das Wasser zurückzuhalten vermag. Doch fand Jobert bei mehr als zweihundert Stück der brasilianischen Landkrabbe, welche die grösste Athemkammer hat, der *Uca una*, nie einen Tropfen Wasser in dieser Kammer; selbst bei tagelangem Eintauchen in Wasser blieb darin noch eine Menge Luft. Die Luft wird regelmässig erneuert. Als Inspirationsöffnungen dienen ausser derjenigen an der Basis des ersten Fusses noch eine solche zwischen dem dritten und vierten Fuss und eine weiter rückwärts. Die Bewegung des sehr grossen Herzens bewirke durch die Verschiebung der Wand zwischen Körperhöhle und Athemhöhle Einathmung und Ausathmung. Das Blut aus den Gefässen in den Falten der Athemkammer gehe nicht zu den Kiemen, sondern durch Vermittlung eines grossen Sinus an der Wurzel des Schwanzes in den Vorhof des Herzens. Jobert schlug vor, solche Krebse Branchiopulmonaten zu nennen.

Fritz Müller hat auch darauf hingewiesen, dass Krabben, wenn sie ausser Wasser sind, durch ihre Athembewegungen einen Theil des in den Athemhöhlen befindlichen Wassers hinaus auf die Gränzen des Mundhofs bringen und dann wieder zurücknehmen, wobei mittelst granulirter Flächen oder Haare dieses Wasser ohne grossen Verlust stark der Luft ausgesetzt werde. So dient das Wasser, ohne selbst erneuert zu werden, der Abfuhr und Zufuhr der Gase, ähnlich dem Blute, welches in den Athemwerkzeugen zirkulirt.

Unter den Cyclometopen wird in der Familie der Portuniden bei *Carcinus maenas* Linné, der gemeinen Krabbe oder dem kleinen Taschenkrebse der europäischen Meere, die Neunzahl der Kiemen so zusammengestellt, dass der zweite Kaufuss zwei hat, der dritte drei, der erste Fuss zwei auf gemeinsamer Wurzel und der zweite und der dritte je eine. Die Kiemen des zweiten Kaufusses divergiren, so dass die eine neben der Schaufel des ersten Kaufusses nach oben, die andere, äussere unter derselben nach hinten sich richtet. Am zweiten Kaufuss richten sich zwei Kiemen parallel nach oben, die dritte, weiter aussen und hinten angebracht und sehr klein, trifft auf die Wurzel der zweiten. Die Rinnen auf dem Kiemenstamm sind breit und tief. Die Kaufüsse haben sämmtlich einen Besen, von denen allerdings der

mittlere der kleinste ist. Die Verhältnisse sind ganz dieselben bei *Portunus depurator* Linné aber auch bei *Pilumnus hirtellus* Leach, *Xantho rivulosus* Risso, *Cancer pagurus* Linné, also bei Vertretern sowohl der Eriphiden als der Cancriden. Es besteht demnach auf die Athemwerkzeuge hin für die Cyclometopen ein sehr inniger Zusammenhang.

Die Dreieckkrabben, *Oxyrhyncha*, haben im Allgemeinen dieselbe Kiemenzahl und, soweit ich mich an *Maja verrucosa* Milne Edwards und *Pisa tetraodon* Pennant überzeugte, die gleiche Anordnung. Kleine Arten bieten an konservirten Exemplaren der Untersuchung einige Schwierigkeit. Doch habe ich auch bei *Stenorhynchus phalangium* Pennant die volle Zahl gefunden. Indem jedoch bei dieser Gattung die untere Kieme des zweiten Kaufusses besonders klein ist, würde deren gänzlich Fehlen bei *Hyas araneus* Linné, von welchem ich bei im übrigen ganz gleichen Einrichtungen mich überzeugt zu haben meine, nicht unvermittelt sein.

Wenn Krebse mit Kiemen in der Luft athmen, findet man nach dem Gesagten innere Einrichtungen, welche diesen Kiemen eine Befeuchtung durch Wasser von aussen sichern. Diese Befeuchtung vermittelt nicht nur die Gasbewegung; vielmehr trägt sie auch die Kiemen oder verhindert doch die Erschwerung, welche der Blutbewegung bei Eintrocknen und Verkleben jener Organe erwächst. Nur die Lufträume einiger Isopoden an ganz speziellen Stellen (vgl. p. 75) leiteten eine Luftathmung ohne Mitwirkung äusseren Wassers ein. Es ist dann die Härte der Decken und Auskleidungen, welche das Epithelialgewebe, von welchem sie selbst abgesondert wurden, in geeigneter Lage hält. Die eigene Feuchtigkeit dieses Gewebes, durch jene Bedeckung vor Verdunstung sehr geschützt, vermittelt die Athmung des darunter kreisenden Blutes.

In einfacher Röhrenform und mit gleicher Berechtigung der Metameren für die Distribution treten uns innere Luftbahnen entgegen in den Peripatiden (vgl. Thl. II, p. 55). Mit ihnen gelangen wir zu der zweiten Hauptabtheilung der Arthropoden, derjenigen der Luftathmer.

Es ist das Verdienst von Moseley durch die Entdeckung von Tracheen zunächst bei *Peripatus capensis* Grube die Stellung dieser Familie

Fig. 288.

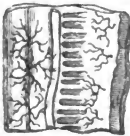


Peripatus Edwardsii von Cayenne in doppelter Grösse, nach Grube.

zu den tracheaten Arthropoden gesichert zu haben. Diese war unklar gewesen durch die geringe Solidität der Decken, welche nur lederartig

erscheinen, durch den Mangel der Häutungen, durch die Versteckung der Segmentirung in Zutheilung nur je eines Fusspaares zu einer grossen Zahl feiner Ringe und durch deren Bedeckung mit Wärzchen unter Ausdehnung dieser Ringelung und Bedeckung auch auf die Antennen und die kurzen Fussstummel, an welchen dadurch die fünf Abschnitte undeutlich werden, durch die geringe Entwicklung der Mundtheile, durch die Sonderung der Ganglienkeite in zwei seitliche Hälften, durch Mangel der Querstreifung an den Muskeln und durch fälschlich behaupteten Hermaphroditismus. Erst da man die *Peripatus* in frischem Zustand zu öffnen Gelegenheit fand, sah man die luftgefüllten Röhren, welche bei Tränkung mit Alkohol wegen der geringen Entwicklung des Spiralfadens auch unter dem Mikroskope nahezu unsichtbar werden. Bei *Peripatus capensis* Grube entspringen dieselben zwar überall auf der Haut in unregelmässiger Vertheilung zwischen den Oberhautzellen in den Gruben zwischen den Warzen, aber doch deutlicher und regelmässig an bestimmten Stellen, so die für Schlund und Mastdarm längs der Bauchmitte in zwei Längsreihen, in der Mitte der Zwischenräume zwischen den Fusspaaren, in der Tiefe an der Innenseite der Fusshöcker. Die Röhren sind an der Mündung eingeengt, erweitern sich danach etwas und lösen sich auf einmal in einen Pinsel fest zusammengepackter feiner Röhrrchen auf. Dieses Bündel feiner Tracheen giebt sich an der Innenfläche der Körperwand baumartig auseinander; die Röhrrchen, welche während der Zusammenfassung gestreckt waren, laufen in der mehr und mehr zu Stande kommenden Vereinzlung wellig an den Organen hin und können deren Veränderungen in Form und Lage nachgeben. Die Röhrrchen verästeln sich selten und kommuniziren nie mit einander. Bei sehr starken Vergrösserungen findet man an ihnen Spuren partieller Verstärkungen der Chitinwand nach Art des Spiralfadens der Insekten. Alle Organe sind reichlich mit diesen Tracheen versorgt. Die *Peripatiden* zeigen für die einzelnen, bis dahin

Fig. 289.



Peripatus capensis Grube. Ein Stück von der rechten Körperhälfte, Bauch und Seitenwand von innen gesehen, zur Darstellung der Verästelung der Tracheenbüschel, viermal vergrössert, nach Moseley. Zwischen den Tracheenbäumchen liegt der Nervenstrang dieser Seite.

beschriebenen Arten eine beträchtliche Ungleichheit der Gliederung. Die eben genannte Art hat siebzehn Fusspaare, andere theils weniger, *P. novae Zealandiae* fünfzehn, *P. brevis* angeblich vierzehn, theils mehr, *P. Blainvillei* neunzehn, *P. Edwardsi* dreissig, *P. juliformis* dreiunddreissig, so dass es fast scheint, als gebe es neben kleinen, vielleicht zum Theil aus unrichtiger Beobachtung resultirenden Verschiedenheiten die Möglichkeit einer Verdoppelung der Fusspaare ähnlich wie bei *Myriapoden*. Bei *P. novae Zealandiae* nun alterniren nach Hutton die Oeffnungen des Tracheensystems in zwei seitlichen Reihen regelmässig mit den Füssen, ohne dass darum der

Bau ein anderer wäre. Die Peripatiden leben unter dichtem Gebüsch nahe dem Wasser, meist unter feuchtem, faulendem Weidenholz. Sie vermeiden das Licht, rollen sich wie Juliden ein, strecken sich und laufen wie Raupen. Im Wasser werden sie bald starr und sterben.

Peripatus, oder doch *P. capensis* ist wegen der zerstreuten Anordnung der Trachealstämme einzig unter den Tracheaten für Zahl und Stellung der Stigmen nicht unter das Metamerengesetz gezwungen. So findet Moseley in ihm den Ausdruck uranfänglichster Tracheaten, der Protracheatae. Er hält die Tracheen für modifizierte Hautdrüsen, deren Homologa beim Blutegel und bei der Landplanarie *Bipalium* reichlich vorkommen. Wegen der Nervenordnung ausser Stande, die Peripatiden für degenerierte Myriapoden zu nehmen, betrachtet er in Anschluss an Gegenbaur Peripatus als eine die Würmer mit den Arthropoden, jedoch nur mit den Tracheaten verbindende Form, so dass aus ihnen die Myriapoden ohne Durchgang durch die Insekten, die Krebse aber auf davon unabhängigem Wege entstanden seien.

Für ein gewisses geologisches Alter spricht die geographische Verbreitung der Peripatiden in gänzlich getrennten Regionen der südlichen Hemisphäre. Da aber neben Insekten verschiedener Ordnungen, Käfern, Heuschrecken, Netzflüglern u. a., und Skorpionen bereits in der Kohlenzeit, mit *Xylobius Sigillariae* aus Neuschottland und *Julus Brassii* aus Lebach, echte diplopodische Myriapoden sich finden, ist ein Altersbeweis, welcher bei Vögeln in den Ratiten, bei Säugern in den Edentaten Bedeutung hat, hier ohne Erheblichkeit. Jene Tracheatenentwicklung muss lange vor der Kohlenzeit geschehen sein. Hiervon abgesehen aber tritt die phylogenetische Betrachtung nur an die Stelle der Beschreibung der gegenwärtigen Eigenschaften.

Es ist vielleicht nicht unzulässig, als ein diesen Einrichtungen der Peripatiden sich Anschliessendes, aber noch Geringeres die sogenannten Stigmen der Pentastomiden anzusehen. Die Chitinkutikula dieser ist zunächst durchsetzt von etwa 1μ weiten Kanälchen, welche mit 4μ weiten Schlüsselchen auf der Oberfläche münden und innen bis auf das chitinogene Epidermislager reichen. Sie hat ausserdem grössere Poren, von $10-13 \mu$ Weite, sogenannte Stigmen, in einer oder mehreren, bis neun, Querreihen für jedes Segment. Diese sind in der einzigen Reihe des gemeinen *P. taenioides* in zwei dorsolaterale und zwei ventrolaterale Abschnitte gruppiert und gegen die Körperenden in Zahl gemindert. In ihnen wollte Mehlis Respirationsorgane sehen. Leuckart fand in Verbindung mit ihnen bei ganz jungen Thieren innen ein helles, wie er meinte mit Flüssigkeit gefülltes Bläschen, bei den ausgebildeten einen Zapfen von Epithelzellen. So den Hautdrüsen der Insekten ähnlich, müssten diese Zellgruppen, um zu Tracheen zu werden, sich auslängen, aushöhlen, verästeln, ihren Kanal mit einer Chitinabsonderung auskleiden, dagegen die Absonderung flüssiger oder doch weicher Sekrete

aufgeben. Um diese ganze Umwandlung sich leichter vorzustellen, muss man daran denken, dass sezernirenden Drüsen der Arthropoden eine theilweise Auskleidung der Ausführungsgänge mit Chitin nichts Ungewöhnliches ist.

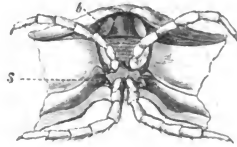
In aufsteigender Reihe dagegen schliessen sich für die Organe der Tracheenathmung den Peripatiden die chilognathen oder diplo-podischen Myriapoden an. Dass die Juliden Luftröhren haben, fanden nach einander Savi, Strauss-Dürkheim, Burmeister. Die Angabe von Burmeister über die Lage von deren Eingangsöffnungen ist jedoch nicht richtig. Dieser Gelehrte sagt, dass die Stigmen in den taschenförmigen Einsenkungen liegen, welche am Bauche zu beiden Seiten vor dem Vorderrande jeder Brustplatte unter dem Schutze des Hinterrandes des vorausgehenden Segmentes sich eintiefen. Es scheint übrigens, dass er nicht einmal dort die Stigmen zu sehen glaubte, sondern dass er sie nur daselbst vermuthete, da er sagt, er habe ihre Gestalt nicht entdecken können. Die Stigmen liegen aber etwas nach aussen von der Mitte zwischen den Basen der zwei Fusspaare jeder Segmenthälfte. Im einzelnen abdominalen Segmente eines *Julus* kann man nicht allein wegen der zwei Fusspaare, sondern auch aus den Platten selbst, dem übergreifenden Dorsalring und der Sternalplatte, zwei verschmolzene erkennen. Die Gränze zwischen Dorsalplatte und Sternalplatte ist vorn durch eine Rinne bezeichnet, im hinteren Abschnitte durch einen medianwärts von einem Stachelanhang die Hüftgrube des hinteren Fusses aussen umgreifenden Einschnitt. Wo jene Furche und dieser Einschnitt sich fast begegnen, liegt etwas auswärts und eher an die hintere Hälfte des Segmentes gelehnt das Stigma. Bei *Julus varius* Fabricius erscheint es als ein Spalt, dessen mediane Wand taschenartig unter die laterale greift. Darauf sitzt ein kurzer, sehr zarter Stamm, eingebettet zwischen die Muskelmassen, welche zu den Hüften der zwei auf einander folgenden Füsse gehen. Die Wand ist sehr dünn, faltig, wie zerknittert. Es entwickeln sich aber die Fältchen zu polygonalen Feldern und diese ordnen sich ein wenig zu Querringen. Aus dem Stamme entspringen erst einzeln, dann dicht gedrängt auf zahlreichen kleinen Löchelchen Tracheen. Deren Durchmesser steht bei *Julus varius* in der Regel zwischen 3—4 μ ; doch giebt es welche von 6 μ und einzelne noch stärkere. Solche werden allmählich oder plötzlich feiner. Eine Verästelung habe ich mit Bestimmtheit nicht finden können, sie würde sich übrigens in dem Gewirre leicht der Wahrnehmung entziehen. Wie Garn in Bündeln zusammenliegend begeben sich die Tracheen zu den Organen. Ein starker Haufen geht mit dem Hauptnervenquerstamme der Segmente. Das Bündel für einen Fuss verläuft in diesem dorsal, aber die einzelnen Röhrrchen gelangen überall hin und biegen sich auch zurück. Die groben Stämme zeigen schwache Spuren ringförmiger Verdickung des Spiralfadens. Bei dem sehr

grossen *Spirobolus maximus* Brandt ist das Stigma durch einen bräunlichen Rand deutlicher, aber immer noch schwer zu finden. Die in der Mitte der Seiten jedes Segmentes bei den Juliden angebrachten, viel merklicheren, gegen die beiden Körperenden hin verringerten Poren, welche wegen der Aehnlichkeit mit den Stigmen der Raupen früher für solche angesehen wurden, sind Oeffnungen von Hautdrüsen, Foramina repugnatoria. Ein Theil der Platten in der Nähe der Stigmen, durch weissliches Ansehen ausgezeichnet, ist wie bei luftathmenden Isopoden lufthaltig. Da die vordersten, thorakalen Segmente nur je ein Fusspaar haben, so findet sich an ihren Ringen die Stelle nicht, an welcher bei anderen das Stigma liegt. Die Luftröhren entspringen hier vereinzelt von sehr zahlreichen Poren der sich tief einsenkenden Intersegmentalfalte, welche den Burmeisterschen Taschen entspricht, wobei die Poren der festeren Skeletstücke nur kurze Gänge für die eigene Wand; die dünnen Häute aber ausgelängte und zu den Organen gehende Tracheen liefern.

Bei *Glomeris* fand Brandt auf ähnlich gelegenen kleinen Stigmen einen Stamm, welcher sich alsbald in einen Ast für den Fuss und einen für die Eingeweide theilt. Nach ihm würde auf jeder Seite vom vordersten Stigmenpaare ein feiner Längsstamm Ursprung nehmen und längs der Ganglienkeite nach hinten laufen. Milne Edwards sähe darin lieber eine Verbindung verschiedener Stigmen und wurde dazu vielleicht durch die Zeichnung Brandt's veranlasst, während dieser doch ausdrücklich den Mangel jeglicher Verbindung der segmentalen Tracheengruppen unter einander betont.

Unter den chilopodischen Myriapoden haben die Geophiliden für jeden fusstragenden Abschnitt ein Stigmenpaar. Jedem fusstragenden Bauchring aber entsprechen meistens bei ihnen zwei dorsale Platten. Es kommt also auf je zwei dorsale Platten wie auch bei den Juliden, bei welchen diese aber verschmolzen waren, ein Stigmenpaar. Die Stigmen liegen in der Seitenlinie, welche bei den Juliden

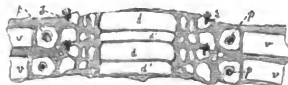
Fig. 290.



Ein Stück eines Segmentes von *Spirobolus maximus* Brandt aus Californien von der Bauchseite, viermal vergrössert.

b. Die Burmeisterschen Taschen. s. Das wirkliche Stigma.

Fig. 291.



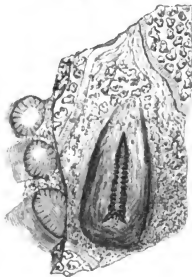
Ein ausgebreitetes Stück der Decke eines *Geophilus* von Palermo nahe dem G. Gabriellis Fabricius aber statt mit 160 nur mit etwa 120 Ringen.

d. d. Hauptdorsalplatten. d'. d'. Accessorische Dorsalplatten. v. v. Ventrale Platten. p. p. Hüftgrubenlöcher. s. s. Auf Stigmen aufsitzende Trachealstämme.

ventralwärts verrückt war, hier aber vollkommen lateral fällt, über den Fusswurzeln und mit ihnen abwechselnd. In der zwischen die gleich breiten Platten des Rückens und des Bauches eingeschobenen Lateralmembran liegen viele kleine Platten. Von diesen kann man jedesmal drei einer Dorsalplatte als Fortsetzungen zuteilen. In einer solchen Dreizahl werden alternierend die Platten bauchwärts schmaler oder breiter. In der dritten Platte derjenigen Reihe, welche bauchwärts schmalere Platten hat und welche jedesmal dem breiteren und hinteren Dorsalstück angehört, liegt das Stigma. Die alternierende Reihe hat keines. Also haben zwei Segmente, wenn sie untereinander verschmolzen sind, nur ein Stigmenpaar, es mag die volle Zahl durch Doppelringe am Rücken der Geophiliden oder durch Doppelfüsse am Bauche der Juliden angezeigt sein. Das System der Hautdrüsen wird durch eine Siebplatte, welche grade unter dem jedesmaligen Ganglion in der Bauchmittellinie liegt, vertreten. Die Stigmen der Geophiliden sind von einem einfachen Wulst umgeben. Der aufsitzende Tracheenstamm zeigt ähnliche polygonale Felder oder Verstärkungen wie die Haut. Diese regeln sich etwas zu Querbändern. Die Hauptäste haben deutliche Spiralstreifen und verästeln sich wiederholt.

Bei *Scolopendra cingulata* Newport finde ich, wie unter anderen bei van der Hoeven, aber nicht von Milne Edwards nach jenem berichtet wird, Stigmen am dritten, fünften, achten und von diesem ab bis zum zwanzigsten Segmente an je einem um das andere, im Ganzen neun Paare. Die Stigmen stehen in einer der hier wenig deutlichen Seitenplatten nahe der Dorsalplatte und rücken allmählich weiter rückwärts, so dass die

Fig. 292.



Ein Stigma vom zweiten Paare von *Scolopendra cingulata* Newport von Palermo mit anhängenden Tracheenstückchen und deren besonders bewahrten Eingängen, etwa 30mal vergrößert.

letzten an den hinteren Winkeln der Dorsalplatte stehen. Sie sind gebildet durch einen Spalt, welcher begränzt wird von vorragenden gezähnten Lippen, zwei in der Längsrichtung und einer hinteren kurzen spitz einragenden vertikalen. So sind sie etwas dreispaltig. Die Trachee beginnt mit einem dünnhäutigen, nachgiebigen, weiten Blasenraum. Dieser giebt eine Anzahl grober Stämme ab. Der Eingang zu letzteren ist zierlich umgürtet und verwahrt durch einen inneren Kranz feiner und granulirter Stacheln. Diese entstehen, indem sich die granulirte Fläche der blasenförmigen Erweiterung erst zu Knötchen und dann grade bei dem Abgang der Stämme zu den Stacheln erhebt. Bildungen nach dem gleichen Prinzip, aber etwas massiger und komplizirter sind die Zähnen der Lippen. Sie sind gebildet theils durch Haufen von Stacheln, theils selbst

von gezähnten Stacheln. Alle diese Chitinbildungen sind gleichwerthig den Haaren und Stacheln auf der Aussenfläche. In ihrer Umgebung ist die einfache Wand mit felderartigen oder netzförmigen Verstärkungen versehen, ohne Zweifel sehr elastisch und bräunlich von Farbe. Die Tracheen sind durch zahlreiche Querringe verstärkt, bräunlich. Die Stämme, welche zu den Füßen gehen, sind vorher angeschwollen. Von den Stigmen des vordersten Paares gehen jederseits drei starke Stämme neben dem Oesophagus nach vorn und versorgen die vorliegenden Segmente. Gewöhnlich erhalten die stigmenlosen Segmente ihre Fusstracheen von den nachfolgenden Stigmen, aber die Stigmen am zwanzigsten und wohl auch am fünften Segment entsenden Stämme ausser zu den Füßen des vorangehenden auch zu denen des nachfolgenden Abschnittes. Ueberall geht andererseits ein Theil der dorsalen Stämme rückwärts. Durch die auf benachbarte Segmente übergehenden Tracheen entsteht der Schein von Längsstämmen, ohne dass solche als Verbindung mehrerer Stigmen unter einander vorhanden wären. In den feineren Trachealzweigen verliert sich die Querringelung.

Lithobius mit nur fünfzehn Fusspaaren hat nach Treviranus Stigmen an je einem Segmente um das andere vom ersten bis fünften und vom achten bis vierzehnten, also im Ganzen nur sieben, während Branchiostoma und Heterostoma nach Newport zehn Paare haben. Nach demselben entspringen bei letzterer Gattung die Tracheen statt mit einem Hauptstamm von einem Stigma, einzeln von einer vielfach durchlöcherter Platte. Man erkennt darin leicht eine relativ geringe Modifikation, einen Mangel der Ausbildung des Stammes.

Scutigera hat zwischen einem dem Kopfe mit zugetheilten Ringe und einem zweitheiligen, am vorderen Abschnitte die Afterfüsse tragenden Endstücke acht dorsale aber fünfzehn ventrale Segmente mit ebensovielen Fusspaaren. So kann man den sieben vorderen dorsalen deren zwei, dem letzten eins zutheilen, in Ergänzung des Mangels durch den Analtubus und dessen Füße. Jedes der sieben vorderen dorsalen Stücke hat nahe seinem Hinterrande in der Rückenmittellinie eine der Länge nach verlaufende, umrahmte Spalte, ein medianes Stigma, welches sich durch die schwarze oder goldig glänzende braune Farbe auszeichnet. Ich habe mich bei einer der Scutigera Guildingii Newport ähnlichen Art aus Caraccas davon überzeugt, dass von dem dünnhäutigen, runzligen Säckchen, in welches dieses Stigma führt, direkt hunderte von Tracheen Ursprung nehmen und ausstrahlen. Dieselben gabeln sich wenigstens zum Theil mehrfach unter sehr spitzen Winkeln und haben keinen Spiralfaden.

Indem wir nunmehr an einigen Stellen die volle histiologische und organologische Ausbildung des Athemapparates der Tracheaten vor uns haben, müssen wir einen Augenblick bei der Betrachtung von dessen Grundlagen verweilen. In dem bisher Behandelten hat es sich nur um Lufträume

gehandelt, welche mit der umgebenden Luft in offener Verbindung stehen. Die Wandungen solcher stellen sich leicht als Einstülpungen der Haut dar und sie leisten, was diese leistet. Sie nehmen als einen Antheil mit sich die Grundlage der Haut, das subkutikulare, chitinogene Epidermislager, die sogenannte Hypodermis, als einen anderen die Chitindecke. Die letztere, auf der Haut auswendig, giebt in Einstülpungen die innere Lage. Sie ist in ihrer Beschaffenheit stets Ausdruck der Qualitäten der sie erzeugenden Hypodermis. Sie kann jedoch, indem sie nicht nur diese begleitet, sondern auch deren Arbeitsleistung in Sekretion Ausdruck giebt, in ihrer Form von den Linien der Hypodermis abweichen, über sie hinausgehen. Hiervon haben wir, wie in Haaren, Schuppen u. dgl. auf der Aussenfläche, etwas in den besonderen Schutzapparaten von Tracheen bereits kennen gelernt. Eine spezifische Form dafür haben Einstülpungen, namentlich röhrlige, in dem sogenannten Spiralfaden. Diese Form ist am gemeinsten in Tracheen und wir sahen in ihr die endliche Vollendung letzterer. Sie kommt jedoch durchaus nicht den Tracheen allein, sondern auch anderen Röhren zu mit gleichem Effekte, sobald für die Sicherung des Dienstes Elastizität der Wände von grosser Bedeutung ist, beispielsweise den Speichelgängen (vgl. Bd. II, p. 148). Der Spiralfaden ist eine wesentlich in die Queraxe der Tracheen gestellte partielle, fadenförmige Verdickung des Chitinlagers. Das Rohr umlaufend, macht er, sobald man die zarthäutigen, zwischenliegenden Wandtheile übersieht, den Eindruck einer feinen Spiralfeder und er wirkt wie eine solche. Die zarteren Wandtheile gewähren ihm freies Spiel nach allen Richtungen. Solche fadige Verdickungen laufen jedoch nicht überall als vollkommene Spiralen. Sie können abbrechen, zwischen einander greifen, statt in sich fortzulaufen, statt der Spirale einen vollen transversalen Ring, an den Verästelungen spitze Winkel bilden. Eine Trachee bleibt durch die Elastizität des Spiralfadens unter dem Wechsel des Druckes und der Gestalt des Querschnittes stets möglichst weit geöffnet und setzt doch anderen Eingeweiden nichts Erhebliches in den Weg. Ein solches System passt sich den Haltungen des Körpers, der Muskelarbeit, der Bewegung des Darminhaltes, dem Wachsthum auf das Geschickteste an, übernimmt bis in das Innerste und Kleinste die Fügbarkeit, welche aussen und im Grossen die zwischen die Panzerstücke eingelegten dünnhäutigen Abschnitte bieten. Der Gasstrom in ihm wird kaum je gänzlich unterbrochen; er findet bei zahlreichen Verknüpfungen bald den einen, bald den anderen Weg, die eine oder andere Pforte offen.

Es giebt, wie wir schon bei den Skolopendern sahen, Erweiterungen im Verlaufe von Tracheen. Solche können bei Insekten die Gestalt einer Tonne, eines Korbes, einer Birne haben. Manchmal bleiben an solchen die Spiralfäden erhalten. Sie werden dann aber gewöhnlich sperriger und es begleiten Rarifikation und Schwund des Fadens die Bildung von Tracheal-

blasen, von Luftreservoirien. Das schliesst nicht aus, dass auch an solchen, wie wir das schon sahen, die Chitinlage ungleich dick ist, sich zu Bändern, Falten und ähnlichem erhebt. Die gleiche Modifikation kann man an den Speichelgängen von Insekten finden, wo diese zu Speichelreservoirien werden. Die Ausbildung des Spiralfadens steht in innigem Verhältnisse zu der Grösse der Tracheen, also auch zur Grösse der Art oder der durchschnittlichen innerhalb einer Ordnung, und den feinsten Zweigen fehlt der Faden.

An den fertigen Tracheen ist das Chitin absondernde Zelllager im Allgemeinen etwas dürftig vertreten und undeutlich. Man bemerkt wohl, dass um das Chitinrohr noch eine Hülle liegt und in dieser einige Kerne, aber man findet deutliche Zellkörper nur an bevorzugten Stellen, z. B. stets an Gabelungen. Besonders klar stellt sich dieses Lager dagegen an wachsenden Theilen dar, so z. B. an den kolossal zunehmenden Ovarien einer Schmeissfliege. Man sieht dann die Subkutikularzellen in Strängen über die Röhrrchen hinausgreifen, deren Wachstum vorausseilen. Wie die Absonderung gefärbt sein kann, so können auch färbende Kugeln und Tropfen in der absondernden Haut liegen. Man hat es für sehr irrig erklärt, wenn man wegen des pflasterförmigen Ansehens gewisser Trachealstämme von einem Epithel sprechen wolle. Es handelt sich dabei allerdings zunächst um eine Erscheinung an der Chitinbedeckung, aber indirekt entspricht diese den absondernden Qualitäten der unterliegenden Zelllager und kann gradezu auch deren Bild sein. Es ist gar kein Zweifel, dass man in der Trachealhülle die Fortsetzung des Epithels sehen muss. An den grossen Stämmen der Brummfliegen erscheinen die Subkutikularzellen genau so wie in der äusseren Haut. Weiter im Inneren ist es allerdings kaum möglich, die ausgereckten Epitheliallager vom Bindegewebe zu unterscheiden. Das kann man aber auch an vielen anderen Stellen nicht und man wird in der Kontinuität immer eher die Bezeichnung beibehalten, als von Bindegewebe reden, welches doch ein mesodermales Gewebe ist. Die dahin gehende frühere Ansicht von Leydig wird wohl als allgemein aufgegeben angesehen werden dürfen. Für die Spärlichkeit der Zellen an den Tracheen kann man ein wenig

Fig. 293.



Ein Stückchen von einer Trachealverzweigung der Brummfliege, *Calliphora erythrocephala* Meigen, im Herantreten an die Malpighischen Gefässe. Man sieht das des Spiralfadens entbehrende Trachealrohr und das dasselbe erzeugende Zelllager. In den feinsten Ausziehungen des letzteren fehlt das Rohr.

zum Vergleiche heranziehen die Malpighi'schen Gefässe, bei welchen auch oft die ganze Peripherie eines Schlauchabschnittes von einer einzelnen Zelle umspannt wird und die sich aneinander reihenden Zellen einen knotig anschwellenden Faden bilden. Die einzelnen Zellen sind dabei jedoch viel voller als die der Tracheen.

Bei den Insekten entfalten sich die Besonderheiten des Tracheensystems am reichsten. Selbst die kleinsten und niedrigsten Vertreter der Klasse und, wie es scheint, die jüngsten Larven besitzen dasselbe. Was sich von Athemeinrichtungen findet, beruht an letzter Stelle auf Tracheen. Am längsten wurde das Vorkommen bei den Thysanuren bezweifelt und Treviranus meinte, dem Zuckergaste, *Lepisma*, dienten seine Schüppchen als Athmungsorgane. Burmeister, v. Siebold, Kolenati haben sie auch hier nachgewiesen. Bei jungen Larven, unter den Dipteren bei denen von *Corethra plumicornis* Fabricius, unter den Hymenopteren bei denen der Gattungen *Microgaster* und *Anomalon*, scheint den Tracheen zuweilen die Lufthaltigkeit noch abzugehen, aber die Grundlagen des Apparates sind doch vorhanden.

Das Tracheensystem öffnet sich in der Regel nach aussen durch Spalten. Der Verschluss dieser tödtet die Thiere ebensowohl als das Eindringen schädlicher Gase. Man hat zunächst diese Athemlöcher oder Luftlöcher, Stigmata, Spiracula, in's Auge zu fassen für Lage, Zahl, Beschaffenheit.

Kein Segment eines Insektes hat mehr als zwei Stigmen. Der Kopf hat deren niemals, ebenso wenig das letzte deutliche Segment und was etwa von weiteren Abschnitten hinten in dieses eingezogen, versteckt oder mit ihm verschmolzen ist. Man kann dagegen von der Annahme ausgehen, jedem zwischen den gedachten liegenden Segmente komme ein Stigmenpaar zu. Von diesem Standpunkte aus wird man den regelmässigen Mangel an den gedachten terminalen Segmenten auf gleiche Gründe zurückführen dürfen, wie das etwaige Weitergreifen des Defektes an die eine oder die andere Stelle. Wenn man von der Zusammensetzung des Kopfes aus mehreren Segmenten absieht und ihn nur für eins rechnet, weiter die drei normalen thorakalen Segmente und die aus ursprünglich wohl immer mindestens zehn sich als gewöhnliches Maximum konstituierenden neun abdominalen, so würde man an dreizehn deutlichen Abschnitten elf Stigmenpaare zu erwarten haben. Diese Zahl ist wenigstens in solcher Zusammensetzung niemals vollkommen vertreten, sondern höchstens die Zehnzahl, indem, soviel man bis dahin weiss, für die zwei vorderen thorakalen Segmente stets nur ein Stigmenpaar vorhanden ist. Das Genauere über die Stigmen in dieser Körpergegend wollen wir demnächst besprechen. Da übrigens an jedem dieser beiden Segmente Stigmen vorkommen können, hat man elf Paare als möglich angesehen und so, sagt Palmén, haben die Vorfahren unserer

Insekten elf Paar besessen, vielleicht noch mehr, etwa mit Rücksicht auf die mögliche grössere Zahl von Hinterleibssegmenten, z. B. bei Ephemeriden mit elf oder gar zwölf, falls man das die mittlere Borste tragende terminale Stück wie das letzte Schwanzsegment der Krebse für sich rechnet, oder im Hinblick auf Zusammensetzung des Kopfes aus mehreren Ringen. Wenn es richtig ist, dass bei Libellen die Zahl der abdominalen Stigmenpaare neun erreichen kann, so wäre in einer anderen Zusammensetzung die Elfzahl möglich.

Wo Segmente harte Chitinplatten haben und diese durch nachgiebigere Zwischenstücke getrennt sind, fallen die Stigmen in der Regel deutlich in letztere. Deshalb hat Kirby diesen *Membranae conjunctivae* Burmeister's den Namen der *Pulmonaria* gegeben. Die durch gedachte Gliederung ermöglichten Verschiebungen haben grade für die mechanische Arbeit bei der Athmung eine besondere Bedeutung. Die weichen Bindehäute fallen zum Theil so, dass sie die metamerischen Stücke sondern, zum Theil in die Seitenlinie, wo sie Rücken und Bauch scheiden. Burmeister sagt, die Kreuzungen der querlaufenden mit den längslaufenden Konjunktionen seien die Stellen der Stigmenanbringung. Das ist nur in sehr beschränktem Maasse richtig; die Stigmen liegen gar nicht immer mitten in einer solchen Kreuzung, sie können gegen Rücken und Bauch verschoben und bis zur Verwachsung an eine Platte herangerückt sein. Grade bei der Zuthheilung der Stigmen wird man von dem Mangel berührt, welcher daraus entspringt, dass der Begriff des Segmentes allein oder überwiegend nach den harten Antheilen an Rumpf und Bauch bestimmt wird. Schon die Füße möchte man, wenn ihre Einlenkung mehr an einem Ausschnitte als in einer Grube geschieht, manchmal lieber zwischen als an den so bestimmten Segmenten stehend annehmen. Die Schwierigkeit der Zuthheilung steigt bei den Stigmen. Wenn, wie bei Raupen, der scharfe Gegensatz der festen und nachgiebigen Theile nicht besteht, kann man nicht mehr von einer Anbringung der Stigmen zwischen den Segmenten reden. Was sonst intersegmental war, macht dann einen erheblichen Theil des Segmentes aus; das Stigma liegt am Segmente. Aber auch wenn jener Gegensatz vorhanden ist, kann wegen gebogener Gränzlinien zwischen Segmenten und Konjunktiven ein Stigma, obwohl für die metamerische Folge in einer *Conjunctiva* gelegen, doch in der Vertikalen in das Gebiet dorsaler und ventraler Platten geschoben sein, statt zwischen sie zu fallen, und wird so bequemer den Ringen selbst als den Konjunktiven zugezählt. Weiter steigen die Schwierigkeiten durch die ungleiche Ausbildung von Segmenten für Rücken und Bauch. Die

Fig. 204.

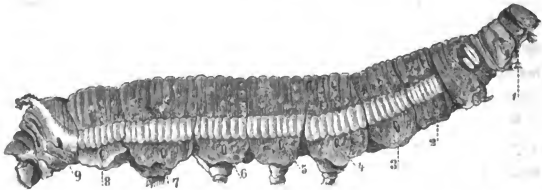


Das Abdomen vom Hirschkäfer, *Lucanus cervus* Linné, mit den sieben Stigmen, im Profil gesehen.

Zutheilung der Stigmen ist durch diese Umstände namentlich in Betreff der thorakalen Segmente ungleich gesucht worden. In der Regel hat bekanntlich der Thorax drei Abschnitte, bei einigen Dipteren und Hymenopteren schiebt sich jedoch, wenigstens nach dem Verständniss Mancher, der erste abdominale Ring mit an den Thorax. Nehmen wir einen Käfer, so liegt das erste Stigmenpaar in der Falte zwischen Prothorax und Mesothorax, es schiebt sich jedoch an den hinteren, unteren Winkel der dorsalen Platte des Prothorax. Das zweite Stigmenpaar liegt wenigstens bei vielen Käfern, so dem Maikäfer, mehr dorsal zwischen Mesothorax und Metathorax. Es ist sehr versteckt und kommt, wie es scheint, nicht allen Käfern zu. Das dritte Paar liegt bei Käfern zwischen Metathorax und erstem Abdominalring und es folgen weiter zwischen den Abdominalringen in ununterbrochener Reihe sieben Paare. So haben die Käfer, welche das zweite sogenannte Mesostigma besitzen, im Ganzen zehn, die anderen neun Stigmenpaare. Deren letztes liegt zwischen dem siebten und dem achten Leibesring, dem äussersten von solchen, welche bei Käfern den eigentlichen Leib umhüllen, wobei allerdings am Bauche durch Unvollkommenheit der vorderen öfter nur sechs oder fünf Segmente unterschieden werden. Der Larve des Maikäfers aber und der Verwandten fehlt das Mesostigma. Die Stigmen der Käfer werden gewöhnlich mit dem abnehmenden Leibesumfang nach hinten kleiner, jedoch nicht, wenn sie, wie z. B. bei *Dyticus*, grade hinten am meisten zu funktioniren im Stande sind. Indem bei den Käfern die Bauchringtheile über die Seitenlinie hinaus in das Rückengebiet ragen, liegen besonders die vorderen der an ihrem Vorderrand angelehnten Stigmen unter dem Schutze der Flügeldecken.

Bei den Schmetterlingsraupen fällt wie bei einigen anderen Larven das erste Stigma anscheinend ganz in das Gebiet des Prothorax. Das zweite

Fig. 295.

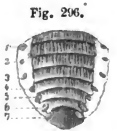


Raupe des Oleanderschwärmer *Daphnia nerii* Gmelin aus Lugano mit den neun Stigmen in natürlicher Grösse.

liegt einfach am ersten abdominalen Ringe und es folgen in ununterbrochener Reihe sieben weitere. Der neunte Hinterleibsring, welcher ein zuweilen zur Schwanzgabel metamorphosirtes Fusspaar und als Afterdeckplatte das ver-

kümmerte zehnte Segment trägt, hat keine Stigmen. Der erwachsene Schmetterling hat sowohl das Prostigma, welches dann zwischen Prothorax und Mesothorax liegt, als das Mesostigma zwischen dem Mesothorax und Metathorax. Soll man nun die gleiche Summe von neun Paaren an Erwachsenen mit verschiedener Anbringung als durch eine Verschiebung des vordersten Stigma oder als durch Schliessung eines und Eröffnung eines anderen entstehend denken? Burmeister war der Meinung, das Prostigma sei in den Larven aus intersegmentaler Lage nach vorne verschoben. Man könnte den Satz ebensowohl umkehren, wenn er nicht zugleich die Zuteilung dieses Stigma zum Mesothorax enthalten soll. Dass kein erheblicher Unterschied der Lage besteht für ein Stigma in der Tiefe der Falte unter dem Schutze des Prothorakalhinterlandes und für das, wie bei der dargestellten Raupe, unter dem Seitenrande dieses Stückes, scheint klar zu sein. Fällt das scheinbare Prothorakalstigma überhaupt dem Mesothorax zu, dann würde in einfacher Kontinuität das Metastigma dem ersten Abdominalringe zuzuzählen sein. Es gäbe dann immer höchstens zwei Thorakalstigmen; ausser dem Kopfe wäre auch der Prothorax keiner Stigmenbildung aus sich unterworfen; jedes Stigma würde dem folgenden Ringe zugeteilt und es wären nur zuweilen die des Mesothorax durch die Verschiebung intersegmentaler Häute in das Gebiet der prothorakalen Platten gerückt. Die Lage des Metastigma unterstützt eine solche Meinung. Auch dieses erscheint als ein nach vorne verschobenes. Schon bei den Käfern nahe stehenden Orthopteren nähert es sich sichtlich dem ersten Abdominalringe. Die weiteren fallen ganz der Reihe nach in die folgenden Segmente oder richtiger sie werden von den Vorderrändern der härteren Plattentheile derselben umwachsen. Rechnet man hiernach das Metastigma und die nachfolgenden der Reihe nach den Abdominalringen zu, so würde das letzte in seiner intersegmentalen Lage zwischen siebtem und achtem Segmente dem letzteren zugehören. In dessen Haupttheil, in dem Intersegmentalgebiet zum neunten, im neunten Segment und in dem diesem anhängenden verkümmerten zehnten würde es keine Stigmen geben. Für die Hemipteren sagt Burmeister, es lägen die abdominalen Stigmen stets an der Bauchseite, mitten in der Hornsubstanz des Ringes. Bei den Cicaden ist es aber deutlich, dass sie sich nur an die vorderen und äusseren Winkel derjenigen Bauchplatten anlegen, welchen sie anzugehören scheinen; sie sind auch hier nur von diesen Platten umgriffen. Bei Calliphora unter den Dipteren finde ich die abdominalen Stigmen, soweit sie überhaupt vorhanden sind, gänzlich in den zu dem Bauche übergebogenen Dorsalplatten gelegen. Die Umwachsung durch die nachfolgende Segmentplatte kommt in geringerem Grade auch bei Käfern vor. Palmén, welcher dafür, dass das gewöhnlich hinter dem Metathorax liegende Stigma nicht als ein diesem Segmente zugehöriges, sondern als erstes abdominales anzusehen sei, anführt, dass es,

namentlich auch bei Perliden und Ephemeriden entsprechend fälle, erklärt die aussergewöhnliche Anschmiegun g desselben, des dritten der ganzen Reihe, an den



Rückendecke des Abdomen des Gelbrandkäfer, *Dyticus marginalis* Sturm, mit den sieben hinteren, im Burmeister'schen Sinne sämtlich abdominalen Stigmen.

Metathorax bei den Hymenopteren, bei welchen auch in anderen Beziehungen die Gränze zwischen Metathorax und Abdomen zweifelhaft ist und bei welchen denjenigen, welche dieses Stigma dem Metathorax zurechneten, es am normalsten zu liegen schien, daraus, dass das erste abdominale Segment den Thorax mit bilden helfe. Dieser bestehe also hier aus vier Segmenten, was nach seiner Meinung vielleicht auch bei einigen Dipteren der Fall sei. Man darf also als fest annehmen, dass das Metastigma nirgends ein Metathorakalstigma, vielmehr das Mesostigma dem Metathorax zuzutheilen sei. Es bliebe die Frage, ob es doch auch ein wirkliches Prothorakalstigma gebe, also das Prostigma zuweilen ein solches, nicht immer ein mesothorakales sei, dabei sonderbarer Weise stets nur in einer dieser zwei Stellen vertreten. Palmén, dessen Untersuchungen für den Nachweis von Verbindungen der Tracheenstämme mit der Haut an Stellen, welche Stigmen nicht haben, aber Stigmen vertreten, von Werth sind, hält das Prostigma von Raupen, Larven lamellikornen Käfer, Blattwespen und anderer für wirklich prothorakal, da bei solchen der Mesothorax sein eignes Paar geschlossener Thorakalstränge besitze. Er sucht auch einen Rest prothorakaler Stämme in einem das Hinterhauptsloch mancher Insekten in zwei Etagen theilenden Apodem. In Funktion würde dieses Stigmenpaar nur kompensatorisch bei Verschluss des mesothorakalen treten und es hätte sich eben deswegen stellenweise erhalten. Die betreffenden Untersuchungen erscheinen in diesem Punkte kaum genügend. Bei Bienenlarven wird ein prothorakales Stigmenpaar nicht einmal embryonal angelegt. Bei *Calliphora erythrocephala*, der blauen Brummfliege (vgl. Fig. 299, p. 119) finde ich selbst elf Querkommissuren am Tracheensystem. Wenngleich diese elf mögliche Stigmenpaare ausdrücken dürften, so beweist doch dieses nicht nothwendig für die eventuelle Stigmenvertauschung, anstatt für Verschiebung, da der vorderste Bogen stets stigmenlos sein könnte.

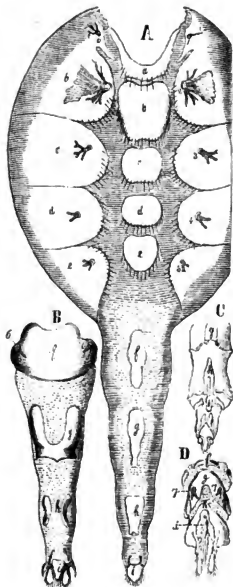
Bei der Anbringung der Stigmen konkurriren die verschiedenen Bedürfnisse des Körpers. Im Dienste anderer Funktionen als der Athmung ausgebildete Skeletstücke umwachsen und unterdrücken Stigmen oder drängen sie aus der zunächst gegebenen Stelle. Die Befriedigung der verschiedenen Bedürfnisse geschieht nicht immer in gleichmässiger metamerischer Anordnung. Die Stigmen, indem sie den festen Platten ausweichen, schliessen sich manchmal deutlicher den vorliegenden, öfter den hinterliegenden Segmenten an.

Wie in der energischen Verwendung für das Kaugeschäft am Kopfe, bedingungsweise ähnlich am Prothorax und in den mancherlei Aufgaben des Hinterendes in starken Afterfüßen, Geschlechtsgliedern, hinteren antennenartigen Anhängen u. s. w. das Motiv für die Beschränkung der Athemorgane an den beiden Enden der Stigmenreihe gesucht werden darf, so kann unter besonderen Modifikationen einiger Segmente des Hinterendes, z. B. im Legerohr der Dipteren, auch bei scheinbarem und wirklichem Mangel an der vollen Zahl der Segmente eine weitere Reduktion der Zahl der Stigmen vom hinteren Ende her eintreten. Dass ferner Stigmen innerhalb der gewöhnlichen Reihe mangeln können, davon haben wir schon bei den gedachten Raupen ein Beispiel gesehen, man mag, das Prostigma dem Prothorax zuerkennend, deren zwei Paare, oder es dem Mesothorax belassend, nur ein Paar vermissen. Wenn Stigmen in der Reihe fehlen, so sind sie im Larvenstande nach Palmén doch durch blinde Stämme vertreten. Larven haben demnach entweder elf, oder, mit Auslassung des Prothorax, zehn als Summe der vorhandenen Trachealwurzelstammpaare mit oder ohne Stigmen. Bei Verschluss aller Stämme heissen Insektenstände apneustisch, bei Oeffnung aller holopneustisch, bei der nur des ersten Paares propneustisch, nur des letzten metapneustisch, des ersten und eines oder einiger hinterster amphipneustisch, bei Verschluss eines oder zweier am Thorax peripneustisch, eines oder einiger am Hinterende und etwa noch an anderen Stellen hemipneustisch. Auch bei erwachsenen Insekten können fehlende Stigmen durch blinde Stämme vertreten sein, aber die Summe der dadurch ergänzten Stigmenpaare übersteigt nicht zehn. Auch können mit den Stigmen die blinden Stämme fehlen. In diesem Falle kann die Holopneustie, so wie Palmén den Ausdruck anwendet, das Offensein aller Stigmen, nicht die vollkommene Versorgung der Segmente mit Stigmen bezeichnend, bei erwachsenen Insekten auch dann bestehen, wenn die Zahl der Stigmenpaare einen oder den anderen Ausfall erleidet, auf neun, sieben, sechs, vier reduziert und ein amphipneustischer, peripneustischer, hemipneustischer Zustand nachgeahmt wird.

Die Beschränkung der Stigmen wird theilweise veranlasst durch die Verwendung der Segmente zu spezifischen Diensten mit Einengung, Verwachsung, Verkümmern, also in der Konkurrenz gegen die Athmung, und man kann im Eingehen auch der blinden Trachealwurzeln die höhere Vollendung dieses Vorgangs finden. Dieses geschieht vorzüglich am Hinterende in Entwicklung der Gerüste für Geschlechtzwecke und der Stacheln, doch auch an der Wurzel des Hinterleibs in Verschmelzung vorderer abdominaler Segmente, welche den Bewegungen des Hinterleibs im Ganzen zu dienen pflegt. Zum anderen Theile scheint sie mit dem Resultat der vorzüglichen Nützlichkeit der erübrigenden Stigmen aus dem Dienste der Athmung selbst hervorzugehen. Diese Nützlichkeit kann eine allgemeine sein und so ist die

Bevorzugung der terminalen Stigmen bei Leben im Wasser zu verstehen; sie kann auch eine lokale sein und eine solche besitzen thorakale Stigmen, wo sie beim geflügelten Imagozustand aber nicht im Larvenstande sich finden. Die Stigmenanbringung kann dabei im Laufe des Lebens eines Insektes

Fig. 297.



Hinterleib und Theile desselben von *Calliphora erythrocephala* Meigen, 20mal vergrößert.

A. Das ganze Abdomen des Weibes mit ausgeschobener Legeröhre, welche von den eingeengten hinteren Segmenten gebildet wird, von der Bauchseite. Die neun Segmente sind wie in den anderen Zeichnungen mit Buchstaben nach alphabetischer Reihe bezeichnet. Die fünf ersten abdominalen Stigmen, ebenso mit Zahlen numerirt, kommen durch die Ausdehnung der dorsalen Platten in dieser Bauchansicht zur Erscheinung. B. Die Legeröhre von der Rückenseite. Dieselbe zeigt bei sechs das sechste Stigma. C. Begattungsrohr des Männchens von der Bauchseite. D. Dasselbe von der Rückenseite, wo es im siebten Segmente g das der Zahl nach sechste Stigma in der Stelle eines siebten hat.

ebenso wohl verändert werden dadurch, dass vorher geöffnete Stigmen sich schliessen, selbst nicht einmal als blinde Stigmen erhalten bleiben, als dadurch, dass vorher geschlossene, aber doch durch Trachealwurzeln angedeutete sich öffnen. So kann sich nicht allein die Zahl der Stigmen, sondern auch das Prinzip der Distribution verändern, dieses Alles im Zusammenhange mit biologischen Leistungen auf anderen Gebieten. Die Veränderungen am Hinterende geschehen am gewöhnlichsten wegen der erst spät eintretenden Verwendung der Theile für den Geschlechtsdienst, die Veränderungen am Mittelleibe theils mit Wegfall spezifischer Verhältnisse, theils mit Ausbildung der Flügel. Ein aufbrechendes Stigma kann, wie beim Maikäfer am Thorax, die Zahl, welche die Larve hatte, trotz des Eingehens eines anderen, hier des letzten abdominalen, erhalten.

Die Maximalzahl offener Stigmen zeigen ausser manchen Käfern, z. B. *Dyticus*, Heuschrecken und Schmetterlinge; auf neun Paar sinken viele Käfer, Lamellikornien und Holzböcke, sowie andere Orthopteren, Libellen und Termiten; auf acht Paar die meisten Hymenopteren, bei welchen die Verkümmerung des achten Hinterleibsring bei Befestigung zur Stachelanbringung ein Stigmenpaar verschwinden macht, manche Hemipteren; auf sieben die meisten Hemipteren, die Wespen; auf sechs nach einigen Angaben die

pupiparen Dipteren. Fünf und herab zu drei werden für Musciden angegeben. Bei der blauen Brummfliege, *Calliphora erythrocephala* Meigen, finde ich jedoch allein sechs abdominale mit einiger Verschiedenheit für die Geschlechter angebracht. Beim Weibe ist das der Reihe nach sechste gegenwärtig und das letzte; beim Manne tritt statt dessen das siebte auf, beide allerdings leicht zu überschen. Die Larven der meisten Fliegen sind mit nur zwei Paaren amphipneustisch, einige Tipulidenlarven mit nur einem Paare metapneustisch und ebenso, wenigstens nach Dufour, die Wasserwanze *Nepa*, während Burmeister für diese schon wegen des Prinzips, dass für fliegende solche unentbehrlich seien, noch Metastigmen als vorhanden annahm.

Die Stigmen sind seltener und nur bei geringen Dimensionen, z. B. bei Läusen, rundlich, häufiger spaltförmig, wobei der Spalt verschieden gerichtet sein kann. Der Spalt wird begränzt von Klappen, den Lippen von Réaumur, und es entsteht ein Stigma bilabiatum. An den Lippen pflegt die Chitinlage verstärkt, wie man es ohne histiologische Begründung nennt, hornig zu sein. Die gegen einander gelegten Lippen schliessen das Stigma. Sie können ihre Bewegungen mehr in der Art wie Thürflügel oder Muschelschalen klappend oder mehr gleich Schiebethüren machen. Die Bewegungen werden ausgeführt durch die Hautmuskeln, die Beweglichkeit wird gewährt durch Nachgiebigkeit der Haut in nächster Umgebung. Falls das Stigma nicht unter dem Rande des vorausgehenden Segmentes versteckt liegt, ist es oft in einer kleinen Entfernung von einem weiteren Chitinringe, dem Peritrema, umgeben, welcher der Muskulatur Ansatz und die festen Punkte gewährt, welche sonst die Segmente selbst geben. So hat ein Stigma seine besondere Muskularbeit, es kann für sich geöffnet und geschlossen werden. Die Skeletstückchen, welche an den Stigmen verwendet werden, kann man mit den lateralen vergleichen, welche sich bei *Geophilus* so charakteristisch zwischen die Hauptplatten am Rücken und Bauch schieben. Die Stigmen sind ausserdem öfter mit Borsten umstellt, gegen Parasiten, Staub und Flüssigkeit während der Athmung geschützt; die Ränder der Klappen können gezähnt, gefingert, mit Federhaaren besetzt in einander greifen, so um so besser schliessend. Der Saumring eines Stigma kann sich wie ein Hörnchen erheben. Durch bunte Einfassung entstehen *Stigmata ocellata*. Larven lamellikorner Käfer haben Stigmen, welche das Ansehen einer siebförmig durchlöchernten Platte haben. Burmeister hat jedoch auch hier einen einfachen Eingang gefunden. Auch weiter einwärts an dem erweiterten Anfangsstück der Trachee kann ein besonderer Tracheenverschlussapparat vorhanden sein, von welchem wir später weiter reden wollen, und noch in den Eingängen der nächsten Aeste kann durch Haare, Stachelchen und Knickungen ein Schutz und Abschluss gewonnen werden.

Die auf den Stigmen Ursprung nehmenden Tracheen sind nicht selten schwärzlich, braun, tintenblau, bei *Phasma gigas* nach Burmeister roth. Hornfarbig oder schwärzlich erscheint wohl die Chitinsubstanz, die bunteren Färbungen rühren von der chitinogenen Membran her. Luftgefüllte Tracheen glänzen wie Silber oder Seide, wenn sie farblos sind. In den Häutungen löst sich die Trachealchitinhaut gleich den äusseren Decken ab; sie wird durch die Stigmen ausgezogen, schnurrt dabei zusammen und wird durch ein neues erstarrendes Sekret ersetzt. Die Veränderungen geschehen dabei ganz wie die auf der Haut und an Gliedern. Indem die Tracheen an alle Organe gehen, überall mit einer lebendigen Haut und mit elastisch stützenden Röhrchen, bilden sie die wesentlichsten Befestigungen für die Organe, ersetzen das Bindegewebe.

Man kann davon Ausgang nehmen, dass einem Stigma die Versorgung der ihm zunächst liegenden halben metamerischen Region zufalle und dass seine Grösse dem respiratorischen Bedürfniss dieser Region entspreche. Die Aeste des von ihm ausgehenden Trachealhauptstammes, einer Trachea originis, versorgen jedoch nicht grade blos die zugehörige Segmenthälfte. Selbst in den einfachsten Verhältnissen pflegt ein vorderer verbindender Ast zu dem zunächst vorausliegenden Originalstamm und einer zu dem zunächst nach hinten folgenden zu gehen, in Ermangelung eines solchen Nachbarn aber ein Bündel Aeste die für das benachbarte Segment schickliche Distribution zu übernehmen. Durch solche Tracheae communicationis treten die Originalstämme einer Seite in Verbindung unter einander; die Stigmen derselben Seite können dann für einander eintreten. In gleicher Weise geht ein Ast einer Tracheenwurzel querüber als Trachea commissuralis zu dem Partner auf der anderen Seite und bewirkt, dass die Arbeit für Luftbewegung auf einer Seite auch für die andere nützlich wird. Ausser diesen Hauptverbindungen, welche auch in doppelten Längsstämmen und querüber wie am Rücken so am Bauch auftreten können, giebt es in der Regel ein tieferes Netz feiner Verbindungen, Tracheae connectivae, besonders an den Eingeweiden, und auch in diesen können sich stärkere Stämme hervorthun. Das feine Netz haben bereits die Skolopender.

So lange, abgesehen von der Versorgung einiger vordersten und hintersten Segmente durch das erste und letzte Stigma jedes Segment seine eigenen Tracheae originis hat, haben die Kommunikationen nur eine ausgleichende Bedeutung. Durch sie kommen, wenn ein Stigma vorübergehend verlegt, die Bahn seiner Trachealäste durch Druck gefüllter Eingeweide, der sich füllenden Geschlechtsorgane unwegsam ist, die ihm zuständigen Abschnitte doch, wenn auch auf Umwegen zu ihrer Luft. Ueberdies werden die zahlreichen Oeffnungen eines in sich zusammenhängenden Kanalsystems jede Verschiebung innerer Theile für Luftbewegung nutzbar machen.

Doch können schon da, wo die Luflöcher in grossen Zahlen erhalten sind, die Kommunikationsröhren eine bedeutende Ausbildung erfahren. Marcel de Serres unterschied sie dann als röhriige Luftgefässe von den direkt vom Stigma zu den Organen sich verbreitenden, seinen arteriellen. In der Entwicklung zu den Körper durchziehenden Längsstämmen gestatten es die Kommunikationen, dass gewisse Stigmengruppen nebensächlich werden, dass anfängliche Wurzeln als Aestchen erscheinen, für die Gestalt nicht mehr maassgebend sind, endlich blind werden oder schwinden. Je mehr die Luflöcher beschränkt werden, um so grösser wird die Bedeutung der Kommunikationen. Unter besonderen Verhältnissen für die Athmung können sogar die Funktionen derjenigen Stigmen, deren Regionen das grösste Respirationsbedürfniss haben, der Prostigmen, welche Kopf, Vorderfüsse und einen Theil des Mesothorax, und der Metastigmen, welche den meist für das Fluggeschäft bedeutendsten Metathorax, die dritten Füsse und einen Theil des ersten Abdominalsegments versorgen, von hinten durch die Kommunikationsröhren ersetzt werden. Diese haben nun eine regelmässige Funktion; die Aeste für die Regionen nehmen ihren Ursprung aus ihnen, sie liefern die Tracheae commissurales. Erübrigt nur ein Paar Stigmen, so erscheinen die röhrenartigen Luftgefässe als auf diesem mit voller Breite wurzelnde Stämme; giebt es ein solches an jedem Ende, so spannen sie sich zwischen diesen aus.

Solches ist eine der Modalitäten, welche die Athmung der im Wasser lebenden Insekten und Insektenlarven sichern. Es giebt bei diesen Athmeinrichtungen in zwei Hauptklassen, erstens solche mit offenen Stigmen und zweitens solche ohne offene Stigmen, und für beide Klassen wieder Unterabtheilungen. Wir haben es zunächst mit denjenigen Einrichtungen zu thun, welche im Wasser lebenden Insekten und Insektenlarven die Benutzung offener Stigmen ermöglichen.

Bei vielen im Wasser lebenden, namentlich bei erwachsenen Insekten, also besonders Käfern, findet keine oder keine erhebliche Beschränkung der Stigmen statt und die Einrichtungen für Verschluss und Bewahrung weichen von dem, was man bei terrestrischen findet, nicht auffällig ab. Wasserkäfer haben häufig die Flügeldecken so gewölbt, dass Raum für eine ziemliche Menge Luft über dem Abdomen bleibt, dessen Stigmen unter diesen Flügeldecken versteckt liegen. Wie Landkäfer mit gehobenen Flügeldecken Luft in ihre Stigmen zu pumpen pflegen, wenn sie fliegen wollen, so erneuern solche Wasserkäfer, sich an die Oberfläche des Wassers, manchmal nur mit dem Hintertheile, erhebend, den Vorrath eines oberflächlichen Luftreservebehälters, aus welchem sie unter Wasser einathmen und in welchen sie ausathmen. Fliegt ein solcher Käfer, so liegen während dieses das Athmungsbedürfniss sehr vermehrenden Vorganges die Athmelöcher ebenso frei, wie bei anderen. Bei den Gyrimen, Wirbelkäfern, haftet stets

eine Luftblase an der mit fettigen Haaren bekleideten Aftergegend. Der Pechkäfer, *Hydrophilus*, bringt, wie Nitsch berichtet hat, mit den an die Luft gehobenen Fühlern einen Lufttropfen unter den Leib, wo er in den Haaren haftend zu den Stigmen gelangen kann. Unter den Wasserwanzen bringen die Rückenschwimmer, Notonektiden, ihren Bauch an die Luft, fassen zwischen dessen Behaarung oder, sobald erwachsen, unter die Flügeldecken eine Luftblase und suchen wieder die Tiefe. In allen diesen Fällen sind die röhrigen Luftgefäße, Längsröhren und Querröhren, bedeutend, aber in den Hauptsachen nicht verschieden von denen etwa der Stabheuschrecken oder der Hymenopterenlarven, welche doch an der Luft leben.

Nur hintere offene Stigmen haben dagegen in Ermangelung der Flügeldecken und ähnlicher Hilfsmittel und sind metapneustisch die Larven mehrerer Wasserkäfer, wie von *Dyticus*, *Hydrophilus*, *Helodes*, *Cyphon*. Die Stigmen stehen dann mit behaarten Anhängen in Verbindung und nur diese werden zeitweise an die Oberfläche gehoben. So haben auch andere Wasserwanzen, *Nepa* und *Ranatra*, nur die hintersten Stigmen offen und bilden, indem sie die Antheile der Stachel oder Legstachel anderer

Fig. 298.



Nepa cinerea Linné, Wasserskorpion oder Wasserwanze, von unten gesehen mit Athemrohr und blinden Abdominalstigmen.

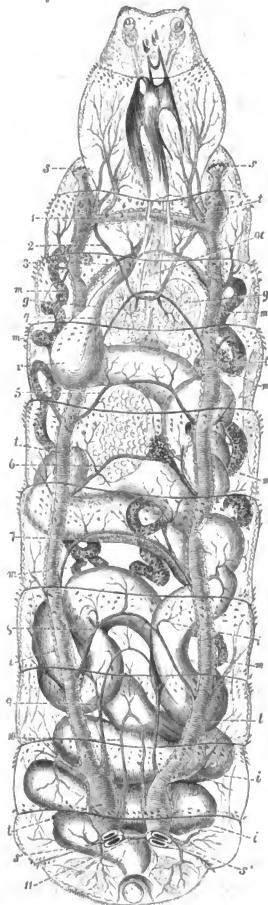
Insekten entsprechenden, halbrinnenartigen Anhängen des letzten Segmentes von beiden Seiten zusammenlegen, einen *Tubulus respiratorius*, auf dessen Grund jene Stigmen angebracht sind. Für die Athmung genügt, dass die Spitze des Rohrs an die Oberfläche des Wassers gebracht wird, und die Wanze kann das Rohr emporstrecken, während sie, den eigentlichen Leib ganz unter Wasser und ziemlich in horizontaler Lage belassend, ihren sonstigen Geschäften nachgeht.

Besonders häufig sind metapneustische Formen aber auch amphipneustische unter den Larven der Dipteren. Es kann sich aus dieser Metapneustie zunächst eine Amphipneustie entwickeln, auch, nach Ansicht vieler Autoren, ein propneustischer Puppenstand auf einen metapneustischen Larvenstand folgen. Es wird solchen dadurch nicht allein ein Aufenthalt in süßem und salzigem Wasser, sondern auch in Säften von mancherlei Art, in Pflughruben, in bei Fäulnis sich bildenden Jauchen, in Eiterbeulen, Mägen und Nasenhöhlen, selbst in Tracheen anderer Insekten und in dem Uterus der Mutter möglich gemacht. Metapneustisch sind Larven von *Culex*, *Ptychoptera*, *Eristalis*, von Tachinarien, den ektoparasitischen *Conopiden*, *Pipunculiden*, von *Ocyptera*, anfänglich die von *Musciden*, amphipneustisch in baldiger Folge die von letzteren, die von *Oestriden*, *Asiliden*. Die hinteren frühesten Stigmen der *Muscidenlarven* sind dreispaltig. Leuckart sah die der Pupiparen, deren

Tracheensystem mit zuerst von allen Organen im Embryo gebildet wird, anfangs im einfachen Paare über dem After mit den Rändern zusammenstossend und verstand die spätere Theilung der Oeffnung und den Ursprung von drei Wurzeln aus derselben als eine Vertretung von drei zusammenggelegten Stigmenpaaren. Dabei bestehen nur zwei Querkommissuren, eine vordere und eine hintere, aber, indem der Längsstamm jeder Seite in einen dorsalen und einen ventralen Stamm zerfällt, giebt es zwischen diesen sieben vertikale Kommissuren. Für pro-neustisch werden angesehen die Puppen von *Corethra*, *Culex*, *Ptychoptera*.

Es ist bei solchen Dipterenlarven sehr gewöhnlich, dass die Stigmen durch sogenannte Stigmenträger, Plättchen und Röhrrchen mannigfacher Gestalt und mit Chitin gedeckt, über die Oberfläche erhoben werden. Als eine stärkere Ausbildung solcher treten bei im Wasser lebenden entweder zwei gesonderte, symmetrische, fussähnliche, mit Borsten und

Fig. 299.



Larve der Brummfliege, *Calliphora erythrocephala* Meigen, 40mal vergrößert, zur Darstellung des Tracheensystems.

s. s. Die vorderen Stigmen. s' s'. Die hinteren Stigmen. t. t. Die Längsstämme. 1 — 11. Die segmentalen Querstämme. oe. Speiseröhre. v. Saugmagen. i. i. Darmkanal. m. m. Malpighische Gefässe. g. Gehirn.

Haken umstellte kurze Röhren dorsal am achten Segmente auf, auf deren Spitze die Stigmen münden, oder solche verbinden sich zu einem einfachen Rohr, welches entweder vom gleichen Segmente abstehend sich erhebt oder bei den Eristalislarven eine Fortsetzung des teleskopartig ausschiebbaren Hinterleibes selbst ist, diesen den Vorderkörper um das Zehnfache übertreffen machend, den Namen der Rattenschwänze bedingend, die Stigmen in einem gemeinsamen Rahmen, auch wohl mit einem Blätterkranz umstellt an seiner Spitze führend. Solche getrennte oder einfache Athemröhren tragen den Körper der Larve mit ihren besonderen Ausrüstungen an der Oberfläche des Wassers, lassen ihn haften an schwimmenden Blättern und kleinen Schmutztheilchen oder bringen doch mindestens die Stigmen leicht an die Luft. Die Längsstämme, vielfach durch Kommissuren verbunden, werden durch geschlängelten Verlauf den wechselnden Expansionen des Leibes gerecht. Während die Muscidenlarven die vorderen Stigmen sehr früh ausbilden, amphipneustisch werden, würden die Schnaken, Culiciden, erst für den Puppenstand dieselben zum Durchbruch bringen, dagegen die hinteren schliessen und so die Athemstellen vertauschen. Auch auf diesen vorderen Trachealwurzeln erhebt sich die Haut und bildet ein Paar gebogener Hörnchen. Während die Larve, mit dem Munde im Schlamm Nahrung suchend, die hintere Athemröhre oder deren zwei bequem benutzt, treibt die nicht fressende Puppe mit dem Kopfe oben, die Nackenhörner führen ihr Luft zu und die Haltung in diesem Stande sichert der Mücke, wenn sie mit Zerreißen der Puppenhaut im Nacken aus der Puppe ausschlüpft, direkt das Gelangen an die Luft. Palmén freilich bestreitet, dass jene Hörner offen seien. Nur an der Spitze becherartig eingetieft, müssten sie in solchem Falle in Diffusion durch die verschliessende Membran athmen. In der letzten Häutung eröffnen sich auch die Stigmen des Mittelleibes.

Sobald Stigmen äusserlich angedeutet, wenn auch nicht offen sind, fehlen Trachealstränge zwischen ihnen und den Längsstämmen nicht.

Die feinsten Trachealäste, deren Chitinlage äusserst zart ist und des Spiralfadens entbehrt, müssen als die nächsten Organe für den Gasaustausch zwischen Luft und Geweben, die mit Spiralfaden ausgerüsteten in der Hauptsache als die Wege der Zufuhr und Abfuhr der Gase innerhalb des Röhrensystems angesehen werden. Indem jene alle Gewebe durchziehen, alle Organe umstricken und in sie eindringen, stellen sie ein Gleichgewicht her zwischen den Gasen der verschiedenen Organe, sowie zwischen denen der Organe im Ganzen und denen in den Röhren. Wenn ein Theil der feinen Netze in der Haut liegt und daselbst nicht durch imperspirabele, zuweilen nur durch äusserst zarte Zwischenlager von der Aussenwelt, besonders umspülendem Wasser getrennt wird, muss der Austausch der Gase aus anderen Stellen des Körpers mit denen in der Haut, welche selbst mit

denen des Wassers oder der Luft sich begleichen, eine Bedeutung haben. Die Befestigung der Chitindecke, welche übrigens die Widerstandsfähigkeit an der Luft lebender Insekten gegen äussere Einflüsse erhöht, steht im stärksten Widerspruch mit dieser Hautathmung. Die Ungunst der Volumvermehrung und des entsprechenden Respirationsbedürfnisses im Vergleiche mit der Oberflächenzunahme und der proportionalen Athemfähigkeit macht die Hautathmung ungenügend für harte, grosse und massige Insekten; kleine, gestreckte, oder in anderer Weise ihre Oberfläche vermehrende, welche, im Wasser oder doch versteckt und feucht lebend, eine zarte Decke haben, können von ihr erheblichen Nutzen ziehen und als Larven mit ihr ausreichen. Unter an der Luft lebenden scheinen es besonders die Springschwänze, aber auch andere, wegen träger Bewegung nicht mit einem starken Respirationsbedürfnisse behaftete und kleine Apteren zu sein, welche, obwohl sie Stigmen haben, von der Hautathmung grösseren Nutzen ziehen als von diesen. Im Wasser lebenden, namentlich im Larvenstande, welcher mit geringem Umfang beginnt und einen geringeren Stoffwechsel hat, giebt sie die Möglichkeit, beständig unter Wasser zu bleiben, macht sie unabhängig von periodischem Auftauchen zur Aussetzung der Stigmen an die Luft, von Einrichtungen zum Festhalten der Luft am Leibe, ja sie macht die Gegenwart von Stigmen überflüssig, selbst so, dass dieselben, da sie in störender Weise Wasser in den Körper eintreten lassen oder doch der Arbeit benöthigende Verschlusseinrichtungen verlangen würden, eher nachtheilig erscheinen.

So kommt ein gänzlicher Verschluss der Stigmen, ein apneustischer Zustand bei Insektenlarven mit Vortheil vor. Die Luftröhren sind dann nur noch Bahnen für den Austausch der Gase zwischen den Geweben. Ein oberflächliches Gewebe muss den anderen auf diesen Wegen Sauerstoff übermitteln und Kohlensäure abnehmen. In bei weitem den meisten Fällen ist es die äussere Haut, welche bei geschlossenen Tracheen für die Athmung aufkommt. Es kann aber auch die Darmwand sein. Sind Larven sehr jung, oder gehören sie zu sehr kleinen Arten, oder sind sie ganz besonders zarthäutig, wie die einiger Käfer und Dipteren, so die überaus zierlichen der Corethramücke, so genügt ein feinstes Netz von Tracheen in der gewöhnlichen glatten oder doch nur wie sonst sich in Wärcchen und Härchen erhebenden Haut. Es kann dabei auch wirkliche Respirationshaare geben, in welche Tracheen eintreten. Solche findet man in der Gegend späterer Stigmen büschelweise bei der Raupe der Motte *Paraponyx* (*Botys*, *Nymphula*) *stratiotata* Linné, welche an der Wasserfeder *Stratiotes alaria* lebt und bei anderen im Wasser lebenden Botidenraupen.

Haare gehen über in Fäden, Fäden in Blättchen, welche statt einer Trachee ein Netzwerk solcher enthalten können, und so vermitteln jene Haare der Botiden zu den besonderen Organen vieler Insektenlarven,

welche ziemlich gleichzeitig von Rösel und von Réaumur als Trachealkiemien bezeichnet wurden. Die Trachealkiemien sind metamerisch geordnete Hautfortsätze mit meist baumförmig verästelten Tracheen im Inneren. Während die gewöhnlichen Tracheen, die arteriellen des Marcel de Serres, am Stigma gleich einem abgehauenen Stamme beginnen, um sich nur einmal, im Leibe, zu verzweigen, setzen die auf Trachealkiemien aufsitzenen Stämme sich in der Regel aus einem verzweigten Wurzelwerke zusammen, um nachher alle die Möglichkeiten in Modifikation und Kombination zu bieten, welchen man an gewöhnlichen Tracheen begegnet.

Trachealkiemien kommen vor bei Larven, welche zu Formen gehören, deren nahe Verwandte ebensowohl zwar apneustische aber kienlose Larven, als metapneustische, hemipneustische oder peripneustische haben, namentlich unter den Wasserkäfern bei den Gyriniden im Vergleiche mit den Dyticiden, bei Hydrocharis oder Hydrous im Vergleiche mit Hydrophilus, bei Elmis, dessen Verwandtschaft so verschieden bestimmt worden ist, für die Schmetterlinge bei einem Theile der Rohrmottengattungen *Hydrocampa*, *Nymphula*, *Acentropus*, bei dem grössten Theile der Ordnung der Trichopteren oder Phryganeiden, Wassermotten, nämlich mit Ausnahme der Gattung *Enoycila*, bei den früher den Neuropteren zugerechneten, jetzt lieber als Orthoptera amphibiotica bezeichneten Perlaridae, bei den Ephemeridae und bei den Calopteryginen unter den Libellulidae, unter den Planipennia, dem Reste der alten Neuropterenordnung, bei *Sialis* und bei *Sisyra*, einer als Larve die

Fig. 300.



Larve von *Limnophilus vittatus* Fabricius? aus dem Neckar mit Kiemen an sieben abdominalen Segmenten, zweimal vergrössert.

Flussschwämme bewohnenden Hemerobiide, endlich bei einigen Dipteren. Auch für eine genuine Orthoptere beschreibt deren Vorkommen Wood-Mason, wenn auch nur in der verkümmerten Form, welche wir nachher bei erwachsenen Insekten kennen lernen werden. Eine Gespenstheuschrecke von Borneo nämlich, *Cotylosoma dipneusticum*, habe erwachsen neben Stigmen jederseits am Metathorax fünf kleine mit Haaren umstellte ovale Kiemenplatten.

Die Form und die Anbringung der Trachealkiemien ist verschieden. Die eher dorsal gestellten am Abdomen der Sialiden sind vielgliedrig, so dass sie den gegliederten Füssen homolog erachtet werden konnten, so auch die von *Sisyra*. Die von *Caenis* und ganz jungen *Heptagenia* sind zweigliedrig, die der gedachten Käfer, der Limnobien unter den Dipteren und der Gattung *Phryganea* sind einfach fadenförmig und ihnen können hintere fadenförmige Anhänge von gemischter Natur bei einigen Dipterenlarven und vordere bei deren Puppen angeheftet werden. Die Fäden stehen zahlreich in Büscheln bei anderen Phryganeiden, den Gattungen *Rhyacophila*, *Mystacides* und *Sericostoma*; sie bilden bis zu fünf Büscheln an einem Segmente bei *Limnophilus* aus der-

selben Ordnung, jedesmal drei auf den Seiten von Perla. Bei den Ephemeridenlarven sind die Einrichtungen mannigfaltig. Manchmal stehen an jeder Stelle blos Fadenbüschel oder vereinzelte oder gepaarte Blättchen, jedes längs der Kante mit zahlreichen Fäden besetzt, in allen diesen Fällen nur Kiemen von einerlei Form. In anderen Fällen aber steht neben einem fadenlosen Blättchen ein Büschel und man hat zweierlei Formen von Kiemen am selben Thiere.

Es ist hauptsächlich das Abdomen der Larven, welches Trachealkiemen trägt und es können die sieben vorderen, seltener acht, aber bei *Gyrinus* selbst zehn Segmente des Hinterleibs mit Kiemen versehen sein. Die Kiemenmöglichkeit geht über die Stigmenmöglichkeit hinaus. Das vorderste und das hinterste jener sieben Segmente bilden dieselben öfter in geringerer Grösse und einfacherer Gestalt aus und lassen sie nicht selten ganz vermissen. Die Kiemen können lateral, dorsal, wie bei *Ephemera vulgata*, und ventral, wie bei *Hydropsyche* (*Grammotaulius*) *atomaria* Fabricius angebracht sein, gruppieren sich wohl auch ziemlich in dorsoventraler Symmetrie wie bei *Limnophilus* (*Goniotaulius*) *griseus* Linné, finden sich überall, auf Rücken, Bauch und Seiten zerstreut bei *Phyganea*. Seltener finden sich dieselben mit Ausschluss des Abdomen an den thorakalen Segmenten, so an allen diesen bei den Perliden, soweit solche, nämlich die grösseren Arten, überhaupt Kiemen haben, aber nur im vordersten Paar bei Mücken der Gattungen *Chironomus* und *Simulia*. Ohne Unterschied sitzen an thorakalen und abdominalen Segmenten in zwölf Paaren die oben erwähnten Büschel von *Nymphula stratiotata*. Die Ephemeride *Oligoneuria* endlich hat die Kiemen an der Unterseite des Kopfes.

Wenn die Ephemeride *Palingenia virgo* das Ei verlässt, hat sie nach N. Joly noch gar keine Kiemen. Diese entstehen an dem krystallhellen Körper erst am achten bis zehnten Tage in Form einfach röhriker Säckchen, platten sich dann ab, wachsen, zacken sich aus und lassen den Trachealstamm in sich deutlich werden. Mit der Ausbildung der Kiemen erscheinen auch die Blutkörperchen. Bei *Elmis* entstehen nach Rolph zunächst solide Fäden

Die Kiemen können in den durch Anfang der Flügelbildung ausgezeichneten aber beweglich bleibenden Nymphenständen persistiren und dabei den Charakter der Larvenkiemen behalten, so bei Perliden und *Phryganeiden*, oder wenig modifizirt sein, wie bei den Puppen von *Baetis*, bei welchen an die Stelle von mit Fäden besetzten Blättern solche ohne Fäden treten können, neben welchen an den sechs ersten abdominalen Segmenten noch je ein Büschel von Fäden. Bei der in der Larve am

Fig. 301.



Das dritte abdominale Segment der Larve von *Limnophilus vittatus* Fabricius vom Bauche gesehen mit vier Kiemenbüscheln, die äusseren zweispaltig, 10mal vergrössert.

Hinterende mit Kiemen versehenen Diptere Anopheles haben die Puppen Stigmen, aber bei Chironomus und Simulia nur die Puppen thorakale Kiemenanhänge, die Larven nicht.

Der ausgezeichnete Entomologe Lacordaire durfte noch 1838 den Satz aufstellen, dass kein erwachsenes Insekt Trachealkiemen besitze.

Fig. 302.



Nymphenstand von *Perla bicauddata* Linné vom Bauche gesehen mit drei Paar thorakaler Kiemen, in natürlicher Grösse.

Aber schon im selben Jahre beschrieb Newman drei amerikanische Perliden, *Pteronarcys regalis*, *biloba* und *proteus* und 1839 Burmeister die sibirische *Pt. reticulata*, welche Büschelkiemen besitzen, und 1844 hob Newport die Bedeutung solcher Organe bei *Pteronarcys regalis* hervor. Die Kiemen finden sich bei diesem Insekt in dreizehn Paaren an der Bauchseite der drei thorakalen Segmente und an den zwei ersten Hinterleibsringen neben drei thorakalen Stigmenpaaren. Bei der Larve sind die thorakalen Kiemen stärker und sie hat ausser denselben noch quastenförmige an denjenigen Stellen, wo die Imago die thorakalen Stigmen hat.

Gerstäcker hat jenen 1873 die Gattung *Diamphipnoa* gesellt, bei welcher der Imago nur die Hinterleibskiemen, diese aber an den vier ersten

Segmenten und viel stärker zerschlitzt zukommen. Die Ringe des Thorax und die nicht mit Kiemen ausgestatteten des Abdomen haben offene Stigmen. Die Tracheenstämme für die Kiemen sind Zweige des jederseitigen grossen Tracheenlängsstammes des Hinterleibs.

Mit Rücksicht darauf, dass diese kiementragenden Perliden aussergewöhnlich gross sind, glaubte Gerstäcker die Kiemen kleinerer Arten möchten nur wegen ihrer geringen Grösse übersehen worden sein. Er stellte weitere Untersuchungen an und liess sich bei denselben davon leiten, es sei bei denjenigen Perlarien, welche im Larvenstande überhaupt keine Kiemen hätten, auch nicht zu erwarten, dass sie dergleichen als Imagines besässen, da Kiemen Larvenorgane seien; es sei ebenso wenig zu erwarten, dass solche, bei welchen im Larvenstande sechs quastenförmige Kiemen, wie man bis dahin meinte, an denjenigen Stellen des Thorax sässen, welche später von Stigmen eingenommen würden, derartige Kiemen trotz Stigmenausbildung behalten könnten. Es sei also die Aufmerksamkeit auf diejenigen zu richten, bei welchen die Kiemen fern von thorakalen Stigmen am Vorderrande des Prosternum gefunden worden waren, jederseits in der Dreizahl, die einzelnen lang oval in Form von Schläuchen oder Würsten und kleeblattartig zusammengestellt, und in etwaiger Persistenz der Ausbildung von Stigmen nicht in den Weg treten konnten, also die Arten der Gattung *Nemoura*. Das zweite Prinzip ist nicht richtig. Auch die scheinbar an den Stellen

der Stigmen stehenden Kiemen sind den späteren Stigmen nur benachbart; die Stigmen treten nicht an ihre Stelle und neben den Stigmen können auch bei solchen Formen einige Rudimente von Kiemen erübrigen. Das dritte Prinzip erwies sich dienlich; es ergab sich, dass auch bei einigen einheimischen Perlarien die Prosternalkiemen der Larven bei den Imagines in Zahl, Form und Lage, wengleich nicht in Grösse, erhalten bleiben, obwohl drei thorakale und sieben abdominale Stigmenpaare gefunden werden. Wenn bis dahin anderswo als bei Perlarien Trachealkiemen erwachsener Insekten nicht vorzukommen schienen, so würde solchen, die Richtigkeit der Beobachtung vorausgesetzt, nunmehr die oben erwähnte Mantide zu gesellen sein, für welche wir kaum biologische Motive zu einem stärkeren Ausbildungsstand bei den Larven aus verwandten Formen abzuleiten vermögen. Es bestätigte sich übrigens die anfängliche Vermuthung von Gerstäcker, dass bei den Nemouren die erwachsenen Insekten auf feuchten Moosbänken am Wasserrande und zwischen Kaskaden noch einigen Nutzen von den Kiemen zögen, indem sie sich mit der Brust in das feuchte Bett drückten, auch nicht recht. Jedenfalls war Wasserathmung kein merkliches Bedürfniss für das Wohlbefinden solcher Insekten. Die Trachealkiemen erscheinen als Larvenorgane, von welchen die Imago in einzelnen Fällen sich nicht ganz zu befreien vermag.

Dass Trachealkiemen gleich Gliedmaassen bewegt werden, wusste schon Rösel. Die der Sialiden wurden wegen der Ringelung sogar den Gliedmaassen verglichen. Diejenigen, welche am zweiten bis siebten Abdominalsegmente der Larven und Nymphen der Ephemerer vorkommen, gleichen hingegen durch die Besetzung mit Fiederhaaren nicht wenig den fadenartigen Schwanzanhängen, mit welchen das elfte abdominale Segment so ausgerüstet ist, dass man vielleicht als Träger der mittleren noch ein zwölftes, dem mittleren Schwanzflossenthail der Krebse entsprechendes, aber angewachsenes Segment unterscheiden

kann. Wirklich enthalten die beiden seitlichen Schwanzborsten stets einen besonderen Tracheenast, während die mittlere zuweilen von jeder der beiden seitlichen einen Zweig empfängt. In mehrere Blätter zerschlitzte Kiemen haben auch eine grosse Aehnlichkeit mit zerschlitzten Flügeln, etwa der Federmotten. Es lässt sich der Vergleich auch auf die Funktion ausdehnen, da Flügel beständig ein System von Tracheen empfangen, allerdings nach ihrer Fertigstellung wesentlich mit dem Effekt, dass die verstärkten Wände als Rippen ihr Gerüst bilden, jedoch nicht ganz mit Vernichtung der Hohlräume und Erlöschen der Verbindung mit den Tracheenstämmen des Rumpfes. In der Luft bewegte Flügel werden

Fig. 303.



Nymphe von *Ephemera vulgata* Linné aus dem Neckar mit Kiemen am zweiten bis siebten Abdominalsegment und drei analen Fiederborsten in natürlicher Grösse.

mit solchem Röhrensysteme nothwendig dem Gasaustausche dienen. Die Homologie der Kiemen und der Flügel besonders zu betonen, fehlt allerdings jeder Anlass; Haare sind jenen ebenso homolog. Die beiden Schwanzborsten einiger Perlalarven, grade auch von *Pteronarcys*, tragen ausserdem an ihrer Innenseite büschelförmige Tracheenkiemen.

An solche terminale Kiemen schliessen sich die der Larven der Libelluliden oder Odonata von Fabricius, welche überhaupt nur am Hinterleibsende Kiemen haben in der Form von drei länglich runden oder keulenförmigen, gefranzten Blättern am zehnten Hinterleibsringe. Solche finden sich bei den Gattungen *Agrion* und *Lestes* allein. Bei *Lestes* sind sie etwas länger. Sie kommen bei *Calopteryx* neben Darmkiemen vor. Die übrigen Gattungen, z. B. *Aeshna*, *Libellula*, *Gomphus*, haben nur Darmkiemen, keine Blätter. Bei den Puppen bleiben diese Anhänge wenigstens der Form nach erhalten. Ihre Gegenwart schliesst die sichtlichen Stigmen nicht aus, man findet von diesen zwei thorakale und acht abdominale Paare. Das Anhängen von Trachealfäden an abgelegten Häuten verführte, hier das gewöhnliche offene Tracheensystem anzunehmen. Aber die Stigmen sind bei den Larven geschlossen.

Nur der bezeichnete grössere Theil der Libellulidenlarven und Nymphen hat eine Athmung mit geschlossenen Tracheen in kiemenartigen Entfaltungen des Mastdarms. Letzterer ist erweitert und es liegen in ihm entweder mehrere gesonderte büschelförmige Kiemen oder eine kombinirte vielblättrige.

Fig. 304.



Nymphen von *Calopteryx virgo* Linné aus dem Neckar mit hinteren Blattanhängen in natürlicher Grösse.

In sie treten die Enden der vier Trachealhauptlängsstämme und verzweigen sich in ihnen mit Tracheenbüscheln. Die analen Anhänge, fünf an der Zahl, blattartig, davon drei entweder selbst Kiemen oder doch grösser als die anderen, entfernen sich zeitweise von einander, öffnen so den After und lassen durch ihren Trichter einen Wasserstrom in den Mastdarm eintreten. Durch eine Bewegung wie die eines Stempels wird das Wasser rasch ausgestossen und dient solches auch zur Ortsbewegung. In den Rektalpapillen anderer Insekten (vgl. Bd. II, p. 152) kann man diese Rektalkiemen wieder erkennen, morphologisch und zugleich mit einigem Dienste für Ath-

mung, wenn auch anscheinend in der Regel mit dahin verschobener Bedeutung, dass das Tracheennetz nunmehr Sauerstoff zuführt, statt ihn zu empfangen. In der Imago bildet das Gewebe der Mastdarmkieme einen Theil der Darmwand, hat aber keine respiratorische Bedeutung mehr.

Was den Umtausch von Trachealkiemen gegen Stigmen betrifft, so hat Palmén durch eine ansehnliche Reihe von Untersuchungen bewiesen, dass

es sich dabei nicht um eine Umwandlung desselben Organes in eine andere Gestalt handle, sondern um Ersatz eines Organes und seiner Funktion durch die Vollendung eines anderen, welches bis dahin unvollkommen war. Wo es, wie bei Ephemeriden, besondere Subimagines giebt, welche den ersten Abflug von der auf dem Wasser treibenden Puppenhülle besorgen und sich danach in einer nochmaligen eiligen Häutung in die Imagines verwandeln, haben jene gleich diesen zwei Paar offener Stigmen am Thorax und acht Paar am Hinterleib, soweit diese Zahlen nicht in einzelnen Fällen, manchmal in geschlechtlicher Differenz und in einigem Beharren bei Larven-eigenschaften beschränkt werden. In den vorausgehenden Nymphen und Larven ist die Stelle dieser Stigmen, wenn auch nicht äusserlich, wie z. B. oben bei Nepa und Libellula, doch innerlich bezeichnet durch Insertion von zehn Paar Fäden, welche von den Trachealhauptlängsstämmen zur Haut gehen. Die Fäden erreichen die Haut jeweilig am Vorderrande der acht ersten Dorsalstücke, Tergiten, des Abdomen und am Thorax an den Nähten zwischen den Pleurenstücken. Man hat damit eine Art von Stigmata imperforata, nur ist der Mangel der Perforation ausgedehnt zu einem Mangel des Hohlraums des Trachealwurzelstammes. Die Luftröhrenstämme der Trachealkiemn stehen nicht an den gleichen Stellen des Abdomen, sondern an den hinteren Ecken der sieben ersten Tergiten, soweit die Kiemen nicht am Anfange oder Ende dieser Reihe verkümmert sind, und bei Oligoneuria am Kopfe. Die Kiemen entsprechen den Stigmen weder in Zahl noch in der Lage; jene verkümmern, diese öffnen sich.

In den Strängen, welche von den zukünftigen Stigmenstellen zu den Tracheallängsstämmen ziehen, können die Epithelkerne der Tracheenhaut klar gemacht werden. Von letzterer umschlossen liegt ein solider Chitin-faden. Die Häutung eines geschlossenen Tracheensystems geschieht in der Weise, dass die abgehäuteten alten Chitinröhren in den neu abgesonderten stecken, dabei, weil in der Körpvergrösserung zu kurz, stellenweise zer-reissen und das neue weitere Rohr für Luftbewegung mit in Gebrauch nehmen. Löst sich nun die äussere Haut in Vollendung der Häutung, so wird das alte geschlossene Tracheensystem vermittelt der gedachten soliden Fäden ganz so aus dem Körper gezogen wie sonst ein offenes durch die Stigmen, im Allgemeinen in segmentaler Zuthheilung der Abtheilungen des Tracheensystems zu den Befestigungspunkten, vorn und hinten mit den nöthigen Modifikationen und mit entsprechender Grösse der einzelnen Oeff-nungen. In diesem Akte entstehen Stigmen und hohle Trachealwurzel-stämme. Im Larvenstande haben diese Stigmen und Stämme nur eine momentane Existenz, sie dienen nur der Häutung. Sie füllen sich und verkleben durch die frische Chitinabsonderung; diese wird solide, nicht röhrig. Nach manchmal zwanzig solcher Häutungen von Larven und Nymphen kommt die zum Subimagostand. Die neue Anlage des Tracheen-

systems ist in auffallendem Unterschiede viel weiter als die vorhergegangene, wie im Allgemeinen, so auch an jenen Fäden. Die Röhren und Oeffnungen schliessen sich diesmal nicht, sie sind definitiv und können in der noch nachfolgenden, abschliessenden Häutung weiter werden. Die Kiemen wurden in jenen Larvenhäutungen für die äusseren Wände im Zusammenhange mit der Haut gehäutet, innerlich für die Tracheen je durch das nächste Stigma; ihre weichen Gewebe blieben erhalten und sicherten den neuen Chitinbildungen die alte Form oder Entwicklung und die Fortdauer der Funktion. Bei der Bildung des Subimagostandes bleiben die Tracheen der Kiemen in den abgelegten Kiemenblättern. Sie sind also diesmal von den Stämmen abgerissen. Die weichen Gewebe haben in Schrumpfung sich aus der Kieme zurückgezogen, sind glatte Haut geworden, die Abgangsstelle des Kiementrachealstammes am Hauptstamm schliesst sich narbenartig.

Dies zu unterscheiden wird bei Perliden dadurch schwieriger, dass man nicht überall durch die räumliche Anordnung unterstützt wird. Kiemen kommen in dieser Familie nicht allein an solchen Stellen vor, welche sofort den genetischen Zusammenhang mit den späteren Stigmen ausschliessen, als prosternale und sternale an Vorderrand und Mitte des Prosternum, oder anale, sondern auch als pleurale an den Brustseiten und abdominolaterale, welche zur Annahme eines solchen Zusammenhanges sehr verlocken müssten. Von Newport's erster Beschreibung an bis jüngst wurde nicht anders angenommen, als dass hier die Stigmen an Stelle der Kiemen bei deren Abfall entstanden. Nach Palmén aber sind auch hier die Stellen nicht identisch, nur ist die, an welcher das Stigma durchbricht, sehr nahe derjenigen, auf welcher die Kieme aufsitzt. Nach ihm ist es ferner hier nicht eine Ausnahme, sondern ganz allgemein, dass Kiemen, wo sie bei Larven vorhanden sind, bei den Erwachsenen persistiren. Sie schrumpfen allerdings zur Unkenntlichkeit, verkleben und verstecken sich zwischen anderen Theilen, besonders in den Intersegmentalfalten. Die geringe Länge des Stammstückes vom Stigma bis zum Abgang des Kiementrachealstammchens mag, wie die letzte Häutung der Kiementrachee durch das Stigma, so auch die Erhaltung der Kieme selbst gestatten.

Die analen und rektalen Kiemen der Libellulidenlarven kommen für Stigmenbildung gar nicht in Betracht. Es brechen zwei thorakale und sieben, angeblich bis neun abdominale Stigmenpaare auf.

Bei den Trichopteren öffnen sich die Stigmen gleichfalls an durch Stränge angezeigten Stellen, die Kiemen schrumpfen, sind zuweilen schon bei der Nymphe, stets bei der Imago undeutlich.

Bei Sialis wandeln sich bei der Verpuppung, welche auf dem Trocknen geschieht, die gegliederten Abdominalkiemen in Höcker und die Abdominalstigmen brechen in genügend geschilderter Weise auf, die Thorakalstigmen thuen dieses aber erst beim Ausschlüpfen des erwachsenen Insekts. Das

neunte abdominale Segment der Corethra, welches die Puppenkiemen trägt, hat überhaupt niemals Stigmen; die sechs vorausgehenden haben bei der Larve die Stränge zu geschlossenen Stigmen. Von letzteren sind die vier vorderen Paare bei der Puppe verdeckt. Die hinteren Anhänge der Larve, das sogenannte Steuerruder, sind nichts als Borsten. Am Ende des Larvenlebens erheben sich auf dem Prothorax spindelförmige Blasen, in welche ein erweiterter Trachealstamm eintritt. Bei der Puppe verengert sich deren Basis zu einem Stiele. Den Hörnern der Culiciden gleichend, sind sie nach Palmén ebenso wenig mit Stigmen geöffnet als diese, was ältere Autoren und Weismann meinten. Sie öffnen sich auch nicht beim Ausschlüpfen der Imago.

Auch wo mehr ausnahmsweise in anderen Insektenordnungen bei Larven Kiemen erscheinen, oder Kiemen und Stigmen fehlen, wie bei parasitischen Dipteren und Hymenopteren, sind die Stigmen auf gleiche Weise vorbereitet.

Ich möchte keinen besonderen Werth auf die von Palmén gemachte Unterscheidung legen, dass die Kiemen der Larven von Ephemeriden, Agrioniden und Dipteren abgeworfen würden, die der von Perliden, von Aeshna und derartigen Neuropteren, von Schmetterlingen und Käfern persistirten. Es wird wohl niemals mehr abgeworfen als Chitingebilde, und diese immer gänzlich. Nur die Zurückziehung der Weichgebilde ist ungleich und die Ablösung der Kiementracheen geschieht einmal im Zusammenhang mit dem Tracheensystem, das andere Mal mit der äusseren Chitinhaut.

In phylogenetischer Betrachtung hat es Palmén unmöglich geschienen, ein geschlossenes Tracheensystem anders entstanden zu denken als durch Vermittelung eines offenen. Die offene Form sei die primäre, der Verschluss sei eine der Möglichkeiten der Anpassung an Wasserleben. Man kann dafür nach dem Principe der Entwicklung nützlicher Eigenschaften anführen, dass ein offenes Tracheensystem schon in den kleinsten Anfängen, auch bei zunächst ganz anderer Funktion, der der Hautdrüsen, ein geschlossenes aber nur bei einer Entwicklung nützlich sein konnte, bei welcher es in einem System an den tiefer liegenden Organen und zugleich in einem anderen an der Haut ausgebildet war, auch, dass in den Häutungen die geschlossenen Tracheen zunächst als offene entstehen. Aber undenkbar ist es nicht, dass bei der Einschiebung mesodermaler Gewebe zwischen die aus ektodermalen und endodermalen Epithelien gelieferten Organantheile in der embryonalen Entwicklung verbindende Stränge epithelialer Zellen erhalten blieben und das nicht vorbereitet wurde durch offene Einstülpungen der Epidermis. Diese konnten ihren Nutzen bringen nach Art bindegewebiger Befestigungen, diesen verstärken in soliden Chitinausscheidungen und solche, wie heute in Embryonen, so zu Anfang in der Zeit durch ausgehauchte

statt durch eingeathmete Gase, von innen nach aussen, statt von aussen nach innen hohl werden.

Trachealblasen beginnen ihre Entwicklung in der Regel erst beim Uebergang der Larve in die Puppe und vollenden sich bei deren Wandlung in die Imago. Bei den Corethralarven finden sie sich jedoch schon am noch gänzlich geschlossenen Tracheensysteme. Als Ursache der Unvollkommenheiten und Unregelmässigkeiten, welche sie in Ausbildung und Verlauf, als Spaltung, Unterbrechung, Verschränkung des Spiralfadens zeigen, wird man, wenn der Spiralfaden Ausdruck einer grösseren Energie der tracheogenen Zellen ist, vielleicht dort auftritt, wo das Chitinsekret zweier benachbarter Zellen zusammenfliesst, annehmen dürfen, dass an den Blasen durch die Ausdehnung eine im Verhältniss geringe Menge von Zellen betheiligt sei, die Zellen hier so nach allen Seiten gedehnt seien, wie die der feinsten Aeste in die Länge, so dass die ausgezeichnetere Funktion an den Zellgränzen sich verwische. Wenn man sagt, der Faden reisse an den Blasen ab, so darf das nur als Beschreibung eines Mangels an Kontinuität in der Herstellung verstanden werden. Gewisse Reliefs, Feldchen, Pünktchen und durch das Zusammenfallen Runzelchen giebt es genug an den Blasen.

Die Blasen kommen besonders vor bei lamellikornen Käfern, beim Maikäfer zum Beispiel gegen fünfhundert, bei Nachtfaltern, Wasserjüngfern, sei es im ganzen Körper, sei es mit Bevorzugung des Brustkastens. Man erkennt, dass sie nach Gestalt und Volumen für den Flug nicht begünstigten Insekten einige Hülfe gewähren, wie sie den Corethralarven wohl das Schwimmen erleichtern. Die Bewegungen des flieglastigen Maikäfers an Kopf, Hinterleib und Flügeldecken bezeichnen das Füllen dieser Blasen durch eingepumpte Luft. Ausser der Verringerung des spezifischen Gewichts und der Vermehrung der Reibung an der Oberfläche und vielleicht mehr als diese mag in Betracht kommen, dass durch diese Blasen den vorübergehend stark arbeitenden Organen, namentlich den Flügelmuskeln, ein Vorrath von guter Luft dargeboten und die Kohlensäure leichter abgenommen wird. Das Thier rüstet sich durch tiefe Athemzüge auf den nachfolgenden Bedarf. An die Stelle vieler kleinerer Blasen kann eine geringe Zahl grosser Luftsäcke an Hauptstämmen treten. So kommt bei Heuschrecken ein Paar auf jedes Stigma an Verbindungen zwischen oberen und unteren Längsröhren derselben Seite, bei vielen Dipteren, Homopteren, Hymenopteren in Bevorzugung des vermeintlich ersten aber vielleicht überall zweiten abdominalen Stigma (vgl. Fig. 297, p. 114 A bei 2) ein einziges Paar an der Wurzel des Hinterleibs. Von solchen grossen Blasen gehen Stämme auch nach vorn und hinten und man kann sie ableiten aus der Verbindung der segmentalen Stämme mit dem weiten Längsstamm. Sie können sich über

viele Segmente ausdehnen, den Hinterleib solcher Insekten glasartig machen und leer erscheinen lassen. Ihre Ausdehnung ist zuweilen umgekehrt proportional der sonstigen Füllung des Leibes, im Saugmagen mit Honig, im Darm, in Malpighischen Gefässen, in Geschlechtsorganen, im Fettkörper. Ein nur von ihnen erfüllter Leib, z. B. der eines männlichen Thieres nach gepflogener Begattung, knallt beim Zerdrücken wie ein gefülltes Bläschen. Die Erwärmung der Luft in so grossen Trachealblasen scheint beim Fluge im Sonnenschein von Bedeutung.

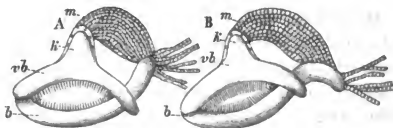
Die reiche Verbreitung der Tracheen und der sich an sie lehenden Luftsäcke gewährt selbst den verstecktesten Theilen eine direkte Athmung. Sie lässt fast gänzlich die äussere Athmung an die Stelle der inneren treten. Athmung kann bei den Insekten so energisch werden wie sonst nirgends und man kann darin zum Theil die sehr hohe Leistungsfähigkeit des Muskelsystems begründet erachten. Es besteht hierin ein sehr erheblicher Unterschied zwischen den Larven und den geflügelten Imagines. Nicht allein wird mit fortschreitender Entwicklung das Tracheensystem immer mehr ausgebildet, Apneustie oder Kiemenathmung durch Stigmen ersetzt, werden diese zahlreicher oder doch den neuen Bedürfnissen in Anbringung und Grösse angepasst, sondern es vermehrt sich auch die Energie der Dienste des Muskelapparats für das Athemgeschäft, die Ventilation im Tracheensysteme.

Wie Vaucouelin zuerst voll zu würdigen wusste, sind es vorzüglich die Verschiebungen der Segmente am Abdomen, durch welche Luft in die Stigmen eingesaugt und aus ihnen ausgepresst wird. Man kann davon ausgehen, dass bei Ausdehnung und Auseinanderschieben der Segmente in alle Stigmen Luft eintrete und bei Zusammenpressung und Verkürzung solche aus allen austrete, gleiche Einathmung und Ausathmung durch dieselbe Oeffnung. Das Abdomen arbeitet dann gleich einer Gummiflasche. Dieses Grundprinzip wird jedoch in der Ausführung wesentlich modifizirt. Gewisse Segmente sind durch ihre Festigkeit im Ganzen, durch Verwachsung unter einander, welche für andere Funktionen, z. B. die der thorakalen für den Flug, dienlich ist, von der Veränderung in Gestalt und Lage im Dienste der Athmung ausgeschlossen, sie verhalten sich, wengleich sie Stigmen haben, passiv, hängen von der Arbeit anderer ab. Ueber das hinaus wird der Gang des Athemstromes bedingt durch Weite, Gestalt, Anbringung der Stigmen, Verbindungsrohren, Blasen und Falten an und in den Tracheen, Reihenfolge der Muskelkontraktionen. So ist es durchaus nicht mehr Gesetz, dass das einzelne Stigma so viel Luft aus- als eintreten lasse. Es kann vielmehr durch eine Reihe von Athembewegungen überhaupt eine grössere Menge Luft zu einer Zeit in das System der Athmungsorgane eingepresst und zu einer anderen ausgestossen werden; es kann auch eine Region des

Körpers für Einathmung, eine andere für Ausathmung dienen, so dass ein erfrischender Luftstrom den Körper beständig in derselben Richtung durchzieht. Das wenigstens bei den Erwachsenen vorzüglich die Athemarbeit besorgende Abdomen gleicht in diesem Falle einem Blasbälge mit gesonderten Oeffnungen für Eintritt und Austritt der Luft, in jenem einer Luftpumpe. Es hat zwar jede Bewegung, auch die der Gliedmaassen, einigen Effekt für die Athmung, aber es giebt Bewegungen, welche keine andere Bedeutung haben als die respiratorische. Die Hinterleibsbewegungen eifrig naschender Wespen erinnern an das Schlagen der Flanken eines gehetzten Pferdes.

Bei solchen Modifikationen der Athmung wirken mit die Einrichtungen des Tracheenverschlusses, über welche uns besonders L. Landois und H. Landois und Thelen unterrichtet haben. Solche Einrichtungen mangeln bei keinem der untersuchten Insekten und in keinem Stadium gänzlich, sind aber bei den einzelnen ziemlich verschieden. Das Wesentliche ist, dass im Umkreis eines Trachealstammabschnittes die Chitinwand in zwei gesonderten Stücken sich verstärkt. Das eine streifenartige, gebogene Chitinstück, der Verschlussbügel, umgreift etwa die Hälfte des Trachealstamms und gewährt einen Anhalt, gegen welchen das andere, das Verschlussband, bewegt und angedrückt werden kann, so dass die Trachee geschlossen wird. Diese Arbeit wird durch einen quergestreiften Muskel vollführt, welcher durch Zwischenstücke auf das Band wirkt. Die Zwischenstücke sind ebenfalls chitinig, entweder je eins in Form eines hebelartig angebrachten Stabes oder eines Kegels, oder je zwei Kegel. Giebt es nur ein Stück, so geht der Muskel von dessen Spitze zum Bügel oder zu der Haut in dessen Nähe, sind zwei Kegel am Verschlussband, so verbindet der Muskel deren Spitzen, knickt durch deren Annäherung das Band ein und drückt es herab. Bei Erschlaffung des Muskels stellt die Federkraft des Bandes die Oeffnung des Trachealstamms wieder her; nach Graber aber giebt es

Fig. 305.



Tracheenverschluss der Küchenschabe, *Periplaneta orientalis* Linné nach H. Landois und W. Thelen, 58mal vergrössert.

A. In Kontraktion des Verschlussmuskels. B. In Erschlaffung des Muskels. In beiden Figuren haben die Buchstaben gleiche Bedeutung. m. Verschlussmuskel. k. Kegel. vb. Verschlussband. b. Bügel.

einen gegenwirkenden, öffnenden, wie einen verschliessenden Muskel. Form und Grösse der Stücke sind verschieden. Der Apparat ist oft mit blossem

Auge wahr zu nehmen. Insekten, welche rasch aufzufliegen vermögen und gut fliegen, haben einen besonders guten Verschlussapparat. Doch ist er auch stark bei im Wasser lebenden und fehlt nicht flügellosen Käfern und Wanzen, noch Flöhen und Läusen. Am unvollkommensten ist er bei den Neuropteren. Der Verschlussmuskel wird von einem nachweisbaren Nerven regiert.

Tracheenverschlüsse verhindern zunächst unter Umständen das Eintreten von schädlichen Gasen und Flüssigkeiten. Sie schützen Insekten lange vor dem Ertrinken und anderem Ersticken. Dieselben begünstigen dann die Aufspeicherung von Luft und schränken deren Bewegung ein.

Der Tracheenverschluss ist nicht identisch mit der Stigmenverwahrung. Diese kann neben ihm in Lippen, Klappen, Federhaaren, Zähnen, Borsten vorhanden sein und gestattet, Staub und Aehnliches abhaltend, doch den Wechsel der Gase. Starke Ausbildung an den Stigmen ist zuweilen umgekehrt proportional der des Verschlusses an Tracheen; die Einrichtungen vikariiren für einander. Der Tracheenverschluss kann mit den Stigmen verwachsen, wie bei Orthopteren und den Skorpionsfliegen, aber auch weiter einwärts von ihnen liegen als gewöhnlich; so rückt er beim Mehlkäfer an die Trachealblasen.

In der Nähe der Stigmen der meisten Insekten liegt eine Gruppe bunter grosser Zellen, welche, mit feinen Röhrchen auf der Haut mündend, als einzellige Drüsen angesehen und in ihrer Bedeutung so verstanden werden dürfen, dass sie die Umgebung der Stigmen einölen und gegen Wasser schützen. Man kann das Sekret auspressen.

Dauernder Verschluss der Stigmen tödtet die Insekten, partieller lähmt mehr oder weniger die betroffenen Segmente oder Seiten.

Der Nachweis des Athmungseffektes in Wärmeezeugung ist bei Insekten leichter als bei den bis dahin betrachteten und bei den noch zu betrachtenden wirbellosen Thieren. Während solche in den Versuchen die Temperatur der Umgebung kaum je um 2° C., meist nur um ein Bruchtheil eines Grades übertreffen, vermag ein Bienenschwarm seinen Stock selbst im Winter auf etwa $+ 30^{\circ}$ C. zu bringen. Die Wärme, welche ein unruhig gemachter aber eingeschlossener Schwarm erzeugt, steigert dann wieder die Unruhe und den Luftverbrauch, so dass dabei der Schwarm ersticken kann. Die Wärme der die Königin dicht umlagernden Arbeiterinnen erhöht deren Fruchtbarkeit.

Lufträume und Luftbewegung können den Insekten bei Erzeugung von Tönen dienen.

Viele Insekten erzeugen überhaupt keine merklichen Töne oder Geräusche. Andere bringen solche durch Reibung äusserer Theile an einander oder an fremden Körpern ohne direkte Mitwirkung des Athem-

apparats zu Stande. Will man den Titel der Stimme auf diejenigen Fälle beschränken, in welchen Töne durch Luftbewegung in den Athemorganen erzeugt, nicht etwa nur durch die Athemorgane verstärkt werden, so haben die wenigsten Insekten eine Stimme.

Von Aristoteles an hat man mit mehr oder weniger Glück nach dem Verständniss der einzelnen Fälle gesucht. Die genaueste Zusammenstellung und eigene Untersuchungen nach verschiedenen Richtungen hin verdanken wir H. Landois.

Wir wollen diejenigen Fälle, in welchen die Athemorgane nicht direkt mitwirken, hier auch berühren. Aristoteles unterschied solche als *ψόφος* von der Stimme *φωνή* und der Sprache *διάλεκτος*. Seit J. Müller die Untersuchungen über dieselben, namentlich bei den Fischen wieder aufnahm, nennt man solche Erzeugung von Tönen Psophosis. Aeusserere Apparate zur Tonerzeugung findet man an sehr verschiedenen Stellen des Insektenkörpers, an Leib und Gliedern. Bekanntlich erzeugen fast alle Bockkäfer einen geigenden oder zirpenden, hohen, gezogenen Ton, wobei man sie den Kopf senken und heben sieht. Sie reiben in dieser Bewegung mit einem scharfen Querleistchen an der Innenfläche des Prothorax in der Rückenmittellinie über denjenigen Theil des Mesothorax, welcher als vordere versteckte Verlängerung des Schildchens eine in der Mitte haarlose, gewölbte,

glänzende Platte bildet. Unter dem Mikroskope zeigt diese dem blossen Auge glatt erscheinende Platte eine Menge von Querleistchen und dazwischen Rillen. Indem man über sie mit einem Messerchen streicht, oder, indem man am frischen Thier den Prothorax in geeigneter Weise hin und her bewegt, kann man den Ton vollkommen nachahmen. Bei kleinen Arten nimmt die Zahl der Rillen nicht proportional der Grösse des Thiers und der Platte ab, so bei *Grammatoptera ruficornis* Fabricius mit hundertunddreizehn Stück gegen *Hammaticheros heros* Fabricius nur etwa um die Hälfte, während der Körper nur etwa ein Zehntel der Länge hat. Die Rillen werden demnach bei kleinen sehr fein und ihre Entfernung von einander wird äusserst gering. Man kann nicht zweifeln, dass auch solche einen Ton erzeugen. Das menschliche Ohr zwar vermag ihn nicht zu hören, weil er zu hoch ist, vermuthlich aber vernehmen ihn die Insekten derselben Art.

Bei den Todtengräbern, *Necrophorus*, ist es der fünfte Hinterleibsring, an welchem ein Reibzeug gebildet wird durch auf zwei symmetrischen

Fig. 306.



Hammaticheros cerdo Fabricius aus Corfu in natürlicher Grösse. m. Reibplatte des Mesothorax.

Längsleisten dicht an der Mittellinie angebrachten etwa hundertundvierzig Leistchen und Rillen und es ist eine vom Hinterrande der Flügeldecken nahe der Naht sich erhebende Leiste, an welcher jene bei Hebung und Senkung des Abdomen vorbei streichen.

Bei den Mistkäfern, *Geotrupes*, reibt der scharfe Hinterrand der Bauchseite des dritten Abdominalsegmentes schnurrend an einem gerippten Leistchen an den Hüften der Hinterbeine. Der Ton bei Verkürzung des Abdomen ist energischer als der bei Ausschlebung der Ringe.

Ich habe auch ganz winzige Wasserkäfer in Aquarien sehr leise und hohe Töne erzeugen hören, welche geheimnissvoll aus dem Wasser herauf klangen, da man den kleinen Musikanten nicht wahrnahm.

Das knipsende Geräusch, welches entsteht, wenn Springkäfer, um aus der Rückenlage in die dienliche Bauchlage zu gelangen, plötzlich den angestemmtten Sternalfortsatz des stark gehobenen Prothorax vom Rande der entgegenstehenden Grube des Mesothorax in deren Tiefe abgleiten lassen und so den Kopf in die Höhe schnellend mit dem Thorax aufschlagen, das Knacken der Flügelwurzelgelenke der Waffenfliegen, das Knistern und Säuseln der Libellenflügel können wohl als Nebenerscheinungen bei anderen Handlungen betrachtet werden, welche einen solchen besonderen Effekt, wie ihn die anderen erwähnten und noch zu erwähnenden Töne ohne Zweifel haben, nicht mit sich bringen.

Das tickende Klopfen der Todtenuhr, *Troctes pulsatorius* Linné, und Anderer kommt zu Stande, indem bei Feststellung des Körpers auf den Füßen der Kopf mit den Kiefern auf das Holz schlägt.

Den Einrichtungen der *Geotrupes* stehen nicht grade fern die musikalischen Einrichtungen eines Theiles der Heuschrecken, der Locustiden oder Akridier, welche man etwa als Wanderheuschrecken bezeichnen kann. Dieselben erzeugen ihre Töne, wie schon Aristoteles wusste, durch Reibung der Schenkel. Es beschrieben dann aber de Geer und Burmeister als Einrichtungen für die Stimmen diejenigen, in welchen Leydig und Siebold das Gehörorgan erkannten, das Trommelfell hinter dem ersten Stigma des Hinterleibs. Es haben dieselben an der Innenfläche der Hinterschenkel eine Schrillaiste, an welcher in langer Reihe zahlreiche feine Körnchen oder Zäpfchen angebracht sind. Bei *Stethophyma variegatum* Sulzer zähle ich auf ein Centimeter deren hundert, die Entfernung ist also ein Zehntel Millimeter. Die Schrillaiste wird an dem auch seinerseits auf und ab bewegten oder steif gestellten Oberflügel hin und hergezogen und erzeugt

Fig. 307.



Rechtes Hinterbein von *Stethophyma variegatum* Sulzer von Evolens im Wallis in natürlicher Grösse.

m. Die Schrillaiste.

an den harten Adern desselben einen Ton wie der Fiedelbogen an der Darmseite.

Die Flügel solcher musizirenden Akridier sind in der Regel an der Vorderkante erweitert, an einer oder mehreren Längsadern und an deren Geäder stark, im Ganzen straff, die Zwischenhäute gespannt; die gegen den Vorderrand verlaufenden Queradern schwellen an diesem körnchenartig an. Bei den Weibchen sind die Zähnnchen kaum merklich, die Flügel im Ganzen kleiner und weicher.

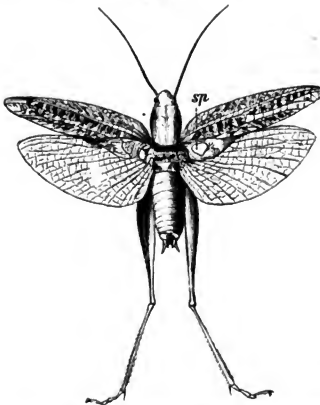
Fig. 308.



Rechter Deckflügel von *Stethophyma variegatum* Sulzer in natürlicher Grösse.

Viele Akridier erzeugen ein sehr lautes, rasselndes Flügelgeräusch, nach Landois ein Geklapper. Das thuen nur Formen mit einem kurzen, meist in einer Bogenlinie zurückkehrenden Flug; das Geräusch ist das Wesentliche, die Lokomotion Nebensache. Dieses Geräusch kommt allerdings durch den Flug zu Stande, aber so stark nur, indem die Flügel auf Kosten ihrer Flugfähigkeit modifizirt werden. Wie es scheint, schlagen die Wurzeln der Unterflügel gegen die starr gehaltenen kurzen Deckflügel. Man kann solche Heuschrecken Schnarrheuschrecken nennen. Ihr Flug ist ihre wirksame Musik. Sehr häufig lebhaft gefärbt, bieten die Männchen dem durch die Töne aufmerksam gewordenen Weibchen ihren Anblick.

Fig. 309.



Decticus verrucivorus Linné ♂, das grosse Heupferd in natürlicher Grösse. sp. Der Spiegel.

Anders verhält sich die Sache bei den Grylliden oder Laubheuschrecken und den Achetiden oder Heimchen. Auf einer ursprünglich gleichen Grundlage für Männchen und Weibchen und für rechts und links entwickelt sich beim Männchen am linken, überliegenden Deckflügel unterwärts an einer Flügelader, der Vena stridens, eine feilenähnliche Reihe von Hervorragungen wechselnd mit Kerben. Andererseits hat die rechte, unterliegende Flügeldecke

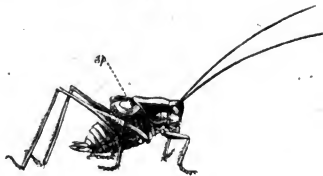
ein durch Aderlosigkeit und Mangel der sonst gewöhnlichen Fältchen und Spitzchen ausgezeichnetes und so sich durch Durchsichtigkeit auszeichnendes Feld, den sogenannten Spiegel oder Talgfeld, *Speculum seu Membrana resonans*. In sanften Abduktionen und Adduktionen der beiden Deckflügel wird die *Vena stridens* an dem verdickten Rande des hinteren inneren Winkels des *Speculum* vorbeigestrichen, davon schwingen beide Flügel, vorzüglich der Spiegel, und erzeugen den Ton. Der Spiegel hat verschiedene Form und Grösse. Er kann sich an sehr ausgebildeten Flügeldecken finden, bei *Conocephalus*, *Phaneroptera*, *Locusta*, *Xiphidium*. Wenn die Flügeldecken verschmälert werden, bleibt er relativ am breitesten; wenn sie in Verkürzung eingehen, persistirt er am hartnäckigsten. Die Flügeldecken fallen bei Schwund der Hinterflügel der ursprünglich am Flugapparat nebensächlichen Arbeit gänzlich anheim, so bei *Thamnotrizon* und in noch vollkommenerer Beschränkung auf das *Speculum* bei *Ephippigera*.

Die Schrällader kann zwanzig, dreissig, neunzig Kerbe und Stege haben. Die letzteren können, indem sie sich blattartig oder halbmondförmig auf einem eingeengten Stielchen ausbreiten, wirksam werden, einem *Plectron* gleich die Saite ruffend. Die Schrällader ist, wie Gräber nachgewiesen hat, obwohl

rechts in der Regel unthätig, doch auch daselbst vertreten, nur schwächer. Ebenso kann der Spiegel links, und das zuweilen gut, ausgebildet sein. In der Mehrzahl haben auch die Weibchen Spuren der musikalischen Apparate und erzeugen leise Töne. Bei dem Weibe von *Ephippigera vitium* Serville ist es aber die rechte Decke, deren Tonader am scharfen Rande der linken vorbeigeführt wird. Die Grillen erzeugen Töne sowohl durch Ausklappen als durch Einklappen der Decken, im Aufstrich und Abstrich.

Es wird die Sonderung der Einrichtungen, welche im Ganzen für die grossen Orthopterengruppen besteht, etwas verwischt dadurch, dass ein Akridier *Stethophyma grossum* Linné an den Schrällleisten der Hinterbeine der Zäpfchen ermangelt, dagegen an einer Längsader der Vorderflügel und an deren Zweigsystem zunächst grössere schüppchenförmige Vorragungen hat, welche weiterhin sich zu gleichen Zirpplatten entwickeln, wie sie namentlich die schwächer ausgerüsteten Locustiden haben.

Fig. 310.



Thamnotrizon cinereus Zetterstedt ♂ von Heidelberg in natürlicher Grösse. sp. Das *Speculum* des bis auf dasselbe verkümmerten rechten Deckflügels.

Bei der sehr leise zirpenden Gattung *Oecanthus* sind die Vorderflügel des Männchens im Vergleich mit denen der Weibchen sehr verbreitert, glasisch und eigenthümlich geadert, so dass die Adern mehr quer laufend die Form des Flügels besser zu erhalten scheinen. Für das dem Spiegel entsprechende kleine Feld scheint jedoch eher die linke Seite ausgezeichnet.

Die zitternden eigenen Bewegungen der Decken scheinen den Ton zu verstärken. Schneidet man einer Grille die Decken bis auf den Spiegel ab, so wird der Ton geschwächt. Bei einigen Phylloptera, *Platyphyllus* und *Pseudophyllus* bilden die langen gewölbten Decken einen äusseren Resonanzapparat. Bei *Ephippigera* dient als solcher der gewölbte, aufgerichtete und erweiterte, so die verkümmerten Flügeldecken überragende Hinterrand des Prothorax.

Bei allen bis dahin erwähnten Tonerzeugungen ist das Tracheensystem direkt nicht betheilig. Es ist jedoch in Betreff der Resonanz sein Verhalten niemals gleichgültig, wo Töne am Körper von Insekten gebildet werden. Seine Hohlräume, zumal die in blasiger Form, geben den von harten Decken umschlossenen, gespannten Leibern mehr oder weniger die Bedeutung der Resonanzkasten der musikalischen Instrumente. Wir finden es auch bei musikalischen Insekten in dieser Beziehung besonders ausgebildet. Der Thorax der Bockkäfer und das Abdomen der Heuschrecken sind reich an Trachealblasen. Deren Füllung und Spannung steigert die musikalische Leistung an heissen Tagen. Gewisse Heuschrecken, vor Allem aus der Gattung *Pneumora*, haben auch äusserlich die fünf ersten Hinterleibsringe stark gebläht und gleichen zum Verwechseln gewissen geblähten musikalischen Cikaden.

Der piepende Ton des Todtenkopfschmetterlings ist verschieden erklärt worden. Die alte Meinung von Réaumur, dass er durch Reibung der Palpen am Rüssel entstehe, wird dadurch unterstützt, dass, wie H. Landois fand, diese Palpen durch fünfunddreissig Querreifen zu Reibeplatten umgestaltet sind. Die Reifen sind beim Männchen feiner und sein Ton ist höher. Nimmt man die Palpen weg, so wird das Thier stumm. Die Palpen sind reich an trachealen Röhren und Blasen. Andere SpHINGEN haben entweder auf kürzeren und schmaleren Reibleisten eine ähnliche Menge von Reifen, oder, so *Sphinx convolvuli* Linné, der Windenschwärmer, zwar eben so lange Leisten aber mit viel mehr Reifen bedeckt, nämlich mit zweiundneunzig auf 2 mm. Länge. Indem so bei allen diesen die Reifen oder Stege für die gleiche Länge zahlreicher sind, meint Landois, der Ton möge auch hier zu fein sein, um von unserem Ohre wahrgenommen zu werden. Vielleicht stört auch die grössere Länge des Rüssels der gewöhnlichen SpHINGEN die Schwingungen. Bei noch anderen ist die Reibeplatte verkümmert. Es würden also innere Lufträume, deren Mitwirkung andere Autoren in verschiedener Weise angenommen haben, nur sekundär in

Betracht kommen, so die an der Rüsselwurzel im Kopfe liegende Höhle nur ein Resonanzapparat sein, nicht wie neuerdings Moseley gemeint hat, durch Ausstossen von Luft dienen.

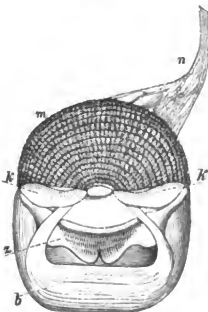
Die Flügel der Insekten können, abgesehen von den etwa an ihnen erzeugten Reibungsgeräuschen, durch ihre rapide Bewegung tönen. Der Flugton hat, den Uebermüdungsfall abgerechnet, bei jedem Insekte eine konstante Höhe. Art, individuelle Grösse innerhalb der Art, Geschlecht bedingen Unterschiede. Der Flugton der kleinen Männchen der Erdhummel, *Bombus terrestris*, Illiger ist um eine Oktave höher als der der grossen Weibchen. Sinkt mit Ermüdung die Zahl der Schwingungen, so sinkt der Ton, verkürzt man den Flügel, so steigt er. Zwischen verschiedenen Arten ist die Tonhöhe nicht nothwendig in der Richtung der Grössendifferenz verschieden; die der Biene ist um mehr als eine Oktave höher als die der kleinen Stechfliege, *Haematopota pluvialis* Linné. Man kann die Höhe des Flugtons mit dem Ohre und im Vergleiche mit Stimmgabeln bestimmen, man kann auch die Flügelspitzen befestigter Insekten ihre Schwingungen, wie es Marey gethan hat, auf dem geschwärzten Mantel eines rotirenden Cylinders, einem Kymographion, sich selbst aufzeichnen lassen unter Kontrolle für die Zahlenverminderung durch die gleichzeitige Aufzeichnung von Stimmgabelschwingungen.

Flügelbewegung geschieht entweder nur an einem Flügelpaar, sei es in Ermangelung des anderen, sei es Mangels der Bewegung an dem vorderen, den in der Ausbreitung feststehenden sogenannten Decken, oder sie geschieht in Kombination von zwei Flügelpaaren, wobei die beiden Paare entweder einander nur anliegen, dann auch nicht absolut gleichartig bewegt werden, oder durch Häkchen und Borsten in wirksamster Weise zusammengefasst sind. Die Bewegung der beiden Seiten geschieht im Allgemeinen synchronisch. Primäre oder sekundäre Einfachheit der schwingenden Flügel und rasche Folge der Schwingungen sind erforderlich, um einen vernehmbaren bestimmten Ton zu erzeugen. Mangels der ersten Bedingung entstehen nur Geräusche; es pflegt sich damit auch eine geringe Zahl der Schwingungen und Unregelmässigkeit zu verbinden. Landois hat aus der Tonhöhe die Schwingungszahlen bestimmt, bei der Biene aus Ton a' auf vierhundertvierzig, bei der Stubenfliege aus f' auf dreihundertzweiundfünfzig, bei dem Mooshummelweibchen aus a auf zweihundertzwanzig in der Sekunde. Marey's kymographische Aufzeichnungen konnten tönende und nicht tönende Flügelschwingungen bestimmen. Sie haben deren bei der Fliege dreihundertdreissig, bei der Hummel zweihundertvierzig, bei der Biene hundertneunzig, bei der Wespe hundertzehn, beim Taubenschwänzchen zweiundsiebzig, bei der Libelle achtundzwanzig, beim Kohlweissling neun in der Sekunde ergeben.

Man darf die Stimme der Insekten nicht allein im Flugton finden oder mit ihm verwechseln. Es giebt vielmehr ausserdem bei Insekten mittelst innerer Luftbewegung erzeugte Töne, welche vielmehr den Namen von Stimmen verdienen als der Flugton. Schon Aristoteles hat sich mit dieser Sache beschäftigt. Seine Worte werden gewöhnlich dahin verstanden, dass es sich nur um eine Luftbewegung innerhalb des Körpers handle, bei welcher die gespannten Häute in der Kerbe an der Wurzel des Abdomen, wahrscheinlich die wegen der Trachealblasen durchscheinenden Segmente der Dipteren und Hymenopteren in Schwingung geriethen. Inspiration der Insekten leugnete er; aber man darf wohl auch nicht annehmen, dass er hierbei an Expiration eines Ueberschusses im Körper erzeugter Gase gedacht habe, da er, was vorgeht, mit Athmen bei geschlossenem Munde vergleicht.

Nach Vorgang von Chabrier hat vor einigen Jahrzehnten Burmeister diese Frage aufgenommen und gezeigt, dass das Summen von Insekten nicht aufhört, wenn man die Flügel, und auch nicht, wenn man bei Dipteren, z. B. bei *Eristalis tenax* Linné die verkümmerten hinteren Flügel oder Schwingkölbchen wegschneidet. Die Stimme jener Fliege wurde dabei leiser aber höher. Verschwinden liess diesen Ton dagegen die Verklebung desjenigen Stigma, welches zwischen Mesothorax und Metathorax liegt. Es wird also dieser Ton, welcher in Höhe vom Flugton verschieden ist, an den Stigmen gebildet. Die anatomische Untersuchung ergab ihm, dass die hintere Lippe des gedachten Stigma sich gegen die Tracheenwurzel hin in eine kleine halbmondförmige Scheibe ausdehne, auf welcher sich neun

Fig. 311.



Stimmapparat des Maikäfer, *Melonthea vulgaris* Linné, 58mal vergrössert nach H. Landois und W. Thelen.

m. Verschlussmuskel. n. Nerv. z. Brummzunge. k. Kegel. b. Bügel.

Hornblättchen parallel erheben, gegen die Trachee ansteigend und an den beiden Enden kleiner.

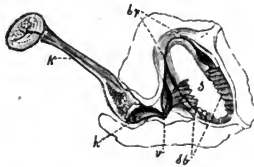
H. Landois hat die Stigmen des gedachten Insektes und die vieler anderer genauer auf Stimmapparate untersucht. Dieselben fehlen den auf andere Weise musizirenden Orthopteren. Beim Maikäfer haben alle vierzehn abdominalen Stigmen unter der Basis der Tracheenverschlusskegel eine Brummzunge, welche im Ganzen vibrirt. Bei den Dipteren können sowohl die zwei prothorakalen als die zwei metathorakalen Stigmen, als auch alle vier einen Stimmapparat haben. Der einzelne Brummapparat hat stets zur Unterlage ein grosses

Trachealrohr, welches hart am Stigma zur Brummhöhle erweitert ist. In die Trachealröhre ragt ein Chitinring, der Brummrings. Entweder bildet die Trachealblase eine grössere Anzahl Falten, wie das Burmeister bei *Eristalis* fand, und der Ring hält diese aus einander, oder es hängen, wie bei der Brummfiege und der Stubenfliege, einzelne grosse Falten gartenartig in dem Brummrings. So entstehen Schwirrblätter, Stimmbänder. Bei den Stechmücken sind Brummrings und Stimmbänder äusserst zart. Das Stigma selbst ist bei allen diesen durch einen Ring oder durch zwei gleich Lippen gegen einander gerichtete Reihen steifer, mehr oder weniger verzweigter und gefiederter Chinhaare, die Brummkappen geschützt. Landois glaubt, dass durch die Bewegungen der Schwingkölbchen der Dipteren, der Halteren, welche nach Meinung fast aller Autoren rudimentäre Hinterflügel sind, der Brummrings und durch ihn die Stimmbänder in Bewegung gesetzt werden. Da die Stimme nach Wegnahme der Halteren, wengleich schwächer fortduert, auch sich eine Stimme bei zahlreichen Insekten findet, welche überhaupt Halteren nicht haben, so kann in der

Halterenschwingung keinesfalls die alleinige Ursache der Stimme gesucht werden. Die Schwingungen der Bänder werden ohne Zweifel in der Hauptsache erzeugt durch Luftstösse, sie werden verstärkt durch die Brummhöhle. Schon ein gleichmässiger Luftstrom kann die aufgestellten oder hängenden Stimmbänder in tönende Schwingungen versetzen. Schwingungen der Halteren können nur eine accessorische Bedeutung haben. Indem sie in verschiedener Grundstellung die Luftwelle an den Brummapparaten einengen oder sie in eine Reihe von Stössen auflösen, in kurzen Intervallen anschwellen und abschwellen lassen, müssen sie wie die der Flügel, auch wenn sie nicht durch feste Stücke auf den Brummrings wirken, einen Ton erzeugen, denselben verstärken oder bestimmen. Sie werden vielleicht mitwirken bei den Veränderungen der Tonhöhe, welche an Stimmen entgegen der fast unveränderlichen Höhe des Flugtons beobachtet werden, und welche bei den Stechmücken gut wahrzunehmen sind.

Die an Stimmapparaten vorbeistreichende Luft könnte aus aufgespeicherter Vorräthen herrühren und dabei jeweilig ein solcher Vorrath erschöpft werden. Es ist nicht unmöglich, dass solches beim Maikäfer der Fall sei, dessen brummender Flug fast immer kurz dauert. Im Allgemeinen scheinen

Fig. 312.



Stimmapparat vom Metathorax der Schlammfliege, *Eristalis tenax* Linné, 60mal vergrössert nach H. Landois.

s. Stigmenöffnung. br. Brummrings. ab. Das in 24—25 Falten gelegte, den Brummrings zum Theil verdeckende Stimmband. v. Chitinstück, welches den Brummrings mit dem Hebel verbindet. h. Hebel, in die Basis des Schwingkölbchens k eingreifend.

jedoch die gefüllten Blasen nur den Ausathmungsstrom wie Windkasten zu reguliren. Der Luftvorrath wird während des Fluges nicht vermindert; nur die Erschöpfung der Muskeln macht dem Flug und der Stimme ein Ende. Aber auch in solchem Falle wird die Stimme, so die der Dipteren und Hymenopteren, nicht beständig gleich abgegeben, sie erhebt sich, wird stärker und höher bei starken Affekten, bei Angst im Schrei festgehaltener Fliegen, bei Gier im Gellen der zum Angriffe sich senkenden Stechmücken, bei Zorn im scharfen Summen gereizter Bienen. Alles das stimmt dafür, dass der Stimmerhebung eine Erhöhung einer Muskelaktion zu Grunde liegt. Dabei können wirksam sein Verengung derjenigen Tracheenverschlüsse, an welchen die Stimmen gebildet werden, Anspannung der Stimmbänder, Einschnürung der Brummhöhle, Veränderung der Grundstellung und der Schwingungszahl der bewegten Flügel und Halteren, alles das um so mehr, wenn eine Anzahl verschieden grosser Schwingplatten verschiedene Grundtöne zur Verfügung stellt.

Mehrere Umstände sprechen dafür, dass es Expirationsluft sei, welche die Stimmbänder bewege und dass diese Expiration, indem ihr durch eine Inspiration an anderen Stigmen das Gleichgewicht gehalten werde, kontinuierlich geschehe. Eine der Flügel und der Beine beraubte Fliege wird, wie Landois berichtet, durch die ausgestossene Luft längere Zeit herumgetrieben. Die Stimmbänder haben nach ihm nur nach aussen freie Bewegung. In jedem Falle gestatten die Tracheenverschlüsse eine blasbalgartige Arbeit der abdominalen Stigmen. Es könnte eingewendet werden, dass in der Flugbewegung sich die Luftbewegung überall weit leichter mit Eintritt an vorderen und Austritt an hinteren machen muss; es werden jedoch die Stimmen weniger in dem fördernden Fluge als im Schweben über einem Gegenstande erzeugt. Die ausgestossene Luft könnte dabei den Flug reguliren. Es dürften endlich diese Verhältnisse nicht überall gleich sein.

Unter den Hymenopteren zum Beispiel haben Bienen, Hummeln, Wespen eine laute Stimme. Bei den Bienen überwiegen die thorakalen, bei den Hummeln die abdominalen Brummapparate, wengleich auch bei ihnen die thorakalen Stigmen grösser sind. Erwägt man dabei, dass die Einrichtungen an den abdominalen Stigmen sehr einfach sind und sehr wohl zu gestatten scheinen, dass die beiden Stimmbänder nach einwärts in die Brummhöhle schwingen, so ist es nicht unwahrscheinlich, dass das gewöhnliche Summen der Bienen und Hummeln ein abdominaler Inspirationston, das viel höhere der gereizten Bienen ein thorakaler Expirationston sei.

Der Stimmtone dieser Insekten scheint überall höher zu liegen als der Flugton, bei den Weibchen ist er entsprechend der bedeutenderen Grösse der Stigmen tiefer als bei den Männchen. Er kombinirt sich mit dem Flugton.

Bei den Wasserjungfern sind es nach Landois auffallender Weise die prothorakalen, hinter dem Kopfe versteckten Stigmen, welche die Stimme bilden. Dieselben tragen auf jeder der beiden Lippen einen Chitinkamm, zwischen dessen Zähnen eine Schwirrhaut ausgespannt ist. Diese wird durch die Expiration der vorzüglich am Metathorax inspirirten Luft in Schwingungen versetzt.

Der Gesang der Cikade, welcher schon so lange den Menschen erfreut, wurde doch erst durch Réaumur genauer erklärt, neuerdings aber in anderer Weise von Landois, welcher auch hier eine an Stigmen erzeugte eigentliche Stimme annahm. Man findet bei den Cikaden die ziemlich seitwärts gelegenen Stigmen des Thorax durch Platten verdeckt, welche vor ihnen Ursprung nehmen. Die betreffenden Platten sind am Metathorax am grössten und fallen beim Männchen auf als ein Paar einander in der Mittellinie nicht allein erreichende, sondern auch ein wenig über einander greifende Deckel. Unter deren Schutze liegt jederseits ein Resonanzapparat von zweierlei Art, gebildet nicht, wie Landois sagt, auch vom Metathorax,

sondern von den zwei ersten verschmolzenen Abdominalsegmenten. Nach aussen öffnet sich ohrartig und mit Umrandung durch einen festen Chitinrahmen eine Höhle, welche verborgen die Seite bis zur Mittellinie des Rückens umgreift, die Muschel Réaumur's. Deren vorderer Wandtheil wird von einer dünnen Membran gebildet, welche, in einen Chitinrahmen gefasst, einen grösseren Durchmesser hat, als zu dessen glatter Ausfüllung nöthig wäre. So wölbt sie sich und bildet Fältchen. Sie hat mit einem Worte die Einrichtung des Plättchens im Cri-Cri. Drückt man diese Membran ein, so kann man sie durch einen Druck in der Nachbarschaft wieder vorspringen machen. Die älteren Autoren erzeugten so an frischen Exemplaren den Ton leicht und ich konnte ihn noch ein wenig an einem Thiere erklingen lassen, welches fünfzig Jahre im Spiritus gelegen hatte. Die Hinterwand der Muschel ist ganz glatt und hart. Gegen die Medianlinie des

Fig. 313.



Cicada orni Linné ♂ von Nizza in natürlicher Grösse, nach Wegnahme der linken Deckplatte des Singapparates vom Bauche gesehen.

a. Metathorakales Stigma. c. Öffnung der Muschel. t. Der Spiegel oder das Tympanum. sq. Die rechte Deckplatte.

Thail des Apparats, eine in den Rahmen eingetiefte, gänzlich straffe Membran, entsprechend den durchscheinenden Bauchdecken der Hymenopteren und Dipteren, aber weicher, der Spiegel oder das Tympanum. Das Tympanum wird von der Muschel getrennt durch eine sich erhebende dreiseitige, auf der freien Kante stabförmig erscheinende Wand und ist auch von vorne durch einen

wulstförmigen Wandtheil, sowie gegen die Mittellinie fest eingerahmt. Das Stigma endlich liegt als ein enger aber langer Querspalt schräg gerichtet vor dem stabförmigen Rahmenantheil, welcher Muschel und Trommelfell scheidet. Réaumur zeigte, dass an diesen Stab ein Muskel gehe und glaubte, dass dessen Kontraktionen die Muschel ertönen liessen. Landois dagegen schiebt den Ton auf das Stigma, in dessen schmaler Spalte zwei Stimmbänder parallel den Rändern angebracht seien. Die Ansicht Réaumur's scheint mir der Wahrheit näher zu kommen, wenn es auch vielleicht nicht grade der Stab ist, dessen Bewegungen das Häutchen erschüttern. Muschel, Spiegel und Spiegelhöhle und der gewölbte Deckel verstärken den Ton und der letztere schützt zugleich den zum Theil sehr zarten Apparat. Für eine am Stigma erzeugte Stimme würden diese Resonanzeinrichtungen nicht an dienlicher Stelle angebracht sein. Man hat beobachtet, dass die Cikaden während des Gesanges die Flügel nicht bewegen. Bei der ventralen Tonerzeugung können letztere auch nicht einmal verstärkend wirken und ihre Schwingungen sind für den Ton ohne Bedeutung.

Die Stimmen und Töne, welche regelmässig und in behäbigem Leben von Insekten erzeugt werden, scheinen überall die Wirkung zu haben, die Thiere derselben Art zusammen zu locken, vorzüglich die verschiedenen Geschlechter sich finden zu machen; sie sind Locktöne. Es begreift sich, dass grössere Anstrengung der Muskeln solche Töne verstärke und Schreitöne zu Stande bringe, wenn Insekten angegriffen werden, auch in Fällen, in welchen man sich nicht grade dabei denken kann, solches vermöge Hilfe beizuschaffen oder den Angreifer zu schrecken oder zu verwirren.

Den Insekten schliessen sich die in der Regel den Arachnoiden zugeheilten Solpugiden oder Galeoden in Betreff der Athemwerkzeuge dadurch an, dass sie ein reines Tracheensystem haben, welches Ursprung nimmt von thorakalen und abdominalen Stigmen. Der Thorax hat ein Paar solcher in Form grosser Querspalten zwischen Mesothorax und Metathorax. Am Abdomen liegt jederseits ein Stigma hinter dem zweiten und eins hinter dem dritten Ringe, je unter dem Schutze von deren Rändern. Da die sonst am meisten verwandten pupiparen Fliegen erwachsen zwei thorakale und wenigstens zum Theil bis zu sieben abdominale Stigmenpaare haben, stehen ihnen hierin die Solpugiden nicht grade nahe.

Im Uebrigen sind bei den Arachnoiden einige Modifikationen zu beachten, einmal der gänzliche Wegfall des Systems bei den niedrigsten und kleinsten, dann bei Vorhandensein desselben bei den nächst folgenden der Mangel der Segmentirung, wie im Rumpfe überhaupt, so auch in diesem Apparate unter Ausbildung nur eines Stigmenpaars ohne die bei den Insekten etwaige Propneustie und Metapneustie begleitenden Einrichtungen und Lebensbedingungen, bei höheren trotz Mehrzahl der Stigmenpaare Freilassung des Thorax von denselben, endlich die Vervollkommnung von

zunächst als mindest entwickeltes Tracheensystem auftretenden blinden Röhrrchen zu einem Komplex von Taschen, den sogenannten Lungen, sei es in Kombination mit Tracheen, sei es als alleiniger Organe der Athmung.

Es ist die Ordnung der Milben, *Acarina*, in welcher nicht wenige Arten der Klasse überhaupt keine besonderen Athmungsorgane bieten. Andere erhalten solche erst, wenn sie mit Nachbildung des vierten Fusspaares ihre Organisation vollenden; noch andere besitzen dieselben schon in früheren Stadien. Indem dergleichen Verschiedenheit bei übrigens nahe Verwandten begegnet, indem vereinzelt eine minimale Ausbildung des Systems auftritt, dieses sich dagegen bei den höchsten ähnlich verästelt und mit Spiralfaden versieht, wie es das bei den Insekten thut, ist die Betrachtung der Athmungsorgane der Milben nicht ohne Werth für die Vorstellungen über die Ausbildung des Tracheensystems überhaupt. Freilich sind die Untersuchungen bis dahin noch nicht vollständig und es sind einige wichtige Punkte theils noch nicht aufgeklärt, theils nicht gleichmässig verstanden worden.

Von verschiedenen Autoren sind irrthümlich auch für die niedrigeren Familien der Milben Athmungsorgane angegeben worden. Bourguignon war der Meinung, dass die Sarkoptiden durch den Mund Luft aufnahmen. Küchenmeister und Fürstenberg gaben, obwohl sie ausdrücklich den Mangel der Tracheen bei Krätzmilben und Räumilben hervorhoben, doch kleine Stigmata am Vorderbauche dieser Thiere an, der eine an den Tragstücken, Epimeren, des ersten, der andere an denen des zweiten Fusspaares, bauchwärts von der Implantation der Beine, Fürstenberg für *Dermatocoptes* deren sogar zwei Paare, und brachten dieselben mehr oder weniger bestimmt in Verbindung mit der Aufnahme von Luft in Säcke. Wedl erklärte bei Haarsackmilben, *Simoniaden*, vier dorsale Punkte für Stigmen. Solche Meinungen scheinen in verschiedenen Umständen ihre Erklärung zu finden, darin, dass sich Luft zwischen Mundtheilen und Hautfalten und unter den Hüftstücken fängt, in der äusserlichen Aehnlichkeit der umrahmten Haarpunkte mit Stigmen, in der Anwesenheit gleich weiter zu besprechender Drüsentaschen. Bei der grossen Menge von in und an Thieren schmarotzenden Milbenarten der Gattungen *Simonia*, *Hypodera*, *Hypodectes*, der sich in Fledermaushaut einbettenden von mir *Nycteridemia* genannten, *Sarcoptes*, *Chorioptes*, *Dermaleichus*, *Myopthira*, *Listrophorus*, wie bei denen der Gattungen *Phytoptus*, *Acarus*, *Tyroglyphus* und verwandten, soweit ich sie selbst untersucht habe, habe ich niemals Tracheen gefunden. Turpin und ich haben bei *Tyroglyphus siro autorum*, der Käsemilbe, umrahmte vermeintliche tracheenlose Stigmen angezeigt, welche in der über den Hüften ziehenden für die Anbringung von Stigmen bedeutsamen Linie hinter den hintersten Hüften liegen. In den mit diesen verbundenen Säcken fanden Robin, Claparède, Megnin in verschiedenen Fällen eine farblose

oder gelbliche Flüssigkeit und Claparède sah in diesen Exkretions-taschen den Ersatz der niemals neben ihnen, aber in ihrer Ermangelung stets vorkommenden, in den Mastdarm mündenden Harnschläuche. Claparède hat das frühere Verständniss dieser Organe als einen sehr schlimmen Irrthum bezeichnet. Es verdient jedoch hervorgehoben zu werden, dass es von Umständen abhängt, ob man hier Blasen mit Flüssigkeit findet oder nicht. Meine Käsemilben liessen solche nicht erkennen. Nach Fumouze und Robin haben sie *Glyciphagus plumifer* Koch und *palmifer* F. et R. überhaupt nicht, bei *G. spinipes* und *cursor* ist der Inhalt ungefärbt. Nach Megnin haben die Tyroglyphen die Blasen nur im jugendlichen und frisch gehäuteten Zustande deutlich; manchmal sind dieselben überhaupt unsichtbar, ihre Existenz blieb z. B. bei *Tyroglyphus rostroratus* unsicher. In anderen Fällen ist die in ihnen enthaltene Flüssigkeit dagegen sehr merklich, braun, selbst schwarz. Die von Claparède gesehene und früher von mir gezeichnete Oeffnung konnten weder Robin noch Megnin finden. Letzterer meinte, es handle sich um ein abgebrochenes Haar, jener nahm eine innere Oeffnung an. Megnin fand die Blasen ebenfalls ohne Ausgänge bei den Hypopus, welche Claparède für die Männchen der Tyroglyphen erklärt hatte, welche aber nach Megnin sich als mundlose und afterlose heteromorphe, gepanzerte Nymphenstände bei Austrocknung der Pilznahrung in den gewöhnlichen Entwicklungsgang der Tyroglyphen einschleiben, indem sie durch Wandlung in den gewöhnlichen achtfüssigen Nymphen gebildet werden. Ich selbst habe später bei einem *Tyroglyphus*, welcher sich neben viviparen *Cecidomyien*larven in Rübenrestern fand und welchen ich *T. betarum* nenne, an betreffender Stelle ein stark lichtbrechendes, flaschengrünes Sekret gefunden. Die Verschiedenheit des Vorkommens und der Art der Absonderung dieses besonderen Organs giebt also Gelegenheit zu ungleichen Nachrichten und da es verschiedene Arten von Käsemilben zu geben scheint, speziell auch bei diesen. Dass es von geringerem Werth sei, dieses Organ mit den Malpighischen Gefässen als mit den Stigmen zu vergleichen, möchte mir auch heute noch scheinen. Diese Differenz könnte etwas dadurch beglichen werden, dass einige Autoren die Malpighischen Gefässe bei den Insekten mit den Stigmen und aufsitzenden Tracheen homologisiren und ihnen nebst den Speicheldrüsen zur Erreichung der der Segmentzahl gleichen Vollzahl addiren. So bliebe selbst bei Annahme der Deklaration von Claparède kein Grund zum Eifern.

Megnin hat endlich in Eintiefungen an der Basis der Rückenhaare des *Symbiotes* etwas zu finden gemeint, was an die gleich zu besprechenden Athmungseinrichtungen der Oribatiden erinnere, jedoch ohne eine Spur von Tracheen.

Claparède hat bei einer Milbe, welche äusserlich an der Maus

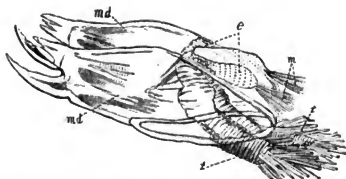
schmarotzt und welche er für den *Pediculus muris muscoli* Schrank hielt und deshalb *Myobia muscoli* nannte, welche aber nicht identisch ist, wie Gervais es meinte, mit *Sarcoptes musculinus* Koch und mit der von mir (Bd. II, p. 116, Fig. 79) abgebildeten, aus Nestern in der Mausehaut genommenen Form, zwei Stigmen gefunden dorsal an der Basis des Rüssels und in Verbindung mit diesen nach hinten verlaufende und zunächst sich in der Mitte zusammen legende Tracheen. Nach den Mundwerkzeugen hat Claparède sich jedoch überzeugt, dass diese Form mit den Sarkoptiden gar nichts zu thun habe, dass es sich also nicht um eine Ausnahme handle. Ich kann das nur bestätigen, da ich diese von mir als *Myophtira* geführte Gattung sowohl von Mäusen als von Spitzmäusen und Lemmingsen kenne und gezeichnet habe. Ihre Mundwerkzeuge und Athemorgane bringen sie nahe *Cheyletus*, *Trombidium*, *Tetranychus*. Es fehlt also hier bei Parasitismus die Athemrichtung der Verwandten nicht. Man darf im Hinblick auf diese Thatsache den Tracheenmangel nicht direkt aus dem Parasitismus als nothwendige Zugabe zu diesem erklären. Man muss ihn ableiten aus niederer allgemeiner Organisation, geringer Grösse und Leistungsfähigkeit, wie bei Tardigraden und Pentastomiden, so bei Phytoptiden, Simoniaden und Akariden, mit letzteren sowohl die Sarkoptiden als die Tyroglyphiden umfassend. Man darf nur die der Tracheen entbehrenden Formen als besonders geeignet ansehen, den Parasitismus im Endoparasitismus zu seiner Vollendung zu bringen.

Bei den höheren Milben, Gamasiden, Ixodiden, Hydrachniden, Trombidiiden, Bdelliden und Oribatiden kommen Tracheen vor, welche von einem einzigen Stigmenpaare Ursprung nehmen. Ein solches Stigma steht immer in einer Linie, welche an der Seite des Körpers oberhalb der Beine hinzieht, sich zwar hinten und vorn der Mittellinie nähern kann, durch ihre Lage aber die Anbringung der Stigmen am eigentlichen Sternum ausschliesst. Man kann dabei einigermassen eine vordere Anbringung der Stigmen in der gedachten Linie einer hinteren entgegensetzen.

Nach Claparède's Meinung liegt bei den Webemilben, *Tetranychus*, ein einziges Stigma vorn am Rücken, was das Zusammenfallen der Stigmen der zwei Seiten in der Mittellinie bedeuten würde. Ich finde mindestens die Tracheenstämme der zwei Seiten sofort geschieden, sowohl bei *Tetranychus tiliarum* Hermann, wo die Lage ihrer Anfänge der Wurzel des die borstigen Oberkiefers tragenden Mundkegels entspricht, als bei *T. telarius* Hermann, wo sie etwas weiter aus einander gerückt sind. Es ist nicht grade wesentlich, wenn sie sich bis zur Verschmelzung einander nähern, was auch bei *Trombidium* stattfindet. Zunächst schliesst sich *Cheyletus* an. Bei ihm fallen die Stigmen bereits in die Gegend der Wurzeln der Maxillartaster und sind von einem Ringe eingefasst. In allen diesen Fällen wendet sich der Trachealhauptstamm zunächst nach hinten, so dass die

vorderen Gliedmaassen ihre Aeste rückläufig bekommen. Bei *Trombidium* liegen die Stigmen an der Innenfläche der auf einem kürzeren und in zwei

Fig. 314.



Die Trachealmündungen von *Trombidium holosericeum* Linné?,
150mal vergrößert.

md. Mandibeln. b. Klöppelförmige Lippen der Stigmen. m. Die
an die letzteren gehenden Muskeln. t. t. Die Trachealhaupt-
stämme.

die Bügel einander nähern und die Stigmen schliessen. Die beiden Trachealhauptstämme sind seitlich abgeplattet. Die Felder des gleichfalls netzförmigen Maschenwerks ihrer Wandung vertiefen sich erst an der oberen und der unteren Kante und dann in dem ganzen Umfange zu Röhrchen und sehr bald ist der ganze Stamm büschelförmig in solche aufgelöst. Die Zweige suchen isolirt die Organe auf. Sie verästeln sich, wie es scheint, überhaupt nicht weiter, wohl aber verringern zum Beispiel die starken Tracheen der Beine allmählich gegen die Spitze hin ihr Kaliber. Dieser Mangel der Verzweigung gilt jedoch nicht für die früher erwähnten; bei *Tetranychus* und *Cheyletus* verästeln sich die Tracheen sicher, obwohl auch bei ihnen nicht selten getrennte Stämme eine Strecke eng vergesellschaftet verlaufen. Die kürzere oder längere Zusammenhaltung der Tracheen für benachbarte Gebiete könnte in Zusammenhang stehen mit mehr oder weniger bedeutenden Verschiedenheiten in der Gesamtgestalt, insbesondere in den Fusslängen.

Bei den Bdelliden liegen die Stigmen gleichfalls an der Wurzel der Oberkiefer. Die Stämme geben zunächst starke Aeste zu den Oberkiefern, den Maxillartastern und den Speicheldrüsen. Es bleiben danach die für den Rest des Körpers bestimmten Aeste noch ein Stückchen Wegs in einem gemeinsamen Stamme vereinigt.

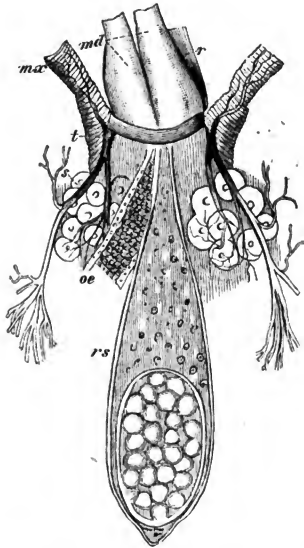
Bei den Hydrachniden giebt es starke Unregelmässigkeiten, aber sie schliessen sich doch ersichtlich den bisher betrachteten Tracheenmilben an. Bei dem in Süßwassermuscheln parasitisch lebenden *Atax* können die von van Beneden und Bruzelius beschriebenen Scheibchen nicht als Stigmen anerkannt werden. Sie sind Näpfe für den Genitaldienst. Dagegen fand Claparède bei dem *Atax ypsilophorus* Bonz von der Rüsselbasis

Lappen getheilten Mundkegel sich bewegenden, plumpen und hakig endenden Oberkiefer. Sie werden zusammen begrenzt von einem Paar Wülste, Bügel oder Lippen mit netzförmig angeordneten Chitinverdickungen, so dass Dujardin meinte, die Luft trete durch die Maschen des Netzes. Hinten tretende Muskeln können

aus ein symmetrisches System zarter Chitindröhren mit wasserheller Flüssigkeit. Sieht man ab von seiner Angabe über trompetenartige Mündungen in die Leibeshöhle, wobei es sich nach meiner Meinung nicht um Hergehöriges handelt, so würde dieses System den ersten Anfängen des Tracheensystems junger Tetranychiden entsprechen. Wegen starker und rascher Reaktion auf Ueberosmiumsäure war ferner Claparède geneigt, bei seinem, ebenfalls offener Luftröhren entbehrenden Atax Bonzi, einem Schmarotzer der Uniomuscheln, dorsal und ventral, namentlich aber am Seitenrande zahlreich in die Hypodermis eingelagerte Blasen als Apparate zur Aufnahme des Sauerstoffs aus dem umgebenden Wasser anzusehen. Dergleichen würde aus der Homologie fallen und die Vermuthung hat wenig für sich. Soweit Tracheen bei erwachsenen und frei lebenden Hydrachniden vorkommen, dürften die Stigmen zwischen den vorderen Füßen und Mundwerkzeugen liegen.

Die Oribatiden oder Käfermilben gehören Dank den vortrefflichen Untersuchungen von Nicolet mit zu denjenigen Milben, deren Athmungsorgane am frühesten bekannt wurden. Als ein alleiniges und gemeinsames Merkmal dieser Familie in allen Gattungen und Arten wie in allen Entwicklungsständen, diese mögen mit nur drei Fusspaaren das Ei verlassen oder mit viere, wie Nicolet es für *Hoplophorus annahm*, wie es aber nach Claparède für *H. contractilis* Perty, welcher aus weichen acarustartigen Larven hervorgehe, nicht der Fall ist, hat es Nicolet bezeichnet,

Fig. 315.

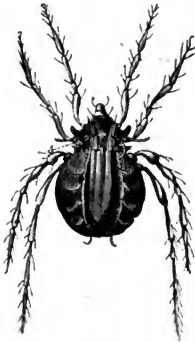


Trachealursprünge von *Bdella vulgaris* Hermann, 150mal vergrößert.

md. Abgebrochene Oberkiefer. r. Desgleichen Rostrum. mx. Unterkiefertaster. t. Tracheenwurzel. s. Speicheldrüse. rs. Speichelreservoir? oe. Speiseröhre.

dass die Tracheen stets ausgehen jederseits von einem Näpfchen, gelegen dorsal seitlich an der Basis des Cephalothorax nahe an der Linie von dessen

Fig. 316.



Damaeus riparius Nicolet von Heidelberg, 40mal vergrößert. s. Stigma.

Verbindung mit dem dorsal überliegenden Abdomen. Diese Stigmen wurden von älteren Autoren mehrfach für Augen angesehen. Mehr oder weniger aus einander gerückt, stellen sich die Näpfchen zu den Fussbasen ungleich, indem sie vor dem ersten Fusspaare, oder zwischen diesem und dem zweiten, bei *Damaeus*, aber auch hinter dem zweiten Fusspaar stehen können. Da sich dem Ungleichheit in der Entwicklung des Abdomen gegen vorne gesellt, so stehen die Stigmen zu dessen Vorderrande sehr ungleich, bei *Tegeocranus* hart an demselben, bei *Damaeus* am weitesten von demselben entfernt. Die Näpfchen sind an der Mündung erweitert, die Wand ist strahlig gerippt, in der Tiefe spiralg verstärkt; die Zwischenräume zwischen den Strahlen sind quergestreift. Im Grunde des Näpfchens wurzelt ein, wie man meint, schützendes Haar von verschiedener Länge, einfach oder gefiedert, kolbig, spatelförmig, blattartig oder einem Trommelschlägel gleichend. Auf die kleine Oeffnung im Grunde folgt ein Luftsack, an dessen Eingang vier lange Tracheen hängen, welche paarweise oben und unten den Verdauungsapparat begleiten und umstricken, daneben einige andere für den Cephalothorax. Die flügelartigen, mehr oder weniger klappenartig beweglichen Ausbreitungen des letzteren bei *Pelops* und *Oribata* beginnen grade hinter den Athemnäpfchen.

Fig. 317.

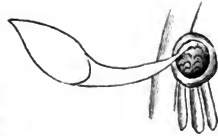


Stigmenbecher, Deckhaar, Luftsack und Anfänge des Tracheensystems von *Damaeus geniculatus* Koch, stark vergrößert nach Nicolet.

Die Einrichtung ist modifizirt bei *Hoplophora*, welche man Dosenmilbe nennen kann. Diese Gattung, welche den Cephalothorax sammt den Gliedmassen gegen das Abdomen einzuklappen vermag, hat die Stigmen in der Thorax und Abdomen trennenden Membran. Das blattartige Schutzhaar wird beim Zuklappen aufgenommen in eine Höhlung des Rückenschildes des Abdomen unter dem Vorderrande. Nach Claparède's Untersuchung an *H. contractilis* Perty sind mit jedem Näpfchen statt der längeren Tracheen nur

drei kurze Taschen verbunden, so dass er Hoplophora, mit Beziehung auf Aehnliches bei Spinnen, eine Lungenakaride nennt. Ich finde bei Hoplophora nitens (? *lentula* Koch) gleicher Weise mit jedem Stigma drei blinde Schläuche verbunden, doch sind sie erheblich länger, als Claparède sie von der anderen Art zeichnet, vielleicht dreissigmal so lang als weit. Eine sehr grosse Zahl von Porenkanälchen in den harten Decken begleicht diese Verkümmern der Athmungsorgane. Die von Claparède beschriebene Acarusform der Hoplophora, welche erst sechsfüssig, dann achtfüssig ist, entbehrt der Athmungsorgane gänzlich.

Fig. 318.



Stigmenapf, Deckhaar und Respirationstaschen von *Hoplophora contractilis* Perty? nach Claparède. 12-15mal vergrössert.

Fig. 319.



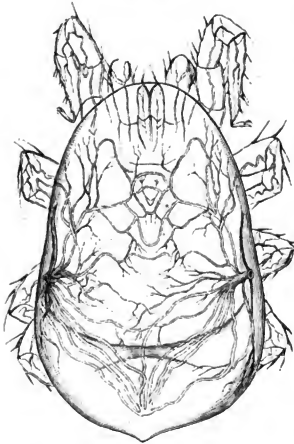
Stigmenplatte von *Dermanyssus gallinae* Degeer. 300mal vergrössert.

Bei den Gamasiden sind die Stigmen als kleine, runde, umrandete Oeffnungen am hinteren Ende einer feinen Rinne angebracht, welche mit Einschluss ihrer Ränder die Stigmenplatte Cramer's bildet. Die Rinnen verlaufen jederseits zwischen der Rückenplatte und den Hüftstücken, diesen von oben genähert. Die Rinnen der zwei Seiten können vorn über dem Mundkegel vollkommen zusammenstossen, z. B. bei *Gamasus opacus* Koch, oder einander nicht erreichen, sind dabei sehr verschieden in Länge und oft stark geschlängelt. Wie bei *Gamasus* findet man sie in dem Nymphenstande *Uropoda*, bei *Dermanyssus*, *Pteroptus*, *Cetra*, *Zercon* und verwandten Gattungen. Die Trachealstämme sind bei *Pteroptus* besonders stark. Das Tracheennetz ist im Allgemeinen reich; es finden ohne Zweifel Verästelungen statt. Das Gehirn ist besonders reich mit Trachealzweigen umspinnen. Bei dem weichhäutigen und damit leicht zu untersuchenden *Gamasus bimaculatus* Koch finde ich durch sechs quere Kommissuren eine Andeutung segmentaler Gliederung und schliesslich treten drei oder vier Stämme, welche auf jeder Seite ein hinteres Bündel bilden dicht bei einander an der hinteren Rücken- spitze querüber in Verbindung

Bei der gemeinen Zecke, *Ixodes ricinus* Linné liegen die Stigmen hinter den Füssen des letzten Paares auf dem Grunde einer Schale, deren Höhlung mit perlglänzenden Grübchen skulpturirt ist. In den Trachealstamm führt ein durch eine Klappe halbmondförmiger Spalt. Die Stämme sind kurz. Mindestens giebt es eine Querkommissur vor der Geschlechts-

öffnung. Es ist anfänglich ein Spiralfaden vorhanden, aber er geht in der Verästelung bald verloren. Rhythmische Kontraktionen der zwischen Bauch

Fig. 320.



Dorsale Tracheenkommissuren von *Gamasus bimaculatus* Koch, 160mal vergrössert.

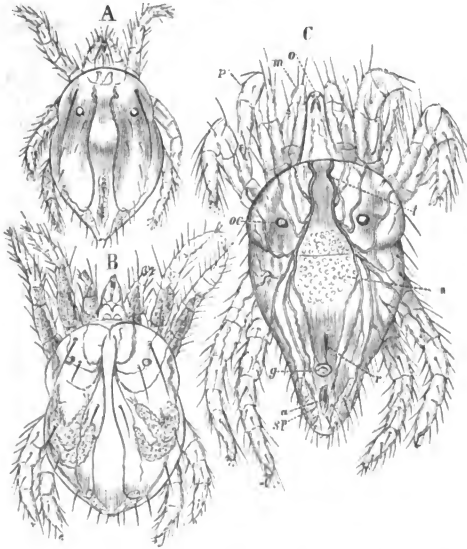
und Rücken vertikal gespannten Muskeln müssen ebensowohl der Athmung als dem etwaigen Blutsaugeschäfte dienen. Bei *Ixodes vulpis* mihi öffnet sich der Stamm im Grunde des Bechers nicht mit einem Spalte, sondern auf einer Papille. Bei *Amblyomma amevae* mihi ist die Platte birnförmig, die Trachealöffnung liegt in ihr excentrisch nach vorne und innen und richtet sich gegen hinten und aussen. Bei einem *Hyalomma*, welches auf *Cyclura pectinata* schmarotzt, ist das Stigma klein, entbehrt eines besonderen Peritrema und liegt hinter der Hüfte des vierten Fusses. Bei *Argas* liegt dasselbe unter der Hüfte des dritten Fusses versteckt und hat weder Platte noch Klappe. Auch fehlt dieser zwischen Zecken und Gamasiden etwas vermittelnden Form der Trachealhauptstamm. Die einzelnen Stämmchen zerfallen rasch. Sie bilden nicht

allein an Organen, deren Energieen wegen starken Verbrauchs einen Tracheenreichthum nöthig machen, reiche Netze, sondern auch an Stellen, an welchen man hiervon nicht reden kann, unter der Haut, förmlich weisse Knäuel, welche man vielleicht für accessorische Hautathmung, vielleicht für Blutbereitung aus der chitinogenen Haut anhängenden Zellhaufen in Anspruch nehmen kann.

Vor längerer Zeit habe ich nachgewiesen, dass die sechsfüssigen Jugendstände von *Ixodes* keine Stigmen oder Tracheen haben; auch im Bereiche der achtfüssigen Stände ist nicht sofort die Vollendung gegeben, es besteht noch eine Vergrösserung der Stigmen und eine Bereicherung des Tracheensystems. Den gleichen Mangel im Larvenstande zeigt nach Claparède *Hoplophorus*. Bis dahin habe ich auch bei vielen *Trombidii*denlarven, welche als schmarotzende *Leptus* oder in anderer Verkümmerng auftreten oder sich nur durch den Mangel des vierten Fusspaares unterscheiden, kein Tracheensystem gesehen. Diese negativen Ergebnisse mögen nicht immer beweisend sein. Jedenfalls besitzt *Tetranychus* schon im sechsfüssigen Stande Tracheen, wenn auch nur jederseits einen fast in der

Medianen verlaufenden, sich hinten nach aussen umbiegenden Längsstamm. Die Abbildung zeigt dessen weitere Entwicklung. Die Zurückführung der Tracheenentwicklung auf eine Einfaltung drängt sich hier besonders auf.

Fig. 321.



Tracheenentwicklung von *Tetranychus tiliarum* Hermann. A. Sechsfüssige Larve mit einfachen Trachealstämmen, 200mal vergrössert. B. Wandlung der jüngsten achtfüssigen Larve durch Häutung in das nächste Stadium, 150mal vergrössert. C. Geschlechtlich vollendetes, jedoch noch ganz junges Thier, 100mal vergrössert. o. Mund. m. Maxillartaster. p. Erster Fuss. oc. Auge. g. Geschlechtsöffnung. a. After. sp. Spinnrüse. r. Mastdarm. n. Gehirn. t. Trachealstamm.

Den Milben mit hinteren Stigmen schliesst sich ganz an die Ordnung der Kankerspinnen, *Phalangina*, indem diese, wie schon Latreille bemerkte, ein einziges Stigmenpaar hinter der Geschlechtsöffnung, neben und bei den *Gonyleptiden* unter den bei dieser Familie vergrösserten Hüften des letzten Fusspaares besitzen und auf diesen ein durch den ganzen Körper verzweigtes Tracheensystem.

Die Bücherscorpione, *Cheliferina* oder *Pseudoscorpionia*, haben zwei Paar Stigmen. Diese liegen an der Bauchseite des geringelten Abdomen, man sagt in der Regel an dessen beiden vordersten Segmenten. Man kann jedoch vor den Segmenten, welche die Stigmen tragen, eine weniger vollkommene Platte mit der Geschlechtsöffnung und vor dieser noch

eine zwischen die Hinterhüften eingeschobene dreieckige unterscheiden. Auf jedem Stigma steht ein kurzer Trachealhauptstamm. Beim Weibchen verzweigen sich diese Stämme, nachdem sie sich unerheblich ausgeweitet haben, die hinteren zu etwas birnförmiger Gestalt. Beim Manne sieht man daselbst ein Paar tutenförmiger mit Spiralen umspinnener Blasen, von welchen ich allerdings nicht unterschieden habe, ob sie zu den Athemorganen oder zu den Geschlechtswerkzeugen gehören. Die vorderen Stigmen versorgen den Cephalothorax nebst den Gliedmaassen, die hinteren das Abdomen. Die Trachealstämme geben ihre Zweige unter spitzen Winkeln ab und die Zweige laufen manchmal bündelweise zusammen, aber es giebt doch viele Verästelungen. Die grossen Stämme von den vorderen Stigmen wenden sich hauptsächlich zu den grossen Maxillarscheeren. Sie treten vor der Geschlechtsöffnung X förmig gegen einander und in Verbindung oder kreuzen sich. Sie geben vor dieser Stelle in auffällig rückläufiger Richtung Aeste zu den Beinen und zum Rumpfe ab. Die Stigmen haben einen feinen Tracheenverschluss, bestehend aus einem Bügel mit Querstäbchen nach aussen und vorn, einem Stäbchen nach hinten und innen und mit Muskeln. Bei den in eigenthümlicher Brutpflege am Bauche der Mutter anklebenden

Larven, welche anfänglich nur ein deutliches Gliedmaassenpaar, die späteren Maxillen, und ein Paar winziger, weicher Zapfen, die späteren Füsse des ersten Paares, endlich aber alle Gliedmaassenpaare besaßen, sah auch in letzterem Stande Mecznikoff keine Spur der Athmungswerkzeuge.

Bei den eigentlichen Spinnen, *Aranina*, nimmt der Mangel deutlicher Gliederung am Abdomen die Möglichkeit, die Stigmen bestimmten Segmenten zuzutheilen. Sie liegen beständig seitlich von der Mittellinie an der Wurzel des Hinterleibs. Wo dieser bei den Mygaliden Anfänge einer Segmentabtheilung zeigt, da beginnt diese doch weiter rückwärts. Dugès entdeckte, dass diese Stigmen auch zu Trachealsystemen, d. h. zu verzweigten Röhren führen können; nicht blos zu Systemen von durch Blätter von einander getrennten Taschen, welche man entweder Lungen genannt hatte, oder deren vermittelndem Charakter und Gestalt man durch den Titel *Pneumonbranchiae* und *Pulmonbranchiae* gerecht zu werden bemüht gewesen war. Die *Stigmata* nennt man bei dieser Entwicklung des Athemapparates *Pneumostomata*. Die organische

Fig. 322.



Stigmen des Bücherkorpion, *Chelifer cancrivorus* Linné ♀.

A. Die vordersten Abdominalstücke von innen gesehen im Zusammenhange mit dem Eierstock, 40mal vergrössert. o. Theil des Ovars gegen die Geschlechtsöffnung mit vollen und mit einigen entleerten Follikeln. a. Accessorische Drüsen des Ovidukts. s. s. Die Stigmen der rechten Seite.

B. Der Trachealbügelverschluss mit Muskel und Trachealrohr, 80mal vergrössert.

und histiologische Identität der Lungen und Tracheen bewies 1853 Leuckart. Allmählich hat man gefunden, dass die Vergesellschaftung der Tracheen mit den Lungen bei Spinnen nicht etwa eine vereinzeltete Ausnahme, sondern sehr verbreitet sei. Es muss zunächst als eine seltene Ausnahme betrachtet werden, wenn Spinnen nicht vier Oeffnungen für den Athemapparat haben. Bei den Vogelspinnen, Mygaliden oder Theraphosen, führen alle vier in Lungen. So kann man diese Tetrapneumones nennen. Bei den anderen thuen das nur die zwei vorderen Oeffnungen; sie sind Dipneumones. Man reihte bereits früher den Mygaliden als auch mit vier Oeffnungen versehen die Dysderen und Segestrinen an, welche sich den gemeinen Spinnen durch die Sechszahl der Spinnwarzen anschliessen, aber nur sechs statt acht Augen haben. Unter den Dipneumones ist es jedoch nach Bertkau überall, mit alleiniger Ausnahme von *Pholcus opilionoides* Schranck möglich gewesen, ausser den beiden Lungen ein Tracheensystem aufzufinden.

Die zu Lungen führenden Stigmen sind bei Spinnen Querspalten mit Chitinringen. Dieselben führen zu Höhlen, welche durch eine den Kiemenblättern gleichende Entwicklung von Falten ihrer Wandung bis gegen den Eingang in zahlreiche Kammern getheilt werden. Walckenaer nannte diese Blättersysteme gradezu Kiemen. Man könnte die Höhle der Athemkammer der Krebse, das Stigma der eingeengten Athemspalte dieser vergleichen und hätte sich dann mit Benutzung einer Seitenfalte wie bei den Milben ganz von dem phylogenetischen Zwange der Hautdrüsen für Tracheenentstehung gelöst. Die Blätter der Lungen sind zart und zahlreich. Jedes ist eine Hautfalte und hat mindestens beidseitig eine dünne Chitindecke und ein Epithellager. Im Inneren bewegt sich das Blut. Das Tracheensystem besteht gewöhnlich aus unverästelten und des Spiralfadens entbehrenden Röhren. Es ist besonders stark entwickelt bei der nach früherer Meinung der *Clubiona*, aber nach Bertkau mehr dem *Philodromus* nahe stehenden Gattung *Anyphaena*, wo es bereits von Mencke gefunden wurde und auch in den feinen Aesten den Spiralfaden hat. Es ist typisch zu vier Längsstämmen entwickelt. Davon finden sich bei der sechsäugigen, der *Segestria* nahe stehenden *Scytodes thoracica* Walckenaer nur die zwei äusseren.

Unter den *Scorpionina* haben die aberranten Gattungen *Thelyphonus* und *Phrynus* für die Athemeinrichtungen eine innige Verwandtschaft. Beide haben in den beiden ersten Abdominalsegmenten ein Paar eiförmiger Athemtaschen oder Lungen. Die Mündungen dieser liegen als engschliessende Querspalten in den Intersegmentalen auf den Bauchseiten und werden von den hinteren Kanten der betreffenden Segmente bedeckt. Bei *Thelyphonus* ist wegen der geringen Länge des zweiten Segmentes das hintere Paar dem vorderen näher. Bei beiden Gattungen sind entsprechend der Verbreiterung

am zweiten Segmente auch die hinteren Lungen etwas breiter, bei Thelyphonus um ein Drittel. Die Blätter der Lungen dehnen sich an der Vorderkante bis auf den Stigmenrand aus und begleichen durch eine weit grössere Zahl als bei den Skorpionen die Minderzahl der Lungen.

Bei den echten Skorpionen findet man auf der Bauchseite am Anfange des Abdomen jederseits vier schief spaltförmige Pneumostomata. Dieselben liegen nicht intersegmental, sondern in den vier ersten Ringen. Man sieht die darauf sitzenden vier Lungenpaare durch die Bauchdecke scheinen. Die die Taschen trennenden Blätter wurden von Treviranus mit denen eines Buches verglichen. Dieser Blätter sind mehr bei den mit starken Scheeren, dickem Schwanze und vielen Augen versehenen stämmigeren und giftigeren Formen. Bei diesen sind ebenso die Lungen umfänglicher.

Bei den höheren Arachnoiden wird die örtliche Beschränkung der Athemorgane durch die grössere Vollendung der Organe des Kreislaufs beglichen (vgl. Bd. II, p. 400). Dafür, dass neben einer solchen Stellvertretung auch ein gleichmässiges Zurückbleiben von beiderlei Organen und dass andererseits ein vollendeterer Kreislauf bei einem verbreiteteren Tracheensystem vorkommen könne, geben jedoch Milben und Spinnen hinlängliche Beispiele.

Unter den sogenannten Molluskoiden wird es für die Bryozoen durch das bei der Ernährung und dem Kreislauf (Bd. II, p. 194 und 420) Gesagte leicht verständlich sein, dass zwar ihre ganze Körperoberfläche, soweit sie aus den Zellen sich vorstreckt oder bei durchbrochener Arbeit an letzteren theilweise nackt bleibt, athme und dieses besonders im zurückgezogenen Stande und bei Deckelschluss von Wichtigkeit sei, dass aber für einen regeren Austausch der Gase der mit Wimpern bedeckte, zerschlitze, entfaltbare Tentakelapparat eintrete, welchem gebührende Aufmerksamkeit geschenkt wurde.

Die Tunicaten haben es gemeinsam, dass sie vor dem Munde durch eine darüber hinausgehende den Mantel tragende Hautfalte ein Atrium bilden, in welchem eine Kieme ausgespannt ist. Fol, indem er dieses Atrium dem Schlunde verglich, bezeichnete die Tunicaten als die einzigen den Wirbelthieren für die besondere Art der Kiemenanbringung gleich eingerichteten Geschöpfe. Der Eingang zu diesem Atrium ist mit Ausnahme von Doliolum eingeengt, sei es mehr cirkulär unter Umstellung mit Tentakel läppchen, durch Kreismuskeln einschnürbar, bei den ascidienartigen, sei es zu einem durch eine obere und eine untere Lippe begränzten Spalt, bei den salpenartigen. Dieses Atrium dient sowohl der Zufuhr der Speise als der des Athemwassers und solche Vorgänge, wie sie Fol bei Appendicularia beschrieben hat, oder ähnliche dürften zur Aussonderung der Nahrung aus dem Athemwasser in dieser Klasse mehr allgemein vorkommen. Für die Einbringung des Wassers in das Atrium und dessen Ausstossung, damit also

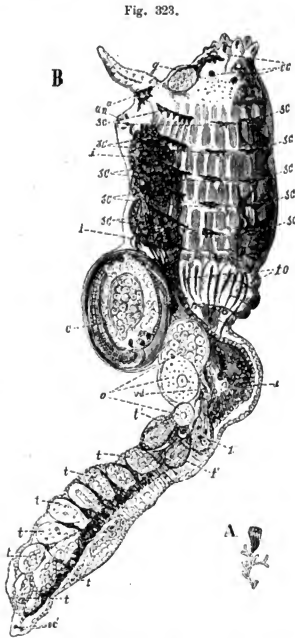
in unserer augenblicklichen Betrachtung für den Mechanismus der Athmung kommt bei Ascidien, Salpen, Doliolen, Pyrosomen in Betracht eine Muskulatur, welche entweder in einer umhüllenden kontinuierlichen Lage oder in einigen ganzen oder unterbrochenen Reifen das Atrium umspannt, und in deren Erschlaffung die Elastizität der Tunica sich geltend macht. Bei den Salpen namentlich macht diese Muskelaktion an den Lippen ganz den Eindruck des Schnappens nach frischem Wasser. Die grosse Ausdehnung des übrigens allgemeinen Wimperkleides der Kieme auf dem umfassenden Athemsacke scheint den Ascidien unter gewöhnlichen Verhältnissen bei ständig offenstehender Ingestionsöffnung ohne solche Kontraktionen eine hinlängliche Wasserzufuhr zu sichern; die Kontraktionen der Muskeln schliessen mehr schützend den Zugang. Die Erschlaffung lässt allerdings auch bei ihnen stets eine grosse Menge frischen Wassers einströmen. Die Verschiedenheit der einzelnen Gruppen drückt sich kurz dahin aus, dass bei den Ascidien die Kieme einen ganzen Sack, bei den Doliolen eine mit Spalten durchsetzte Wand, bei den Salpen ein schräg von der Nachbarschaft der Ingestionsöffnung, namentlich vom Gehirne und der Riechgrube aus gegen den Mund ziehendes, nur an den Enden und deren Nähe durch das Mesobranchium Eschricht's befestigtes, in der Mitte ringsum freies, hohles, vom Blute durchströmtes, vom Wasser umströmtes Band bildet.

Die Athemhöhle der einfachen Ascidien ist oben hinlänglich beschrieben worden. Die Zweifel, welche unter Anderen noch Cuvier, Coste und van Beneden dagegen erhoben hatten, dass der Athemsack an den gefensternten Wänden wirklich durchbrochen sei und das Wasser vielfache Bahnen von der Athemhöhle zu der Kloake habe, hat auch Giard für gänzlich überwunden erklärt. Doch erregen grade die verwachsenden und zusammengesetzten Ascidien, mit welchen jener Gelehrte sich eingehend beschäftigt hat, in dieser Beziehung am ersten Verdacht. Ich finde weder bei Giard einen Beweis, noch haben mir meine eigenen Beobachtungen einen sicheren Anhalt für das Durchströmen des Wassers durch den Kiemenkorb gegeben. Ein erheblicher Kloakraum besteht nicht einmal überall. Man wird an Schnitten darauf besonders achten müssen. Bei den niedrigeren zusammengesetzten sieht man im Kiemensacke nur vier Querreihen von Gruben oder Spalten, während bei *Amaurucium*, *Clavellina* und anderen höheren diese beschränkte Zahl nur in der Jugend, später eine grössere gefunden wird, selbst bis zu zehn. Ich habe Zeichnungen von einer mallorkinischen Art, welche dem *Circinalium concreescens* Giard in der Erscheinung sehr nahe kommt, und finde bei dieser in den fünf bis sechs der oberen zehn bis zwölf Querbalken eine Art befestigenden Kiemengerüstes. Es sind rippenartige Skleritenhäufchen, welche Uratkonkretionen ähnlich sehen, von zackigen Konturen, indem sie jedesmal den Längsbalken etwas nachgehen, auf beiden Seiten symmetrisch angebracht, so dass sie derjenigen Mittel-

linie, in welcher der After liegt, sehr nahe kommen, an der anderen Mittellinie, an welcher sich die Kiemenquerbalken vorwulsten und auf welche die Mundrinne fällt, weiter von einander entfernt bleiben. Doch folgen hier in der Richtung der Verlängerung der Rippen noch kleine Haufen von Konkretionen. Die betreffende Art, welche ich *Sclerobrancha Eugeniae* nenne, hat nur fünf Lappchen an der Ingestionsöffnung. Die starken Mundwülste im Kiemensacke sind bezeichnet mit rothen gepaarten

Rippen. Der Kiemensack ist bei auffallendem Lichte gelblich, der Schwanz feurig orangefarbig, theils von der Darmwand, theils durch einen vom Darm zur Schwanzspitze sich ziehenden zwischen die Hoden Aeste sendenden gefärbten Strang. Hodenblasen finden sich bis achtunddreissig. Ausser zwei vorderen Augen und vielen rothen Pünktchen in ihrer Gegend giebt es zwei als Schwanzaugen erscheinende ausgezeichnete rothe Flecke. Die Vereinigung der Individuen wird nur durch den Mantel hergestellt und dieser bildet einen geringelten Stiel, auf welchem die Kolonie von etwa zwölf Individuen sich becherartig entfaltet.

Auf der bandförmigen Salpenkieme erreichen die Flimmerhaare eine bedeutende Grösse und die Gestalt schmaler Blättchen, so dass sie mehr den Flimmerplättchen der Ctenophoren als gewöhnlichen Flimmerhaaren gleichen. Jedes Haar wird von einer besonderen gekernten Zelle getragen. Sie stehen nur an der der Ingestionsöffnung zugewendeten Seite des Bandes. Sie sind dort auf beiden Seiten in quere Rippen geordnet, welche gegen einander laufend jedesmal aus zahlreichen kurzen Wimperreihen gebildet werden, so dass diese wieder quer gegen die Rippe stehen. Die ersten Reihen von

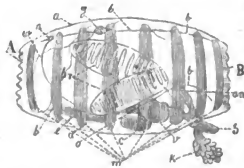


Sclerobrancha Eugeniae mihi von Palma auf Mallorca. A. Kolonie in natürlicher Grösse, B. Ein Individuum aus dem Mantel gelöst, 30mal vergrössert. a. Supraanalzapfen. an. After. c. Bruttasche mit Ei, darin eine reife cercarienartige Larve. g. Hirnknoten. i. Darm. o. Drei Eier in verschiedener Reife. oc. Vordere Augen. oc'. Hintere Augenflecke. sc. Skleriten in den Kiemenbalken. vd. Samenleiter. to. Mündtrichter mit Wülsten. t. Hodenblasen. t'. Hodenblasen mit reifen Samenfäden.

der Seite aus enthalten je etwa zwölf, die letzten gegen die Mittellinie nur etwa vier Cilien; die Mittellinie ist wimperfrei. Die Zahl der Rippen richtet sich stark nach der Länge der Kiemen. Den von R. Leuckart angeführten Beispielen mit Zahlen von sechzig bis hundertundachtzig kann ich *Salpa africana-maxima* Forskål, die grösste Art des Mittelmeers, mit etwa zweihundertundvierzig anschliessen. Es gehen von der Salpenkieme am vorderen Ende in Gabelung zwei Flimmerbogen ab (vgl. Bd. II, Fig. 121, p. 208 bei e), umkreisen zusammen vorn die Respirationshöhle und treten von beiden Seiten mit dem Vorderende der Wimperrinne auf dem Endostyl zusammen. Leuckart sah seiner Zeit dieses Schlundwimperband als einen Hilfsapparat der Athmung an. Dasselbe dürfte vielmehr die im Wasser treibenden sehr kleinen Organismen zum Endostyl herunterwirbeln und für die Athmung hauptsächlich die Bedeutung haben, dass es das Wasser einigermaassen von solchen fremden Körpern reinigt.

Die Kiemenwand von *Doliolum* tritt in verschiedenen Modifikationen auf. Bei *Doliolum Mülleri* Krohn liegt sie in den Generationen A und B und in den mittleren Sprossen der Generation C, d. i. C^m, am fünften bis sechsten Muskelreifen, steht unter etwa 60° schräg, ist eben und hat jederseits vier bis fünf Löcher übereinander. Der Mund liegt in der Mittellinie zwischen den beiden Lochreihen. Bei *D. denticulatum* Quoy und Gaimard hat eine so eingerichtete Kieme nur die Generation B. In Generation A und C^m ist die Kiemenwand gewölbt, ihre Mitte fällt zwar auch hinter den fünften Muskelreifen, aber ihre vorderen Enden greifen auf beiden Seiten bis zum zweiten und unten bis zum dritten Reifen vor. In dieser Ausdehnung bietet sie jederseits Raum für sechsundzwanzig bis dreiundvierzig Löcher. In den seitlichen Sprossen der Generation C, d. i. C^l, ist die Kiemenwand so sehr eingebogen, dass ihre Flächen fast den Seitenwänden des Körpers parallel laufen und es finden sich jederseits zehn Kiemenlöcher. Die Löcher der Kieme sind in allen Fällen umsäumt von radartig arbeitenden Wimpern. Vom Endostyl steigt in der Mittellinie der Kiemenwand ein Wimperband schräg aufwärts zum Munde. Das Schlundwimperband am Eingange des Atrium steigt von der Riechgrube jederseits zum Endostyl hinab und hat gar keine Beziehung zur Kieme. Das trägt dazu bei, die Meinung, dass es

Fig. 324.



Doliolum denticulatum Quoy und Gaimard, Generation C^m aus dem Mittelmeer, achtmal vergrössert, nach Keferstein und Ehlers.

A. Vordere Oeffnung. B. Hintere Oeffnung. a. Aeusserere Haut. b. Innere Haut. br. Kieme. c. Herz. e. Endostyl. m. Muskelreifen. k. Keimstock mit Brut (Gen. A). s. Stiel, mit welchem dieses *Doliolum* auf der es produzierenden Generation B aufsass. g. Gehirn. n. Riechgrube. o. Mund. v. Magen. w. Schlundwimperband. an. After.

bei den Salpen etwas mit der Athmung zu thun habe, zu zerstören. Bei C¹ ist der tonnenförmige Mantel hinten geschlossen und so ist die zweite Kämmerabtheilung blind. Das Athemwasser, welches keine besondere Egestionsöffnung findet, muss den Weg, auf welchem es kam, wieder zurückgehen. In Ausnahmefällen fanden Keferstein und Ehlers den Mund ganz oben in der Kiemenwand nahe dem Hirn. Dem Mindermaass in Kiemenleistungsfähigkeit der Generation C¹ steht die Minderung der sonstigen Organisation, der Mangel der Fortpflanzungsorgane, des Gehörapparates und Anderes zur Seite. Man kennt das weitere Schicksal dieser Knospen nicht und man kann ungewiss sein, ob sie überhaupt eine selbständige Bedeutung haben.

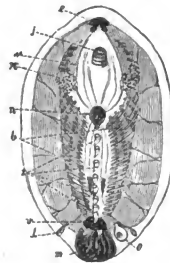
Nach den Untersuchungen bis einschliesslich derer von Gegenbaur schien es, dass dieser eigenthümlichen Generation von *Doliolum* im Mangel eines Ausganges der Athemkammer *Appendicularia* gleich stehe. Fol hat uns eines Besseren belehrt. Die Athemkammer der *Appendicularia*, nach ihm der Pharynx, hat hinter der Ingestionsöffnung, nach ihm dem Munde, einen dreiseitigen Durchschnitt. Der eine der drei Winkel liegt dorsal, wie Fol die Ganglionseite bezeichnet, die beiden anderen liegen seitlich ventral. Zwischen diesen letzteren ist die Bauchfläche firstartig nach innen gedrängt. Dieser First trennt zwei Rinnen, deren jede zu einer Kiemenspalte führt; die dritte dorsale Rinne leitet zum Oesophagus. Dessen Eingang, der Mund Anderer, liegt auf dem Grunde des Atrium als eine Einengung desselben zwischen und hinter den zwei Kiemenspalten. Deren Stellung erlaubt die Kiemenwand auch hier gebogen zu nennen. Auf jeder dieser Spalten sah Gegenbaur eine nach hinten gerichtete Röhre stehen, ohne deren Abschluss sich deutlich machen zu können. Fol hat gezeigt, dass diese Spalten die Stellen bezeichnen, an welchen eine doppelte kloakale Hauteinstülpung zwei Sackeinstülpungen des Pharynx begegnet. Die Verhältnisse sind nicht wesentlich anders als bei den gewöhnlichen Formen des *Doliolum*, bei welchem nur die kloakale Hauteinsenkung der gesammten, diametral entgegengesetzten oralen in Weite und Einfassung des Randes fast vollkommen gleicht. Die Stelle des endlichen Durchbruchs der sich begegnenden Säcke wird in den beiden Kanälen durch stark lichtbrechende Zellen mit langen Wimpern bezeichnet. Diese Wimpern ahmen eine Radbewegung nach. Die Richtung des erzeugten Stromes erscheint vom Willen abhängig. Der Wasserstrom kann vom Munde her kommen oder von den hinteren Oeffnungen der Röhren, welche ziemlich steil bauchwärts an der Wurzel des Schwanzes liegen. Die beiden Wimperräder arbeiten gleichartig. Sie sind nur die mechanischen Hilfsapparate der Athmung. Der Gasaustausch geschieht an der dünnhäutigen Innenwand des Pharynx. Der Endostyl sondert die Nahrung aus dem zugeführten Wasser aus. Seine Lippen weichen vorn und hinten etwas aus einander und kommunizieren mit den vorderen oder

Schlundwimperbändern und dem auch hier zum Oesophagus aufsteigenden hinteren oder sogenannten Mundwimperband. Die Wimpern treiben in ihm lebhaft, wie sie das auch besonders bei *Doliolum thun.* Ferner wird in ihm Schleim abgeschieden und gegen den Oesophagus hin in Fäden wie ausgesponnen. Dieser Schleim nimmt in sich die Fremdkörper auf, bindet sie, tritt mit ihnen in den Oesophagus und durchwandert mit ihnen den Darm. Solche Schleimabsonderung findet sich auch bei den Salpen massenhaft.

Pyrosoma stimmt für die Kiemen fast ganz mit denjenigen Formen des *Doliolum*, bei welchen die Kiemenwand tief eingebogen ist. Die beiden Hälften der Kieme, vorn ziemlich von einander entfernt, laufen den Wänden der grossen Athemkammer oder des Pharynx nicht ganz parallel, so dass sie gegen den weit zurückgelegenen Eingang des Oesophagus konvergiren. Jede Hälfte zerfällt durch Spalten in vierundzwanzig bis zweiunddreissig Streifen oder, insofern sie vom Blute durchströmt sind, Röhren. Diese werden nach innen von acht bis vierzehn Längsbändern gestützt und sind aussen durch Fäden mehrfach an der Körperwand befestigt. Jede Spalte ist von Wimpern umsäumt. Man wird annehmen dürfen, dass die Wimpern hier wie anderwärts die Speisetheilchen von den Spalten abweisen. Die Bahn vom Gehirne bis zum Oesophagus ist mit acht kegelförmigen über die Spitze mit Wimpern umzogenen Züngelchen besetzt. Auch die Endostylrinne hat starke Wimpern. Diese Wimpern dürften den Speisetheilchen die Richtung zum Oesophagus geben. Die den Nektasidiern gemeinsame ausgezeichnete Kombination in der Verwendung des Wasserstroms für Nahrungsbewegung zum Munde und Auswurf der Exkremente, für Empfindung an der Riechgrube, für Athmung an der Kieme und für Ortsbewegung mit Einsaugung vorn und Ausstossung hinten, wird für diese Bewegung bei *Pyrosoma* modifizirt durch die Verkettung der Individuen, welche, in die Zellen eines walzenförmigen gemeinsamen Mantels eingebettet, in dessen hohler Axe ihre ausführenden Wasserströme zusammenfliessen lassen.

Wir schliessen zunächst die *Brachiopoden* an, nachdem sich die Meinung, sie gleich den *Molluskoiden* von den *Mollusken* gänzlich zu trennen, mehr und mehr Bahn bricht. In einer ausgezeichneten Arbeit hat namentlich *Edw. Morse* die von anderen und von ihm selbst beigebrachten Motive der näheren Zugehörigkeit

Fig. 325.



Ausgeschältes Einzelthier von *Pyrosoma giganteum* Lesson aus dem Mittelmeer nach Keferstein und Ehlers, 20mal vergrössert von der Hirnseite.

i. Ingestionsöffnung. x. Linsenförmiger Körnerhaufen von unsicherer Bedeutung. e. Wimperrinne des Endostyla. n. Gehirn. w. Schlundwimperrinne. b. Kiemen. t. Reihe von acht röhri gen Tentakeln. o. Eierstock. m. Hoden. v. Magen. l. Länglicher Körnerhaufen von unsicherer Bedeutung.

zu den Würmern betont und gezeigt, dass eine Verbindung ihrer Organisation mit der der Würmer ziemlich für alle Punkte konstruiert werden kann. Morse fasst die Brachiopoden so auf, als seien sie ein älterer in besonderer Entwicklung des Vorderendes ausgezeichneter, kephalisirter Zweig des Annelidentypus, sowie als ein neuerer die Kephalobranchen dastehen. Es ist dieser Meinung hauptsächlich Folgendes förderlich. Es kommt freie Ortsbewegung bei einigen Brachiopoden auch im erwachsenen Stande vor, so bei *Lingula pyramidata* Stimpson, welche überhaupt in den neuen Motiven eine grosse Rolle spielt. Es findet sich dabei eine besonders starke an den Schwanz der Arenicoliden erinnernde Auslängung des Stieles, bei jener Art bis zur neunfachen Länge der von den Schalen umschlossenen Region. Dadurch wird deutlich eine kaudale Portion des Körpers neben einer thorakalen mit Mantel und Schale und einer den Kopf vertretenden mit Mund und Armen. Es wird in den zwei hinteren Körperabtheilungen eine Substanz abgesondert, welche Sand zu Röhren verkittet. Der gedachte Schwanz ist geringelt gleich dem der Arenicoliden, mit welchem er den Mangel an Borsten theilt. Solche Borsten werden dagegen am Mantelrande, also in der thorakalen Region erzeugt, in einer Anordnung, welche als bilaterale und als dorsoventrale Symmetrie zu verstehen ist, einzeln oder in Bündeln aus regelmässigen Follikeln. Diese Follikel sind bei den wandernden Formen eingebettet in ein Netz von Muskelfasern und gewähren so die Möglichkeit eines energischen Gebrauches für die Ortsbewegung. Auch anderen bieten sie diese im jugendlichen Zustande, so der *Discina*. Immer aber werden sie in Anspruch genommen für die Bildung eines Daches über dem Athemorgane und es kann das verglichen werden dem Nackenborstendache im Sande grabender Würmer, Durch zwei Paare von Eileitern ist bei *Rhynchonella* sogar eine innere Gliederung angedeutet. Deren Ursprung in Trichteröffnungen in der Leibeshöhle und ihre Verbindung mit muthmaasslichen Harnorganen ruft die Segmentalorgane der Würmer in die Erinnerung. Die Larven sind deutlich geringelt, mit Wimpern, Augen und einem Scheitelwimperschopf versehen, so dass sie namentlich auch in der Darstellung von Kowalewsky Wurmlarven ganz gleichen. Insbesondere den sedentären Würmern würden dann die Brachiopoden sich nähern durch die Heteronomie der Körperregionen, durch die mit Cilien bekleideten, mit Nebenfäden besetzten und nach Morse mit Knorpelgerüsten gestützten Kopfarme. Auch bei Tubicolen können diese auf die Zweizahl sinken und sie winden sich bei *Spirographis* wie bei den Brachiopoden, während unter diesen *Rhynchonella* sie grade vorstrecken kann. Dem Mantel der Brachiopoden, welcher auch nicht überall die Arme vollständig bedeckt, entspricht der zwar in der Regel viel kürzere, aber bei *Terebella flabellum* fast ebenso ausgedehnte Halskragen vieler Tubicolen. Indem er ebensowohl seitlich gespalten als vorne ausgebuchtet sein kann, zeigt er das, was an

jenem die Darstellung seines Sekrets in Form zweier, meist vorn ausgerandeter Schalen bedingt. Jener Kragen ist nicht minder für die Schalenabsonderung der Würmer von hervorragender Bedeutung. Von den Gephyreen hätte man dann noch zu entnehmen den Mangel der Segmentirung und von einem Theile derselben die vordere Anbringung des Afters. Endlich würde für die den Brachiopoden gewöhnliche Verkürzung im als Stiel dienenden Schwanze, für die Concentration, in Verbindung mit der Herstellung von vom Rücken zum Bauche plattgedrückten, seitlich aufgeschlitzten Chitinhäusen, das gleiche Geschehen bei einem Theile der Räderthiere heranzuziehen sein. Gegen den Vergleich der Arme der Brachiopoden mit den Kiemen der Lamellibranchen, welchen Ray Lankester und Holman Peck festhalten, hebt Morse hervor, dass jene Arme nur kephalisch entspringen, die gedachten Kiemen lateral und eher nach hinten, so dass der Vergleich mit den Mundlappen vorzuziehen wäre. Der ist aber auch in der Regel gewählt und es sind die Kiemen bei den Brachiopoden als fehlend bezeichnet worden. Schliesslich gelangt man zu der Erkenntniss, dass Würmer und Mollusken an mehreren Stellen deutlich verbunden sind und legt keinen so besonders grossen Werth auf die Zuthellung hierhin und dorthin.

Die ältere Meinung war also mehr darauf gerichtet, den Mantel als Athmungsorgan anzusehen und derselbe schien diese Beschränkung in Athemorganen dadurch zu beglichen, dass er bei einem Theile der Brachiopoden durch Schalenporen Fortsätze nach aussen sandte, so nicht allein in grösserer Ausdehnung dem frischen Seewasser ausgesetzt, sondern auch unter den ungünstigen Umständen des Schalenverschlusses. Morse dagegen zieht morphologisch die Arme als Kiemen heran.

Schon Carpenter hatte betont, dass die Beziehungen des Mantels zur Schale bei den Brachiopoden nicht ganz gleich seien denen bei den Lamellibranchen. Man könne die zarten Fortsätze nicht als einfach in die Schalenporen ragend, der von ihrer Oberfläche abgesonderten Schale anliegend ansehen. Eine äussere Umhüllung stehe in Continuität mit der inneren Mantellage, die Schale wäre also eingebettet in den Mantel und würde nicht nur peripherisch, sondern an jeder Stelle ihre Wachsthumsvorgänge haben. Die Schale der Brachiopoden steht auch chemisch den gewöhnlichen Muschelschalen sehr fern. Sie enthält fast 50 % phosphorsauren Kalk. Ihre Poren möchte Morse denen der Annelidenhaut vergleichen.

Trotz dieses Allen wird sich doch kaum etwas daran ändern, dass der Mantel als ein hauptsächliches Athemorgan der Brachiopoden zu betrachten sei. Wenn er auch dem Kragen der Tubicolen homolog ist, so ist er ihm doch nicht analog. Er behält physiologisch die Uebereinstimmung mit dem Mantel der Lamellibranchen. Bei *Lingula* wird seine Befähigung

für das Athemgeschäft dadurch erhöht, dass sich auf seinen mit dem Gefässsinus unterlegten Feldern in grosser Zahl abgeplattete Ampullen

Fig. 326.



Schema der Blutbewegung in den Mantelpapillen der *Lingula pyramidata* Stimpson aus dem atlantischen Ozean an der Küste von Nord-Carolina nach Morse.

erheben in Form von Bläschen, Tassenköpfchen, Zitzen. Deren sind bei *L. pyramidata* Stimpson in einer Hälfte des dorsalen Mantellappens auf jedem der zwölf Sinus fünf bis elf Stück, zusammen fünfundachtzig oder muthmaasslich für den ganzen Mantel dreihundertundvierzig. An Spiritusexemplaren in der Regel unmerklich, wurden diese Ampullen doch schon von Vogt und Owen gesehen, von Morse aber genauer untersucht. Man sieht das Blut in ihnen in bestimmter Richtung strömen. Der Anbringung nach kann man sie mit den Kiemen am Mantel von

Cirripeden vergleichen. Sie scheinen allen anderen Gattungen der Brachiopoden zu fehlen, wenigstens schon bei *Discina*, welche doch in der Natur der Schale, besonders im Mangel der Schalenporen, also eines ausgleichenden Vortheils für die Mantelathmung, der *Lingula* am nächsten steht. Es muss bei solchen an dieser Stelle die Athmung durch die entweder eben ausgebreiteten oder sanft gewölbten, zur Durchsichtigkeit zarten Wände der Mantelsinus genügen.

Aber auch in den Armen der Brachiopoden kann ein rascher Blutstrom durch die Wand der mit Wimpern bedeckten Cirren hindurch erkannt werden. Sie müssen die respiratorische Bedeutung des Mantels theilen und ergänzen. Sie bilden in ihrer Aufrollung einzeln einen Kiemenkorb. Die geringe Zahl der Arme im Vergleiche mit bei weitem den meisten Röhrenwürmern wird durch die Grösse der Cirren ausgeglichen.

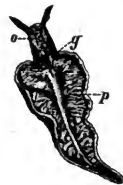
In Betreff der Athemorgane der echten Mollusken gewährt nicht die im Allgemeinen niedere, akephale Gruppe der Muscheln den geeigneten Ausgangspunkt der Betrachtung, sondern die niedere Klasse unter den kopftragenden, die der Gastropoden. Die Kiemen der Muscheln können für ihre Anbringung mit denen gewisser Schnecken sehr wohl zusammengestellt werden, aber es sind nicht grade diese Schnecken im Allgemeinen oder insbesondere für die Athmungsorgane die niedrigsten. Die Schnecken zeigen auch für die Athemorgane eine weit grössere Mannigfaltigkeit als die Muscheln. In dieser Mannigfaltigkeit ist im Vergleiche mit den Muscheln nicht allein eine der sonstigen Erhebung der Klasse entsprechende Ausdehnung und Vervollkommnung in dieser Organgruppe, eine grössere Spezifikation für Anbringung und Einrichtung vertreten, sondern auch ein Mindermaass in Ausbildung, eine Verallgemeinerung in der Anbringung. Die Muscheln zeigen für ihre Athemorgane Verschiedenheiten nur innerhalb eines ganz engen Rahmens für Anbringung, Einrichtung und Maass. Es ist deshalb

nützlich, zunächst von den Gastropoden zu reden und die sonst begründete systematische Folge in aufsteigender Richtung bei Seite zu setzen.

Es giebt Schnecken, welche überhaupt keine besonderen Athemeinrichtungen haben. Man kann sie mit Alder und Hancock Pellibranchia, Hautathmer, auch Abranchia, kiemenlose nennen. Dem ähnlichen Namen Dermatobranchia kommt gewohnheitsmässig eine weitere Bedeutung zu. Er umfasst alle diejenigen Formen, welche Kiemen besitzen, ohne dass diese unter den Schutz von Mantelfalten genommen würden. Die kiemenlosen Formen und die Rückenkiemer kann man den Hinterkiemern, Opisthobranchia, des Milne Edwards verbinden und ihnen einreihen, wenn man den Namen, wie ich an einer anderen Stelle vorgeschlagen habe in Proscardia ändert, was man kann, ohne die mit ihm beabsichtigte Betonung der Stellung der Herztheile zu verlieren. Sie theilen mit diesen auch die Androgynie.

Wirklich kiemenlos sind die Phylirrhoidae, welche von Souleyet und Gray hierher, übrigens von Adams zu den Heteropoden gebracht sind, die Limapontiadae, oder in Verbesserung der Wortbildung Pontolimacidae, und die Elysiadae oder nach der anderen dahin gestellten wenig bekannten Gattung Placobranchidae, wobei noch abgesehen ist von einigen weiteren wenig bekannten Formen. Die Zutheilung der erst genannten Familie wird eben durch ihre niedere Organisation, besonders den Mangel des Gastropoden und Heteropoden unterscheidenden Fusses, fraglich. Ihr Körper, im Ganzen überaus flach, lässt ebensowenig seitlich einen Mantel von dem mittleren Leibe unterscheiden. Die Pontolimacidae haben eine Sohle oder einen Fuss; sie sehen ungefähr aus wie Wegschnecken ohne Fühler und Athemhöhle. Auch sie haben keinen Mantel, aber man kann vielleicht eine Spur davon in leistenartigen Erhebungen finden, welche besonders an den Kopfseiten auftreten. Bei den Elysiadae dehnt sich der Körper jederseits oberhalb des Fusses zu grossen seitlichen Lappen oder Blättern aus. Indem diese in der Regel vertikal aufgerichtet sind und hinten zusammen treten, erscheinen sie als ein Anfang einer Mantelbildung, aus welcher, wenn die Verbindung der beiden Lappen von hinten nach vorn fortschreitend gedacht wird, das Dach einer Athemkammer über dem Rücken hervorgehen würde. Diese Lappen dienen allerdings der Elysia, indem sie seitlich ausgebreitet werden, auch zum Schwimmen, selbst zum Umgreifen von Seegewächsen, auf welchen die Schnecke kriecht, aber sie gewähren in jedem Falle aus-

Fig. 327.



Elysia viridis Montagu von Cetto (dieselbe kommt auch im südlichen Mittelmeer, in Nordsee und Ostsee vor) vom Rücken gesehen, zweimal vergrössert.

o. Auge. g. Geschlechtsöffnung.
p. Seitenlappen oder Mantel.

gedehnte Athmungsflächen. Sie begleichen die namentlich im Vergleiche mit Phyllirhoe im Uebrigen ungünstigen Formverhältnisse des gewölbten Körpers der Elysia. Mit der Innenfläche der athmenden Haut sind mindestens bei Elysia die zahlreichen, traubig verästelten Blindsäcke der sogenannten Leber, der mit drüsigen Wänden versehenen Taschenanhänge des Magens, verbunden. Indem Elysia hierdurch sich den Eolididen nähert, in Kopf und Tentakeln der Gattung Hermaea ähnelnd, hat man auch die Seitenlappen den papillären Kiemen dieser verglichen, als verschmolzene Reihen solcher ansehen wollen.

Alle diese kiemenlosen Schnecken haben eine geringe Grösse. Sie haben nicht allein keine äussere Schale, deren Erscheinen stets die einfache Oberflächenathmung einengt, sondern auch keine innere, nicht einmal die den Dermatobranchen häufig zukommenden Nadeln in der Haut. Die Aussenfläche der Haut ist mit Wimpern überdeckt, welche bei Elysia nur 3 μ messen.

Der Name der Nudibranchia oder Gymnibranchia wird am besten für diejenigen passen und auf solche beschränkt werden, welche zwar Kiemen haben, aber solche nicht mit einer Mantelfalte überdecken. Férussac hat sie geschieden in Polybranchiata, welche die Kiemen auf beiden Seiten des Rückens in einer Art von metamerischer Wiederholung, und Acanthobranchiata, welche die Kiemen in einer medianen dorsalen Gruppe, wie Alder und Hancock es ausdrücken, in der Mediodorsal-Linie tragen, genauer in einem ungleich vollkommenen Kranze um den dorsalen After. Jene haben meist keine Verkalkungen in der Haut, diese haben sie regelmässig. Da verkalkte Haut zur Athmung ungeeignet ist, wird, während bei jenen die Generalisation der Kiemen begünstigt ist, bei diesen die Spezifikation nothwendig. Wie es in der polybranchen Gruppe Formen mit beginnender Verkalkung der Haut giebt, so in der acanthobranchen solche, welche ausser der periproktalen Kieme fadige, papilläre, lappige Fortsätze auf dem Rücken haben, welche mindestens nicht gleichgültig für die Athmung sind und die bei Doriden so gewöhnlichen Tuberkel der Haut können immerhin mit den Papillen der Eolidier noch in einige morphologische Verbindung gebracht werden. Obwohl seitliche Lappen hier nicht in derjenigen Ausdehnung vorkommen, wie bei Elysia, fehlt es doch nicht gänzlich an Beziehungen solcher zu lateralen oder periproktalen Kiemen und man kann die betreffenden Fälle sehr wohl benutzen, um daraus die Sammlung dorsaler Kiemen in eine Mantelkammer auf einem beschränkten Theile des Rückens ableitend zu konstruiren. Elysia also hätte diese Lappen stärker, aber die Kiemen nicht, die jetzt folgenden haben die Lappen, wenn überhaupt, dann schwächer, dagegen die Kiemen ausgebildet. Von den Einrichtungen, von welchen die eine in der Kombination bei den höheren Kiemenathmern einen sekundären Hilfsapparat, die andere den nächsten

Athemapparat darstellt, ist im ersten Auftreten auch jene im Stande, allein für die Athmung aufzukommen.

Als die niedrigeren erscheinen die Polybranchiata. Nicht zu ihnen sondern zu den Pleurobranchen gehören die Phyllidiaden und Diphyllidiaden, welche Alder und Hancock als eine Abtheilung mit den Kiemen an der Unterseite der Kloake eingereiht haben. Tritonia und Scyllaea sind auf die lamellirte, d. i. hier blumenähnlich zerschlitzte Beschaffenheit der Kiemen von Alder und Hancock mehr den Acanthobranchiern genähert worden. Die Aehnlichkeit der Kiemengestalt ist nicht ganz durchgreifend und vielleicht nicht wesentlich, aber jene entfernen sich von dem grösseren Theile der Polybranchen auch in den Beziehungen des gastrohepatischen Apparates zu den Kiemen.

Die Polybranchiaten haben eine Mannigfaltigkeit für Anordnung und Gestalt der Kiemen, welcher gegenüber die Einrichtungen bei anderen Gastropoden nur sparsam differenzirt erscheinen. H. und A. Adams haben dem durch den Namen *Aiolobranchiata* Ausdruck gegeben. Man kann zwei Hauptzüge erkennen. Einerseits giebt es eine Anlehnung der Kiemenbildung an seitliche Lappen, wie sie etwa *Elysia* hatte, indem diese nunmehr entweder selbst auf der Kante zerschlitzt und so kiemenähnlich sind, oder auf der dem Rücken zugewendeten Seite wirklich mit Kiemenbüscheln besetzt werden. Andererseits werden, ohne dass seitliche Lappen existiren, Athemorgane gebildet durch meist in grösserer Zahl auf dem Rücken stehende, zunächst einfache Papillen, ohne dass von Seitenlappen etwas vorhanden wäre. Als stärkste Gegensätze stehen etwa auf jener Seite die Gattungen *Lomanotus*, *Eumenis*, *Scyllaea*, *Nerea*, auf dieser diejenigen *Eolidier*, bei welchen die Kiemenpapillen einzeln aber dichtest gedrängt stehen. Aber es vermitteln von jener Seite her die nur mit einer Längsreihe wirklicher Kiemen ausgerüsteten *Tritonia* und *Dendronotus* bei nur wenig erhobener oder mangelnder Leiste, von dieser diejenigen *Eolidier*, bei welchen die Kiemen in den einzelnen seitlichen Querreihen sehr sparsam, gar bei jungen Stücken von *Eolidia exigua* Alder und Hancock oder überhaupt bei einigen *Embletonien* nur einzeln, oder bei welchen sie doch jeweilig in ein einfach wurzelndes Büschel zusammengefasst sind, wie bei *Eolis glaucoides* A. und H., auch das Vorkommen einer Längsleiste nach aussen von den Kiemenreihen bei *Fiona* und *Doto pinnatifida* Montagu oder die mantelartige seitliche

Fig. 328.



Eolis (*Aeolidia*) *papillosa* Linné aus der Nordsee vom Rücken gesehen, in zusammengezogenem Zustande und in natürlicher Grösse. Der Rücken ist bei diesem Individuum mit etwa achtzehn Reihen von Papillen auf jeder Seite ausgerüstet.

ta. Vordere Tentakel. tp. Hintere Tentakel.

Ausbreitung des Körpers bei einigen *Hermaea*, so dass die Ränder neben dem Fuss hernieder hängen und mancherlei andere Modifikationen. Die gedachte Grunddifferenz gestattet demnach nicht die Scheidung in zwei Hauptgruppen. Neben den Differenzen in den Spezialitäten der Kiemen giebt es unter diesen Polybranchiaten eine Menge anderer, gar nicht unwesentlicher und zur Eintheilung wohl verwendbarer Verschiedenheiten. Am hervorragendsten sind die der *Radula*, vorzüglich in Verkümmern der seitlichen Zähne, die für Zahl, Gestalt und Lage der Tentakel, die für Vorkommen einer segelförmigen oder scheibenförmigen Ausbreitung um den Mund, welche besonders bei *Thetis* eine hervorragende wird, die für die Zahl der Geschlechtsgänge in symmetrischer oder unilateraler Ausbildung, die für Anwesenheit von Kiefern, die für Lage des Afters, rein median oder in Verschiebung auf die Seite und damit mehr nach vorn, die für den an dieser Stelle besonders wichtigen Eintritt der Lebertaschen des Magens in die Kiemen. Solche haben veranlasst, ausser den *Dendronotidae*, *Scyllaeidae* und *Tritoniadae* noch die *Glaucidae*, *Proctonotidae*, *Melibidae* und *Thetidae* von den *Eolididae* als Familien zu unterscheiden und die alte Gattung *Eolis* in sehr viele aufzulösen.

Die Mannigfaltigkeit in Zahl und Gestalt der Kiemen bedingt vorzüglich den Charakter der einzelnen Arten und indem sich sonderbare und doch zierliche Formen mit schönen Farbengegensätzen verbinden, gehören die polybranchen Schnecken mit zu den zierlichsten Erscheinungen mariner Thierwelt.

Am mindesten differenzirt sind diejenigen *Eolidier*, welche ungetheilte Kiemen in möglichst gleichmässiger Vertheilung und grosser Verbreitung auf dem Rücken haben. Ganz gleichmässig ist dies, was man Dorsobranchie nennen kann, nie ausgebildet. Immer bleibt ein medianes Rückenfeld in der Art frei von Kiemen, dass solche nicht auf ihm wurzeln, falls sie es auch von den Seiten her überdecken. Es dehnt sich diese Kiemenlosigkeit auf den Kopf, dessen Vorderrand allerdings reich mit Lappen besetzt sein kann, auf die Tentakel, auf die hintere Spitze des Körpers aus und gilt ebenso für die Sohle und die über dem Fusse aufsteigenden Seitenwände. Es handelt sich also auch bei dichtester Bedeckung des Rückens um zwei dorsolaterale, zunächst symmetrisch besetzte Kiemenregionen. Je zahlreicher die Kiemen stehen, um so bestimmter haben sie eine fadenförmige oder papilläre Gestalt nur mit eingengter Basis, je vereinzelter, um so mehr nehmen sie mancherlei Gestalt an, namentlich eine keulenförmige.

In den symmetrischen dorsolateralen Regionen können die Kiemen in einer ungleich häufigen metamerischen Wiederholung und in den so gebildeten Querreihen in ungleichen Zahlen auftreten, der freie dorsale Zwischenraum kann ungleich breit sein. Soweit eine Mehrzahl von Kiemen in einer Querreihe in Betracht kommt, sind im Allgemeinen die gegen den Rand

oder den Fuss hin die kleineren. Die einzelnen Querreihen desselben Individuum haben meist ungleiche Zahl von Gliedern, im Allgemeinen die hinteren eine kleinere als die vorderen, zuweilen auch die allerersten eine kleinere als die nächsten. Die Zahl der Reihen und die Zahl der Kiemen in einer Reihe ist nicht absolut fest, sie schwankt individuell, kann sich mit dem Alter vermehren, hauptsächlich durch Nachwachsen erst ganz unbedeutender Anhänge am hinteren Ende und am Seitenrande, wahrscheinlich zuweilen durch Zwischenschiebung. Sie wird noch mehr schwankend dadurch, dass in den Gattungen *Melibe*, *Eolis*, *Doto*, *Antiopa* die Papillen sehr leicht abfallen und dann erst allmählich ersetzt werden können. Die in solchen Kiemen ausgesprochene Metamerie greift nicht tief ein, sondern trifft innen, wie wir sehen werden, eigentlich nur ein weiteres Organ, die Leber.

Die grössten Zahlen hat, wie es scheint, wenigstens in den europäischen Meeren *Eolis papillosa* Linné, nämlich auf jeder Seite 18 bis 24 Querreihen mit je 12 bis 24 Papillen. *E. Peachii* Alder und Hancock hat 20 Reihen mit je 8 bis 9 Papillen, *E. arenicola* Forbes 15 mit je 3 bis 4 Papillen, *E. glauca* A. und H. nur 14, aber die vorderen darunter theilen sich gegen den Fuss hin in zwei bis drei Reihen und haben 10 bis 12 Papillen. *E. tricolor* Forbes hat 13 bis 14 Reihen mit je 3 bis 5, *E. angulata* A. und H. 10 bis 12 mit 4 bis 5, *E. (Cavolina) viridis* Forbes 10 mit 4 bis 7 Papillen. Wenn die Zahlen soweit verringert sind, sind die Reihen deutlicher von einander getrennt und die Papillen decken sich nicht mehr schindelförmig. Da dann auch in den Reihen nicht mehr so sehr grosse Zahlen von Papillen vorkommen, erscheint der Körper der Schnecken weniger mit Kiemen belastet, zierlicher. Bruguières nannte solche *Cavolina* und Alder und Hancock stellen in diese Gattung schon *E. arenicola*. Es schliessen sich alsbald an *E. concinna* A. und H. und *E. Tarrani* A. und H., beide mit 9 bis 10 Reihen, jene mit je 5, diese mit nur je 3 bis 4 Papillen, *E. northumbrica* A. und H. mit 9 Reihen zu höchstens 5 Papillen, *E. vittata* A. und H. mit 8 bis 10 Reihen zu je 5 bis 6 Papillen, *E. glottensis* A. und H. und *E. vittata* A. und H. 8 bis 9, jene mit je 4 bis 5, diese mit je 3 bis 7 Papillen, *E. amoena* A. und H. mit 8 Reihen zu 3 bis 4 Papillen, *E. picta* A. und H. mit 7 bis 8 Reihen zu 5 bis 6 und *E. olivacea* A. und H. mit 6 bis 8 zu 3 bis 4 Papillen. Innerhalb der Gränzen von sechs bis neun Reihen und drei bis fünf Papillen scheint sich die grosse Majorität der Eolidier zu bewegen. *E. exigua* A. und H. hat nur 5 bis 6 Reihen, bei Erwachsenen in der ersten mit 3, in der zweiten und dritten mit je 2 Papillen, in den übrigen und bei jungen in allen Reihen mit einer einzigen Papille. Zum Theil noch mit Rücksicht auf Anordnung und Gestalt der Kiemen, aber auch auf andere Gründe sind solche *Eolis* mit deutlichen, dichter oder entfernter stehenden Reihen von

Papillen in die Gattungen *Favorina*, *Phidiana*, *Eolis*, *Cuthona*, *Cavolina*, *Galvina* zertheilt worden.

Diese Anordnung der Kiemen in Querreihen mit je mehreren Stücken theilen ferner die durch doppelte Geschlechtsöffnung und nur ein Paar Fühler ausgezeichneten *Hermaeidae* mit den Gattungen *Hermaea*, *Stiliger* oder *Calliopaea* und *Alderia*. *Hermaea dendritica* A. und H. hat 8 Reihen mit 3 bis 4 Papillen, *H. bifida* Montagu zahlreiche mit ungleich grossen Papillen. *Alderia modesta* Lovén ist vorn frei von Kiemen und hat weiterhin 6 bis 7 Reihen mit je etwa 4 Papillen. Dahin gehört nach der Bearbeitung von *Trinchese* wohl auch *Calliphylla mediterranea* Costa mit im Ganzen achtzig Kiemen.

Bei den *Fionidae* macht die dichte Drängung der Kiemen die Anordnung in Reihen undeutlich. Jede Kiemenpapille ist durch einen einseitigen krausen häutigen Saum verbreitert, in ähnlicher Weise, wie man solches zuweilen an Kiemen von Würmern bemerkt.

Bei vielen *Eolidiern*, der Gattung *Flabellina* Cuvier, sind die Papillen in Haufen oder Büschel zusammengefasst. Solcher hat *Eolis* (*Calma*) *glaucoides* A. und H. 11 mit je 3 bis 4 Papillen, *E. aurantiaca* A. und H. 10 bis 11, die ersten mit 5 bis 6, die hinteren mit 2 bis 4 Papillen, *E. cingulata* A. und H. 8 bis 9 mit je 3 bis 4 Papillen, *E. punctata* A. und H. 6 bis 7 mit 30 bis 40 Papillen in drei Reihen geordnet im ersten Büschel, halb soviel im zweiten und weniger in den übrigen, *E. (Facelina) coronata* Forbes 6 bis 7 mit 20 bis 30 Papillen in fünf Reihen geordnet im ersten und weniger in der andern, *E. (Coryphella) rufibranchialis* Johnston 6 bis 7, das erste mit 6 bis 7, das zweite mit 4, die übrigen mit 2 bis 3 Reihen von je etwa 4 Papillen. Bei allen diesen fliessen die hinteren Büschel mehr zusammen. *E. Landsburghii* A. und H., *E. alba* A. und H. und *E. pellucida* A. und H. haben nur noch 5 bis 6 Büschel, die erste mit 8 bis 12 Papillen im ersten, 6 bis 9 im zweiten und weiterhin weniger, die andere in den beiden vorderen Büscheln mit je 2 Reihen von je 6 bis 7 Papillen, in den übrigen mit nur je einer Reihe und sparsameren Papillen, die dritte in dem vorderen Bündel mit 15 bis 17, in den anderen mit weniger und konfluierend. *E. Drummondi* Thompson hat 4 bis 6 Bündel, das erste mit 30 bis 40, die hinteren mit weniger Papillen. *E. smaragdina* A. und H. und *E. lineata* Lovén haben 5, diese das erste mit 16 bis 18 Papillen, die anderen abnehmend. *E. gracilis* A. und H. endlich hat nur 4 Bündel, in deren erstem 14, dem zweiten 10, den anderen weniger Papillen. Auch bei dieser Anordnung kann die Gesamtzahl der Papillen ersichtlich sich auf mehrere Hundert, etwa ein halbes Tausend belaufen, aber sie kann auch unter ein halbes Hundert sinken. Die in Büschel geordneten Kiemen sind stets nur fadig oder spindelförmig.

Weniger auf ihre Besonderheiten als auf andere Eigenschaften, besonders auf die Tentakel sind die mit ihnen ausgerüsteten Eolidier in die Gattungen *Calma*, *Flabellina*, *Facelina* und *Coryphella* zerlegt worden. Auch die *Glaucidae* haben diese Anordnung in Büschel oder Fächer, deren drei jederseits dem Körper ein sonderbares Ansehen geben. Sie sind dabei abgesondert durch einen undeutlichen Kopf mit kurzen Tentakeln. Endlich sinkt die Zahl der Kiemen in einer Querreihe auf zwei herunter bei einem Theil der Gattung *Embletonia*, oder auf eine, so bei anderen Arten dieser Gattung, z. B. *Embletonia pulchra* A. und H., bei *Tergipes* (*Eolis despecta* Johnston) und *Gellina*, wo sie dann ungewöhnlich gross und mit plump spindelförmiger Gestalt auftreten, auch die hinteren alternierend und dabei mit ungleicher Zahl für die zwei Seiten, bei *E. pulchra* sechs auf der einen und fünf auf der anderen, bei *Gellina* fünf jederseits, bei *Tergipes* nur vier jederseits und bei jüngeren nur drei. So sinken die Kiemen in dem geschilderten Kreise von fast Tausend auf sechs.

Auch die sich durch eine grosse Zahl von Seitenzähnen der *Radula* den *Doriden* nähernden *Proctonotidae* haben zahlreiche Kiemen. Bei *Antiopa* (*Janus Verany*) *hyalina* A. und H. und bei *A. cristata* Chiaje stehen sie ohne erkennbare Ordnung in einem dichten Haufen längs jeder Seite, bei *Proctonotus mucroniferus* A. und H. in zwölf Querreihen, jede mit drei umgekehrt birnförmigen Papillen. Sie sind in der Regel warzig.

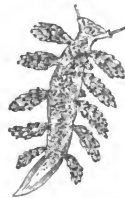
Es schliessen sich die *Melibidae* an, welche nur zwei Tentakel haben, mit den Gattungen *Doto* und *Melibe*. Deren Kiemen stehen jederseits in einer einzigen Längsreihe. *Doto pinnatifida* Montagu und *D. fragilis* Forbes haben erwachsen neun, letztere hat in der Jugend nur sechs, *D. coronata* hat in der Regel nur fünf auf jeder Seite, aber Spuren von intermediären, so dass einmal acht vorkamen. Die einzelnen Kiemen sind dabei oval oder spindelförmig, mit Warzen bedeckt, gewissen kleinpolypigen Korallen ähnlich oder mit mehreren Reihen von Zacken umgeben, gleich Tannenzapfen. *Melibe rosea* Rang hat sieben Kiemen jederseits, ebenfalls warzig, Streitkolben ähnlich.

Fig. 329.



Embletonia pulchra Alder und Hancock von der englischen Küste, etwa achtmal vergrössert, auf Grund der Darstellungen von Alder und Hancock mit durchschimmernden gastrohepatischen Kanälen gezeichnet.
t. Tentakel. a. After.

Fig. 330.



Doto coronata Gmelin von der schottischen Küste, dreimal vergrössert nach Alder und Hancock.

Die Kiemen stehen bei allen aufgeführten in einer eigenthümlichen Beziehung zu der Leber. Wir haben bei den Organen der Verdauung (Bd. II, p. 227) davon nur eine Andeutung gegeben. Es war Milne Edwards, welcher 1842 fand, dass bei einer kleinen *Calliopaea* von Nizza ein System verästelter Kanäle in die Papillen und andere Oberflächentheile sich erstreckte, welches er, in ihm eine Vermischung zwischen Verdauungsapparat und Gefässsystem sehend, gastrovaskular nannte. Er verglich es mit den Radiärkanälen der Medusen und den Blindsäcken, welche der Magen der Pyknogoniden in die Gliedmaassen sendet. Ihm folgten bald mit Darstellungen Chiaje und Quatrefages. Der letztere sah zuerst, dass in den Papillen Theile der Leber und an ihrer Spitze bemerkenswerthe

Fig. 331.



Zwei benachbarte Kiemenpapillen von *Eolis papillosa* Linné, sechsmal vergrößert um das Eintreten der Leberschläuche h. von dem röhri gen Gallengänge g. aus zu zeigen. An der Spitze Nesselkapselblasen v.

Blasen liegen. Er irrte in anderen Punkten; er sprach den Papillen die Bedeutung von Kiemen und den von ihm untersuchten Schnecken der Eolidiergruppe ein wirkliches Gefässsystem, Herz, Mundbewaffung, After ab; nahm an, dass vermittelst jener Blasen der Inhalt der Magentaschen mit dem Leibeshöhlenblut in Verbindung trete und gab dieser vermeintlichen Vermischung der Organe durch den Namen Phlebenterismus Ausdruck. Er schied so seine für etwas Neues erachtete Eolidina und Andere von den übrigen Nudibranchiata als Phlebenterata. Deren Aehnlichkeit mit anderen Gastropoden sei nur scheinbar. Afterlos, gefässlos, in äusseren Theilen symmetrisch und metamerisch die Organe wiederholend seien sie gar keine Mollusken. Alder und Hancock zeigten bald, dass die Blase an der Spitze jeder Papille sich nach aussen öffne, elliptische Körper mit Fadenanhängen produziere und entleere; Nordmann, Embleton, Souleyet, endlich auch Kommissionen der Pariser gelehrten Gesellschaft unter Isidore Geoffroy St. Hilaire und Robin berichtigten die übrigen Irrthümer von Quatrefages und stellten heraus, dass seine Eolidina eine bekannte *Eolis* sei, keine erhebliche Degradation gegen andere Gastropoden bestehe, überall sich ein Herz, Blutgefässe, auch solche von den Kiemen zum Herzen und ein After fänden und dass, was etwa von Lakunen oder erweiterten Gefässräumen sich zwischen die Arterien und die ausführenden Kiemengefässe einschiebe, nicht über das hinausgehe, was sich an den verschiedensten Stellen im Thierreich findet und besonders für die Mollusken von Milne Edwards als ganz gewöhnlich erklärt war. Souleyet bezeichnete die in die Papillen tretenden Magenanhänge demnach

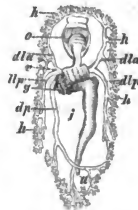
als Gastrobiliargefäße, Alder und Hancock nannten sie den gastrohepatischen Apparat.

Man kann jetzt nicht mehr die in die Papillen eintretenden Gastrobiliargefäße als Organe, welche für andere mit athmen, betrachten, aber die räumliche Verbindung, welche die Leber in diesem eigenthümlichen Verhalten mit den Kiemen eingeht, kann nicht gleichgültig sein, kann einer physiologischen Bedeutung für das Organ selbst nicht ermangeln. Es ist die Leber, welche in dieser Kombination besonders stark athmet.

Die besprochenen Gattungen haben stets einen kurzen, wie einen aufgewundenen Darm. Der After findet sich bei *Antiopa*, *Proctonotus*, *Alderia*, *Hermæa* und *Stiliger* in der dorsalen Mittellinie, bei den anderen mehr oder weniger nach rechts verschoben, in beiden Gruppen mehr oder weniger nach vorne, am meisten bei *Hermæa* und *Stiliger*. Die Leber, indem sie sich in zahlreiche kleine Portionen theilt, tritt aus der Bauchhöhle, senkt sich in die Papillen und behält ihre Verbindung mit dem Magen durch lang ausgezogene Röhren, welche eben für Gefäße angesehen wurden. Die zarten Ausführungsgänge der einzelnen Portionen verbinden sich zu grösseren Kanälen und zuletzt zu wenigen Stämmen. Solcher Hauptlebergänge sind bei den *Proctonotinae*, *Glaucinae* und *Eolidinae* drei, zwei dünnere vordere symmetrische und ein stärkerer hinterer medianer, dieser bei den *Eolidinen* über, bei den anderen unter dem Ovar, so dass dies die Leber bedeckt, dies, bei der Eintheilung verwendet, die letzteren den *Tritoniaden* und *Dorididen* nähernd. Bei *Proctonotus* und *Antiopa* theilen sich die seitlichen Stämme in einen vorderen und einen hinteren Abschnitt; bei den anderen wenden sie sich nur nach vorn. Nach der Aussage von Alder und Hancock vereinigen sich bei *Antiopa* die vorderen Aeste an der vorderen Spitze des Körpers, nach der Zeichnung berühren sie sich nur, was auch viel wahrscheinlicher ist. Bei *Embletonia* kommen die beiden vorderen symmetrischen Gänge von den zwei vorderen Papillenaaren; der hintere stärkere wird durch den alternirenden Eintritt der Aeste aus den Papillen zickzackförmig. Den *Hermæinen*, auch *Calliphylla* fehlt der hintere Gang und sie haben, da sich die seitlichen ähnlich theilen wie bei den *Proctonotinen*, nur dass sie mit dem hinteren Aste alle hinteren Papillen versorgen, vier Hauptgänge.

Die peripherische Theilung im gastrohepatischen System wiederholt und bedingt die Anordnung, die Form der Drüsen bedingt die Gestalt der Papillen. Die Versorgung der Kanäle

Fig. 332.



Das gastrohepatische System von *Antiopa* nach Alder und Hancock. o Mundmasse. v. Magen. i. Darm. g. Pankreatische Drüse? h. Leberlappen in den Kiemen. dla. dla. Vordere Aeste der lateralen Gallengänge. dlp. dlp. Hintere Aeste derselben. dp. dp. Hinterer Gallengang. a. After.

mit drüsigen Wänden kann in der Leibeshöhle über die Papillen hinaus reichen und sich dann unter der Haut ebenso wie sonst in den Papillen durch die Färbung ausdrücken. In den Papillen können die Leberlappen mehr kompakt oder deutlich dendritisch verästelt sein. Bei *Hermæa bifida* Montagu stehen die Aestchen quirlförmig und so giebt es überall Verschiedenheiten. Die Wände der Kanäle sind muskulös. Man kann durch die Loupe erkennen, wie ihre wechselnden Kontraktionen den Inhalt bewegen. Diese Bewegungen müssen auch auf den Blutstand in der Umgebung wirken. Wenn Kiemen abfallen, schnürt sich der Kanal ab. Das Auswachsen der Aeste muss Hand in Hand mit dem der Kiemen gehen.

In der Peripherie der auswachsenden Gallengänge sind die Leberlappen, und deshalb gegen den Rand hin die Kiemenpapillen am kleinsten. Ueberall werden die Papillen gemäss ihrer Oberfläche und der geringen Wanddicke über den zwischen Haut und Leberlappen eingeengten Blutbahnen einen wesentlichen Theil der Athmung besorgen, aber nicht auf anderen Grundlagen als die übrige Haut. Die Leberlappen können auch in die Tentakel eintreten. Das Blut liegt auch anderswo im Maschengewebe dicht unter der Haut in wenig dicken Schichten ausgebreitet. Dasjenige, welches von den Papillen kommt, verbindet sich mit dem, welches aus den Sinus des Körpers kommt, in den Hauptlebervenenstämmen. Die Haut, nicht einmal den Fuss ausgenommen, wimpert anderwärts so gut wie an den Kiemen. Es besteht kein besonderer Kiemenkreislauf wie bei den Doriden. Das Blut, welches in den Herzvorhof kommt, ist gemischter Beschaffenheit.

Die Blasen, welche sich an der Spitze der Papillen öffnen, haben mit der Athmung gar nichts zu thun; sie sind Drüsen. Wo Eolidier schwimmen, sammelt sich stets eine grosse Menge Schleim auf dem Wasser. Zum Theil liegt dessen Quelle in jenen Drüsen. Derselbe mag kleine Beute festhalten. Die Eolidier sind exquisit fleischfressend, tödten einander, fressen an anderen Schnecken, an Anthozoen und, wo sie Seelaub abzugrasen scheinen, fressen sie mehr die Zoophytstöckchen, mit welchen solches bedeckt ist. Glaucous, selber schwimmend, frisst Porpiten und Velellen. Sollte mit dieser stark karnivoren Lebensweise die starke und kombinierte Ausbildung von Leber und Kiemen in Verbindung zu denken sein? Alder und Hancock glaubten die Fadenzellendrüsen kämen nur Eolis zu; sie würden also kein integrirendes Zubehör der athmenden Papillen sein. Bei *Embletonia pallida* A. und H. wenigstens haben Meyer und Möbius solche nachgewiesen. Bei anderen, so *Calliphylla*, ist die Oberfläche der Kiemenpapille mit schleim-erzeugenden Drüsentäschchen reichlich bedeckt (vgl. auch Bd. II, p. 24).

In Betreff dieser merkwürdigen Entwicklung der Leber zu dendritischer Form mit Abhebung vom Magen und Eintreten in Papillen schien Alder und Hancock anfänglich *Scyllaea* den besten Uebergang zu machen, welche ihre Kiemen als kleine Büschchen auf der Innenseite zweier Lappen

trägt; welche in Flossengestalt sich an jeder Seite des Rückens erheben. Später wurden jene Gelehrten mehr geneigt, die in die Kiemen eintretenden Röhrrchen dieser Schnecke nicht dem gastrohepatischen System, sondern dem Blutgefässsystem als solche Venen zuzurechnen, welche Blut von der Leber zu den Kiemen führen. Scyllaea würde damit zu Tritonia treten. Ist dem so, so bliebe als beste Uebergangsform Dendronotus, welche Gattung darauf hin Alder und Hancock von den Tritonien ablösten, von welchen sie sich ohnehin durch die Form der Fühler, den Mangel der Subpallialeiste auf den Rückenseiten und die Art der Kiemenbäumchen unterscheidet. Bei

Fig. 333.



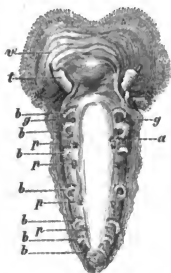
Dendronotus arborescens Müller aus der Ostsee, in natürlicher Grösse, nach Meyer und Möbius.

Dendronotus ist der Magen mit ähnlichen Verästelungen besetzt wie bei den Eolidiern, während derselbe bei Tritonia wie bei den Doriden eine anhanglose Tasche bildet, und in starker Auflösung der Leber liegen ihre Zellen an den Wänden dieser Ramifikationen. Die Spitzen der Zweige treten in die Kiemen und in die Tentakel, wengleich sie die follikuläre Umkleidung von der Basis dieser Organe ab verlieren. So ist es die Verbindung zwischen diesen peripherischen Schläuchen und dem Magen, welche follikulär ist, während sie bei den Eolidiern einfach röhrig ist. Die Leber zieht sich aus den Kiemen heraus, gegen den Magen hin und zusammen. Die Kiemen werden von ihr frei, sind nur noch Kiemen. Dieselben stehen dabei jederseits in einer Reihe, sind cylindrisch und stark verästelt. *D. arborescens* Müller hat ihrer sechs oder sieben jederseits, ausserdem ist der Vorderrand mit zackigen Bäumchen eingefasst und sind die Tentakel mit solchen besetzt, um so zierlicher durch die blass korallrothe Färbung. Von den anderen zu den Dendronotiden gestellten Gattungen hat *Bornella* drei Kiemenbüschel jederseits, *Lomanotus* etwa zwanzig kurze papilläre Kiemen auf einer leicht welligen Mantelleiste und darunter durch Verschmelzung drei grössere gelappte, *Eumenis* mit *E. (Lomanotus) marmoratus* A. und H. dieses in der Art modifizirt, dass die Kiemen durch Zerschlitung einer Mantelleiste entstanden scheinen. Ob sich bei diesen und bei der ähnlichen *Hero* die Leber ebenso verhalte wie bei *Dendronotus*, ist nicht bekannt.

Danach kommt *Thetis*, deren Leber, obwohl etwas aufgelöst und ein wenig in der Form des gastrohepatischen Apparates entwickelt, doch mit ihrer Masse in der Leibeshöhle bleibt, diese bucklig auftreibend. Gefässe scheinen von Magen und Leber in die besonderen Papillen zu treten, welche in Abwechslung mit den grösseren und mehr ausgearbeiteten eigentlichen Kiemen auf dem Rücken in einer Reihe auf jeder Seite stehen. Diese Gattung hat das Kopfsegel von *Allen* weitaus am grössten und mit zahl-

reichen Fäden eingefasst. Die Kiemen, bei *Thetis leporina* Cuvier zu sieben oder acht grösseren jederseits sind buschförmig verästelt oder einseitig gefiedert, die letzten klein, undeutlich, von den Papillen nicht zu unterscheiden. Hinter der ersten liegt die Geschlechtsöffnung, hinter der zweiten rechts der After. Die alternirenden kleineren sogenannten Papillen stehen ein wenig höher auf dem Rücken und bilden kleine Büschchen. Sie sind jedoch nicht wesentlich von den Kiemen verschieden, erscheinen als verkümmerte Kiemen. Es wären also die mit den Lebertaschen in Verbindung bleibenden Kiemen rudimentär, die von ihnen befreiten besser entwickelt. Auch das Segel kann nicht gleichgültig für die Athmung sein. Rang sah es wie bei *Melibe* zum Schwimmen benutzt. Die besonderen Verhältnisse des Mundes bei *Thetis* scheinen darauf hinzuweisen, dass es der Nahrungsgewinnung diene, jene Unvollkommenheiten durch seine Entwicklung begleichend.

Fig. 334.



Thetis leporina Cuvier aus Palermo in natürlicher Grösse.
v. Segel. t. Tentakel. g. g. Geschlechtsöffnungen. a. After. b. b. Kiemen. p. p. Mit den grösseren Kiemen abwechselnde Papillen.

Bei den Tritoniaden und nach der oben mitgetheilten Korrektur auch bei den Scyllaeiden, tritt die Leber überhaupt nicht mehr in Fortsätze der Rückenfläche ein. Die beiden Familien scheinen einander, allerdings grade mit Ausnahme der Kiemen, deren Anordnung für *Scyllaea* schon erwähnt wurde, sehr nahe zu stehen. *Tritonia* hat die Kiemen jederseits in einer Reihe, gestielt und dann verästelt, buschartig oder blumenartig gefiedert, gross und zierlich, die Mitte haltend zwischen denen von *Dendronotus* und denen von *Thetis*, auf einer Leiste, welche das Rudiment eines Mantels ist. Die Symmetrie der Kiemen wird ebensowenig durch die Verschiebung des Afters nach rechts gestört, als das bei den oben besprochenen geschah. Die Kiemen erhalten ihr Blut wie bei *Doris* von der Leber, indem sich aus den Kapillaren dieser jederseits für gewöhnlich drei Stämme bilden, deren jeder, sobald er die Haut erreicht, mit einem vorderen und einem hinteren Ast nach kurzem Verlauf je eine Kieme versorgt. Die *Vasa efferentia* der Kiemen gehen aber nicht wie bei *Doris* für sich in den Herzvorhof, sondern sie mischen wie bei den Eolidiern ihr Blut in den Stammvenen mit demjenigen, welches aus den Sinus des Körpers abfliesst. Die Zahl der Kiemen bewegt sich dabei in sehr engen Gränzen. Für *T. lineata* A. und H. werden fünf angegeben, jede zweiarstig und die Arme verästelt. *T. plebeja* Johnston hat fünf bis sechs und in älteren Stücken häufig noch untermischte. Solches hat auch *T. Hombergii*, so dass die Zwischenräume zwischen den grossen blumenähnlichen Kiemen hinten ganz

ausgefüllt sind. Die einzelnen gleichen der periproktalen Kieme von *Doris*. Auch hier sind die Tentakel von einem Bündel verästelter Fäden umgeben. Bei *Nerea* endlich stehen die Kiemen wie bei *Scyllaea* auf seitlichen Lappen, aber zugleich auf drei einander folgenden buckelförmigen Erhebungen des Rückens in sehr kleinen Büscheln.

Wir wenden uns zu der anderen Unterordnung der Gymnobranchiaten, zu den Acanthobranchiaten nach der Lage, den Anthobranchiaten der Adams nach der Gestalt der Kieme. Alle diese haben eine Kieme, welche mit mehreren Abtheilungen den stets mediodorsalen After umstellt. Für die Beziehungen zu den vorigen in Betreff der Kiemen scheint die Gruppierung von Alder und Hancock in nur zwei Familien vor der der Adams in mehrere eher Vorzüge zu haben. Eine Gruppe nämlich, die *Polyceridae*, besitzt im Allgemeinen den Mantel nicht anders vertreten als durch seitliche Leisten auf dem Rücken, welche meist fadige oder papilläre Fortsätze tragen oder in Lappen getheilt sind. Diese haben den Namen der Familie bedingt. Bei den *Doridae* dagegen fehlen solche Fortsätze; der freie Mantelrand bildet sich abwärts gegen die Fussränder hin aus, der Rücken wird lederartig, viel mehr durch die bei den *Polyceridae* noch sparsamen *Spiculae* gesteift und ein Schutz für das ganze Thier; um die periproktale Kieme bildet eine Hautkreisfalte einen Wall, unter dessen Schutz Kieme und After zurückgezogen werden können. Dieser kann vielleicht aus jenen seitlichen Leisten abgeleitet werden.

Die periproktale Kieme ist ein so wichtiges und so spezielles Organ, dass sie für die Verwandtschaften entscheidet. Ueberall führt ihr eine grosse Lebervene oder *Vena branchialis afferens* das Blut der Leber, des Geschlechtsapparats und der Niere zu. Dieses Blut bekommt seine besondere Gelegenheit zum Gaswechsel. Es giebt einen speziellen Kiemenkreislauf neben dem allgemeinen. Aus der Kieme führt eine ebenfalls mediane *Vena efferens* das oxydirte Blut in den Herzvorhof selbst. Diese Kieme kommt zunächst zu dem, was etwa noch von Einrichtungen der vorigen Gruppe erübrigt, hinzu; sie erhält ihre grösste Vollendung, wenn von jenen nichts mehr vorhanden ist.

Es sind hauptsächlich die *Triopinen*, bei welchen man jederseits auf einer Rückenleiste eine Anzahl von Anhängen findet, fingerartig oder keulenförmig bei *Triopa* und *Ancula*, fadig bei *Idalia*, am ähnlichsten denen bei *Lomanotus*. Jene Leisten treten bei *Idalia* hinter dem After und der Kieme zu einem Schirm zusammen. Die Einzelheiten sind recht verschieden. Bei *Triopa* ist der Vorderrand etwa wie bei *Dendronotus*

Fig. 335.



Triopa claviger Müller, etwas über natürliche Grösse nach Alder und Hancock. p. Seitliche Anhänge. b. Kieme. a. After. t. Tentakel.

mit zackigen Fortsätzen ausgerüstet. Bei *Ancula cristata* A. und H. drängen sich jederseits fünf Papillen hart an die periproktale Kieme, so dass sie diese fast im Kreise umstehen, es sind auch die Fühler mit mehreren Fäden besetzt. Bei *Idalia* stehen an der Basis der Fühler Fäden, welche stärker und länger sind als die meisten auf der Seitenleiste oder hinter der Hauptkieme, und es steht dazu eine Reihe von fadigen Papillen auf der Mittellinie des Rückens. Bei *Idalia Leachii* A. und H. steigt die Zahl der Reihen von Fäden und Papillen auf fünf. Es ist durchaus nicht

Fig. 336.



Idalia elegans S. Leuckart von Cotte, mit Benutzung des Originals in natürlicher Grösse dargestellt. Die Art kommt auch bei Guernsey vor. t. Tentakel. g. Geschlechtsöffnung. b. Kieme. a. After.

wahrscheinlich, dass die Hauptbedeutung dieser Fäden, Papillen und Lappen in Athmung zu suchen sei. Bei *Ceratodoris*, welche nach der Vollendung des Mantels zu *Doris* gehört, ist der Rücken gleichfalls nicht blos in seitlichen Reihen, sondern auch in der Mitte und hinter der Kieme mit Fäden bedeckt und es erheben sich seitliche Leisten überhaupt nicht.

Die Beschränkung der Papillen auf die unmittelbare Nähe der periproktalen Kieme scheint dieselben in bestimmteren Dienst der Kieme zu stellen, sei es als mechanischen Schutz, sei es mit Wimperarbeit oder mit Muskelspiel zur Erneuerung des Wassers. Sie vervollkommenet sich bei *Aegirus*, bei welcher Gattung aus der Zahl der ähnlich wie bei manchen *Doris* den Rücken bedeckenden Tuberkel diejenigen vor der Kieme sich wie Korallenstöcke stark warzig hoch erheben. Bei *Polycera* ist manchmal die seitliche Firste in eine grössere Zahl von Zacken getheilt, wie z. B. bei *P. Lessonii* d'Orbigny; bei anderen, so bei *P. ocellata* A. und H., überwiegen zwei hintere weit und auch bei *P. quadrilineata* Müller sind die Zacken am Mittelleibe verschwindend klein und es erhebt sich je einer jederseits hinter der Kieme hornartig, während allerdings noch vier starke Zacken am Vorderrand stehen. Auch in der Gattung *Thecatera* kann die Zahl solcher Fortsätze auf zwei herabsinken, welche fühlerartig auf dem Hinterrücken stehen. Bei *Plocamophorus* ist es dagegen der Vorderrand, an welchem ausschliesslich dendritische Fortsätze ausgebildet sind, und sie dienen dann beim Schwimmen. Bei *Pelagella* gehen die einfachen Firste nur bis gegen die Mitte des Rückens, etwas vergleichbar denen von *Pontolimax*. Bei *Goniodoris* umzieht eine Mantelkante von geringerem Umfang als der Fuss den Rücken und umgränzt die Kieme hinten. Bei *Ceratosoma* erhebt sich der Rücken selbst hinter der Kieme hornartig.

H. und A. Adams haben eine Familie der *Onchidoridae* aus einigen Gattungen gemacht, bei welchen die Kiemen, wengleich periproktal und

nicht unterstützt oder ergänzt durch andere Fortsätze, doch vom Charakter der Doriden dadurch abweichen, dass sie nicht zu einer Gemeinschaft verbunden sind. Die Familie scheint keinen engen Zusammenhang zu haben. Onchidoris erscheint als eine echte Doride, deren Kiemenblätter nur der verbindenden Basalmembran entbehren, Villiersia als eine, welche dabei nur zwei Blätter hat, wo dann der After nicht von den Kiemen umschlossen ist. Beide haben eine sehr stark verkalkte Haut. Sofern solche Kiemen dann überhaupt retraktil sind, hat jede ihre besondere Höhle. Anders stellen sich Hexabranchnus und Heptabranchnus, deren Mantel den Fuss hinten freilässt, bei welchen seitliche Firste hinten zusammenlaufen und sechs oder sieben verästelte Kiemen gesondert in einem Kreise oder Hufeisen den After umstehen, nach Adams jede für sich retraktil, nach Alder und Hancock nur kontraktil. Vielleicht giebt die Radula darüber eine Entscheidung, ob diese Gattungen als Uebergänge zu betrachten sind zwischen Tritonia und Doriden aus der Gruppe der *D. lamellata* Linné (*Lamellidoris*), welche eine Art Segel und gesondert stehende einfach gefiederte Kiemen haben, und der der *D. depressa* A. und H. (*Onchidoris*).

Auch bei den Doriden ist die ganze Haut, ausser wo grade die Spitzen der Kalkkörperchen dieselbe vortreiben, mit Wimpern besetzt. So wird es wesentlich vom Grade der Verkalkung abhängen, wie weit sie noch bei der Athmung mit in Betracht genommen werden kann und welchen Vortheil in dieser Beziehung die auf ihr sehr häufigen Höcker, Warzen, plumpen Papillen gewähren. Die Wimpern treiben auf solchen in derselben Richtung wie auf den Kiemen, nämlich gegen die Spitzen hin. Auch bei den Aeolidiern ist die Wimperung in den Tiefen zwischen den Papillen am stärksten. Dadurch wird jede Stockung verhindert.

Die periproktale Kieme der Acanthobranchiaten zeigt grosse Verschiedenheiten für das Gesamtbild, für die Zahl und Form der Blätter. Auf die gedachte Villiersia mit zwei Lappen folgen mit drei *Ancula cristata* Alder, *Thecacera*, *Triopa claviger* Müller, *Polycera Lessonii* d'Orbigny, mit fünf *Polycera ocellata* A. und H., mit sechs *Doris sordida* Rüppel und Leuckart, mit sieben bis neun *Goniodoris castanea* A. und H., mit acht *D. muricata* Müller, mit neun *Doris flammea* A. und H., *D. sparsa* A. und H., *D. tuberculata* Cuvier, *Doris pusilla* A. und H., mit elf *D. aspera* A. und H., *D. diaphana* A. und H., *Idalia Leachii* A. und H., mit zwölf *Idalia aspersa* A. und H., mit dreizehn *Goniodoris nodosa* Montagu,

Fig. 337.



Doris Johnstonei Alder und Hancock aus der Nordsee in natürlicher Grösse mit mässig entfalteter Kieme.

mit fünfzehn *Doris Johnstonii* A. und H., mit achtzehn *Idalia elegans* Leuckart, mit zwanzig bis neunundzwanzig *D. bilamellata* Linné, mit zweiundzwanzig meine *Crepidodoris plumbea*. Man sieht, dass von den Polyceriden nur *Idalia* mit den Doriden in die höheren Zahlen gelangt. Ihre Seitenfäden haben wegen ihrer sehr geringen Stärke wohl auch gar keinen Werth mehr für die Athmung. Sie sind nicht mehr als was auch bei prosobranchen Schnecken noch gefunden wird, thuen wahrscheinlich seitlich die Dienste der Tentakel. Die Energie der Kiemenbildung an spezieller Stelle steigt mit dem Aufgeben der Nachklänge der Verallgemeinerung.

Ehrenberg theilte die Doriden nach der Gestalt der einzelnen Kiemenlappchen ein. Dieselben sind schmal zungenförmig bei meiner *Crepidodoris* und bei seiner *Glossidoris*, sie spalten sich an den Spitzen bei seiner *Actinodoris*, sie sind meistens niedrig, *Pterodoris*, strauchartig bei *Dendrodoris*. Alder und Hancock belassen solche Differenzen in der Gattung *Doris*, aber sie schieden ab diejenigen, welche, obwohl ihre Kiemen an der Basis verbunden sind, sie doch nicht retraktill haben, *Lamellidoris* und vielleicht *Chromadoris*. Bei *Actinocyclus* und *Crepidodoris* ist der Kiemenkranz hinter dem After nicht zum Kreise geschlossen. Bei *Crepidodoris* legen sich die Enden spiralig um. Den meisten ist eine Zurückziehung unter eine Kreisfalte der Rückenhaut möglich. Dieser Hautwulst kann ebenso die an seiner Innenwand im Krater stehende Kieme durch seine Radiärmuskeln ganz nach aussen entfalten. Bei *Atagama* liegt die Kieme am hinteren Ausgange eines tiefen, unter einen Rücken kielsich einsenkenden Sackes, es besteht eine hintere Athemhöhle.

Alle Nudibranchen scheinen einen kiemenlosen schwimmenden Larvenstand zu haben. Wimpern, besonders gross an dem dann allen zukommenden Segel oder den Mundlappen, dienen zugleich der Athmung und Ortsbewegung. Der Gedanke, in den Nudibranchen eine Schneckengruppe zu haben, aus welcher sich die mit vollkommneren Athemwerkzeugen, besonders auch die Prosobranchen entwickelt hätten, braucht vielleicht nicht deshalb aufgegeben zu werden, weil sie im Stande der Embryonen und Larven eine Schale haben. Es ist nicht nothwendig, deshalb den späteren Mangel der Schale als einen erworbenen Fortschritt zu denken und daraus zu folgern, dass auch die Kiemenbildung in dieser Gruppe eine fortgeschrittenere sei als die derjenigen, welche zeitlebens eine Schale tragen.

Eine ganz andere Anordnung der Kiemen und zwar unter einander gleich haben die *Phyllidiidae* und *Pleurophyllididae*, unter welchen jene weder *Radula* noch Kiefer haben, wenigstens *Phyllidia* und *Hypobranchiaca* auch einen medianen hinteren After, dies aber nicht *Fryeria*, diese dagegen *Radula*, Kiefer und einen seitlichen hinteren After besitzen, sich so mehr den Pleurobranchiden nähernd. Bei ihnen stehen die Kiemen in Gestalt von Blättern unter dem Rande eines den Fuss seitlich überragenden Mantels,

lösen sich dabei wohl auch in Lämpchen auf, wobei diese in mehrere Reihen sich ordnen können. Sowohl bei *Pleurophyllidia verrucosa* Cantraine als bei *Pleurophyllidia lineata* Otto finde ich den sich über den Kopf neigenden Antheil des Mantelsaums frei von Blättern. Es folgt dann ein kurzer Abschnitt, in welchem Falten sich der Länge nach neben einander ordnen, so dass die Blätter übereinander stehen. Der viel ausgedehntere Rest hat die Falten radiär, hauptsächlich schräg nach hinten.



Fig. 338.
Pleurophyllidia lineata Otto aus dem Mittelmeer von Palermo in natürlicher Grösse.
 t. Tentakel. o. Mund. p. Ruthe. v. Weibliche Geschlechtsöffnung. b. Kieme.

Gegen die Sohle bleibt eine ausgedehnte kiemenfreie Seitenwand, die Kiemenblätter beschränken sich auf die Unterseite des überragenden Manteltheils. Sind sie bei *P. lineata* strotzend mit Blut gefüllt, so drängen sich die Ränder des hier viel zarteren Mantels nach oben und nach der Mittellinie des Rückens gegen einander. Sie verschwinden dann fast und die Kiemen scheinen den Rücken zu bedecken wie bei den Eolidiern. Wenn diese Thiere mit ihrem spitz endenden Körper schwimmen, müssen die Kiemen vortrefflich im Wasser gebadet werden. Bei *Pleurophyllidia* (*Diphyllidia*) *pustulosa* Philippi reicht die Longitudinalstellung der Kiemenblätter noch weiter nach hinten, so dass die radiäre Stellung kaum für mehr als die hintere Mantelrandhälfte gilt.

An diese Anordnung der Kiemen, auf welche man passend den Namen Inferobranchiata gebildet hat, lehnen sich cyclobranchen schalentragende Schnecken an und man kann unschwer aus ihnen auch die pleurobranchen entwickeln. Ferner aber haben eine gleiche Kiemenanbringung die lamelli-branchen Muscheln und die Art, wie die Tentakel bei den Pleurophyllidien als eine breit angewachsene, gerinnte, nach hinten und unten gerichtete Masse auftreten, unterstützt den Vergleich. Das wesentliche ist in allen diesen Fällen die Anbringung der Kiemen unterhalb eines Mantelsaumes. Gewöhnlich folgt man für die Konstruktion der prosobranchen Kieme dem Gedanken von Milne Edwards, dass die diese bergende Athemkammer ihr Dach erhalte durch Verschmelzung zweier erst von einander freier, seitlich aufsteigender, tergalen Mantellappen in der Mittellinie. Solche Lappen haben wir oben vielfach als Firste kennen gelernt. Milne Edwards konstruirt sie, indem er bei den Doriden neben der gegen den Fuss gewendeten Falte die die Kiemen und den After umhüllende vergrössert, in gleiches Niveau gelegt und aufwärts gerichtet denkt. Es fehlt aber auch nicht die Möglichkeit, die Prosobranchen abzuleiten aus Cyclobranchen, die Nackenkieme aus einer unteren. Bei den Patellen nämlich entsteht eine Nackenkammer durch die besondere Austiefung unter dem

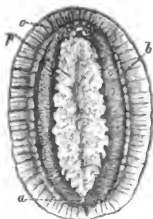
Mantel hinter dem Kopfe. Diese enthält keine Kieme. Bei einigen aber, so *Patella rota* Chemnitz, zieht das vordere Ende der Randkieme jederseits gegen den Eingang dieser Athemkammer. Man braucht sie nur etwas weiter hinein fortgesetzt zu denken, dann diesen Abschnitt bevorzugt, endlich allein vertreten, so hat man eine prosobranche Form.

Um die Klasse der Gastropoden nicht zu zerreißen, wollen wir die hier anzuschliessenden Lamellibranchen zurückstellen und jene zunächst vollenden.

Es giebt zwei cyclobranche Gruppen. Eine, die Ordnung der Chitoniden, bildet keine Nackenkammer, die andere, die der Patelliden, bildet eine solche.

Die Chitoniden kommen den Pleurophylliadien ganz nahe. Ihre Kiemen sind unter dem Rande des dicken Mantels angebracht, welcher, in der Regel auf dem von den acht gesonderten Schalstücken nicht bedeckten Randtheile mit Schüppchen, Härchen, Warzen und Dornen von Schalensubstanz oder doch mit lederartig harter Epidermis bekleidet, in solchem Falle für Gassdiffusion sehr wenig zu leisten im Stande sein dürfte, weniger als bei den solidesten Formen der Pleurophylliadien. Die Kiemen sind demgemäss stark entwickelt. Sie sind als radiäre Blätter angebracht im Grunde der Rinne, welche sich zwischen Mantel und Fuss eintieft, und lassen von dieser nur die vorderste Region frei, welche der Kopf einnimmt, und die hinterste mit

Chiton spiniger Sowerby aus dem rothen Meer von der Sohle gesehen in natürlicher Grösse.
o. Mund. p. Sohle des Fusses.
b. b. Kiemen. a. Afterrohr.



einem kleinen Felde, welches dem vorstehenden Analrohr seine Bewegungen gestattet. Mit einer breiteren Basis aufgewachsen, bilden sie ziemlich dicke Züngelchen oder spitze Blättchen. Indem deren äusserer Rand länger und konvex, der innere kürzer und konkav ist, ist die Spitze mehr gegen den Fussrand gewendet und der Aussenrand liegt ventral, dieses veränderlich bei der Ausbreitung des Mantels. Die Kiemenblätter stehen dicht gedrängt; bei *Chiton spiniger* Sowerby zähle ich ihrer auf jeder Seite zweiundsechzig. Sie haben jedoch durch wechselnde, kurz wellige Erhebungen oder Leisten auf der hinteren Fläche mindestens der mittleren Blätter, durch welche diese auf dem Durchschnitt zackig erscheinen, eine Einrichtung von der Wirkung, dass stets kleine Wasserräume zwischen ihnen klaffen. In diesen arbeiten die Wimpern. Bei denjenigen Gattungen, deren Rücken zwischen besonders kleinen Schalen schalenlose Zwischenräume oder ein ausgedehntes und weniger hart bedecktes Randfeld hat, wie *Cryptoplax* und *Schizochiton*, ist das vordere kiemenlose Feld ausgedehnter, in welcher Beziehung auch bei den Pleurophylliadien ungleiches Maass vorkommt. Die so beschränkten

Kiemen lehnen sich dann an die Vorhöfe des Herzens (vgl. Bd. II, Fig. 200, p. 427) und man kann durch Verschiebung der Kiemen und mit ihnen der Vorhöfe nach vorn und nach hinten aus den Chitonen prosobranche und opisthobranche Formen ableiten oder sich die Chitonen als eine Durchgangsform aus diesen zu jenen vorstellen.

Bei den Patelliden, deren After rechts im Nacken mündet, findet die Unterbrechung der Kiemen am Hinterende keine Anwendung. Die Unterbrechung für den Kopf fehlt nicht. Für die Kiemen ist, wie für den Kopf, den Fuss, den Mantel, die Schale, noch die Symmetrie erhalten, welche der Eingeweidesack bereits aufgegeben hat. Sie stehen unter dem Rande des Mantels, welcher über sie hinaus zunächst dick und drüsig ist in demjenigen Theile, welcher die äussere Schalensubstanz absondert, sich aber darüber hinaus noch mit zarten Tentakelfäden verlängert. Die Kiemenblättchen sind viel zarter als bei den Chitonen, gefaltelte Häutchen, und stehen lockerer. Ueber dem Nacken tieft sich unter einer stärkeren Mantelfalte eine Nackenkammer ein. Sie gestattet dem Kopfe eine grössere Beweglichkeit, während sie ihm doch möglich lässt, im zurückgezogenen Stande unter der vom Mantel abgesonderten und nach ihm in der Gestalt sich richtenden Schale Schutz zu finden. Ueber die Pfeiler, welche den Eingang zu dieser Nackenkammer auf beiden Seiten stützen, können die Kiemenblättchen, wenn auch in abnehmender Grösse, sich wegschlagen in der Richtung gegen die Decke der Kammer. Indem so die Bildung einer vorderen Kiemenhöhle eingeleitet wird, ist zugleich das Manteldach sehr reich an Blutgefässen, kann seinen Antheil nehmen an der Athmung ohne Kiemen, sowohl im Wasser als bei den über die Brandung der See aufsteigenden Formen in der Luft, und führt über zur Athmung vermittelt einer Lungenhöhle.

In weiterer Entwicklung der vorderen Kiemenhöhle fehlt die cyklische Kieme, es entsteht die Prosobranchie des Milne Edwards. Die Fissurelliden, welche in der Radula als Rhipidoglossaten den Patelliden fern stehen, schliessen sich ihnen doch in der Symmetrie und der konischen Gestalt der Schale zunächst an. Man kann sie auch für die Kieme als verwandt ansehen. Die Nackenhöhle ist stärker ausgetieft. Sie ist gefüllt von zwei symmetrisch angebrachten, hinten befestigten, zugespitzten, mit der Spitze nach vorn gerichteten, zusammen die Figur einer Leier darstellenden Kiemen. An deren Rändern sieht man als weisse Fäden die Kiemengefässstämme, aussen das Vas afferens oder die Kiemenarterie, innen das Vas efferens oder die

Fig. 340.

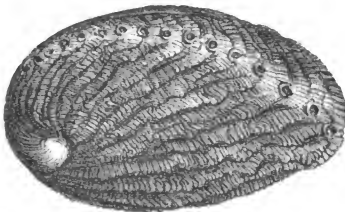


Patella rota Chemnitz aus dem rothen Meere, von der Sohle gesehen, in natürlicher Grösse.
a. Afterrohr. o. Mund. p. Pfeiler des Eingangs zur Nackenkammer.
b. Kieme. f. Randfäden des Mantels.

Kiemenvene. Jede Kieme ist nach aussen zugespitzt, innen gemäss der Elevation der Kammer hoch und besteht aus einer oberen und einer unteren Reihe von Blättern. Das Afterrohr liegt median zwischen den beiden Kiemen. Es kann bei *Emarginula* durch einen Ausschnitt am Schalenrande, bei *Fissurella* durch eine schlüssellochartige Oeffnung in dem nach vorn geneigten Schalengipfel und den unterliegenden und entsprechenden Ausschnitt oder Spalt des Mantels vorgeschoben werden. Diese Oeffnungen in Mantel und Schale, in Grösse und Lage ganz dem Afterrohre sich anpassend, sind wesentlich Fäkalöffnungen. Durch sie bleibt die Kiemenhöhle frei von den entleerten Exkrementen. Voraussichtlich werden sie bei Zusammenziehung des Thiers und Anpressung gegen den Boden einen beschränkten Wasserwechsel gestatten, aushülfsweise als Athemöffnungen dienen. Die vordere Oeffnung der Athemkammer über dem Nacken ist weit. In der Rinne zwischen Fuss und Mantel giebt es weder Kiemen, noch Etwas diesen morphologisch vergleichbares, wenn auch physiologisch abweichendes. Die Mantelrandfäden der Patella sind jedoch bei *Fissurella* vertreten durch plumpere Cirren auf der Mantelaussenseite nahe dem Rande an Stellen, welche sich in der Schale als Rippen auszeichnen, und bei den meisten anderen Gliedern der Familie ähnlich.

Milne Edwards sieht in den gedachten Spalten der Decke der Athemkammer die unvollkommene Verwachsung ursprünglich getrennter tergaler Lappen und den Beweis der Entstehung jener Decke aus solchen. Sie kommen auch in anderen Ordnungen vor, so unter den jetzt Lebenden bei *Siliquaria* unter den Rhachiglossaten, bei den Pleurotomidae unter den Toxoglossata und verrathen sich durch eine Lochreihe in der Schalenwand oder einen Ausschnitt an der äusseren Lippe. Am reichlichsten aber sind sie bei den Rhipidoglossaten. So kommen sie ausserhalb der Familie der Fissurellidae den Haliotidae und nach der Schalenbeschaffenheit den zwischen diesen und den Trochidae vermittelnden Pleurotomaridae zu.

Fig. 341.

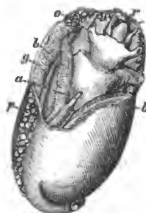


Schale von *Haliotis tuberculata* Lamarck von Spezia in natürlicher Grösse.

Jener kleinen Spalte am Rande oder im Gipfel des Mantels bei den Fissurellidae entspricht nämlich bei den Haliotiden eine von dem Vorderrande der Decke bis zur Mitte der tiefen Athemkammer reichende und letztere eröffnende. Die Spaltränder sind mit Papillen besetzt, vorne mit den grössten. Ueber

der Mantelspalte zeigt die Schale eine, ihrer für den Anfang stärkeren, nachher geringeren Asymmetrie entsprechend in einer offenen Spirale verlaufende Reihe von Löchern, unter welchen die hinteren, kleineren, am Grunde zugelöthet, durch die erhabenen Ränder knopfartig erscheinen, während das vorderste, grösste unter Umständen noch unvollendet durch nur eine Bucht bezeichnet sein kann. Die Ränder des unter der Lochreihe liegenden Mantelschlitzes sind mit Papillen bedeckt. In den Löchern klaffend, legen sich diese Ränder zwischen den Löchern an einander und sondern in dieser Haltung die die Löcher trennenden Schalbrücken ab. Während das Wachsthum bei den Fissurellidae leicht so zu verstehen ist, dass der Mantelschlitz der Emarginula und Scissurella sich voranschleibt, vorn wachsend, hinten ausgefüllt, das Loch der Fissurella abgeschlossen im Centrum des Schalenwachstums liegt und nur durch Schalenverdickung modifizirt wird, sind die Verhältnisse bei den Haliotidae weniger einfach. Es werden Löcher neu angelegt, abgeschlossen, eine Zeit lang benutzt, dann aufgegeben und gegen neue vertauscht. Unter die aufgegebenen Löcher rücken die hinter dem Mantelspalte liegenden Theile des Thiers, der Eingeweidesack, vor. Es findet also auch vorn eine Verschiebung der Spalt-ränder statt, wobei diese sich wechselnd zur Anlegung und Offenhaltung von Löchern von einander entfernen und zur Abschliessung und Ausfüllung solcher einander nähern müssen. Im Grunde des Spaltes, etwas links, liegt das Afterrohr und kann sich des letzten oder vorletzten Loches als einer Fäkalspalte bedienen. Es sind in der Regel sechs bis acht Löcher offen. Jene Zahl finde ich bei einer 5 cm. langen *H. tuberculata* Lamarck, diese bei einer *H. Cracherodi* Leach von 15 cm. Länge. Jene hat dazu ein angefangenes vorderstes Loch, ein halbgeschlossenes hinteres und etwa fünfunddreissig ganz geschlossene, deren letzte, in der Entwicklung des Thieres früheste, nur gleich kleinen Körnchen auf der Schale liegen. Der vorderen Löcher kann sich der Analtubus nicht wohl bedienen, man wird sie als wirkliche und reine Respirationslöcher auffassen dürfen. An der Athemhöhle ist der linke Theil des Daches und des Binnenraums besser entwickelt. An jeder Dachhälfte ist eine Kieme mit ihrem Aussenrande in grosser Ausdehnung angewachsen. Die Spitzen der Kiemen und die Innenränder sind frei. Die Anwachsung der rechten Kieme liegt dem Mantelspalt so nahe, dass ihre Ausdehnung in die Breite grade den Zwischenraum füllt und ihr Innenrand grade an den Spalt stösst. Der Manteldachtheil über ihr hat

Fig. 342.



Haliotis tuberculata Lamarck aus der Schale genommen und nach Eröffnung der Athemkammer durch Verlängerung der natürlichen Spalte vom Rücken gesehen. r. Schnautze. o. Auge. a. After. b. b. Kiemen. g. Schleimrüse. p. Tuberkel über dem Rande des Fusses.

die gewöhnliche zarthäutige Beschaffenheit. Links bleibt dagegen zwischen dem Spalte und dem Innenrande der Kieme am Dache der Kammer Raum für die Schleimdrüse, eine zungenförmige Gruppe quer hinter einander gelagerter in den Kiemenraum sich hinabsenkender Blätter, der Feuilletts muqueux von Cuvier. Die Verbindung zwischen Eingeweideknäuel und dem breiten Fuss ist bei *Haliotis* sehr eingeengt. Der Fussrand ist besetzt mit dicken fleischigen und untermischt fadigen Auswüchsen, welche auf zwei übereinander liegenden Wülsten geordnet sind und sich vorne rechts und links neben der Schnautze als freie Lappen ausbreiten. Die obere Gruppe legt sich am Rande der Schale aufwärts. Die Lage entspricht nicht der der Kiemen der Patellen, Chitonon, Pleurophyllidiaden; sie ist am Fusse, nicht am Mantel.

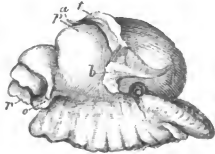
Wenn man bedenkt, dass eine mediane Kerbe des Vorderrandes des Mantels auch sonst nicht selten ist, so bleibt auch die Möglichkeit, das, was *Fissurella* und *Haliotis* haben, als eine Verwachsung zweier seitlich übermässig vorgestreckter Mantellappen mit Schlüsselochbildung der Schale oder als eine Anlehnung derselben an einander mit Lochreihenbildung anzusehen. Der vordere Spalt der *Emarginula* wäre dann das, aus welchem die anderen Verhältnisse entwickelt gedacht würden.

Wir hatten bis dahin *Prosobranchie* mit zwei seitlichen Kiemen. Bei *Fissurella* ist deren Symmetrie vollständig. Bei *Haliotis* findet sich, wie für Decke und Kammerraum, so für die Kieme selbst ein Uebergewicht der linken Seite. Es scheint das in voller Uebereinstimmung zu sein damit, dass bei Schnecken sich meistens eine Verkürzung der rechten Seite findet, welche die Einrollung des Körpers und die sogenannte Rechtswindung der Schale mit sich bringt. Da weiterhin sich häufig eine einfache Kieme findet, sollte man denken, es werde die linke Kieme diejenige sein, welche, erst vergrößert, endlich allein erübrige. Bei rechts gewundenen Schnecken scheint jedoch in anderen als bis dahin betrachteten Gruppen niemals die linke Kieme die grössere zu sein und, sobald deutlich die Vereinfachung auf Schwund einer Kieme beruht, ist die rechte die übrig gebliebene.

Nach der Theorie von Milne Edwards würde es zwei Wege der Herstellung einer einfachen Kieme geben, den der Verschmelzung und den der einseitigen Verkümmern. Für das Verständniss im ersten Sinne ist *Phasianella*, eine den Trochiden angehörige Schnecke, wichtig. Diese, welche auch in den abwechselnd schreitenden Bewegungen der beiden Fusshälften die bilaterale Organisation betont, hat nach den Untersuchungen von Cuvier und Quoy und Gaimard die Athemkammer durch eine schräg vom Dache zum Boden absteigende und hier angewachsene Längswand in zwei seitliche Abtheilungen zerlegt. Die Scheidewand trägt rechts und links eine geblätterte Kieme. Die Schale lässt diese Theilung nicht etwa durch eine Verdickung erkennen. Milne Edwards hat es als einen Uebergang

hierzu bezeichnet, dass Turbo und Stomatella die Kiemenblätter auf beiden Seiten einer weniger vollkommenen Wand sitzen hätten. Bei Turbo creniferus Kiener lässt sich die Anordnung folgendermaassen beschreiben. Die einheitliche Kieme liegt mit der Spitze nach vorn, mit einer Kante nach links, mit der anderen nach rechts, mit einer Blätterreihe gegen die Decke der Athemkammer, mit der anderen gegen deren Boden. Die rechte Kante ist mehr frei, die linke, viel weiter angewachsen, steht links der Wurzel des Athemdaches auf. Die untere Lamellenreihe ist stärker, breiter und weiter in die Tiefe der Athemhöhle ausgedehnt. Indem sie über die das ausführende Gefäss enthaltende Kante vorsteht, entsteht eine Furche, in welche der Analtubus sich einpasst. Aus der Anwesenheit von zwei Blätterreihen kann nicht auf eine Entstehung aus zwei Kiemen geschlossen werden, da Fissurella an zwei Kiemen zwei Blätterreihen hat. Jedenfalls scheint kein Grund vorhanden, in dieser Beziehung Turbo den Trochus, Ziziphinus, Tectus und ähnlichen doch sehr nahe verwandten Gattungen oder den Nerita entgegenzustellen. Das Prinzip, welches für die Auffassung der einen gilt, dürfte auch für die andere gelten. Will man diese Kiemenform, durch die der Phasianella veranlasst, als eine durch Verschmelzung vereinfachte ansehen, dann wäre ihre dorsale Befestigung am Dache der Athemkammer ganz nach links verschoben; die ursprünglich die linke Kieme vertretende, nach unten sehende Blätterreihe überwöge gemäss dem Uebergewichte der linken Körperhälfte. Man hätte die beiden Kiemen als über dem After zusammengetreten anzusehen. Dem entspräche, dass dieser an die nach rechts gewendete, als ventral zu verstehende Kante zu liegen kommt. Von Turbo und Trochus aber wenigstens liesse sich nach der Energie der Asymmetrie in der Schale denken, dass sie für das, was in Umgestaltung der Kiemen geschieht, im Vergleiche mit Rhachiglossaten, Taeniglossaten u. s. w. eher mit grösserer als mit minderer Energie einträten. Bei letzteren kommt ersichtlich die Vereinfachung der Kieme zu Stande durch Verkümmern auf der linken Seite. Ist die einfache Kieme der Rhipidoglossaten ebenfalls die einer Seite, so muss man sie auch als die rechte ansehen. Es scheint mir, dass wirklich bei Trochus in einer kleinen Reihe von

Fig. 343.



Tectus (Trochus) dentatus Forskål aus dem rothen Meere aus der Schale genommen und von der linken Seite gesehen in natürlicher Grösse. Der Rand der Athemkammer mit der Kieme ist zurückgeschlagen. r. Schnautze. o. Augengeschlagen. p. Boden der Athemkammer. t. Dach derselben. b. Kiemen. a. Afterrohr.

Fig. 344.



Nerita quadricolor Gmelin nach Wegnahme der Schale und Spaltung des Mantels von oben gesehen in natürlicher Grösse. p. Fuss. o. Deckel. t. Tentakel. a. Afterrohr. b. Kieme. h. Leber. g. Lamellöse Drüse.

Fältchen eine Andeutung einer linken Kieme vorkommt. Der Unterschied der Besetzung der Kieme mit zwei Reihen von Blättern dürfte nicht unschwer aus der Befreiung der Kieme an der Spitze abzuleiten sein. Bei Turbo ist die Kieme besonders gross; bei anderen ist sie weniger in die Tiefe und in die Breite entwickelt und bleibt vom Mastdarm entfernt. Die Befestigungen der einfachen Rhipidoglossatenkieme an der ursprünglich oberen, sekundär linken Kante und an der ursprünglich unteren, jetzt rechten Kante, die Bänder der Kieme, spannen sich wandartig aus und geben der Kieme etwa die Form eines dreieckigen Schildes, welche diesen Schnecken bei Cuvier den Namen der Scutibranchia, bei Schweigger den der Aspidobranchia verschafft hat.

Bei den anderen Prosobranchen ist es kein Zweifel, dass die Vereinfachung durch die Verkümmern auf der linken Seite geschieht. Die Kiemen sind mit der Kante ganz an das Dach der Athemkammer angewachsen, sie haben keine freie Spitze. Wohl mit Ausnahme der links gewundenen ist die rechte Kieme die besser entwickelte. Dass es die rechte ist, dafür sind die Fälle entscheidend, in welchen die linke noch gut vertreten ist, wenn auch kleiner. Diese rechte besitzt eine Reihe quer gestellter Blätter, welche gewöhnlich wie die Zähne eines Kammes gegen die Athemhöhle, meist gegen rechts gerichtet sind. Davon gab Schweigger den Namen Ctenobranchia, Cuvier Tectibranchia. Die linke Kieme ist meistens erheblich kleiner und ihre Blätter sind kürzer und dicker. Zuweilen scheint das die Konsequenz ihrer Einengung. Der Wasserverkehr geschieht hauptsächlich links, wo durch die Wendung der Schalenspitze nach rechts Mantel und Schale sich am freiesten abheben. An der linken Ecke der spaltförmigen Oeffnung der Athemkammer über dem Nacken bildet sich die besondere Einrichtung für denselben, der gleich zu besprechende Siphon. Von ihr aus kann man, auch wenn es einen solchen nicht giebt, zwischen den zwei Kiemen, wenn solche vorhanden sind, eine Wasserstrasse erkennen. Dem passt sich das Dach aussen öfter durch Bildung einer

Fig. 345.



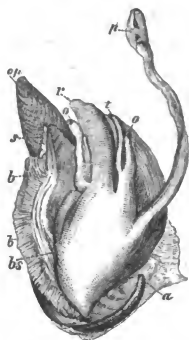
Oliva inflata Lamarck ♂ aus dem rothen Meere ohne Schale in natürlicher Grösse und mit durch Spaltung des Daches und Zurückschlagung nach links geöffneter Kiemenhöhle. bd. Rechte Kieme. bs. Linke Kieme. s. Siphon. t. Augentragende Tentakel. p. Penis.

Firste an und dem entspricht der, fast immer kürzere, steilere linke Abfall, im basalen Theil der äusseren Schalenlippe, gegen die Schalenspitze, gegenüber dem sanfter gebogenen, längeren Antheil. Zuweilen also findet man, indem jene Wasserbahn zunächst von links gegen die Mitte, aber bald S förmig wieder nach aussen in die Längsrichtung des Körpers sich zurückwendet, durch sie links ein kleines Feld des Daches, eine Bucht abgetheilt und dieses von einer kleinen linken Kieme eingenommen. Man giebt ihr dann den Namen der Nebenküme, nicht

grade passend. Bei den Cypræiden ist sie der Gestalt des Feldchens entsprechend dreiseitig, die Blättchen umstehen wie bei gewissen Korallen ein gegabeltes Thal. Es ist aber keineswegs allgemein eine derartige Beengung für die Anwachsstelle als Motiv der Verkümmrung zu erkennen. Bei *Rostellaria* beispielsweise, bei welcher die linke Kieme nur ein im Vergleich mit der rechten verschwindend schmales Streifchen bildet und nur in der hinteren Hälfte der Athemkammer besteht, findet sich links von diesem Streifchen ein ausgedehntes zarthäutiges Mantelfeld. Man muss annehmen, dass unter den hier obwaltenden Umständen eine Kieme allein die Leistung besser oder ebensogut besorge, als es zwei thun würden, weil die Lamellen der rechten Kieme durch die Beschränkung der Höhe der Athemkammer im Vergleich zu ihrer Länge und in Verbindung mit der Befestigung linkerseits nothwendig gegen rechts gerichtet werden, sie also durch eine zweite Lage nur überdeckt, lahmgelegt und nicht unterstützt werden würden. Es möchte also für die Ausbildung und Persistenz der zweiten Kieme auch die Höhe der Athemkammer und die Länge der Lamellen mit in Betracht kommen, sobald die Anwachsstelle nach links verschoben ist. Dass es auch dann die rechte Kieme ist, welche überwiegend und oft genug allein ausgebildet ist, mag auf günstigeren Winkeln für die Blutbewegung beruhen. Uebrigens kommen in der Asymmetrie der Schnecken noch mancherlei, hier nicht zu erörternde Punkte zur Geltung und sind die Verhältnisse gar nicht einfach oder für alle Theile nach demselben Maasse zu bemessen. Der Analtubus liegt dabei ganz rechts.

In der verringerten Ausdehnung bei Einengung des Raumes erhält die linke Kieme gewöhnlich auch in dem Vorhandenen eine andere Gestalt. Ihre Blätter sind niedrig und stehen auf breiterem Grunde. Williams hat ihr überhaupt die Bedeutung eines Athemorgans abgesprochen. An die lineäre Beschränkung bei *Rostellaria* lehnt sich die Andeutung nur noch durch eine Naht bei *Strombus*, *Pterocera* und anderen. Der obere Saum der Kieme enthält das zuführende Gefäss, er entspricht also den äusseren Kanten der symmetrischen Kiemen. Die Kiemenblätter können auch hier auf beiden Seiten stehen. Sind sie einreihig, so erscheint die Kieme mit der oberen, erst rechten Fläche an die Decke

Fig. 346.



Rostellaria magna Schröter, *curvaerostri* Lamarck, aus dem rothen Meere, aus der Schale genommen und nach Spaltung und Zurückschlagung des Mantels vom Rücken gesehen in natürlicher Grösse.
 r. Rüssel, t. Tentakel, o. o. Augentragende Tentakel, b. Rechte Kieme, bs. Linke Kieme, a. Afterrohr, op. Deckel am Hinterrücken des Fusses haftend, s. Siphon, p. Penis.

angewachsen. Die Blättchen können niedrig oder verlängert, einfach oder zertheilt, auch mit Querfältchen besetzt sein. Sie wimpren stark. Nach Williams sind sie durch knorpelartige Fäden gestützt, aber es ist das wohl nicht mit Sicherheit histologisch, sondern nur als Bezeichnung der Konsistenz intercellularer Substanzen zu nehmen. Die vordere Kante des Daches der Athemkammer, vom Nacken in ganzer Breite entfernt und frei, ist nicht selten mit Tentakelfäden besetzt, sehr reichlich bei Triton, auch bunt gefärbt. Sie bildet die äussere Lippe des Schalenmundes und voranwachsend ziemlich die ganze Spira mit Ausnahme etwaiger weiterer innerer oder äusserer Belege. Sie kann sich auch vertikal in zwei Blätter zerlegen. Bei vielen Schnecken entwickelt sich aus ihr an der bevorzugten Eintrittsstelle des Wassers auf der linken Seite eine Wasserrinne, ein Siphon (oder Siphon). Als Verlängerung nur des Manteldaches ursprünglich auf der Unterseite offen, kann dieser durch Begegnung der Ränder und Lagerung der Lappen über einander wie ein geschlossenes Rohr wirken. Der Siphon, nach links vom Thiere abgewendet, ist durch seine Stellung in den Bewegungen sehr frei und hat die Energie zu solchen durch die in ihn eintretenden Muskellager. Je länger er ist, um so mehr sichert er der Schnecke bei Zurückziehung des übrigen Leibes tief in die Schale oder bei ungünstigen Verhältnissen für die Athmung in der nächsten Nähe Zufuhr frischen Wassers. Er gestattet das Wasser an einer dem Analrohr und seinen Exkretionen ferneren Stelle zu schöpfen. Der Siphon ist eine stärkere und spezifisch wirksame Ausführung von Verlängerungen des Mantelrandes, welche auch an anderen Stellen vorkommen und auch rinnenartig sich gestalten können, z. B. in einer Mehrzahl bei Pterocera. Namentlich kommt öfter ein entsprechender fadenartiger Fortsatz an der rechten Ecke vor, so bei Oliva (vgl. Fig. 345, p. 188), selbst stärker als der Siphon bei Terebellum und Ancilla. Der Siphon ist zuweilen bunt, bei Cypraea an der Spitze gelappt. Er kann durch knorplige Einlagen verstärkt sein und bei Rostellaria gleiten den augentragenden Tentakel difformirende Knorpel auf solchen des Siphon und ergänzen die Rinne zum Rohre. Die Wimperbewegung scheint am Siphon in die Athemkammer hinein und an der hinteren und rechten Ecke aus derselben herauszutreiben.

Das Dach der Athemkammer wird bei allen Prosobranchen von einer Schale bedeckt und gestützt. Der Mantel, indem er besonders an seinem Rande der Erzeuger dieser Schale ist, findet in Gestalt und anderen Eigenschaften der Schale den Ausdruck seiner Leistungen. Er liegt der Schale dicht an und wird dabei durch die Verdickung, die Fäden u. dgl. am Rande unterstützt. Obwohl das ihn nicht hindert, im Zurückziehen und Vorstrecken des Thieres an der Schale gleitend die Stelle zu ändern, macht es ihn doch soweit einheitlich mit der Schale, dass die Athemkammer dadurch eine vollkommen resistente Decke erhält, welche der zarthäutige

Mantel an sich nicht giebt. Indem dieser gegenüber der Vorderrücken des eigentlichen Körpers einen soliden Boden abgiebt, wirkt die Athemkammer unter der wechselnden Arbeit gegen sie radiär und cirkulär angebrachter Muskeln der Pfeiler, des Bodens und der benachbarten Gegenden blasbalgartig.

Wie die äussere Schalenlippe sich dem Mantelrande mit Zacken, Zähnen, Kerben u. dgl. anpassen kann, so kann sie namentlich auch einen dem Mantelsipho entsprechenden rinnenartigen Fortsatz an der Basis der Schale, einen Ausguss besitzen. Die Stützung dehnt sich dann auf den Sipho aus. Zieht sich ein solcher Schalenfortsatz auch an der anderen, der Spitze zugewendeten Mundecke aus, so dient ein solcher als Kothbahn und es ist dann quer über den Nacken in links und rechts wieder sekundär ein Gegensatz zwischen vorn und hinten trotz der Verlegung des Afters nach vorn ausgewonnen. Es ist keineswegs einem häutigen Sipho immer eine Schalenstützung gegeben oder mit gleichem Maasse ausgebildet. Viele Schnecken haben einen bedeutenden Sipho, aber an der Schale nur einen Schlitz. Die Siphonaleinrichtungen finden sich in sehr verschiedenen Gruppen und sind bei nahe Verwandten ungleich. Sie haben eine sehr direkte Beziehung zur Lebensweise. Ist kein Schalen-sipho vorhanden, so ist der weiche Sipho um so beweglicher, stellbar, retraktil. Bei älteren Stücken der Gattung *Rhizochilus* schliesst sich durch unregelmässige Ausbreitungen der Schalenlippen der Schalenmund mit Ausnahme des Siphonalkanals und umwächst so Korallenzweige. Der Siphonalkanal wird so zu einem Schalenrohr und muss auch die Nahrung zuführen. Bei *Campulotus* zieht sich nach erst regelmässiger Aufwicklung später der ganze Schalenmund zu einem dickschaligen Rohr aus, an welchem durch die starke Kante der linken Seite auch der dominirende Einfluss der Siphonalbildung merklich ist.

Die Kiemen der Ctenobranchen liegen in der Regel ganz in der Athemkammer, sie treten bei *Paludina* und *Janthina* aus derselben vor. Bei der Tänioglossenfamilie der Valvatiden überschreiten sie das bei Jenen Gegebene weit. Die Kieme ragt als ein langer schmaler doppelt gekämmter Faden frei vom Nacken vor und hat diesen Schnecken den Namen der Federbuschschnecken verschafft. Sie ist viel eher den Kiemen der Scutibranchen zu vergleichen. Ein weiterer langer, schmaler, als respiratorisch bezeichneter Lappen gehört der rechten Seite des Mantels an. Die jenen nahe verwandten Ampullariden sind wahrhaft amphibische Schnecken. Von der weiten Athemhöhle, in welcher rechts neben dem Mastdarm eine Kieme, einseitig mit dreieckigen Blättchen besetzt, liegt, sondert sich im Grunde

Fig. 347.



Columbella rustica Lamarck von Spezia mit der Schale in natürlicher Grösse.
s. Sipho. t. Tentakel. o. Deckel.

an der Decke ein ovaler Sack, eine Lungenhöhle, so dass der in ihn führende Spalt durch seine Lippen fest geschlossen werden kann. Derselbe

Fig. 348.



Valvata cristata Müller von Montpellier, siebenmal vergrössert.
1. Respiratorischer Lappen. b. Kieme.

hat ein reiches Gefässnetz und hinten sammelt eine Lungenvene das Blut. Diese ist durch Anastomosen mit der Lungenvene verbunden. Vor dem Spalteingang der Lungenhöhle liegt noch eine Klappe mit lamellosen Rändern, vielleicht ein Rudiment der linken Kieme. Die Ampullariden hohlen sich an der Wasseroberfläche Luft. Sie können auch längere Zeit ausser Wasser leben, ertragen das Austrocknen der sie beherbergenden Gewässer heisser Gegenden und das Trockenliegen über ein Jahr.

Nach Semper scheint sich bei diesen Schnecken im Ei zunächst der Lungensack auf dem Rücken mit engem Zugang einzutiefen, danach erst durch Wachsen des schalenbildenden, anfangs scheibenförmigen Mantels nach vorne sich jenem eine weitere grosse Tasche, die Kiemenhöhle zu gesellen, an deren Dach das Darmende und der Geschlechtsapparat, auf deren Boden die Kieme liegt.

Es fehlt auch bei prosobranchen Schnecken nicht an zarten Hautausbreitungen, welche in einem minderen Maasse für die Athmung mit in Betracht genommen werden können. Wo man Schneckengehäuse aussen oder auf der Spindel mit glatten, glänzenden Ueberzügen bedeckt, emailirt findet, rührt dieses her von sich überlegenden Mantellappen. Solche finden sich besonders bei Terebelliden, Olividen (Dactyliden Adams), Volutiden, Marginelliden, Cypräiden, Amphiperasiden. Reich mit Fortsätzen, selbst arborescirenden, besetzt sind sie bei *Aricia* und *Luponia* aus den Cypräiden und bei *Amphiperas*. Sie dehnen sich zuweilen so aus, dass sie von den zwei Seiten quer über die Schale einander erreichen und bei manchen Cypräiden erkennt man eine die zwei Lappen trennende schmale Schalenregion an ihrem besonderen Ansehen. Bei den Naticiden ist es ein von dem deckeltragenden Fusslappen entspringender Lappen, welcher die Schale bedeckt, dies bei *Catinus* fast ganz und bei den wohl auch so zu verstehenden Lamellarien durchaus.

Bei den Trochiden findet sich nahe dem Augentiel jederseits ein Nackenlappen und setzt sich fort in einer Seitenmembran, welche mit Filamenten besetzt zu sein pflegt. Diese kommen bei *Trisogaster* auch an der Fussrückenplatte vor, welche den Deckel trägt. Bei *Liodia* sind sie zusammengesetzt, bei *Cyclostrema* gefiedert, wie das bei dieser und anderen Gattungen auch die Tentakel sind. *Enchelius* erhält ein absonderliches Ansehen durch die Menge grosser und kleiner anhängender Fäden. Unter den Ctenobranchen hat *Rissoa* einen hinteren Tentakularanhang am Fuss.

Dadurch, dass man im Wirbelthiertypus der Verschiedenheit in Betreff der Athmung mit Lungen und mit Kiemen in ihrem Zusammentreffen mit anderen wichtigen Differenzen eine hervorragende Rolle bei der Klassifikation geben durfte, fand man sich bestimmt, auch bei den Schnecken als oberstes Eintheilungsmoment die Athmungsorgane anzuwenden. Férussac namentlich gesellte in diesem Sinne den gewöhnlichen und eines bleibenden Deckels ermangelnden das Land und das Süsswasser, selten das Brackwasser bewohnenden Lungenschnecken die vorzüglich in den Tropen und in insulärer Verbreitung vorkommenden Deckellungenschnecken, Pulmonata operculata. Diese sind jedoch, vorzüglich nach der Radula, nächste Verwandte der tänioglossen Prosobranchier, besonders der Naticiden, und der rhipidoglossen. Man kann aus jenen die Heliciniden, aus diesen die übrigen Familien in der Art ableiten, dass die in Grösse und Form bereits sehr ungleich befundenen Kiemenlamellen in solcher Gestalt überhaupt nicht mehr zur Ausbildung kommen, das der Athmung dienende Gefässnetz an der Decke der Athemkammer vielmehr nur noch in einem aufsitzenden Balkennetz, ähnlich wie bei den Pulmonata inoperculata, gelegen ist, oder etwa diese Decke in der Tiefe der Kammer sich noch in Fältchen legt. Es ist das allerdings eine Verringerung an athmender Oberfläche und kapillarer Gefässbildung. Sie wird in etwas beglichen durch die Erleichterung der Cirkulation. Es bedarf nun nicht mehr des Wassers, um die Kiemenblättchen vor dem Zusammenkleben und den Blutlauf vor Stockungen zu bewahren. So ist die Prosobranchie dem Landleben angepasst. Namentlich zeigt sich das auch darin, dass die Athemkammer quer über dem Nacken gänzlich durch einen weiten Spalt geöffnet ist. Um die Scheidung von den Inoperculaten ganz klar zu stellen, hat Keferstein diese Ordnung Aderkiemer, Neurobranchia, genannt. Bei Gray sind sie Phaneropneumona, bei Hartmann Pseudobranchia, bei Leach Antrobranchia.

Wenn die Neurobranchien sich in die Schale zurückziehen, tritt nicht allein der Kopf, sondern auch der Fuss unter den Schutz der Athemkammer, indem er nicht, wie er das meist zu thun pflegt, sich einknickend den hinteren Theil der Sohle gegen den vorderen drückt. Sie kommen damit den Trochiden nahe. Der hintere Rand des niemals fehlenden Deckels lehnt sich dann gegen den Vorderrand des Daches der Athemkammer. Sieht man nun z. B. bei der diese Ordnung vorzüglich in Europa vertretenden Gattung *Cyclostoma* genauer zu, so findet man auch darin eine Uebereinstimmung, dass auch hier die rechte Hälfte des Daches der Athemkammer für die Athmung die vorzüglichere

Fig. 349.



Cyclostoma elegans Müller von Palermo in natürlicher Grösse etwas aus der Schale vorgezogen und mit Spaltung des Mantels. ps. Beschränktes linkes Lungenfeld. pd. pd. Ausgedehntes und gefälteltes rechtes Lungenfeld. p. Fuss. o. Deckelrand.

ist. Der Wasserrinne der Ctenobranchier ähnlich trennt eine scharfe Furche die faltige und gefässreiche rechte Dachregion von dem eingeeigten linken Felde. Dieser Furche entspricht aussen ein Kamm. Sie wird bei *Tortulosa* (*Cataulus*) und bei *Registoma* fast zu einem abgeschlossenen, links den Mantel begleitenden Rohr, welches, in der Schale an dem Kiel der Aussenlippe seinen Ausdruck findend, vom Schalenmunde abgesondert, gestützt und gedeckt, auch bei Deckelverschluss einen Gaswechsel gewährt und an die Stelle der Siphonen der Prosobranchier tritt. Dieser Furche

Fig. 350.



Gehäuse von *Tortulosa* (*Cataulus*)
pyramidata Pfeiffer aus Ceylon.
s. Rohrartig abgegränzter Kiel
des Gehäuses.

Fig. 351.



Gehäuse von *Alcacia* (*Helicina*)
palliata Adams von Jamaica von
der Basis gesehen in natürlicher
Grösse. o. Deckel. f. Schlitz des
Schalenmundes.

der Athemkammerdecke entspricht ebenso der besonders bei den Alcadien tiefe Schlitz im Schalenmunde, welcher von der Columella nur durch einen aussen gefurchten Zahn getrennt ist. Der Zahn in Proportion zu der ganzen übrigen Aussenlippe giebt das Verhältniss des linken Mantelfeldes zum rechten. In diesen Schalspalt zieht sich ein Zahn an der Basis des Deckels in der Retraction des Thiers der Art hinein, dass der Zugang zur Athemhöhle bis auf ein minimales Löchelchen beschränkt wird. Einige *Chondropoma* bilden in dem sich unter rechtem Winkel gegen den Schalenverlauf erhebenden Mundsaum eine Spalte, indem der Saumtheil an Columella und Nabel sich dichter anlehnt, der oben von aussen kommende mehr absteht; aber die Spalte greift nicht in die innere Lippe und der Deckel schliesst, wenn er ganz in den Mund gezogen ist, vollkommen. Bei *Pupina* und *Pupinella* giebt es ähnliche Ausrundungen des Schalenmundes für die Seite des Analtubus. Die Ausbuchtung in der Mitte der äusseren Lippe einiger Trochatellen, vielleicht nur der Weibchen (Subgenus *Viana* Adams), hat hiermit nichts zu thun. Die Mantelleiste ist bei ihnen wie bei den meisten durch eine Schalenschwiele an der normalen Stelle angedeutet. Bei anderen, am meisten bei *Proserpina*, wird der Schalenmund durch mehrere Leisten im basalen Winkel und an der Columella für die Regionen des Vordertheils des Thiers in bestimmtester Weise abgetheilt, wobei ohne Zweifel die in der linken, basalen Ecke gebildete Rinne vorzüglich der Athmung dienen wird.

Einige Neurobranchier, wie *Assiminia*, *Truncatella*, *Paludinella*, leben amphibisch innerhalb der Fluthmarke der See und in Brackwassersümpfen, indem sie theils gerne unter dem Wasserspiegel sich aufhalten, theils vor diesem zurückweichen, wie das vermittelt wird durch strandbewohnende Prosobranchier, Litoriniden, Trochiden, Patelliden. Die Cyclophoriden

lieben den Grund feuchter tropischer Wälder. Diejenigen, welche trockene Gegenden bewohnen, deckeln sich während trockener Tage fest zu.

Während man die ganze Reihe der Prosobranchen bis zur Verkümmern der Kiemen bei den Neurobranchen durch Vermittlung der Cyclobranchen mit den Pleurophyllidien und Phyllidiiden in Verbindung setzen kann, sind die letzteren andererseits unter den Opisthobranchen in eine durch den Namen der Dipleurobranchia ausgedrückte Verbindung und Gegensatzung zu den Monopleurobranchia, Pleurobranchia, Tectobranchia oder bei Cuvier Pomatobranchia gestellt worden, welche, eine im Uebrigen sehr verschiedene Glieder enthaltende Gruppe, das gemeinsam haben, dass sie nur auf einer Seite eine Kieme unter dem Schutze eines vorragenden Mantellappens tragen. Bei einigen dieser Pleurobranchien bleibt dabei der After hinten und median unter dem Mantelrande oder auf dem Rücken, so bei Runcina, welche sich überhaupt den Pleurophyllidien am nächsten anschliesst, bei Neda, bei Óperculatum (Umbrella). Er steht öfter tubulär vor, am meisten bei Siphonota. Die übrigen haben auch den After in der Seite. Bei Oscanius ist der Mantel über dem Nacken ähnlich wie bei Patella so frei entwickelt, dass er den Kopf ganz unter seinen Schutz nehmen kann, aber die Kieme tritt nicht an diese Stelle. Nur bei Posterobranchus ist die Kieme links, bei allen anderen rechts angebracht. Mit Ausnahme von zerstreuten Gattungen wie Bursatella, Runcina, Aclesia, Notarchus, Neda, Pleurobranchaea, Gasteropteron giebt es eine Schale. Bei den Actaeoniden hat dieselbe sogar einen Deckel. Meist ist sie nicht gross genug, um den Körper in Zurückziehung aufzunehmen, oft zart und farblos, bei einigen Pleurobranchiden nur ein kleines Plättchen. Sie wird bei den Bulliden von den verbreiterten Rändern des Fusses, welche Gasteropteron auch ohne Schale hat, bei den Lophocerciden von einfachen oder getheilten über dem Fuss entspringenden Seitenlappen überdeckt, so auch bei den Aplysiiden, so dass nichts oder höchstens der Gipfel frei liegt. In solchen Beschränkungen erübrigt für die Schale immer ein Effekt im Dienste der Athmung. Mit einer Schale verbindet sich stets eine tiefere Athemkammer. Es ist überall die letzte Leistung der Schale, deren Dach zu stützen, die Muskelarbeit an ihr wirksamer zu machen.

Der Gestalt nach kann man die Pleurobranchenkiemen gewöhnlich und in den einfacheren Formen mit einer Feder vergleichen, deren Spitze nach hinten gerichtet ist. Ihre Blätter komplizieren sich mehr bei den grösseren Formen. Bursatella hat gefiederte Blätter auf der konvexen Seite eines

Fig. 352.



Pleurobranchaea Meckellii Gray von Palermo von der Seite gesehen in natürlicher Grösse.
a. After. b. Kieme. r. Rüssel. o. Auge.

gebogenen Stammes. Bei den Aplysien stehen gelappte und gefälte, gegen die Spitze kleinere Querblätter auf der oberen und der unteren Fläche der dreieckigen freien diaphragmatischen Membran. In den Kanten verlaufen die Gefässhauptstämme, hinten ein zuführendes, vorne ein ausführendes. Was die Lage betrifft, so liegt die Kieme bei *Notarchus* so sehr vorn und auf dem Rücken, dass die Zutheilung zur rechten Seite nur noch durch den Verlauf der Spalte zwischen den bedeckenden Mantellappen zu einer Furche abwärts unter dem rechten Fühler erkannt wird. Meist ist sie deutlich hinten und rechts eingesetzt. Das Blut hat von ihr die Bahn nach vorn zu nehmen; der es aufnehmende Vorhof liegt hinter der Herzkammer. Wenn der After, wie meistens, mit der Kieme geht, liegt er vor und unter deren Wurzel. Denkt man etwa bei *Pleurobranchaea* beide zusammen in einer konzentrischen Bewegung nach hinten zurückgeführt und den After in einem grösseren Bogen hinter die Kieme dorthin gebracht, wo er sich bei den Doriden findet, so könnte die *Pleurobranchenkieme* als eine einfedrige verschobene *Doridenkieme* erläutert werden. Die Kieme ist oft so gross, dass sie gar nicht ganz unter dem Mantelrande oder in der Athemkammer verborgen werden kann. Sie ist bei den Bulliden an deren Dach fast bis zur Spitze angewachsen. Bei den *Lophocerciden* wird sie überhaupt nur vertreten durch eine Anzahl querer auf einander folgender Blätter von geringer Höhe in einer ähnlichen Minderung wie unter den Heteropoden bei *Atlanta*. Der seitliche Mantelspalt bleibt immer weit offen. Die Kieme der Bullen richtet, wenn sie mit ihrer Anwachsung bis zum Nacken gekommen ist, doch die freie Spitze wieder nach hinten. Der Wasserwechsel geschieht hauptsächlich am hinteren Spaltwinkel. Dem entspricht der obere oder rechte Winkel des Schalenmundes. Dieser formt sich dem entsprechend. Meist hält sich an ihm die äussere Lippe von der inneren entfernt; es bleibt hier eine Bahn; die Spira ist offen oder nabelartig eingezogen. Die *Tornatelliden* oder *Aktäoniden* bilden allerdings eine Spira, aber da sie im Verhältniss zum Munde wenig bedeutend ist, tritt sie zurück, drückt den hinteren Theil des Mantelspaltes nicht nieder.

Bei den *Pleurobranchen* leisten ohne Zweifel Dienste bei der Hautathmung die häutigen Ausbreitungen des Fusses selbst, welche bei *Gasteropteron*

denen der *Pteropoden* äusserst ähnlich werden, die über dem Fusse sich erhebenden, noch wieder den Mantel bedeckenden, bei *Lobiger* ähnlich zerschlitzt wie bei *Scyllaea*, bei *Dolabella*, *Dolabrifera*, *Aclesia* mit fadigen und selbst verästelten Fortsätzen auf der unteren, in der Aufrichtung äusseren Seite bedeckt, die Papillen, welche bei *Lophocercus* und *Lobiger* den ganzen Körper, selbst die Tentakel bekleiden, die

Fig. 353.



Gasteropteron Meckelii Kossel von Palermo vom Rücken gesehen in natürlicher Grösse. a. After. b. Kieme.

Lappen und Zacken an Kopf und Tentakeln, die langen spitzen hinteren Fortsätze der Chelidura.

Als ein merkwürdiger Uebergang von den Opisthobranchen zu den nackten Pulmonata inoperculata stehen die Onchidiiden. Der Mantelrand dieser mit Ausnahme des Geschlechtsapparates symmetrischen Schnecken erinnert sehr an den der Chitonon. Es stehen jedoch keine Kiemen unter ihm, sondern es führt, wie Cuvier nachwies, über dem am hinteren Ende des Körpers über dem Fusse vortretenden Analtubus ein enger Zugang zu einer nicht grade weiten Athemböhle. Deren Dach und Seiten sind mit einem schwärzlichen, spongiösen, gefässreichen, dem Bojanus'schen Organ der Muscheln etwas ähnelnden Gewebe bedeckt, welches ähnlich wie eine Lunge von Schnecken oder auch Fröschen aussen als ein Balkenmaschenwerk auftritt. In dieses ist, hinten mehr dorsal, vorne auch am Boden befestigt, das Herz eingebettet, wie Hancock nachwies, in opisthobrancher Anordnung seiner Theile. Die Meinung von Ehrenberg, dass die dieser Familie gewöhnlichen, zuweilen (*Peronia Blainville*) stark zerschlitzten Fortsätze auf der Rückenhaut als Kiemen anzusehen seien, ist durch die Kreislaufverhältnisse nicht unterstützt. Sie sollen nach K e f e r s t e i n auf ihrem Cylinderepithel nicht einmal Wimpern haben. Die Onchidiiden leben an Pflanzen im Bräckwasser und man muss denken, dass sie ihr Hintertheil von Zeit zu Zeit erheben, um Luft zu athmen oder solche doch dem Wasser beizumischen.

Die Veronicelliden (*Vaginulus Féruſſac*), welche gleichfalls den After am Hinterende haben, kommen doch den gewöhnlichen Lungennacktschnecken bereits näher durch die Anbringung der Athemkammeröffnung auf der rechten Seite. Beide Familien kommen den gewöhnlichen Lungenschnecken, Limaciden, Heliciden wie Limnaeiden, nahe in der Vielzähigkeit der Radula. Sie repräsentiren zugleich die beiden Modalitäten der Lungenschnecken, die eine die mit nur zwei, die andere die mit vier Tentakeln. Dabei stellen sie sich doch im Mangel der Einstülpbarkeit dieser beide zu denen mit nur zwei, zu den Limnophilen. Darin stellt sich dagegen zu den Geophilen die mit nur zwei aber retraktilen Tentakeln versorgte Familie der Janelliden, welche auch den After in der rechten Seite und damit das gewöhnliche Verhalten der Pulmonata inoperculata erreicht hat.

Fig. 354.



Hintertheil von *Onchidium punctatum* Quoy und Gaimard von den Samoainseln, durchschnitten.
p. Eingang zur Lungenhöhle.
a. Analtubus. c. Herz. h. Leber.

Durch die Zunge nähern sich auch besonders den Limnaeen die Siphonariiden. Deren Schale, im Allgemeinen wie die der Patellen geformt, hat in der rechten Seite innen eine tiefe Siphonalfurche, aussen eine ent-

sprechende Firste und es liegt darunter ein breiter und dicker Lappen des Mantels, welcher die Oeffnung der Athemböhle bedeckt.

Diesen Lappen und die ihn anzeigende Schalengestaltung haben auch die Amphiboliden. Deren Schale ist aber gewunden und sie haben abweichend von allen anderen ein wirkliches Operculum auf dem Hinterrücken des Fusses. Ein solches hat im jugendlichen Zustand allerdings auch eine echte Limacide, *Cryptella*.

Diesem schliessen sich die Ancyliciden an, welchen eine Kieme zugeschrieben wird, an deren Stelle die Amphiboliden eine ausgedehnte Drüse haben. Diese Familie, napfförmig beschalt, flussbewohnend, wird, nachdem Vogt ihr Zwitterthum und ihre Luftathmung bewiesen hat, meistens den Pulmonata inoperculata gesellt, von Adams gradezu als Unterfamilie der Limnaeiden, jedoch, wie einst von Treviranus, so heute noch von Troschel den Monopleurobranchen. Das als Kieme angesehene Organ liegt bei der Gattung *Ancylus* links zwischen dem Mantel und dem Rande des Fusses als ein längliches, wimperndes, aber nicht gefältes oder gefiedertes Blatt. Die Lage links erklärt sich aus der Linksdrehung der Schale (dextrope Spirale im Sinne Keferstein's u. a.), welche allerdings bei deren napfförmiger Gestalt mit nach hinten geneigtem Gipfel schwer zu erkennen ist. Ihr entspricht die Anbringung des Afters und der Geschlechtsöffnungen auf derselben Seite, und das verliert sein Aussergewöhnliches dadurch, dass nicht wenige der sonst normalen Pulmonaten links und unter den Ancyliciden die Gattungen *Acroloxus* und die neuseeländische *Latia* rechts gewunden sind, letztere dem entsprechend mit Oeffnung der Athemkammer auf der rechten Seite.

Mit Ausnahme der weiter verbreiteten Ancyliciden sind diese Uebergangsfamilien in einer eine alte Existenz anzeigenden Zerreiung über die äquatorialen und australen Regionen der Erde zerstreut.

Das baumartig verästelte, gefässführende, mit Wimpern bekleidete Balkenwerk der Athemkammer auf dem Vorderrücken der echten Pulmonaten ist schon oben (Bd. II, Fig. 202, p. 430) abgebildet worden. Die Kammer ist nur durch eine kleine, verschliessbare Oeffnung zugänglich, im übrigen ist der Vorderrand des Mantels angewachsen. Bei den links gewundenen, *Physa*, *Vertigo*, *Clausilia*, *Balea*, *Columna* und öfter *Amphidromus* liegt diese Oeffnung vorn links, viel öfter rechts. Bei denen, deren Schale unzureichend ist, den Körper aufzunehmen, dann meist hauptsächlich einen vorderen Theil frei lassend, rückt die Kammeröffnung, das Luftloch, mehr nach hinten, so bei *Vitrina*, *Testacella*, *Cryptella*, *Parmacella*, *Peltella*, *Omalonyx*, auch bei den gut beschalteten Auriculiden. Man kann an dem den Körper über den Fuss umlaufenden Mantelrand einen rechten und einen linken Lappen unterscheiden. Bei den normal gewundenen greift der linke in das Gebiet des rechten über. Er schlägt sich über und vor ihm weg und

verwächst mit ihm oben und unten. So bleibt zwischen den Lappen das schief nach rechts gerichtete Luftloch. Der Mantelsaum ragt soweit vor, dass er Nacken und Kopf unter seinen Schutz nehmen kann, wobei diese aber nicht in die Athemhöhle, sondern unter sie treten. Schiebt sich das Thier aus der Schale, so erhebt sich diese Falte über dem Nacken als steile Wand, in welcher sich das Luftloch öffnet und schliesst. Dieses steht im oberen Schalenmundwinkel. Es hat niemals einen Siphon. Die Schale ist auch hier ein wichtiges Stück für die mechanische Arbeit bei der Athmung. Sie fehlt nie gänzlich, aber sie kann nicht allein unzureichend sein, sondern auch in der versteckten Lage im Mantel, welche sie im embryonalen Stande überhaupt hat, verharren, bei den Limaciden, und dabei sogar lediglich durch zerstreute Kalkkonkretionen vertreten sein bei Arion. Immer ist das Dach der Athemkammer die zum mindesten von ihr eingenommene Stelle. In den Fällen äusserster Beschränkung dient der dicke, schwielige Mantel an ihrer Stelle als Stütze der Athemhöhle.

Die meisten Pulmonata inoperculata sind Landbewohner, Geophila, nicht wenige bewohnen das Wasser, meist das süsse, Limnophila. Alle lieben Feuchtigkeit. Wo der Tag und die Jahreszeit diese verweigert, suchen sie Verstecke oder wissen sich abzuschliessen bis zur Nacht oder bis zu feuchterer Witterung. Zu solchem Abschlusse finden sich abgesehen von dem Verbergen bei den Geophila einige besondere Einrichtungen. Einmal die provisorischen Kalkdeckel, mit welchen für einige Zeit gewissermassen das Gehäuse zugespinnen wird, ohne dass sie dem Thiere organisch verbunden wären, hinlänglich bekannt namentlich von der Weinbergschnecke. Dieser Deckel, das Epiphragma, entsteht durch eine Erhärtung des vom in sein Haus zurückgezogenen Thiere abgesonderten Schleimes. Er legt sich zunächst in der Peripherie des Schalenmundes an und hat Anfangs eine centrale Oeffnung, welche, wenn in weiterem Zurückziehen mehrere Deckel gebildet werden, an solchen manchmal bestehen bleibt, am äussersten aber immer geschlossen wird. Während dieses gedeckelten Standes können die gewöhnlichen Inspirationen und Expirationen nicht stattfinden. Es muss ein hinreichender Gaswechsel durch die Schalensubstanz hindurch für das im Manteldache träge kreisende Blut geschehen.

Bei Aufhören der trockenen oder kalten Zeit wird dieser Deckel los gestossen, die tieferen häutigen Lagen erweicht, wie Krukenberg meint unter Mitwirkung aus dem Munde vorgebrachter Sekrete. Einen anderen Abschluss für den Schalenmund haben die Clausilien durch ein ständiges im Nacken angewachsenes Plättchen mit biegsamem Stiel, welcher im Zurückziehen des Thieres die Einlegung in das Gehäuse um eine halbe Windung rückwärts des Mundes gestattet.

Im Uebrigen passt sich die Schale mit der äusseren Lippe dem Dache der Athemkammer wie sonst an, bildet bei Ibacus deren scharfer Firste

entsprechend Furche und Kiel, bei einigen Helicinen, besonders bei den Pupinen mit Einschluss der Clausilien, und in der nachfolgenden Gruppe der Limnophilen bei den Ellobiiden (Auriculiden) mehrere Leisten und Mundzähne. Zuweilen überdecken Mantellappen auch auswärts die Schale, so bei den Vitrinidae, Cryptella, Amphipeplea, Physa, Helicarion.

Die Limnophila, ausgezeichnet durch die sessilen Augen und somit durch Beschränkung der Tentakel auf nur ein Paar, dieses öfter dreiseitig als stielförmig, nie der Schale entbehrend, sind zum Theil amphibisch. Pythia lebt auf dem Lande nahe der See, die meisten Ellobiidae halten sich in den von der See und dem Brackwasser überspülten Mangrovebüschen, einige Melampus finden sich an ähnlichen Stellen unter der Hochfuthgränze, selbst fadentief. Die Hauptfamilie der Limnaeiden lebt in süßem Wasser. Einige lieben klare, rasch fließende Bäche, andere zeigen sich sehr gleichgültig gegen die Qualitäten des Wassers, hausen in hässlichsten Sümpfen. Ihre Athemorgane erlauben ihnen viel schlechteres Wasser zu ertragen als den Kiemenschnecken die ihrigen. Indem sie zur Oberfläche aufsteigen, nehmen sie Luft in die Lungen, während sie unter Wasser das Athemloch schliessen. Unter den gewöhnlichen Verhältnissen können die Lungen dem Wasser nicht hinlänglichen Sauerstoff abgewinnen, Lungenschnecken ertrinken bei Absperrung unter Wasser in kurzer Zeit. Das kann aber nicht dahin ausgedehnt werden, dass Lungenschnecken aus dem Wasser darin aufgelösten Sauerstoff überhaupt nicht entnehmen könnten, wie es seiner Zeit Keferstein aussprach. Auf der einen Seite ist das süße Wasser für seinen Luftgehalt, für den Prozentsatz des Sauerstoffs und der Kohlensäure in diesem, für den durch die Wasserbewegung gebotenen Wechsel viel mehr ungleich als in den meisten Fällen das Seewasser. Auf der anderen Seite stellen wegen der günstigen Relation der Oberfläche zum Volumen junge Schnecken, wegen des verminderten Umsatzes überwinterte einen geringeren Anspruch an die Athmung. So geschieht es, dass junge Limnaeen und Planorben, wenn sie ihre Athemhöhle ausgebildet haben, doch noch lange ohne Luftathmung unter Wasser bleiben, dass Schnecken im Eise überwintern, dass in gewissen Fällen auch erwachsene Lungenschnecken mit der Wasserathmung ausreichen. Forel wies 1873 nach, dass in der Tiefe des Genfer Sees, wie Dipterenlarven ihre Tracheen, so zwei bis zu 250 m. absteigende Limnäusarten, sein *L. abyssicola* und der gewöhnliche *L. stagnalis* Müller, die Lungenhöhle mit Wasser füllten. v. Siebold theilte ähnliche, theils ältere Beobachtungen mit, auch über Planorbis, nach welchen namentlich in sehr rasch fließendem Wasser die Schnecken sich des Aufsteigens an die Oberfläche entschlagen können. Dieselben Schnecken können mit demselben Organe wechselnd Luft und Wasser athmen. Die Abfuhr der Kohlensäure ist hierbei selbstverständlich ebenso wichtig als die Zufuhr des Sauerstoffs. Das kalte Grundwasser alpiner Seen und rasch fließende,

seichte, reine, an Kohlensäure arme Gewässer felsiger Gebirge werden die günstigsten Bedingungen für die Emancipation von der Luftathmung bieten. So bleiben auch die Chilinen in den Gebirgsbächen Südamerikas für Monate unter Wasser. Auch ist es hiernach nicht unwahrscheinlich, dass die Formen, welche in Salzwasser und Brackwasser wohnen, bei hohem Seegang und Hochfluth ihre Lungen ohne Nachtheil mit Wasser füllen. Die Schwierigkeit unter solchen Verhältnissen zur Luftathmung zu kommen wird beglichen durch die günstigeren Bedingungen der Wasserathmung.

Die Lungenhöhle dient den Linnophilen auch als hydrostatischer Apparat. In der gewöhnlichen Ausdehnung und Füllung mindert sie das spezifische Gewicht im Wasser und erleichtert die Bewegung. Durch Senkung des Bodens und Vorstrecken des Körpers bei Verschluss der Öffnung kann die Luft verdünnt, die Wasserverdrängung vermehrt und das spezifische Gewicht weiter erniedrigt werden. Dann treibt eine Schnecke, welche sich bis dahin im Gleichgewichte mit dem Wasser befand, unter Aufgeben des Anhalts aufwärts. Umgekehrt kann sie, wie durch Ausstossung von Gas, so auch durch Kompression sich sinken machen, nachdem sie vorher mit hohlgebogenem Fusse am Wasserspiegel kroch. Es scheint, dass es ein periodisches Aufsteigen giebt, indem die Ausscheidung von Gas in die Lungenhöhle die Entnahme aus derselben dem Volumen nach überwiegt.

Den Gastropoden sind anzuschliessen die Pteropoden, die Heteropoden und die Scaphopoden oder Dentaliiden.

Die systematischen Beziehungen der Pteropoden sind oben (Bd. II, p. 218) untersucht worden. de Blainville hatte die sie auszeichnenden Flossen als Kiemen angesehen und sie nach denselben Pterobranchia oder Pterodibranchia genannt. Diese Organe liegen meist neben dem Munde. Sie entsprechen nicht, wie Lovén meinte, dem Segel der Schneckenlarven, vertreten auch nicht den ganzen Fuss, wie Adams es ansah, nicht einmal das eigentliche Propodium, wie Huxley nachgewiesen, sondern sind ohne Zweifel anzusehen als Seitenlappen über dem Fusse, als Epipodien. Die Ausbildung beschränkt sich in der Regel auf die vorderste Region; selten ziehen sich die Lappen weiter längs des Körpers aus oder gliedern sich in einander folgende Abtheilungen. Da sie mit Bluträumen reichlich durchzogen, flächig ausgebreitet, zuweilen ganz mit Wimpern bedeckt, sonst mit ausgezeichneten Wimperlinien oder Wimperfeldern längs der Ränder oder auf der Fläche ausgerüstet sind und lebhaft bewegt werden, kann ihnen ein Effekt für die Athmung gar nicht fehlen und man wird denselben unter gewissen Umständen höher veranschlagen dürfen. Die starke Muskelausrüstung und nach der direkten Beobachtung die Verwendung beweisen jedoch die vorzugsweise lokomotorische Bedeutung. Entwicklungsgeschichtlich vor den Flossen ist für die Athmung in Betracht zu ziehen wie bei

den meisten anderen Schnecken das Wimperkleid des im Ei rotirenden Embryo, bei den ausgeschlüpften Larven die Wimperung des später schwindenden Velum, selbst eine solche am Fusse, bei den schalenlosen oder die embryonale Schale abwerfenden die Arbeit drei besonderer den Rumpf umgürtender Wimperreifen. Diese, welche die Larven wurmartig gliedern, scheinen bei verschiedenen theilweise zu persistiren. Der mittlere und der hintere bezeichnen theilweise die Stellen der Kiemenausbildung und werden bei dieser mit verwendet.

Bei dem grösseren Theile der Gymnosomen fehlen eigentliche Kiemen und es muss auch abgesehen werden von einem Athemeffekte aus Wimperringen. Es genügt die Ausbreitung des Blutes in den Gefässlakunen der zarten Haut im lebhaft bewegten pelagischen Leben. Bei den Pneumodermiden finden sich äussere Kiemen. Bei Pneumodermion hat nach älteren Angaben das Hinterende vier zarthäutige, gefältelte Blätter, aussen mit Wimpern überdeckt, im Inneren mit einem starken Muskelnetz, welches, wie es scheint, nur der Blutbewegung dient, sehr kontraktile. Gegenbaur giebt nur drei Blätter an, eins dorsal angebracht, eins ventral und eins links, welche ergänzt werden durch eine gleichfalls gefältelte, in der Mitte des Körpers rechterseits liegende, nach hinten gewendete, weniger vortretende Hautfalte, so dass diese entweder für sich oder mit jenen hinteren Blättern zusammen als eine Seitenkieme angesehen werden kann. Bei Pneumodermopsis ist diese Kiemenbildung dahin gemindert, dass statt der Lamellen an der Hinterfläche der Seitenkieme nur Querreihen von Wimperzellen stehen, und dass das Hinterende, statt Blätter auszubilden, nur den embryonalen Wimperkranz behält und verstärkt.

Bei den auch im erwachsenen Stande beschalteten Pteropoden, Thecosomata, bildet sich ein freier vorderer Mantelrand und es senkt sich unter diesen eine Mantelkammer ein, meistens an der Bauchseite, bei den Cymbuliiden und Hyaleiden, wo der Benutzung der wenig entwickelte, mit den Flossen sich verbindende Fuss nicht im Wege ist, seltener am Rücken, bei den Limaciniden, deren dauernd mit einem Deckel versehenes Metapodium den Fuss in Gestalt und Bedeutung dem der gewöhnlichen Gastropoden am nächsten bringt.



Eine Zelle des Wimperschildes von *Hyalea complanata* Gegenbaur von Mentone, 100mal vergrössert.

Bei den Hyaleiden hat Gegenbaur unter dem Titel des Wimperschildes eine ausgezeichnete reihenweise Bekleidung auf der inneren Fläche der ventralen Wand dieser Mantelkammer nachgewiesen. Die Zellen, welche die Wimpern tragen, sind so gross, dass sie mit der Loupe, bei *Hyalea* selbst mit blosserem Auge wahrgenommen werden. Die Wimpern sind auf ihnen in besonderer Weise, auch bei den verschiedenen und an den verschiedenen Stellen des Schildes in

ungleicher Weise angebracht. So stehen bei *Hyalea* in einigen Zellreihen des halbmondförmigen Schildes auf der einzelnen Zelle rings um eine dem Kerne entsprechend eingesenkte Grube beträchtlich längere als auf der übrigen Wandfläche. Bei *Cleodora* und *Creseis* tragen die Zellen zum grösseren Theil nur eine einzige Reihe von Wimpern und solche Wimpern der verschiedenen Zellen gruppieren sich zusammen in Bogenlinien. Bei *Creseis* ist das Wimperschild sehr wenig ausgedehnt. Ausserdem haben die *Hyaleiden* Wimperleisten am Eingange der Athemkammer. Gegenbaur bestritt den *Cymbulien* solche Wimperschilder, aber Krohn wies sie auch bei ihnen nach.

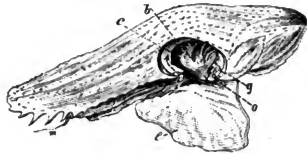
van Beneden war dann der Meinung, dass bei den *Cymbulien* seitlich im Mantelraume Kiemen lägen. Unsere Zeichnung lässt den Eingang

in die Athemkammer über dem zarten Metapodium als einen Querspalt erkennen und die Bahn des Wasserstroms ist durch die Pfeillinie bezeichnet. In die Athemkammer mündet der After ziemlich median. Neben dem von ihr umfassten Eingeweideknäuel liegt jederseits im Mantel ein strahliges Centrum der

Musculi constrictores. Man kann das leicht für ein System von Fältchen ansehen und dieses ist ohne Zweifel die Kieme van Beneden's. Gegenbaur hat den Irrthum nachgewiesen.

Ebenso wenig als *Cymbulia* haben *Creseis* und *Cleodora* Kiemen in der Athemkammer. Die einzigen Pteropoden, welche innere Kiemen haben, scheinen die plumpen, bauchigen *Hyaleiden* zu sein, *Hyalea* selbst und wahrscheinlich *Diacria*. Bei *Hyalea* hat sie Cuvier bereits entdeckt, van Beneden genauer beschrieben. Der Eingang zur Athemkammer liegt hier ebenfalls auf dem Rücken des epidischen Lappens, welcher, kurz und in inniger Verbindung mit den Flossen, den hinteren Abschluss einer Art Mundtrichter bildet. Im Grunde der Kammer, also mehr gegen den Rücken zu wird die Kieme von einer guirlandenartigen Bogenreihe von Fältchen gebildet. Die mangelhafte Symmetrie konnte leicht bei den Aelteren die Meinung einer einseitigen Ausbildung veranlassen. Die Kieme versteckt sich rechts mehr hinter dem Eingeweideknäuel, während sie links an dessen Bauchseite frei vorkommt. Auch ist sie rechts im oberen Theile anders gefärbt und ohne Blätter, sie bildet nur den blutzuführenden Sinus.

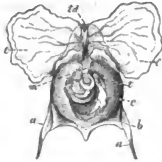
Fig. 356.



Cymbulia Peronii Cuvier von Mentone in natürlicher Grösse nach Wegnahme der rechten Flosse von rechts gesehen.
e. Linke epidische Flosse. m. Kontraktile Fadenanhang des Metapodium. g. Geschlechtsöffnung. o. Mund. c. Athemkammer.
b. Kieme des van Beneden (Sehnencentrum).

Links gehen die Blätter etwas über das Herz hinaus, welches durch den Vorhof an der Kieme befestigt ist. Die Sehnenausbreitungen, welche bei *Cymbulia* Kiemen zu sein schienen, hat *Hyalea* nicht minder, aber dieselben bilden zwei längere symmetrische Reihen dicht bei einander neben der Rückenmittellinie des Mantels.

Fig. 357.



Hyalea tridentata Forskål von Messina vom Bauche gesehen in natürlicher Grösse. Die Organe sind etwas deutlicher durch die Schale durchscheinend dargestellt, als das in der Natur der Fall ist. td. Vorderer Abschnitt der dorsalen Schalenhälfte. e. e. Epipodische Flossen. m. Verkümmertes Metapodium. a. a. Hintere Mantelanhänge. c. Herz. b. Kieme. t. Sehnige Ausbreitung im Mantel, falsche Kieme.

Da man in der Mantelhöhle der Pteropoden gewöhnlich grosse Mengen von Unreinigkeiten findet, wird man die Wimperschilder wesentlich als Reinigungsapparate ansehen dürfen. Die bei einem Theile der *Hyaleiden* aus seitlichen Schalenpalten vortretenden, manchmal sehr langen Mantelanhänge sind blutarm. Nach der Meinung von Gegenbaur dienen sie zum Balanciren.

Unter den Heteropoden hat *Firoloidea*, von welcher Gattung ich *F. Desmarestii* Eydoux und Souleyet bei Messina im März, wo sie die Eischnüre bereits mit sich führt, kaum 1 cm. lang und das Eingeweideknäuel kaum 1 mm. hoch fand, überhaupt keine Kieme. Sie repräsentirt damit einen Zustand, welcher in Betreff dieses Organes auch den anderen zukommt, wenn sie das Ei verlassen. Der gelatinöse glasartige Rumpf und die Flosse müssen für die Athmung genügen. Letztere hat eine stärkere Arterie als der Kopf.

Fig. 358.



Pterotrachea Friderici Lesueur aus Mentone, von der linken Seite gesehen in natürlicher Grösse. b. Kieme. c. Herz. h. Leber.

Die grösseren schalenlosen und sämtliche schalentragenden Heteropoden haben Kiemen. Wenn *Pterotrachea* (*Firolo*) ihre Metamorphose vollendet hat, findet sich eine Kieme, welche an der linken Seite des Nucleus in einer nach hinten konvexen, aufsteigenden Linie befestigt, eine solche Stelle einnimmt, dass sie grade die Leber nach vorne abgränzt. Ein freier Mantelrand besteht nicht, also auch keine Athemkammer. Doch mag es für den Effekt der vom scheibenförmigen, wellig bewegten Fusse nach hinten gedrängten Wassermasse förderlich sein, dass der Eingeweidesack mit der Kieme in eine Bucht des Rumpfes vor dem Schwanz sich zum Theile einsenkt. Die Kieme besteht aus einer Reihe länglicher, zungenförmiger, kurz doppelt gefiederter Blätter. Wo sie gegen den Gipfel des Nucleus zu dessen vorderer Mittellinie gelangt, greift sie entweder

etwas absteigend auf die rechte Seite hinüber, oder sie besitzt eine zweite Reihe aus einigen kleinen Blättchen. Gegenbaur findet darin eine unvollkommene symmetrische Anordnung. Ob diese aber eine primäre sei, mag dahin gestellt bleiben. In der Hauptreihe hat *P. mutica* Lesueur nach Gegenbaur nur fünf Blätter, *P. Frederici* Lesueur hat deren zehn, *P. coronata* Forskål, welche mehr als fusslang wird, der Olifante di mare der Fischer, hat bis zu zwanzig.

Nach Gegenbaur läge die Kieme der *Carinaria* rechts. Das wäre ein Gegensatz zu *Pterotrachea*. Mir scheint jedoch, dass man die Beziehungen der *Pterotracheen* festhalten muss. Zunächst liegt die Basis der Kieme ganz in der linken Seite. Statt dass aber, wie bei *Pterotrachea*, die Reihe der Blätter gegen die Spitze eines schalenlosen Nucleus aufsteigt, wendet sie sich unter dem Schalenmunde nach vorn. So sehen die Spitzen der Blätter erst nach vorn, dann nach rechts. Dies kommt dadurch zu Stande, dass derjenige Rand der Kieme, welcher in der Stellung links der vordere ist, etwa vom dritten Blättchen an schärfer an die Leibeswand herangezogen wird. Dabei entsteht zugleich eine Falte und es senkt sich unter diese und die Kieme über dem Nacken und vor dem Exkretionsorgan eine nach oben gerichtete Tasche. Es giebt übrigens ausserdem eine winzige Mantelfalte links über dem Stamme der Kieme und man hat somit morphologisch die Anfänge einer Athemkammer sowohl für die Abtheilung über als für die unter der Kieme. Bei einer *Carinaria mediterranea* Péron und Lesueur von 12 cm. Länge zähle ich nur dreizehn Kiemenblättchen, von welchen das dritte bis zum fünften die grössten sind. Jedes Blatt ist doppelt gefiedert und an der Spitze frei. Bei *Cardiapoda* scheinen die Verhältnisse die gleichen zu sein.

Bei *Atlanta* tieft sich eine vollkommene Mantelhöhle über dem Nacken aus. Die Kieme ist jedoch weniger entwickelt. Sie besteht nur aus einer Anzahl von Querfalten an der Decke der Athemkammer. Nach Gegenbaur steigt deren Zahl im Heranwachsen des Thieres von drei auf zwölf. Deren Hohlräume stehen in offenem Zusammenhange mit denen des Mantels. Sie sind wie die Kiemen anderer Heteropoden mit Wimpern bedeckt. Uebrigens scheint wie bei *Firoloidea* die Fuss Scheibe einen wesentlichen Antheil an der Athmung zu nehmen. Ihr vorderer Theil ist sehr zart und so ausgedehnt, dass er in der Zurückziehung des Thiers in die Schale sich links neben dem Kopfe und über ihn hinaus Raum suchen muss.

Was endlich die *Dentaliiden* betrifft, so hatte bei ihnen Deshayes

Fig. 359.



Atlanta Gaudichaudi Eydoux aus dem stillen Meere von der rechten Seite gesehen, fünfmal vergrössert. b. Kieme. p. Penis. t. Tentakel. r. Rüssel. l. Nach links gedrehter vorderer Theil der Fuss Scheibe. ms. Saugnapf der Fuss Scheibe. mt. Metapodischer, deckeltragender Fussantheil.

1825 eine grosse Anzahl von Fäden, welche auf zwei Wülsten zu den Seiten des Mundes und unter der Anwachsung des Mantels gegen den Fuss hin stehen, für Kiemen erklärt und de Blainville hatte ihnen danach den Namen der Cirrobranchiata gegeben. Sie schienen sich damit zunächst den Patelliden und Chitoniden anzuschliessen. Lacaze-Duthiers erklärte jedoch diese Fäden für Tentakel. Sie sind mit Wimpern bedeckt, enden kolbig und können sich mit diesen Enden wie mit Saugnapfen an fremde Körper heften. Auch sondern sie, wie es scheint, Schleim ab. Falls sie überhaupt der Athmung dienen, haben sie doch jedenfalls eine gemischte Funktion. Durch die Flüssigkeit in dem ebenfalls wimpernden Binnenkanal steifbar, können sie ausgestreckt werden, durch Anklebung bilden sie eine Sandhülle, helfen vielleicht auch bei Ortsveränderungen. Nach der Anbringung können sie ebenso wohl drüsigen Papillen von Haliotiden und Fadenanhängen von Trochiden als Kiemen von Patelliden und Chitoniden verglichen werden. Man sollte ebenso wenig sagen, dass sie im Nacken liegen, als dass die Rinne des Fusses der Dentaliiden dorsal sei. Sie liegen seitlich, wie die Fussrinne eigentlich sohlig ist und nur durch die Wendung der Sohle nach vorn eine vordere Lage bekommt. Der Mantel, indem er in seiner Weite der Schale entspricht, nimmt in Zurückziehung, wie auch nicht selten bei anderen Gastropoden, den Kopf sammt dem sogenannten Vorkopf oder Rüssel und den Fuss unter seinen Schutz. Er ist an seinem Rande sehr muskulös und schnürt sich um denjenigen Fusstheil,

Fig. 360.



Dentalium (*Antalis*) *entale* Linné aus dem Mittelmeere aus der Schale genommen, nach Öffnung der unteren (vorderen) Athemkammer von vorne gesehen, in natürlicher Grösse. p. Mittlerer und hinterer Theil des Fusses. p'. Seitlicher Fusslappen. pa. Saum der unteren Athemkammer. f. Tentakelfäden. pr. Rüssel (Vorkopf). c. Ganglien. h. Leber. s. Siphonöffnung der oberen Athemkammer.

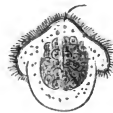
welcher der hinteren Fussspitze anderer Schnecken entspricht, aber nach unten und vorn zapfenartig vorsteht, zusammen, wie wenn man eine Börse zuzieht. Die Mantelkammer hat zunächst dem weiteren Schalentheil entsprechend eine weitere, gewöhnlich als vordere bezeichnete Abtheilung. Da sie dem Fusse zugewendet ist, kann man sie auch und vielleicht besser die untere nennen und, insofern sie den Fuss von hinten, im Vergleiche mit anderen Schnecken vom Hinterrücken her bedeckt, ist sie sogar theilweise eine hintere. Eine zweite Abtheilung liegt in dem dünneren Schalenabschnitt, öffnet sich, da dieser offen abgestutzt ist, an dessen Ende wieder nach aussen, nimmt After, Harnorgane, Geschlechtsgänge auf und kann also als kloakale bezeichnet werden. Denkt man sich im Gegensatz zum Vortreten des Fusses aus dem weiten Schalenmunde die Schalenspitze als nach oben gerichtet, so ist die zweite Mantelkammerabtheilung dorsal

und, da die Schale vorn konkav ist, mit der Oeffnung etwas nach vorn gewendet. Für Gegenwart, Lage und Verrichtung kann die zweite Oeffnung in Schale und Mantel füglich mit der bei Fissurelliden verglichen werden. Bei den Dentaliden ist jedoch die Kammerwand mit dem Rücken des Thieres zunächst längs der symmetrisch angeordneten Leber, dann beiderseits absteigend gegen den Fuss angewachsen. Der untere oder vordere Rand bleibt ringsum frei. Die durch jene Anwachsung begränzte vordere oder untere Kammer, welche Kopf und Fuss umgiebt, bleibt hinten in Verbindung mit der kloakalen. Diese ist gewöhnlich von Wasser gebläht. Ihre apikale Oeffnung ist mit einem starken Ringsmuskel versehen und durch klappenartige Falten abschliessbar. Weder die eine, noch die andere Kammerabtheilung enthält eine Kieme. Die äussere Oberfläche des Rumpfes und die innere des Mantels, die Tentakelwülste, Alles wimpert und theilhaftig sich, unterstützt durch die lakunösen Gefässausbreitungen an der Athmung. Die feste Umgreifung des Fusses durch den Mantel, die Muskeln und die Klappen an der siphonähnlichen oberen Spitze gestatten, Wasser aus dieser und jener Richtung zu nehmen und pumpenartig zu bewegen, von oben zur Athmung, nach oben zur Ausspülung der Kloäke, von unten, um dem Munde mit dem Wasserstrom als Nahrung Polythalamien und junge Muscheln zuzuführen, nach unten, um Schlamm und Sand in der Meerestiefe bei Seite zu spülen und aufzuführen.

Die echten Muscheln, Kiemenmuscheln, *Lamellibranchia*, reihen sich den inferobranchen Schnecken für die Anbringung der Kiemen an. Die Embryonen haben eine innigere Verwandtschaft mit den Schnecken im Allgemeinen. Mit seltenen Ausnahmen anfänglich durch einen allgemeinen Wimperüberzug in der Eihülle rotirend, bilden dieselben aus diesem einen Wimperwulst aus, welcher über der Stelle des späteren Mundes den Leib umgiebt und zu dem sogenannten Segel, Velum, auswächst, dieses gewöhnlich in seiner Mitte eine starre Geissel, Flagellum, tragend. In diesem Zustande das Ei verlassend, lebhaft bewegt, gering von Grösse, bedürfen die jungen Muscheln zunächst noch keiner besonderen Athemorgane. Wie bei Schnecken vorzüglich für die Bewohner des süssen Wassers und des Landes, so erscheinen bei Muscheln vorzüglich für die des süssen Wassers die besonderen embryonalen Wimperausrüstungen einschliesslich des Segels gemindert. Indem dann die Mutter die Brut in von den Kiemen selbst entnommenen Bruttaschen aufbewahrt, setzt sie dieselbe in für die Athmung günstigste Bedingungen, athmet für sie mit.

Wenn an den schwärmenden Larven am Rücken der Mantel sich aus-

Fig. 361.



Rotirender Embryo von *Cardium pygmaeum* Donovan aus der Nordsee nach Ausbildung der Wimpersegel nach Lovén, etwa 40mal vergrössert.

bildet und mit dem Rande frei wird und, jedoch nicht ohne Ausnahme, am Bauche der Fuss vortritt, bedecken sich auch diese Organe mit Wimpern. Auf dem Mantel entsteht bei allen Muscheln eine mindestens zweitheilige Schale, und verdeckt seine Aussenfläche; das Velum tritt zunächst unter deren Schutz, die Schliessmuskeln der Schale fangen an zu arbeiten, das Velum bleibt in der Entwicklung zurück, verkümmert oder nimmt Theil an der Bildung der Mundlappen. Die provisorischen Athemorgane verlieren theils ihre Funktionsfähigkeit, theils reichen sie für den wachsenden Körper nicht mehr aus.

Nunmehr, mindestens bei *Mytilus*, bei der *Auster* z. B. jedoch bei Ablauf von sechs Wochen nach Beginn der embryonalen Entwicklung noch nicht zu finden, knospen in der jedseitigen Furche zwischen freiem Manteltheil und Rumpf in einer Reihe Läppchen vor, fortschreitend von vorn nach hinten, wachsen stäbchenförmig aus, besetzen sich an den Rändern mit Wimpern und verlängern sich zu feinen Fäden. Diese Fäden stellen die

definitiven Athemwerkzeuge entweder wirklich dar, oder sie entwickeln sich durch gewisse Modifikationen zu denselben.

Die älteren Autoren gingen in der Betrachtung der Muschelkieme von dem gewöhnlicheren lamellosen Baue aus, welcher der Klasse den Namen gegeben hat. Bei der grossen Mehrzahl der Conchifera werden die Kiemen gebildet durch in der gedachten Furche zwischen Mantel und Fuss angebrachte flach ausgedehnte, rechteckige, dreiseitige, oder halbmondförmige Blätter, fast immer zwei auf jeder Seite, die derselben Seite meist ungleich an Grösse, die der beiden Seiten sich gemäss der Gleichschaligkeit oder Ungleichschaligkeit zu einander verhaltend. Jedes dieser Blätter hat eine äussere und eine innere Wand,

nach Posner Lamelle. Der Raum zwischen diesen Wänden ist durch oben breitere, unten zugespitzte senkrechte Zwischenwände, Septa, in Zellen oder Fächer getheilt, welche gegen den Rücken offen sind. Indem statt dessen gewisse Muscheln ein System von Fäden besitzen, erschienen letztere als eine Auflösung der bei den gewöhnlichen Lamellibranchien verbundenen Elemente. Die entwicklungsgeschichtlichen Beobachtungen von Lacaze-Duthiers bei *Mytilus* kehrten die Auffassung um, dahin, dass die lamellöse Kieme sekundär entstehe durch Verwachsung von ursprünglich gesondert auswachsenden Fäden. Lacaze-Duthiers übertrug den Gedanken dieses Entwicklungsmodus unter anderen auch auf *Cyclas*. Stepanoff hat nach speziellen Untersuchungen über diese Gattung sich dem nicht angeschlossen.

Fig. 362.



Ein ausgeschlüpftes Junges von *Mytilus edulis* Linné aus den europäischen Meeren vom Bauche gesehen, 100mal vergrössert nach Lovén. p. Fuss. by. Bysus b. Reihe der Kiemenknospen.

Namentlich nach seinen Abbildungen versteht er die Sache so, dass die einzelnen Zellenreihen oder Säulen der Kiemenlamellen nicht als isolirte Fäden entstehen, sondern sich aus einer gemeinsamen, anfänglich zapfenartigen Masse heraus gruppiren. Auch Posner ist nach Untersuchungen über die Najadenkieme eher der Meinung, dass die Flächenkieme phylogenetisch der Fadenkieme vorausgegangen sei, ohne doch damit die Möglichkeit einer Konkrescenz von Fadenkiemen ausschliessen zu wollen.

Zur Bestätigung der Konkrescenz der Fäden hat dagegen Holman Peck einerseits zu von Lacaze-Duthiers Angeführtem das sekundäre Verwachsen auch anderer Theile, so der Mantelränder der Conchiferen, der Trichterlappen der Cephalopoden, die abnorme Verlöthung zwischen den Kiemen von Anodonten nach Verletzung, andererseits die Vermittlung zwischen getrennten und netzförmig verwachsenen Fäden durch Verflechtung der Wimperbüschel einander begegnender Epithelerhebungen benachbarter Fäden hervorgehoben und die Möglichkeit der Entstehung aller Arten lamelloser Kiemen aus einer Reihe einfacher Fäden nachgewiesen.

Es handelt sich in allen Fällen um eine Ausstülpung des äusseren Blattes unter Betheiligung des mittleren und der Gefässräume. Diese kann ebensowohl leistenförmig beginnend und alle Hervorragungen, welche äusserlich die innere Septenbildung anzeigen, sowie die etwaigen Durchbohrungen sekundär bildend, als anfänglich fadig zerfallend, durch Konkrescenz Zellen und Spalten herstellend gedacht werden. Weitere Beobachtungen der Fakten müssen entscheiden, ob und wie weit effektiv in der Entwicklungsgeschichte Konkrescenz und Dehiscenz operiren. Die eigenthümliche Umwendung von ganz getrennten Kiemenfäden in der Mitte der Länge gegen die Basis hin, so dass sie ohne Lamellen zu bilden, doch ganz deren Verhalten nachahmen, die Vermittlung zwischen Kiemen mit ganz freien Fäden und denen mit vollkommenen Blättern durch solche, deren Fäden an der Spitze des rückwärts verlaufenden Theiles unter einander verbunden sind, ohne dass dieses Verbindungsband an Mantel oder Fuss angewachsen wäre, erregen immer eine sehr starke Vermuthung dafür, dass die eine der beiden Lamellen jedes Kiemenblattes durch rückläufige Entwicklung, Knickung der anderen mit oder ohne Anwachsung des endlichen Randes entstanden zu denken sei.

Die Kiemen der Arcaden repräsentiren am einfachsten die Herstellung aus zwei Reihen in der Mitte des Verlaufs sich rückwärts wendender Blättchen. Die innere Reihe dieser Blättchen schlägt sich auf der inneren, dem Fuss zugewendeten Seite zurück nach oben, die äussere auf der äusseren, dem Mantel zugewendeten. Weder verwachsen jene mit dem Fusse, noch diese mit dem Mantel. Auch kommen die Reihen nicht quer über hinter dem Fusse in Verbindung. Das einzelne Blättchen ist an der Wurzel in die Quere verbreitert, klingenförmig, bandartig, es engt sich dann ein, wird fadig, knickt sich scharf um, läuft gegen die Wurzel zurück und

endet hakig. Nach den Untersuchungen von Holman Peck an Querschnitten erhärteter Stücke stehen auf den breiten nach vorn und hinten

Fig. 363.



Arca scapha Chemnitz aus dem rothen Meere, aus der Schale genommen, vom Bauche gesehen in natürlicher Grösse. Die Kiemenfäden sind zum Theil entfaltet, so dass sie sich mit den hakchenförmigen Enden über den Rand des Mantels hinauslegen.

gewendeten Flächen stellenweise epitheliale Zellhäufungen mit längeren Cilien. Diese Cilien greifen in die eines gegenüberstehenden Haufens des nächsten Blättchens ein, wie die Borsten zweier Bürsten und bilden interfilamentare Verbindungen. Die Kiemenblättchen oder Fäden am Anfange und am Ende der Reihe sind kürzer. Die Linie, auf welcher die Blättchen angewachsen sind, bezeichnen Ray Lankester und Holman Peck im Vergleiche mit den Bryozoen und den Brachiopoden als die Lophophorlinie. Zwischen den Fäden bleiben Interfilamentarräume, welche durch die Epithelialwülste gefensternt sind. Jedes Filament besteht nach Holman Peck aus einer

epithelialen Umhüllung, welche abgesehen von den knotigen Anschwellungen der interfilamentaren Verbindungen noch dadurch Ungleichheiten zeigt, dass auf den Kanten der Aussenfläche in ein oder zwei Reihen längere Wimpern stehen, auf dem Querschnitt als Büschel, darunter aus einer gewöhnlich kurzweg als chitinös bezeichneten, von Posner aber lieber aus Zellen abgeleiteten, von Kollmann als verdichtetes Gallertgewebe angesehenen homogenen Schicht, dann, in Andeutung durch einige Kerne, einem Dermal-lager, welches den Hohlraum des Fadens umgiebt und durch ein Septum in zwei Längskammern theilt, wahrscheinlich und auch nach Angabe von Ph. Bonnet mit Blutstrom in zwei Richtungen. Ausser *Arca* haben *Pectunculus*, *Pecten*, *Spondylus* derartige freie Kiemenfäden. Für *Pecten* hat Posner den Durchschnitt der Kiemenbasis gegeben, in welcher die Fäden noch verbunden sind. Es zeigt sich aber dabei nach seiner Meinung nicht wie bei *Mytilus* oder *Arca* der einzelne Faden einem einzigen äusserlich erkennbaren Streifen einer lamellosen Kieme, z. B. der Najaden, einer primären Kiemenleiste entsprechend, sondern einer Gruppe solcher, einer sekundären Kiemenfalte, wie sie sich auch an der lamellosen Kieme auszeichnen kann. Eine solche sekundäre Leiste, wellig vorragend, ist von ihren Nachbarn durch ein Wellenthal geschieden. Im Epithelkleide der sekundären Kiemenleiste zeigen sich bei *Pecten* allerdings die dem Principe nach angenommenen primären welligen Erhebungen, welche eine Mehrzahl

von Leisten vertreten, nicht, aber, da das Skeletlager in einer gezackten Linie eine Menge von einander getrennter primärer Stäbchen im Posner'schen Sinne zeigt, kann es doch nicht wohl mit dem einzelnen Chitinrohr der Arca und des Mytilus homologisirt werden. Wie Mangels Auflösung in Fäden in später zu besprechender Weise in den Wellenthälern zwischen sekundären Leisten, so gestalten sich auch bei Pecten an der Kiemenbasis die Skeletstücke in den Buchten zwischen den Fadenwurzeln, die Sekundärstäbchen von Posner, besonders. Sie sind auf dem Querschnitt einem Petschaft ähnlich. Williams hat die Kieme von Pecten als Koulissenkieme unterschieden und Bonnet das als eine Culmination der Faltenbildung adoptirt. Lima soll nach Posner sich in gleicher Weise verhalten. Es bleibt zu untersuchen, ob im Verlaufe das Skeletrohr in den Fäden wie bei Arca und Mytilus erscheine oder wirklich aus einer Vielzahl von Stäben bestehe.

Mytilus bleibt für den Bau der Kiemen im Allgemeinen den Fadengiemen zunächst. Jede Kieme, scheinbar plattenförmig, besteht doch aus einer Reihe von Fäden. Diese Reihe scheint doppelt zu sein. In Wirklichkeit aber kehrt der einfache Faden, nachdem er mit einer Portion herabgestiegen ist, mit einer zweiten gegen die Befestigungslinie zurück, für die äussere Kieme auf der äusseren Seite, gegen den Mantel, für die innere auf der inneren, gegen den Fuss hin. Die hakig endenden Fäden verbinden sich dabei nicht mit der Anwachsungslinie oder dem Kiemenbände, aber nahe dem Ende unter einander. Die beiden Kiemen einer Seite bilden zusammen im Querschnitt ein W oder eine in der Mitte befestigte Doppelraufe. Ohne den Beweis durch Injektion haben führen zu können, meint Holman Peck doch, dass an der Verbindung der Enden der hohlen Fäden ein für die letzteren gemeinsamer Kanal das Blut aufnehme und nach vorn führe. Junge Individuen mögen das lebend unter dem Mikroskop erkennen lassen, da nach Ray Lankester die rothen Blutkörperchen die Grösse derer des Frosches haben. Bei Mytilus kommen die Verflechtungen von Wimpern der Epithelialwülste zwischen benachbarten Fäden vor wie bei Arca, ciliated junctions von Holman Peck. Ausserdem aber giebt es wirkliche theilweise Verwachsungen zwischen dem aufsteigenden und dem absteigenden Theile desselben Fadens, also zwischen äusserer und innerer Lamelle einer Kieme, interlamellar junctions. Dieselben stehen in Linien, welche unregelmässig quer über die Reihe der Fäden laufen, sie sind sehr dehnbar. Der Querschnitt eines Fadens ist ganz ähnlich dem von Arca, nur stehen die ausgezeichneten langen Wimperbüschel jederseits in zwei Reihen und der von dem zarten Chitinrohr umschlossene Hohlraum ist durch mehrere Septa getheilt. An den interlamellaren Verbindungen ist die Chitinwand unterbrochen.

Bei *Dreissena* giebt es überhaupt keine *Conjunctiones ciliatae* mehr, sondern an deren Stelle zwischen den neben einander liegenden Fäden fibröse interfilamentare Verbindungen. Indem diese unter rechten Winkeln zu den Fäden stehen, verwandeln sie die Reihe der Fäden in ein Gitter. In der Tiefe entwickelt sich aus den Fäden durch Konkrescenz ein dichteres subfilamentares Gewebe und lässt von den Interfilamentarräumen nur je eine Reihe feiner auf der äusseren und der inneren Fläche der Lamelle mündender Wasserkanälchen, *Stomata*, übrig. In dem noch sparsameren Subfilamentargewebe befinden sich grosse vertikale Gefässräume. Zwischen der äusseren und der inneren so hergestellten Lamelle einer Kieme stellen sich kontinuierliche, wandartige, nicht bloss brückenartige, interlamellare Verbindungen her. Das Epithel zeigt wie bei *Mytilus* auf jedem Balken zwei Doppelreihen langer Cilien. An Stelle des zartwandigen Skelettrohrs enthält jeder Kiemenbalken eine viel massigere Stütze, deren Querschnitt im Allgemeinen durch Verdickung an der Aussenwand und Schwund an der Innenwand nicht bloss an den Verwachsungsstellen, sondern überall hufeisenartig und nur an den queren fibrösen Verbindungen etwas rohrartig unter fast vollständigem Schwund des Hohlraums durch Wandverdickung erscheint. Auch legen sich in den Thälern zwischen den Fäden weitere lappige Skeletstücke an die Tragstücke der Fäden an.

Dem schliessen sich *Anodonta* und *Unio* direkt an und so bieten nahe verwandte Muscheln, *Arca*, *Mytilus*, *Dreissena*, *Unio*, *Anodonta* die volle Reihe der Modifikation einer Fadenkieme zu einer Blattkieme.

Unio und *Anodonta* unterscheiden sich nach *Posner* dadurch, dass bei *Anodonta* die beiden Lamellen einer Kieme nahezu gleich sind, bei *Unio* aber die durch Rückschlagung entstanden zu denkenden, also aussen die äussere, innen die innere, nur den dritten Theil so dick als die absteigenden, mittleren Lamellen. Die äussere aufsteigende ist am Mantel, die innere am Fuss angewachsen. Indem die Lamellen einer Kieme an der Insertion auseinanderweichen, bleibt ein Kiemengang. Die vier Kiemengänge stossen an der Kloake zusammen. Das äussere Kiemenpaar ist meist kleiner. Die beiden Lamellen einer Kieme sind durch *Septa* mit einander verbunden, deren oberer Rand frei ist. Zwischen diesen liegen die Kiemenfächer. Das subfilamentare Gewebe ist mächtiger, die Verwachsung der primären Fäden oder Leisten vermittelt desselben sind dichter als bei *Dreissena*. Doch bleiben sowohl an der unteren Kante der Kieme als in den Lamellen zahlreiche Durchbohrungen und lassen das Wasser eintreten und durchtreten. Die Wassergänge sind auf der Aussenfläche der inneren Lamelle einer Kieme scharf zu *Stomata* eingeeengt, auf der Aussenfläche der äusseren Lamelle nur etwas ausgezogen. Die *Septa* werden von dem Gesamtsubfilamentargewebe, nicht von einzelnen Fäden aus gebildet. In der inneren Kieme von *Anodonta* kommt ungefähr nur auf zwanzig Fäden ein

Septum; dasselbe enthält ein grosses vertikales Gefäss. In der äusseren Kieme kommt etwa auf sieben Fäden ein Septum. Diese Septa sind viel länger und dehnbare als die der inneren. Das Gefäss liegt an ihrer Basis im Subfilamentargewebe; sie sind mit ihren bindegewebigen Theilen über dasselbe hinaus ausgedehnt. Somit sind in der äusseren Kieme auch die Fächer viel weiter. Sie nehmen die Eier, auch wohl kommensale junge Fischchen auf. Indem bei der sparsameren Befestigung der Lamellen der inneren Kieme an einander die äussere Lamelle sich stärker entwickelt, bildet sie leichte Falten, welche die zahlreichen und kräftigen der sogenannten zusammengesetzten Kieme von *Ostrea*, *Cardium* und anderen einleiten. Die Skeletstützen ähneln denen von *Dreissena*. Statt eines hohlen Rohrs hat man nach *Holman Peck* einen Stab, welcher von innen durch eine Kluft, von welcher eine Spalte fast bis an die Aussenkante zieht, ausgekehlt, im Querschnitt ähnlich wie bei *Dreissena* spitz oder hufeisenartig und nahezu getheilt wird. In jeder Hälfte dieses Körpers wird durch ein anscheinend festeres und mehr gelbes Stäbchen ein Kern gebildet, eine Erscheinung, welche der *Dreissena* fehlt und das sind die Stäbchen, welche *Posner* und Andere zu zweit für jeden Kiemenfaden abbilden und von welchen *Posner* sagt, dass sie aus den Schenkeln von Arkaden an der Kiemenbasis hervorgehen und, wo Muskeln auf sie stossen, mehr oder weniger unterdrückt werden. Diese Skeletstücke haben kohlen sauren Kalk aufgenommen, welchen sie bei Zusatz von Säuren verlieren und welcher die Stäbchen schon beim Anfühlen der Kieme bemerkbar macht.

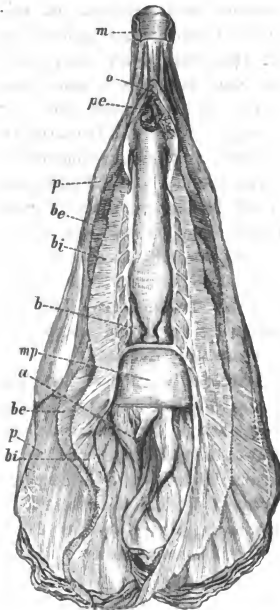
Dass die aufsteigenden Theile der Kiemenfäden an Mantel oder Fuss anwachsen, ist auch für andere Muscheln das Gewöhnliche; *Posner* hat namentlich gezeigt, wie Verschiedenheiten bestehen in der Verbindung einer Anzahl primärer Kiemenfäden oder Kiemenwülste zu Gruppen oder sekundären Falten oder Wülsten, in welchen dann Reihen von Stäbchenpaaren und zwischen welchen bei schärferer Ausprägung der Falten ausgezeichnete sekundäre Stäbchen auftreten. Bei *Scrobicularia*, *Pholas*, *Venus* bleiben noch alle Stäbchen einander gleich. Bei *Ostrea*, *Solen*, *Solecirtus* sind die der Wellenthäler, die Sekundärstäbchen, bedeutend stärker. Bei *Pinna* fehlt im Wellenthal die primäre Kiemenleiste und statt zweier Stäbchen findet sich hier eine starke nach aussen konkave Chitinplatte und stellt sich auf dem Durchschnitt als Bogen dar.

Es sind weitere Verschiedenheiten für die Anordnung der Kiemen der Muscheln hervorzuheben. *Lucina* und *Corbis* haben nach *Poli* und *Valenciennes* nur eine Kieme jederseits. Bei *Pholadomya* und *Anatina* sind nach *Owen* die zwei Blätter einer Seite so mit einander verbunden, dass sie wie eine einzige Kieme aussehen. Bei einigen *Tellinen* wird die zweite Kieme vertreten durch eine weitere Entwicklung an der ersten nach oben; Aehnliches kommt in anderen Fällen vor, theils, bei Vorhandensein von

jederseits zwei Kiemen, an der äusseren bei *Venerupis* und gewissen *Venus*, theils deutlicher bei *Solenomya* durch Wendung der ganzen äusseren Kieme nach oben, so dass beide Kiemen zusammen einer Federfahne gleichen.

Es giebt sehr verschiedene Grade der Verwachsung der Fäden auf dem Wege zur Bildung von Gitterwerken und siebförmig durchlöchernten Lamellen.

Fig. 364.



Pinna Stutchburii Reeve aus dem rothen Meere, nach Wegnahme der Schale vom Bauche gesehen, in natürlicher Grösse. m. Vorderer Schliessmuskel. mp. Hinterer Schliessmuskel. o. Mundgrube zwischen den Mundlappen. pe. Fuss mit Byssus. p. p. Mantel. be, be. Aeussere Kiemen. bi, bi. Innere Kiemen. b. Bojanus'sches Organ. a. After.

Das Verhalten in dieser Beziehung macht keinen guten Familiencharakter aus. Wie wir hierfür oben nahe Verwandte sehr verschieden sahen, so ist das auch an anderen Stellen der Fall. Bei *Pecten* ganz frei, sind die Fäden bei *Meleagrina* an der Spitze verwachsen, bei *Pinna* mehrfach. Bei *Anomia* nur an der Spitze verbunden, sind sie bei *Ostrea* zu sehr dichten Lamellen verwachsen. Es sind wesentlich die auf felsigem Grunde lebenden Muscheln, welche freie Fäden oder doch einen freien Rand der zurückgeschlagenen Lamelle behalten, die im Schlamm lebenden, welche dichtere Lamellen haben. Der zurückgeschlagene Rand der inneren Kieme bleibt auch gewöhnlicher frei als der mehr exponirte der äusseren.

Die Kiemen beginnen gleich hinter und unter den Mundlappen, bei *Anomia* in deren unmittelbarer Fortsetzung. Wenn der Rumpf der Muschel gut und an ihm ein Fuss ausgebildet ist, liegen sie zunächst auf den Seiten des Rumpfes und es sind die der beiden Seiten von einander getrennt. Es ist dann das Gewöhnlichere, dass sie den Rumpf nach hinten überragen, wo sie schärpenartig frei werden, bei den meisten Asiphoniden, oder querüber in der

Mittellinie direkt an den entsprechenden Blättern oder durch eine Zwischenmembran sich verbinden, dieses vorzüglich in Verbindung mit der Ausbildung von Mantelsiphonen, mindestens mit Athmung am hinteren Ende-

Es kann zwischen der Kiemenverwachsung und dem Fusse eine Spalte bleiben, welche die Bewegungen des Fusses von den Kiemen unabhängig macht und z. B. bei *Tridacna* das Gesammte der Kiemen wie eine den Rumpf umgürtende Schürze erscheinen lässt. Ein Theil der Unioniden hat z. B. diese Spalte, ein anderer nicht. Bei *Tichogonia* verwachsen nur die äussersten Spitzen des hinteren freien Theiles der Kiemen. Die Verwachsung der Kiemen der beiden Seiten scheidet mehr oder weniger die ventrale Athemkammer des Mantels von der dorsalen Kloakalkammer, welche, wie Exkremente und Geschlechtsprodukte, so auch das Expirationswasser aufnimmt. Bei *Malleus* sitzen die Kiemen hinter dem Rumpfe jederseits erst angewachsen an dem lang ausgezogenen Mantel, danach lehnen sie sich nur an eine Leiste desselben, ihn so bis zur äussersten Spitze begleitend. Die Kiemen der Terebinthiden, welche, von den beiden Seiten unter einander an der Basis oder der Rückenkante verwachsend, in der durch ihre eigene Anwachsung am Mantel hergestellten ventralen Abtheilung des langen von Schale umhüllten Mantelrohrs untergebracht sind, haben eine noch mehr lineare Gestalt.

Wenn der Rumpf wenig entwickelt ist und es nicht zu einer Fussentwicklung aus den Muskelmassen seiner Bauchseite kommt, dann erscheinen die Kiemen unter dem ganzen Rumpfe durch bis vorn hin querüber verbunden, so bei der *Auster*, welche, ohne dass doch ein wesentlicher Unterschied bestände, ein mit vier Krausen besetztes Kiemenband unter dem Bauche zu haben scheint, und bei *Anomia*, bei welcher die Kieme der aufgewachsenen Seite in höherem Grade verkümmert.

Für die Funktion der Kiemen sind die sogenannten Chitinstäbe von grosser Wichtigkeit. Sie stützen nicht allein die Fäden, ob diese isolirt oder in den Lamellen als Leisten erscheinen, sondern sie rahmen auch die Stomata wenigstens seitlich ein. Somit sichern sie die Oberflächenausbreitung und die Bahn des durch die Wimpern erzeugten Wasserstroms von der äusseren Kiemenwand durch die Wasserkanäle in die Fächer, die Kiemengänge und die Kloakalkammer. Ihre Elastizität lässt die Kieme bei Schalenöffnung nach vorausgegangenem Schlusse in die alte Lage, die Fäden in die Ordnung zurückkehren. Innerlich halten die Stäbchen die Blutbahnen offen, man mag die letzteren mehr als geordnete Gefässe oder als wandungslose Lakunen auffassen. Die Flimmerbewegung dauert an den

Fig. 365.

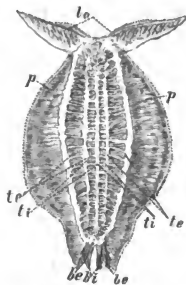


Malleus regula Forskål aus dem rothen Meere nach Wegnahme der Schale von der linken Seite gesehen in natürlicher Grösse.

p. Fuss mit Byssus. m. Schliessmuskel (hinterer). b. b. Kiemen-doppelblätter. cp. Leiste des Mantels, an welcher oben die Kiemen angewachsen, unten angelehnt sind.

Muschelkiemen noch lange nach dem Erlöschen der Muskelkontraktilität und an kleinsten abgelösten Stückchen fort. Sie erlischt bei Versetzen aus Süsswasser in Salzwasser und umgekehrt plötzlich, erträgt aber mässige Veränderungen des Salzgehaltes.

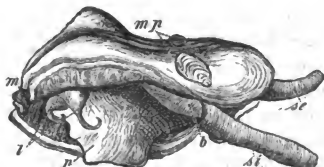
Fig. 366.



Ostrea edulis Linné aus dem Kanal; Mantel, Mundlappen und Kiemen nach Wegnahme der Schale und des die Eingeweide enthaltenden Rumpftheils vom Rücken gesehen zur Darstellung der Kiemengänge und Kiemenfächer in natürlicher Grösse. lo. Mundlappen. p. p. Mantel. be. be. Aeusserere Kiemen. bi. Innere Kiemen. te. te. Die Grundbalken in Zuthheilung zur äusseren Kieme. ti. ti. Dieselben für die innere Kieme.

Nahrung zubringen. Er führt sie unbedingt durchaus zu bei solchen, welche in Holz und Steinen bohren und Nahrung im Bohrloche gar nicht finden, wahrscheinlich bei anderen eingegrabenen mindestens in der Haupt-

Fig. 367.



Asaphus (Capsa) violacescens Forskål (*deflorata* Linné) aus dem rothen Meere aus der Schale genommen von links gesehen mit etwas zurückgeschlagenem Mantel in natürlicher Grösse.

1. Die Mundlappen. m. Vorderer Schliessmuskel. mp. Hinterer Schliessmuskel. p. Fuss. b. Linke äussere Kieme in den Branchial-siphon si. hineinragend. se. Kloakalsiphon.

Bei denjenigen Muscheln, welche sich ein-graben, wird in verschiedengradiger Mantelver-wachsung unter dem Bauche mit Erhaltung einer Spalte für den Fuss der Zugang zu der Athem-kammer auf eine hintere Oeffnung eingeengt (vgl. Bd. II, p. 210). Auf dieser kann eine röhrige Verlängerung der queren Verwachsung des Mantels einen Siphon bilden. Dieser kann als Branchial-siphon für sich stehen, oder mit dem Kloakalsiphon in einer gemeinschaftlichen Scheide ganz oder für einen Theil der Länge vereinigt sein. Indem der Mantelverschluss durch den in der Spalte liegenden Fuss ergänzt wird, macht sich, was in der Mantelkammer von bewegenden Kräften auf-tritt, in Wasserströmen an den Siphonen geltend, sowohl die leise Wimperarbeit, als die Kontrak-tionen der Schalenschliessmuskeln. Der mehr ventral gelegene Branchialsiphon hat wie der kloakale eine gemischte Bedeutung. Er kann mit dem Wasser ausser der Athemluft auch die

Ingestionssiphon. Clark hatte Zweifel über die Arbeitstheilung zwischen den Siphonen, aber nach den Beobachtungen von Alder und Hancock kann kein Zweifel sein, dass in allen Kiemen die regelmässige Wasserbe-wegung von den Aussen-flächen oder ventralen Wänden der Kiemen durch die Spalten zu den

Fächern und in diesen zum Rücken gehe, wo dann die aufgesetzten Siphonen nur die gedachten Wege verlängern und niemals Wasser von aussen in den Kloakalsipho eintritt, es müsste dann bei einer ersten Expansion und Eröffnung nach vorausgegangener Kontraktion und Verschliessung sein. Die Länge der Siphonen ist proportional der Tiefe der Eingrabung. Löcher im Sande verrathen die in ihm aufwärts gestreckten Siphonen des in der Tiefe verborgenen Thiers und man kann die Wasserbewegung mit Farbtheilchen nachweisen. Das Branchialrohr ist stärker als das kloakale, mit Tentakelfäden und gewöhnlicher und vollkommener mit Augen versehen. Die Siphonen werden durch Längsmuskeln und Ringmuskeln, in Verbindung mit der Mantelmuskulatur gestreckt, zurückgezogen, handschuhfingerartig eingestülpt, erweitert, verengert, gerichtet. Deren Energie proportional pflegt sich eine Einbuchtung der Mantelrandlinie auf der Schaleninnenfläche auszuprägen. Bei einem Theile der Laseiden, welche nur einen hinteren Sipho, den kloakalen, haben, diesen in sehr verschiedener Ausführung und welche theils sehr tief, theils ganz oberflächlich leben, bildet der Mantel vorn einen Inspirationssipho, entweder in Verbindung mit dem Fuss Schlitz den Fuss vorne umgreifend bei Lasea, oder von ihm gesondert als besonderes vorderes Rohr bei Kellia.

Fig. 368.



Teredo navalis Linné, Schiffsbohrwurm aus den Pallisaden einer Schleiße bei Cuxhaven geschält und vom rohrförmigen Schaltheil befreit in natürlicher Grösse. cs. Linke Schale. cd. Rechte Schale. p. Fuss. s. Siphonen. pa. Palmula.

In der Regel können die Siphonen in die zweiklappige Schale, wenn auch nur in Knickung und begünstigt dadurch, dass sie nicht am äussersten Rande des Mantels, sondern etwas einwärts angewachsen sind, zurückgezogen und so geborgen werden. Bei den Terediniden und Verwandten ist der Manteltheil, auf welchem die Siphonen sitzen, mit einem besonderen Kalkrohr, bei den Myaciden mit sogenannter epidermoidaler Schalen-substanz bedeckt, wie sie der Mantelsaum auch sonst zunächst absondert. Bei den Terediniden liegt dort, wo der Mantelrand sich in den zweitheiligen Sipho wandelt, noch ein Paar besonderer Schalenstücke, die sogenannten Paletten oder Palmulae. Bei Gegenwart nicht gänzlich retraktiler Siphonen klappt die Schale hinten bei sonstigem Verschluss. Der Abschluss muss dann durch die Ringmuskeln an den Siphonalöffnungen gewonnen werden.

Dass bei Muscheln auch die übrigen Theile der wimpernden Körperoberfläche eine Bedeutung für die Athmung des in ihnen kreisenden Blutes

haben, ist selbstverständlich. Die Kiemen haben nur über sie, selbst in der lamellosen Form, den Vortheil der stärksten Exposition an die zwischen ihnen und durch sie zirkulirenden Wasserströmchen. Am nächsten kommt ihnen an Bedeutung die innere Mantelfläche, für den Fall, dass die Geschlechtsorgane in den Mantel eintreten, auch mit dem direkten Effekte für diese. Es giebt einige Fälle, in welchen der Mantel die Schale theilweise von aussen überdeckt, so bei Terediniden und Pholadiden an der Schlosseite, und so nebenbei eine grössere Bedeutung für die Athmung bekommt; bei *Erycina* ist die Schale ganz im Mantel verborgen.

Manche Muscheln können im Trockenlegen durch die Ebbe und unter ähnlichen Verhältnissen lange der Zufuhr frischen Wassers entbehren, ohne dass unterdessen die feine Wasserbewegung in der Athemkammer durch die Wimpern aufhörte. Austern werden vor der Versendung an Wasserentziehung gewöhnt und halten den Transport besser aus, wenn ihnen durch enge Verpackung selbst die Möglichkeit genommen ist, die Schalen zu öffnen, wohl, weil so unter Umständen, unter welchen diese Oeffnung Nutzen nicht bringen kann, durch den Verschluss gesunde Stücke vor der Beschädigung durch von Fäulniss ergriffene bewahrt werden.

Eine Nebenfunktion der Kiemen ist bei Süsswassermuscheln die Brutpflege. *Cyclas* und *Pisidium* haben eine Bruttasche an der Wurzel der inneren Kiemen, welche in die Athemkammer hinabhängt. Bei den Najaden sind es die Fächer der Kiemen selbst, gewöhnlich nur der äusseren, welche von den Eiern eingenommen werden, bis der zweiklappige Embryo aus ihnen ausschlüpft. Bei einem Theile der nordamerikanischen Unionen ist es jedoch nur der hintere Theil der äusseren Kieme, welcher in sackförmiger Erweiterung die Bruttasche bildet; bei der Untergattung *Cyprogenia* tritt die Mitte der inneren Fläche der äusseren Kieme als spiralgewundener Brutsack vor. Es scheinen nicht nothwendig und allein die eigenen Eier einer Muschel zu sein, welche in ihren Kiemenfächern Unterkunft finden, sondern, indem die Eier zunächst längs des inneren Kiemenganges nach hinten und selbst aussen geführt dort mit dem Sperma gemischt werden und dann längs des äusseren Kiemenganges wieder zurückgehen und sich in die Fächer senken, können auch Eier benachbarter Muscheln sich zumischen. In anderen Fällen ist es die Athemkammer, welche die Eier eine zeitlang beherbergt, so bei der *Auster*, bei *Kellia* der vordere Siphon.

Unter den Cephalopoden haben nach *Ussow* *Loligo*, *Sepiola*, *Ommastrephes* im Ei vom siebten bis achten Tage der Entwicklung ab ein nur wenig Stellen des äusseren Blattes frei lassendes, so starkes Wimperkleid, dass der junge Embryo rotirt. Das thue der von *Sepia* und *Argonauta* nicht. Mit dieser Rotation beginnt zugleich die Periode der Bildung der Organe und bereits am zweiten Tage dieser Periode entstehen Kiemen. *Grenacher* sah die Wimperung noch an der Bauchseite eines Cephalo-

podenembryo, welcher bereits vier Armpaare, die Kiemen und den Trichter gebildet hatte. Im erwachsenen Stande hat nur Nautilus auf beschränkten Stellen der äusseren Haut, an Tentakeln und Augen Wimpern, im Uebrigen nicht einmal die Athemkammer.

Nach den übereinstimmenden Angaben von Kölliker, Ussow, Grenacher entstehen die Kiemen auf der Bauchseite und liegen erst nackt. Der Mantel, scheibenförmig angelegt, bildet dann eine Ringfalte, und tieft sich unter dieser zunächst und zumeist auf der Bauchseite ein. So entsteht eine Athemkammer, welche durch ihre weitere Ausbildung die Kiemen und den hinteren Rand des Trichters unter ihren Schutz nimmt. Alles das ist vollendet, wenn der Embryo ausschlüpft.

Die Anbringung und Ueberdachung der Kiemen bei den Cephalopoden entspricht am meisten der bei Pteropoden mit inneren Kiemen. Der Mantel bildet am Rücken im Nacken entweder überhaupt keinen freien Rand, bei Oktopoden, oder doch nur einen geringen, und minderen als am Bauche, bei den Dekapoden und den Tetrabranthen. Die dorsale Anwachsung ist entweder die einzige oder doch, bei den Oktopoden, bei Ausbildung einer stark muskulösen den After umgreifenden, die ventrale Kammer in zwei laterale zerlegenden, medianen ventralen Scheidewand, die hauptsächlich. Der Eingang ist immerhin ventral, doch sind die angegebenen Differenzen genügend, um dem Gegensatze gegen Gastropoden, besonders auch im Rückblick auf Phasianella (vgl. p. 186), die Schärfe zu nehmen. Bei den Tetrabranthen, Nautiliden, ist der Mantel auch ähnlich zart wie bei den Gastropoden und es erübrigt wie bei diesen am hinteren Ende ein weicher Eingeweidesack, von welchem ein Mantel nicht abgehoben ist. Bei den Dibranchiaten ist der Mantel dick und hat eine sehr starke Muskulatur, die Höhle ist bis an das Hinterende des Thieres ausgetieft. Obwohl die Ausbildung der Mantelkammer in Tiefe und Weite, auch, im Umgreifen des versteckten Rumpfteils, die der Wand in Muskeln, und die der Abschlusseinrichtungen, von welchen besonders zu reden sein wird, mehr in Beziehung zu den lokomotorischen Leistungen der Mantelkammer als zu den respiratorischen stehen, ist doch zu beachten, dass mit der dadurch gesicherten massenhaften Erneuerung des Wassers die Zahl der Kiemen sich verringert.

Unter den jetzt Lebenden haben die Nautiliden zwei Paar Kiemen, Tetrabranchiata Owen's, die übrigen ein Paar, Dibranchiata. Jenen wird man darin, wie in der gekammerten äusseren Schale und im Mangel des Tintensacks unter den Untergegangenen gleich geartet gewesen denken dürfen die Orthoceratiden und Ammonitiden, diesen die den Tintensack besitzenden Belemniten. Im Kiemenherzen von Sepia und Loligo ist vielleicht nach Owen eine Spur der Verdoppelung der Nautiliden erhalten.

Die vier Kiemen des Nautilus sind zu zweit jederseits im Grunde der

Mantelkammer mit der Basis aufgewachsen, im Uebrigen frei. Ein grösseres Paar liegt mehr dorsal und aussen, ein kleineres mehr ventral und näher der Mittellinie. Ein äusserer Stamm mit der Kiemenarterie ist mit einem inneren, die Kiemenvene enthaltenden, durch dreissig bis achtundvierzig quere Blätter verbunden, welche wieder gefältelt sind.

Fig. 369.



Sepiola Rondeletii Gesner ♂ aus dem Mittelmeere von Palma de Mallorca in natürlicher Grösse von der Bauchseite mit Eröffnung der Athemkammer auf der linken Seite. b. Die brachia sessilia der rechten Seite. bh. Der oberste, hektokotylisirte Arm der linken Seite. bt. Tentakulararm. s. Siphon oder Trichter. c. Verschlussknorpel. br. Kieme. p. Flosse. Das Thier, im März gefangen, hatte in der geöffneten Hälfte der Athemkammer eine grosse Menge von Spermato-phoren.

Bei den erwachsenen Dibranchiaten ist die Anwachsung der Kiemen vom Bauche mehr oder weniger auf den Mantel hinausgerückt, so dass dieselben auf den Seiten des Eingeweidessackes liegen. Jede Kieme bildet einen Kegel, welcher mit einer die Kiemenarterie enthaltenden äusseren und etwas ventral gelegenen Kante dem Mantel verbunden ist. Bei den Oktopoden ist die ganze Aussenkante angewachsen, der Kegel ist hohl, korbartig, mit der Basis nach hinten gerichtet. Auf beiden Seiten desselben führen zehn bis zwölf rund gebogene, krausenartige quere Bänder, Kiemenbogen oder primäre Kiemenblätter, den Kegelmantel bildend, zum grössten Theile von einander frei, die Gefässe zu der Vena branchialis an der freien, nur an der Wurzel gegen das Herz hin befestigten Innenkante und tragen die selbst wieder gefiederten Kiemenblätter. Bei den Dekapoden ist die Kiemenspitze allseitig frei, die primären Kiemenblätter sind spitz, dreieckig vorgezogen, finden sich meist in grösserer Zahl, bei *Sepiola* etwa 22, bei *Loligopsis* 24, bei *Sepia* 36, bei *Loligo* 60, und sind durch eine Haut gänzlich unter einander verbunden. Auch ist die

Kieme in der Axe nicht hohl. Indem die Muskulatur vom Mantel und von dem starken gegen den Trichter hin gespannten Balken, dem Herabzieher des Trichters aus mit der Kiemenarterie in die Kieme eintritt, wird synchronisch mit den Mantelkontraktionen auch die Kieme angezogen und verkürzt und das Wasser in der etwaigen Kegelaxe und zwischen den Blättern ausgetrieben, auch das Blut kräftiger von der Arterie zur Vene hinübergedrängt, welcher Verlauf bereits durch die oben angegebenen Kiemenherzen gesichert ist. Mit der Expansion der Doppelkammer öffnet sich bei Oktopoden auch die hohle Axe der Kieme. Die freie Spitze der Kieme der Dekapoden ragt in die Basis des Trichters.

Der queren Mündung der Athemkammer liegt die Basis des Trichters vor, so dass sie vom Mantelrand noch überdeckt wird. Dass der Trichter aus dem hinteren Fussabschnitt hervorgegangen zu denken sei und dass er

bei den Nautiliden insofern unvollkommen und mehr fussähnlich bleibt, als sich seine Lappen nur an der sekundär ventralen Fläche über einanderschlagen, ohne zu verwachsen, ist schon an früherer Stelle berücksichtigt worden (vgl. Bd. II, p. 217). Grenacher nimmt diese Lappen als epipodisch, höchstens die Klappe im Trichter Einiger als eigentlichen Fuss und leitet die Arme aus dem Velum ab. Der Trichter ist dem Siphon der Gastropoden deutlicher Weise nicht homolog, wenn er auch manchmal denselben Namen führt. Arme, Wülste, aus welchen der Trichter entsteht, und Kiemen erscheinen einigermassen in metamerischer Folge.

Der Trichter, Infundibulum, welcher Name jedoch auch für den von den Armen umschlossenen Raum gebraucht wird, oder Siphon, was man auch für den hinteren Anhang der Tetrabranchiaten und das entsprechende Rohr der Schale anwendet, bildet sich nach den gewöhnlichen Angaben aus zwei gegen einander wachsenden Falten, nach Grenacher's Beobachtung an einem nicht bestimmten Embryo aus vier. Wenn es sich hier nicht aus anderen Gründen unzweifelhaft um einen Dekapoden handelte, könnte man in den zwei äusseren Falten Grenachers die Grundlage der Nebentaschen des Trichters der Oktopoden erkennen. Vielleicht ist das doch zulässig, nur dass die Nebentaschen bei den Dekapoden später mit dem Hauptrohre sich beglichen. Die verwachsenden Lappen berühren sich zunächst, sie verwachsen dann in der Mediane und bilden so das vorn sehr eng geöffnete, hinten weite Rohr. Dieses liegt zunächst ganz blos und wird erst nachträglich an der Basis vom Mantelrande überdeckt.

Das Athemwasser tritt in die Athemkammer zwischen dem ventralen Mantelrande und der Basis des Trichters mehr von den Seiten ein; dieser dient mindestens in der Regel nicht zur Einathmung, er ist also dem Siphon der Schnecken nicht einmal analog. Die Expansion der Athemkammer entsteht durch die elastische Wirkung des Bindegewebes der Wandungen und durch die Aktion longitudinaler Muskeln, die Kontraktion durch die stärkere Ringmuskulatur, welche entweder um den Rücken herumgreift oder an dessen Seiten durch die eingelagerte Schale eine Stütze findet.

Durch die Vermittlung des Trichters hat der Expirationsstrom eine energische lokomotorische Wirkung. Das aktive Schwimmen der Cephalopoden kommt nahezu allein durch ihn zu Stande. Es sind zweierlei Modifikationen, welche, an jeder Seite der Basis des Trichters angebracht, diesen hierfür besonders tauglich machen, indem sie seinen freien Basalrand gegen den Mantel andrängen oder an diesem festheften. Die eine besteht in einer blinden Nebentasche an der Basis des Trichters neben dem Rohre bei den Oktopoden, die andere, vorzüglich bei den Dekapoden, in Einrichtung eines Knopf- und Grubenapparates, wobei die Grube fast immer auf der Trichterwand gelegen ist, ohrartig, bisquitförmig, linear, oder mit noch grösserer Wirkung, bei Ommastrephes, gleich einem T, mit Knorpel gestützt, und der

Knopf, in sie in Gestalt und Lage einpassend, an der inneren, die Athemkammer deckenden Mantelfläche. Je praller unter der Kontraktion der Ringmuskeln die mit Wasser gefüllte Athemkammer und der Trichter werden, um so fester schliessen sich die Ränder an einander, um so bestimmter geht der ganze Wasserstrom durch das Trichterrohr und treibt das Thier rückwärts. Bei den besser schwimmenden Gattungen ist der Körper hinten gespitzt, seitlich geschärft, folgt pfeilartig leicht dem Stosse und wird durch die ausgebreiteten Flossen balancirt. Der Trichter kann durch seine Muskeln verschieden gerichtet werden und kontrahirt sich gleichfalls. Mit dem Athemwasser werden Harn, Koth, Geschlechtsprodukte ausgestossen. Unter Umständen gesellt ihm bei den Dibranchiaten sein das Wasser weithin trübendes Sekret der Tintensack, dessen Ausführungsgang stets nahe dem After und mit ihm fast am Eingange zum Trichter mündet. Bei den Dekapoden geht Athmen und Exzerniren mit der Schwimmbewegung so sehr Hand in Hand, dass dieselben in Wasserbassins, welche für das Schwimmen nicht geräumig genug sind, auch nicht auszudauern vermögen.

Die Tetrabanchiaten haben in äusserer und ein Theil der Dibranchiaten, unter den Lebenden Spirula, in versteckter Schale Kammerräume, welche mit Luft gefüllt sind, von welcher man am ehesten denken möchte, sie sei von der Körperoberfläche abgesondert. Für die letzte, die Wohnkammer, würde die ausgedehnte Hülle des Eingeweidetasches die Gasabsonderung liefern, und es würden die Ergebnisse dieser Hautathmung, in dem Hintergrunde der Kammer, welcher durch die dichte Anlehnung des Rumpfes an die Schale am sogenannten Ringe abgeschlossen ist, zurückgehalten werden, soweit sie nicht durch die Schalenwand treten. Für die älteren, verlassenen Kammern bleibt einiger Luftersatz möglich durch den röhri gen, eine Arterie und einen venösen Blutraum führenden Anhang des Körpers, den Siphon, welcher durch den Siphonkanal der Scheidewände auch in die verlassenen Kammern tritt, soweit derselbe nämlich nicht selbst auf seiner Oberfläche ein Schalenrohr absonderte. Nach van Breda's Untersuchungen enthielt übrigens jene Luft gar keine Kohlensäure, aber bedeutend mehr Stickstoff als die atmosphärische. Hiernach dürfte man auch daran denken, sie nicht eigentlich für eine expirirte Luft anzusehen, sondern für aus dem Seewasser in den im Voranschieben des Körpers entstehenden leeren Raum durch die Schale durchgepumpte Luft, deren Sauerstoff theilweise an die Gewebe und das Blut gegangen wäre, also für den Rest einer Inspirationsluft. Die Luftkammern mindern im Allgemeinen das spezifische Gewicht und machen es zugleich veränderlich. Indem der Körper in die letzte stärker eingepresst und auch in die älteren Kammern im Siphon eine grössere Menge von Blut zurückgedrängt werden kann, kann die Luft in ihnen komprimirt, der von dem Thier sammt Schale eingenommene Raum verringert und das spezifische Gewicht vergrössert werden.

Umgekehrt mindert es sich, wenn der Körper möglichst aus der Schale vorgeschoben, der Luftraum in den Kammern vergrößert wird. So beim Kriechen auf dem Meeresgrunde das Gewicht der schweren schützenden Schale balancierend, können Kammern ebensowohl zum Schwimmen und Aufsteigen als zum Senken benutzt werden, ganz wie Lungenhöhlen von Schnecken und Schwimmblasen von Fischen.

Bei den Wirbelthieren spielt Wimperung auf äusseren Flächen für die Athmung eine nur ganz unbedeutende Rolle. Bischoff hat beschrieben, dass der Dotter des Kanincheneis während dessen Durchgang durch den Eileiter am ersten Tage nach der Befruchtung sich mit Cilien bekleide und durch dieselben rotire und er vermuthete dasselbe für das Hundeei. Die Wimperausbildung wurde zwar nicht in die nöthige Zusammenhörigkeit mit der Dotterkuglung und Zellbildung gebracht, aber der Meinung Kowalewsky's, es habe sich nur um Samenfäden gehandelt, steht entgegen, dass Bischoff solche um die gleiche Zeit todt sah. Im Batrachierei rotirt die Embryonalanlage nach Schenk, Bavay u. A. um eine vertikale Achse mit dem Kopfe der Uhrzeigerrichtung entgegengesetzt etwa von der Zeit der Bildung der Rückenfurche an und bei *Hylodes martiniensis* Bibron bis zum fünften Tage, ebenso wahrscheinlich durch Wimpern. Solche äussere Wimperung findet man auch an ausgeschlüpften Embryonen der Amphibien, besonders an den äusseren Kiemen. Sie persistirt nach Gray an den perennirenden äusseren Kiemen von *Siren lacertina* Linné, aber nicht an denen von *S. (Pseudobranchus) striata* Leconte. Sie ist mit Ausnahme des *Amphioxus* bei Fischen ebenso wenig bekannt als bei den höheren Wirbelthieren, während innere Epithelien, sowohl in mit der Aussenwelt kommunizirenden Höhlungen, Riechgruben, Mundgruben, sogar schon auf der Innenfläche der Mundcirren des *Amphioxus*, in Athmungsorganen, Verdauungsorganen, Geschlechtsgängen, Leibeshöhle, als in sekundär abgeschlossenen des Nervensystems theils dauernd, theils während des embryonalen Lebens und etwas über dasselbe hinaus mit Wimpern bedeckt sein können. Der Embryo des *Amphioxus* allerdings verlässt, wie Kowalewsky zeigte, nach Ausbildung zweier Keimblätter durch Invagination gänzlich wimpernd das Ei, um welche Zeit, im Gastrulastadium, er übrigens noch eine kuglige Gestalt und noch nicht einmal die Rückenfurche gebildet hat. Während die äussere Wimperung im Uebrigen zunächst sich so vereinfacht, dass statt einer anfänglichen Mehrzahl von Wimpern nur noch eine Wimper auf jede Zelle kommt, einige Wimpern auch zu Tastfäden am Munde verkleben, und bald, wie es scheint, gänzlich eingeht, oder durch starre Haare ersetzt wird, hat sie auf den vor Herstellung der Kiemenspalten bereits am Bauche angelegten Kiemenwülsten noch eine zeitlang eine starke Entwicklung, stärker z. B. als im Darm, wie das Leuckart und ich beschrieben haben, und ohne Zweifel eine bedeutende Funktion. Nach Kowalewsky's

neuesten Darstellungen schwindet auch diese Wimperbekleidung sofort nach der Ueberdachung der Kiemenspalten, nach Langerhans jedoch nicht. Trotz des Mangels von Wimpern beweisen physiologische Versuche eine eminente Bedeutung der Hautathmung auch für Wirbelthiere.

Spezifische Athmungsorgane erscheinen bei den Wirbelthieren entweder als Kiemen, wo sie dann in zwei Kategorien, äussere und innere Kiemen unterschieden werden können, oder als Lungen, deren Charakter in verschiedenen Beziehungen gemindert sein kann. Bei den allantoidischen Wirbelthieren, Reptilen, Vögeln, Säugern, entstehen Kiemen nicht. Die Kiemenspalten derselben sind nur vorübergehend vorhanden. Das junge Thier athmet, wenn es das Ei verlassen hat, abgesehen von der Hautathmung, ausschliesslich mit Lungen. Bei den anallantoidischen werden in der Regel an Kiemenspalten Kiemen ausgebildet und funktionieren meist noch, nachdem der Embryo die Eihüllen gesprengt hat. Es können aber neben ihnen Lungen ausgebildet werden und sie selbst können dann entweder früher oder später eingehen oder neben, auch nach Umständen wechselnd mit diesen Lungen in Funktion bleiben. Der grosse Einfluss der gedachten Modifikationen der Athmungsorgane auf die Gefässanordnung hat Anlass gegeben, einen Theil des hier Wichtigen schon oben abzuhandeln (vgl. besonders Bd. II, p. 472 ff.). Es giebt endlich bei einigen Wirbelthieren eine Darmathmung von aussergewöhnlicher Bedeutung.

Die Kiemen der Wirbelthiere treten nicht als einfache Ausstülpungen der Haut auf, sondern sie haben eine besondere ihre Wirksamkeit sehr erhöhende Anbringung an Viszeralpalten, d. h. an Spalten, welche die Seitenwände des Körpers vom Hohlraum des Verdauungskanal zur äusseren Haut durchsetzen. Sie geniessen dadurch des mechanischen Dienstes der solche Spalten trennenden, uns schon bekannten Bogen. An den Rändern solcher Spalten tritt das Oberhautepithel mit dem Schleimhautepithel des Schlundes in Verbindung. Desgleichen kommen das äussere und innere mesodermale Blatt, sofern diese in der Nachbarschaft durch eine Coelomspalte getrennt sind, zur Verwachsung. Der vordere Rand einer Spalte kann über die Spalte etwas deckelartig nach hinten entwickelt sein, der vordere Rand der ersten Spalte dieses in so hohem Grade, dass er alle nachfolgenden Spalten überdeckt. Es mag wiederholt werden, dass äussere Kiemen der Oberhaut und der Hautfaserplatte angehören und zeitlich schon vor dem Durchbruche der Spalten angelegt sein können. Es führt uns das im Prinzip auf einfachere Verhältnisse zurück. Innere Kiemen sind Ausstülpungen des Darmblattes und ergeben so, ebenfalls ohne Durchbruch denkbar, Homologie mit den Lungen. Die aussen wimpernden Wülste der Amphioxuslarve können dabei zu den äusseren Kiemen gezählt werden.

Unter den Fischen hat man für das Verständniss der Athmungsrichtungen des Amphioxus in Beziehung zum Coelom einige Unklarheiten

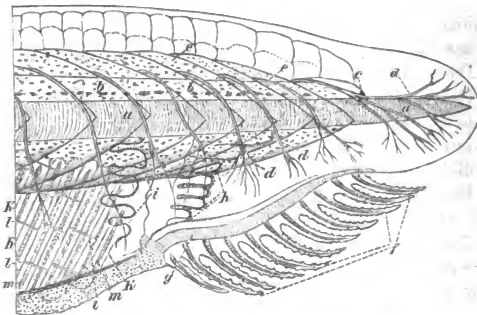
geschaffen, da doch nach Leuckart's und meiner Darstellung die Sache ganz klar war. Während der Amphioxus mit der weiteren Bildung von schiefen Wimperwülsten auf der Bauchseite am hinteren Ende der Reihe, oder nach P. Bert's Meinung an beiden Enden derselben auf der Bauchwand fortwährend vorangeht, bildet sich auf beiden Seiten daneben eine Hautfalte aus. Die beiden Hautfalten wachsen gegeneinander und rücken mit der zunächst vorn zu Stande kommenden Verbindung immer weiter nach rückwärts vor, bis die zwischen ihnen liegende Furche mit Ausnahme des hinteren Porus abdominalis geschlossen, ein Dach über den Kiemen gebildet ist. Unterdessen bricht in einem Wulste nach dem anderen unter Anwachsung der Darmwand an die Bauchwand eine Spalte durch und nimmt, während die äussere Wimperung schwindet, auf Innenfläche der Brücken und Seiten der Spalten die Wimperung des Endothels in Anspruch. Es ist dabei ziemlich gleichgültig, ob auch die ersten Spalten zunächst durch undurchbohrte Wülste angedeutet werden, oder ob das nur für die nachwachsenden gilt. Es ist ebenso für die augenblickliche Betrachtung nicht sehr wesentlich, ob die Hautfalten oder Leisten, späteren Wände der Athemkammer, einen Coelomantheil in sich eintreten lassen, wie das Kowalewsky und Rolph meinen, oder nicht, wofür Langerhans sich mehr ausspricht. Es ist jedoch für andere Verhältnisse wichtig, die Möglichkeit, dass das geschehe, und damit die richtigen Prinzipien für die Lage der Theile festzuhalten. Indem der von Kiemen in Anspruch genommene Theil des Körpers ein viel grösserer ist als bei irgend einem anderen Fische, das ventrale Dach der Athemkammer sich viel weiter nach hinten fortsetzt, erklärt es sich, dass die Geschlechtsorgane und Harnorgane in die Wände der Kiemenhöhle zu liegen kommen und, statt auf der freien Bauchfläche oder in Kombination mit anderen Ausführungsgängen, sich in der Athemkammer öffnen.

Leuckart und ich haben junge Amphioxus der Nordsee, von mit Ausnahme der Kiemenwand vollendeter äusserer Gestalt, bei anderthalb bis drei Linien Länge mit elf bis siebzehn schief gerichteten Kiemenwülsten ausgerüstet gefunden. M. Schultze sah bei solchen von $1\frac{1}{4}$ — $1\frac{1}{2}$ vierzehn bis sechzehn Biegungen der vermeintlichen Kiemenwimperschnur, J. Müller bei sechs Linien Länge jederseits fünfundzwanzig Kiemenspitzbogen, bei einem Zoll vierzig bis fünfzig und bei erwachsenen hundert und mehr Spalten. P. Bert giebt für einen Amphioxus von 20 mm. Länge dreiundneunzig, für einen von 30 mm. hundertunddreißig Kiemenpalten jederseits an. Die Vermehrung der Kiemenpalten scheint hiernach lange anzudauern und man wird für die in der Gattung auch sonst unterscheidbaren Formen verschiedener Meere wahrscheinlich ungleiche Endzahlen annehmen dürfen.

Für die jungen *Amphioxus* haben Leuckart und ich die Existenz einer Längsspalte in dem linken bauchwärts wachsenden und später die Kiemen mit überbrückenden Seitenlappen nachgewiesen, welche direkt an den Mund stösst und vorn und oben sich in dessen Grube hineinzieht. So lange die Kiemenspalten nicht oder doch in der Hauptsache nicht durch Oesophagus und Leibeswand durchgebrochen sind und die Bauchfurche weit offen ist, dient diese Spalte als vordere Oeffnung der um diese Zeit äusseren Athemkammer. Die Wimpern im Munde und in dieser Spalte führen das Wasser zu den Kiemenwülsten und über sie, bis es in der weit geöffneten Bauchfurche abfliest. Es giebt jedoch ausser der Wimperung auch dann schon eine Muskelkontraktion an der Brücke zwischen Mund und vorderer Athemspalte und dadurch einen Effekt für die Wasserbewegung. Diese Spalte muss sich später schliessen oder gänzlich in die Mundhöhle gezogen werden, etwa in die Lage einer ersten Kiemenspalte, da man nichts mehr von ihr findet.

Ueber die Einrichtung und Funktion des Kiemenapparates des erwachsenen *Amphioxus* sind seit den Darstellungen von Retzius und J. Müller

Fig. 370.



Vorderende von *Amphioxus* (*Yarrell*) *lanceolatus* Pallas spec. (*Branchiostoma lubricum* Costa) von der skandinavischen Küste, etwa 10mal vergrössert, nach J. Müller, durchscheinend gezeichnet.

a. Chorda. b. Rückenmark mit pigmentirter Umhüllung. c. Auge. d. d. Nerven. e. Seitenmuskeln. f. Mundcirren. g. Lippenknorpel. h. Wimperwülste des Mundes (Räderorgan). i. Falte zwischen Mund und Kiemenkorb. k. k. Kiemenleisten. l. l. Querleisten. m. m. Spalten.

in den Hauptsachen die meisten Autoren einig gewesen, nur Stieda ist der noch älteren Meinung von Goodsir und Rathke, dass die Wände des Kiemenschlauches nicht von Spalten durchbohrt seien, wieder beigetreten.

Man hat zu unterscheiden den, wie bei anderen Fischen, von Spalten durchsetzten und an den Zwischenräumen Kiemen bildenden Schlunddarm

oder Kiemenschlauch und die bauchwärts und seitwärts davon gelegene Athemkammer, welche das Wasser durch die Spalten empfängt und es durch den nunmehr ganz engen, etwa auf zwei Fünftel der Körperlänge liegenden Porus branchialis oder abdominalis nach aussen abfließen lässt, sich aber über diesen Porus hinaus noch nach hinten erstreckt.

Der Schlunddarm ist durch eine Art gefranzten Gaumensegels von der Mundhöhle geschieden. Dieses Segel kann durch vom unteren Seitentheil des Mundrings entspringende Muskelbündel nach vorn gezogen und wieder zurückgebracht werden, somit Schluckbewegungen machen. Der Schlunddarm besitzt, wie schon J. Müller, am genauesten Langerhans beschrieben hat, nicht quer gestreifte Muskeln, welche an den Skeletstücken sich befestigend, den Hohlraum einengen können und denen die Elastizität der Skeletstücke entgegenarbeitet. Ausserdem hat die Ueberdachung der Athemkammer ihren Antheil an den Ringsmuskeln und Längsmuskeln des Bauches, deren Funktion am Porus als eine rhythmische Athembewegung sich erkennen lässt.

In der Wand des Schlunddarms liegt, wie zuerst Retzius und Rathke entdeckten, jederseits ein System zahlreicher feiner Stäbe, nach Rathke und Müller aus Faserknorpel, nach Rolph nur aus Verdickungen und Faltungen der feingestreiften Bindegewebshülle in den Kiemtblättchen bestehend. Diese Stäbchen steigen parallel von oben und vorne nach hinten und unten herab; jedes spaltet sich oben und verbindet sich mit seinen beiden Nachbarn arkadenartig. Unten enden abwechselnd die Stäbchen einfach oder spalten sich in zwei aus einander gebogene Schenkel, ohne dass jedoch geschlossene Arkaden entstanden. Die Anordnung ist auch hier asymmetrisch, so dass die Spitzbogen alterniren und eine einfache Leiste einer Seite einer gablig getheilten der anderen entspricht. Die Stäbchen nehmen vorn und hinten an Länge ab. Jedes unten einfache Stäbchen ist mit den ihm benachbarten, sich in zwei Schenkel theilenden durch Querstäbe verbunden, deren Zahl mit der Länge der Stäbe sich bis auf neun erheben kann. Das rechte und das linke Kiemengerüst stossen in der oberen und der unteren Mittellinie nicht ganz zusammen. Ein Längsbalken, auf welchen sie sich in der unteren Mittellinie stützen, ist von J. Müller als eine gleichfalls knorpelige, gezackte Hohlkehle bezeichnet worden. In der oberen Mittellinie bleibt unter der Chorda die Rückenrinne, Epibranchialrinne, Hyperbranchialrinne von Langerhans, von Längsfalten begränzt, in der unteren die, nachdem bereits Goodsir den Kiemensapparat des Amphioxus als dem der Ascidien am nächsten verwandt bezeichnet hatte, wegen Wimperung und Fensterung von W. Müller der Flimmerrinne der Tunicaten gleich gesetzte Bauchrinne, Hypobranchialrinne, vorn umgekehrt zu einer dachartigen Leiste verwandelt. Das auskleidende Epithel ist überall einschichtig und wie im ganzen Darne bewimpert. Jede

Zelle hat eine einzige Wimper, ist also eine Geisselzelle. Die von den Stäbchen gestützten oder nach Rolph sie bildenden, nach innen vorspringenden Falten sind mit einer höheren Epithelschicht bekleidet und ebenso die in den oberen, noch nicht durchbohrten Wandtheilen des Kiemenkorbes die Falten fortsetzenden Wülste und die Epibranchialrinne. In der Hypobranchialrinne liegen vorn vier, hinten sechs durch stärkeres Epithel ausgezeichnete Längswülste. Eine nach oben gebogene Linie scheidet jede Seitenwand in einen oberen undurchbohrten und einen unteren mit Spalten durchsetzten Theil. Die Durchbohrungen führen in die Athemkammer. Sehr bald hinter dem Anfange des Kiemenkorbes erreichen Athemkammer und Spalten fast die volle Höhe der Wandung. Die Spalten entstehen, indem die Schleimhaut von einem Stäbchen nicht zum anderen hinübergeht. Da die Zwischenräume der Stäbchen schon sehr eng sind, mehr als hundert auf einen Zoll, und noch durch die Bewimperung der Ränder geschmälert werden, sind die Spalten äusserst fein. Weiter aussen verändert sich das Epithel, trägt jedoch nach Langerhans sowohl an der Uebergangsstelle, im sogenannten Pigmentepithel, als aussen Geisseln. Nach aussen vom Pigmentepithel liegen die Querstäbchen, fallen also nicht in den von eigentlichem Kiemenepithel bedeckten Theil der Blättchen, würden also im Vergleiche mit Späterem eher ein äusseres Kiemenskelet bilden.

Der Kiemenkorb geht durch eine plötzliche Einschnürung in den Darm über. Die Athemkammer, respiratorische Bauchhöhle Anderer, umgiebt, indem sie sich über den Porus hinaus fast bis zum After fortsetzt, den Darm an der rechten Seite, wo ihre Wand den Blinddarm umschliesst, in der anfänglichen Gestalt, während sie links bald nur noch als Zipfel in den Peritonealraum hineinhängt. Man kann an dieser Höhle die obere Wand, welche ursprünglich die Bauchwand war, dem Kiemenkorb dicht angewachsen ist und den Darm umkleidet, von der unteren unterscheiden, welche von den übergewachsenen Seitenlappen herrührt. Die Gränzlinie zwischen beiden verläuft nicht grade, sondern greift auf den unten einfachen Stäbchen jedesmal weit abwärts und bildet so mit halb so vielen Arkaden, als Stäbchen vorhanden sind, das Ligamentum denticulatum Müller's. Da die Stäbchen schräg liegen, decken sich die Taschen an diesen Arkaden dachziegelförmig. Rolph hat schön dargestellt, wie die Leibeshöhle in die diese Taschen der Athemhöhle trennenden Falten gleichfalls zackig eingreift.

Die Kiemenhöhle des Amphioxus dient auch zur Aufnahme der Geschlechtsprodukte und kann bei den Weibchen bis in die gedachten Taschen hinein mit Eiern voll gefropft sein. Dieselben können durch den Mund und durch den Porus entleert werden. Der Amphioxus ist, auch im Larvenstande, wenig anspruchsvoll in Betreff der Athmung.

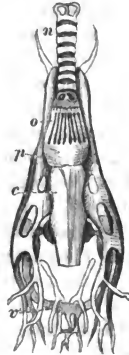
An den Amphioxus schliesst sich, wengleich erheblich verschieden, doch zunächst unter den Cyclostomen mit durchbohrtem Gaumen, den

Myxinoïden oder Hyperotreta, die Gattung *Myxine* (*Gastrobranchus* Blainville) an, welche Linné schuf und zu den Vermes Intestina stellte, und deren Athmungswerkzeuge in der Hauptsache schon 1792 *Abildgaard* ganz richtig beschrieb. *Home* ergänzte die Darstellung vorzüglich durch den Vermerk des *Spiraculum ventrale oesophageum*.

Die Durchbohrung des Gaumens der Hyperotreten bildet das hintere Ende eines Nasenganges, welcher über der Gaumendeckplatte nach vorn führt und über dem Munde und mit diesem von Bartfäden umstellt sich nach aussen öffnet. Bei *Myxine* liegt die Gaumenöffnung dieses Nasenganges breit hinter und über der den Myxinoïden eigenthümlichen Gaumenplatte und der deren Ende einfach überziehenden Schleimhautfalte und vor dem Schlundsegel. Bei den australen *Bdellostomen* bildet die Mundschleimhaut, bevor sie sich um den Rand der Gaumenknorpelplatte schlägt, eine Art von freiem Gaumensegel, welches halbmondförmig die zwischen zwei Schleimhautschenkel, die Gaumenplatte und die obere Wand des Rachens an der Hirnkapsel eingeeugte hintere Nasenöffnung von unten überdeckt.

Der besondere Nasengang, eine Einrichtung, welche bei den luftathmenden Wirbelthieren eine so hohe Bedeutung bekommt, lässt sich bei der zarteren *Myxine* weniger genau als bei den *Bdellostoma* studiren. Er besteht ausser dem Nasenrohr und dem Nasengaumengang aus einer in jenes sich abwärts und vorwärts öffnenden, über dem vorderen Theil der Gaumenplatte und vor der Gehirnkapsel liegenden Riechhöhle. Das Nasenrohr, bei den zwei bis drei Fuss langen *Bdellostomen* einen Zoll lang und mehrere Linien weit, liegt von Muskeln begleitet unter der Haut und stützt sich vorn auf die Knorpel der Schnautze und des Mandes. Es wird oben und seitlich, in der Weise einer Luftröhre, umfasst von unvollkommen ringförmigen, mit Ausnahme einiger vorderer von einander gesonderten Knorpelplatten. Die hinterste und die vorderste, weiteste und geschwungene Platte sind durch Löcher in einige neben einander liegende Ringelchen verwandelt und die vorderen seitlich verbunden, alles Modifikationen, welche an Luftröhren höherer Wirbelthiere nicht ungewöhnlich sind. Die Riechhöhle wird gebildet von einem Systeme hinten und vorn verbundener feiner Knorpelstäbchen, welche zusammen die Hälfte eines Kegelmantels darstellen und die Falten der Riechschleimhaut stützen. Bei den

Fig. 371.



Schädel von *Bdellostoma heterotroma* Müller von oben gesehen, unter natürlicher Grösse nach *J. Müller*. n. Nasenrohr. o. Riechkapsel. p. Seitliche Gaumenleiste. c. Gehirnkapsel. v. Knorpelstützen des Gaumensegels.

septentrionalen Myxinen scheinen die Knorpel­einlagerungen in der Nasen­röhre durch der Schleimhaut unterlagerndes, verhältnissmässig derbes Bindegewebe ersetzt zu sein.

Von dem oberen und hinteren Rande des Nasengaumenloches streckt sich eine von Knorpeln gestützte Schleimhautfalte, das Schlundsegel, mit freien Rändern nach hinten und abwärts, in der Mittellinie an dem Schlund­dache befestigt und neben dieser Aufhängungsfalte jederseits eine nach hinten offene Bucht lassend.

Bei allen Myxinoiden ist der Oesophagus jederseits von einer Reihe von Spalten, inneren Kiemengängen durchbohrt. Schon das erste Spalten­paar liegt weit vom Munde entfernt, fast doppelt so weit als die Länge der ganzen Spaltenreihe beträgt, bei einer mässigen Myxine um zwei bis drei Zoll, bei grossen Bdellostomen um sieben Zoll. Den Zwischenraum zwischen Schädel und Kiemenspalten unter dem Anfange des Oesophagus nimmt in Anspruch der keulenförmige Apparat der Zungenmuskeln, ventral an den knorpeligen Zungenbeinkiel angesetzt. Der inneren Kiemengänge sind bei der Gattung Myxine jederseits sechs, bei der Gattung Bdellostoma manchmal jederseits sechs, andere Male einerseits oder jederseits sieben, vielleicht und falls nicht die Schleimlöcher getauscht haben, bei einer Form (vgl. Bd. II, p. 474) mehr. Jeder innere Kiemengang führt in einen Kiemen­sack. Die Reihe der Kiemensäcke liegt jederseits neben dem Oeso­phagus. Zwischen ihnen gehen Dissepimente zu der Leibeswand und theilen jedem Sacke ein Fach, einen serösen Beutel zu, in welchem er wenig befestigt einem Herzen ähnlich seine Form und Lage verändern kann. Bei den Bdellostomen decken die Säcke, abgeplattet, einander dach­ziegelartig, bei den Myxinen sind sie in der Kontraktion fast kuglig. Die hintere Kante eines Sackes senkt sich einwärts unter die vordere des nachfolgenden. Jeder Kiemensack erhält einen Ast der Arteria branchialis. Er ist mit Schleimhaut ausgekleidet, welche ein System tief eingreifender Falten bildet. In den Dissepimenten ziehen Muskelschleifen, welche oben unter der Chorda auf dem Oesophagus, unten unter dem letzteren an den äusseren Kiemengängen und im Anschluss an die Zungenmuskulatur zu medianen faszikulirten Muskelmassen zusammentreten, ein Constrictor bran­chiarum. Auch die inneren Kiemengänge haben Kreismuskeln.

Wie die inneren Kiemengänge von innen und etwas von vorn und oben in die Kiemensäcke eintreten, so treten aussen, unten und hinten die äusseren Kiemengänge aus denselben aus. Für diese aber unterscheiden sich Bdellostoma und Myxine dadurch, dass bei jener Gattung jeder Gang für sich und direkt durch die Haut nach aussen tritt, so dass die Zahl äusserer Kiemenspalten der der inneren entspricht, bei dieser alle Gänge einer Seite zu einem gemeinsamen Gange verbunden werden und nur einer am hinteren Ende der Reihe gelegenen äusseren Oeffnung bedürfen. Diese

Eigenschaft der Myxine ist es, welche einen Vergleich mit dem Amphioxus gestattet. An Stelle einer gemeinsamen Athemkammer treten in Einengung und Zerlegung für die zwei Seiten zwei gemeinsame äussere Kiemengänge. Die überdeckende Hautfalte, in der Tiefe verwachsen und beglichen, findet ihren Ausdruck nur noch in den Lippen des hier doppelten Porus abdominalis. Im Vergleiche der Darstellungen von Home, Meckel, Owen und meines eigenen Befundes einerseits und der Beschreibung von J. Müller andererseits scheint die Verbindung der äusseren Kiemengänge zu einer Gemeinschaft nach variabel langer Selbständigkeit der einzelnen zu erfolgen. Zu diesen eigentlichen Kiemengängen kommt noch ein Ductus oesophago-cutaneus, welcher, ohne dass sich ihm ein Kiemenbeutel anschliesse, aus dem Oesophagus nach aussen führt. Seine innere Oeffnung liegt an der tiefsten Stelle des Oesophagus hinter dem linken Kiemenbeutel und ist viel weiter als die inneren Oeffnungen der Kiemengänge. Hinter ihr erheben sich die Falten des Oesophagus, um sich danach alsbald stark abzusetzen und die Cardia zu bilden, deren Constrictor den Magen von diesem athmenden Theile der Speiseröhre sondert. Der Gang ist kurz, fast direkt gegen den Bauch wenig nach hinten gewendet und weit. Seine Muskulatur ist mit der der Cardia in Verbindung. Seine äussere Oeffnung legt sich neben die des linken gemeinsamen Kiemenganges in den betreffenden Porus. Man kann

Fig. 372.



Vordertheil von *Myxine glutinosa* Linné aus der Nordsee in natürlicher Grösse mit Blosslegung der Kiemen einer Seite. n. Aeusserer Nasenöffnung mit Aufsatz und Barteln. o. Mund mit Barteln. h. Zungenmuskel und Zungenkielknorpel. cd. Chorda. br. Kiemensäcke. b. Die Ausgänge der äusseren Kiemengänge. oe. Ausgang des Ductus oesophago-cutaneus.

diesen Kanal als einen medianen, etwas zur Seite verschobenen und dann als Vertreter eines weiteren Kiemenspaltenpaares oder einiger zusammengeflossener oder als primär unpaar wie bei gewissen Bdellostomen ansehen.

Die einzelnen äusseren Kiemenspalten der Bdellostomen werden von Bündeln des *Musculus obliquus abdominis* umgriffen und können durch sie eingengt werden. Die Gänge steigen von ihnen aufwärts und vorwärts und sind bis einen Zoll lang. Auch die Bdellostomen haben einen Ductus oesophago-cutaneus. Derselbe senkt sich in die hinterste Kiemenspalte der linken Seite, so dass diese viel grösser ist als die übrigen. Ein sich gabelförmig nach vorne theilender Knorpel in der Wand dieses Ganges bei den Bdellostomen ist das Einzige, was an Knorpelstützen im Kiemenapparate der Myxinoiden bekannt ist.

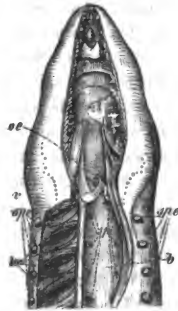
Wenn die Konstriktoren oder Sphinkteren der inneren Kiemengänge und des Ductus oesophago-cutaneus geschlossen sind und die Cardia geöffnet ist, so ist den Speisen der Weg durch den Kiementheil der Speiseröhre zum Magen bezeichnet. Mit Verschluss der Cardia kann das Spiel der Kiemenmuskeln die Athmung in Gang setzen. J. Müller nahm dabei die Stigmata branchialia externa als Inspirationsöffnungen, den Ductus oesophago-cutaneus als Ausgang, Owen bei Myxine diesen als Eingang. Da Expiration im Allgemeinen rascher geschieht und unter gewissen Umständen eine plötzliche vollständige Ausstossung des Athemwassers stattfindet, ist, soweit überhaupt regelmässig und nicht bloß von Zeit zu Zeit der Ductus oesophago-cutaneus benutzt wird, dessen Verwendung vermuthlich eine expiratorische. Doch können durch Expansion und Kontraktion der Kiemenbeutel allein Inspiration und Expiration zu Stande kommen. Dem Munde und dem Nasengange kann wegen der starken Einengung des vorderen Stückes des Oesophagus keine erhebliche Bedeutung für die Athmung zugeschrieben werden. Die Lage der äusseren Oeffnungen des Athemapparates gestattet den Myxinen sich mit dem Vordertheile tief in natürliche Höhlen anderer Fische oder in deren Fleisch einzubohren, wo dann Mund und Nasengang überhaupt gar keine Bedeutung für die Athmung mehr haben können.

Die Hyperoartien oder Petromyzontiden haben den Nasengang ohne Gaumenöffnung und alle jederseits sieben rundliche, denen der Bdellostomen entsprechende, äussere Kiemenspalten. Indem man diesen das Auge und die Nasengrube, welche in nicht sehr abweichenden Entfernungen und in ähnlicher Grösse sich vorne anreihen, zuzählte, begründete sich der gebräuchliche Name der Neunaugen. Die inneren, engeren, ebenfalls rundlichen Zugänge liegen um so viel weiter vorn als die Ausgänge der Kiemen, dass der Zugang einer Kieme im Querschnitte auf den Ausgang der vorausgehenden fällt. So sind die einzelnen Kiemensäcke nach hinten gerichtet. Die inneren Spalten liegen jedoch nicht in dem Oesophagus selbst, welcher, wie der vordere Theil bei Myxine, sehr eng ist, sondern in einem besonderen hinten blinden, bis zum Herzen reichenden Anhang desselben von röhrieger Form, dem Bronchus, dessen vordere Oeffnung ventral von der des Oesophagus im Grunde des Mundes liegt. An dieser Oeffnung setzen sich dem Austritt des Athemwassers aus dem Rohre in die Mundhöhle zwei kleine Klappen entgegen, welche von Knorpeln gestützt sind und in einem nach vorne gerichteten Züngelchen zusammenstossen. Der Bronchus wird, wie wir sehen werden, nicht in der Art der Lungentasche vom Oesophagus abgezweigt. Er stellt einen gemeinsamen inneren Athemgang dar, eine Zusammenfassung, welche wieder verglichen werden kann der äusseren der Kiemengänge einer Seite bei den Myxinoiden. Ein Ductus oesophago-cutaneus findet sich nicht. Die Kiemen selbst sind Säcke mit kurzen Gängen zu dem Spiraculum internum und zum externum. Die Beutel haben innen

Schleimhautfalten, deren Kanten ziemlich von innen nach aussen laufen. Aber die Säcke sind mit den zwischen ihnen liegenden Dissepimenten durch zahlreiche Bindegewebsfäden verbunden, sie sind abgeplattet und die Falten sind ziemlich scharf in eine vordere und eine hintere Abtheilung gruppirt. Es würde nur der schlitzförmigen Gestalt der äusseren Spalte bedürfen, um das Bild der Plagiostomenkieme herzustellen, in welcher die vordere Hälfte als Falten-system an der Hinterwand des vorausgehenden Dissepiments, die hintere als ein solches an der Vorderwand des nachfolgenden Dissepiments erscheint. Aussen legen sich die Kiemenbeutel an das oben (Bd. II, p. 244) dargestellte, zusammenhängende aber durchbrochene, zugleich das Herz umschliessende Kiemenknorpelskelet, durch dessen in der Zeichnung die Zahlen 10–16 aufnehmende Fenster die äusseren Gänge die Haut erreichen. Dieses Skelet ist also eine äussere Stütze des Apparates, ein äusseres Kiemen-skelet. Der Vorderrand des Spiraculum externum ist mindestens bei *P. marinus* Linné klappenartig nach hinten vorgezogen, ein Kiemen-deckel einer einzelnen Spalte im Kleinen. Ein Paar Kiemen-falten der hinteren Wand, eine mehr oben, die andere mehr unten an den äusseren Enden, einem Kehldeckel ähnlich vorspringend und verhärtet, können sich mehr oder weniger dicht an jenen vorderen Deckel anlegen und so ebenso-wohl die Spalte schliessen, als, sie zu einem engen Röhrchen einengend, einem ausgetriebenen Wasserstrom grosse Kraft und bestimmte Richtung geben.

Die Mittheilungen, welche wir von August Müller und Max Schultze, beide in 1856, über die Entwicklungsgeschichte der Petromyzonten empfangen, stimmen für die Athmungsorgane zwar nicht ganz überein, aber sie gestatten doch einige Verbindung zwischen den unter den Cyclostomiden gefundenen Verschiedenheiten. Wir verdanken bekanntlich dem ersteren Gelehrten die merkwürdige Entdeckung, dass *Petromyzon Planeri* Bloch, nachdem es schon die volle Grösse erreicht hat und während es bereits Eier enthält, noch sehr wesentliche Umänderungen durchzumachen hat, so dass der Larvenstand als *Querder*, *Ammo-coetes branchialis* Linné, lange Zeit nicht allein als besondere Art, sondern auch als besondere Gattung betrachtet wurde. Wenn *P. Planeri* das Ei verlässt, hat er nach A. Müller jederseits acht Kiemen-spalten, deren

Fig. 373.



Vordertheil eines kleinen *Petromyzon marinus* Linné aus dem Neckar vom Bauche gesehen nach Spaltung bis in das innere Athem-rohr und Eröffnung der Kiemen-säcke rechterseits in natürlicher Grösse. oe. Der Oesophagus. v. Die rechte Bronchusklappe. b. Der Bronchus. spl. Die fünf ersten inneren Spiracula. spe. Die vier ersten äusseren Spiracula. br. Die vier ersten Kiemensäcke rechterseits.

erste, hinter dem Meckel'schen Knorpel, welcher keinen Unterkiefer entwickelt (vielleicht richtiger hinter dem Zungenbeinhorn, Bd. II, Fig. 140, p. 244), gelegen, sich bald schliesst. Die Mundhöhle senkt sich dann tief ein und tritt mit der Kiemenhöhle durch eine anfangs sehr kleine Oeffnung in Verbindung. Der Schlund wimpert. Bei dem Uebergang in den letzten Stand schwinden das Mundsegel und die Klappen an den äusseren Kiemenöffnungen. Die inneren verengern sich von 2 mm. auf 1 mm. Das Speiserohr, anfänglich aus dem Hinterende der Kiemenhöhle entspringend wie beim Amphioxus, schiebt sich an deren dorsaler Wand nach vorn. So entsteht der besondere Bronchus; das Kiemenknorpelgerüst bildet sich aus; der Mund erhält seine Bezahnung, das Auge wächst und wird klar und die Flossen setzen sich ab. Der Ammocoetesstand wühlt wie der Amphioxus im Sande. Aus der Richtung der Kiementaschen und der Lage des Eingangs zum Oesophagus schliesst A. Müller, dass bei den Petromyzonten das Athemwasser dem Speiserohre Nahrung zuführe. Man weiss, dass die Neunaugen sich mit dem Munde gerne an Steine heften. Der Wasserstrom kann während dessen nicht anders als durch die Kiemen aus- und eingehen. Es ist vielleicht als eine Andeutung des gemeinsamen Kanals der Myxinen zu verstehen, dass im Ammocetesstande die äusseren Kiemenöffnungen jederseits in einer Längsfurche liegen.

M. Schultze sah am Tage nach dem Ausschlüpfen nur die ersten Andeutungen der Kiemenspalten und sagt, dass von im Ganzen sieben die zwei hintersten erst später entstanden. Bei Thieren von vier Tagen sind erst sechs abgebildet. Es ist nicht wohl denkbar, dass die von Schultze dicht beim Munde gesichene Einsenkung die erste Kiemenspalte Müller's sei. Ob der Einsenkung von aussen eine Darmausstülpung entgegenwachse, blieb ihm unklar. Nach ihm wimpern weder die Kiemen noch der Schlund, erst weiterhin der Darm. Indem in der Tiefe die Zwischenwände sich verringern, werden die Kiementaschen innerlich weit bei eng bleibendem Eingang, die Blättchen bilden sich an den Wänden von oben anfangend zuerst als einfache Knöspchen.

Aus den Bdellostomen in Betreff der einfachen Durchsetzung von Speiserohr und Haut durch Kiemenspalten ohne Bildung äusserer oder innerer gemeinsamer Bahnen für das Athemwasser und aus den Petromyzonten in Betreff des Mangels eines Nasenganges kann man die Eigenschaften der erwachsenen Selachier oder Plagiostomen für die Athmung zusammensetzen, insofern diese sämtlich jederseits eine Reihe einfach durchsetzender Kiemengänge und keinen durchbohrenden Nasengang haben. Indem diese Kiemengänge sich aussen und innen spaltförmig und weit öffnen, verändern die Kiemen im Vergleiche mit den Cyclostomen die Gestalt, werden aber doch noch wegen der Entfernung der inneren von der äusseren Oeffnung als Kiementaschen bezeichnet, und fallen mit jenen, weil jede Tasche für sich

an der Haut angewachsen ist, unter die Cuvier'sche Kategorie der *Branchiae fixae*.

An den Bögen zwischen den Kiemengängen der Selachier werden embryonal äussere Kiemen angelegt; welche später eingehen, an den Wänden innerhalb der Spalten werden die definitiven inneren Kiemen hergestellt.

Definitive Kiemengänge kommen den Selachiern jederseits fünf zu, mit Ausnahme der *Notidanushaie*, bei welchen die Zahl auf sechs und sieben steigt (vgl. Bd. II, p. 474). Die erste dieser Spalten liegt hinter dem Zungenbeinbogen oder dessen Aufhängeapparat. In der Entwicklung kann aber eine Spalte zwischen Unterkiefer und Zungenbein, das Foramen temporale, die Bedeutung einer Kiemenspalte haben, sowohl was das Offensein, als was die Anbringung äusserer Kiemen an ihr betrifft. Diese Spalte kann sich später als Spritzloch erhalten und wird dessen Anwesenheit bei der Eintheilung der Haie benutzt.

Die äusseren Kiemen der Selachier sind bereits 1785 von *Monro*, weiter von *Rudolfi*, *Macartney*, *Meckel*, *F. S. Leuckart*, *Thompson*, *Davy*, *Rathke*, *J. Müller* untersucht worden. *Rudolfi* und die nächsten fassten sie schon als fötale. *Rathke* sah zuerst die an Spritzlöchern. Bei Embryonen des Zitterrochen, *Torpedo marmorata* *Risso*, von einem Zoll Länge, fand *R. Leuckart* an jeder Spalte fünf dünne und platte Fäden von 9—10 Linien Länge, aber sie fehlten an den Spritzlöchern. Bei Haifischembryonen von fünf Linien Länge fehlten sie überhaupt noch. Sie verloren sich bei den gedachten Rochen mit der Vollen dung der Kopfscheibe bei einer Länge von 2" 4'''.

Parker fand bei Embryonen des Hundshai, *Scyllium canicula* *Linné*, von 8''' Länge hinter der Mundspalte jederseits sechs Spalten, und an den Bogen zwischen diesen je eine Reihe runder Papillen, wie an noch nicht ausgeschlüpften Kaulquappen, damit den Anfang der Bildung äusserer Kiemen an allen postoralen Visceralbogen mit Ausnahme des letzten, während sie beim Froschembryo an den beiden ersten postoralen Bogen fehlen. Bei einer Länge von 11''' bildete der Hinterrand eines jeden Bogens einen kiemendeckelartigen Wulst, wo dann der zweite postorale Wulst, am Zungenbeinbogen, dem Kiemendeckel der Knochenfische entspricht. Die Spalte zwischen dem ersten und zweiten Bogen, das spätere Spritzloch und die Eustachische Röhre höherer, hatte ihre Gestalt verändert. Sie war dreiseitig mit der Basis nach oben. Von dem Hinterrande des ihr vorliegenden Unterkieferbogens waren vier kolbige Fäden nach oben und aussen gewachsen, transitorische externe Kiemen dieses Bogens und Vorläufer der Pseudobranchie des Spritzlochs. Die nachfolgenden Bogen hatten jeder etwa zehn Fäden, welche vier bis fünfmal so lang waren als bei dem Embryo von 8''' Länge. Jeder Faden enthielt eine Kapillarschleife. Die Spalten zwischen den Bogen waren weiter geworden, die Haut auf ihnen hatte sich

in Falten gelegt, ähnlich den Zähnen eines Rades, die späteren inneren Kiemen. Die äusseren Kiemenfäden am Hinterrand des Zungenbeinbogens, an beiden Rändern der vier ersten Kiemenbogen und am Vorderrande des fünften hingen aus den Spalten heraus, gleich dem Inhalt einer aufbrechenden Samenkapsel. Die Spalten sind um diese Zeit relativ viel weiter als bei Erwachsenen, sie verändern aber dieses Verhältniss lange bevor der Embryo aus der hornartigen Eischale schlüpft. Ist der Embryo 14''' lang geworden, so gliedern sich die eigentlichen Kiemenknorpelbogen in je vier Stücke, Pharyngo-, Epi-, Cerato- und Hypo-branchialelemente, aber der mandibulare und der hyoideale Bogen nur in zwei. Bei 16''' haben die Kiemenfäden des Spritzlochs ein Drittel der Länge derer der nachfolgenden Spalte.

Bei einem sieben Wochen alten, 1 $\frac{1}{3}$ ''' messenden Embryo von *Raja maculata* Montagu fand Parker die Spritzlochspalte kleiner als die folgenden, birnförmig. Sie wurde bald unten ausgefüllt und erschien dann dicht hinter den Augen. Diese verschiedene Entwicklung bedingt danach einen auffälligeren Gegensatz, indem sich in normaler horizontaler Fortsetzung ihrer Richtung die Brustflosse dem Vorderkörper anlegt und mit ihm verwächst, dabei die Kiemenpalten dorsal überdeckend, so dass diese sich ventral von ihr, die Spritzlöcher dorsal öffnen, ebenso diese inwendig am

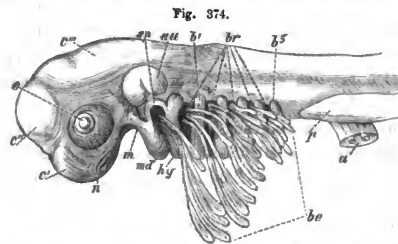


Fig. 374.

Vordertheil des Embryo von *Raja maculata* Montagu im Alter von sieben Wochen von der Seite gesehen, 1mal vergrössert nach Parker. c. c'. c''. c'''. Die Gehirnblassen. o. Auge. n. Riechgrube. m. Mundgrube. au. Gehörack. md. Unterkieferbogen. hy. Zungenbeinbogen. b¹. Erster Kiemenbogen. b⁵. Fünfter Kiemenbogen. br. Die fünf Kiemenpalten. p. Falte, aus welcher die Brustflosse sich bildet. u. Nabel. be. Die äusseren Kiemen, jede mit ihrer Gefässchlinge. sp. Spalte zwischen Unterkiefer und Zungenbein, späteres Spritzloch. Nach dieser Darstellung muss man annehmen, die äusseren Kiemen seien bewimpert.

Dache der Mundhöhle, jene an der Bauchwand der Speiseröhre liegen. Indem der Mund und die Nasengruben, welche letztere durch die Lamellen auf ihrer Wand den Kiemen ähneln, wieder ventral liegen, sind Spritzlöcher und Augenhöhlen die einzigen dorsal gedrängten Spalten. Das Spritzloch hat bei dem gedachten Rochenembryo kleine, alle übrigen Spalten haben grosse spatelförmige Branchialfilamente, sechs bis sieben

für jede Spalte, die längsten so lang wie der ganze Kopf. Bei 4''' Länge war die Entwicklung der äusseren Kiemen auf ihrer Höhe, das Spritzloch hatte etwa acht Fäden, an allen Bogen hatten sich die inneren Kiemen ausgebildet. Die später zu besprechenden extrabranzialen Knorpel fehlten noch.

Es verdient, besonders hervorgehoben zu werden, dass solche embryonale Kiemenfäden nicht allein Eier legenden Selachiern zukommen, bei welchen

man eher noch eine Funktion derselben denken darf, da das Seewasser durch die Spalten der besonders gearteten Eikapseln die weichen Hüllen des Eis direkt umspült, sondern auch lebend gebärenden, welche beiden Fortpflanzungsweisen allerdings, wie bereits die Aelteren von Aristoteles her wussten, nicht mit absoluter Schärfe geschieden sind, so dass es ovovivipare Haie giebt. Bei diesen, meint Owen, trete Seewasser in den Uterus. Ein Embryo von *Pristis* hatte äussere Kiemen noch bei acht Zoll Länge und bei *Scymnus nicaensis* Risso (*Ilichia* Cuvier) kann man die Fadenkiemen an **Kiemenspalten** und Spritzlöchern noch nach dem Ausschlüpfen sehen. Da sie ausser von den gedachten Gattungen mindestens noch von *Carcharias*, *Mustelus*, *Selache*, *Alopias*, *Acanthias*, *Spinax*, *Sphyræna*, *Pristis* und *Rhinobates* bekannt sind, dürften sie wohl allen Selachiern, wengleich für eine ungleich lange Dauer zukommen. Der Nachweis fehlt für *Trygon*, *Myliobates*, *Cephaloptera* und vivipare Haie mit nur einer Rückenflosse.

Für die erwachsenen Selachier ist gemeinsam, dass die äusseren **Kiemenspalten** durch Hautbrücken, Platten, getrennt sind, Elasmobranchier *Bonaparte's*. Zu unterscheiden ist die Lage der Spalten am Bauche bei den Rochen von der durch die Brustflossen nicht beeinträchtigten an den Seiten bei den Haien, ferner ist die etwaige Persistenz der Spritzlöcher bei allen jenen und einem Theile dieser und die Vermehrung der Zahl der Kiemenspalten bei einem Theile der Haie in's Auge zu fassen.

Die äusseren Kiemenspalten der Rochen treten hinten näher zusammen als vorne und so bilden die beiden Reihen zusammen eine nach hinten gewölbte Bogenlinie. Das Spritzloch, so sehr es den Kiemenspalten homolog und auch ähnlich ist, differirt von ihnen dadurch, dass seine Gefässe arterielles Blut empfangen, es bildet nur eine Pseudobranchie. Da diejenigen Haie, bei welchen die Spritzlöcher fehlen, oder zu blinden inneren Taschen verwandelt sind, oder nur sehr enge Oeffnungen haben, dagegen besonders grosse Kiemenspalten zeigen, so darf man den Spritzlöchern eine vikariirende Thätigkeit gegenüber den Kiemen zuschreiben. Da sie aber die respiratorisch chemische Arbeit zu übernehmen nicht in der Lage sind, wird es ein Theil der mechanischen Arbeit, der Wasserbewegung, sein, zu welchem sie in Anspruch genommen werden. Das regelmässige Vorkommen lässt annehmen, dass die Spritzlöcher bei den Rochen eine grössere Bedeutung haben. Wenn man dann zugleich erwägt, dass diese Thiere häufig mit dem Bauche auf dem Grunde liegen, wo weder dem Mund noch den Kiemenspalten geeignetes Wasser bequem zur Verfügung steht, während allerdings wegen der Ruhe das Athembedürfniss gering ist, so kann man sich der Meinung nicht wohl verschliessen, dass die Spritzlöcher unter den gedachten Verhältnissen wahre und vielleicht alleinige Inspirationsöffnungen sind. In der Konkurrenz zwischen der Ausdehnung und flügelartig hohen Anbringung der Brustflossen und den Kiemenspalten um den Raum wird diesen der Nachtheil der ventralen Anbringung durch die opponirten Spritz-

löcher beglichen. Sind die Kiemenspalten weiter und seitlich gelegen, so können sie ebensogut ohne erhebliche Benutzung der inneren Oeffnungen inspiriren als expiriren und bedürfen dabei der Spritzlöcher nicht. Diese können dann doch noch bei hastigem Zuschnappen des Mundes dem Wasser als Nebenausgänge dienen. Sie werden auch dafür entbehrlich und damit rudimentär, wenn die Kiemenspalten, wie z. B. bei dem Riesenhai, *Selache maxima* Guenner, fast um den ganzen Hals gehen und die Verbindung zwischen Kopf und Rumpf beinahe zu unterbrechen scheinen.

Die vier ersten Kiemengänge einer Seite der gewöhnlichen Selachier sind mit zwei Reihen von der Länge nach angewachsenen Blättern besetzt; der letzte hat nur eine Reihe an der vorderen Wand. *Monro* hat berechnet, dass die Oberfläche dieser Blätter zusammen bei einem mässigen Glattrochen, bei welchem die Blattbildung keineswegs die reichlichste ist, der des menschlichen Körpers gleich komme. Der Vorderrand jeder äusseren Spalte ragt etwas nach hinten vor, so dass er die Spalte deckt und einen Spezialkiemendeckel bildet. Die Spalten können dicht zusammen geschoben sein, wie z. B. beim Meerengel, oder weiter aus einander gerückt, wo dann die zwei letzten der Haifische selbst über dem Anfang der Brustflossen stehen können. Der Vorderrand der vordersten ist öfter mehr ausgedehnt, als der der übrigen. So erscheint der von ihm aus gebildete alle Spalten und Bogen bedeckende gemeinsame Kiemendeckel der Knochenfische angebahnt.

Der Kiemenapparat der Selachier wird unter Theilnahme des Zungenbeinbogens von einer Reihe von einander gesonderter knorplicher eigentlicher Kiemenbogen, *Arcus branchiales cartilaginei*, gestützt. Dieser sind für gewöhnlich so viele, dass hinter der letzten Spalte noch ein Bogen folgt. So haben deren die gewöhnlichen Rochen und Haie fünf, die *Notidanushaie* sieben. Viele Haie mit fünf Spalten, besonders die *Squaliden* haben jedoch, wie *Stannius* entdeckt hat, einen überzähligen sechsten Bogen, angedeutet durch einen ventralen Knorpel, einige Embryonen auch einen siebten. Ich finde beide deutlich bei erwachsenen *Mustelus*. Sie legen sich ventral an das Band, welches den Schultergürtel mit dem vorderen Ende der *Copula* der Kiemenbogen verbindet. Die Kiemenbogen sind nicht wie bei den meisten Knochenfischen unter und an den Schädel geschoben, sondern liegen unter der Wirbelsäule und gestatten, an dieser einen Halstheil zu unterscheiden.

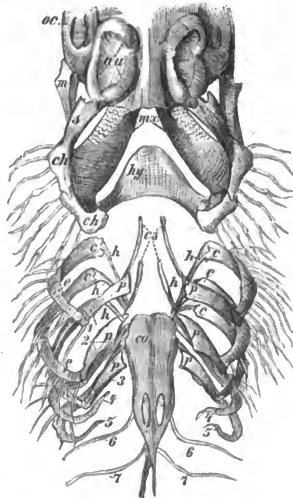
Der Zungenbogen ist bei den *Rajidae* meist selbständig mit dem Schädel verbunden und dann dem *Suspensorium* des Unterkiefers nur durch Bandverbindung kombinirt; bei den *Torpedinidae* tritt er an das obere, bei den *Squalidae* an das untere Ende dieses *Suspensorium*. Dadurch fällt bei letzteren die vordere Begrenzung der ersten Spalte zum Theil an das *Suspensorium*. Die Zungenbogen der *Rajidae* und *Squalidae* sind durch ein bei den letzteren und zum Theil bei den ersteren breites, plattes, nach vorn

entwickeltes Querstück, eine Copula, verbunden. Die der Torpedinidae haben diese Verbindung nicht, sondern legen sich nur an den nächsten Bogen an. Jeder Bogen zerfällt bei den Rajidae in zwei Stücke. Man kann das obere Stück der Squaliden bei der Anheftung an's Suspensorium in diesem aufgegangen denken. Für die nachfolgenden Kiemenbogen ist eine Theilung in vier Stücke (vgl. p. 236) das Maximum und kann als das Normale angesehen werden. Das findet sich bei Squatina an allen Bogen, die letzten erreichen ebenso gut die Wirbelsäule als die vorausgehenden und sind im obersten Stücke und besonders in dessen Muskelfortsatz eher stärker. Meist sind jedoch Zahl der Stücke und Grösse am letzten und vorletzten Bogen reduziert und das Kiemengestell entfernt sich hier von der Wirbelsäule. Zwischen den Hauptabschnitten der Bogen können noch kleine Knorpel abgegliedert sein.

Die Kiemenbogen der Selachier legen sich mit ihren hypobranchialen Stücken ventral an eine mediane Knorpelplatte, Cartilago subpharyngea impar, an, welche hinter dem medianen Stücke, der Copula oder dem Körper des Zungenbeins, folgt, aber auch dieses mit vertreten und sich auch in ihrer Verbindung auf die hinteren Kiemenbogen beschränken kann, wo dann für die vorderen besondere Copulastücke bestehen. Bei den Torpediniden und anderen Rochen verschmelzen die hypobranchialen Kiemenbogenstücke, statt einzeln an diesen medianen Knorpel zu treten, jederseits untereinander.

Auf der äusseren Fläche und hinteren Kante der Kiemenbogen wurzeln die Kiemenknorpelstrahlen, welche, indem sie sich in einer Reihe von oben

Fig. 375.



Kiemenskelet von *Mustelus vulgaris* Cuvier var. *stellaris* Rondelet von Palma de Mallorca von oben gesehen in natürlicher Grösse; das Hinterende des Schädels ist erhalten, die Wirbelsäule weggenommen. oc. Augengrube. au. Die sich im trocknen Skelet ausprägenden Gehörlabyrinthbogen. m. Oberkiefer. s. Suspensorium. mx. Unterkiefer mit Zähnen. ch. Zungenbeinhorn (Kiemenstrahlen am Suspensorium und an diesem Horn). hy. Zungenbeinkörper. cs. Die beiden vordersten Rippenpaare, 1—5. Die funktionirenden Kiemenbogen; die Zahlen verweisen auf deren oberste Endtheile. p. p. Deren pharyngobranchiale Stücke. e. e. Die epipharyngealen Stücke. c. c. Die ceratobranchialen Stücke. h. h. Die hypopharyngealen Stücke. 6—7. Die nicht funktionirenden überzähligen Kiemenbogen. co. Gemeinsame Copula der Kiemenbogen, Cartilago subpharyngea impar.

nach unten folgen und nach aussen und hinten strecken, die Wände der Kiementaschen stützen. Die Strahlen oder Stäbe sind eingebettet zwischen die hintere Wand der vorausgehenden und die vordere der nachfolgenden Kieme, sie können auch am oberen und unteren Rande einer Kiemenspalte vorkommen, wo sie dann verbreitert von einem Bogen zum anderen übergreifen, so besonders beim Adlerrochen, *Aeotobatis*. Sie sind zuweilen gegabelt, bei Haien oft sehr lang. Die Strahlen kommen nur den beiden mittleren Abtheilungen eines viertheiligen Kiemenbogens zu, die obere und die untere Abtheilung liegen in den Muskeln begraben und dienen diesen zum Ansatz. Am Vorderrand der ersten Spalte ist es das Zungenbeinhorn, welches die Strahlen trägt und bei den Haien der Hinterrand des Suspensorium. Die Kiemenstrahlen sind an ihren peripherischen Enden gewöhnlich frei. Sie können sich aber daselbst an Knorpelbogen anlegen, welche ziemlich in der Weise der Kiemenbogen selbst in den Scheidewänden der Spalten verlaufen und auch in dorsale und ventrale Abschnitte gegliedert sind. Während die eigentlichen Kiemenbogen in der Oesophagealwand ein inneres Kiemenskelet darstellen, bilden diese unvollkommeneren Stücke ein äusseres, der Haut anliegendes Skelet des Respirationsapparates, wie es Stannius richtig mit dem der *Petromyzonten* zusammen gestellt hat. Die Kiemenstrahlen der Selachier aber haben mit den Kiemendeckhautstrahlen und dem Kiemendeckel der Knochenfische das gemeinsame, dass sie in Haut und Muskeln aufgenommen sind und es gleicht somit, worauf Götte aufmerksam gemacht hat, auch ohne klappige Vorrangung jede Selachierscheidewand im Principe einem Knochenfischdeckelapparat.

Auch das Spritzloch bekommt noch Knorpelstützen, welche seinem Deckel festen Halt geben. Parker versteht dieselben bei Rochen als ein Bogenstück, bei *Squatina*, *Mustelus*, *Galeus*, *Scyllium* als einen einzigen Strahl, bei *Scymnus* als zwei, bei *Centrophorus* als drei Strahlen.

Man hielt dafür, dass die Schwimmblase den Selachiern gänzlich fehle. Miklucho-Maclay fand jedoch 1867 bei den Embryonen der Haifischgattungen *Galeus*, *Mustelus* und *Acanthias* dicht vor dem durch Umwandlung der Längsfalten des Oesophagus in Querfalten bezeichneten Magen-anfang ein Rudiment dieses Organs in einer Spalte und nach vorn gerichteten Tasche, bei *Galeus canis* Rondelet von 15 cm. Grösse 3,5 mm. lang, bei den anderen kleiner, aber auch noch Spuren bei einem erwachsenen *Acanthias vulgaris* Risso.

Bei der Stimme einzelner Selachier, welche, namentlich bei *Centrina Salviani* Rondelet auffällig, diesem Hai bei mallorkinischen Fischern den Namen des Schweines (*el porc*) gegeben hat, spielen mehrstentheils Reibungsgeräusche, Klappern mit den Kiefern und dergleichen eine Rolle. Doch bringen Rochen nach Mettenheimer auch durch die Spritzlöcher kräftige Töne zu Stande.

Die übrigen Fische haben es gemein, dass die Entfernungen zwischen den äusseren und den inneren Oeffnungen der Kiemen reduziert, die Kiemengänge kürzer, aus Beuteln und Gängen zu Spalten und die Zwischenräume, die interbranchialen Brücken verschmälert werden. Die so zusammen geschobenen Kiemen treten fast immer hart an den Kopf und unter den Schutz der vom Hinterrande der Zungenbeinhörner und ihres Aufhängeapparates vorragenden Falte, welche zu einem in der Regel durch mehrere und ausgedehnte Skeletstücke gestützten Kiemendeckel wird. Unter dem Rande dieses Deckelapparates liegt gewöhnlich für jede Seite, selten durch Verschmelzung einfach und ventral, ein gemeinsamer Kiemenausgang.

Die Ordnung der Holocephali mit nur zwei Gattungen, namentlich *Chimaera*, vermittelt hierzu insofern, als zwar bei ihr die einzelnen Kiemengänge noch den Beuteln der Selachier gleichen, indem die Blattreihen auf von innen nach aussen ausgedehnten Scheidewänden, Diaphragmen, angewachsen sind, jedoch wie bei Ganoiden und Teleostiern eine von einem rudimentären Knorpeldeckel gestützte Falte vom Zungenbeine aus alle Spalten überdeckt, zugleich den Aussenrändern den Charakter der äusseren Haut nehmend und die besonderen *Spiracula externa* verschwinden machend. Wie das Spritzloch, so fehlt auch die Spalte zwischen dem vierten und fünften Bogen. So giebt es vier Kiemenbeutel und die vordere Hälfte des ersten gehört dem Zungenbeine an. Auf den eigentlichen Kiemenbogen stehen statt der Knorpelstrahlen nur kurze Zacken. Ein äusseres Kiemenskelet giebt es nicht.

Die in den überlebenden Gattungen nach den verschiedenen Richtungen so mannigfaltige Ordnung der Ganoidei bietet auch in Betreff der Athemorgane erhebliche Verschiedenheiten. Einige, *Polypterus*, *Polyodon*, *Acipenser*, besitzen Spritzlöcher am oberen Rande des Kiemendeckels, und daran entweder eine Pseudobranchie, *Acipenser*, oder nicht, andere, *Lepidosteus*, *Scaphirhynchus*, zwar diese Pseudobranchie, welche sich an das aus der Kiemendeckelkieme abführende Epibranchialgefäss anschliesst, aber nicht die Spritzlöcher, wieder andere weder die Löcher noch die Pseudobranchie, *Amia*. Desgleichen besitzen einige denjenigen Kiementheil, welcher den Zungenbeinhörnern aufsitzt, bei den Selachiern die vordere Hälfte der ersten Kieme bildet, nun aber Kiemendeckelkieme ist, mit einem vorderen Aste der Branchialarterie, so *Lepidosteus*, *Acipenser*, *Scaphirhynchus*, andere nicht, *Polypterus*, *Amia*, *Polyodon*. Die Dissepimente zwischen den nachfolgenden Kiemen sind bei *Polyodon* noch breit, auch bei *Acipenser* im unteren Theile und bergen Muskeln, welche die Stellung der Strahlen verändern können, werden aber nach oben oder im Allgemeinen schmal, so dass die Schleimhaut von der Kiemenblättchenreihe an der Vorderkante des Dissepiments direkt in die der Reihe an der Hinterkante desselben übertritt. Sobald sich dieses Verhältniss auf den ganzen mit Strahlen besetzten

Theil eines Bogens ausdehnt, erhalten die Kiemenblättchen am Vorderrande eines Bogens, welche bei den Selachiern die hintere Hälfte eines vorausgehenden Kiemenbeutels bilden, mit denen am Hinterrande desselben, welche bei jenen die vordere Hälfte des nachfolgenden Beutels darstellen, eine innigere Zusammengehörigkeit. Es werden sodann die beiden sich an denselben Bogen schliessenden, nicht auf dessen vorderer und hinterer Wand, sondern auf einer äusseren Kante und über sie hinaus sich entwickelnden Elemente als eine Kieme gezählt. Diese ist nicht homolog dem, was man bei den Selachiern eine Kieme nannte, sondern den Hälften zweier benachbarten Kiemen, wofür man sich leicht ein Diagramm machen kann. So wird die etwaige Kiemenversorgung des Zungenbeins als eine halbe Kieme gerechnet. Bei Acipenser und Lepidosteus folgen dieser vier ganze, d. h. jeder der vier ersten Kiemenbogen hat die beiden Reihen Kiemenblättchen und die Spalte vor dem fünften Bogen bleibt offen. Bei *Amia* giebt es Mangels der accessorischen Kieme überhaupt nur vier, bei *Polypterus* nur drei und eine halbe, indem die vierte Kieme nur die vordere Blättchenreihe hat und die fünfte Spalte geschlossen ist, auch der fünfte Bogen fehlt. Bei *Polyodon* sind durch Besetzung des vorderen Randes des fünften Bogens trotz Mangels der accessorischen Kieme vier und eine halbe Kieme vorhanden.

Alle Ganoiden besitzen am Vorderrande der ersten Spalte einen Kiemen-
deckapparat. Es ist dessen oberer Theil, welcher, wie bei den Haien, sich wesentlich an das den oberen Theil des Zungenbogens mit enthaltende oder verdeckende Suspensorium anlegt, als Kiemendeckel zu unterscheiden von der mehr ventralen, am mittleren, grössten Segmente des Zungenbogens angehefteten Kiemendeckhaut. Zunächst häutig, enthält dieser Apparat doch überall irgendwelche knorpelige oder knöcherne Stützen, welche in jenem Theil als Kiemendeckelstücke, in diesem als Kiemendeckhautstrahlen, Radii membranæ branchiostegæ, bezeichnet werden. Bei den Stören geht vom oberen Ende des unteren Stückes des Suspensorium, bei *Polyodon* von dessen unteren Ende das oberste der nur drei Glieder des Zungenbogens ab. Der Stör selbst hat gar keine Kiemendeckhautstrahlen, *Spatularia* oder *Polyodon* und *Polypterus* haben statt solcher jederseits eine einzige Platte, *Lepidosteus* hat drei Strahlen, *Amia* zehn bis zwölf ausser einer unpaaren Kehlplatte. Die somit mögliche Plattengestalt lässt die bei teleostischen Fischen gewöhnlich grätenartig gestreckten Kiemendeckhautstrahlen leichter als gleichwerthig mit den ausgedehnteren Kiemendeckelplatten verstehen. Man kann die letzteren als modifizierte Strahlen ansehen. Der Kiemendeckel wird bei *Polyodon* durch eine einzige Platte vertreten, welche, am oberen Stücke des Suspensorium, dem Temporale, eingelenkt, von der branchiostegalen Platte, welche mit ihr in einer Hautfalte verbunden ist, sich nur durch stärkere Ausbreitung am peripherischen Ende unterscheidet. Beim Stör sind die sich in der Kiemendeckelhaut findenden Verknöcherungen gar nicht

an dem Suspensorium eingelenkt. Sie erscheinen als Hautverknöcherungen, sind nicht eigentliche Operkularknochen, obwohl sie in Ersatz der Deckplatte des der Hautverknöcherungen ermangelnden Polyodon deren Dienste thun, und sind nur mit etwaiger äusserer Auflagerung auf die Operkularstücke der Teleostier zu vergleichen. Unter diesen Verknöcherungen zeichnet sich eine durch ihre ganz hervorragende Grösse aus, das Deckelschild. Ich zähle aber beim gemeinen Stör, *Acipenser sturio* Linné, im Bezirke des Deckels darüber etwa weitere zwanzig, unter denen ein grösseres, und darunter etwa dreissig Knochenplättchen, wie sie auch am Rumpfe die Zwischenräume grosser Platten füllen. Beim Sterlet, *A. ruthenus* Linné, ist das Deckelschild gleichsam nur in seiner oberen Hälfte ausgebildet. Ganz gewöhnlich zeichnet sich, etwa der Branchiostegalplatte des Polyodon analog, auch unter den kleineren ventralen Verknöcherungen der Deckelgegend eine grössere Platte aus, beim Sterlet und einigen anderen zierlich fächerförmig, beim Hausen, *Acipenser huso* Linné, schildförmig. So kann man eigentlich nur oberflächlich mit Stannius von drei Deckelstücken reden. Der häutige Theil des Kiemendeckelapparates ist bei Polyodon in einen langen zugespitzten Lappen ausgezogen. Der Deckel reicht weder bei den Acipenseriden noch bei den Polyodontiden zu einer vollkommenen Bedeckung des weiten und breiten Kiemenraumes. Bei den holosteischen Ganoïdfischen bleibt das oberste Segment des Zungenbogens knorplig. Im übrigen schliessen sie sich für die Bogen und für den Kiemendeckel den teleostischen Fischen an (vgl. Bd. II, p. 248).

Alle Ganoïdfische haben eine Schwimmblase, *Vesica natatoria*, welche bei den Acipenseriden etwa den fünften Theil der Körperlänge einnimmt. Die Gewebslagen, aus welchen eine Schwimmblase zusammen gesetzt ist, entsprechen im Principe denen des Verdauungskanals, von welchem sie abgeleitet ist. Die Hauptsache sind eine fibröse äussere Haut, welche mit einer serösen, häufig mit Pigmentzellen unterlegten oder auch selbst gefärbten überzogen ist, und eine muköse innere Lage. Die fibröse Haut bildet zu äusserst eine sehr derbe Schicht, grade beim Stör kurzer und plumper, meist aber langer, feiner, öfter sehr starrer Fibrillen, welche in bestimmte Züge geordnet sind, oft aussen mehr in der Längsrichtung, innen in die Quere. Darunter folgt lockereres Bindegewebe, in welches jedoch auch noch elastische Platten, nach F. E. Schulze bei Cypriniden gefensternte Membranen darstellend, und Paquet zarter elastischer Blättchen eingelagert sein können. Dazu können Muskeln sich finden, zunächst als quergestreifte aussen auf der fibrösen Haut unmittelbar unter dem Peritonealüberzug. Sie sind dann nicht der gewöhnlichen Darmmuskulatur, sondern derjenigen zu vergleichen, welche den Schlund umfasst und sich zum Magen herunter ziehen kann. Solche die ganze Blase umfassend haben *Polypterus* und *Amia*. Es treten jedoch bei *Lepidosteus* quergestreifte Muskelzüge in das Balkenwerk auf

der Innenwand. Meist sind die aussen aufliegenden quergestreiften Muskeln in begränzte Scheiben oder Stränge geordnet. Manche Knochenfische, *Esox*, *Gadus*, *Perca* haben in der inneren Schicht eine kontinuierliche Lage glatter Muskelfasern. Beim Stör liegt dieselbe in der äusseren Faserschicht. Bei den gewöhnlichen Cypriniden bildet sie in dem vorderen Blasenabschnitt nur einen ventralen Längsstreifen in der inneren Schicht, in dem hinteren zwei Streifen in der Aussenschicht. Während andere Fische sehr gewöhnlich ein Pflasterepithel als Auskleidung haben, findet sich mindestens beim Stör, nach Stannius und Leydig, wahrscheinlich aber auch bei den übrigen Ganoiden ein Flimmerepithel. Auf den zu besprechenden Wundernetzen sind die Epithelien höher und getrübt. Der grosse Reichthum an elastischen, Leim gebenden Fasern bedingt die Verwendung der Blase besonders des Hausen zu feinsten Gelatine.

Bei allen Ganoidfischen hat diese Schwimmblase eine offene Verbindung mit dem Verdauungsrohr. Bei *Polypterus*, mit Ausnahme der dipnoischen einzig unter allen Fischen, mündet die Blase mit einem langen Schlitz, *Orificium pharyngeum ventrale*, ventral in den Pharynx. Bei den anderen holosteischen führt der kanalförmige Ausgang, *Ductus pneumaticus*, dorsal in den Pharynx, bei den Polyodontiden weiter rückwärts und bei den Stören erst nahe der Cardia des Magens in den Oesophagus.

Die bei den letzteren einfache Blase ist bei *Lepidosteus* und *Amia* durch Zwischenwände zellig, bei *Amia* so sehr, dass Cuvier sie der Lunge eines Reptils verglich, bei *Amia* auch vorn gespalten. Sie ist bei *Polypterus* in zwei Säcke getheilt, von welchen der eine siebenmal so lang als der andere und dunkel gefärbt ist, und diese Säcke verbinden sich vor der Mündung in den Pharynx zu einer kurzen Höhle.

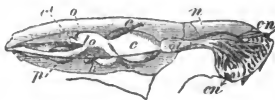
Es ist zu beachten, dass die offene Verbindung der unvollkommenen Lunge oder der Schwimmblase eine Eigenschaft ist, welche der grossen Majorität der Süsswasserfische, besonders denjenigen zukommt, welche seichte Wasser nicht scheuen, und sich nahezu auf sie oder auf solche Fischfamilien beschränkt, von welchen wenigstens erhebliche Antheile zwischen dem süssen und salzigen Wasser wechseln. Wenn morphologisch die Schwimmblase sich besonders bei zelligem Verhalten und bei ventraler Mündung in den Pharynx den Lungen höherer Wirbelthiere anschliesst, so geben die gedachten Lebensbedingungen einigen Anhalt dafür, dass sie in solchen Fällen auch einen entsprechenden physiologischen Werth haben. Man würde an die mehr wechselnden Qualitäten des süssen Wassers denken können und daraus den Nutzen und die Erhaltung dieser respiratorischen Kraft und Verwendung begreifen. Diese mag, wenn auch nicht bei allen, namentlich nicht bei den Acipenseriden wegen der Lage der Mündung des übrigens bei ihnen sehr weiten Ganges, doch bei einigen Ganoiden bedeutend genug, wengleich nicht so überwiegend sein wie bei den dipnoischen.

Dass sich das bei den physostomischen Teleostiern wohl nicht so verhält, werden wir später finden.

Bei der kleinen Gruppe dipnoischer Fische findet man jederseits eine kleine Oeffnung der Kiemenkammer von einem meist unvollkommenen Deckel bedeckt. Ueber dieser Oeffnung hat Protopterus wenigstens noch bei beträchtlicher Grösse drei kleine, fadig gefranste, freie, in jedem Sinne äussere Kiemen, welche man nach der Gefässversorgung dem dritten bis fünften Bogen zuzuteilen hat und welche den anderen Gattungen abgehen. Derselbe hat (vgl. Bd. II, p. 479) in der Athemkammer jederseits sechs Bogen und zwischen diesen fünf offene Spalten. Der Branchiostegalapparat ist durch eine Platte vertreten, welche eher grösser und solider ist als die operkulare. Lepidosiren hat fünf Bogen mit vier Spalten, Ceratodus den fünften Bogen verkümmert. Bei letzterem ist der Deckel dem der Teleostier am ähnlichsten, mit rudimentärem knorpligem Praeoperculum und gutem Operculum und Suboperculum versehen. Eine Pseudobranchie giebt es nur bei ihm und er hat vier ganze Kiemen. Bei Protopterus, wie bei Lepidosiren steht über dem ersten Bogen an der vorderen Wand der Kiemenhöhle nur eine einfache Reihe von Kiemenblättern. Es ist dieses Weitergreifen der Beschränkung an dem Vorderende der Kiemenreihe im Ganzen selten, doch bieten unter den Teleostiern einige Pedikulaten und Symbranchiden zu Vergleichendes. Bei Protopterus sind der zweite und dritte Bogen kienelos, der vierte und fünfte tragen zwei Blätterreihen neben unvollkommenen Diaphragmen. Bei Lepidosiren stehen unter Mangel der letzten Spalte die Blätterdoppelreihen an dem dritten und dem vierten Bogen und der zweite hat eine einfache, hintere Reihe. Es ist also bei diesen die Spalte zwischen erstem und zweitem oder dazu die zwischen zweitem und drittem Bogen ganz oder theilweise der Kiemenathmung entgegen und damit ist den betreffenden Arterien wesentlich die Bedeutung reiner Aortenbogen gewahrt.

Die dipnoischen Fische haben Gänge, welche von den paarigen, auf der Schnauze sich öffnenden Riemsäcken aus die Oberlippe durchbohren. Bei Lepidosiren hat jeder von diesen zwei hintere oder untere Oeffnungen. Bei geschlossenem Munde mögen solche immerhin als luftzuführende Athemgänge dienen und stellen zum erstenmal eine Kombination der Nasengänge mit Luftathmung dar. Dazu nämlich haben alle dipnoischen Fische in einer Schwimm-

Fig. 376.



Durchschnitt des Kopfes im oberen Theile von *Protopterus annectens* Owen spec. in natürlicher Grösse zusammengestellt nach Owen und Huxley. cn. cn. Nasengang den Nasensack durchsetzend. n. Os nasale. o. Os supraorbitale. p. Os parietale. ol. Riechlappen des Hirns. c. Grosshirn. e. Epiphysis. h. Hypophysis. lo. Lobus opticus. c' Kleinhirn.

blase von zelliger Beschaffenheit und mit einem Luftgange, welcher, den Oesophagus von rechts umgreifend, wie bei *Polypterus* von der ventralen oder hämalen Seite mit einem Schlitz, Glottis in das Speiserohr mündet, eine wahre Rumpfhöhlenlunge, von welcher das Blut durch eine Lungenvene in eine besondere Herzabtheilung geleitet wird. Die Konsequenzen dieser Einrichtung sind früher berücksichtigt (vgl. Bd. II, p. 479). Der amerikanische *Lepidosiren* und der afrikanische *Protopterus* haben dieses Organ wie *Polypterus* in zwei Säcke getheilt, welche ausserhalb des Peritoneum liegen, der australe *Ceratodus* hat einen einfachen Sack.

Dasjenige, was über die Knochenfische oben (Bd. II, p. 475) gesagt wurde, ist hier weiter auszuführen. Man hat zu berücksichtigen den Deckelapparat und die Kiemendeckhaut, die Bogen und Spalten und die Versorgung derselben mit Kiemen, das Vorkommen von Nebenkiemen und von Pseudobranchien, besondere accessorische Athemeinrichtungen an der Kiemenhöhle, die Schwimmblase in Betreff ihrer Gestalt und der Verbindung mit dem Verdauungsrohre und nach ihrer Bedeutung, endlich die Darmathmung.

Dem Kiemendeckel darf man physiologisch zurechnen das *Praeoperculum*, welches gewöhnlich an dessen Bewegungen Antheil nimmt. Das *Praeoperculum* ist dem Temporale und Quadratojugale angelehnt, seltener, bei *Siluridae* und *Gymnodontes*, angewachsen, bei *Cottus* und bei *Trigla* durch Zwischenbrücken oder breite Verwachsung selbst nach vorn mit dem Infrorbitalring in Verbindung gesetzt, bei *Pterois* und *Liparis* mit dem Zwischenkiefer. Es erreicht gewöhnlich mit einem ausgezeichneten unteren Theil das Unterkiefergelenk. Ein grösserer und hinterer absteigender Bogen wird aus dem *Operculum*, dem *Suboperculum* und dem *Interoperculum* zusammen gesetzt, so dass diese manchmal allein als Kiemendeckelknochen bezeichnet werden. Das *Operculum* ist mit einer Gelenkverbindung dem Temporale verbunden und legt sich mit dem Vorderrande dem *Praeoperculum* an. Meist kleiner als das *Operculum*, aber bei den *Pleuronektiden* und bei *Callionymus* grösser, folgt abwärts ohne eigene Gelenkverbindung in das Bindegewebe eingelagert und ergänzend das *Suboperculum*. Es fehlt dem *Notopterus* und den *Siluriden*. Zwischen dasselbe und das *Angulare* des Unterkiefers schiebt sich gewöhnlich das *Interoperculum* ein. Es ist bei den *Pleuronektiden* so gross als das *Operculum*, bei den *Mormyriden* zuweilen rudimentär und kommt in einigen Fällen mehr als die anderen Deckelknochen in seiner Gestalt einem Kiemendeckhautstrahl nahe. Diese Deckelstücke liegen bei einigen, besonders bei aalartigen Fischen in weicher Haut und Muskeln verborgen, wo sie dann auch unbedeutend werden und theilweise schwinden können. Häufiger treten sie unter Fortschreiten der Verknöcherung gegen die Haut mit ihrer äusseren Fläche, welche dann nur noch von einer dünnen Lage von Weichtheilen bedeckt oder selbst nackt

ist, mit den dann gewöhnlichen Skulpturen und Bewaffnungen deutlicher hervor und geben damit, wie auch durch ihre Gestalt, z. B. das Praeoperculum bei den Salmoniden, wesentliche diagnostische Merkmale ab. Bei den echten Lophobranchii wird der ganze Operkularapparat durch eine grosse Platte vertreten, bei den davon abzutrennenden, von Günther zu den Physostomen, von Steenstrup zu den Acanthopterygiern gestellten Pegasidae erweist sich die grosse Platte als das Operculum, die anderen Stücke sind vorhanden aber versteckt.

Die Kiemenhautstrahlen, Radii membranae branchiostegae, kommen den beiden mittleren Segmenten der Zungenbeinhörner zu. Bei den Pegasiden ist jederscits nur ein rudimentärer Strahl vorhanden. Drei haben die Gasterosteiden, Asterropteryx von den Gobiiden, einige Cirrhitiden, die Kneriiden, die Cypriniden, drei bis vier die Centrisciden, vier Apodichthys unter den Blenniiden, die Mulliden, einige Beryciden, unter den Gobiiden die Amblyopinen, Trypauchenichthynen und Benthophilus und Sicydium, die Gonorhynchiden, Sternarchus von den Gymnotiden, Chanos unter den Clupeiden, Zanclus, Aulostoma, der Cyklopenwels Stygogenes, vier bis fünf die Acronuriden und Equula, vier bis sechs Eleotris und die Gobiesociden, fünf Fistularia, Haliethaea, Malthe, Heniochus, Capros, Gazza, die Theuthididen, fünf bis sechs die Malacanthiden, Nandiden, Atheriniden, Mugiliden, Cubiceps und Platystethus unter den Scombriden, viele Pleuronectiden, die Discoboli, Chatoessus unter den Clupeiden, die Labriden, Embiotociden, Lycodiden, Percilia, Umbra Kramerii Fitzinger rechts fünf, links sechs. Die nächsten Zahlen bis sieben sind in sehr vielen Familien vertreten, so bei Gattungen und Arten, welche bereits genannten nahe stehen. Zwischen fünf und sieben schwanken Pristipomatiden, Psariden, Trigliden, Trachiniden, Pomacentriden. Die Sechszahl haben Cepoliden, Mastacembeliden, Gerriden, Gadopsiden, Batrachiden, Callionyminen unter den Gobiiden, Acanthocliniden, Comephoriden, Trachypteriden, Lophotiden, Polycentriden, Alepocephaliden, fast alle Blenniiden, Psettus und Platax unter den Carangiden, Nomeus und Neptomenus unter den Scombriden, Bleekeria unter den Ophidiiden, Chirocentrodon und Spratelloides unter den Clupeiden, die Mormyriden, Monopterus unter den Aalen, Dinematchthys unter den Ophidiiden, Ostracion, Balistes. Sechs bis sieben haben die Perciden mit Ausnahme von Percilia, die Squamipennes mit Ausnahme von Heniochus, Petroscirtes unter den Blenniiden, die Macruriden, der Rest der Pleuronectiden, Alepidosaurus unter den Scopeliden, sieben die Sciaeniden, Polynemiden, Sphyaeniden, Trichiuriden, ausgenommen Lepidopus mit acht, weitaus die meisten Scombriden und Carangiden, die Xiphiden, Anarrhichas von den Blenniiden, Trichonotiden, Psychrolutiden, fast alle Gadiden, jedoch Lota bis acht, Ophidium, Paralepis von den Scopeliden, der Zitterwels Malapterurus. Sieben bis acht haben Lucifuga, Genypterus und Ammodytes unter

den Ophidiiden, Cetengraulis von den Clupeiden, acht *Leptocephalus*, welcher nach Günther ein junger Conger ist, Conger selbst, *Scopelus* und *Odontostomus* von den Scopeliden, *Heterotis* von den Osteoglossiden, die Chirocentriden. Die Salmonidfische haben über acht Strahlen, oft in Asymmetrie, die Felchen, *Coregonus* acht bis neun, die Aeschen, *Thymallus*, bald beiderseits zehn, bald rechts nur neun, oder links sogar elf, die gemeine Forelle, *Salar Ausonii Valenciennes*, meist rechts neun, links zehn, die Maiforelle, *Salar Schiffermülleri Valenciennes*, und die Lachsforelle, *Fario Marsiglii Heckel*, rechts zehn, links elf, der gemeine Lachs, *Salmo salar Valenciennes*, jederseits elf, der Huch, *Salmo hucho Linné*, und meistens der Saibling, *Salmo salvelinus Linné*, rechts zehn, links elf, der Hakenlachs, *Salmo hamatus Cuvier*, und der Röthel, *Salmo umbla Linné*, rechts elf, links zwölf. Acht bis neun finden sich bei *Lichia*, acht bis zehn bei *Scopelus* und bei den meisten Sternoptychiden, neun bei *Scopelosaurus*, bei *Chlorophthalmus*, zehn beim gemeinen Aal, *Anguilla fluviatilis Agassiz*, bei *Paropsis* von den Carangiden, elf bei *Arapaima*, neun bis vierzehn bei den meisten *Engraulis*, zwölf bei *Hopladelus* unter den Welsen, dreizehn bis vierzehn bei *Gonostoma*, fünfzehn beim Hecht, sechzehn beim gemeinen Wels und dem *Anjovis*, *Engraulis encrasicolus Linné*, zwanzig beim Schlangenaal, *Ophisurus*, zweiundzwanzig bis vierundzwanzig bei *Megalops*, dreissig bei *Elops* unter den Clupeiden, auch sehr zahlreiche bei den Halosauriden, *Chauliodus*, *Harpodon*, *Aulopus*.

Die aufgeführten Beispiele zeigen, dass die grösseren Zahlen der Kiemenhautstrahlen weniger den acanthopterygischen Fischen zukommen. Dadurch ist angedeutet, dass eine geringere Kiemenhautstrahlenzahl eine kräftigere Deckhautbewegung und damit mächtigere Athmung erbebe, wie sie das Leben eines Raubfisches nach Art der Bewegung und Ernährung verlangt. Es lässt sich jedoch dadurch keineswegs ganz einfach Alles erklären, wie man aus dem Vergleiche etwa der Karpfen mit den Salmoniden oder den Hechten ersieht. Es kommen andere Umstände mit in Betracht, die Ausdehnung der Kiemenhaut, damit des Bereiches der Strahlen, die anderen Verhältnisse der Organe der Athmung, die äusseren des Lebens. Die Unbestimmtheit in einzelnen Familien und Gattungen, die Ungleichheit sogar zwischen den zwei Seiten desselben Individuums nehmen ohnehin den Differenzen etwas an Werth. Die Strahlen sind bei einigen Fischen im Verhältniss zur Stärke sehr lang, so bei *Cetengraulis*, bei den Aalen, bei welchen sie geschwungen mit fast zwei Drittel einer Ellipse die unbedeutenden Deckelstücke umkränzen. Bei den echten Karpfen sind sie sehr breit, so dass sie einander decken; bei *Tetrodon* ist der erste von sehr grossem Umfange, beim gemeinen Welse verbreitern sich die oberen am Ende. Bei den Mormyren ist der oberste so verbreitert, dass er dem

Suboperculum gleich sieht und dieses öfter auch für einen Strahl gezählt wurde. Bei *Fistularia* ist der erste Strahl getheilt.

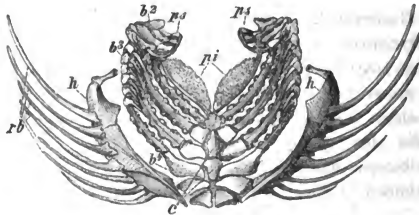
Die über die Strahlen gespannten Membranen können unter der Kehle durch eine Bauchhautbrücke, den Isthmus, geschieden sein. Sie können mit breiterer Trennung seitlich an diesen angewachsen sein oder mit ihren Falten ihn decken. Sie können auch mit einander zur Verwachsung zusammenstossen, so dass nur eine innerliche Verbindung bleibt. Zum Theil dadurch, zum anderen Theile durch den Grad der Anwachsung der Kiemenhaut und des Deckels an den Seiten wird die Weite der äusseren Oeffnung der Athemkammer bedingt. Diese Oeffnung ist bei lebhaften Fischen stets gross, besonders bei Trichiuriden, Scombriden, Characiniden, Sternoptychiden, Scopeliden, Stomiiden, bei trägen, wie Pleuronectiden, *Nemophis* unter den Blenniiden, Gobiiden, Pediculaten, Gymnotiden, Muraeniden, Mormyriden, Plectognathen, Syngnathiden oft sehr eng, an den oberen Winkel des Deckels oder dicht vor die Brustflosse, bei *Chaunax* selbst hinter diese geschoben. Besonders gross sind die Differenzen in der Familie der Welse, welche J. Müller danach einzutheilen vorschlug und der der Blenniiden.

Eine accessorische Kieme am Deckel hat *Orthragoriscus*. Sehr gewöhnlich und in verschiedenem Grade ausgebildet, bald mit deutlichen Blättchen versehen und von Strahlen gestützt hinter dem Os temporale gelegen, bald versteckt unter den Muskeln und blutdrüsenähnlich verkümmert, kommt eine Pseudobranchie vor. Sie ist deutlich bei Perciden, besonders in der Jugend, bei Gasterosteiden mit wenigen dicken Fäden, bei *Pristipomatiden*, nur bei *Polycentrus* verborgen, bei Mulliden, Psariden, Squamipennes, Trigliden, den meisten Sciaeniden, Polynemiden, Sphyræneniden, Trichiuriden, Scombriden ausser *Coryphaena*, Carangiden ausser *Lichia* und *Trachynotus*, Xiphiden, meisten Gobiiden, rudimentär bei *Apocryptes* und *Periophthalmus* und fehlt bei den Amblyopinen, Discoboli ausser *Liparis*, Blenniiden ausser *Dactyloscopus* und *Pataecus*, Acanthocliniden, Trachypteriden, Lophotiden, Teuthididen, Acronuriden. Sie fehlt also fast nur ausnahmsweise den Familien der reinen Acanthopterygier, abgesehen von den Batrachiden und Pediculaten. Sie findet sich unter den zu den Pharyngognathen, Anacanthinen und Physostomen überführenden, den Nandiden, den Atheriniden, Mugiliden, Trichonotiden, Cepoliden, Psychrolutiden, Centrisciden, *Fistulariden*. Sie ist dagegen versteckt bei den *Polycentriden*, rudimentär oder fehlend bei den Labyrinthici, den Ophiocephaliden, meisten Gobiesociden und Mastacembeliden. Sie kommt weiter den Pharyngognathen zu. Unter den Anacanthinen haben sie die Gadopsiden, Lycodiden, *Sirembos*, *Ophidium*, *Genypterus*, *Ammodytes* und *Bleekeria* unter den Ophidiiden, sowie die Pleuronectiden. Dagegen ist sie rudimentär oder fehlt den Gadiden, den Macruriden und mehreren Ophidiiden, z. B. *Fierasfer*. Unter den Physostomi haben sie die darauf unter den Welsen von *Bleeker* unterschiedenen

Loricarinen, die Haplochitoniden, die Sternoptychiden ausser Chauliodus, die Scopeliden, die Salmoniden, aber rudimentär bei Osmerus, Thaleichthys und Mallotus, nur drüsig und verborgen die Esociden, Umbriden und Scombresociden, gut die Cypriniden, ausser Cobitinen und Homalopterinen, Gonorhynchiden, Clupeiden ausser Megalops, Alepocephaliden. Unter den vermuthlich jugendlichen Helmichthyiden hat sie Tilurus und erscheint deshalb weder zutheilbar zu den apodischen Physostomen noch zu den Stomiiden, welche derselben entbehren, es müsste denn die Pseudobranchie nur dem Larvenstande angehören. Wenn Esunculus wirklich zu Alepocephalus gehört, würde er gleichfalls eine Pseudobranchie haben müssen. Die Plectognathen haben sie theilweise. Da sie immerhin einige Vermehrung der Respirationsgelegenheiten bezeichnet, wenn auch an bereits arterialisirtem Blute, könnte man es darauf beziehen, dass sie sehr gewöhnlich und überdies besonders kiemenähnlich bei den zum grossen Theil das süsse Wasser bewohnenden Physostomi abdominales vorkommt. Sie fehlt aber bei diesen den trägen Welsen und den apodischen Aalen. Sie steckt in einer besonderen Tasche der Schleimhaut bei den Trachtypteren.

Von den Kiemenbögen kommt der fünfte für die Athmung bei den Teleostiern nirgends in Betracht. Nur in dem untersten Gliede vorhanden,

Fig. 377.



Kiemengestell von *Trigla hirundo* Aldrovandi aus dem Mittelmeer in natürlicher Grösse von oben gesehen. c. Copulae. pi. Pharyngea inferiora. ps. Pharyngea superiora. b². Epibranchialia. b³. Ceratobranchialia. b⁴. Hypopharyngealia. h. h. Cornua hyoidea. rb. Radii membranae branchiostegae.

bildet er meist in Gestalt der Hartgebilde, welche auch an der Innenseite anderer Bögen als Rauigkeiten, Häkchen, Spitzchen, Borsten, Stachelwarzen vorkommen, zu einem förmlichen Gebiss, in Verbreiterung und zuweilen in Verwachsung der beiden Seiten die unteren Schlundknochen, Ossa pharyngea inferiora (vgl. Bd. II, p. 250). Von den vorausgehenden Bögen haben die drei vorderen in der Regel alle vier Stücke, während am vierten das oberste häufiger fehlt. Die obersten Stücke, im Ganzen klein, gleichfalls häufig bezahnt, Ossa pharyngea superiora, der Dorsalwand des

Schlundes eingebettet, schieben sich in der Regel dicht zusammen unter die Hinterhauptsbasis und ihre Bezahnung, in der Schlundwand nackt vortretend, geht häufig so über den Komplex fort, dass die Stücke jederseits einheitlich zu sein scheinen. Bei den Labroidfischen artikulieren sie mit breiten Condylen des Basioccipitale und bilden eine Art Schlundoberkiefer zu dem Schlundunterkiefer der Pharyngea inferiora. Die in der Zusammenlegung in beschränkter Zahl auffindbaren Stücke gehören übrigens nicht grade immer den Bogen von vorne ab der Reihe nach an. Die untersten Stücke, eher noch kürzer als die obersten, legen sich für die hinteren Bogen in der Regel von den zwei Seiten her neben einander, werden aber an den übrigen in der Regel durch eine Reihe von zwei oder drei an die Copula des Zungenbeins, das Entoglossum, sich anschliessenden medianen und unpaaren Copulae verbunden. Sie können theilweise durch Knorpel oder Band ersetzt sein. An den oberen und unteren Stücken, welche in die Muskeln eingebettet sind, wird durch letztere die Bewegung der Kiemenbogen zu Stande gebracht. Vorspringende Winkel und Haken, welche hierbei verwendet werden, und ihre Kürze machen sie meist sehr verschieden von den je zwei mittleren Stücken, deren mehr stabförmige Gestalt als die originale betrachtet werden kann. Nur diese mittleren Stücke können Träger der Kiemen sein, wofür das dritte, bedeutend längere und durch seine Richtung und die Anbringung der Spalte wirksamere Stück in viel ausgedehnterem Maasse in Anspruch genommen wird. Die dem Schlunde zugewandte, innere und vordere Kante oder Fläche dieser Stücke nimmt wie auch die des vierten gewöhnlich Theil an der Ausbildung harter Hervorragungen, welche in einfacher oder doppelter Reihe rechenartig am einzelnen Bogen sich gegen den Schlund richten und, an auf einander folgenden Bogen wechselnd, so geordnet sind, dass sie zusammen einen Reusenapparat bilden, welcher den festen Inhalt des Schlundes von dem aus letzterem zu den Kiemen tretenden Wasser scheidet und zurückhält. Solche sind oft sehr gering, nur als feine Spitzchen vertreten bei den Pleuronektiden, fehlen den Fistulariden und dem Chauliodus, sind dagegen förmliche Zähne beim Hechte. Die äussere und hintere Kante der Bogen trägt die Kiemenstrahlen. Diese stehen an den doppeltblättrigen oder ganzen Kiemen sowohl an dem vorderen als an dem hinteren Rande der Konvexität, bei den ein-

Fig. 378.



Vordertheil von *Nerophis aquoreus* Linné von Helgoland in natürlicher Grösse nach Eröffnung der Kiemenhöhle durch Zurückschlagung der einfachen Deckelplatte die lophobranchischen Kiemen zeigend.

blättrigen oder halben nur in einer Reihe, sind dem Knochen nicht fest verwachsen, zuweilen von ihm abgerückt, nur der Schleimhautfalte eingebettet.

Cuvier hat einen

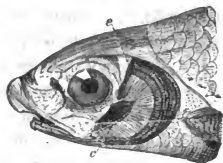
Theil der Knochenfische als Büschelkiemer, *Lophobranchii*, unterschieden. Der Name ist nicht gut und die Ordnung war von Cuvier zu weit gefasst. Günther hat die dorthin gestellten Pegasiden, welche vier lamellirte Kiemen haben, wegen des unvollkommenen Operculum zu den Physostomi, Steenstrup zu den Acanthopterygiern gestellt. Lophobranchisch sind danach nur noch die Solenostomiden mit weiter und die Syngnathiden mit enger Kiemenspalte. Die Bogen erscheinen mit kurz gestielten, keulenförmig oder knopfartig endenden, dicht an einander gedrängten Läppchen besetzt. Der Hauptunterschied gegen die gewöhnliche oder lamellirte Kieme ist, dass die Blätter sehr wenig zahlreich, dagegen sehr plump sind. Dadurch tritt es deutlicher hervor, dass sie alternirend stehen, und die Schleimhaut läuft krausenförmig. Uebergänge dazu zeigen nach Stannius die Lorikarinenwelse.

Auf den den übrigen Teleostiern zukommenden Kiemenblättchen giebt es in der überkleidenden Schleimhaut eine ungleiche Entfaltung in Fältchen, Fiedern, Zotten. Sie haben an sich in Länge und Breite Verschiedenheiten, so dass sie manchmal mehr quere Blätter, manchmal gestreckte Züngelchen bilden. Beim Schwerdtfisch sind die zwei Blätterreihen eines Bogens so tief von einander geschieden, dass ihm Aristoteles acht Kiemen jederseits zuschrieb. Die Ausdehnung der Blättchen nimmt häufig an der vordersten und hintersten Reihe oder von vorn nach hinten ab. Die grössere Entwicklung trifft auch hier auf schnellschwimmende und Raubfische. Eine geräumige Kiemenkammer mit enger Oeffnung setzt sich in Gegensatz zur Grösse der Kiemenblättchen und Ausdehnung der Kiemen über die Bogen.

Die so zusammengesetzten Kiemenbogen sind in der Regel zwischen dem zweiten und dritten Abschnitt stark geknickt und, indem der dritte

länger ist als der zweite, mit dem unteren Ende weiter nach vorn gebracht, als mit dem oberen. So richten sich die Spalten im Ganzen nach hinten und unten. Die Pharyngealspalten sind bei einigen Murænid, den Engyschistæ Günther's, z. B. *Muraena* selbst, sehr eng, lochförmig. In der Regel nehmen sie nach hinten an Weite ab. Der Spalt zwischen dem vierten und fünften Bogen fehlt zuweilen, so bei *Pataecus* unter den Blenniiden, unter den Trigliden bei *Micropus*, *Trichopleura*, *Prosopodasys*. Stannius, indem er mit der Beschränkung der Kiemen auf drei und eine halbe diesen Verschluss

Vordertheil von *Chondrostoma nasus* Gessner in natürlicher Grösse mit Eröffnung der Kiemenkammer durch Wegnahme des ganzen linken Deckelapparats. e. Epibranchialer, c. ceratobranchialer Antheil der Kiemen.



verbunden erachtet, führt weiter an *Cottus*, *Agonus*, *Scorpaena*, *Sebastes*,

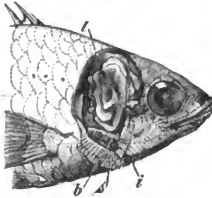
Synanceia, Synancidium, die Discoboli, Antennarius unter den Pediculati, die Gobiesociden, Chironectes und die wahren, cycloiden, Labroiden. Für Apistos, welchen Stannius ebenfalls so mit aufführt, giebt Günther ausdrücklich die Spalte an. Es mag jene Identifizierung für die Beschränkung an Kiemen und Spalten möglicher Weise auch in anderen Fällen nicht zutreffen. Der Verschluss der vierten Spalte setzt allerdings die Kiemen nothwendig auf drei und eine halbe herunter, aber diese und eine noch grössere Beschränkung der Kiemen kann ohne jenen Verschluss eintreten. Solche Kiemenbeschränkungen, welche schon dem Aristoteles bekannt waren, kommen weiter vor bei den ctenoiden Labroiden oder Pomacentriden, bei einigen Nandiden und bei den Psychrolutiden auf drei und eine halbe, oder mit gänzlichem Fehlen am vierten Bogen auf drei bei Polycentriden, bei Batrachiden, bei Diodon und Tetrodon, auf drei und eine halbe bis zwei und eine halbe bei den Pediculati, indem es vorkommt, dass auch der erste Bogen nur halb mit Lamellen versorgt ist, Antennarius, oder gar nicht, Halieutaea und Malthe, oder dass schon der dritte Bogen dem Schlunde verbunden ist, Ceratias. Unter den Symbranchiden hat Symbranchus vier Bogen mit gut entwickelten Kiemen; Chilobranchnus entbehrt des Spaltes hinter dem vierten; Monopterus hat nur drei Bogen mit rudimentären Kiemen und ziemlich weite Spalten, Amphipnous drei, jedoch nur am zweiten eine aus wenigen langen Fäden bestehende eigentliche Kieme, am dritten nur eine gefranzte Haut und überhaupt sehr enge Spalten.

Bei diesen Symbranchidenaalen fliessen die beiden äusseren Kiemenöffnungen unter dem Bauche zu einer zusammen, wobei die Kiemenhaut bei Symbranchus vom Isthmus frei, bei Amphipnous und Monopterus dem Isthmus angewachsen, bei letzterem innerlich die Kammer noch durch eine Wand geschieden ist, während bei Chilobranchnus die ganz freie Kiemenhaut hinten sich lippenartig erhebt. Bei den Synaphobranchinenaalen werden bei innerer Trennung die äusseren Oeffnungen zu einem Längsschlitz zwischen den Brustflossen vereinigt, bei den Nemichthyen beinahe. Bei den Ophichthys, besonders *O. intertinctus* Richardson kommen die Spalten wenigstens einander unter dem Bauche ganz nahe, bei *Nemophis* unter den Blenniiden sind dagegen die kleineren Oeffnungen im Nacken einander genähert.

Als accessorische Athemeinrichtungen in der Kiemenhöhle sind zuerst diejenigen anzuführen, welche den Labyrinthfischen ihren Namen gegeben haben. In dieser Familie von Süswasserfischen mit den südafrikanischen Gattungen *Spirobranchus* und *Ctenopoma*, den südasiatischen, in der natürlichen Verbreitung bis zu den Sunda, Amboyna und den Philippinen gehenden *Anabas*, *Helostoma*, *Polyacanthus*, *Macropus*, *Osphromenus*, *Trichogaster* und *Betta* entwickelt sich unter der Schleimhaut von den *Pharyngea superiora*

und den Innenkanten der Epibranchialen der ersten Bogen ein sogenanntes Superbranchialorgan, ein System zarter aufstehender, gefalteter Knochen-

Fig. 380.



Vordertheil von *Anabas scandens* Daldorf aus Java in natürlicher Grösse mit Eröffnung der Kiemenhöhle durch Wegnahme des Operculum. l. Labyrinth. b. Kiemen. s. Suboperculum. i. Interoperculum.

blättchen, welches eine Quantität Wasser in seinen Falten zurückhält, wenn diese Fische auf das Land gehen, wie sie es zu thun lieben, oder wenn sie von abschwellenden Gewässern zurückgelassen werden. Die übrigens in Zahl vollständigen vier Kiemen sind dadurch beschränkt und nach unten gedrängt, die Pseudo-branchie ist unterdrückt. Mit dem Alter vermehrt das Labyrinth bei *Anabas*, bei welcher Gattung es spiral oder ohrartig gewunden erscheint, seine Windungen bis zu sechs und die Blättchen werden höher. Bei

Polyacanthus signatus Günther besteht es aus drei von einem Mittelpunkte divergirenden Lamellen und ist von einer halbknorpiligen, durchsichtigen Membran umhüllt.

Ein ähnlicher Effekt kann erreicht werden durch einen blossen Sack, eine accessorische Kiemenhöhle, an der gedachten Stelle ohne Modifikation der Bogenelemente. Solches haben die Ophiocephaliden, Süßwasserfische, welche gleichfalls einige Zeit auf dem Lande leben können. Bei *Channa* in dieser Familie kompliziert sich das Organ ein wenig, indem es geschlossen wird durch eine Falte der Schleimhaut vom Pharyngeum superius, eine vom ersten Epibranchiale und eine vom Epitympanicum.

Unter den Osteoglossiden, einer Physostomenfamilie aus afrikanischen Süßwassern hat *Heterotis* am vierten Kiemenbogen ein spirales accessorisches Organ, *Helix branchialis* Hyrtl's.

Ausgezeichneter sind bei der *Cuchia*, dem Amphipnous, einem gänzlich flossenlosen Symbranchidfisch, die beiden zelligen und gefässreichen Säcke, welche unter dem Kopf und bedeckt von dem oberen Theil der Deckelhaut liegen und sich zwischen dem Zungenbogen und dem ersten Kiemenbogen öffnen. Sie wurden wie die von *Saccobranchus* 1831 von Taylor entdeckt. Deren zuführende Gefässe kommen theils direkt von der Kiemenarterie, theils von denjenigen Aesten derselben, an welche sich Kiemen nicht lehnen; die ausführenden helfen die Aorta bilden. Die hinteren Kiemenbogen liegen rückwärts gedrängt unter den vier ersten Wirbeln. Da ein Schwimmblasengang bei *Caranx* (*Trachurus*) *trachurus* Linné, wie wir weiter besprechen werden, in der Kiemenhöhle selbst mündet, sind für die Mündungsstelle diese Säcke nicht ausser allem Vergleich mit einer Schwimmblase, aber,

indem sie mit ihrem Körper selbst so weit vorn liegen, nehmen sie das Blut vom vorderen Theile des Kiemenbogensystems, nicht von der Aorta. Der Amphipnous taucht oft auf, um Luft zu schnappen; seine Säcke enthalten solche und lassen sie zischend austreten; sie sind Lungen, wenn auch nicht versorgt von den hintersten bleibenden Aortenbogen, deshalb passend Kiemenhöhlenlungen genannt, und sie gestatten dem Fische, an schlammigen Ufern auf der Lauer zu liegen.

Die indischen Saccobranchuswelse oder Singio's haben ähnliche accessorische Blindsäcke an der Kiemenhöhle, welche über den Kopf hinaus auf den neuralen Wirbelbogen zwischen den Muskeln des Rumpfes und Schwanzes fast bis an das Ende des letzteren sich erstrecken und deren Eingang am Gaumen zwischen dem zweiten und dritten Kiemenbogen so liegt, dass Wasser nicht leicht in ihnen würde gewechselt werden können. Die Säcke erhalten nach Owen ihr Blut von den letzten Kiemenarterien, enthalten in der Regel Luft und gestatten dem Fische, weit über Land zu wandern.

Es sind überhaupt die Welse, welche, wie unter ihnen die Weite der Spalten und die Beziehung der Kiemendeckhaut zum Isthmus sehr verschieden sind, so auch am gewöhnlichsten Besonderheiten an den Kiemen haben, und es giebt dabei verschiedene weitere Modalitäten. Bei Clarias und Heterobranchus ist an der konvexen Seite des zweiten und vierten Bogens ein einem kleinen Edelkorallenstückchen ähnliches rothes, hohles Kiemenbäumchen befestigt, in einer accessorischen Höhle geborgen und dient nach Cuvier nicht allein der Athmung, sondern durch die Kontraktion seiner muskulösen Wände zur Beförderung des Blutes in die Aorta. Bei Copidoglanis und bei Hypophthalmus ist die hintere oder innere Kante der Konkavität des ersten Bogens zu einer gefransten Haut ausgedehnt, welche an die Stelle der Rechenzähne tritt. Bei Cnidoglanis sind der zweite und der dritte Bogen mit einer Reihe langer knorplicher Fortsätze besetzt, welche die Wurzeln der Kiemenblättchen, wo diese gegen einander sehen, bedecken.

Unter den Characiniden hat Caenotropus den vierten Bogen verbreitert und dessen hintere konvexe Fläche mit einer quergefalteten Schleimhaut bekleidet. Auch diese sind Flussfische des äquatorialen Amerikas und so findet sich unter allen Gattungen, welche an Stelle eines Theiles normaler Kiemen, oder zwar neben solchen aber doch immer mit einiger Beschränkung jener andere Athemvorrichtungen haben, nicht eine, welche anders als in den süßen Gewässern tropischer Gegenden lebte, deren wechselnde Stände und Qualitäten die reine Kiemenathmung nicht ausreichend erscheinen lassen.

Der von den Kiemenspalten durchbohrte Schlunddarm oder Kiemenkorb ist vorn in offener weiter Verbindung mit der Mundhöhle, hinten abgegränzt durch den Schlundkopf und dem sich diesem und den Ossa pharyngea inferiora anlegenden, zum Schultergürtel gehenden muskulösen Diaphragma.

Die Athemarbeit kommt zu Stande durch Veränderung in Lage und Haltung aller beweglichen Bogen, welche auf der Strecke von der Schnauzenspitze bis zu diesem Schultergürtel gelegen sind. Je nach der Befestigungsweise tritt diese Bewegung mehr als Hebung und Senkung oder als Führung nach vorn und hinten auf. Hebung kombinirt sich mit Führung nach vorn und Erweiterung des Athemraumes, Senkung mit Zurückführung und Verengung. Erweiterung ist Einathmung, Verengung Ausathmung. Die Bewegung schreitet rasch von vorn nach hinten voran. Es nehmen an ihr in eigener Bewegung die Blättchen der einzelnen Kiemen Theil, wie Flourens beschrieb, indem sie sich beim Führen nach vorn von einander entfernen. Die nach vorn ziehenden Muskeln an den Bogen, dem Operculum, den Radii membranae branchiostegae sind zum Theil als Abductores, zum Theil als Levatores bezeichnet, das Gegenspiel machen Retractores und Depressores. Am energischsten arbeitet der Deckel, die Muskulatur reduziert sich nach hinten. Querüber gespannte Muskelbrücken wirken mit. Je geringer die Bogen und Deckel entwickelt sind, um so weniger sondert sich die Muskulatur von der des Rumpfes und die Kontraktionen der Kiemenhöhle sind dann nicht grade bloß proportional den Exkursionen der festen Theile, so bei Muränen. Auf die Einzelheiten der Muskulatur braucht hier nicht eingetreten zu werden. Eine sehr nützliche Zusammenstellung der ventralen Interbranchialmuskulatur der Fische und Amphibien mit der entsprechenden Muskulatur der Amnioten hat vor kurzem P. Albrecht gegeben.

Durch die Wasserbewegung zwischen Mund und Kiemenpalten wird es ermöglicht, dass einige Fische Mundhöhle und Schlund zur Aufbewahrung der Brut benutzen. Einige Gattungen der Chromiden haben dazu eine besondere Bruttasche zwischen den Pharyngea superiora und den ersten Kiemenbogen, Loricarinen tragen die Eier in den Falten der Lippen, die Arius in der Mundhöhle und die Männchen von *Geophagus scymnophilus* Hensel und anderen nehmen die junge, schon frei lebende Brut doch in Gefahr wieder in die Mundhöhle.

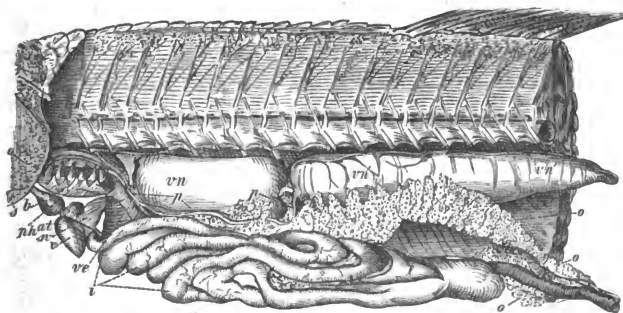
Fische mit weiten Kiemenpalten sterben viel rascher an der Luft, als solche mit engen. Der Tod erfolgt weniger durch den Ueberschuss der Kohlensäure im Blute als durch die Unwegsamkeit der Kiemenkapillaren in den verklebenden Blättchen, welche nicht mehr durch eigene Bewegung den diese wegen der Klappen ausschliesslich nach einer Richtung ausnützenden Blutstrom fördern.

Die gewöhnliche, mit ihren Gefäßen dem allgemeinen Körperkreislauf zugetheilte Schwimmblase ändert hieran nichts. Trotzdem darf auch bei den teleostischen Fischen noch ein Theil ihrer Bedeutung in der Unterstützung des Athmungsgeschäftes gesucht werden. Sie ist ein Organ von gemischter Funktion. Die hauptsächlichsten Bedeutungen sind die für das spezifische Gewicht des Fisches und für die Gasbewegung. Diese dient theils jener,

theils hat sie einen direkten respiratorischen Werth. Man kann annehmen, Aristoteles habe mit *πνεῦμα περι τῆν κοιλίαν* die Luft in der Blase bezeichnet. Bestimmt kannte das Organ 1554 Rondelet. Zur weiteren Kenntniss trugen besonders bei Delaroché, welcher bei einigen die rothen Gefässkörper, Cuvier, welcher die Blindanhänge der Sciäniden und den zelligen Bau bei anderen, E. H. Weber, welcher die mit dem Gehörorgan verbindende Knochenkette entdeckte, J. Müller, welcher namentlich das Wesen jener Gefässkörper als von Wundernetzen erläuterte, aber auch viele Andere.

An die Ganoide und die Dipnoi schliessen sich für die Gegenwart eines Schwimblasenganges diejenigen Teleostier an, welche man deshalb

Fig. 381.



Stück des Rumpfes von *Chondrostoma nasus* Gessner nach Wegnahme der linken Seitenwand vom Schlunde ab in natürlicher Grösse zur Darstellung der Lage einer zweitheiligen Schwimmlase mit Schwimmgang. o. Operculum. s. Suboperculum. b. Bulbus aortae. at. Vorkammer. v. Herzkammer. sv. Sinus venosus. ph. Pharyngeum inferius mit Zähnen. ve. Magen. i. Darm. o. o. Eierstöcke. vn. Vordere Abtheilung der Schwimmlase. vn'. Hintere Abtheilung derselben. p. Ductus pneumaticus.

Physostomi oder Pneumatici genannt hat. Man hat jedoch wegen sonstiger überwiegender Verwandtschaft einigen, welche überhaupt keine Blase haben, die Aufnahme in diese Gruppe nicht versagt. So stehen ohne Blase unter den Welsen die Loricarinen, Hypophthalmus, Cetopsis, Pygidium, unter den Sternoptychiden *Coccia* und *Maurolicus*, die meisten *Scopeliden*, vielleicht alle *Stomatiaden*, unter den *Salmoniden* der auch sonst abweichende *Salanx*, unter den *Cyprinodonten* *Rivulus*, unter den *Cypriniden* die *Homalopterinen*, die *Gonorhynchiden*, *Alepocephaliden*, *Symbranchiden*, auch, soweit sie eine besondere Familie sind, die *Helmichthyiden* nach Günther, während *Dareste*, was mindestens für einige zutreffen dürfte, ihnen einen Gang zuerkennt, und, sofern sie überhaupt den *Physostomi* angereicht werden sollen, die *Pegasiden*. Der Mangel des Ganges bei Gegenwart der Blase

kommt den wenigstens von Günther hierher gestellten Scombrosociden zu. Der Gang und seine Oeffnungen sind meistens so eng, dass die Luft aus der Blase nur langsam und oft vielleicht nur unter durch bestimmte Muskelarbeit geschaffenen Verhältnissen austreten kann.

Der Gang kann von der Blase im vorderen Theile, wie bei dem Hechte, im ersten Drittel, wie beim Welse, in der Mitte, wie beim Aale und dem Heringe, abgehen.

Dass Spuren eines Luftgangs auch bei einigen Acanthopterygiern vorkommen, hat Kner zuerst für einen *Caesio*, wahrscheinlich *C. rufiventer* (? *Odontonectes erythrogaster* Kuhl und Hasselt) und ein *Holocentrum*, wahrscheinlich *H. spiniferum* Forskål gezeigt. Nach Moreau hat *Caranx* (*Trachurus*) *trachurus* Linné einen als Sicherheitskanal von den gewöhnlichen Schwimmblasengängen unterschiedenen Kanal von der dorsalen Wand der Blase, welcher diese in der Gegend der siebten Rippe verlässt, versehen mit einer nach hinten konkaven halbmondförmigen Klappe, und rechts in einer Falte der Kiemenhöhle mündend in der Gegend, in welcher eine Grade durch das Auge sich mit einer Senkrechten schneidet, welche durch den oberen Winkel zwischen Kiemendeckel und Rückenhaut geht, und kann durch denselben Luft austreten lassen.

Auch unter den Acanthopterygiern giebt es nicht wenige ohne Schwimmblase, die meisten Cirrhitiden, einige Mulliden, viele Trigliden, namentlich Arten der Gattung *Sebastes*, *Hempitripterus*, zuweilen *Scorpaena*, *Agonus*, *Cephalacanthus*, die meisten Cottinen, *Cottus*, *Centridermichthys*, *Triglops*, *Hemilepidotus*, *Platycephalus*, *Hoplichthys*, *Bembras*, die meisten *Trachiniden*, *Trachinus*, *Uranoscopus*, *Percis*, *Aphritis*, *Chaenichthys*, *Harpagifer*, *Percophis*, *Notothenia*, einige *Sciäniden*, zuweilen *Umbrina*, einige *Polynemiden*, einige *Scombriden*, *Auxis*, *Pelamys*, *Elacate*, *Echeneis*, *Hypsiptera*, *Stromateus*, *Coryphaena*, *Brama* und zum Theil *Scomber* und *Thynnus*, wo z. B. *Sc. scomber* Linné sie nicht hat, wohl aber fünf andere Arten, viele *Gobiiden*. Bei den *Pediculaten* haben sie *Lophius*, *Cerantias*, *Brachionichthys* (*Chironectes hirsutus* Cuv. et Val.) und *Malthe* nicht, ebenso nicht fast alle *Blenniden*, die *Acanthocliniden* und *Comephoriden*, wenigstens mehrere *Trachypteriden*.

In der Uebergangsgruppe fehlt sie unter den *Labyrinthici* bei *Spirobranchus* und *Betta* und vielleicht bei *Macropus*, unter den *Atheriniden* dem *Tetragonurus*, den *Cepoliden* und *Gobiesociden*.

Unter den *Anacanthinen* haben sie nicht die *Pleuronectiden* und von den *Gadiden* *Couchia*, von den *Ophidiiden* *Ammodytes* und *Bleekeria*.

Die *Lophobranchen* haben eine einfache Blase ohne Gang, aber Günther fand in einem von derselben zur dorsalen Wand des Oesophagus gehenden Bande bei *Siphonostoma typhle* Linné die wahrscheinlichen Spuren

eines solchen. Die Plectognathen haben sie ebenfalls ohne Gang, aber sie fehlt bei *Orthagoriscus* (*Orthragoriscus* ist synonym).

Bei Gegenwart der Blase zeichnen sich durch deren sehr geringe Grösse aus die Cobitinen unter den Cypriniden, *Synancidium* und *Pelor* unter den Trigliden, der Rest der Gobiiden.

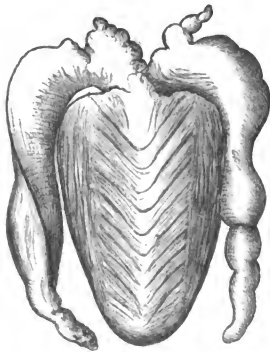
Die Verkümmernng der Blase ist demnach gewöhnlich unter solchen Fischen, welche ihre Nahrung auf dem Grunde des Wassers suchen, seichteren Gewässern angehören, auf Bauch oder Seite liegend auf dem Grunde ruhen, auch wohl mit den Flossen gehen, sich an schwimmende Körpern anheften und weniger lebhaft Schwimmer sind. Dieselbe fehlt aber ersichtlich auch einigen vorzüglichen Schwimmern, nicht allein solchen, welche doch aus Verstecken rasch hervorschiessen, sondern auch wirklich pelagischen, wobei man beachten muss, dass sie zwar den Körper erleichtert, auch zur Veränderung im Raume in der Vertikalen, wie wir sehen werden, benutzt werden kann, jedoch nicht grade für jegliche Schwimmarbeit fördersam ist, da sie den Körper umfänglicher, so, den Widerstand vermehrend, für die Muskularbeit unbehüllicher macht. Fische ohne Blase werden in geringer oder allmählicher Niveauperänderung rascher auf eine Beute stürzen können als solche mit einer, besonders mit einer grossen Blase. Uebrigens fahren Fische, welchen man die Blase genommen hat, fort zu schwimmen.

An einer Blase und vorzüglich einer mit einem Gange wird die Lungenähnlichkeit durch einen zelligen Bau erhöht. Einige Blasen sind innerlich in mehrere Kammern getheilt, so die von *Notopterus*, die von *Bagrus* und *Arius* unter den Welsen. Bei *Platystoma fasciatum* Linné in dieser Familie verbindet sich damit an Seiten und Hinterende ein platter, zelliger Saum, bei *Callophrys micropterus* Lichtenstein wird dieser ersetzt durch einen Kranz kleiner Blinddärmchen. Bei *Piratinga filamentosa* Lichtenstein ist die zweitheilige Blase durch und durch zellig. Ebenso haben *Gymnarchus*, mehrere *Hemirhamphus* heisser Meere unter den Scombresociden, im vorderen Theile der hinteren Abtheilung *Erythrinus* und *Lebiasina* unter den Characiniden, *Heterotis* unter den Osteoglossiden, unvollkommen die Chirocentriden eine zellige Beschaffenheit der Schwimmlase. Die Blase von *Gymnarchus* ist besonders ausdehnbar.

Man kann im Uebrigen als Grundlage für die Gestalt der Schwimmlase die einfache schlauchförmige, ovale, birnförmige oder cylindrische annehmen. Es giebt wesentlich zwei Weisen der Modifikation an solcher, die Quertheilung und die Längsspaltung. Durch die Quertheilung zerfällt die Blase in der Regel nur in zwei Abtheilungen, eine vordere und eine hintere, welche mit einander in offener Verbindung stehen. Solches findet sich seltener bei den Physocysten, so bei *Myripristis* unter den Beryciden, bei *Helotes*, *Dantia*, *Pelates* und *Therapon* unter den Pristipomatiden, bei *Pempheris* unter den Carangiden. Es ist unter den Physostomi eine

allgemeine Eigenschaft der Characiniden, der Gymnotiden und der Cypriniden mit Ausnahme der Homalopteren und Cobitinen und kommt Chanos unter den Clupeiden zu. Bei den Gymnotiden ist die Entfernung der beiden Abtheilungen von einander am grössten und die Kanalverbindung am feinsten. Die hintere Abtheilung ist die längere und pflegt spitz zu enden, die vordere endet breit. Der pneumatische Gang entspringt ventral aus dem Vorderende der hinteren Abtheilung oder dem Verbindungskanal. Eine Ausnahme nach mehreren Richtungen macht ein Wels, *Pimelodus filamentosus* Lichtenstein, welcher an der vorderen der beiden, wie oben bemerkt, zelligen, Abtheilungen den Blasengang führt und bei welchem die beiden Abtheilungen gänzlich von einander getrennt sind. Die vordere Blasenabtheilung hat bei den Cypriniden und Characiniden eine elastische, mittlere Haut, welche der anderen fehlt, aber dennoch wird sie nach Müller vorzüglich von den Volumveränderungen betroffen. Diese vordere Abtheilung legt sich, auch bei den Physocysten, der hinteren Schädelswand, speziell den Gehöreindrückungen an, seltener direkt, meist, so bei den Cypriniden, Characiniden und Gymnotiden durch eine von hämalen Bogen vorderer Wirbel gewonnene Knochenkette und das dient nach gebräuchlicher Annahme dem Gehörapparat, nach Hasse der Kenntnissgebung des Füllungsstandes der Blase an das Gehirn. Diese Anlegung kann aber auch ohne die Querteilung der Schwimmblase geschehen. So ist die Schwimmblase von *Lucifuga* unter den Ophidiiden am Schädel befestigt, die vielgetheilte von *Notopterus* ist in Verbindung mit dem

Fig. 382.



Schwimmblase mit vorderen Hörnern von einer sehr grossen *Trigla hirundo* Aldrovandi (Bloch) aus Palermo, in natürlicher Grösse von der Rückseite gesehen mit dorsalen schrägen Sehnenaustritten und lateralen Muskeln.

Gehörapparat, die Siluriden theilen trotz meist einfacher Blase die Knochenkette mit den Cypriniden, Characiniden und Gymnotiden. Endlich ist die Bildung vorderer Hörner an nicht quer getheilten Blasen eine ganz verbreitete Weise, dieselben in Verbindung mit dem Gehörapparat zu setzen. Eine in drei auf einander folgende Abtheilungen getheilte Blase hat nach J. Müller ein surinamischer Wels, *Arius (Sciades) emphysetus* Müller und Troschel, und unter den Physocysten *Phycis mediterraneus* Delaroche, wo dann die erste Abtheilung am dritten Wirbel befestigt ist.

Die Längsteilung der Schwimmblase kann die vordere und die hintere Partie oder beide treffen. Die

vordere Theilung wurde in einer besonderen physiologischen Verwerthung oben erkannt. Die hintere Spaltung gestattet unter Anderem eine Ausdehnung der Schwimmbläse über die eigentliche Bauchhöhle hinaus, wo der medianen Verlängerung hämale Bogen in den Weg treten. Man kann bei Belassung eines grösseren Mittelstücks von Hörnern an einer Blase reden. Als weitere Theilung kann man die Besetzung der Schwimmbläse mit zahlreichen Fortsätzen ansehen. So haben die Psariden oft eine hintere gespaltene Blase, unter den Squamipennes die Chaetodon Hörner oder Theilungen, Holacanthus und Ehippus und die Theutididen zwei vordere Hörner und eine hintere Spaltung. Unter den Cirrhitiden hat *Chilodactylus* viele Anhänge, ebenso unter den Sciaeniden die ganz überwiegende Menge, wo solche dann oft verlängert und verzweigt sind; einige *Collichthys* und *Otolithus* und *Ancylodon* aber haben nur vordere Hörner. Bei *Sphyraena*, welche eine grosse Blase hat, gabelt diese sich vorn, bei *Mene* und *Lampris* unter den Scombriden, bei den Batrachiden, oft bei Carangiden, bei Acronuriden, bei *Anabas*, bei den Ophidiiden hinten. Unter den Clupeiden, bei welchen, wie auch bei anderen, innerhalb der Familie die Verhältnisse ungleich sind, treiben die vorderen Hörner einige Lappchen bis in die Schädelknochen.

Mehr als durch die Anlehnung an Wirbel kann die Blase durch eine vollkommene oder unvollkommene Verknöcherung ihrer fibrösen Wände befestigt werden. Bei den gewöhnlichen Cobitinen steckt die ganze Blase in einer kleinen, durch eine hintere Eindrückung in zwei unvollkommene Kugeln zerlegten Knochenkapsel; bei *Botia* liegt eine vordere Abtheilung in der Kapsel, eine hintere frei in der Leibeshöhle; bei *Oreonectes* ist die Kapsel paarig. Bei einigen Siluriden, nämlich den Clariinen, dem *Saccobranchus* und dem *Ageneiosus* bleibt die Verknöcherung seitlich offen und bildet eine mittlere Wand.

Die Blase mancher Fische, namentlich aus den Gadiden, ist an den unteren Wirbelbogen und Rippen befestigt; die des Sciaeniden *Collichthys lucida* Richardson, wie Günther beschreibt, an einer herzförmigen Platte vom dritten und vierten Wirbel, von wo sie dann jederseits fünfundzwanzig keilförmige Säcke gleich Strahlen aussendet. Indem diese sich erst in einen dorsalen und einen ventralen Ast und dann immer und immer wieder gablig theilen und mit den Enden zum Theil im Dache der Leibeshöhle über der Blase selbst und in der ventralen Mittellinie unterhalb der Eingeweide mit

Fig. 383.



Schwimmbläse mit zahlreichen gefingerten Fortsätzen von *Corvina* (*Johnius*) *lobata* Cuvier und *Valenciennes* von Malabar nach Owen.

einander, wie Günther meint, anastomosiren, wahrscheinlicher sich nur berühren und verschränken, kleidet diese seltsame Blase mit einer Ausbreitung von Luftgefässen die ganze Innenfläche der Bauchhöhle aus. Bei *Campostoma* unter den Cypriniden ist im Gegentheil die Schwimmblase von den Darmschlingen umwickelt.

Die Bedeutung der Schwimmblase als eines Luftbehälters muss nach verschiedenen Richtungen hin geprüft werden. Fische ohne Blase und solche, welche man der Blase beraubt hat, sind nach den Untersuchungen von Delaroché spezifisch etwas schwerer als das Wasser, in welchem sie leben. Sie liegen entweder auf dem Grunde, stecken in Korallenlöchern und dergleichen, oder sie tragen sich durch Schwimmbewegungen. Wenn man jenen Luftbehälter zunächst als mit ständigen Eigenschaften versehen betrachtet, so kann er einen an sich schwereren Fisch mit dem Wasser in's Gleichgewicht setzen und so entweder demselben die sonst für das Abwenden des Sinkens nöthige Arbeit ersparen, so dass er mit dem mindesten Kraftaufwand arbeitet, oder er gestattet für den übrigen Körper ein grösseres spezifisches Gewicht, schwerere Knochen, festeres Fleisch, gesättigteres Blut. J. Müller hat den Hecht trotz der Blase schwerer als das Wasser gefunden, so dass sich sein gewöhnliches Stehen am Grunde erklärt. Die Grösse des Behälters hat dabei deutlich ihre Bedeutung. Die Gestalt und Lage der Blase passt diese Ausgleichung der Form des Körpers so an, dass derselbe für vorn und hinten sich im Gleichgewicht befindet. Dagegen kann ein blasenloser Fisch ohne Weiteres den Kopf abwärts in den Schlamm senken, mit ihm aufstreben, sich schräg legen, alle die mannigfaltigen Körperhaltungen annehmen, und behaupten, welche beim Arbeiten auf dem Grunde vorkommen und bei welchen der eine Blase führende, sobald diese unveränderlich gedacht wird, einen Widerstand zu überwinden hat.

Die Schwimmblase ist aber nicht ständig in ihren Eigenschaften. Das in ihr enthaltene Gas ist, wie wir später genauer sehen werden, chemisch nicht gleich; seine Menge und seine Dichtigkeit sind schwankend, die Wände der Blase sind in der immensen Majorität fähig, den Volumsveränderungen des Gases einigermaassen nachzugeben. Die aus dem Wasser genommenen Fische zeigen uns die Blase in der Regel in Ueberausdehnung, das Anstechen lässt die Luft pfeifend austreten und die Blase zusammensinken. Bei Gegenwart eines Luftganges ist der Weg, auf welchem das Gas in der Blase sich mindern kann, leicht zu erkennen; unter gewissen Umständen muss auch an Aufnahme von Luft durch dessen Vermittlung gedacht werden. Wenn man über einem Cyprinidfisch im Wasser die Luft durch die Pumpe verdünnt, sieht man ihn ein Luftbläschen nach dem anderen ausstossen.

Man kann übrigens auch einen mit einer geschlossenen Blase versehenen Fisch, wenn man ihn in eine Lage bringt, in welcher sein spezifisches Gewicht von dem des Wassers abweicht, sich in einiger Zeit in's Gleich-

gewicht setzen sehen. Es giebt also auch ohne Luftgang eine Fähigkeit der Schwimmbläse, ihr Volumen zu verändern. Da Fische mit Luftgang bei mässiger Minderung des Luftdrucks von dem Ausstossen der Luft keinen Gebrauch machen, so gilt diese Fähigkeit auch für sie.

Man hat seit fast zweihundert Jahren, seit Bonelli, für die Volumsveränderung der Blase gewisse Muskeln in Betracht genommen; Cuvier, J. Müller und andere ganz ausgezeichnete Anatomen und Physiologen haben nicht anders gedacht. Moreau hat vor Kurzem die älteren Ansichten durch Versuche geprüft und dahin modifiziren zu müssen geglaubt, dass die Muskeln mit der Volumsveränderung der Blase zum Zwecke des Hebens und Steigens des Fisches nichts zu thun hätten. Es scheint das über das Ziel hinauszugehen, obwohl jene Versuche vielfach sehr instruktiv gewesen sind. Die Erklärung, welche Delaroché an Stelle von Bonelli's Theorie setzte, indem er der Blase zuschrieb, dass sie das spezifische Gewicht des Fisches auf demselben Punkt erhalte, muss dahin gefasst werden, dass der Fisch in der Blase selbst ein Mittel habe, die Schwankungen des spezifischen Gewichtes, welche bei wechselndem Luftdruck die Blase veranlasst, auszugleichen.

In jeder Veränderung der Luft in der Blase nach ihrer chemischen Qualität darf eine respiratorische Funktion gefunden werden. Die Blase kann nicht blos, wie Müller meinte, dem nicht respiratorischen Theile der Lungen verglichen werden.

Alle Funktionen der Blase, welche auf Beziehung zu den Blutgasen beruhen, sind in Relation zu der Gefässversorgung, sie mögen eine respiratorische oder eine mechanische, hydrostatische Bedeutung haben. Diese Gefässversorgung ist manchmal recht arm, andere Male reichlicher, solches theils bei zelligem Bau, theils ohne solchen in arteriellen und venösen Wundernetzen.

Der zellige Bau spricht an sich im Vergleiche mit anderen Wirbelthieren für eine höhere respiratorische Bedeutung. Solche Erythrinus, welche durch ihn ausgezeichnet sind, wie *E. taeniatus* (? *Anostomus taeniatus* Kner) und *E. (Macrodon) Brasiliensis* Spix, können nach Jobert lange Zeit ausser Wasser leben, erneuern dabei regelmässig die Luft der Blase und sterben, wenn man den Luftgang verschliesst. So athmet auch mit der Blase *Sudis (Arapaima) gigas* Cuv.; aber andere Erythrinen, z. B. *Erythrinus trachina* (? *trahira* ist nach Günther synonym mit *Brasiliensis*), mit glatten Blasenwänden können nicht ausser Wasser leben.

Die Wundernetze sind theils gleichmässig verbreitet, theils stellenweise in ausgezeichnetster Art angehäuft, wo sie dann den Titel der rothen Körper oder Gefässganglien bekommen haben. Sie sind allerdings nicht verbunden mit einem besonderen kleinen Kreislauf, sie nehmen ihren Ursprung aus Arterien, aber die Luft in der Blase ermangelt darum doch nicht des Wechselverkehrs mit den Blutgasen.

Die rothen Körper kommen bei Physocysten, z. B. dem Barsch, der Trigla häufiger vor, seltener bei den Physostomen, angebahnt beim Hecht, am besten bei den Aalen. Indem man zugleich und dem entsprechend bemerkt, dass Fische, welche sie haben, in langsamer Asphyxie den Sauerstoffantheil aus der Luft in der Blase wegzunehmen im Stande sind, während diese Luft bei den gewöhnlichen Physostomen sich in der Asphyxie nicht so merklich ändert, kann man sie als ein sehr wesentliches Mittel der Arbeit zur Aufnahme und Abgabe von Gas, auch speziell in respiratorischer Beziehung, betrachten. Damit erscheint die Physostomenblase nicht grade respiratorisch stärker als die physocystische und die Bedeutung des Schwimmblasenganges von vorn herein mehr der hydrostatischen als der respiratorischen Funktion zuzurechnen. Wo die äussere Mündung des Ganges, wie bei Clupeiden, bis in den Magen zurückweicht, würde die direkte respiratorische Funktion des Ganges, wie überhaupt die Einnahme von reiner atmosphärischer Luft durch ihn wohl auf unüberwindliche Schwierigkeiten stossen.

Dass für die hydrostatische Funktion der Schwimmblasengang als Sicherheitsgang den Süswasserfischen gewöhnlicher als den Seefischen, mutmasslich also ihnen nothwendiger ist, kann damit in Verbindung gebracht werden, dass die Seefische in tieferem und auch für das spezifische Gewicht und die Temperatur ungleicherem Wasser leben und so in Veränderung der Stellung im Wasser stärkere Mittel gegen die Gefahren und Unbequemlichkeiten besitzen, welche aus der Reaktion der Blase auf Veränderung des Luftdrucks, Schwankung in den Gasausscheidungen, Veränderung des spezifischen Gewichtes durch Nahrungsaufnahme, Kothablegung und dergleichen erwachsen.

Der Mangel einer respiratorischen Bedeutung des Ganges und der Mangel des Ganges überhaupt schliessen eine respiratorische Bedeutung der Blase nicht aus. Eine Blase ohne Gang kann in der Art dienen, dass sie in der Zeit reichlicher Athmung den Sauerstoffantheil ihres Gases vermehrt, eine Sauerstoffreserve aufspeichert, in Zeit geschmälerter Athmung diese an das Blut überträgt, dagegen den Ueberschuss schädlicher oder unnützer Gase annimmt, um solche bei Wiederkehr günstiger Athemverhältnisse durch das Blut dem Athemwasser zu überweisen. Die Athmung, welche an ihr stattfindet, ist demnach nicht von absolutem Werth, sie kann in Beziehung auf Sauerstoff und Kohlensäure positiv und negativ sein.

Die Versuche von Moreau haben bewiesen, dass für die Gasausscheidung in die Blase die rothen Körper ebenso wirksam sind als für die Gasaufnahme aus der Blase in das Blut. Ein Trachurus, mit rothen Körpern ausgerüstet, ersetzte das Gas, welches er unter der Luftpumpe durch den Sicherheitsgang ausgestossen hatte, nach Herstellung des gewöhnlichen Luftdrucks und unter Ausschluss direkter Aufnahme in wenigen Stunden; eine

Schleie, welche rothe Körper nicht hat, bedurfte dazu mehrerer Tage. Welcher Art dabei das abgeschiedene Gas sei, ist für die Hydrostatik zunächst von einer geringeren Bedeutung, als dass überhaupt abgeschieden wird.

Die Luft in der Schwimmlase ändert ihr Volumen gemäss dem atmosphärischen Druck. Diese Volumsänderungen machen sich am ganzen Fisch geltend und ändern dessen spezifisches Gewicht. Die Blase ist selbstthätig, sie macht den Fisch, welcher in Folge irgend einer Einwirkung ein wenig sinkt oder steigt, alsbald schwerer oder leichter als das Wasser, in welchem er sich aufhält, und vorausgesetzt, dass dieses Wasser in den verschiedenen Tiefen gleich schwer ist, lässt sie ihn zu sinken fortfahren, bis er auf dem Grunde anlangt, und zu steigen, bis er theilweise aus dem Wasser ragt, sie macht die geringste das Niveau verändernde Aktion ausgiebigst. Man kann das unter der Luftpumpe zeigen und einen Fisch wie ein kartesianisches Teufelchen auf und ab bewegen. Moreau bestimmte solche Volumsveränderungen des Fisches durch ein Manometer und liess dieselben sich auf dem Kymographion aufzeichnen. Diese Funktion der Blase wäre, den Luftdruck unverändert gedacht, für den Fisch nur dann nützlich, wenn er bald an die Oberfläche, bald auf den Grund zu gehen hat. In alle andere Schwimmarbeit würde sie lästig eingreifen. Man begreift aber, dass vermittelt derselben eine willkürliche Niveauveränderung des Fisches, indem sie sein spezifisches Gewicht verändert, der Veränderung durch Schwankungen des atmosphärischen Druckes zu begegnen vermag. Wenn nichts Anderes in's Spiel käme, würde ein Fisch bei gemindertem Barometerstande nur tiefer gehen, bei erhöhtem aufsteigen dürfen, um sich zu aequilibriren. Er wird also der spezifischen Erleichterung durch die Blase ein Opfer an Freiheit der Lebensweise zu bringen haben. Ist ein Fisch dagegen durch die sonstigen Lebensverhältnisse gezwungen, in derselben Entfernung vom Wasserspiegel zu bleiben, kann er auch nicht die Meereshöhe verändern, so kann er bei wechselndem Barometerstande nur durch Veränderung des Luftquantums in seiner Blase aequilibriert bleiben. In dem Falle der Hyperextension der Blase unter vermindertem Drucke wird der physostome Fisch, welcher sich ausser Möglichkeit sieht, tief genug zu gehen, um den genügend höheren Luftdruck zu erlangen, an die Oberfläche gehoben und stösst dann Luft aus. Der physoclyste ist; soweit seine Muskelarbeit zum Kampfe nicht genügend ist, auf die Gasresorption aus der Blase angewiesen.

Den Fischern ist es seit den alten griechischen Zeiten bekannt, dass plötzlich an der Angel aufgebrachte oder auch durch das Barometer tief erniedrigende und zugleich das Wasser aufwühlende Stürme aufgetriebene Fische, namentlich der Kilch, *Coregonus acronius* Rapp, die Gadidfische, der Marulk, *Sebastes norvegicus* Müller, die Schwimmlase durch die Ausdehnung im Munde und vor demselben liegen haben, bei einem Aufbringen aus nur

dreissig Meter Tiefe zur Oberfläche auf das dreifache vergrössert, wo sie dann die Eingeweide vor sich herdrängt, die Gewebe zerreisst und endlich selbst platzt, und dass bei niederem Barometerstande Fische seichter Gewässer manchmal nicht vermögen, ganz unter Wasser zu bleiben. Das Steigen des Luftdrucks, indem es den Fisch nur bodenwärts treibt, bringt geringere Gefahren und giebt mehr Zeit zum inneren Ausgleich. Wenn ein physostomer Fisch bei erhöhtem Barometerstand sich zu schwer fühlt, wird er doch zunächst und wieder zeitweise durch seine Schwimmbewegungen noch nach oben zu kommen, ein Quantum Luft zu schlucken und in seine Schwimmblase zu pressen im Stande sein und so sein spezifisches Gewicht vermindern. Alle raschen Veränderungen des Barometerstandes geben den physostomen Fischen merklich zu thun; auf die langsamen und überhaupt bei den physocysten wird unmerklich reagirt. Luftgang und rothe Körperchen vikariiren für einander.

Es ist weiter zu denken an die Einwirkungen der Temperatur. Kalte Grundströme erhöhen das spezifische Gewicht, machen den Fisch geeigneter, auf dem Grunde zu bleiben. Ebenso passt ein warmer Oberflächenstrom den Fisch sich an. Ein Fisch mit Blase fügt sich überall mehr den Umständen, aber er ist weniger seiner Kräfte Herr. Ein Fisch, welcher aus den Tiefen zu den Küsten, oder aus dem Meere in das süsse Wasser aufsteigt, um zu laichen, wird, sofern er in letzterem nicht ganz am Grunde bleiben soll, oder wenn nicht durch andere Umstände, etwa Ansammlung von Fett, sein spezifisches Gewicht sich ändert, wegen der Abnahme des spezifischen Gewichtes des Wassers einen besonders energischen Gebrauch von der Blase machen müssen. Die Veränderungen sind dabei nicht gleich. Ein im Salzwasser von gleicher Dichtigkeit aufsteigender Fisch wird, um Hyperextension der Blase mit ihren Folgen zu vermeiden, Gas resorbiren müssen. Ein in das süsse Wasser übertretender wird dagegen mit einem grösseren Volumen der Blase, wie er es durch Aufsteigen erlangt, aequilibriert sein; das Aufsteigen in's süsse Wasser ist bequemer. Man darf danach vermuthen, dass das Gefühl des Bedürfnisses einer Minderung des spezifischen Gewichtes wirksam sei bei den sogenannten Wanderinstinkten im Fortpflanzungsgeschäfte, dass mit Geschlechtsstoffen gefüllte Fische aufwärts streben und sich mit Vorliebe den Süsswassern zuwenden, welche ihnen im Uebrigen für ihre Existenz wenig genug zu bieten pflegen. Haben sie sich von Milch und Roggen befreit, so kann es geschehen, dass sie zunächst zu leicht für das Süsswasser geworden sind. Maifische treiben stromabwärts auf dem Wasser und gehen dabei vielfach zu Grunde. Die proportionale Geräumigkeit der Blase, die Nachgiebigkeit der Wände, die Gegenwart der rothen Körper, des Schwimmganges werden auch hierbei für die Ausgiebigkeit und Geschwindigkeit der Leistungen maassgebend sein, welche den

Fisch auch unter andern als in Betreff des barometrischen Druckes modifizirten Verhältnissen aequilibren.

An genaueren Notizen über die proportionale Grösse der Blase fehlt es noch vielfach. Das Vorkommen der rothen Körper oder der sonstige Gefässreichthum und die Lebensgewohnheiten der Fische sind auch nicht ausreichend im Vergleiche registriert, um zu erkennen, wie innerhalb der Gattungen und Familien die Eigenschaften der Blase ausgenützt werden; ob es etwa an ihnen liege, dass z. B. einmal das Aufsteigen in die Flüsse langsam geschehe, während in anderen Fällen eine schleunige, in sehr kalten Ländern wegen der langen Eisbedeckung allein thunliche Besorgung dieses Geschäftes angeht. Jedenfalls sind die Aale, welche sowohl den Luftgang als die rothen Körper haben, die am meisten kosmopolitischen Fische.

Die Volumveränderung der Blase der Fische ist übrigens nicht absolut umgekehrt proportional der Veränderung des Luftdrucks. Zunächst stellen sich dem die elastischen Wände und die Befestigungen in den Weg. Der Widerstand, welchen diese der Volumsveränderung entgegen setzen, mässigt die Einwirkungen des Wechsels, hauptsächlich die der Minderung des Luftdrucks, und am stärksten in den Extremen, lässt die Blasenluft bei solchen Veränderungen so lange unter einem etwas andern Drucke stehen als dem der Lage entsprechenden, bis durch Resorption oder Ausscheidung die normale Spannung der Wände hergestellt ist.

Es schien, wie gesagt, ferner den älteren Autoren die Wirkung quer-gestreifter Muskeln auf die Blase für die Niveaüänderungen der Fische in Betracht zu kommen. Die Blase kann komprimirt werden durch die Rumpfmuskeln, dann durch ihre eigene Muskulatur. Eine galvanische Zuckung vermindert, wie das Manometer in Moreau's Versuchen nachwies, das Volumen eines Fisches ebenso, wie eine plötzliche Muskelbewegung zur Ueberwindung eines Hindernisses.

Die besondere Muskulatur der Blase wird in der Regel gebildet durch Bündel, welche seitlich der Blase anliegen. Deren Verkürzung bewirkt eine Kompression der Blase. Bei den Trigliden haben sie eine besondere Stärke: Die Blase der Cypriniden ist an der Unterfläche mit Quermuskelfasern versehen und an der Einschnürung zwischen den Abtheilungen mit einem Ringmuskel, welcher auch auf den Gang wirken kann. In anderen Fällen gehen Muskeln von den Wirbeln zur Blase. Müller hat beschrieben, dass bei mehreren Welsgattungen, Auchenipterus, Synodontis, Doras, Malapterurus, Evanemus die Blase vorne unter dem Drucke zweier vom ersten Wirbel entspringender federnder und durch Muskeln vom Schädeldache zu hebender gestielter Platten stehen. Der Apparat ist am stärksten bei Synodontis. Es ist zu vermuthen, dass auch noch andere Weise mit engen Kiemenspalten ihn besitzen. Aspredo und Platystacus unter solchen haben ihn übrigens nicht und die Loricariden sind überhaupt abzutrennen.

Da die Wände der Blase bei jenen Welsen nicht solider sind als bei den anderen, so ist Müller der Meinung, es werde durch den Apparat nicht sowohl die Blase im Ganzen vergrößert, als durch Verschiebung der Luft der Vorderkörper erleichtert. Mehrere Ophidiiden haben, wie Willoughby entdeckte, Broussonet, de la Roche und Müller genauer erörterten, einen Apparat, um die Blase zu verlängern, indem Muskeln entweder einen in die Blase stempelartig eingeschobenen knöchernen Stöpsel oder die Vorderwand der Blase selbst nach vorne ziehen, wo dann bei *Ophidium Vasalli* Risso in diese Wand dünne Knochenplättchen eingelagert sind.

Es war sehr gut vorstellbar, dass die betreffenden Aktionen an der Blase selbst sich mit der sonstigen Muskelarbeit kombinirten, die möglichst geringe und effektvolle Arbeit darstellten, um den Fisch das Niveau verändern zu machen, in andere Bewegung das Heben und Senken einschöben, auch, einseitig angewendet, Schrägstellung bedingten, endlich je nach der Lage der Blase oder der speziellen Anbringung der Muskeln im Aufsteigen und Sinken ein Körperende vorangehen machten, oder für dasselbe die an sich mehr zu Gunsten des anderen wirkende Muskelarbeit beglichen. Wenn so die Muskeln den Fisch in eine Stellung bringen, in welcher der Luftdruck ein anderer ist, als zuvor, so ändert sich das Volumen der Blase entsprechend den neuen Verhältnissen; die Blasenmuskulararbeit dient also vorübergehend, um die neue Stellung zu erlangen, sie braucht nicht fortgesetzt zu werden, um sie zu behaupten. Doch ist es ersichtlich, dass die Muskelaktion wie die elastische Spannung der Wand die Luft in der Blase einige Zeit unter einem von dem normalen für die Stelle abweichenden Drucke stehen machen kann ohne Folge einer Niveauveränderung, wenn der Fisch erst dadurch aequilibrirt ist, oder mit dem Effekte einer Fortsetzung des Fallens oder Steigens. Die Modifikationen des Gasdrucks durch die Kontraktion von Muskeln und Spannung von Geweben mässigen die Fortsetzung der aufsteigenden und absteigenden Bewegung und beschleunigen die Remedur durch Gasaufnahme und Abscheidung. Schwimmblasen mit besonders kräftigen Muskeln pflegen auch besonders starke rothe Körper zu haben. Es werden dadurch die Unbequemlichkeiten und Gefahren des Gebrauchs der Blase vermindert. Ein Fisch, welcher sich, etwa in Verfolgung eines anderen oder aus Furcht, durch Kompression seiner Blase senkt, kann unter Vermehrung des atmosphärischen Drucks und Verminderung des Volumens der Blase bald an eine Stelle kommen, an welcher die Blase nicht mehr unter Muskeldruck steht. Sie kann dann durch Nachlassen dieses Druckes nicht mehr ausgedehnt und so nicht das spezifische Gewicht wieder gemindert werden. Der Fisch würde nun fortfahren zu sinken, unter Umständen bis in tiefste, für ihn unbewohnbare Meerestiefe, wenn ihm nicht andere Mittel zur Verfügung ständen. Ein Mittel ist wie bei blasenlosen die Schwimmarbeit. Eine grosse Blase ver-

langt demnach zur Begleichung kräftige Schwimmorgane. Die in solchem Falle nöthige Arbeit wird besonders geschickt geleistet bei vorderer Anbringung der Bauchflossen. Der Fisch rettet sich durch Schwimmen vor dem Ertrinken. Ein anderes Mittel, die besonderen Einrichtungen zur Expansion der Blase bei den Ophidiiden am vorderen Ende, also mit Erfolg des Auftreibens mit dem Kopfe voran, tritt ein in Ersatz für die hier höchlichst vernachlässigten Bauchflossen. Das dritte ist die Gasausscheidung. Es bedarf in diesem Falle selbstverständlich wegen des absolut grösseren Eigengewichtes des Gases unter stärkerem Druck eines grösseren Volumens der Blase zur Aequilibrirung des Fisches im Wasser, da aber das spezifische Gewicht der Luft nur etwa ein Tausendtel von dem des Seewassers beträgt, kommt das in den meisten Fällen nicht erheblich in Betracht. Von dem Augenblicke der Setzung in's Gleichgewicht auf dem einen oder anderen Wege beginnt der Auftrieb durch den geminderten barometrischen Druck auf die Blase und muss eventuell eingeschränkt werden. Fische ohne Blase ändern ihr spezifisches Gewicht nicht mit der Höhe der auf ihnen lastenden Wassersäule und sind jenen Belästigungen nicht unterworfen; sie können ohne derartige üble Konsequenzen die grössten vertikalen Veränderungen vornehmen, allerdings nur durch Muskelaufwand, und brauchen dabei nirgends mit einer Kraft gegen eine andere anzukämpfen, ausser gegen die mitgetheilte Geschwindigkeit.

Moreau verwirft die Theorie der nützlichen Verwendung der Muskeln auf die Blase für Niveauveränderungen oder, gemäss seinem noch weitergreifenden Ausdruck, der Korrektur des Einflusses des Luftdrucks durch Muskelanstrengung oder ein anderes Hilfsmittel angesichts der vom Manometer aufgezeichneten gleichmässigen Kurven beim Steigen und Sinken auch von Fischen, welche kräftige Blasenmuskeln haben. Er ist der Meinung, wenn der Fisch sich durch Kontraktion sinken mache, müsse das Volumsminimum im Anfange des Aktes liegen, wenn er durch Dilatation steige, ebenso das Maximum. Sobald in der Gleichgewichtsstellung eine Muskelaktion auf die Blase wirkt, setzt sich die Volumsveränderung zusammen aus deren direktem Effekt, welcher mit einer bestimmten Grösse anfangend in der Regel als abnehmend betrachtet werden kann und dem aus Veränderung des barometrischen Druckes, welcher unbegrenzt steigt, bis Erreichen der Oberfläche, oder des Bodens oder ein anderer Umstand dem Vorgang eine Gränze setzt. Bei diesem einfachen Vorgange wirken beide Motive für die Volumsveränderung in demselben Sinne, mit demselben Vorzeichen, nur dass das eine sich 0 nähert, das andere sich von 0 entfernt. Der Effekt der Muskelaktion kann nie über die Gränzen hinausgehen, welche die Spannung der Membranen dem Einfluss des Barometerdruckes zieht. Es wird also nur dann im Anfange oder im Verlaufe der Aktion die Summe beider Effekte grösser sein als am Ende, wenn der

vertikalen Bewegung des Fisches aufwärts oder bodenwärts eine so enge Gränze gezogen ist, dass die Volumsveränderung in Aenderung des Luftdrucks das Maass nicht zu erreichen vermag, welches die Muskelarbeit zu Stande bringt. Nur in diesem Falle kann die Muskelaktion mit einem Rückschlage im Volumen abschliessen; ob sie es thut, wird von den besonderen Bedingungen abhängen. Darüber, ob ein Fisch das Aufsteigen und Sinken durch eine Muskelarbeit an der Blase oder durch die Muskulatur des Körpers und der Glieder einleite, kann nur der Vergleich der Abszissen in der Kurve der Niveauveränderung mit denen in der Volumsveränderung entscheiden. Wenn ein Fisch sich durch Blasenkontraktion erhöhe, würde die Volumsveränderung im Vergleiche mit einem stärkeren, stossweisen Impulse vorausgehen, und das müsste sich aufzeichnen; wenn durch äussere Muskelarbeit, würde die Niveauveränderung von der Volumsveränderung ebenmässig begleitet sein. Die Komplikation der physikalischen und physiologischen Verhältnisse und die durch die Apparate bedingten Beobachtungsmängel und Einschränkungen, namentlich die Wirkung der Adhäsion und mitgetheilten Bewegung lassen eine Lösung dieser Frage auf dem Wege der Kurvenaufzeichnung kaum hoffen. Moreau glaubt durch das augenscheinliche Gleichmaass seiner Volumkurven die Uebereinstimmung der Volum- und Niveauveränderungen erwiesen. Unter den natürlichen Verhältnissen dürften übrigens die Muskeln der Blase regelmässiger als Moderatoren der ohne sie zu den äussersten Gränzen sich fortsetzenden Luftdruckwirkungen eintreten. Da der Fisch auch dann immer die Stelle einnimmt, in welcher sein Gewicht durch das Volumen der Blase aequilibrirt ist und der Unterschied im Gewichte des Blasengases sich der Berechnung entzieht, können die Versuche von Moreau nicht als Widerlegungen dieser Meinung angesehen werden.

Die Schwimmblase ist hiernach ein Organ, welches den Fisch erleichtert, die Haltung seines Körpers im Wasser regelt, sich zunächst mit dem barometrischen Drucke in's Gleichgewicht setzt, jedoch durch die innere Gasbewegung und die äussere Muskelarbeit auch bei wechselndem Luftdruck und wechselnder Wasserdichtigkeit dem Fische das Gleichgewicht mit dem Wasser gewährt oder wieder gewinnt, also sein spezifisches Gewicht verändert. Sie erhält durch Zerlegung in einen vorderen und hinteren Abschnitt für jeden von diesen gesonderte Arbeit und erhöht damit ein ihr wohl auch ohne das in Grössenveränderung gegebenes Vermögen, den Schwerpunkt zu verlegen. Die Schwimmblasenform, welche mit zahlreichen ausgebreiteten Anhängen die Eingeweide umhüllt, hat dagegen eine reichere respiratorische Bedeutung.

Dass die Zusammensetzung des Gases in der Schwimmblase sehr verschieden angegeben worden ist, kann nach dem Gesagten keine Verwunderung erregen. Während Humboldt beim elektrischen Aale 96° N und 4° O fand, gab Biot von Tiefseefischen des Mittelmeers 87° O und den Rest als

Stickstoff mit einer Spur Kohlensäure an. Die Zusammensetzung hängt ab von den Lebensbedingungen, in besonders hohem Grade von denjenigen der letzten Zeit vor dem Tode. Vermag der Fisch, nach den äusseren Umständen, z. B. der Temperatur, nach seiner sonstigen allgemeinen Beschaffenheit, namentlich nach dem Bau der Kiemen, und den etwa erfahrenen Verletzungen, nachdem er aus seinen gewöhnlichen Lebensverhältnissen herausgenommen ist, noch einige Zeit zu leben und lässt man ihm eine solche Zeit, so zehrt er den Sauerstoff der Blase auf, am stärksten, wenn er rothe Körper besitzt. Vergleichende Versuche von Moreau haben uns darüber gewiss gemacht. Barsche verzehrten während einiger Stunden Aufbewahrung in kleinen Wassermengen und bis zum Absterben vollständig die 19—25° O, welche ihre Blasenluft zu enthalten pflegt, und hatten danach mehr als 95° N und den Rest CO². So ist allerdings ein zählebiger Aal grade geeignet, die äussersten Extreme der Sauerstoffaufzehrung zu zeigen.

Die jeweilige originale Zusammensetzung des Gases und die Fähigkeit dasselbe auszunutzen sind bei den Fischen von verschiedener Art nicht gleich. Man wird annehmen dürfen, dass dabei der Luftgehalt des Wassers, Temperatur, Druck neben den individuellen Eigenschaften zur Geltung kommen. Schleien zeigten ungefähr 8° O und konnten, wenn sie in die gleichen Umstände wie der Barsch gesetzt wurden, davon fast nichts wegnehmen, Lippfische dagegen verminderten anfängliche 80° O in viel kürzerer Zeit auf 56°. Die Gasbewegung trifft demnach wesentlich den Sauerstoff, mindestens unter Umständen auch die Kohlensäure.

Aus den Versuchen, welche Paul Bert über die physiologische Einwirkung des Wechsels des Luftdruckes allerdings zumeist an Luftthieren gemacht hat, ergibt sich doch auch für Fische einiges, so wenigstens für gewisse die Fähigkeit, grosse Druckdifferenzen zu ertragen. Bei vermehrtem Druck verlangsamen sich Herzschlag und Athmung, bei vermindertem, besonders wenn zugleich Muskelarbeit verrichtet wird, beschleunigen sich dieselben. Man kann für jedes Thier ein Maass des Luftdrucks annehmen, bei welchem es am vollkommensten funktionirt. Bei vermindertem Druck mindert sich die Kapazität des Blutes für O und CO² um etwas weniger als nach dem Dalton'schen Gesetz. Bei vermehrtem, welcher also hauptsächlich für Fische in Betracht kommt, nimmt O, mindestens bis zu zehn Atmosphären, entsprechend zu, N minder als nach dem Dalton'schen Gesetz, CO² dagegen ab. Es sind nicht die mechanischen Effekte der Aenderungen im Drucke, welche das Leben jeder Art in gewisse Barometerhöhen einschränken, sondern, wie das Versuche mit verschiedenen gemischter Luft beweisen, die Spannungen des Sauerstoffs und der Kohlensäure. Warmblütige Thiere erliegen bei gemindertem Drucke der zu geringen Sauerstoffspannung. Während bei Bergbesteigungen Menschen in Höhen über dreitausend bis viertausend Meter gewöhnlich Unwohlsein verspüren, im Ballon eine Taube zwischen 8300 und 10,000 Meter starb und Menschen bei 10,000 Meter

besinnungslos wurden, konnte ein Sperling in fast reinem Sauerstoff eine Druckverminderung auf 7 cm. ertragen, welche, eine Temperatur überall von 0° und 760 cm. am Meeresspiegel vorausgesetzt, eine Höhe von 19,061 m. bezeichnet. Man kann für jedes Thier eine Minimalgrösse für das Produkt aus dem Sauerstoffprocentsatz der Luft und dem barometrischen Drucke $O \times B$. als erforderlich feststellen. Bei Druckvermehrungen ist es zunächst die vermehrte Kohlensäurespannung, welche tödtlich wirkt und man findet ebenso eine für das einzelne Thier erträgliche Maximalgrösse für das Produkt aus dem Kohlensäureprocentsatz und dem Barometerdrucke $CO^2 \times B$. Bei sehr hohem Drucke genügt auch die Sauerstoffspannung um ein Thier zu tödten, beim Sperling mit $O \times B = 300-400$, also selbst in reinem Sauerstoff nicht bei weniger als drei Atmosphärendruck. Es wird sich dabei um einen zu raschen Verbrennungsprozess und eine zu hohe Temperatur handeln.

Kaltblütige und ruhende Thiere erliegen leichter dem vermehrten Einfluss der Kohlensäure als dem des Sauerstoffs. Es dürfte also der Maximalsatz für $O \times B$ für Fische noch höher anzusetzen sein, als für Vögel. Die Aenderungen des barometrischen Druckes haben übrigens im Wasser einen etwas geringeren Einfluss, weil der an der Oberfläche im Vergleich mit der freien Luft sehr vermehrte, an der der Nordsee im Durchschnitt 33,93° betragende procentualische Gehalt der Luft im Wasser in der Tiefe an Sauerstoff ziemlich regelmässig abnimmt, wenn auch vielleicht nur wegen des langsameren Ersatzes, und weil die respiratorische Schädigung durch Kohlensäure durch eine, wie es scheint und wie es F. Schulze zuerst annahm, schwache chemische Bindung des weitaus grössten Theiles dieses Gases im Salzwasser bedeutend gemindert wird.

Paul Bert setzte Aalbrut (*Anguilles de la montée*) unter einen Druck von $5\frac{1}{2}$ Atmosphären. Die Fische hatten dann statt vierzig nur zwanzig Herzschläge in der Minute, statt achtundsiebzig nur zwanzig Athembewegungen. Einen Druck von zehn Atmosphären ertrugen sie bei gewöhnlicher Luftmischung Tage lang, aber sie athmeten dann kaum. Versah man nun die Luft mit um die Hälfte mehr Sauerstoff, so dass sie den gleichen Werth hatte wie gewöhnlich bei 15 Atmosphären Druck, so starben sie in weniger als einem Tage. Unter 11 Atmosphären Druck bei einer Superoxygenisirung zum Werthe von 26 Atmosphären gewöhnlicher Luft starben sie in weniger als zwanzig Stunden. Man sieht aus diesen Versuchen, dass Fische für die Athmung nicht allein sehr bedeutende Druckschwankungen ertragen, sondern auch nur langsam solchen Einwirkungen erliegen, welche dauernd für sie unerträglich sind. Uebrigens fangen die Portugiesen Haifische, *Centroscyrnus coelolepis* Bocage et Capello, in mehr als 400 Faden Tiefe und die Challenger-Expedition bekam einen kleinen Lophioïdfisch, *Ceratias uranoscopus* Murray, welcher seiner Natur nach, weil mit schwachen Flossen und winzigen Augen versehen, sich ohne Zweifel am Grunde hält,

auf dem Globigerinenschlamm in 2400 Faden Tiefe, also in fast 500 Atmosphären Druck.

Die Mitwirkung des Darmkanals zum Respirationsgeschäft bei dem Schlammpeisker oder der grossen Schmerle, *Cobitis* (*Misgurnus*) fossilis Gessner, haben vielleicht schon die Alten gekannt. Erman hat sie gegen den Anfang dieses Jahrhunderts chemisch erwiesen. Der Fisch kommt oft an die Oberfläche, um Luft zu schnappen, und macht das Wasser durch aus dem After ausgestossene, an Kohlensäure reiche Luft schaumig. Er erträgt nicht, dass man ihn von der Luft absperrt, wohl aber den Verschluss der Kiemen. In seinem Mitteldarm findet man den Darmbrei mit viel Luft gemischt. Die Wand ist ausserordentlich reich an Blutgefässen, deren Kapillaren, enger als ein Blutkörperchen, über das Niveau vorragen. Drüsen fehlen. Das Epithel vermochte Leydig nicht zu finden. Es fällt übrigens auch im Vorderdarm nach Edinger sehr leicht ab und letzterer ist der durchaus zu billigenden Vermuthung nicht fern, es möge als ein dünnes Plattenepithel übersehen sein. Diese ausgezeichnete Darmathmung scheinen die übrigen *Cobitis* in geringerem Grade zu besitzen. Dagegen theilt sie nach den Untersuchungen von Jobert der Panzerwels *Callichthys asper* Cuvier et Valenciennes im oberen Amazonas, der sich gleich den Grundeln lange im Schlamm zu bergen vermag. Dieser Wels steigt in durch die Temperatur bestimmten Intervallen auf, zieht mit Geräusch Luft ein und stösst zugleich Gase aus dem After. Macht man ihm unmöglich, an die Luft zu kommen, so stirbt er in wenigen Stunden, fast so rasch, als in ausgekochtem Wasser. Er hält sich dagegen sehr lange in nassem Gras. Etwa die untere Hälfte seines relativ langen Darmes ist, ausgenommen die Partie hart am After, frei von Drüsen und Zotten, aber sie besitzt ein Pflasterepithel. Büschel von Fäden, wesentlich aus Gefässen bestehend, ähneln den Darmkiemen der Libellenlarven, sie empfangen vielfach ihre Gefässe von Venen. Das Darmgas enthält im Vergleich mit atmosphärischer Luft einen Ueberschuss an Stickstoff und eine Kohlensäurevermehrung auf 1,5—3,8%. So machen es auch die Fische der Gattung *Doras* und haben denselben Bau des Darms. *Hypostomus* aber, welcher ein fast ebenso reiches Darmgefässsystem hat, giebt die verschluckte Luft durch den Mund oder die Kiemenspalten zurück. Bei *Alepidosaurus* unter den von Günther als marine Siluriden angesehenen *Scopeliden* wird der obere Anfang des Darms als lungenartig zellig angegeben. Dieser Fisch, durch ein System ventraler Rippen in hohem Grade ausgezeichnet, hat keine Blase. Da er ein Tiefseefisch ist, würde jene Darmabtheilung nur Wasser athmen können. Da übrigens die Pylorialanhänge fehlen, wird die Einrichtung ähnlich wie beim Stör eher diesen gleichzustellen sein.

Wie den Insekten, Weichthieren und Weichschalern bestritt Aristoteles auch den Fischen die eigentliche Stimme, da sie weder Lungen, noch

Luftröhre, noch Kehlkopf besäßen. Aber er kannte die dröhnenden und knarrenden Geräusche, welche einige erzeugen, die Töne des Kapros im thessalischen Flusse Acheloos, die des Chalkeus, den doppelten Ton des Kokkyx, das Grunzen von Lyra und Chromis, das Fluggeräusch der Chelidon. Diese Lautäusserungen wurden von Aristoteles theils den Bewegungen an den Kiemen, theils der Erschütterung und Ausstossung innerer Luft zugeschrieben. Sie blieben seitdem den Naturforschern wie den Fischern wohl bekannt und die Namen in allerlei Zungen, Böcke, Kukuke, Knurrhähne, Leiern, Seeraben, Schweine, Schnarcher, Schläfer, Grunzer, Trommelfische und Orgelfische, sowie entsprechende systematische Benennungen geben davon Zeugniß. Sie erregten vielfach und erschreckten manchmal die Seefahrenden, unter diesen A. v. Humboldt. Das Einzelne des Aristoteles versuchten von Gyllius 1553 ab die Ichthyologen der Renaissance und Neuere zu deuten. Um eine physikalische Erklärung bemühten sich vorzüglich die beiden Geoffroy, Cuvier, Dugès, Duvernoy, J. Müller, Dufossé. Müller stellte 1857 als *Pisces vocales*, so viel bis dahin bekannt und ziemlich vollständig, etwa zwanzig Gattungen aus seinen Familien der Cataphracti, Sciaenoidei, Scomberoidei, Pediculati, Gymnodontes, Sclerodermi, Siluroidei und Cyprinoidei auf. Er unterschied bestimmter als das bis dahin geschehen war, die Reibungsgeräusche in Gelenkflächen, besonders an Deckelstücken und Flossenstacheln von den Lufttönen. Neuerdings hat vorzüglich Dufossé die Untersuchungen anatomisch und physiologisch erweitert und, wengleich sein Grundprinzip für die Tonerzeugung an der Schwimmblase wohl unrichtig ist, in hohem Grade bereichert. Derselbe theilt die Stimmbildung der Fische in mehrere Kategorien. Die vollkommenste ist die, bei welcher in der Schwimmblase der ganze stimmbildende Apparat vereinigt und diese ihrer hauptsächlichlichen Bedeutung nach darin aufgegangen, sein *Apparatus vesico-pneumaticus* geworden ist. Es gehören dazu eine geschlossene Schwimmblase und mindestens zwei eigene quergestreifte, energisch, theils vom Hirn, theils vom Rückenmark innervirte und gut-ernährte Muskeln an derselben. Die Stimme ist dann durch Reinheit und Aushalten des Tons und die Veränderung in Höhe und Klangfarbe am meisten musikalisch. Solches haben unter den europäischen Zeus faber Linné, *Z. pungio* Cuv. et Val., *Dactylopterus volitans* Cuv., *Trigla hirundo* Bloch, *T. lucerna* L., *T. gurnardus* L., *Trigla pinus* Bloch (*cuculus* L.), *T. cuculus* Bloch, *T. obscura* L. (*lucerna* Brünn), *T. aspera* Viv. Die Schwimmblasen dieser Fische sind unter einander recht verschieden. Die des Zeus ist einfach, gestreckt oval mit stärkerer Einengung des hinteren Viertels und vorderer Anbringung der Seitenmuskeln. Die des *Dactylopterus* ist besonders weit vorn gelegen, in zwei seitliche Hälften getheilt mit eingengter Kommunikation hinter der Mitte, jederseits eiförmig mit vorderer zipfelförmiger Einschnürung, Anbringung des Seitenmuskels an dem ganzen hinteren Hauptstück und Unterstützung desselben

durch einen äusseren. Die von *Trigla hirundo* Bl. hat, wie oben (Fig. 382, p. 260) abgebildet, sehr ausgedehnte seitliche Hörner. Deren Grösse sinkt bei *T. pinus* Bl., *T. gurnardus* L., *T. cuculus* Bl. in der angegebenen Folge, so dass sie bei dem letzten nur noch als zwei vordere Beulen an der Blase erscheinen. Sie sind bei *T. obscura* L. bereits ganz rudimentär und fehlen bei *T. lucerna* L. und *T. aspera* V. vollständig. Es ist jedoch bei letzterem innerlich das vordere Drittel der Blase durch eine vertikale Mittelwand in zwei Hälften getheilt. Im Ganzen, aber nicht bei *T. lucerna* L., welche überhaupt das ausgedehnteste Muskellager hat, nehmen zugleich die Muskelplatten im Vergleich zu der zwischen ihnen bleibenden sehnigen Rhapshe und in der Längserstreckung ab. In dieser Verschiedenheit haben alle diese Fische in übereinstimmender Weise, wie Duvernoy zuerst sah und für *Trigla* und *Zeus* auch Moreau bestätigte, ein Diaphragma der Blase, eine ringförmige oder sichelförmig den Hohlraum der Blase einengende Schleimhautfalte, welche bei *Zeus* die besondere hintere Abtheilung der einfachen Blase, bei *Trigla* das hintere Drittel des Mittelstücks, bei *Dactylopterus* das hintere Viertel jeder Hälfte hinter dem Quergang abschneidet. Bei lebend geöffneten Fischen kann man das Zusammentreffen der Stimmbildung mit Schwingungen der Blase konstatiren. Dufossé hält diese Stimme für Muskelkontraktionsgeräusch, erzeugt in zitternder Muskelbewegung, etwa unter saitenähnlicher Mitwirkung der Sehnen und schiebt der Blase nur die Verstärkung des Tons und Modifikation durch ihre Gestaltveränderung zu. Moreau aber, welcher die Töne durch Erregung der Nerven der betreffenden Muskeln zu erzeugen vermochte, erklärt sie aus den Vibrationen des Diaphragma, in welchem er glatte Kreismuskelfasern und das Eintreten radiärer von der Blasenwand sah, ohne zu erklären, ob er diese Vibrationen direkt von der Muskelarbeit oder von der Bewegung der Luft aus einer Abtheilung der Blase in die andere ableite. Obwohl der Natur der Sache nach die Töne nicht rein aus einer Quelle entspringen können, scheint bis hierhin Alles dafür zu sprechen, dass sie in der Hauptsache durch Schwingungen entstehen, in welche die Membran der Blase durch die mechanische Arbeit der Muskeln direkt oder indirekt versetzt wird und der Eigenton der Muskelkontraktion wird wohl überall eine geringe Rolle spielen. Auch ist es von vorn herein wahrscheinlich, dass, sobald die Blase ein Diaphragma hat, welches einen Theil oder einige Theile einem Reste wirksam entgegensetzt, die Ortsveränderung der Luft aus einer Blasenabtheilung zur anderen eine Rolle spielt, mögen dabei mehr die Schwingungen am Diaphragma oder die der Blasenwand selbst in Betracht kommen. Man kann eine derartige Stimme, bei welcher keine Luft den Körper verlässt, darstellen, wenn man unter Verschluss von Mund und Nase den Kukuksruf oder einen einzigen Ton durch Ausstossung von Luft aus der Lunge in die Mundhöhle abgiebt.

Da solche Pressung und Verschiebung der Luft zugleich das spezifische Gewicht ändert und den Schwerpunkt verrückt, werden solche Töne Sprünge im Wasser mit sich bringen, mögen in Verbindung mit diesen besonders lebhaft werden in dem Spiele der Fische mit einander um die Laichzeit, aber auch eintreten bei Bewegungen in Zorn und Furcht. Die Töne dieser Kategorie sind im Ganzen sonor und haben eine kurze Dauer. Sie haben in der Regel für jedes Thier einen Umfang von einer Quint oder Sext und eine verschiedene Klangfarbe. Sie sind biologisch denen vieler höheren Wirbelthiere überlegen. Das Gewöhnlichste ist, dass einem einzigen Tone, nicht selten, dass zwei Tönen oder einer kleinen Reihe ein grösseres Intervall folgt; es giebt aber auch gehaltene Töne; die Intervalle können ungleich sein; Höhe und Klang können in derselben Reihe sich verändern.

Die zweite Kategorie von Tönen hat nach Dufossé ebenfalls das Muskelgeräusch mit Verstärkung durch die Blase zur Ursache, aber es sind nicht Muskeln der Blase, sondern solche des Rumpfes, deren Kontraktion das Geräusch giebt. Diese Töne kommen wahrscheinlich sehr vielen Fischen zu. Dufossé hat von dahin gehörigen untersucht *Sciaena aquila* Risso, *Umbrina cirrosa* L., *Trigla lyra* L., *Peristethus cataphractum* L., *Hippocampus brevis* Cuv., alles Fische mit geschlossener Blase. Bei *Sciaena aquila* misst die Blase etwa ein Drittel des Körpers und ist so lang als die Bauchhöhle. Da der Fisch bis über Mannslänge erreicht, kann die Wand des eigentlichen Körpers der Blase ein Centimeter Dicke haben. Sie hat fünfunddreissig bis zweiundvierzig verästelte zartere Anhänge, nach der Abbildung von Cuvier sehr auffällig grösser dort, wo die Blase am breitesten ist zwischen der vierten und fünften Rippe, entsprechend der tiefen Lage des grossen Seitenmuskels, im sechsten bis zehnten Paare. Die röhrigen Verästelungen dieser Anhänge weiten sich mit dem Alter aus und der Stiel ist oft enger als die Aeste. Sie drängen sich dann auch zwischen die Bündel benachbarter Muskeln. Die Oeffnungen der Anhänge liegen in der Blase in zwei langen Reihen und es wird eine jede von einer Schleimhautklappe überdeckt, nach Dufossé's, mit Cuvier's Darstellung und mit dem, was andere Scianide ergeben, z. B. die mir vorliegende *Corvina albida* Cuv. und Val., bei welcher die kleinen Oeffnungen der Anhänge spaltförmig zwischen den Aponeurosen liegen, gar nicht stimmender Meinung von einer trommelfellartigen Wand vollständig geschlossen. Die Blase ist durch eine ringsum befestigte, horizontale Scheidewand, von Dufossé wunderlich als dritte Membran bezeichnet, in eine untere, mit den Anhängen verbundene, und eine obere, durch eine grosse ovale Oeffnung der Scheidewand zugängige Kammer geschieden. Das Prinzip dieses Diaphragma ist dasselbe wie in der ersten Gruppe, aber die Lage stellt neben *Trigla* und *Zeus* mit querer Wand, *Dactylopterus* mit einigermaassen sagittaler Anbringung, den dritten Fall dar. Fische dieser Gruppe erzeugen Geräusche von solcher Stärke, dass man sie aus hundert Fuss Meerestiefe, auch in

bedeutender Entfernung über dem Wasserspiegel vernimmt und dass die Fischer sich durch sie leiten lassen können, von einer Dauer bis zu etwa fünfundzwanzig Sekunden, von ermüdender Einförmigkeit und von verschiedenem Klange, je nachdem der Orgel, den groben Saiten des Basses und des Cello, der Leier, einer Rassel oder auch einer Hoboe, einem Harmonika und einem Accordéon vergleichbar. Vereinzelte Fische geben selten und nur schwache Töne. Näheren sie sich aber in der Laichzeit den Küsten, besonders in den Flussmündungen, und stehen manchmal Leib an Leib, so wird das Gebrause der Töne ganz gewaltig, so dass man es für die Feuertrommel der Schiffsleute halten und die Vermuthung haben konnte, es seien die an Scylla nach dem poetischen Kochkünstler Archestatos gemeinen Sciaenen, welche den Anlass zur Sirensensage gegeben hätten. Wir dürfen auch hier kaum zweifeln, dass es sich nicht um einen verstärkten Muskelton, sondern um eine mechanische Erschütterung der Blase durch die Körpermuskeln, wahrscheinlich ein Auspressen der Luft aus den von den Muskeln bedeckten und mit ihnen verflochtenen Anhängen handelt, so dass die Luft sprudelnd an den Klappen in die Haupthöhle der Blase tritt, die Wände der Blase und das grosse Dissepiment in Schwingungen versetzend.

Bei *Umbrina cirrosa* L. fehlen zwar die tubulösen Anhänge, aber wenigstens die älteren Stücke besitzen einige ihnen entsprechende Paare durch Schleimhautvorsprünge etwas abgegränzter, aussen bucklig vorspringender Nebenhöhlen, sowie das horizontale Diaphragma. Die Töne sind schwach, dumpf und kurz, wie von einer nassen Trommel.

Bei *Trigla lyra* und bei *Peristethus cataphractum*, bei welchem letzterem vor Dufossé überhaupt die Geräusche nicht wahrgenommen waren, ist die Blase gross, einfach, besitzt weder Anhänge noch eine Scheidewand, lehnt sich aber dorsal an die gewölbte Fläche eines Paares von Intrakostalmuskeln, deren Kontraktion, z. B. im raschen Anziehen der Schultern, einen Stoss auf die Schwimmblase ausübt. Diese Muskeln werden vom Fisch in zitternde Bewegung versetzt und man kann den Ton ebensowohl an einer fremden, eingeschobenen Blase als an der eigenen des Fisches erhalten. Es ist auch hier nicht berechtigt, an die Stelle der mechanischen durch diese oder andere Muskeln an der Blase geleisteten, sie erschütternden Arbeit zu setzen die Uebertragung und Verstärkung eines Muskeltons, welche Uebereinstimmung der Schwingungszahlen voraussetzt. Ausdehnung des Darmkanals mit Gas verstärkt den Ton und lässt ihn bei *Lyra* in der Luft vier Meter weit hören. Der Ton wiederholt sich bei den gedachten Fischen oft hinter einander, in der Regel ohne seine Höhe zu ändern. Bei diesen Fischen wird nicht allein die etwaige Volumsveränderung der Blase für Ortsbewegung in Betracht kommen, sondern die Aenderung der Lage der Theile des übrigen Körpers in Folge der Thätigkeiten der Muskeln, welche zugleich die Blase tönen machen. Die Vergesellschaftung zitternder

oder ruckweiser Bewegungen mit Tönen wird fast noch sicherer zu Stande kommen als in der ersten Kategorie.

Eine grosse Verkümmernng der phonetischen Kraft zeigt das genannte Seepferdchen, *Hippocampus*. Dasselbe hat eine ganz einfache Blase von nicht bedeutender Grösse. Es vermag dieselbe durch die benachbarte Rumpfmuskulatur in ein Zittern zu versetzen, bei welchem man nur mit den Stethoskop eine Reihe schwacher und sehr kurzer Töne hört.

Wenn Dufossé die gedachten beiden Kategorieen zusammenfasste in eine Hauptabtheilung, in welcher die Ursache der Töne in der Vibration der Muskeln liege, was wir nur in der gedachten Modifikation annehmen, so kann dieser eine zweite Kategorie regelmässiger Geräusche angereicht werden in den Blasegeräuschen, welche durch die Ausstossungen von Gasen aus den Körperöffnungen zu Stande kommen. Es kommen dabei in Betracht im Magen und Darmkanal angesammelte Gase und bei physostomen Fischen die in der Schwimmblase. Die Ausstossung von Gasen aus dem Darne durch den After bei *Cobitis* wurde erwähnt. Wenn die Thiere in Mengen mit einander spielen, gesellt sich ihr eine solche aus dem Munde in Rülpsen und auch die Aufnahme von Luft geschieht mit merklichen Tönen. Das Ausstossen aus der Blase kommt nach Dufossé am kräftigsten bei der Barbe und dem Döbel, *Squalius cephalus* L. (*dobula* Nilsson) vor. Schlund, Mundhöhle, Lippen, Kiemenspalten können zur Verstärkung des Tones und zur Stimmodulirung dienen. Diesen Stimmbildungen vermittelt Ausstossung von im Körper aufgespeicherter Luft steht nahe das Schmatzen, welches Fische nur an der Oberfläche des Wassers in der Luft durch Bewegung des Mundes, vorzüglich wenn dieser fleischige Lippen hat, zu Stande bringen und andere Lautäusserungen unter gleichen Umständen durch Bewegung der Theile des Mundes und des Kiemenapparates, aber ohne Verwendung von Luft aus weiteren inneren Höhlen.

Den eigentlichen Stimmen reihen sich biologisch an und mit ihnen verbinden sich Geräusche, welche zu Stande kommen ohne einen direkten Angriff auf die Schwimmblase, so dass diese höchstens, wie etwa auch die Mundhöhle als Resonanzapparat fungirt, und ohne solche Bewegung der Luft, wie sie eben besprochen wurde. Man kann da erwähnen das Knirschen der Zähne bei *Orthogoriscus*, die Reibung der unteren Schlundknochen an den oberen bei *Caranx trachurus* L., das Knacken der Deckelstücke in ihren Einlenkungen, die Reibung des Kopfes an den Schultern, Geräusche, welche besonders häufig und vernehmlich bei Fischen mit gepanzerten Köpfen sind. Solche Geräusche sind jedoch immer wenig ausdrucksvoll. *Pogonias chromis* L. soll sein Geräusch durch drei bewegliche Plättchen im Rachen machen.

In der Klasse der Amphibien, deren Verhalten in der Entwicklung eingeschlossen, sieht man den wahrhaft, auch für die Athmung amphibischen Stand der dipnoischen Fische wiederholt, jedoch in Umkehrung der Anwendung, so dass die Luftathmung die höhere Vollendung des Lebens

bezeichnet, und in einer durch verschiedene Modifikationen der Kiemen vermehrten Mannigfaltigkeit. Zugleich nimmt die, mit Ausnahme der kümmerlichen Verdichtungen bei den Caecilien, weder mit Schuppen befestigte, noch mit Schildern, Haaren, Federn bedeckte Haut am Athemgeschäfte einen sehr lebhaften Antheil. Alle kommen im Verlaufe ihrer Entwicklung zu Lungen, einige behalten dauernd mehr oder weniger von den Organen der Athmung im Wasser, welche den meisten im Larvenleben dienen. So kann es geschehen, dass Organe, welche gewöhnlich in Succession zum Gebrauche kommen, im selben Lebensalter arbeiten, meist jedoch nicht in Kombination, sondern vikariirend.

Der Reichthum an Organen für Athmung in dieser Klasse ist nicht maassgebend für die besondere Höhe des Bedürfnisses oder der Leistung. Man hat vielmehr in dem Mangel an Differenzirung und Spezifikation ein Anzeichen eines geringen Bedürfnisses, zu dessen Befriedigung Allerlei ausreicht. Amphibien, indem sie einerseits als Kaltblüter eine Herabsetzung des Lebens auf ein geringstes Maass ertragen, andererseits durch die Lunge, deren besonderer Bau keine grosse Kraft des Blutstromes beansprucht, vor der Lähmung des Herzens durch Stockung des Blutes in den Kiemen bewahrt bleiben, vermögen unter den Wirbelthieren am längsten der Athmung zu entbehren und begnügen sich mit einem kleinsten Maasse. Einige ertragen das Gefrieren, andere die Einbettung in zähen Schlamm, nachdem die früher gegrabenen Zugänge sich geschlossen haben.

Die Kiemenathmung kann bei den Amphibien betrachtet werden als eine Einschiebung für ein Entwicklungsstadium, in welchem die einfache Hautathmung nicht mehr genügt, ohne dass doch die Lungen schon ausreichend für die Respiration einzutreten in der Lage wären. Sie kann geschehen durch wirkliche innere Kiemen, welche ausgebildet werden von dem viszerale Antheile der Athemspalten, und durch äussere Kiemen gebildet von der dermalen Ueberkleidung der Kiemenbogen, theils frei, theils sekundär bedeckt durch eine Kiemendeckelfalte und so denen der gewöhnlichen Fische gleich geworden. Beiderlei Organe kombiniren sich zu deutlichem Nutzen mit den Viszeralspalten, ihre Anlage kann jedoch vor dem Durchbruche dieser geschehen.

Es ist das Verdienst von Götte, die echten inneren Kiemen der Batrachierlarven unterschieden zu haben (vgl. Bd. II, p. 472). Während die beiden ersten Schlundfalten, die zwischen Unterkiefer und Zungenbeinbogen und die hinter dem letzteren gänzlich zurückgebildet werden, ohne dass Spalten an ihnen durchbrechen, die erste sich etwa noch der zweiten in der Halsdrüsenbildung gesellend, die zweite ausserdem bei einem Theile der Anuren, *Rana*, *Bufo*, *Hyla*, aber nicht bei der Unke und ihren Verwandten in der Anlage der Paukenhöhle und der Eustachischen Röhre mitwirkend, bilden die drei übrigen, welche als Halbspalten durchbrechen, sich

im inneren Theile dieser Spalte zu rundlichen Höhlen, zu Kiemenbeuteln aus. Die vier, vor, zwischen und hinter diesen drei Beuteln in Betracht kommenden Knorpelbogen gestalten sich im Allgemeinen in querer platter Ausbreitung zu trennenden Wänden, dehnen sich aber jeweilig an der Aussenkante sagittal so weit aus, dass die Ausgänge der rundlichen Höhlen spaltförmig bleiben. Die zwei vorderen Platten artikuliren am Zungenbeinkörper, die zwei hinteren verschmelzen mit diesem vor dessen hinteren hornartigen Ausbreitungen und unter einander, jedoch mit Belassung der Spalte. Alle verschmelzen dorsal und sind nicht gegliedert (siehe Fig. 390, p. 298). Vom Schlunde werden die Kiemenbeutel jederseits unvollkommen abgegränzt durch eine vom Boden der Schlundhöhle sich erhebende, der vorderen Kiemenwand angewachsene, den mittleren festonartig entgegen gezackte, hinten vor der Stimmitze mit der der anderen Seite in klappenartiger Ueberbrückung der Kommunikation der hinteren Höhlen (vgl. Bd. II, p. 478) vereinigte Falte und einen einfacheren Wulst an der Decke. So führt zu den Beuteln einer Seite gemeinschaftlich ein Längsschlitz und aus jedem eine primär senkrecht zu denkende, durch die Lagerung der Bogen ventral quer oder schräg liegende Spalte. An der Innenfläche dieser rein dem Darmblatte angehörenden Beutel mit Ausnahme ihrer Decke läuft rechtwinklig gegen die Aussenspalte eine grosse Zahl zarter, durch kolbige oder verzweigte Blättchen auf dem Rande gezackter, blutreicher Leisten. Diese effektiv inneren Kiemen atrophiren erst nach vollständigem Schwund aller äusseren Kiemenrichtungen, dem Durchbruch der Vorderbeine und der Anwachsung des Deckels. Die verödeten Höhlen bestehen noch beim Schlusse der Metamorphose und es ist Götte beim Laubfrosch wahrscheinlich geworden, dass sie sich in die dem Kehlkopfe vorn und seitlich anhängenden Säcke ausziehen.

Die Batrachierlarven waren den Alten bekannt. Sie figuriren bei Plinius als Gyryni. Die Beine sollten sie nach ihm durch Spaltung des Schwanzes, vielleicht gemeint als Abspaltung vom Schwanze, bekommen. Die äusseren Kiemen waren, wenn, wie es wahrscheinlich ist, Aristoteles mit *κορδύλος* eine Tritonlarve meinte, diesem bekannt. Aber schon früh sind Deutung des *κορδύλος* und seine Beschreibung, wie man aus den Schriften der Renaissance ersieht, mindestens unklar und verwirrt. Immerhin blieben die Larvenformen an sich bekannt. Die äusseren Kiemen wurden wohl zuerst an denen der Frösche durch Swammerdam wieder gesehen. Es war vermuthlich *Rana arvalis* Nilsson, an deren Embryonen dieser am 23. April, das war am fünften Tage nach der Befruchtung, hinter dem Kopfe einige schwarze Tüpfelchen, gleich einer Tresse, bemerkte; Tags darauf verliessen die Larven das Ei. Am zehnten Tage waren die Organe sehr gewachsen und konnten am fünfzehnten dargestellt werden als jederseits zwei Büschel, je von sechs dicken Fäden. Am zwanzigsten begannen

sie zu schwinden, erst wurde eines vermisst, dann fehlten beide, indem sie von einer Hautfalte überwachsen und, wie Swammerdam es auffassen zu müssen glaubte, zu den inneren Kiemen wurden, wobei die Hautfalte auch das Vorspriessen der Vorderbeinchen verdeckte. Im Jahre 1676 und lange vor dem Abdruck jener Beobachtungen des grossen Holländers in der Bibel der Natur erwähnte übrigens Jacobaeus Oligier kurz, dass auch Salamanderlarven eine Zeit lang Kiemen haben. Diese beschrieb mit einem Anfange der Absonderung der Tritonen von den durch den Nürnberger Wurfbaun und Maupertuis als lebend gebärend erkannten eigentlichen Salamandern genauer, wahrscheinlich an Triton cristatus Laurenti, 1729 du Fay als jederseits drei oder vier zu einem Büschel dicht zusammengeschobener, federartig mit Fäden besetzter Stämme, von welchen je einer entspreche den halbkreisförmigen und gezähnten Bogen, welche die unter der Deckhaut aufzusuchenden Spalten trennen. Diese Kiemen waren noch vorhanden, als die Thiere schon drei Zoll massen, verschwanden dann aber unter Anwachsung der Haut an die Spalten.

Es wurde weiter 1758 durch Rösel deutlich, dass eine gewisse Mannigfaltigkeit für die gedachten Organe auch innerhalb des Gebietes der Frösche bestehe. Die Eier seiner *Rana fusca*, welche nach ihm zuerst laicht, erhielt Rösel am 20. März. Die Larven, deren Entwicklungsdauer bei der frühen Eierablegung, welche sogar zuweilen schon im Januar geschieht, stärker als bei anderen von den Wärmeverhältnissen des Jahres bestimmt wird, fielen ihm erst am 30. aus und erhielten die gefransten Anhänge erst am 5. Mai. Sie entwickelten sich jederseits zu zwei, hirschgeweihartig mit sieben Aesten an der hinteren Kante besetzten Stämmen. Sie wurden auf und ab bewegt und Rösel verglich sie am liebsten mit Flossen oder Pfoten, wie sie auch noch später bei Spallanzani als Flossen fungiren, vermuthlich weil die auffällige Entstehung der Hinterbeine nach provisorischen Vorderbeinen suchen machte. Am 8. und 9. Mai waren sie kleiner geworden und bald verschwunden. Zu einem Verständniss der Athemkammer und der versteckten Kiemen gelangte Rösel nicht. Derselbe erhielt um Ende April Laich von *Hyla arborea* Linné mit einer grossen Anzahl kleinerer Eier und sah am 12. und 13. Mai an allen daraus entstandenen Larven jederseits ein einziges Fädchen, wie er sagt Athemröhrchen. Bei *Rana esculenta* endlich, deren Laichzeit erst Ende Mai und Anfang Juni fällt und welche ebenfalls kleine Eier hat, sah

Fig. 384.



Larve von *Rana fusca* Rösel (temporaria aurorum) einige Tage nach dem Ausschlüpfen aus dem Ei vom Bauche gesehen in viermaliger Vergrösserung.

Rösel die erst im freien Leben entstandenen gefransten Anhänge zwar verästelt, dies aber weniger als beim Grasfrosch. Die der linken Seite entstanden allzeit eher. Hatten die Anhänge auf den zwei Seiten eine gleiche Grösse erreicht, so blieben sie überhaupt höchstens noch vierundzwanzig Stunden vollkommen und schwanden dann, meist, aber nicht immer die der linken Seite früher. Es ist wahrscheinlich dem Mangel an feinsten Untersuchung zuzuschreiben, dass Rösel für den grünen Frosch die Kiemen erst im freien Stande entstehen lässt, und nicht der Beobachtung einer anderen Art. Nach Rusconi nämlich treten dieselben bereits um die siebzigste Stunde nach der Befruchtung auf in einer einfachen Papille jederseits. Der Embryo verlässt dann das Ei ohne von den Lungen eine Spur zu haben. Die Kiemenpapille theilt sich in drei Lappchen, so dass über jedem der drei vorderen aber nicht über dem hintersten verkümmerten Bogen eins zu stehen kommt. Diese bedecken sich, wie Steinbach im Anfange dieses Jahrhunderts sah, mit strudelnden Wimpern, nehmen eine Aortenbogenschlinge mit, welche sie in Kapillaren auflösen, strecken sich fadig und gabeln sich, bleiben aber kürzer als beim Grasfrosch, haben ihre Höhe schon am fünften Tage nach der Befruchtung, schwinden am sechsten, oder dem dritten nach dem Ausschlüpfen rechts und am siebten, also in anderer als von Rösel für gewöhnlich erklärter Folge, auch links. Auch von den Späteren werden die äusseren Kiemen des grünen Frosches als in der Entwicklung hinter denen des braunen zurückbleibend angegeben. Nach Einigen, z. B. Weinland, würden sie nur an den zwei vorderen Bogen entstehen.

Fig. 385.



Larve von Triton (Ommatotriton) vittatus Jenyns von etwa zwei Monate Alter in natürlicher Grösse.

Durch Rusconi wurden auch die Tritonlarven genauer untersucht und klar gestellt, dass nur an den drei ersten Bogen eine Gefässschleife mit einem Kapillarnetz sich von dem Aortenbogen freimacht und in der von der Kopfhaut überzogenen federartigen Kieme entfaltet, so dass die Arterie und die Vene gewissermaassen einen Doppelschaft für die Feder darstellen, es so nur drei Kiemen jederseits giebt, während der vierte Gefässbogen in Grösse zurückbleibt und erst um die Zeit der Wandlung den anderen nahezu gleich kommt. Die zwei mittleren Spalten sind an beiden Seiten mit Zähnen an den Bogen eingefasst, die beiden an den Enden nur je an einer Seite. Um die Zeit der Wandlung verkürzt sich der Bart zuerst an der ersten Kiemenfeder, dann der Reihe nach an den anderen; danach schwinden auch die Schäfte;

dann wächst die vom Zungenbeinbogen und Unterkiefer ausgewachsene Hautdeckfalte in der Bauchlinie an, die halbkreisförmigen Hautsäume der Bogen schwinden, die Oeffnungen verkleinern sich, die Deckhaut wächst auch in die Quere an; es verschwindet die erste Spalte; die hinteren Bogen werden weich und zur Resorption vorbereitet, nur der vorderste wird fest und bildet das hintere Horn des Zungenbeins, bereit beim Schlucken der Luft den Schlund zu erweitern. Auch wusste Rusconi schon, dass abgeschnittene Kiemen bei solchen Larven ebenso ersetzt werden wie andere Körpertheile.

Von ihm ab haben die Batrachierlarven eine ausgezeichnete Rolle in den embryologischen Studien gespielt und sind vielfach behandelt worden. Wenn auch vorher nicht ganz unbekannt, waren doch erst in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts solche Amphibien, vorzüglich amerikanischer Heimath, welche zeitlebens äussere Kiemen behalten, wissenschaftlich beschrieben, zugleich aber war von Spallanzani entdeckt worden, dass die von Fräulein Merian dargestellte wunderbare Entwicklung der Pipa doch nicht verlaufe, ohne dass auch hier die Larven kaulquappenähnlich und mit Schwänzen ausgerüstet seien. So erregte die Athmung der Amphibien nach verschiedenen Richtungen hin das grösste Interesse.

Das Prinzip in den bis dahin beschriebenen und weiteren Verschiedenheiten kann man dahin ausdrücken, dass äussere Kiemen bei allen Amphibien zur Funktion kommen, welche ihre Eier oder ihre weiter entwickelte Brut in das Wasser ablegen. Die Amphibien zeigen aber für die Brutablage die grösst möglichen Verschiedenheiten. Das Gewöhnlichste ist, dass noch nicht befruchtete Eier in das Wasser abgelegt und erst im Augenblicke der Ablegung besaamt werden. Es giebt aber auch eine Begattung und im Falle einer solchen ebenso die Möglichkeit der raschen Ablegung der befruchteten Eier, als die der Entwicklung im mütterlichen Leibe. Andererseits giebt es besondere Akte der Brutpflege unentwickelt abgelegter Eier äusserlich am Körper der Mutter oder des Vaters, welche das Larvenleben im Wasser und damit den Gebrauch von Kiemen beschränken oder ganz wegnehmen. Hierzu sind in Betracht zu nehmen die relative Grösse der Eier, welche die innerhalb der Eihüllen zu erreichende Organisationsstufe normirt und gemäss welcher eine Larve das bereits im Ei ausbildet, was die andere erst im freien Leben erreicht, hier z. B. die Kiemen, dann die Spezifikation des hierbei für das Ganze ausgesprochenen Gesetzes des ungleichen Ganges der Entwicklung in der Relation der einzelnen Organe mit raschster Fertigstellung des Nöthigsten, hier mit besonderer Beziehung auf die Lunge, so dass diese, mit ihrem Zubehör ungleich bald vollendet, ungleich rasch die Beseitigung der Kiemen mit sich bringt, endlich die besondere Vertauschung freier Kiemen an den oberen Enden der Bogen mit überdeckten an den mittleren Theilen. Den für die Athmung vorhandenen Verschiedenheiten steht somit jedesmal eine Kombination von

Verschiedenheiten anderer Verhältnisse zur Seite. Die Registrirung derselben lässt noch zu wünschen übrig, zum Theil wegen der Mühseligkeit der Untersuchung in den an Amphibien reichsten heissen und feuchten Ländern, zum Theil wegen der Schwierigkeit der Artunterscheidung an Laich, Quappen und Erwachsenen, zum Theil wegen der Veränderungen der Organisation in sehr kurzer Zeit. Man kann jedoch eine Menge wichtiger Einzelheiten dem Obigen beifügen und wir wollen dabei dasjenige vorausgehen lassen, was die erwachsen schwanzlosen betrifft, die anuren Batrachier, welche die stärkste Metamorphose haben.

Die *Rana temporaria* der Autoren, identisch mit *Rana fusca* Rösel hat den meisten Untersuchungen, so auch der bekannten Darstellung von Ecker zu Grunde gelegen. Etwa am zehnten Tage waren auf dem zweiten und dritten Kiemenwulst, d. i. ersten und zweiten eigentlichen Kiemenbogen, Wäzchen vorgespusst, welche sich später zu Kiemenbäumchen verästeln. Auf dieser Stufe verliessen die Embryonen die Eihülle. Nach einiger, nicht bestimmter Zeit waren diese Kiemen zu zwei grossen hirschgeweiartigen Bäumchen geworden, welche ein drittes, ganz kleines, öfter ignorirtes auf dem vierten Wulste verdeckten und es waren vorne die Spalten durchgebrochen. Wenn danach der Mund hergestellt ist, beginnt vom Zungenbeinbogen aus eine Hautfalte, Kiemendeckel über die Bäumchen her zu wachsen, es entsteht eine Kiemenkammer mit einfachem Spaltzugange von aussen. Die genannten Bäumchen, die lateralen Aussenkiemen von Götte, verkleinern sich, indem die Deckelanlage an den oberen, von den Schlundfalten nicht mehr durchbrochenen Bogenantheilen anwächst, stecken in ihrer Beschränkung zunächst noch in der Kiemenkammer, atrophiren dann gänzlich und werden ersetzt durch eine zweite nach Götte mediale Serie von Aussenkiemen an den weiter abwärts liegenden Theilen der Bogen, welche wegen der Verdeckung in der Regel als innere Kiemen der anuren Batrachier bezeichnet worden sind. Diese sind, wie man aus Götte entnimmt, ebenfalls verästelt, stehen dicht längs der ganzen beiden Ränder der gedachten drei Bogen, also in sechs Reihen, nämlich als eine halbe Kieme je an der ersten und der vierten und eine ganze je an der zweiten und dritten Spalte. Unterdessen überwächst der Rand des Kiemendeckels die ganze Kiemengegend und verbindet sich in der Mittellinie dem Bauche hinter dem letzten Bogen und der Stelle, an welcher die Vorderbeinchen vorsprossen werden. Von der oberen und unteren Anwachsung aus verkleinern sich die nunmehr zunächst symmetrischen Kiemenkammerausgänge und es schliesst sich der rechte gänzlich, wobei aber, wie Bär beschrieb, die rechte Kammerhälfte eine quere untere Kommunikation mit der linken geöffneten behält. Die somit von einem weiten Sacke umhüllte Athemkammer birgt die vorwachsenden Vorderfüsse. Aus dem linken Kiemenloche sehen anfänglich noch die Reste lateraler Aussenkiemen vor. Diese verschwinden bald. Dann

schwindet ebenso die mediale Serie der Aussenkiemen sammt den sie stützenden Knorpeln; es schliessen sich die verdeckten Spalten; es wird einerseits das Vorderfüsschen aus dem Athemloch herausgeschoben und durchbricht andererseits die Kiemendeckhaut; diese wächst an den durch Verschluss der Spalten geschlossenen Halswänden an. Es sind gewöhnlich nur die lateralen äusseren Kiemen, deren Gestalt, Kommen und Schwund die Autoren beschäftigte. Bruch fand beim selben Frosche die Bildung der ersten Spalte gleichzeitig mit dem Schluss der Primitivrinne, bei Laich vom 21. März am dritten Tage; am sechsten brachen die freien äusseren Kiemen vor, bei solchem vom 6. März erst am achtzehnten, waren am nächsten Tage an 4''' langen Larven ganz fertig und nach weiteren fünf bis sechs Tagen verschwunden. Denselben zeigten die Embryonen von *Pelobates fuscus Laurenti*, der Knoblauchkröte, welche nur zum Laichen das Wasser aufsucht, wenn am 10. April abgelegt, nach zehn Tagen, wenn am 16. April, bereits nach sieben Tagen die ersten Kiemenspuren, die Theilung am Tage darauf und nach acht Tagen den Untergang. Schon Vogt und Weinland bemerkten, dass auch diese Larven die volle Zahl von vier Bogen und vier Spalten haben. Das Kiemloch, Spiraculum, obwohl links, ist doch dem Bauche nahe gerückt. *Bufo vulgaris Laurenti* legte zwar schon im März Eier ab, die Entwicklung war dann aber sehr langsam und die Kiemen erschienen erst Mitte April. Sie schwanden zwar rasch, aber nicht, ohne fast so lang wie bei Fröschen geworden zu sein, während sie bei anderen Kröten viel kleiner bleiben. Von diesen wurde *B. variabilis Pallas (viridis Laurenti)* schon am 11. April, aber auch noch am 8. Juni im Laichgeschäft gefunden. Es wird von Leydig als angebliche Beobachtung registriert, dass Kröten an feuchten und doch des stehenden Wassers ganz entbehrenden Orten im Stande seien, sich aus dem Ei unmittelbar zur reifen Form zu entwickeln, ohne dazwischen fallende Kiemenbildung; es ist aber nicht klar, ob es sich nicht etwa um eine laxe Anwendung des Titels Kröte oder eine oberflächliche, irrige Angabe handele. Bei *Hyla arborea Linné* schwankte die Laichzeit zwischen 17. April und 7. Mai, sie ist in südlichen Ländern viel früher. In der früheren Jahreszeit vergingen siebzehn, in der späteren nur elf Tage bis zum Verschwinden der Kiemen. Die Embryonen vom 7. Mai hatten am 11. die Primitivrinne geschlossen und schlüpfen aus. Am 14. zeigte sich die erste Spur der Kiemen; vom 15. an waren, wie das gegen Rösel auch Spallanzani angiebt, die Kiemen, wenn sie auch kurz bleiben, kürzer als bei *Pelobates*, doch doppelartig; der Deckel begann sich zu bilden und am 18. waren die äusseren Kiemen verschwunden. Diese Larven erreichen unter allen Batrachiern im Ei die grösste Länge, besonders durch den fischähnlichen Schwanz, später aber sind sie die kleinsten unter den einheimischen.

Bei der Unke, *Bombinator igneus Rösel*, werden nach Götte, sobald

die unteren Abschnitte der Kiemenbogen mit den Spalten bauchwärts umgelegt sind, die lateralen oder anfänglichen äusseren Kiemenfransen am lateralen Ende der ventralen Bogenabschnitte angelegt. Sie stehen büschelweise am ersten bis dritten Bogen in nach hinten abnehmender Grösse, sind unverzweigt, hängen anfangs frei in's Wasser, werden aber alsbald, die vorderen bevor die hinteren genügend entwickelt sind, von dem sich bildenden Deckel überdeckt. Bei dieser Art geschieht die Anwachsung der Deckelfalte am Bauche so, dass die Kiemenkammern der beiden Seiten geschieden sind, die Anwachsung in der Bauchlinie ist kontinuierlich. Indem sich aber die beiden Seitenspalten zu Kanälen, Athemröhren ausziehen, treten deren Enden in der Bauchmittellinie zu einer einzigen Oeffnung zusammen. Demnach gilt die seitliche Verschiebung oder nur einseitige Erhaltung einer äusseren Kiemenhöhlenöffnung, welche man nach Rüssel für allgemein hielt und welcher eine entgegengesetzte Verlegung des Afters entspricht, nicht für alle Anuren. Wenigstens haben noch *Alytes* und *Pelobates* nach Lataste diese mediane Lage des Spiraculum, nach Götte, aber nicht nach Leydig auch die gemeine Kröte. Nach Vollendung der Deckel treten an die Stelle der atrophirenden lateralen äusseren Kiemen weiter abwärts und einwärts mediale.

Bei *Dactylethra* ist nach Wyman der Sack, in welchem die Vorderbeine entstehen, nicht in offener Verbindung mit dem der Athemkammer.

Anuren Batrachiern heisser Länder stehen nicht immer Stümpfe zur Ablegung und Ausbrütung des Laiches zur Verfügung. Der gemeine Laubfrosch hilft sich in Südeuropa mit den Cisternen, deren steile Wände weder den Alten noch der Brut Schwierigkeiten machen und deren Inhalt von Quappen zu wimmeln pflegt. Ein Laubfrosch von Guadelupe und anderen Antillen, *Hylodes Martinicensis* Bibron, legt seine nur 2 mm. grossen Eier unter Blätter. Der Embryo entwickelt sich nach Bavay in zehn bis elf Tagen, hat am vierten jederseits eine Kieme, rotirt bis zum fünften durch Wimpern (siehe oben p. 223), hat am sechsten das Maximum der Circulation in den Kiemen, verliert letztere am siebten und den Schwanz am achten, so dass am neunten Tage und noch vor dem Ausschlüpfen von diesen Organen keine Spur mehr vorhanden ist. Die ausgeschlüpfen Fröschen springen tüchtig, während man durch die Bauchdecken noch Dotter sieht. Auch der *Coqui* von Portorico, vielleicht eine andere Art jener Gattung, klebt die Eier an Amarylliden und Lilienblätter und das Junge verlässt nach Bello y Espinosa das Ei mit vier Beinen und luftathmend. Ja Peters fand an solchen im Ei, an welchen allerdings die Füsse, wenngleich nur stummelartig gebildet waren, weder Kiemen, noch Spalten. Bei den asiatischen *Ixalus*, welche ihren Laich an Bäume hängen und bei *Chiromantis Guineensis* Buchholz und Peters, welche Blätter an Zweigen bis zu mehreren Metern Höhe zusammen klebt, scheinen die befreiten Larven bei Regengüssen

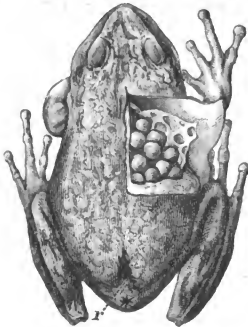
in die Sümpfe zu fallen und die gewöhnliche Entwicklung durchzumachen. Ein australischer Frosch sitzt nach Aitken während der Dürre in einem hohlen Lehmballen, welcher etwa eine Pinte klaren Wassers enthält, und Günther meint, es geschehe das im Interesse der Eier und der Brut. Brasilianische Frösche legen die Eier in hohle Bäume oder in Regen haltende Blattwinkel, wie Prinz Wied und Schomburgk erzählen; bei anderen tropischen scheint die solidere Laichbildung selbst längere Zeit Wasser zurück zu halten, so dass ohne freies Wasser die Brut in den Laichklumpen zu existiren, selbst sich hin und her zu bewegen und an den Laichresten, wie gewöhnlich, zu zehren vermag. Das Weibchen von *Poly-pedates reticulatus* trägt nach Günther die Eier unter dem Bauche. Damit beginnt die Reihe der Fälle einer spezielleren Brutpflege, in welcher die Ortsveränderung des die Eier bewahrenden Thiers den Eiern und Embryonen ebenso wohl geeignete Lebensbedingungen zu schaffen, als sie vor Nachstellungen, denen sie wegen der Schmachhaftigkeit sehr ausgesetzt sind, zu sichern gestattet. Die Entwicklung erreicht auch in dieser Brutpflege eine ungleiche Höhe.

Der einzige europäische Batrachier, welcher eine äussere Brutpflege übt, ist die Geburtshelferkröte, *Alytes obstetricans* Laurenti. Diese bedarf jedoch des Wassers für die sekundäre Brutablage. Die Weibchen geben, vorzüglich nach de l'Isle, den Laich in drei oder, wenn älter, in vier Portionen je mit einigen Wochen Zwischenzeit ab, die älteren schon vom März an, die jüngeren vom Juni bis zum August, so dass es während sechs Monaten und auch in der wasserärmsten Zeit frischen Laich giebt. Die Metamorphose der Larven aber zieht sich nicht allein bis in den Spätherbst, sondern sogar bis in das nächste Jahr, in welchem Falle die Thiere im Larvenstande eine bedeutendere Grösse erreichen. Die Eischnüre, rosenkranzartig und mit einer besonderen klebenden Materie aus den Eileitern umhüllt, werden vom Männchen an die Unterschenkel genommen, vom einzelnen manchmal die von mehreren Weibchen und aus verschiedenen Legezeiten. Die Eier bedürfen zum Gedeihen der Befeuchtung und finden diese im nächtlichen Umherstreifen der Väter an sumpfigen und bethauten Stellen. In der wärmeren Jahreszeit sprossen die Kiemen der Embryonen gegen den siebten Tag hervor, fangen gegen den neunten an Aeste zu bilden, wobei sie nach Vogt nur ein Paar darstellen, und haben gegen den elften so ziemlich ihre Vollendung. Sie sind dann nach Leydig durch etwa zehn Aeste quastartig, länger als die aller anderen ungeschwänzten europäischen Batrachier. Wegen des gänzlichen Mangels an Hautpigment lassen sie die Blutgefässe sehr durchscheinen und sind auffällig roth. Vom vierzehnten Tage ab beschränken sie sich und verschwinden gegen den siebzehnten, wonach die Embryonen noch zwei bis fünf Tage in der Eihülle verbleiben. In Eiern, welche man in das Wasser legt, so

lange die äusseren Kiemen noch vorhanden sind, gehen die Embryonen, statt auszuschlüpfen, in der Eihaut zu Grunde. Die Kiemen erscheinen demnach hier nur als Organe des Eilebens. Uebrigens dauert die embryonale Entwicklung ungleich lang; in den Alpen kann sie nach Tschudi sieben statt drei Wochen in Anspruch nehmen, während Agassiz ihr nur elf Tage zuschreibt. Die hinlänglich reifen, 14—17 mm. langen Embryonen treten, wenn reife Eier in's Wasser kommen, nach Verlauf von etwa einer Viertelstunde blitzschnell aus der berstenden Eihaut. Sie besitzen dann die Lunge, aber auch noch die verdeckten Kiemen und sind viel beweglicher als andere Froschlaven.

Eine ebenfalls eigentlich äussere, auf der Haut gelieferte, aber in einer oder der anderen Weise sekundär verinnerlichte Brutpflege am mütterlichen Leibe haben einige amerikanische Laubfrösche und die Surinamkröte. Bei

Fig. 386.



Nototrema marsupiatum Duméril et Bibron ♀, Beutellaubfrosch aus Centralamerika in natürlicher Grösse und mit theilweiser Bloeslegung des Inhalts der Eitasche durch Zurückschlagung eines Lappens aus dem Dache derselben, nach Günther, jedoch mit etwas deutlicherer Darstellung der äusseren Eigenschaften dieses Frosches, sowie sie vor der Ueberfüllung mit Eiern sich darstellen. r. Eingang zur Rückentasche.

den gedachten Laubfröschen tieft sich über dem Steissbein ganz allmählich, wie das an der centralamerikanischen Art *Nototrema* (*Gastrotheca* Fitzinger) *marsupiatum* Duméril et Bibron von Günther im Vergleiche gesehen werden konnte, eine Tasche unter der Rückenhaut gegen vorn hin aus. Bei dieser Art gaben die Eier keinen Aufschluss über die Entwicklungsgeschichte. Bei seiner *Notodelphys* (*Opistodelphys* Günther) *ovifera* erhielt dagegen Weinland aus den wenigen grossen Eiern, welche in der Rückentasche und deren Nebensäcken steckten, Embryonen. Dieselben hatten nur drei Paar Kiemenspalten. An jedem der zwei Bogen zwischen den drei Spalten stand ein ziemlich langer Faden von $\frac{1}{3}$ mm. Dicke, überkleidet mit Epidermis, darunter eine Lage quergestreifter Muskeln, welche übrigens auch die geschwänzten Ba-

trachier haben, eine Vene und eine Arterie führend. Diese Fäden tragen jederseits zusammen eine in Gestalt einer Windenblüthe ähnliche, sehr zart-häutige Glocke, eine Kiemenumbrella, und die Gefässe der Fäden verbreiten sich in dieser unter Anastomosirung für die zwei Bogen. Verlassen die Larven das Ei, so sind zwar die Lungen ganz ausgebildet, es sind jedoch die kelchförmigen Kiemenplatten noch vorhanden. Die Gegenwart der

Muskeln, welche in dem zusammengedrückten Zustande innerhalb der Eihülle nicht funktioniren können, liess Weinland vermuthen, dass diese Kiemen noch im freien Leben Dienste thun.

Bei der *Pipa americana* Seba erhält jedes Ei in dem auf den Rücken der Mutter geklebten Haufen durch wandartige Erhebung der Haut zwischen und neben den Eiern, seine eigene kleine Tasche, welche sich zwischen den benachbarten polyedrisch presst und mit ihnen wabenartig zusammen ordnet, auch von den Rändern her das Ei mit einer zarteren Membran etwas überdeckt, so dass die Oeffnung der Zelle enger ist als der Durchmesser. Die Jungen schlüpfen nach 82 Tagen, in einer Jahreszeit, in welcher das Wohnland Surinam keinen Regen hat, mit vollendeter Krötengestalt aus. An jüngeren sieht man noch die Schwänze; das Stadium mit äusseren Kiemen scheint bis dahin noch nicht beobachtet. Bei dem mir vorliegenden Exemplare, welches etwa fünfundsiebzig Zellen gebildet hat, sind alle Embryonen frei von Eihäuten. Sie strecken zum Theil den Kopf, zum Theil einen anderen Körpertheil aus der Zelle. Die Lungen enthalten Luft. Ein kleinstes Exemplar scheint noch zu beweisen, dass das rechte Bein aus einem Kiemenloche gewachsen sei. Doch sind auch bei diesem keine Spalten mehr vorhanden.

Zahlreiche Beobachtungen, unter anderen von Bruch, Fatio, Schnetzler, Robin haben es festgestellt, dass wenigstens ein Theil der Tritoneneier vor der Ablage befruchtet wird und die Furchung im Eileiter beginnt, diese Thiere somit für die Entwicklung von den Salamandern weniger scharf geschieden sind, als man früher glaubte. Beide Gruppen sind von den Fröschen verschieden durch die längere Persistenz der äusseren Kiemen erster, lateraler Serie, die bedeutende Grösse, welche diese in drei Paaren erreichen, und die dichte kammartige Besetzung mit zahlreichen Fäden. Es geht das Hand in Hand mit der geringen Entwicklung der Kiemendeckhaut, dem Mangel einer eigentlichen Athemkammer mit beschränktem Spiraculum, sowie dem der Ueberdeckung der vorsprossenden vorderen Gliedmaassen durch die Kiemendecke. Aeusserer Kiemen zweiter Serie, medial und unter der Deckhaut, bilden sich überhaupt nicht. Das kürzere oder längere Verweilen der befruchteten Eier in der Mutter bedingt sehr auffällige Unterschiede. Auch sind bereits bei den Tritonen, welche diese Eier im Ganzen sehr schleunig, selten erst nach einigen Wochen ablegen, die Verhältnisse der weiteren Entwicklung etwas ungleich. Bruch fand, dass Larven von *Triton taeniatus* Schneider aus am 30. Mai abgelegten Eiern schon am 3. Juli die Kiemen zum Theil verloren hatten, während *T. cristatus* Laurenti auch nach Anderen sie erst im zweiten Jahre gänzlich verliert. Die eben vorsprossenden Kiemen des letzteren fand Leydig gleichmässig mit äusserst feinen Wimpern bedeckt. Waren die Larven 3—4^{'''} lang geworden, so gruppirten sich die Wimpern in Büschel

wie solche auch sonst am Kopf vorkommen und am Schwanz schon von Gegenbaur gesehen wurden. Die verschiedenen von Leydig beobachteten Arten, theils von Anfang, theils von Ende April an laichend, zeigten doch sämmtlich die Kiemen im September in Rückbildung.

Der Brillensalamander, *Salamandrina perspicillata* Savi, von den westlichen Abhängen des Apennin, gehört in der Fortpflanzung wie in den sonstigen Eigenschaften zu den Tritonen; er steht sogar nach Wiedersheim besonders hoch unter diesen. Er gruppirt seine Eier wie Frösche und Kröten. Dieselben sind nur hirsekorngross. Die Embryonen schlüpfen nach Lessona nach drei Wochen aus und haben dann die Anfänge der Kiemen; die Verästelung erfolgt später.

Für den gemeinen Erdsalamander, *Salamandra maculosa* Laurenti, ist die Begattungszeit und die Dauer des embryonalen Lebens noch nicht festgestellt und es wird die Frage durch das anscheinende Genügen einer Begattung für mehrere Sätze von Eiern vermittelt der Samentasche verdunkelt. Abgelegt werden in fliessendes Wasser Embryonen, entweder schon befreit, oder alsbald die Eihaut sprengend, vom Frühjahr bis in den Herbst, nachdem sie im Uterus etwa zolllang geworden sind und vier Füsse, überhaupt mit Ausnahme der Kiemen ein fertiges Ansehen, doch mehr das von Tritonen, bekommen haben, jedesmal in grossen Mengen, welche vorher dicht in den Eileitern zusammengepackt lagen, soviel die Länge des Leibes erlaubt. Die Kiemendeckel ähneln denen der Fische und verdecken vier Spalten; darüber stehen drei gefiederte Kiemen; ganz wie bei Tritonenlarven. Die Thierchen fangen jedoch bald an, Luft zu schöpfen und verlassen in der Gefangenschaft gewöhnlich schon nach einigen Wochen, sonst nach einigen Monaten, auf das Doppelte gewachsen und nach Herstellung von Bau und Farbe der Eltern unter Schrumpfen der Kiemen und Anwachsen des Deckels an die Spalten, das Wasser. Im Freien kann man sie noch im November mit Kiemen finden.

Der Alpensalamander, *Salamandra atra* Laurenti, bringt, wie Schreibers entdeckte, gleichzeitig nur zwei Embryonen zur Reife. Diese haben ungeborene Kiemen von grosser Zartheit und bedeutender Ausdehnung, so dass sie fast den ganzen Rumpf schleierartig umhüllen. Diese Kiemen verkümmern bereits vor der Geburt und die Brut wird mit ausschliesslicher Lungenathmung abgelegt. Die Eihaut muss schon lange vor der Geburt zerreißen, da die Larven im Eileiter die unbefruchteten Eier verzehren. Man war früher der Meinung, dieser Salamander sei nur im Stande, falls er Wasser zur Ablage der Jungen, welche wohl kaum vor dem August geschieht, nicht fände, diese länger zu tragen und dann schwänden jene zur Wasserathmung bestimmten Kiemen; die Rückbildung vor der Geburt sei nicht das eigentlich Normale. Die äusseren Kiemen in dieser Gestalt müssen jedoch, wie bei *Alytes*, als ein embryonales Athemorgan betrachtet

werden. Die Versuche des Fräulein von Chauvin auf Veranlassung von Weismann zeigen, dass, wenn man aus dem Leibe der Mutter genommene, noch mit grossen Kiemen versehene Embryonen dieser Art in das Wasser setzt, diese Kiemen doch nach einigen Tagen, langsamer bei jüngeren, rascher bei älteren, abgeworfen werden, auch nach ihrer Beschaffenheit nicht fähig sind, den Dienst der Wasserathmung im Freien zu besorgen; dass sie dann aber ersetzt werden können durch neu vorbrechende, welche eine gewisse Zeit wachsen, länger, wenn die Larve weniger reif war, und welche bis zu einer Dauer des Verweilens im Wasser von 14 Wochen und einer Körperlänge von 6 cm., funktionieren, dann unter Schluss der Spalten und in Resorption ebenfalls schwinden, womit das Wasserleben aufhört. Die Kiemen zweiter Serie bilden ebenfalls drei Paare, stellen zuerst rothe Kegelchen dar und bekleiden sich dann mit einfachen oder gegabelten Fäden, dabei für die zwei Seiten sehr ungleich, unregelmässig, auch ändernd und im Gesamtbilde durch Kürze, blasige Auftreibung und Abstehen vom Kopfe von der ersten Serie sehr verschieden. Die ungleiche Füllung mit Blut bei Aenderung der Verhältnisse des Wassers zeigt die Kontraktilität ihrer Gefässe an.

Vielfach ist in den aufgeführten Beobachtungen eine Abhängigkeit der Entwicklung von der Temperatur zu erkennen gewesen. Schon von Spallanzani an suchte man diese Einwirkung durch Versuche festzustellen. Man sah die Entwicklung meist in der Gefangenschaft langsamer vor sich gehen. Martin de Saint-Ange erhielt Quappen den ganzen Winter. Hamlin fand 1864, dass in Nordamerika überhaupt ein Theil der Kaulquappen nicht im selben Jahre zur Reife gelangt und die Wandlung im anderen Frühjahr wieder aufnehmen muss. Auch die blosse Lichtentziehung, welche den Stoffwechsel schmälert, verzögert die Entwicklung. Schnetzer konnte durch sie die bedeckten Kiemen der Froschlärven sieben Monate lang erhalten. Für die Erhaltung der Kiemen der geschwänzten scheint sie besonders wichtig; junge Salamanderlarven suchen die dunkelsten Stellen; das Licht verändert ihre Haut in einer der Kiemenathmung ungünstigen Weise. Blosse Nahrungsbeschränkung wirkt nicht so; Bruch konnte durch sie einen vollkommen metamorphosirten Grasfrosch von nur 4''' Länge erzielen. Bei gänzlicher Nahrungsentziehung freilich machte bei Rusconi eine sehr kleine Tritonenlarve gar keine Fortschritte in der Entwicklung. Einige Befunde zeigten, dass unter Umständen bei geschwänzten Batrachiern die Entwicklung der Athmungsorgane nicht der Ausdruck der Gesamtentwicklung war, dass die Kiemen erhalten blieben, während im übrigen die Organe, namentlich auch die der Fortpflanzung, welche doch das Merkzeichen für den Abschluss zu geben geschienen hatten, ihre Vollendung erfuhren. Zuerst theilte 1833 Schreibers mit, dass er Triton taeniatus Schndr. oft im April und Mai 36—40''' lang in Gartenteichen und

Landseen, welche fortwährend von unterirdischen Quellen gespeist wurden, mit Kiemen und doch mit Eiern gefüllt gefunden habe, während die Brut des laufenden Jahres sich noch in den Eiern befand. Dann entdeckte in gleichem Stande 1861 de Filippi etwa fünfzig Stück *Triton alpestris* Laur., kaum mit normalen untermischt, in einem See von 1240 Meter Meereshöhe im Formazzathale. Endlich sah Jullien 1869 den *Triton punctatus* der Franzosen, welcher aber mit *T. taeniatus* synonym ist, im kiementragenden Stande wirklich Eier legen.

Rusconi hatte Versuche darüber gemacht, wie Larven sich verhielten, wenn man sie zwingt, unter Wasser zu bleiben. Er hatte das Ergebniss, dass die Entwicklung dadurch wohl verlangsamt werde, aber sich vollende, wobei Tritonen trotz des Schwundes der Kiemen unter Ausschluss der Luftathmung in fliessendem Wasser zu leben vermochten. Schreibers aber erzählt, dass es ihm in solcher Weise geglückt sei, die Tritonen den ganzen Winter im Larvenstande zurückzuhalten, und er hielt den Proteus für nichts anderes als eine solche zurückgehaltene Larve. Die früher bei den Schnecken mitgetheilten Erfahrungen lassen vermuthen, dass das Gelingen dieser Experimente nicht allein davon abhängt, welche Athmungsleistung der noch vorhandene Entwicklungsstand der Kiemen, sondern auch davon, welche der Zustand des Wassers ermögliche. Langer hielt bei einigen Larven von *Pelobates*, welchen er nicht gestattete an Land zu gehen, die Metamorphose bis in den zweiten Sommer zurück, dann aber trat sie doch ein.

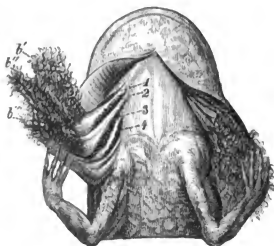
Im Allgemeinen werden Batrachier in der letzten Vollendung der Gestalt kleiner als sie am Ende des Larvenstandes waren und, da sie danach nicht grade immer auf's Neue eine erhebliche Grössenzunahme erfahren, kann es geschehen, dass die Larven das erwachsene Thier an Grösse übertreffen. Dieser Umstand, welcher seiner Zeit Fräulein von Merian in den Glauben versetzte, dass der Trugfrosch oder Jakie Brasiliens, *Pseudis paradoxa* Wagler, vom Frosch zur Quappe und von dieser zum Fisch übergehe, muss auch in anderen, mässigeren Fällen im Auge behalten werden.

An einem manchmal schuhgrossen salamanderähnlichen Batrachier, dem Axolotl oder Atolocalt der Mexikaner, hat schon Hernandez um die Mitte des sechszehnten Jahrhunderts die Versorgung mit Kiemen erkannt, da er ihn einen *Gyrinus* nennt. Cuvier, Rusconi, Baird, Gray, Girard blieben bei der Meinung, dass diese Thiere, für welche Wagler die Gattung *Siredon* gemacht hatte, Salamandridenlarven seien, wo sie dann Gray und Girard zu *Ambystoma Tschudi* rechneten, welches Marsh u. A. sprachlich in *Amblystoma* berichtigten. Dass man die Erwachsenen nicht kenne, fand Baird begreiflich, da er ähnlich z. B. für seinen *Pseudotriton (Spelerpes) salmoneus* eher Hunderte von Larven

als ein erwachsenes Stück fand. Uebrigens wollte Girard drei und Duméril fünf Arten Siredon unterscheiden, *S. Humboldtii*, *maculatus* Baird, *mexicanus* Shaw, *gracilis* und *lichenoides* Baird. Diese Siredon haben jederseits vier Kiemenspalten unter einer Deckelfalte. Die erste Spalte liegt zwischen dem Zungenbeinbogen und dem ersten Kiemenbogen. Der erste Bogen ist auf der Innenkante nur nach hinten, der zweite und der dritte sind hinten und vorn, der vierte ist nur vorn mit zahnartigen Höckern besetzt. Hinter dem vierten ist eine Grube mit zarter Haut, aber keine Spalte. Die drei vorderen Kiemenbogen erweitern sich nach aussen membranartig, am stärksten der erste, und bilden oben eine sehr kräftige mit mehreren Reihen Fäden besetzte Kieme.

Die erste Kieme ist die kleinste, die dritte ist so gestellt, dass man einen Antheil vom vierten Bogen mit in ihr suchen kann. Die Haut der Kiemenstämme ist bräunlich in's Violette, die Fäden sind noch dunkler. Dabei sind Lungen vorhanden, welche wie die des Proteus und der Tritonen einfach sackartig sind. Die Frage über die Natur dieser Geschöpfe in Betreff der Reife schien, indem man die oben genannten Fälle von Tritonen kaum in Betracht zog, entschieden, als man Eier in ihnen fand, und vollständig als 1865 ein Siredon, vermuthlich *S. lichenoides* Baird aus den alpinen Seen von Wyoming, aber dies nicht nach Weismann's Meinung, in der Ménagerie du jardin des plantes, in Paris laichte und die Embryonen nach 28—30 Tagen ausschlüpfen, während sie das nach Nauck schon nach neun Tagen thun können. Deren Kiemenfäden hatten zunächst wenig Aeste; die Vorderfüsse waren vorhanden, die Hinterfüsse kamen erst nach mehr als zwei Monaten. Kaum in einem Sinne entschieden, begegnete die Frage neuen Zweifeln, als im Herbst ein Theil der Jungen, nach Duméril's Mittheilung binnen etwa sechszehn Tagen, die Kiemen verlor, nur Höckerchen davon behielt, ebenso den Kamm verlor, weissliche Flecken erhielt und auch in anderen Eigenschaften, z. B. in der Stellung der Gaumenzähne, sich erheblich von den seit Jahren bewahrten Eltern entfernte, welche immer noch Kiemen trugen und immer noch wuchsen, und so zum *Amblystoma*, wahrscheinlich *A. luridum* oder *mavortium* Baird wurde. Es waren unter der in den nächsten Jahren in mehreren Generationen und zu Tausenden gezüchteten Brut in

Fig. 387.



Vordertheil von *Siredon mexicanus* Shaw aus Mexiko, Larve von *Amblystoma*? vom Bauche in natürlicher Gröesse. b'. b''. b'''. Die drei Kiemen. 1—4. Die vier Spalten, besser sichtbar gemacht durch Zurücklegung der Deckelfalte.

jedem Jahre nur einige, 1865 vier bis fünf, 1866 neun Stück, welche die Kiemen verloren. Grade diese, welche also die vollkommen erwachsene Form herzustellen schienen, gelang es zunächst durchaus nicht, zur Fortpflanzung zu bringen. Es schien hier, indem die Geschlechtsreife eilig erreicht wurde, mit ihr die Fähigkeit zur Durchführung der Metamorphosen der Athmungsorgane verloren zu gehen, der kiemenlose Stand aber, wenn durch abnorme Verhältnisse erzwungen, die Geschlechtsthätigkeit auszuschliessen. Was anfänglich mehr zufällig einige Stücke betraf, Schwund der Kiemen und Ueberwachsung der Athemspalten, das lehrte 1874 Fräulein v. Chauvin erreichen durch Versetzung in flaches Wasser, in welchem die Thiere mit der Luft in Berührung kommen und diese athmen müssen, wenn das in der richtigen Lebensphase, nämlich im Dezember und nach vorausgegangener ausreichender Ernährung geschieht, so dass die Thiere in kräftigem Stande sind, während im Gegenversuche in tiefem Wasser gehaltene Siredon derselben Brut den ganzen Winter die Kiemen behielten. Der Siredonstand scheint endlich als vollkommen gleichwerthig dem geschlechtsthätigen Stand der Tritonlarven erwiesen, nachdem es 1876 Vaillant gelang, auch die aus Siredon gezogenen Amblystomen zur Eiblage zu bringen. Die Seltenheit dieses Vorkommens mag sich daraus erklären, dass es im Allgemeinen sehr schwierig ist, Landsalamandern in der Gefangenschaft gute Existenzbedingungen zu schaffen und sie zur Paarung zu bringen. Die Eier des Siredon werden nach Robin, wie bei Tritonen in der Kloake befruchtet, jedoch vielleicht durch Aufnahme mit aus abgelegten Samenpröpfen frei gewordenen Spermatozoen gemischten Wassers. Die vollendeten Amblystomen sind in grosser Anzahl von Arten in Nordamerika von New-Jersey und Pennsylvanien an bis Südkarolina, Oregon und Californien, aber nach Cope nicht südlich vom Wendekreis und namentlich nach de Saussure nie bei der Stadt Mexiko gefunden worden, aus deren See Tausende von Siredon auf den Markt gebracht werden. Jedoch hat Tegetmeyer in der Gefangenschaft auch bei dem mexikanischen die Umwandlung gesehen. Die von Baird beobachteten Amblystomen legten weniger Eier ab als die Siredon, aber die Eier waren sehr gross. Die Kiemen der daraus hervorgegangenen siredonartigen Larven schwanden nach einigen Monaten. Es wird nützlich sein, weitere vergleichende Untersuchungen, sowie genauere Nachforschung nach Amblystomen, nicht im See von Mexiko, sondern an solchen Stellen in der Nähe, an welchen Landsalamander existiren können, zu machen, bevor man die Sache sich biologisch ordnet und darüber entscheidet, ob das mexikanische Amblystoma sich nur leichter als ein Triton den Umständen in Kiemenerhaltung füge, oder ob es durch die besonderen örtlichen Verhältnisse definitiv zu einem Siredon geworden ist, wie Vetter und Weismann meinen, nach welchem letzterem die Amblystomenform nur ein ausnahmsweise eintretender Rückschlag, in Organisation

höher als die im Naturzustande vorkommenden Amblystomen wäre. Zufällig verlorene Kiemen wachsen auch bei Siredon in der alten Form nach.

Drei weitere Amphibien mit Persistenz von mehr oder weniger Kiemen-einrichtungen wurden in kurzen Zwischenzeiten von 1765—1772 bekannt, *Siren lacertina* Linné, welche überdies nur Vorderfüsse besitzt, und *Amphiuma means* Linné aus dem Süden der vereinigten Staaten und *Proteus anguinus* Laurenti aus den unterirdischen Gebirgsgewässern von Krain, früher vor Allem aus der Adelsberger Grotte.

Bei *Siren* erheben sich ähnlich wie bei Tritonlarven drei etwas plumpe Kiemen mit dicken und verästelten Fadenanhängen in aufsteigender Reihe von der Hinterkante der Kiemendeckfalte und entsprechen, wenn man diese Falte lüftet, den oberen Enden von Kiemenbögen. Es sind drei Spalten da, die erste hinter der ersten Kieme, die mittlere, grösste unter der zweiten Kieme, die letzte so beherrscht von der dritten und grössten Kieme, dass diese noch mehr als bei *Siredon* als Verschmelzung einer dritten und vierten erscheint. Auch hier sind die Bogen aussen mit einer Membran gesäumt und innen mit zahnartigen Vorragungen versehen. *Siren* kann lange auf dem Lande verweilen. Cope fand einmal die Kiemen zwischen den Spalten angewachsen und verkümmert und sah in einem anderen Falle die verlorenen Kiemen in gleicher Form wieder nachwachsen.

Amphiuma, von welcher Gattung die mit drei statt mit zwei Zehen versehene Art als *Muraenopsis* von Fitzinger abgedondert wurde, hat nur eine einzige, ovale Kiemenöffnung jederseits ohne, nach Harlan selbst bei nur wenig Monate alten Exemplaren, eine Spur von Kiemen. Das Gleiche hat *Menopoma* (*Protonopsis*) *alleghaniensis* Michaux (*horrida* Barton), welche 1812 bekannt wurde. Bei beiden ist es die Spalte zwischen dem dritten und vierten Bogen, welche persistirt; der Hautsaum des vierten Bogens ist eine wahre Klappe geworden, welche sich nach vorne anlegen und die Spalte vollkommen schliessen kann.

Dazwischen vermittelt *Proteus*, welcher drei Kiemen und zwischen diesen zwei feine Spalten besitzt. Dessen erste, kleinste Kieme steht am oberen Winkel der Deckelfalte, die zweite grösste und die dritte folgen rückwärts in schräg aufsteigender Linie. Die von ihnen herunterziehenden, wenig breiten Bogen verbergen sich etwas unter der Deckelfalte. Die Kiemen sind bald ungestielt, bald gestielt und dann mit Stielen von ungleicher Länge, kammförmig oder verästelt. Sie ziehen sich unter Einwirkung des Lichtes zusammen. Fitzinger hat zum grossen Theil auf ihre Gestaltsverschiedenheiten sieben Arten in der Gattung unterschieden, aber, wie die Kiemen zu einer gegebenen Zeit je nach den äusseren Umständen durch Kontraktion blutreich und üppig oder zusammengefallen sind, so ändern sie auch im Wachsthum ihre Form. Ehrenberg sah

bei einem Exemplare, welches er vierzehn Jahre lebend hielt und welches, vor dem Licht immerhin weniger geschützt als in den Grotten, allmählich

Fig. 388.



Vordertheil von *Proteus* (*Hypochthon*) *anguinus* Laurenti, varietas Freyeri Fitzinger aus Krain in natürlicher Grösse. b, b', b''. Die drei Kiemen. f, f'. Die zwei Kiemenpalten.

dunkler wurde, eine mit dem Alter fortschreitende Verkümmern der Kiemen. Auch Schreibers fand bei *Proteus* zahlreiche Anomalieen, wie für die Organe der Fortpflanzung, so für die der Athmung. Es werden bei einigen auch die Augen merklicher als bei anderen.

Mit dem *Proteus* theilt der 1799 bekannt gewordene nordamerikanische

Menobranchus (*Necturus*) *lateralis* Wagler aus dem Champlain- und anderen Seen, wie er im Schädelbau nahe steht, so die Gegenwart von drei Kiemen und zwei Spalten. Wie er aber überhaupt viel plumper ist, so sind in's besondere die Kiemen massiger, denen des *Siredon* ähnlich. Die Lappen sind breit und nehmen an der Färbung der äusseren Haut Theil, die Fäden sind fein, äusserst zahlreich und im Leben schön roth. Cope meint, dass derselbe in gleicher Beziehung zu der Salamanderform *Batrachoseps* stehe, wie *Siredon* zu *Amblystoma*.

Im Uebrigen, namentlich für die Fusszahl, an Siren angeschlossen, aber nur mit drei statt mit vier Fingern, hat der gleichfalls nordamerikanische *Pseudobranchus striatus* Leconte, 1822 bekannt geworden, zwar drei Kiemenlappen aber nur eine Spalte jederseits.

Den Nachweis endlich, dass auch der Riesensalamander, der Sansiyau uwo der Japanesen, *Sieboldia maxima* Schlegel, welchen Ph. Fr. v. Siebold entdeckte, welcher auch in den kleinsten, doch einen Fuss langen Stücken keine Spur von Spalten oder Kiemen besitzt und welchem sich eine zweite Art, *S. Davidiana* Blanchard in Nordchina gesellt, nach seinem weiteren Bau neben *Meropoma* und *Amphiuma* gestellt werden muss, verdanken wir van der Hoeven. Wir haben also in dieser Gruppe alle Möglichkeiten für Kiemenpalten von 0—4. Japanische Abbildungen geben den jungen Riesensmolchen Kiemen.

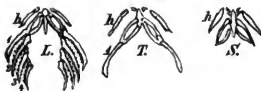
Michahelles machte 1825 eine Beobachtung, welche in der Isis 1830 und 1831, auch in Oken's allgemeiner Naturgeschichte aufgenommen, später, wohl weil ungläubig angesehen, von den Meisten nicht beachtet wurde, nach welcher ein *Proteus* am 17. Juni drei lebende Junge von dem Ansehen der Mutter und anderthalb Zoll Länge, sowie einige Blasen, möglicher Weise etwas weniger entwickelte Eier, und viele unentwickelte Eier ablegte. Wenn F. E. Schulze neuerdings am 7. Mai abgelegte Eier, von welchen einige die Furchung begonnen zu haben schienen, erhielt, so steht das mit jener Beobachtung nicht nothwendig im Widerspruch. Beide

Geburten scheinen verfrühte gewesen zu sein, jene ein wenig, diese viel mehr. Eher als dass der *Proteus ovipar* sei, ist hiernach wahrscheinlich, dass er entwickelte Junge gebäre, wahrscheinlich jedesmal in geringer Zahl, nachdem diese die anderen Eier verzehrt haben, wie die des Alpensalamanders. Es wird weniger angehen, wie sonstige Verwandtschaft, so auch den entwicklungsgeschichtlichen Vergleich für *Proteus* in den Tritonen, als ihn, wie für andere Perennibranchiaten in den Landsalamandern zu suchen. Auch das von *Rusconi* abgebildete reife Ovarium des *Proteus* aus dem Monate November zeichnet sich durch Grösse und geringe Zahl der Eier aus.

Ueber die von *Rusconi* vertretene und zur Begründung seiner Meinung, dass alle vermeintlichen Perennibranchiaten und nur Spalten besitzende Perobranchiaten Larven seien, benutzte Theorie, dass die Gegenwart von Spalten den Gebrauch der Lungen, das Schlucken der Luft in diese mechanisch unmöglich mache, hat schon frühzeitig *Martin St. Ange* den Stab gebrochen. Die Spalten können, wie durch Führung der Bogen nach aussen und vorn geöffnet, so durch die entgegengesetzte Bewegung einander genähert und durch *Constrictoren* geschlossen werden. Die membranösen Ausbreitungen der äusseren Kante und die papilläre Besetzung der vorderen und hinteren befestigen solchen Verschluss. Auf dem Bogen liegt eine knorpelige an den Papillen sich erhebende Stützplatte.

Von den vier Kiemenbogen, welche auf jeder Seite bei den Larven der Tritonen und Salamander auf das Zungenbeinhorn folgen, haben die beiden vorderen zwei Segmente. Die ventralen Segmente stützen sich auf eine schmale *Copula*, welcher sich nach *Martin St. Ange* bei *Triton cristatus* *Laur.* vorne auch die Zungenbeinhörner anlehnen, vor welcher jedoch mindestens in der Regel, z. B. bei *Triton marmoratus* *Laur.* nach *Dugès*, diese unbunden bleiben. Diese möchte *Wiedersheim* hintere Hörner nennen, indem bei einigen später angewachsene, oder doch näher anliegende, auch wohl doppelte, grosse oder kleine Stücke als vordere unterschieden werden können. Die beiden hinteren Bogen haben wohl in der Regel nur das obere Segment und legen sich einander und dem zweiten Bogen an. *Rusconi* stellt übrigens für sie in eine Gabel verschmolzene untere Segmente dar. In der Metamorphose schwinden bei den Tritonen die zwei hinteren Bogen und das obere Segment des zweiten, nachdem sie sich vorher an einander gedrängt haben, in Verflüssigung des Gewebes und Resorption, bei den Salamandern auch noch das obere des ersten Bogens, so dass bei jenen ein oberes Stück auf zwei untere gestützt, bei diesen

Fig. 389.

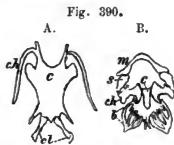


Die Metamorphose des Kiemenapparates der Salamandriden. L. Der Zustand in der Larve. T. Der Zustand im erwachsenen Triton. S. Der Zustand im erwachsenen Salamander.

h. Zungenbein. 1-4. Die vier Kiemenbogen.

nur zwei untere, zu einem ovalen Ringe verbundene übrig bleiben. Die oberen Stücke aber waren es, welche anfänglich die Spalten zwischen sich hatten. Die Zungenbeinhörner geben die Verbindung mit dem Suspensorium auf. Die erwachsene Sieboldia zeigt gleichfalls nur die beiden ersten Bogen; Proteus und Menobranchus haben drei, Menopoma, Amphiuma, Siredon und Siren vier, von welchen Amphiuma den ersten, Siredon die drei ersten zweigliedrig hat, während bei den anderen alle zweigliedrig sind. Für perennirende Kiemen erhalten sich also überall die oberen, sie tragenden Abschnitte. Mit dem gänzlichen Schwund der Spalten bei Sieboldia schwinden deren Konstriktoren.

An den vier breiten und flachen, dorsal und ventral verbundenen Bogen jeder Seite bei den Froschlarven erweitert sich die ventrale Verbindung zu einer dreieckigen Platte, deren hintere Seite die Bogen trägt, während an die vordere der Zungenbeinbogen sich anlehnt und die innere mit der des Partners zusammenstößt. Zwischen diese Platten schiebt sich vorn das eigentliche Copulastück ein und ergänzt die Verbindung der Zungenbeinbogen. Während die eigentlichen Kiemenbogen in der Metamorphose schwinden, verschmilzt die Copula mit den gedachten ventralen Verbindungsplatten zu einer grossen einfachen Kehlplatte oder einem Zungenbeinkörper. Die ursprünglich sehr plumpen Zungenbeinhörner längen sich zugleich stabförmig aus und schieben ihre Einlenkung vom Suspensorium rückwärts und aufwärts an die vordere Gränze der Seitenstücke des Hinterhauptbeins.



Die Metamorphose des Kiemengerüsts des Frosches. A. Der Zustand im erwachsenen Frosch. B. Der Zustand in Kaulquappen. m. Unterkiefer. c. Körper des Zungenbeins. ch. Vordere Zungenbeinhörner (styloidea). s. Suspensorium. b. Kiemenbogen. cl. Hintere, zum Larynx gezogene Zungenbeinhörner (thyreoidae).

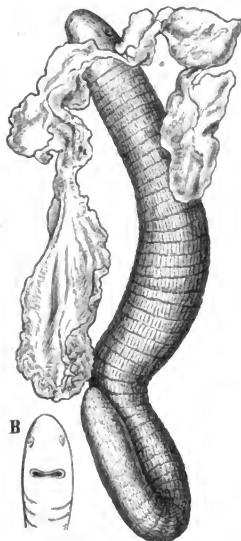
Ventral sind sie mit dem Körper kontinuierlich. Sie werden dann, aber nicht im Sinne Wiedersheim's, als vordere Hörner, Cornua styloidea, unterschieden, weil von der ventralen Platte aus hinter dem Bogen des vierten Paares während der Verminderung und des Schwundes der fungirenden Kiemenbogen ein neues Paar entsteht, welches, da es sich abgliedert, nicht mit anderen an den Platten entstehenden Zacken zusammengeworfen werden darf und eigentlich ein fünftes Kiemenbogenpaar darstellt. Diese Stücke, die gewöhnlichen hinteren Zungenbeinhörner, Cornua thyreoidae, auch, und das ist die dritte Verwendung dieses Namens, Columellae, lenken sich medial ein, verknöchern und lehnen sich ohne eine weitere Gliederung bei den gewöhnlichen, aber doch nicht bei allen, z. B. nicht bei Pelobates und Bombinator, lateral mit knorpligen Epiphysen an den Kehlknorpel an, indem sie diesen zwischen sich fassen. Es giebt dabei allerdings bei den Erwachsenen weitere, nicht unbedeutende Verschiedenheiten in Gestalt und Verbindung der Theile, bis zum Fehlen der Cornua styloidea für den distalen Antheil bei der zungen-

losen Pipa, und namentlich gewöhnlich noch zwei Paar dem Zungenbeinkörper angewachsener Fortsätze, Zacken, falsche Hörner, an Stellen, auf welche sich früher die Kiemenbogen stützten. Bei Bombinator ist eines von diesen als mittleres, nach der Entstehung drittes Zungenbeinhornpaar, gleich dem sogenannten vierten, richtiger fünften, verknöchert. Bei Hyla lehnen sich zweites und drittes Horn an das erste und das Zungenbein gleicht bei sehr verkümmertem Körper, abgesehen von den Columellae, einem Paar zackiger Geweihe. Bei Pipa und Dactylethra wird unter starker Reduktion des Körpers durch Begegnung der vorderen Hörner kurz über den Basen vorn ein umrahmtes Loch geschaffen und es werden die zwei mittleren Zackenpaare durch eine grosse lappige Platte vertreten.

Dass die schlangenartig fusslosen, mit, wenn auch sehr schwachen, in Ringel geordneten schuppenartigen Hautplatten bekleideten Caecilien zu den Amphibien als Peromela oder Gymnophiona gestellt werden, beruht vorzüglich darauf, dass J. Müller 1831 an einem Exemplare der *Caecilia* (*Ichthyophis* s. *Epicrium*) *hypocyanea* Hasselt oder *glutinosa* Duméril et Bibron aus Java in der Leydener Sammlung von $4\frac{1}{2}$ '' Länge jederseits am Halse eine nicht ganz kreisrunde Spalte von 1'' Weite erkannte, gelegen in dem gelben Seitenstreifen, anscheinend im Inneren mit schwarzen Fransen, welche den Zungenbeinhörnern oder Kiemenbogen anzuhängen schienen, aber nicht vorragten. Die Spalte kommunizierte mit der Mundhöhle. Zugleich war der Schwanz relativ länger als an älteren, der Spalten entbehrenden Stücken und hatte eine Art von Hautumsäumung. Ein altes Stück derselben Art von über einem Fuss Länge hatte keine Spur dieser Spalten. Fitzinger fand die Bestätigung der Mittheilung an einem Exemplare des Wiener Museums, welches 5'' 5''' mass. Da es Müller vergönnt wurde, dieses Stück zu zergliedern, ergaben sich im Grunde jedes einfach scheinenden Loches zwei Kiemenpalten, eine zwischen dem dritten und vierten und eine nur ein Drittel so grosse zwischen dem zweiten und dritten Bogen hinter dem Zungenbeinhorn. Die Zungenbeinbogen und die zwei vorderen Paare der Kiemenbogen waren durch eine Copula verbunden, die beiden hinteren Kiemenbogenpaare in ihrer Form der Umgreifung der Spalte angepasst. Die Bogen waren ganz glatt, ohne Spur von Kiemen. Solches bestätigte Peters an einem Exemplar von Malacca, welches 123 mm. lang war; gezackte Haut an den Bogen schien jedoch frühere Kiemen anzuzeigen. Die Löcher, in deren Grunde die zwei Spalten lagen, standen am oberen Rande des Seitenstreifens. Die Augen waren viel deutlicher als bei Erwachsenen. Ebenso gab Duméril bei *Caecilia oxyura* Dum. et Bib. aus Malabar ein Kiemenloch an. Leprieur sah dagegen eine *Caecilia compressicauda* Duméril et Bibron sechs lebende Junge ohne eine Spur von Kiemen oder Spalten gebären und Gervais überzeugte sich von der Richtigkeit der Beobachtung. Bei *C. rostrata* Cuvier (?) von den Seychellen

zwischen 35—240 mm. sah Möbius ebenfalls keine Kiemen, Spalten oder von solchen hinterbliebene Spuren. Grade an der von Leprieur untersuchten Art stellten sich später äusserst merkwürdige Verhältnisse heraus.

Fig. 391.



Caecilia compressicauda Duméril und Bibron aus Cayenne um die Zeit des Geborenwerdens mit blasigen Kiemenanhängen in natürlicher Grösse, nach der Darstellung von Peters. B. Der Kopf nach Abfall der Kiemenblase mit der Nackennarbe.

Jelski hatte 1866 ein Weibchen von 50 cm. Länge in einem Trinkwasserkanale des Flusses Kaw in Cayenne gefangen, welches alsbald ein Junges geboren hatte und in dessen Ovidukten Wrzesniowski deren noch fünf fand. Einige von diesen kamen 1874 zur Verfügung von Peters. Sie hatten keine Eihülle, massen 136—157 mm., besaßen keine Spur von Kiemenspalten. Dagegen hatten sie jederseits im Nacken eine Blase von 55 mm. Länge, von gestreckter unregelmässiger Gestalt, mehrfach eingeschnürt und von einem Gefässnetze durchzogen. Die Blasen beider Seiten waren querüber im Nacken verbunden. Jede erhielt von der Aorta primaria eine Kiemenarterie etwa 6 mm. vor der Lungenarterie und setzte aus den ausführenden Venen eine Aortenwurzel zusammen. Wenn diese Blasen abfallen, so ist ihre Wurzel durch eine quere Narbe im Nacken angezeigt. Peters vergleicht diese Kiemenbildung der von Notodelphys. Es scheinen sich demnach die Caecilien in Betreff der embryonalen Athemorgane ungleich

zu verhalten, Verhältnisse der Salamander sich mit denen brutpflegender Frösche in ihrer Kiemenversorgung zu vereinigen. Man kann selbst die letzt erwähnten Kiemen, welche nicht geeignet scheinen, im Wasser zu funktioniren, einigermaassen mit der Allantois vergleichen und als deren Ersatz ansehen. Die erwachsenen Caecilien behalten drei von den vier Kiemenbögen, deren erster mit dem Zungenbein an die Copula stösst. Jedoch bildet Henle bei einem ziemlich grossen Stücke Rudimente des vierten Paares ab (vgl. Fig. 395, p. 306).

Diejenigen Amphibien, welche Kiemen tragen, ohne dass ihre Athemkammer bis auf eine kleine Oeffnung geschlossen ist, pflegen sich, sobald der

Mund durchbrochen und besser ausgebildet ist, nicht auf die Athmung vermittelt der Bewegung der Kiemenbogen und des Mundes unter Wasser zu beschränken, sondern lieben es, aufzutauchen und Luft zu schlucken, welche, so lange und so weit sie nicht in die Lungen genommen wird, durch die Kiemenspalten wieder austritt. Andererseits kann für die Lungen, so lange die Kiemen noch regelmässig funktionieren und besonders, wenn sie in einfacherem Bau sackartig sind, nach Füllung mit Luft die schwimmbblasenartige, mechanische Verwendung die bedeutendere sein. Indem so der Uebergang zwischen den beiden Athmungsarten in der Zeitfolge vermittelt wird, begreift es sich zugleich, dass, so fern beide neben einander bestehen, nicht nur das Vorhandensein, sondern auch die Qualität des Wassers für die Nothwendigkeit der Verwendung der Lunge entscheidend ist. Diejenigen Kiemen, welche in ihrer Beschaffenheit, als namentlich Annahme des Charakters der äusseren Haut auf der Oberfläche, Solidifizierung der Skeletstücke, wenn auch grade in einiger räumlichen Beschränkung, das festeste Wesen erlangen, sind es, welche über die schwankenden äusseren Verhältnisse hinweg sich am besten erhalten.

Ueber die Art der Entwicklung der Lungen bei den Amphibien ist früher (vgl. Bd. II, p. 477) das Nöthige gesagt und über den Zeitpunkt Einiges so eben. de l'Isle ist geneigt, daraus, dass die reifen Eier von *Alytes* beim Eintauchen in das Wasser zahlreiche Gasbläschen abgeben, zu folgern, dass die Lungenathmung bei diesem Frosche schon im Ei beginne. Jedenfalls athmen die Quappen sofort nach dem Ausschlüpfen Luft. Die Fähigkeit und das Bedürfniss dazu entwickeln sich im Allgemeinen Hand in Hand mit dem oben geschilderten, so verschiedenen Gange der Metamorphose. Die Anurenlarven benutzen die Lungen besonders frühzeitig und energisch. Die Lungen derselben sind dünnwandig und enthalten stets Luft. Die Urodelen nehmen sie vor der letzten Metamorphose wenig in Gebrauch; ihre Lungen sind meist cylindrisch zusammengefallen und dickwandig gleich denen junger Anurenlarven und enthalten nur verzelte Luftblasen.

Als Organe der Luftathmung sind ausser den Lungen selbst die zuführenden Wege zu betrachten; es sind hinzu zu nehmen die Einrichtungen für Stimmbildung.

Die Lunge selbst ist, wie bei den höheren Wirbelthieren, so bei den Amphibien überall mit paarigen Säcken angelegt. Wie aber unter den Allantoidiern bei Schlangen und gewissen Eidechsen, so bleibt auch bei den schlangenäglich geformten *Caecilien* eine und zwar die rechte Lunge, welche bei den von *Peters* untersuchten Embryonen noch die volle Länge, bis zur Kloake, hatte, in der späteren Entwicklung bedeutend zurück. Die Stelle, von welcher aus die Lungensäcke vorknospen, bringt die Möglichkeit der Wimperausrüstung des auskleidenden Epithels mit sich. Es

scheint, dass, so weit die Lungen einfache Säcke mit glatter Innenwand bleiben, die Wimperbekleidung durch das ganze Organ gleichmässig netzförmig angeordnet ist, sobald jedoch ein alveolärer Bau sich ausbildet, sie sich in Konsequenz jener netzförmigen Anordnung auf die freien Ränder der Scheidewände zwischen den Alveolen und die Bahnen beschränkt, in welchen sich die eintretenden Luftröhrenäste fortsetzen. Es wird so die Gegensatzung der luftzuführenden Bahnen gegen die eigentlich respirirenden Hohlräumchen in Betreff der Wimperausrüstung angebahnt, welche in den komplizirteren Lungen höherer Wirbelthiere eine etwas andere Form erhält. Auch in den Lungen erweisen sich demnach die Wimpern als nur sekundär durch die Reinhaltung der Luftbahnen der Athmung dienend.

Glatte Innenwände der Lungen haben zunächst die Larven, erwachsen die Tritonen und einige Perennibranchiaten, *Proteus*, *Menobranchus*. Schon bei Siren erheben sich die Wimperzüge über das Niveau und die unbewimperten Felder erscheinen als leichte Einsenkungen. Bei den Salamandern tritt ein grob maschiger Bau stärker hervor, und die Lungen blähen sich stellenweise stärker. Bei den Fröschen komplizieren sich die Maschen, indem grössere kleinere einschliessen. Beim grünen Frosch zieht etwa ein Dutzend gegen die Lungenspitze feinerer Balken quer über die Lungenwand. Diese werden gekreuzt von etwa ebenso vielen niedrigeren Längsbalken und, indem diese abwechselnd schwächer sind, erscheinen im Ganzen und mit Unregelmässigkeiten, grössere vierseitige Zellen je wieder viertheilig. Die Balken führen die grösseren Blutgefässe. Die Schleimhaut wird gestützt von einem mit elastischen Fasern und glatten, nach H. Müller und F. E. Schulze auch schon den Sacklungen der Tritonen zukommenden Muskelfasern durchzogenen Bindegewebeegerüst. Die Muskeln entwickeln sich stärker in den Rändern der sich erhebenden Leisten. Bei einigen mehr, bei anderen weniger treten denen der Haut ähnliche Zellen mit dunklem Pigment im Lungengewebe auf und beschränken die Wirkungen des Lichtes auf das Blut. Die Blutgefässe des Kapillarnetzes sind so eng, dass sie die Blutkörperchen nur einzeln und unter Zusammenpressung durchlassen. Die Maschen des Gefässnetzes sind in der Tiefe der Alveolen nicht erheblich weiter als die Kaliber der Gefässe, wohl aber auf den Leistenfirsten und den Bahnen in Fortsetzung der Bronchien, wo sie keine respiratorische, sondern nur eine nutritive Bedeutung haben. Die Lungensäcke der Pipa besitzen eine besondere vordere Aussackung.

Indem die Lungen sich vom Darmrohr aus entwickeln, empfangen sie wie dieses einen serösen Ueberzug, das Lungenfell, die Pleura. Bei den froschartigen überzieht diese die Lungen nur von der Wurzel aus, so dass sie wie zwei Beeren am Kehlkopfe frei in die Leibeshöhle hängen. Bei den zungenlosen Kröten ist sie mehr angewachsen und es treten in die Verbindungen von den Hüftbeinen aus Muskeln, *Musculi pulmonales*,

welche die Lungen zurückziehen und dadurch komprimiren und entleeren, nicht aber erweitern, wie man es ihnen zuschreibt. Bei den geschwänzten bildet sich in fortgesetztem Zusammenhange mit dem Rückentheile des die Bauchhöhle auskleidenden Blattes derselben Gewebslage, der Coelomauskleidung, ähnlich wie für den Darm ein Mesenterium so ein Lungensuspensorium aus, welches bei Proteus die ganze Lunge, bei den anderen einen Theil derselben der Länge nach begleitet. Durch dasselbe wird die dorsale Lage der Lunge und damit der geeignete Schwimmeffekt gesichert. Abgesehen von den Geschlechtsprodukten ist es wesentlich die Füllung der Lunge, welche den Amphibien ein volles, geblähtes Ansehen giebt.

Die Amphibien haben wie die höheren Wirbelthiere in den Wänden der Wege, welche die Luft aus dem Schlunde zu den Lungen führen, Knorpelbettungen. Durch dieselben wird die Durchgängigkeit dieser Wege in einer ähnlichen Weise gesichert, wie durch den Spiralfaden die der Insektentracheen, namentlich die der Luftröhre zu der Zeit, in welcher sie bei Durchgang von Bissen durch die Speiseröhre aus der Lage gebracht und beengt wird. Das Knorpelgerüst kann mehr oder weniger in segmentale Streifen aufgelöst sein; es kann auch longitudinale Unterbrechungen zeigen in Spaltung oder bilateralem Zerfall. Unregelmässige Klüftung giebt ein netzförmiges Ansehen, regelmässige bildet Ringe und Streifen. Die vordersten Luftröhrenringe schliessen sich an die Kiemenbogen an und verbinden sich ihnen ähnlich wie diese unter einander. Wir werden weiterhin die muskulöse Verbindung mit anderen Skelettheilen ähnlich wie für die Kiemenbogen kennen lernen. Die Trachealstücke erfahren auch eine ähnliche Gliederung. Sie repräsentiren zwar nicht das Ganze der Kiemenbogen, nicht einmal das ganze innere Kiemenskelet, wo man ein solches von einem äusseren absondern kann, indem sie nur ein vom Schlunde abgelöstes Organ, nicht den ganzen Schlund umschliessen und nicht in die äussere Lamelle des mittleren Blattes eintreten. Sie können jedoch den Kiemenbogen nicht bloß allgemein, weil sie der Athmung dienen, sondern ganz speziell in der metamerischen Gliederung verglichen werden. Auch lässt die besondere Art der Versorgung mit quergestreiften Muskeln es wenig wesentlich erscheinen, dass ein Theil der Luftröhre, durch das Coelom von peripherischen Lagen abgesondert, in das Gebiet des Eingeweidehohlraums fällt. Eine numerische Beziehung der hier auftretenden Segmente auf die Wirbel, Rippen oder sonstigen Abschnitte im Gebiete der sogenannten animalen Sphäre findet nicht statt. Die Gliederung geht für sich.

Dergleichen Knorpel kommen sowohl in dem einfachen Stammtheil, der Luftröhre, Trachea, als in den Hauptästen, den Bronchi, vor. Symmetrischer Zerfall in jener kann die Theilung in diese anbahnen. Besonderheiten an den Knorpeln gestatten überall ein Anfangsstück der Luftröhre, Kehlkopf, Larynx, zu unterscheiden. Indem die sonstige stimmbildende Funktion

dieses bei den Vögeln vermisst wird, dagegen bei ihnen ähnliche Einrichtungen am unteren Ende der Luftröhre, an ihrer Theilung in die Hauptäste und an diesen, gefunden werden, unterscheidet man jenen als oberen Kehlkopf, *Larynx superior*, von diesem, dem unteren, *Larynx inferior*.

Die Luftröhre entbehrt bei den Amphibien, mit Ausnahme der zungenlosen Kröten, Phrynoglossen, Pipa und *Dactylethra*, der Bronchien, so dass die Säcke direkt dem einfachen Stammantheile aufsitzen. Der Stammtheil selbst hat bei den Caecilien eine bedeutende Länge, eine geringe bei den geschwänzten Batrachiern. Bei den ungeschwänzten Batrachiern ist er so verkürzt und besonders sind seine Knorpelstücke so wenig in der Längsrichtung entwickelt, dass man in dem ganzen Organe nur die Vertretung des Kehlkopfs gesehen und jenen Thieren die Luftröhre abgesprochen hat. In den Knorpeln lässt sich jedoch die Vertretung des gleichen Prinzipes durch die ganze Reihe verfolgen und alle Kehlkopfbildung aus Abschnitten der Luftröhre konstruiren.

Wir verdanken einer ausgezeichneten Monographie von Henle eine Uebersicht der Morphologie dieser Organe mit besonderer Rücksicht auf die Amphibien. Es ist danach *Proteus* das einzige Amphibium, bei welchem eine segmentale Gliederung des Trachealknorpelgerüsts nicht zu Stande gekommen ist. Die Gliederung, welche sich sonst als das Mindeste findet, ist die Absonderung symmetrischer, dreieckiger, bei grösserer Vollendung des Kehlkopfs den Eingang zur Luftröhre dorsal deckender, in der menschlichen



Fig. 392.

Stimmlade von *Proteus anguinus* Laurenti vom Rücken geöffnet, zweimal vergrößert nach Henle. a. Arytänoidealer und l. Lateraler Theil des Laryngotrachealknorpels. p. p. Anfang der Lungensäcke. m. m. Musculi dilatatores aditus laryngis, welche hier seitlich zu den hintersten Kiemenbögen gehen und vor den Laryngealknorpeln in der Mittellinie zusammentreten.

der Kehlkopfluftröhrenknorpel, *Cartilago laryngo-trachealis* oder *lateralis* der Autoren, zeigt in einigen Fortsätzen die erste Andeutung einer

Anatomie wegen der ihnen zusammen zukommenden Gestalt als Giessbeckenknorpel oder Giesskannenknorpel, *Cartilagine arytaenoideae*, bezeichneter, einzeln eher mit den ihnen aufsitzenden weiteren Stücken einem Pulverhorn zu vergleichender Knorpel von dem nachfolgenden Knorpelgerüste. Bei den Caecilien freilich sind diese Knorpel mit dem weiteren Gerüste verbunden, dagegen hat dieses selbst eine deutliche Gliederung, wie auch, wo bei höheren die Giesskannenknorpel angewachsen sind.

Proteus hat in seiner kurzen cylindrischen Lungenwurzel oder Stimmlade jederseits einen grätenartig feinen Knorpelstreifen. Obwohl dessen vordere Spitze, ähnlich der eines Pfeils, nicht zur Abgliederung kommt, ist letztere doch durch ein Loch angedeutet und die Vertretung der *C. arytaenoidea* bezeichnet. Der jedseitige Rest,

Gliederung. Dies letztere Stück, hinten mit seiner Ausbiegung die Eingänge der Lungsäcke umgreifend, ist bei *Siredon* nicht wesentlich anders, aber es findet sich die wirkliche Abgliederung der *C. aryaenoidea*. Bei den Salamandern und Tritonen wird die *C. lateralis* ausserdem breiter, ihre Gliederung wird durch mehr oder weniger tiefe Kerbe zumal am ventralen Rande bestimmt angedeutet und es lösen sich von ihr zuweilen sowohl gegen vorn als gegen die Lunge hin einzelne Segmente, die letzteren auch bogenartig, wirklich ab, es entstehen Luftröhrenringe und Bronchialringe. *Necturus* verhält sich ähnlich. Bei *Amphiuma* erhalten die Lateralknorpel mit der Verlängerung der Stimmlade eine nicht unerhebliche Länge und bei *Protonopsis* treten die Zacken von beiden Seiten her dorsal zum Theil so zusammen, dass eine theilweise ringartig gegliederte, theilweise gespaltene Platte entsteht, wobei die Giessbeckenknorpel bedeutend entwickelt sind. Bei *Caecilia* verbinden sich die beiden lateralen Knorpel mit einer ganzen Reihe von Vorsprüngen vollkommen zu dorsalen Halbringen und mehr gegen die Lunge hin sind es nicht die mediodorsalen Verbindungen, welche ausbleiben, sondern die lateralen Streifen gehen ein, so dass diese als das Nebensächliche, als longitudinale Verbindungen vorderer dorsaler Halbringe erscheinen, diese Halbringe weiter hinten aber unverbunden sind. Dieselben reichen ventral als Vorsprünge über die Längsstreifen hinaus, rechts mehr, in Uebereinstimmung mit der besseren Entwicklung der Lunge dieser Seite.

Die Schleimhaut der von diesen Knorpeln gestützten Luftröhre oder Stimmlade wimpert. Die Oeffnung vom Schlunde aus ist eine feine, ventrale Längsspalte, so weit zurück gelegen, dass sie bei gewöhnlicher Oeffnung des Mundes noch nicht sichtbar wird. Sie wird unter der Schleimhaut eingefasst von den Giesskannenknorpeln oder den diese bedeckenden *Musculi constrictores*. Diese gehen von dem Knorpel der einen Seite quer über zu dem anderen und schliessen den *Aditus laryngis*. Eine mehr oder weniger komplizirte Gruppe von *Musculi dilatatores aditus laryngis*, sei es nur an der Stimmritze, also in der Gegend der Giesskannenknorpel, sei es weiter an den Lateralknorpeln, gliedert sich in gleicher Weise aus der

Fig. 393.



Laryngo-trachealer Knorpel von *Siredon pisciformis* Gray (Amphystomenlarve) in natürlicher Grösse nach Henle. a. Arytanoidealer und l. lateraler Knorpel.

Fig. 394.



Stimmladenknorpel von *Protonopsis horrida* Barton (*Abranchus* oder *Menopoma alleghaniensis* Harlan) vom Rücken gesehen in natürlicher Grösse nach Henle. a. Arytanoidealer und l. lateraler Knorpel.

der besseren Entwicklung

Rumpfmuskulatur wie die zwischen Kiemenbogen gespannten Muskeln, so dass die einzelnen entweder von den Kiemenbogen und Zungenbogen oder, in Ermangelung solcher oder deren oberer Abschnitte und in Ergänzung, von Wirbelsäule und Schädel entspringen. Diese einfache Beschaffenheit des Zugangs zur Lufröhre schliesst eine Stimmbildung bei den geschwänzten Batrachiern nicht ganz aus. *Proteus* hat eine Art Zischen, Siren soll eine Stimme hören lassen, Salamander erzeugen in besonderen Fällen einen quäkenden Laut, dessen Ton von der Haltung der Mundhöhle bedingt zu werden scheint, im Ganzen aber ist die Stimmbildung, ein wichtiges Mittel biologischer Erhebung, bei den geschwänzten Batrachiern sehr unbedeutend; sie sind fast stummer als die Fische.

Fig. 395.



Zungenbein und Stimmlade von *acilia tentaculata* Shaw, die letztere von vorn aufgeschnitten und ausgebreitet, in natürlicher Grösse, zusammengestellt nach Henle. h. Eigentliches Zungenbeinhorn. b—b'''. Die vier nachfolgenden Kiemenbogen, der vierte verkümmert. a. Gabelung des Laryngotrachealknorpels zu unabgegliederten Arytanoidealstücken. l. Die durchbrochene Platte aus Verwachsung der zwei Lateralknorpel mit Fortsetzungen besonders auf der rechten Seite. t. Gänzlich von einander gesonderte hintere Trachealhalbringe.

Bei den ungeschwänzten Batrachiern sind die Giesskannenknorpel gross und bilden die Hauptmasse der Stimmlade. Die Lateralknorpel, im Allgemeinen von geringer Länge, bilden einen einzigen oder vordersten queren Fortsatz in der Richtung eines Ringes aus, zunächst bei *DiscoGLOSSUS* so, dass jeder Lateralknorpel hammerartig erscheint. Bei *Pelobates* treten diese Querstücke ventral, bei *Ceratophrys* dorsal in der Mittellinie zu einem Halbringe zusammen, bei den übrigen werden sie in dorsaler und ventraler Verschmelzung zu einem ganzen Ringe, an welchem bei *Microps* die ursprüngliche Form der Lateralknorpel andeutenden longitudinalen Seitenfortsätze gar nicht mehr, bei *Bombinator* sehr wenig zu bemerken sind, während sie bei den anderen rückwärts deutlicher vorragen, auch, ausser in jenen bevorzugten, in anderen Fortsätzen die Andeutung weiterer Ringe wie bei Urodelen haben und besonders bei Kröten, namentlich *Engystoma*, sich bis in die Wandung der Lungensäcke erstrecken. Bei *Breviceps gibbosus* Laurenti und *Rana esculenta* Linné, unvollkommen auch bei *Bufo palmarum* Cuvier, geht ein zweites Paar von Fortsätzen über der Lungengabelung eine ventrale Verbindung ein, so dass die ventrale Wand der Stimmlade über einen viereckigen Rahmen gespannt und ausser dem vollständigen ersten Ringe noch ein Halbring an der Bildung des Kehlkopfes beteiligt ist.

Die Giesskannenknorpel der ungeschwänzten Batrachier sind innen so ausgehöhlt, dass sie bei Verschluss der Spalte zusammen eine Kuppel bilden. Ihre Basis artikuliert mit dem ringförmigen Knorpel, die zweite Kante liegt

ventromedial, die dritte begränzt dorsal den Eingang der Lade. Bei einigen Kröten stossen nur die vorderen, bei den anderen auch die hinteren Winkel zusammen. Die Seiten, Winkel, Flächen verhalten sich in den verschiedenen Arten ungleich. Bei unseren gewöhnlichsten Fröschen gliedert sich in einem Ausschnitt der Spitze ein besonderes Knorpelchen ab, wie bei den Säugern die Cartilago Santoriniana.

Der ringförmige Theil der Cartilago laryngotrachealis ist in der Regel im dorsalen Theile stärker in der Längsrichtung entwickelt, sei es plattenförmig, sei es zu einem Stiele, welcher der ventralen Wand des Oesophagus fest angewachsen ist, sei es in einem nach hinten konvexen Bogen. Auch vom vorderen Rande können nach vorne Fortsätze abgehen, bei *Rana temporaria* sowohl ein ventrales, als ein dorsales Paar, auf welche sich die Giesskannenknorpel lehnen, und diese Art und *Bufo* haben auch kurze Querfortsätze, an welchen die hinteren Zungenbeinhörner, Columellae, statt sich mit Bändern zu befestigen, anwachsen.

Indem die Stimmlade der ungeschwänzten Batrachier sich zwischen die hinteren Hörner des Zungenbeins, die Columellae, einschleibt, füllt sie den durch sie umschlossenen Raum ziemlich aus. Dieses geschieht sehr vollständig bei den Phrynglossen, bei welchen die ventrale Wand des ringförmigen Knorpels mit den Columellae verwächst. Indem letztere so der Stimmlade zufallen, bleiben sie sammt dieser bei *Dactylethra* in Verbindung mit dem unbedeutenden Körper des Zungenbeins, beim Manne, wie es nach Mayer scheint, durch Naht, während bei *Pipa* dieser hintere kombinierte Apparat ganz vom Zungenbeinkörper mit den seitlichen Lappen und den rudimentären und ringförmig zusammengetretenen vorderen Hörnern abgelöst ist. Beide Gattungen haben zugleich eine starke Spaltung der auf die Bronchien übertretenden Knorpel einbettung in bei *Pipa* bis zu dreissig Leisten oder halbringartigen Stücken an der Innenseite der Bronchien. Die weibliche *Pipa* besitzt ausserdem vor der dorsalen Platte des ringförmigen Knorpels, allein von allen Amphibien, ein jener durch Schuppennaht verbundenes querovales Stück, welches untere absteigende Theile der Giess-

Fig. 396.



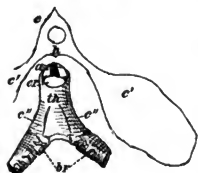
Eine Reihe von Stimmladen ungeschwänzter Batrachier in natürlicher Grösse, zusammengestellt nach Henle besonders zur Erläuterung der ungleichen Vollendung des ringförmigen Knorpels.

1. *Discoglossus pictus* Oth vom Rücken geöffnet und ausbreitet.
2. *Pelobates fuscus* Laurenti vom Rücken.
3. *Rana fusca* Rösel vom Rücken.
4. *Bufo vulgaris* Laurenti vom Rücken.
5. *Rana esculenta* Linné vom Bauche etwas seitlich.

Die Buchstaben bezeichnen überall: c. Die hintersten Zungenbeinhörner, Columellae, a, die Giesskannenknorpel, an, den Ringknorpel oder die ihn andeutenden Fortsätze, l, die Lateralknorpel, br, deren Fortsetzungen gegen die Lungenheilung, p, den dorso-medialen Fortsatz des Ringknorpels, pa, die vorderen ventralen oder dorsalen Fortsätze desselben, an', die zweite Querverbindung der Lateralknorpel.

kannenknorpel bedeckt und von den Spitzen dieser überragt wird. Indem dieser Knorpel zuerst den Ringknorpel der Säuger, die *Cartilago cricoidea*, darstellt, ist in dem gewöhnlichen Ringknorpel der Amphibien dieser neben dem Schildknorpel, der *Cartilago thyreoidea*, vertreten zu erachten, jener ist also ein Schildringknorpel. In den Stimmladen der männlichen Phryna-

Fig. 367.



Stimmlade der weiblichen *Pipa americana* Seba in natürlicher Grösse von hinten dargestellt nach Henle. c. Vordere, zusammengetretene und verkümmerte Hörner. h. Körper und c'. mittlere Fortsätze des Zungenbeins. c''. Der Stimmlade verbundene Columellae. a. *Cartilagines arytaenoideae*. cr. Abgesonderte *Cartilago cricoidea*. th. Rest der *Cartilago annularis* als *C. thyreoidea*. br. Bronchi mit Knorpelhalbringen.

glossen sind durch theilweise Verknöcherung gewisse ausgezeichnete Stücke gebildet, auch einige Theile vergrössert; die männliche *Pipa* entbehrt der besonderen *C. cricoidea* und hat kürzere Bronchien. Der beim Weibchen bis zur Naht zwischen der besonderen *C. cricoidea* und dem allgemeinen Ringknorpel absteigende Fortsatz der Giesskannenknorpel ist so verlängert, dass er bis in den Eingang des entsprechenden Bronchus reicht.

Der *Aditus laryngis* liegt bei den Anuren dicht hinter dem Zungenbein. Die ihn begränzenden Giesskannenknorpel ragen bei *Engystoma* mit ihrer Spitze weit in die Speiseröhre, bei den übrigen nur wenig am vorderen Winkel des Eingangs, welchen sie mit flacherem Bogen des vorderen Theiles ihres dorsalen Randes begränzen, während dessen hinterer Theil sich unter der Wand der Speiseröhre verbirgt.

Alle Anuren mit Ausnahme der Phrynaglossen haben in der Stimmlade ein Paar Stimmbänder. Jedes Band hat seine Wurzel in einer Falte der Schleimhaut, welche sich an dem Giesskannenknorpel von vorn nach hinten ausspannt, selten auf den ringförmigen Knorpel greifend, und entfaltet sich an deren freiem Rande entweder einfach zurückkehrend oder mehr oder weniger \neg artig zu einer sagittal gelegenen Platte. Die beiden Platten nehmen die Stimmritze, Glottis, zwischen sich, welche jetzt nicht mehr identisch ist mit dem *Aditus laryngis*, sondern innerhalb dieses in der Tiefe liegt. Nach aussen bleiben zwischen ihnen und den *C. arytaenoideae* Taschen, eine nach vorn, oder, die aufrechte Haltung des Menschen zu Grunde gelegt, nach oben und eine nach hinten oder unten offene, den Lungen zugewendete. Die obere Tasche pflegt weniger tief zu sein, so dass man auch sagt, die Stimmbänder seien am oberen Rande angewachsen. Die Schleimhautfalte wird gestützt von einem Bündel elastischer Fasern, in welches, wo es in das Stimmband eintritt, bei einigen Kröten ein Knorpelchen sich einbettet. Der von den Lungen kommende Luftstrom füllt die untere Tasche, bringt das Stimmband mehr in die Richtung seiner Wurzelfalte und richtet die vorher unteren Ränder beider Bänder gegen

einander, wo dann durch die Verschiebung der Giesskannenknorpel die Spalte verengert und erweitert werden kann. Bei *Alytes* und *Bufo* hat Mayer ein zweites Paar Stimmbänder gefunden, welche weiter abwärts dem Ringknorpel aufsitzen. Spuren davon kommen in weiterer Verbreitung vor, z. B. beim Brüllfrosch, *Rana mugiens* Merren. Bei *Dactylethra* sind die Stimmbänder durch eine scharfe Hervorragung am Giesskannenknorpel selbst ersetzt.

Die Muskeln der Stimmlade der Anuren bewegen sich theilweise zwischen den Theilen dieses Apparates, in der Hauptsache zwischen ihm und dem Zungenbein. Die von den hinteren Hörnern des letzteren zum oberen Rande der Giesskannenknorpel sind Dilatatores, Oeffner der Glottis und können getheilt sein, die von denselben Hörnern mehr ventral entspringenden, die Giesskannenknorpel vorn umfassenden und querüber antretenden sind Constrictores, Schliesser, und werden unterstützt von denen eines dritten Paares, welches statt von den Hörnern auch vom Ringknorpel und vom Zungenbein entspringen und getheilt sein kann, aber überall auf die Spitzen der Giesskannenknorpel wirkt, der *Hyo-post-glottique* von Dugès, Compressor von Henle, kein besonders guter Name, da der Muskel jene Spitzen zugleich nach vorn, aussen und abwärts zieht. Die *Phrynglossen* entbehren nach Henle des Constrictor der gewöhnlichen, nicht aber, wie Owen für *Pipa* angiebt, des Compressor.

Für die Zufuhr der Luft in die Mundhöhle dient den Amphibien ausser dem Munde ein Paar Nasengänge. Diese durchbohren bei den der Nasenbeine entbehrenden Proteiden *Proteus* und *Necturus* die Oberlippe ohne jegliche Umrahmung durch Skelettheile. Sie werden bei den anderen von den Nasenbeinen oder den diese mit vertretenden *Frontalia anteriora* bedeckt und erhalten von den Zwischenkiefern, aussér bei Siren, bei welchen diese verkümmert sind, ihren Boden, diesen ausgedehnter durch den *Vomer* und *Conchae* bei einigen Anuren. Die inneren Oeffnungen liegen vor den Gaumenbeinen. Die Anuren haben eine bewegliche Klappe am unteren Rande der Naslöcher. Haben sie den Mund unter Erweiterung des Schlundes und Niederdrückung des Zungenbeins mit Luft gefüllt, so öffnen sie unter Verschluss des Mundes und der Naslöcher, der letzteren durch die Klappe und die innen gegen gelegte Zunge, die Stimmritze, heben das Zungenbein, verengern den Schlund wie beim Schlucken und pressen so die Luft, wie das schon Swammerdam wusste, aus dem Munde in die Lungen. Sie können diese Operation rasch wiederholen, ohne Luft aus-

Fig. 308.



Kehlkopföffnung von *Rana esculenta* Linné vom Rücken gesehen in natürlicher Grösse. c. Vordere Hörner des Zungenbeins. a. Aditus laryngis. l. Stimmbänder. oe. Speiseröhre. p. p. Lungen, die linke geöffnet zur Darstellung des Balkenwerkes.

zustossen. Die Ausathmung kommt durch die Elastizität der angespannten Lungen und Kontraktion der Leibeswände zu Stande. Der Frosch hat keine Rippen und kein Zwerchfell, mit welchen er die Brusthöhle nach Art eines Blasbalgs erweitern könnte. Er kann nicht bei offenem Munde, wohl aber bei geöffneter Leibeshöhle seine Lungen füllen. Das, was nach starker Kontraktion der Leibeswand etwa in folgender Erschlaffung und durch die Elastizität der Lungenwand für Expansion und so für Einathmung zu Stande kommen kann, ist nicht wesentlich, eher die Veränderung in Stellung des Schultergürtels, besonders bei der befestigten Lunge der Pipa. Die bei den Anuren höchstens durch knorplige Anhänge der Wirbelquerfortsätze angedeuteten Rippen finden sich unter den Urodelen bei *Proteus* wenigstens an einigen, bei den anderen an allen Rumpfwirbeln, zuweilen sogar über das Becken hinaus am Schwanze und ihre Hebung und Senkung, unterstützt durch die Befestigung der Lungen, kann für Athmung, wie bei höheren Wirbelthieren, in Anspruch genommen werden. Die Caecilien sind relativ am besten, an allen Wirbeln mit Ausnahme des ersten und des letzten, mit Rippen versehen und schliessen sich gänzlich den Schlangen für die Athmung an.

Männliche Anuren haben häufig einen Resonanzapparat in Form zweier Blasen, welche durch medianes Zusammentreten einfach erscheinen können. Dieselben gehören stets der Region zwischen vorderem Zungenbeinrand und vorderen Zungenbeinhörnern hinterwärts und Unterkieferbogen vorwärts an. Auch, wo sie durch medianes Zusammentreten vereinfacht sind, besteht jederseits ein Zugang von der Mundhöhle aus. Liegt dieser zwischen Zunge und Unterkieferästen eingeklemmt, so pflegt er schlitzförmig, wenn weiter rückwärts, rundlich eingengt zu sein. Zuweilen liegen die Säcke hart am Mundwinkel, bei *Elosia* und *Rhinophryna* und bei *Hyla Baudinii* D. et B., bei welcher sie innerlich kommunizieren. Sie stehen in der Regel als paarige Kehlblasen etwas weiter rückwärts, so unter den Fröschen gewöhnlich bei *Rana*, aber nicht bei der europäischen *R. agilis* Thomas und der amerikanischen *R. palustris* Leconte und ausnahmsweise mit schlitzförmigen Oeffnungen neben der Zunge bei *R. mascareniensis* D. et B., bei *Sphaerotheca*, *Calyptocephalus*, während sie den *Cyclorhamphus*, *Discoglossus*, *Megalophrys* und *Alytes*, *Bombinator*, *Pelobates* fehlen.

Für *Rana temporaria* der Autoren ist der Besitz der Stimmbblasen strittig. Nach *Leydig* haben sowohl die Männchen von *R. arvalis* Nilsson als die von *R. fusca* Rösel, aus welchen Arten sich jene zusammensetzt, paarige Kehlblasen, wenn auch nicht so stark vortretend als beim grünen Frosch.

Bei *Cystignathus* findet sich entweder ein Paar oder eine mediane subgutturale Blase mit zwei geschlitzten Eingängen neben der Zunge. Diese subgutturale Blase erscheint ebenso äusserlich bei *Uperoleia*, *Pseudis*, *Limnodynastes*, bleibt innerlich bei *Tomopterna*, *Pithecopsis*,

Pelodytes, Scaphiopus, Pseudophryne, Phryniscus, Rhinoderma, Atelopos, Uperodon, Diplopelma, Engystoma. Unter den Kröten haben viele Bufo und Otilophus einen inneren subgutturalen Sack, dessen Eingänge weit rückwärts liegen. Unter den Laubfröschen ist der einfache subgutturale Sack das Gewöhnliche. Er bleibt innerlich bei Acris, Hyperolius, Hylarana, Hylodes, Litoria, Pseudacris, Pelodryas, Phyllomedusa, Micrhylla, Kaloula, Hylaplesia, ist äusserlich bei Leptopelis und Nototrema. In der Gattung Hyla findet sich mit einer Ausnahme entweder ein einfacher Sack, so bei der heimischen Art, deren Zungenbein in seiner eigenthümlichen Gestalt diesen wie eine Kugel unter der Kehle getragenen Sack von hinten an der Wurzel umgreift, bei *H. versicolor* Leconte, *capistrata* Reuss, *aurea* Lesson, oder ein Paar, wie bei *H. venulosa* Laurenti. So hat zwei äussere auch *Ixalus*, zwei innere *Trachycephalus*, während *Chiromantis*, *Platymantis* und die meisten *Polypedates* der Säcke entbehren. Die Kehlsäcke sind nach Leydig innen nicht mit Flimmerepithel, sondern mit Pflasterepithel bekleidet. Sie werden prall mit Luft gefüllt und ihre Eingänge, welche zum Theil mit Knorpel gestützt sind, werden zugeschnürt. Auch können sie durch die darüber weg gespannten Muskeln komprimirt werden. Sie geben den Stimmen der betreffenden männlichen Frösche eine gewaltige Stärke, so dass sie bei manchen in stillen Nächten eine halbe Stunde weit gehört werden und den Namen der Ochsenfrösche, Brüllfrösche, Grunzfrösche bedingt haben, während die Weibchen und die mit geringen oder keinen Schallblasen versehenen Männchen nur leichte quäkende, gurrende Stimmen zu Stande bringen, oder *Bombinator* den sanften melodischen Unkenruf, *Acris* heuschreckenartige, *Hylodes* piepende Töne.

Dass die Stimmbänder die zunächst die Stimme bildenden Organe sind, zeigte J. Müller durch Versuche an todtten Fröschen. Tonhöhe und Tonstärke steigen mit der Stärke des Anblasens und der Annäherung der Bänder. Ausserdem tritt bei den stärksten und höchsten Tönen der *M. constrictor* in Thätigkeit und verwischt die Intermissionen. Es ist nicht zu bezweifeln, dass Töne bei geschlossenen Mund und Nase vom Frosche erzeugt werden können wie von uns selbst. Ich möchte darum doch nicht Landois beitreten, welcher annimmt, dass es sich bei der Stimme der Frösche gar nicht um Ausathmung, sondern nur um eine Bewegung der Luft hin und her zwischen Lunge und Kehlsäcken handle. Die in die Kehlsäcke gepumpte Luft kann bei der Expiration, wenn die Spaltzugänge offen sind, vermehrt und bei der Inspiration vermindert werden, die Säcke können schwellen und beifallen. Bei der Stimmbildung aber scheint in der Regel ein Luftstrom durch die Naslöcher auszutreten, wo dann die Luft in den Säcken in stehende Schwingungen versetzt wird, den Ton je nach der Füllung verändernd, wie das die Stimme der Frösche auszeichnet.

Unter den Amphibien scheint mindestens *Proteus* ähnlich den *Cobitis*

einen Theil der geschluckten Luft in den Darmkanal zu bringen und regelmässig durch den After wieder abzugeben.

Bei den Allantoidiern kommen als besondere Athmungsorgane, wenn man nicht in einem besonderen Falle von Erhaltung einer Art innerer Kiemen bei Schildkröten reden will, nur noch luftathmende in Form von Lungen in Betracht. Die Kiemenspalten, welche bei den Embryonen von C. F. Wolff an bemerkt wurden, und deren allgemeine Verbreitung Rathke nachwies, fünf offene bei Vögeln und Schildkröten, vier bei Schlangen und Säugern, sind bei Vögeln und Reptilen nur in den allerersten Tagen, beim Huhn, mit Ausnahme der zweiten, nicht über den dritten Bruttag hinaus bemerklich. Die vorderen schliessen sich schon, bevor die hinteren geöffnet sind. Nach ihrem Schluss wächst vom zweiten Bogen, dem Zungenbeinhorn, eine Falte, deckt wie eine Kiemendeckhaut die zweite Spalte und schliesst diese, längst offen bleibende, durch Anwachsung am sechsten Tage. Beim menschlichen Embryo sind Spalten von Coste mit 15—18 Tagen, beim Hunde von Bischoff mit 25 Tagen, abgebildet, aber es ist wohl nicht sicher, ob es sich hier immer um wirkliche Durchbohrungen oder nur um merkliche Einsenkungen handelte. Dasselbe gilt von dem 12 Tage alten Schildkrötembryo von seiner *Nanemys guttata* bei Agassiz. Diese Spalten werden auch nicht einmal vorübergehend mit Athmungseinrichtungen besetzt. Eine abnorme Persistenz offener Spalten ist äusserst selten. Der ersten Spalte, zunächst hinter dem Unterkiefer und vor dem Zungenbein, entspricht, mit Ausnahme der Schlangen und der Amphibianiden unter den Eidechsen, wie Huschke erkannte, bei den Erwachsenen eine Einsenkung im Schlunde, die Eustachische Röhre als Zugang zur Trommelhöhle und die letztere selber, was auch den ungeschwänzten Batrachiern mit Ausnahme der Pelobatiden zukommt, durchaus im Dienste des Gehörs.

Die erste Anlegung der Lungen scheint sich direkt an die der Kiemenspalten als eine modifizierte Fortsetzung desselben Vorgangs anzuschliessen; nach Rathke geht sie bei Schildkröten sogar dem Durchbruch der letzten Spalte und der Vollendung der vorletzten voraus. Sie ist am leichtesten bei Vögeln und Säugern zu erforschen. Beim Hühnchen erkennt man die Lunge nach v. Baer schon am dritten Tage, beim Menschen gegen Ende des ersten Monats. Sie ist nach der Mitte des zweiten bei ihm nach Kölliker schon $1\frac{1}{2}$ —2''' lang und körnig durch die primitiven Bläschen, misst beim Rindsembryo von sieben Wochen, bei einer Körperlänge von etwa 17 mm., nach Fürstenberg 3 mm. bei gleicher Beschaffenheit. Cadiat fand sie bei einem Schafembryo von 15 mm. Länge nur als Epithelknospe von der Schlundgegend hinter dem zweiten Kiemenbogen bis zum Herzen vom Oesophagus abgehoben. Bei 18 mm. Länge des Embryo, bei welcher etwa auch Rathke sie schon als doppelten Hohl sack gesehen hatte, erschien sie dreiseitig und die ersten Bronchialtheilungen waren ver-

treten durch mit Epithel ausgekleidete weite Gänge, umhüllt von embryonalem Bindegewebe aus amorpher Substanz und spindelförmigen und sternförmigen Körpern und danach vom Pleuroperitonealepithel. Die Schleimhaut der Luftröhre wimpert nach Valentin schon bei 2" grossen Schwimembryonen. Die Ausbildung und Gewebssonderung geschieht also bis dahin rasch. Die weitere, die Säuger auszeichnende Entwicklung der Hohlräume zu einer den acinösen, traubigen, Drüsen vergleichbaren Anordnung getrennter terminaler Zellen kommt langsamer zu Stande und nicht durch eine fortschreitende terminale Knospenbildung, sondern durch Bildung sekundärer Höhlungen und Gänge längs eines primären Ganges, dessen ampullare Endhöhhlung von Anfang an ein nahezu Vollendetes bezeichnet. Die letzten Bläschen beginnen beim Schafe erst bei Embryonen von etwa 12 cm. Länge sich als solide Massen rings um einen intralobularen Kanal aus dem Epithel der Bronchialwände zu bilden und stellen sich, indem sie sich mit dem Kanale spalten, zur Aufnahme der Luft fertig. Bei einem Alligatorembryo von 2" 2''' Länge fand Rathke die Lungen noch sehr klein. Die Luftröhrenäste traten in sie ganz vorne ein. Die Luftröhre hatte noch keine Knorpelringe und war im Verhältniss zum Kehlkopf noch viel schwächer als später. Derselbe sah die erste Anlage bei einem Embryo von *Cistudo lutaria* Gessner von etwa 3½''' Länge als zwei sehr kleine, warzenartige, distante Ausbuchtungen der ventralen Oesophagealwand. Bei 4½''' war von Luftröhre noch keine Spur. Schon in einem sehr frühen Stadium der Lunge bildet sich bei den Säugern am Luftröhreneingang der Kehlkopf aus, zunächst in den Giesskannenknorpeln, beim Menschen nach Kölliker schon in der achten Woche, in diesen wie im Schildknorpel und Ringknorpel wirklich knorpelig, während die Zahl der Luftröhrenringe am hinteren Ende fortschreitend sich herstellt. Mit der Geburt bei Viviparen, der Eröffnung der Eihüllen bei Oviparen und Ovoviviparen tritt die Lunge alsbald in Funktion. Ueberall werden dem entsprechend die Eier an die Luft, nicht in das Wasser gelegt, auch die der im Wasser wohnenden; lebend gebärende Wasserbewohner jedoch, Seeschlangen und Cetaceen, können die Jungen im Wasser absetzen.

Unter den Reptilien haben die Schlangen stets asymmetrische Lungen (vgl. Bd. II, p. 485), in der Regel unter Zurücktreten der linken. Diese bleibt noch bedeutend bei den breitmäuligen Schlangen mit rudimentären Hinterfüssen, welche Gruppe vorzüglich die Riesenschlangen bilden. Der respiratorische Theil der rechten Lunge ist bei ihnen kaum grösser als die linke, es ist wesentlich ihr Sackanhang, welcher sie weit grösser erscheinen lässt. Bei den übrigen Eurystomen, ungiftigen und giftigen, kommt in sehr verschiedenen Familien einigen Gattungen und Arten ein Rudiment der zweiten Lunge zu, meist allerdings nur als eine kleine Tasche, welche der Trachea beim Eintritt in die funktionirende Lunge anhängt, so bei der

wahrscheinlich zu den Calamariden zu stellenden Xenopeltis, der gemeinen Ringelnatter, *Tropidonotus natrix* Boie, mehreren *Coluber*, *Heterodon*, bei welcher die linke die grössere ist, *Dendrophis*, *Dipsas*, *Platurus*, *Crotalinen* und *Elapinen*. Innerhalb der Gattungen kommen Unterschiede vor und ein durchaus einfacher Sack wird angegeben für die übrigen Calamariden, die *Acrochordiden*, *Xenodon*, *Lycodon*, *Psammophis*, *Homalopsis*, mehrere *Dipsas*, *Hydrophis*, die *Viperiden* und nach Ausscheidung von *Xenopeltis* für die engmäuligen, *Angiostomen*. Man kann nach dieser Vertheilung das Vorkommen zweier Lungensäcke weder mit einer plumperen Gestalt, noch mit dem Wasserleben in Verbindung bringen, am ersten mit der Eigenschaft, Beute zu umstricken, bei welchem Akte leicht eine Lunge unwegsam werden mag. Das geringe Lungenrudiment hat übrigens häufig kaum eine physiologische Bedeutung. Die Innenwand der Schlangenlunge trägt, wie die der höheren Amphibien, Maschen, in welchen sich die respiratorischen Gefässe verbreiten. Diese Maschen können bei einfachen Lungen schon in dem Abschnitte beginnen, welcher noch von Knorpeln gestützt ist und welchen man nach Anwesenheit solcher eine Luftröhre oder einen Bronchus nennen möchte. Es setzen sich also auch hier die Bronchialbahnen kenntlich in den Lungensack fort, bei *Pelamys* bis an's Ende der Lungen, wobei *P. bicolor* Daudin eine vordere Lungenerweiterung durch einen sehr engen Kanal in der Herzgegend von einer hinteren geschieden hat. Die unvollständigen Knorpelbogen liegen dann meist ventral, aber bei einigen, so *Acrochordus* und *Onychocephalus*, dorsal. Nur der Wandtheil, welcher ihrer ermangelt, ist maschig. Auch gehen die Maschen mit Pulmonalgefässen nicht überall bis an das Ende der Lungen. Es ist das manchmal in Verbindung mit der Länge des Lungensackes, so dass dieser im hinteren Theile überaus gedehnt erscheint, so die rechte Lunge der Riesenschlangen und die von *Pelamys bicolor* im Vergleiche mit *Hydrophis colubrinus* Schlegel. Es ist das aber nicht immer der Fall; bei *Acrochordus*, deren Lunge bis zum After reicht, ist dieselbe bis an das Ende respiratorisch. Besonders auffällig ist der Unterschied zwischen dem dünnwandigen hinteren Abschnitte der rechten Lunge und dem fleischigen vorderen bei den *Pythoniden*. Es ist selbstverständlich, dass dieser Sackanhang der Lunge nicht, wie Schlegel meinte, bloß vom serösen Ueberzug der vorderen Abtheilung gebildet wird. Der Bau der inneren Wand und der bindegewebigen Zwischenschicht vereinfacht sich, aber alle Schichten, wahrscheinlich selbst die glatte Muskulatur setzen sich von vorne nach hinten in die Säcke fort. Ein solcher pneumatischer Sack kann ebensowohl einen Luftvorrath für die Athmung während der Beugung der Luftröhre durch das Schlingen gewähren, selbst in Ausathmung dem vorderen Lungenabschnitte zutreiben, als in Anlage an Leber und Darm direkt dem Gaswechsel dieser Organe dienen, als das spezifische Gewicht schwimmender gleich einer Schwimm-

blase mehr erleichtern, als das die blossе respiratorische Lunge zu thun vermöchte. Derselbe wird überdiess in der Ausathmung vollständiger entleert und in der Einathmung vollkommener mit frischer Luft gefüllt als der selbst respirirende Abschnitt mit seinen Balken und Alveolen. •

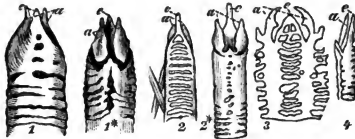
Bei allen Reptilen ist der grössere Theil des luftzuführenden Ganges von isolirten geschlossenen oder nicht geschlossenen Knorpelringen umfasst und kann als Luftröhre unterschieden werden vom Kehlkopf, welcher, nach Henle's Auffassung in Erhaltung des originalen Zustandes, am oberen Ende durch diejenigen Ringe gebildet wird, welche durch longitudinale den Seitenknorpeln der Amphibien entsprechende Leisten verbunden werden, was man in der Regel als eine Verschmelzung, also als einen sekundären Zustand behandelt.

Bei den Schlangen sinkt die Zahl in diesem Sinne zu einem einzigen Kehlkopfknorpel verbundener Ringe oder querer Aeste der Cartilagine laterales von sechszehn bei *Crotalus*, vierzehn bei *Hydrophis* und *Dryophis* durch mancherlei Zwischenzahlen auf acht bei *Boa*, sechs bei *Homalopsis*, vier bei gewissen *Coluber*. Die Zahl weiter folgender Trachealringe kann sehr gross, grösser sein als bei irgend einer anderen Wirbelthierklasse, selbst als bei den Vögeln; ich zähle bei *Python reticulatus* Gray ihrer über vierhundert. Von diesen ist nur ein vorderer Antheil geschlossen; dieser beträgt über ein Drittel bei *Elaps*, ein Viertel bei *Python*, nur siebzehn Ringe bei *Crotalus*, nur ein Paar bei den *Colubriden*; ein stets grösserer hinterer Antheil ist dorsal offen. Die Lunge kann als Entwicklung des an den offenen Ringen gegebenen membranösen Antheils des Trachealrohrs angesehen werden, an welchem bei einfachem Lungensacke der Unterschied von Trachea und Bronchus und durch Uebergreifen der Maschenbildung der von Trachea und Lunge verwischt wird. Am schärfsten gränzt sich die Luftröhre ab, wenn von ihrer Einmündung aus die Lunge, wie das die ausnahmsweise überwiegende rechte von *Heterodon* thut, ebensowohl eine Abtheilung nach vorn als eine nach hinten hin entwickelt. Die Trachealknorpelringe verkalken nach *Leydig* häufig durch Ablagerung in die Intercellularsubstanz und verknöchern bei *Python* bis auf einen Gränzsaum.

Der, wie man es nehmen mag, durch Verwachsung einer ungleichen Anzahl von Ringen vermittelst Längskommissuren einfach gewordene, oder in unvollkommener Quergliederung einfach gebliebene Laryngealknorpel, die Elemente des Ringknorpels und des Schildknorpels der Säuger enthaltend und so auch *Cartilago thyreo-cricoidea* zu benennen, zeigt bei den Schlangen in seiner vorderen Wand meist durchweg deutliche, von denen der Trachea nur durch die seitlichen Verbindungen unterschiedene Ringe, mindestens aber, bei den Riesenschlangen, solche noch im hinteren Abschnitte und in dem vorderen, welchem auch bei *Hydrophis* eine mediane Commissur zukommt und bei *Coluber flavescens*

Gmelin (*Coelopeltis Aesculapii Aldrovandi spec.*) angedeutet ist, deren Spuren durch Interstitien. Bei der stärkeren Verschmelzung der ventralen Ringantheile wird dem Kehlkopfe der Riesenschlangen einige Nachgiebigkeit durch eine longitudinale dorsale Spalte des Ringsystems gesichert, so dass nur der Anfang gleich unter den Giesskannenknorpeln ein vollkommen umgreifendes Knorpelrohr darstellt. Ist ventral das Ringsystem vollkommen durchgeführt, so kann dasselbe dorsal zu einer Platte mit geringen Interstitien umgewandelt auftreten, bei *Crotalus*. Diese ist viel gewöhnlicher, so wie oben, nur im vorderen Theile umgreifend, danach gespalten, wo dann in die Kluft einragende Zacken die Ringe mehr oder weniger andeuten. Es kann auch die hintere Wand in derselben Weise in Ringe getheilt sein wie die vordere, und auch mit demselben Medianstreifen bei *Hydrophis*. In einigen Fällen, *Typhlops*, *Lachesis*, kommt auch für den Anfang des Kehlkopfs oder der Luftröhre die hintere Verbindung der Ringstücke nicht zu Stande. Alle Gliederung

Fig. 399.



Kehlkopfknorpel verschiedener Schlangen in natürlicher Grösse nach Heule, von:

1. *Python bivittatus* Schlegel von vorn, rechterseits mit dem Dilatator laryngis;
 - 1*. derselbe von hinten, rein präparirt;
 2. *Crotalus horridus* Linné von vorn;
 - 2*. derselbe von hinten;
 3. *Hydrophis trigonocephalus* (Mus. Berol.?), hinten aufgeschnitten und ausgebreitet;
 4. *Dryophis prasinus* Reinwardt von der Seite.
- a. bezeichnet überall die Giesskannenknorpel, e. den Processus epiglotticus.

Die obersten Queräste oder Ringe des Kehlkopfs treten ventral überall unter einem Winkel zusammen und verschmelzen zu einer vorragenden Spitze, meist auch dorsal zu einer geringeren. Die vordere Spitze ist oft zu einem schmalen Fortsatz, dem Processus epiglotticus, verlängert, aber das ist zwischen den Arten derselben Gattung ungleich. Zuweilen an der Spitze verbreitert oder selbst kolbig, kann derselbe niedergedrückt zum Verschluss der Glottis dienen. Der Processus epiglotticus allein bedingt jedoch noch keine Epiglottis, er kann in den Weichtheilen versteckt liegen. Eine Epiglottis, ein Kehldeckel, wird zunächst gebildet durch eine Falte, welche sich an der Zungenwurzel oder der dieser bei den Schlangen entsprechenden Stelle auf der Zungenscheide erhebt. Bei *Coelopeltis* erlangt sie schon so, ohne Knorpelrinne, eine klappenförmige Gestalt. Vorzüglich bei Giftschlangen tritt in diesen häutigen Kehldeckel eine Knorpelstütze. Diese kann einfach von der vorderen Spitze des Schildringknorpels oder von

ist deutlich den Lageveränderungen günstig, aber sie beschränkt die Sicherung des Kalibers. Die Befestigung des Eingangs ist für letztere am meisten entscheidend.

Die obersten Queräste oder Ringe des Kehlkopfs treten ventral überall unter einem Winkel zusammen und verschmelzen zu einer vorragenden Spitze, meist auch dorsal zu einer geringeren. Die vordere Spitze ist oft zu einem

dessen Verlängerung im Proc. epiglotticus gewährt werden. Sie ist nie abgegliedert und der Kehldeckel deckt nie mehr als den vorderen Theil des Aditus,

Zwischen der vorderen und der hinteren Spitze der Cart. laryngea sitzt auch bei den Schlangen ein Paar Giesskannenknorpel auf. Dieselben sind häufig nur Fortsätze des Hauptknorpels, Processus arytaenoidei, in anderen Fällen von ihm abgesonderte Cartilagine arytaenoideae. Das Eine kommt neben dem Anderen in fast allen grösseren Gruppen, wie Familien, aber auch innerhalb derselben Gattung, ja bei derselben Art und ungleich an den zwei Seiten desselben Individuum vor. Immer aber haben die Giesskannenknorpel ein besonderes schwammiges Centrum. Die nicht abgegliederten Giesskannenknorpel sitzen gewöhnlich der Mitte der Schenkel der hinteren Spitze auf, zuweilen mehr aufwärts, zuweilen mehr seitwärts; sie sind zugespitzte oder blattartige Streifchen mit kleinen Verschiedenheiten der Gestalt und Richtung der Spitze. Die abgegliederten Arytaenoideae sind stets dreiseitig. Die eine, hintere, basale Kante ist durch Naht mit der Cartilago thyreocricoidea verbunden, meist an der gleichen Stelle wie die unabgegliederten, aber zuweilen seitwärts oder ventral. Die zweite, meist vordere und äussere Kante legt sich an den Processus epiglotticus oder den entsprechenden ventralen vorderen Winkel an oder nähert sich ihm und ist in Ermangelung eines solchen frei. Die dritte innere und hintere dorsale begränzt mit der der anderen Seite den Aditus.

Eine Absonderung eines besonderen vorderen dorsalen Abschnittes von der Cartilago laryngea als C. cricoidea sah Henle in einem Falle als nicht ganz ausser Frage an.

Stimmbänder fehlen den Schlangen; es giebt nur die durch den Rand der Giesskannenknorpel im Aditus gebildete Stimmritze. Die Einengung an dieser genügt zur Erzeugung des Zischens beim Ausstossen der Luft. Muskeln, welche von anderen Skelettheilen zum Kehlkopf gehen und besondere Kehlkopfmuskeln fehlen ihnen nicht, auch denen nicht, bei welchen die Giesskannenknorpel nicht abgegliedert sind. Jene sind der M. levator, besser protrahens laryngis, vom Unterkiefer zur Hinterwand, und der M. depressor, besser retrahens, von Rippen oder in Vertretung dieser vom Zungenbein, hinter jenem weg, sich mit ihm kreuzend, an die Vorderwand des Laryngealknorpels, vorzüglich die Spitze, beides mit nicht wesentlichen Differenzen der Ansatzstellen. Diese Muskulatur, eine Ablösung von derjenigen, welche sich ventral zwischen Viszeralbogen bewegt, unterstützt das Verständniss der Luftröhre als mit in das Gebiet letzterer fallend. Wieder als eine Abgliederung vom M. retrahens erscheint der eine der speziellen Kehlkopfmuskeln, der Dilator aditus laryngis, zwischen dem Glottisrand der Giesskannenknorpel und dem Laryngealknorpel, vorzüglich dessen Seiten, ventraler Wand und vorderer Spitze, zuweilen mit einer besonderen

dorsalen Abtheilung zur Rückwand und selbst der hinteren Spitze. In gleicher Weise kann man mit dem *M. protrahens* einen *Compressor aditus pharyngis* parallelisiren, welchen allerdings Henle aus einer Veränderung am Dilator konstruirt, einen Muskel, welcher von der ventralen Laryngeal- spitze oder der Wurzel des *Processus epiglotticus*, theilweise von dem Dilator bedeckt, quer um den Larynx aussen an die Basis des Giess- kannenknorpels geht. Stimmverstärkungsorgane fehlen den Schlangen ebenso wie die besonderen stimmbildenden Mittel.

Der Eingang zur Luftröhre liegt bei den Schlangen auf der Zungen- scheide weit vorn im Munde. Er kann so am leichtesten noch benutzt werden, während der Rachen mit einer langsam verschlungenen, unzer- stückelten Beute gefüllt ist. Er liegt dann vorgeschoben frei zu Tage. Der Schlund dient der Athmung nicht mit. Der Mund wird im Uebrigen um ihretwillen nicht geöffnet. Die Nasengänge sind besonders kurz und abwärts gerichtet. Sie münden weit vorn zwischen den Pflugschaarbeinen und den Gaumenbeinen.

Das Dach wird von den Nasenbeinen gebildet. An dem von deren Verbindung abwärts gebildeten knöchernen Septum ist der Zwischenkiefer befestigt. Auswärts vom Vomer liegt am Boden jeder Nasenkapsel eine knöcherne Concha. Bei den Hydrophiden kann die äussere Oeffnung des Ganges durch eine Klappe gegen das Wasser fester geschlossen werden. Sonst liegen bei im Wasser lebenden die Nasenlöcher mindestens gegen oben gewendet und sind klein, nur bei den *Homalopsis* dicht an der Schnauzenspitze quer halbmondförmig, während die der Landschlangen meist seitlich weit geöffnet sind. Bei den grabenden sind sie gleichfalls sehr klein.

Die Athmung geschieht durch die abwechselnde Hebung und Senkung der Rippen. Zwischen eine wirkliche Ausathmung mit folgender Ein- athmung bei geöffneten Naslöchern schieben sich wohl bis zu dreissig solcher Athembewegungen ein, bei welchen ohne Oeffnung jener Löcher die Luft nur innerhalb des Lungenraums hin und her bewegt wird. Dieses Athmen aus Vorrath lässt auch die Fähigkeit einer nicht geringen Anzahl von Schlangen, sich, fast gleich Regenwürmern, in die Erde zu graben, die anderer, im Wasser, selbst im Meere zu leben und untergetaucht, dies sogar in Spiritus, manchmal noch stundenlang zu leben, leichter begreifen.

In vollkommener Unabhängigkeit von der Athmung erzeugen die Klapperschlangen ihr schwirrendes Rasselgeräusch, indem ein rasches Zittern der aufgerichteten und zuletzt verwachsenen Schwanzwirbel die Reihe mehrfach gewölbter und einander theilweise übergreifender trockener Epidermoidal- ringe erschüttert, welche, einer in jeder Häutung, von einer faltenartigen Erhebung am Schwanzende abgeschoben werden. Es ist kein Zweifel, dass auch dieses, in jeder starken Erregung durch die Muskelanspannung erzeugte

Geräusch zunächst und im direkten Dienste dieser Thiere einen sozialen Effekt hat, vorzüglich den im Geschlechtsleben, doch auch in der Brutpflege. Als Warnung Bedrohter ist es ein der Schlange nicht nützlicher aber unvermeidlicher Nebeneffekt der Vorbereitung zum Sprunge.

Unter den Eidechsen haben die Ordnung der Amphisbaenia oder Amphicephali und in der der Brevilingues die für die Füße und zum Theil für die Augenlider und Augen verkümmerten Gattungen gleichfalls eine Asymmetrie der Lungen mit Zurückstehen der linken, bei der Blindschleiche etwa um die Hälfte, bei anderen um mehr, bis zu deren gänzlicher Verkümmern bei Typhline und Acontias. Bei guter Ausbildung der Füße, mit welcher die Verwendung des Rumpfes zur Umstrickung, sei es der Beute, sei es im Klettergeschäft aufhört, sind die beiden Lungen immer ziemlich gleichmässig entwickelt, auch fällt der etwaige Grössenunterschied bald zu Gunsten der einen, bald der anderen Seite. In der Hauptsache bleiben die Lungen längliche Säcke, in welche ein grobes Maschenwerk nur mässig vorragt, nach hinten abnehmend. Die Qualität eines Reservoirs spielt neben der Einrichtung für direkte Verwendung der eingeathmeten Luft noch eine grosse Rolle. Die Lungen können durch Einschnürungen etwas gegliedert sein, wie bei Stellio und dem abgebildeten Gecko.

In anderen Fällen, beim Leguan, kammern sie sich ausserdem etwas durch Längsfurchen und setzen auch einen hinteren Anhang von ausge tieften vorausgehenden Säcken ab. Zuweilen werden auch vordere Aussackungen abgegeben; die ungewöhnlich stark gefingerten des gemeinen Chamäleon haben wir früher dargestellt (vgl. Bd. II, Fig. 231, p. 503). Sie finden sich nicht bei allen Arten der Gattung und kommen ähnlich manchen Askalaboten zu. Die Lungen sind durch ihren Ueberzug nur mit den Seiten des Oesophagus verbunden und können im Uebrigen in der Füllung jede wegen der anderen Organe bequeme Stelle einnehmen. In ihrer Form richten sie sich nach der des Körpers. Ihre Füllung verändert das Ansehen der Thiere sehr und dürfte wohl, da grosse und mit Anhängen versehene Lungen besonders den kletternden zukommen, für solche die Gefahren eines Falles mindern.

Die Luftröhre hat bei den Eidechsen nur ausnahmsweise längere Aeste, Bronchi, doch bei *Monitor bivittatus* D. et B. (*Hydrosaurus salvator*) nach Meckel solche mit je vierzig Ringen. Bei einer anderen Varanengattung

Fig. 400.



Athmungsorgane des Gecko, *Ascalabotes muralis* Duméril et Bibron (*facetanus* Aldrovandi, *mauritanica* Linné, *fascicularis* Daudin) von Palma de Mallorca in natürlicher Grösse, Unterkiefer, Zunge und Zungenbeinhörner vom Rücken, Herz und Lungen in Drehung der Luftröhre vom Bauche gesehen. g. Glottis. h. Zungenbeinhörner. t. Trachea. c. Herz. p. p. Lungen. a. Aorta.

Regenia setzt sich der Bronchus nach Günther ein Stück weit auf der inneren Lungenwand fort. Bei Pseudopus zählt man acht bis zehn, bei Lacerta ocellata Daudin sechs Bronchialringe, bei anderen hängen die zwei Lungensäcke direkt an der Trachea. Die Zahl der Luftröhrenringe ist bei einigen bedeutend, z. B. unter schlangenähnlichen bei Amphisbaenen an hundertundfünfzig, bei Pseudopus einige fünfzig, bei Anguis vierzig. Bei Iguana tuberculata finde ich etwa fünfundsechzig; ähnlich viele hat Lacerta ocellata Daudin, etwa vierzig Ascalabotes muralis D. et B., etwa dreissig nach Meckel das gemeine, etwa zwanzig und damit, wie es scheint, die geringste Zahl das Zwergchamäleon.

Cuvier hatte gemeint, dass die Luftröhrenringe der Saurier im Allgemeinen vollständig seien; vorzüglich J. F. Meckel hat hingegen bewiesen, dass sie fast immer hinten gespalten sind, wenn auch oft so wenig, dass man es leicht übersieht. Davon macht jedoch zunächst häufig eine Ausnahme der erste Ring, welcher geschlossen ist bei den Geckonen, bei Phrynosoma, Sceloporus, Trapelus, Anolis, Cyclura, Ophryoesa, Lacerta, Ameiva. Bei Ascalabotes aegyptiacus Cuvier ist die Luftröhre in den zwei vorderen Dritteln aus ganzen Ringen, im hinteren aus unvollkommenen gebildet, so dass die dorsale Lücke sich immer mehr erweitert; bei Rhacossa fimbriata Schneider aus den Askalaboten ist nur eine Reihe von dreizehn Ringen im Verlaufe der Luftröhre unterbrochen, dies, wie Tiedemann entdeckte, in Verbindung mit einer Erweiterung derselben zu einem Luftbehälter; die vorhergehenden und die nachfolgenden sind geschlossen. Die Askalaboten allein zeigen überhaupt eine weite und mehrfach eine auffällig weite Luftröhre, während sie im Uebrigen eher eng ist.

In dem oberen Kehlkopfe scheinen, soweit das erkannt werden kann, bei den Eidechsen höchstens sechs oder sieben Trachealringe zu verbleiben, so bei den Szinken, fünf bei Zygnis und Ophryoesa, vier bei Ophisaurus, drei bei Anguis, Tropicurus, Phrynocephalus, Calotes, zwei bei Cephalopeltis, Zonurus, Draco und bei den Geckonen, bei welchen deren Verbindung als ein querer Fortsatz nach aussen vorspringt. Die für alle oder für einen Theil vollkommene Verschmelzung gestattet nicht regelmässig eine Zählung. Es ist damit gleich das Vorkommen ähnlicher Differenzen durch Verschmelzung wie bei den Schlangen angedeutet. Die Ringe sind an der ventralen Wand bei Cephalopeltis, Amphisbaena, Anguis, Zygnis, Euprepes gänzlich getrennt und nur seitlich verbunden. Die dorsale Wand ist dann bei Zygnis ebenso beschaffen, bei Anguis ganz solide, bei Amphisbaena nur am Anfange, bei Euprepes rahnenförmig am Anfange und am Ende von einem Ringe begränzt. Die ventrale Ringbildung wird durch einen medianen Streifen abgeschwächt bei Tropicurus torquatus Wied und bei Calotes, indem bei jenem dorsal dieselbe Zahl unvollkommen getrennt ist, bei diesem für die vorderen Ringe die dorsale Segmentirung fehlt und nur den

hinteren bleibt, bei *Cyclodus*, *Ophisaurus* und *Ophryoessa*, indem die Ringe, dorsal hinten und vorn geschlossen, nur in der Mitte eine Lücke zeigen, bei *Hydrosaurus* und *Phrynocephalus*, indem die Ringe dorsal vorn ganz zu einer Platte verbunden sind, diese sich aber hinterwärts spaltet, nur etwa noch mit Andeutungen der Ringe durch Fortsätze, endlich bei *Zonurus*, den Geckonen und *Draco*, bei welchen die hintere Kehlkopfwand ganz solide ist. Die Ringbildung geht ventral für einen vorderen Abschnitt des Kehlkopfes in einer einfachen Platte ganz unter bei *Pseudopus*, *Trapelus*, *Cyclura*, *Iguana*, *Chamaeleopsis*, *Lacerta*, *Ameiva*, *Podinema*, indem hinterwärts sich allmählich Interstitien ausbilden und dorsal die Wand bei *Iguana* ganz, bei anderen hinterwärts oder in der Mitte gespalten, bei *Lacerta* wie die ventrale gebildet ist, und bei *Sceloporus* und *Tropidurus microlophus* Weigmann, indem ein einziger letzter, ventral ganz abgelöster Ring nur dorsal mit dem Wandknorpel verbunden ist. Die ventrale und dorsale Verschmelzung sind vollkommen bei *Phrynosoma*, so dass der Kehlkopfknorpel einen dorsal etwas niedrigeren Ring bildet, auch bei *Anolis*, wo dieser Ring an der dorsalen Wand eine grössere und bei *Polychrus* und *Chamaeleo*, wo er eine sehr kleine Kerbe besitzt. Der laryngeale Stimmsack der letzteren Gattung, welchen ich auch oben (Bd. II, Fig. 231 b., p. 503) abgebildet habe, ist der Luftröhre zwischen dem Kehlkopf und dem ersten Luftröhrenringe durch eine kleine Querspalte verbunden. Von dem vorderen und dem hinteren Rand dieser Spalte tritt in die Blase ein platter Knorpel. Die beiden Knorpel liegen schnabelartig auf einander und vom oberen nimmt ein sagittales unvollkommenes Septum der Blase Ursprung.

Der *Processus epiglotticus* fehlt den fissilinguen Eidechsen, *Monitor*, *Ameiva*, *Lacerta*, den Geckonen, Szinken und *Amphisbänen*, er findet sich fast konstant bei den *Crassilingues*, obwohl es an Uebergängen nicht ganz fehlt, in welchen die Spitze des Schildringknorpels jener (z. B. Fig. 401⁵) dem Fortsatz dieser an Länge nahezu gleich kommt. Die Spitze des *Processus* kann sich oval, lanzettförmig, löffelförmig, hammerartig gegen den Stiel ausbreiten. Bei *Iguana* erhebt sich von seiner Innenwand ähnlich wie bei den Vögeln eine leistenartige Hervorragung in den Kehlkopfraum. Der *Processus* entspringt zuweilen in der Mitte einer Ausrandung des Kehlknorpels und, wo er fehlt, kann die gewöhnliche

Fig. 401.



Kehlknorpel verschiedener Saurier, nach Henle, von:

1. *Euprepes* (*Leiolepisma*) *Telfairii* Desjardin von der Seite in dreimaliger Vergrösserung;
 2. *Cyclura denticulata* Weigmann von vorne in natürlicher Grösse;
 3. *Chamaeleo africanus* Kuhl (= *vulgaris* Daudin) von der Bauchseite in natürlicher Grösse mit der Kehlblase;
 4. demselben vom Rücken;
 5. *Podinema* (*Tejux*) *teguixin* Linné (Gray) von der Bauchseite in natürlicher Grösse;
 6. demselben vom Rücken.
- a. bedeutet überall die Giesskannenknorpel.

Spitze ebenfalls ausgerandet sein, so bei *Lacerta*. Die dorsale vordere Spitze des Kehlkopfes ist immer wenig bedeutend.

Die Giesskannenfortsätze bleiben auch bei einigen Eidechsen, einem Theile der Amphisbänen, *Ophisaurus*, bei welchem sie auch weit nach vorn, über dem die Ringe verbindenden Streifen entspringen, unabgegliedert. Meist abgegliedert, zeigen sie eine dreiseitige, zuweilen nach innen, selten nach aussen hakige oder auch eine fingerförmig gestreckte Gestalt.

Die grossen Vorstrecker und Zurückzieher und damit die starke Verschiebbarkeit des Kehlkopfes fehlen den Sauriern wie der Schildkrötkrokodilgruppe. Dagegen sind die zwei Kehlkopfmuskeln immer in Sonderung vorhanden. Der *M. compressor* entspringt allein vom Zungenbeinkörper bei den Geckonen, unter Theilung in zwei Portionen, und bei *Amphisbaena*, von einem vorderen entoglossen Fortsatz dieses Körpers bei *Pseudopna*, meist aber theilweise von jenem oder einem zwischen Zungenbeinkörper und Kehlkopf gespannten *Ligamentum hyothyreoideum*, theilweise vom Kehlknopfel selbst, von diesem allein bei den Erdagamen der alten Welt. bei *Anguis*, *Zonurus*, *Chamaeleo*. Der *M. dilatator* nimmt seinen Ursprung nicht anders als vom Kehlkopf und etwa, *Zonurus*, dem ersten Luftröhrenring.

Der Eingang in die Luftröhre liegt hinter der Zungenwurzel und wird bei *Phrynosoma* von deren seitlichen wulstigen Lappen umschlossen und versteckt. Eine Kehlkopffalte fehlt *Lacerta*, *Ameiva*, *Hydrosaurus* und ist bei Geckonen nur ausnahmsweise angedeutet. Ohne knorpelige Stütze ist die unvollkommene und angedrückte Kehldeckelfalte von *Podinema*, die dreilappige von *Zonurus*, die zungenförmig freie von *Ophisurus* und *Hydrosaurus*. Sie ist sonst gestützt, sei es von der Spitze des Schildringknorpels, sei es vom *Proc. epiglotticus*, am bedeutendsten bei *Cyclura* (deren *Processus* s. oben Fig. 401 ²), aber nie ganz ausreichend zur Deckung des Aditus.

Die innere Kehlkopfwand bleibt eben und bildet keine Stimmbänder bei den schlangenartigen Eidechsen, den Szinken und den *Crassilingues*. Bei einigen anderen, *Ameiva*, *Podinema*, *Hydrosaurus*, springt die untere Kante der Giesskannenknorpel, bei *Lacerta* und *Cyclura* eine feine Falte an derselben Stelle vor. Bei den Geckonen erlangt diese Falte eine bedeutende Breite und erstreckt sich vom ventralen zum dorsalen Rande des Kehlkopfes. Beim Chamäleon finden die gleichfalls gut entwickelten Stimmbänder die ventrale Befestigung an einer inneren Leiste des Kehlkopfnorpels, welche gegen den oberen Knorpel des Stimm-sackes hinzieht. Die Stimme der europäischen Geckos ist schwach, die der indischen ein nächtlicher lauter wiederholter Doppelpfuf, bald mit Kukuksruf, bald mit dem antreibenden Schnalzen der Fuhrleute, auch dem Lachen der Spechte verglichen. Die wirkliche Stimme der Chamäleons scheint noch nicht beobachtet zu sein und beschränkt sich vielleicht auf die Brunstzeit. Der

Bau des Stimmorgans mit dem, wie es scheint, ihnen allein unter den Eidechsen zukommenden Verstärkungsapparat lässt vermuthen, dass sie in einer Reihe in rascher Folge ausgestossener Töne, wie beim Laubfrosch, bestehe, oder ähnlich dem Schwirren beim Fluge einer Taube sei.

Eidechsen athmen bei lebhafterem Verhalten mit geöffnetem Munde. Ihre Nasengänge sind länger als die der Schlangen. An der Umgürtung nehmen die Oberkieferbeine Theil. Die äusseren Nasenöffnungen sind eng, oft von besonderen nasalen Schildern umgeben, meist seitlich angebracht, seltener mehr auf der Schnauze, Phrynocephalus, Acanthodactylus, Pygopodiden, Acontiaden, Sceloporus, im Ganzen sich gerne eingrabenden Eidechsen.

Bei den Krokodilen scheidet der Eintritt des kurzen Bronchus jede an sich mehr rundliche oder nierenförmige Lunge in einen eher kleineren vorderen und einen grösseren hinteren Abschnitt. Ich finde bei *Crocodylus (Osteolaemus) frontatus* Murray die linke Lunge nur halb so voluminös als die rechte. Die Bronchien gehen weder allmählich in die Lungen über, wie bei Schlangen, noch setzen sie sich mit einfacher Oeffnung plötzlich gegen sie ab, wie bei Eidechsen, sondern, indem sie in den Körper der Lungen eintreten, öffnen sie sich mit etwa sieben bis dreizehn lateralen und terminalen Durchbrechungen in von einander geschiedene Lungenkammern, deren jede mit zahlreichen und untergetheilten Zellen besetzte Wände besitzt. Die Knorpelringe der Bronchien treten auch in dieser durchlöcherten Partie auf. Sie werden dabei wohl unregelmässig, gabeln sich und treten unter einander in Verbindung. Henle fand die letzte Partie bei Alligator (*Caiman*) *palpebrosus* Gray als zusammenhängende Spirale, Rathke ebenso, aber in geringer Ausdehnung. Die Knorpel der freien Bronchialtheile sind ringförmig, so auch die hinteren der Luftröhre, die vorderen aber, in kleinerer Zahl, sind gespalten. Bei *C. frontatus* sind die hinteren Ringe bedeutend enger und etwas schmaler; so ist die Luftröhre in der Mitte korbartig erweitert. Bei einem Gavial fand Henle vor den vollständigen Ringen zwischen den Enden der nächst vorausgehenden Halbringe einen besonderen mediodorsalen Knorpelstreifen eingeschoben.

An der dorsalen Fläche des Kehlkopfes verschwindet jede Spur von Ringbildung, an der ventralen wird eine solche bei Alligator *mississippiensis* Gray (Lucius Cuvier) dadurch hervorgerufen, dass derjenige Halbring, welcher bei anderen Crocodyliern der erste der Luftröhre ist, sich mit dem Kehlknopfel durch eine mediane Brücke verbindet. Dieses so zu verstehen, wird man noch mehr durch die Beobachtung eines speziellen Falles von Rathke bewogen, in welchem der folgende Luftröhrenring durch Verbreiterung für einen einseitigen Defekt an jenem ersten eintrat. Ob der Rest des Kehlkopfes wirklich aus mehreren Ringen bestehe, oder aus einem einzigen vergrösserten, darüber giebt bis dahin die Entwicklungsgeschichte

keinen Aufschluss; nach der Ausdehnung könnte man nicht gar viele, etwa drei bis vier darin vermuthen, nach dem Vergleich mit den Schildkröten etwas mehr. Bei mehreren Arten von *Crocodylus* und bei den Gavialen bildet die Luftröhre vor der Bronchialtheilung eine Schlinge, wobei auch die Bronchien mit verlagert werden. Diese beginnt ihre Ausbildung bei *C. acutus* Geoffroy und den Gavialen schon im Embryonalstande, bei *C. vulgaris* Cuvier erst später und sie wächst mit dem Alter, so dass die relative Länge der Luftröhre auf das Doppelte steigen kann. Die Zahl der Luftröhrenringe scheint dabei von Anfang an komplet hergestellt zu werden. Die grössten Differenzen in der von Rathke zusammengestellten Liste haben die beiden Gaviale, der von Borneo mit 51, der gemeine vom Ganges mit 116; die Zahlen bei den Krokodilen bewegen sich von 79—104, die der Alligatoren von 60—74, schwankend innerhalb derselben Art. Diese Schwankungen sind eher stärker für die immer geringere und nur bei dem Gavial von Borneo mehr als die Hälfte jener Zahlen erreichende Zahl der Bronchialringe, auch mit einigem Unterschiede für die zwei Seiten. Wenigstens für einen Theil der Krokodile und Alligatoren greift der Abschluss der Trachealringe im Heranwachsen von hinten nach vorn weiter und wahrscheinlich sind alle anfänglich dorsal offen. Das Definitivum war beim Gavial von Borneo schon im Embryonalstande, bei Alligator cynocephalus Duméril et Bibron noch nicht in einem Lebensalter von mehreren Jahren erreicht. Der Abschluss der Bronchialringe scheint immer schon im Embryonalleben zu erfolgen. Der vordere Abschnitt der Lunge ist anfangs kleiner im Verhältniss zum hinteren als später. Die Kammern der Lungen entstehen bei Embryonen von etwas über 2" Länge, indem einige unter den netzartig verbundenen, denen der *Lacerta* gleichen Binnenwandleisten, welche bis dahin offen neben einander liegende Zellen umrahmten, sich zu Scheidewänden erheben. Diese verwandeln, sich verdickend, die Lunge in ein System von dem Bronchus aufsitzenden dickwandigen Röhren, deren nach der Peripherie dickere Wände sich wieder mit kleinen Zellen wabenartig bekleidet zeigen. Da die Gänge immer die Zwischenwand gemeinsam haben, ist die Lunge nicht in Lappen getheilt. Die Zugänge zu diesen Röhren oder Säcken vom Bronchus aus engen sich ein; der Bronchus vervollkommnet sich durch Knorpelringe, der Sack durch stärkeren schwammartigen Ausbau der alveolären Wand. Durch die erste Lufteinathmung werden die Röhren kammerartig ausgedehnt und die Platten dünn, ausser wo sie in ihrem Zusammentreffen zugleich den sekundären Charakter der nicht aus knospenartigem Vorwachsen hervorgegangenen Bronchialbildung verrathen. Das schwammige Gewebe nimmt im postembryonalen Wachstum weiter zu, die Kammerzahl aber mehrt sich nicht.

Der Hinterrand des Kehlknorpels der Krokodilidier ist dorsal und ventral ausgebuchtet. Die lateralen Theile treten nach hinten hügelig vor.

Noch mehr ist das der Fall am vorderen Rande und die sehr reduzierte vordere ventrale Spitze bleibt dahinter an Länge zurück. Die auf diesen Seitentheilen aufsitzende Basis der Cartilagine arytaenoideae wird dem bei *Gavialis* und mehr bei *Crocodylus* in Ausbuchtung angepasst. Diese Knorpel werden in deren Verstärkung zu einem dem Kehlknopfel nur vorn und hinten aufstehenden, sonst durch eine gespannte Membran geschiedenen Knorpelbogen bei den Alligatoren.

Der auch bei alten Thieren nur knorpelige schildförmige und konvexe Körper des Zungenbeins liegt in seiner hinteren Partie ventral dem Kehlkopf und vorderen Abschnitt der Luftröhre

an, ist an diese Theile befestigt und umgreift dieselben mit den gegen den Schädel sich wendenden knöchernen hinteren Hörnern. Der vordere Abschnitt, an welchem, wie es scheint, vordere Hörner durch Incisuren angedeutet sind und welcher sich breit zwischen Zungenwurzel und Kehlkopf im Boden der Mundhöhle erhebt, diesen theilend, sendet rückwärts zum Kehlkopf ein Band, Frenulum, und die dieses deckende Falte geht, ohne eine quere Epiglottis zu bilden, in die Ränder des Aditus über. Der *M. compressor* entspringt von Kehlkopf und Zungenbein und besitzt zwei Portionen, der *Dilatator* entspringt vom Kehlkopf und zugleich theils vom Zungenbein, theils vom ersten Trachealring.

Indem die schmalen Giesskannenknorpel mit ihrem basalen Rande in die Kehlkopfhöhle vorragen, bildet sich von hinten her unter ihnen eine weite Tasche. Besonders bei der gedachten Bügelform müssen die Exkursionen der Giesskannenknorpel auf die Weite der von jenen Falten und Taschen begränzten Spalte oder inneren Stimmritze energisch wirken und veränderliche Stimmen erzeugen.

Die Nachrichten über die Stimme der Krokodilidier, welche von Plinius an bekannt war, sind von den Reisenden der letzten Jahrhunderte bestätigt worden. Catesby, Coudrenière, Jobson, de la Borde haben die von nordamerikanischen, südamerikanischen und afrikanischen Arten mit dem Brüllen der Stiere verglichen. Einige Reisende erzählen von miauenden Katzentönen und einem Wimmern, welches man für das ausgesetzter Kinder nahm, andere verglichen die Töne mit Blöken und Bellen. Nach Schomburgk's Beobachtung haben die jungen Thiere die hohen, die alten die tiefen Töne. Nach Mohnike verlieren alte Stücke des indischen Croco-

Fig. 402.



Kehlknopfel verschiedener Krokodilidier nach Henle:
A. vom *Gavial*, *Rhamphostoma gangeticum* Geoffroy, von einem kleinen Exemplare, vergrößert von der rechten Seite gesehen;

B. derselbe von der Dorsalseite gesehen;

C. von *Alligator lucius* Cuvier in natürlicher Grösse von der Seite gesehen.

Uebersall bedeutet: a. *Cartilago arytaenoidea*.

l. *C. laryngea*. t. den ersten Trachealknopfel.

dilus biporcatus Cuvier die Stimme, indem der Boden der Mundhöhle unbeweglich und wohl auch der ganze Kehlaparat in sich starr wird.

Der Bau des Nasenganges gewährt den Krokodilen eine so grosse Unabhängigkeit der Luftwege von der Mundhöhle, dass dieselbe kaum von den dafür best eingerichteten Säugern übertroffen wird. In einem starken Gegensatz zu den Amphibien und den bis dahin besprochenen Reptilen sind die Nasengänge ausserordentlich lang. Es ist das zum Theil in der Länge der Schnauze begründet. Die äusseren Nasenöffnungen liegen der Schnauzenspitze nahe und sind entweder zusammen ausschliesslich von den paarigen Ossa intermaxillaria umrahmt, bei den Gavialen, oder es kommen die Nasenbeine in Beziehung zu ihnen, sei es nur eben von hinten eingreifend, bei Krokodilen, sei es die beiden Löcher in der Mitte trennend, bei Alligatoren, so dass eine wesentliche Bedingung für die Schnauzenlänge und die Haltung des Körpers im Wasser bei Athmung am Wasserspiegel durch die besonderen Verhältnisse der Intermaxillaria und ihre Beziehung zu den äusseren Nasenöffnungen gegeben ist. Die Schnauze der Gaviale erhält ihre vorzügliche Länge erst allmählich und wird bei Männchen schliesslich vorn viel feiner ausgezogen. Aeusserlich treten die Ränder der Nasenöffnungen gewölbt hervor, hoch kegelförmig bei alten Gavialen, bei welchen der Binnenraum, in Fächer getheilt, von Geoffroy St. Hilaire gewiss ohne Grund als ein Luftreservoir angesehen wurde, viel eher, ähnlich wie die Nebensäcke an dem Nasengange der Wale zufällig mit aufgenommenes Wasser schützend empfangen dürfte. Die halbmondförmige Oeffnung kann von hinten von einer fleischigen Klappe gedeckt werden.

Die von diesen Nasenlöchern ausgehenden Nasengänge zerfallen in einen vorderen Theil, die eigentliche Nasenhöhle, welcher sich zusammensetzt aus dem Vorhof und der Riechhöhle, und einen hinteren, den Meatus nasi inferior s. posterior. Die Scheidewand zwischen den Hauptnasenhöhlen bleibt zeitlebens knorplig und häutig. Das Dach ihres Vorhofes hinter dem intermaxillaren Gebiet bilden die Nasenbeine und Thränenbeine, den Boden die Oberkiefer. Ungefähr in der Mitte bei Krokodilformen von mässiger Schnauzenlänge erhebt und erweitert sich die Hauptnasenhöhle zur Riechkammer, dehnt sich als solche bis zur Wand der Hirnkapsel aus und nimmt die bei einigen später verknöchernden Muschelknorpele in sich auf, während sich ventral dort, wo der Boden vom Oberkiefer auf das Gaumenbein übergeht, der hintere Nasengang abzweigt. Der Boden dieser hinteren Gänge wird dann ergänzt durch die Gaumenplatten der Ossa pterygoidea und dieses ist das zweite, hier ausschliesslich vorkommende Motiv der besonderen Länge der Nasengänge. Die hinteren Gänge haben eine knöcherne Scheidewand, welche zu einem Theil gebildet wird durch paarige Pflugscharbeine, Ossa vomeris. Wie diese nur selten über das Gebiet der Palatina vorne herausragen, so erreichen sie nach hinten nur

ein Drittel der Länge der hinteren Gänge; sie umgürten in Verbindung mit den Palatina wesentlich deren Eingang. Weiter rückwärts sind es die Pterygoidea allein, welche, im Hintergaumen viel mehr ausgedehnt als die Palatina, innen als enge Kanäle die hinteren Nasengänge bilden, in vollständiger Trennung der beiden, median mit den Laminae septales, welche später von beiden Seiten mit einander verschmelzen und zwischen sich das knorplige Septum orbitale aufnehmen, aussen durch die mit jenen im Winkel zusammenstossenden Laminae nasales, gegen die Mundhöhle durch die erwähnten Laminae palatinae, welche, erst in der postembryonalen Entwicklung sich querüber gegen einander wendend und vernahtend, die eigenthümliche Einengung und Verlegung der hinteren Nasenöffnungen nach hinten mit Verlängerung der Gänge bedingen. Diese Pterygoidea stützen sich innen durch die Palatina auf die Oberkiefer, aussen durch die Transversa auf diese und die Jochbeine. Nahe dem Hinterrande erscheinen an ihrer breiten Platte im harten Gaumen die hinteren Nasenlöcher oder Choanen nur durch sehr kurze Strecken der Körper des Hinterhauptbeins und vorderen Keilbeins vom Hinterhauptkondylus getrennt, nach hinten gerichtet und zusammengefasst. Vor ihnen senkt sich von der Pterygoidealplatte aus der weiche Ueberzug des Gaumens als eine halbmondförmige freie Falte, ein Gaumensegel, Velum palatinum, herab und gewährt, durch eingelagerte Knorpelplatten verstärkt und dem gehobenen Vorderrande des Zungenbeins belegend, dem Schlunde mit dem Aditus laryngis auf seinem Grunde einen vollkommenen Abschluss von der vorderen Mundhöhle. So vermögen Krokodile, während sie eine lange Zeit Bente im Maule gefasst halten, sie unter Wasser zu ersticken und anfaulen zu lassen, hinter dieser weg zu athmen, auch mit offenem Maule und hängendem Unterkiefer lauernd und kreisend, unmerklich die äusseren Nasenöffnungen über den Wasserspiegel erhebend die Athmung zu besorgen. Die Schwingungen dieses Gaumensegels sind nicht ohne Bedeutung für die Stimme.

Der Erschwerung, welche die Athmung der Krokodile durch die Länge und Enge der Nasengänge und eventuell die Kürze der zu verwendenden Zeit erfährt, steht gegenüber ein besonders energischer mechanischer Athmapparat. Die Hebungen und Senkungen der verschiedenen Rippenpaare, welche bei den Schlangen an einzelnen Körperstellen für sich geschehen können, bei denselben neben der Wirbelverschiebung sehr wesentlich die Ortsbewegung zu besorgen haben, sind schon bei den vollkommeneren Eidechsen durch das Brustbein in eine einzige Arbeit kombinirt und zugleich, theils durch diese Kombination, theils durch die Ausbildung guter Füße, für die Ortsbewegung weniger bedeutsam geworden, so dass ihre hauptsächlichste, im Gewöhnlichen und bei mässiger Arbeit einzige und ausschliessliche Verwendung die für Athmung ist. Je ausgedehnter die Einrichtungen an festen Skelettheilen und bewegenden Muskeln sind, welche

blasbalgartig auf die die Lungen einschliessende Leibeshöhle wirken, je schärfer in ihnen die festen Angriffspunkte den nachgebenden Stellen entgegentreten, unter Kombination letzterer zu einem einheitlichen Effekte, um so vollkommener wird die mechanische Athemarbeit ausgenutzt. Indem die ganz vorzügliche Ableistung derselben am Rumpfe in einem Gegensatze zur Verwendung des letzteren zu solchen anderen Arbeiten steht, bei welchen eine Lagenveränderung der massgebenden Theile erforderlich ist, verbindet sie sich mit geringer Beweglichkeit des Rumpfes. Dieser wird dadurch um so geeigneter, in der Ortsbewegung als ein Ganzes andere Arbeit an sich zur Geltung kommen zu lassen. Solche Verringerung der Beweglichkeit des Rumpfes kommt in verschiedenen Fällen auf ungleichen Wegen zu Stande, anders bei Krokodilen, anders bei Vögeln, anders bei Säugern, vorzüglich grabenden und kletternden. Schon der Halsabschnitt der Wirbelsäule ist bei den Krokodilen durch doppeltwurzlige, hammerförmige, sich auf einander schiebende Rippen in der Beweglichkeit sehr beschränkt. Am thorakalen Theil sind die befestigten Querfortsätze der Wirbel sehr ausgedehnt, mit Zunahme nach hinten, und die vertebralen Rippenabschnitte an den Wirbeln an zwei Punkten befestigt. Das was von Beweglichkeit an diesen Theilen erübrigt, ist nach der Stelle ungleich; die vorderen Rippen, deren Köpfe mehr unterhalb des zweiten Befestigungspunktes, des Tuberculum liegen, gestatten eine Bewegung der distalen Enden des vertebralen Stücks nach vorne und hinten. In allmählicher Verschiebung des Tuberculum hinter das Capitulum verändert sich die Bewegung in vertikale Hebung und Senkung jener Enden. Diese sind durch ein knorpliges Zwischenstück, welches Stannius dem dorsalen Abschnitte zurechnet, welches sich aber nicht allein, wie er es beschreibt, an der achten Rippe deutlich abgliedert, mit den knöchernen sternalen Rippenstücken oder sternokostalen Leisten verbunden und durch diese auch wieder in ihrer Bewegung gebunden. Während die vertebralen Rippenstücke sich im Ganzen nach hinten strecken, kehren die ventralen nach vorn zurück. Das Brustbein, auf welches die letzteren sich stützen, ist in den platten Theilen knorplig und nachgiebig, aber der dem vorderen Abschnitte aufgesetzte episternale Theil ist knöchern.

Ganz einzig schliesst sich den thorakalen Sternokostalleisten ein gänzlich abdominales Rippensystem an, welches mit sieben bis acht von einander gesonderten Paaren aus je zwei Stücken bestehender schräger, in die Musculi recti der Bauchmuskulatur eingebetteter, mit den zwei letzten dorsalen, einfachen, das Brustbein nicht erreichenden Rippen und den folgenden Querfortsätzen lumbarer Wirbel unverbundener Stäbe den Raum bis zu den etwas beweglichen Schambeinen füllt. So steht eine in sich wenig veränderliche, auch durch den Hautpanzer befestigte, dorsale und mehr vorn gelegene Wand aus Halswirbeln mit Halsrippen, aus Brustwirbeln mit vertebralen

Abschnitten wahrer und zwei bloß aus solchen bestehenden Paaren falscher Rippen und aus Lendenwirbelfortsätzen gegenüber einer ventralen und mehr hinteren, in sich etwas weniger festen aus Brustbein mit Sternokostalleisten, Abdominalrippen und Schambeinen. Die knorpligen Mittelstücke der Rippen, sowie die rippenlose Seitenwand der Lumbargegend, in der Haut die kleinen, unregelmässigen und rundlichen Schilder der Seitenlinie gestatten gleich dem Leder an einem Blasbalg, diese beiden festen Wände von einander zu entfernen und einander zu nähern. Die geringe Biegsamkeit des Rumpfes aber wird andererseits nicht nur beglichen, sondern vorthellhaft ausgenutzt durch die energische seitliche Aktion des Schwanzes. Die Bewegung des Brustkorbs gleicht um so mehr der eines Blasbalgs, als der Brustkasten vorn enger und durch die geringere Länge der knorpligen Mittelstücke der Rippen weniger dehnbar ist. Da der Winkel, welchen die Rippenstücke mit einander machen, nach hinten gerichtet ist, ist es der Zug an der Mitte nach vorne, welcher die Rippen streckt und den Brustkasten erweitert, in der Haltung des Menschen die Hebung. Abgesehen von den Muskeln, welche auf die vorderen und die hinteren Rippen von vorliegenden und nachfolgenden Skelettheilen in diesem Sinne wirken, bringt es die Art der schrägen Anbringung der besonderen Zwischenrippenmuskeln an den vertebralen Rippenabschnitten mit sich, dass Arbeit der äusseren Lage, deren Fasern von vorderen Rippen zu mehr distalen Theilen hinterer, aber immer nicht über den Winkel hinaus gehen, nur in einer Führung der Rippen nach vorne ausgenutzt werden kann, bei welcher Bewegung in der Verkürzung die Fasern des Muskels sich immer mehr senkrecht gegen die Rippen stellen, die der inneren Lage, deren Fasern von hinteren Rippen zu mehr distalen Theilen vorderer gehen, dagegen in der Zurückführung. Die Fortsetzung jener Faserrichtung jenseits der Winkel in der Muskulatur der Bauchseite, also der *Musculi intercostales externi* in den *Obliqui externi*, bringt eine Umkehrung der Aktion mit sich. Wo die Fasern sich begegnen, tragen die Enden der vertebralen Rippenabschnitte besondere, erst abgelöste knorplige, später verknöchernde und anwachsende platte Fortsätze, *Processus uncinati*, nach Vorbild der Vögel, deren Gegenwart, da sie vorzüglich vom *Obliquus internus* in Anspruch genommen werden, gleich dem Abdominalrippensystem mehr die Möglichkeit raschster Ausathmung zu betonen scheint, welche die Krokodile anwenden, wenn sie eine ergriffene Beute schleunigst unter Wasser bringen. Luftaustreibend scheint auch eine Muskellage zu wirken, welche vom Schambein sich über das Peritoneum ausbreitet. Die freie Lage der Lungen in Pleurathüberzügen zur Seite der Speiseröhre und eventuell die Schlingen der Trachea und der Bronchien geben eine grosse Nachgiebigkeit gegen verschiedene Füllungszustände.

Bei den Schildkröten liegen die Lungen der Innenfläche des

Rückenschildes an und sind ventral durch einen Bauchfellüberzug von den übrigen Eingeweiden getrennt, so dass sie in Expansion und Kompression ihre Lage nicht wesentlich verändern und den Körper im Wasser lebender gleichmässig in horizontaler Haltung tragen. Die Lunge reicht nach hinten immer über Leber und Magen hinaus, zuweilen, so bei *Chelone*, bis in die Beckenregion. Doch sind es keineswegs durchaus die exquisit aquatilen Schildkröten, welche, wie man annehmen möchte zur spezifischen Erleichterung, die relativ grössten Lungen haben, sondern, nach einer Zusammenstellung von L. Agassiz, eher diejenigen, deren Haut nach ihrer Beschaffenheit sich am wenigsten an der Athmung betheiligen kann, welche die ungünstigsten Verhältnisse der Oberfläche zur Masse besitzen, welche durch die Unbeweglichkeit des Panzers die geringsten Athembewegungen machen können, welche Schutz nicht durch Untertauchen, sondern durch Verbergen des Kopfes und der Glieder in der Schale suchen, wobei grade auf Kosten des Lungenraums für die in die Schale gebrachten Theile Platz geschafft wird, also mehr die sonst für die Athmung ungünstig bedachten und besonders die Landschildkröten. So hat *Cistudo triunguis* Agassiz einen Kubikzoll Lunge auf 2,12 Loth Masse, *Testudo polyphemus* Daudin (= *Carolina*) auf 4,14, *Ptychemys rugosa* Agassiz auf 5,52, *Chelydra serpentina* Schweigger auf 18,6, *Cinosternon pensylvanicum* Wagler auf 32 und *Trionyx ferox* Schweigger nur auf 33,8. Jede Lunge zerfällt ähnlich der der Krokodile in Kammern, vierzehn bei *Thalassochelys caretta* Linné, nur acht oder sieben bei *Chelydra*, *Cistudo lutaria* Gessner, *Testudo radiata*. Die Kammern bilden eine umfänglichere äussere und eine kleinere innere Reihe. Die Kammertheilung und das Maschenwerk in den Kammern werden im Embryonalleben fertig gestellt. Das Maschenwerk ist dichter bei den Seeschildkröten, aber in der Peripherie und am Hinterende bei ihnen arm an Gefässen. Der Bronchus tritt in die Lunge ein und führt, mit Knorpelringen gestützt, nahe der medialen Wand, in allmählicher Verengerung bei den Seeschildkröten fast bis an das Ende der Lungen, die rasche Füllung und Entleerung sichernd. Löcher in der Bronchialwand machen die Kammern zugänglich. Das Lungengewebe umgreift übrigens den Bronchus auch an der Innenwand.

Die Luftröhre bildet, der Beweglichkeit des Halses entsprechend und zuweilen über sie hinaus, wahrscheinlich im Dienste der ungleichen Füllung des vorderen Lungenabschnittes und dabei Verschiebung der Eintrittsstelle der Bronchien in die Lungen, bei einigen Schildkröten im Hauptstamm und in den Bronchien, in diesen auch asymmetrisch, Schlingen. Man wird auch die frühe Theilung in die zwei Bronchien bei einzelnen als dienlich bei der Einziehung des Halses in den Schutz der Schale denken dürfen. Der Unterschied der Zahl der Knorpelringe in den Theilen ist viel grösser als im Ganzen, in den von Meckel aufgestellten Beispielen für den Stamm

bis auf's Vierfache, für die Gesamtzahl an Stamm und Aesten, welche am kleinsten bei den Seeschildkröten ist, nie auf das Doppelte und selten auf's Anderthalbfache.

Die Theilung tritt bei Landschildkröten im Allgemeinen am frühesten, bei den Sumpfschildkröten am spätesten ein, die Seeschildkröten halten sich in der Mitte. *Testudo graeca* L. hat höchstens zwanzig Trachealringe und im Embryonalleben nur neun, dagegen über siebzig Bronchialringe schon im Ei und später über achtzig. Bei *Chelonoidis tabulata* Linné und bei der *Cauana* finde ich Luftröhre und Bronchien ziemlich gleich lang. Bei *Terrapene* und verschiedenen *Emys* steigt die Zahl der Luftröhrenringe auf fünfzig bis über sechzig, während die der Trachealringe auf vierzig und dreissig sinkt; bei *Chelydra serpentina* Schweigger finde ich etwa siebzig Ringe in der Trachea und kaum dreissig im Bronchus. Bei den Lederschildkröten, *Sphargis*, setzt sich nach Rathke's Entdeckung die Bronchialtheilung in einer Scheidewand des hinteren Drittels der Trachea fort. Die Luftröhre ist an dieser Stelle breiter als sonst. Da die Lederschildkröte wohl die stärkste Fischfresserin unter den Seeschildkröten ist, so mag diese Einrichtung ähnlich wie bei Procellarien und Pinguinen die Luftröhre mindestens einerseits offen halten, während ein grosser Fisch im Oesophagus steckt. Die Bronchien divergiren meist sofort bedeutend, aber bei *Chelonoidis tabulata* Linné verlaufen sie im Anfange so dicht bei einander, dass es den Anschein hat, als gebe es auch hier eine solche Scheidewand. Bei *Chelydra serpentina* laufen die Bronchien ebenfalls an ihrer Wurzel mehr zusammen. Der hintere Theil der Trachea ist von der Rückwand her in einer Ausdehnung von mehr als einem Zoll kielförmig in das Lumen gedrängt, in dieser Form durch Bindegewebe aussen befestigt und es kommt auf einer kleinen Strecke vor der Bronchialtheilung wirklich zur Bildung einer Scheidewand. Die trachealen und bronchialen Knorpelringe sind in der Regel vollständig, doch sind die ersten trachealen mit Ausnahme von Landschildkröten und Seeschildkröten offen und in der in der Lunge sich fortsetzenden Bronchialstrecke die Knorpel unregelmässiger. Es kommen auch zwischengkligel Knorpel vor. Die Kammerpforten sind von besonderen Knorpeln umrahmt, welche sich dann zunächst in festeren bindegewebigen Wandtheilen fortsetzen. Verknöcherung der Luftröhrenknorpel kommt am ersten bei Landschildkröten vor.

Der Kehlkopf der Schildkröten entsteht aus Verschmelzung einer Anzahl von Ringen, von welchen sich an der Bauchseite einige, meist zwei, bei *Sphargis* und *Cistudo lutaria* Gessner drei, bei *Testudo* vier, bei *Trionyx* nur einer, durch theilweise und ungleiche Absetzung von dem vorderen grösseren Stücke unterscheiden lassen, während auf der dorsalen Fläche die Zahl der Zacken oder Löcher zuweilen beweist, dass in dieser vorderen Abtheilung selbst noch mehrere Ringe anzunehmen sind, so im

Ganzen sechs gleicher Weise bei *Trionyx* und bei *Testudo*. Dorsal besitzt die Kehlkopfplatte entweder, bei *Trionyx* und *Sphargis*, ähnliche Interstitien, oder sie giebt sich, bei *Cinosternon*, hinterwärts spaltförmig auseinander, oder sie zeigt, bei *Testudo*, weder Ringbildung noch sonstige Unterbrechung, oder es setzt sich von ihr ein vorderes Stück, eine *Cartilago cricoidea* gleich der der *Pipa* und einem Theil des so benannten Knorpels bei den Säugern ab, sei es über einer sonst geschlossenen, in der Mitte vorragenden Rückwand, bei *Chelonia*, sei es über einer von unvollkommenen Ringtheilchen unterbrochenen dorsalen Lücke, bei *Cistudo*, sei es über einer dazwischen vermittelnden, dorsal vorn geschlossenen, hinten

offenen *C. thyroidea*, bei *Chelys fimbriata* Schweigger. Der vordere ventrale Winkel ragt bei den Seeschildkröten etwas, bei *Chelonia midas* Latreille hakig vor; aber er streckt sich nicht zu einem *Processus epiglotticus*.

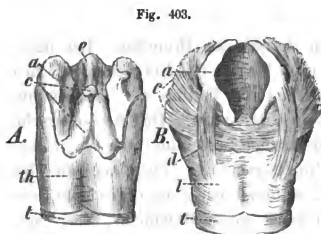


Fig. 403.

Kehlköpfe von Schildkröten von der Dorsalseite in natürlicher Grösse nach Henle.

A. von *Chelonia midas* Latreille (*esculenta* Merrem).

B. von *Testudo elephantopus* Harlan.

Die Buchstaben bedeuten. a. *Cart. arytaenoidea*. e. Epiglottischer vorderer Winkel der (L) ungetheilten *Cart. laryngea*. cr. Abgesonderte *C. cricoidea*. th. Restirende *C. thyroidea*. c. *Musc. compressor*. d. *M. dilatator laryngis*. i. Erster Trachealring.

Die Giesskammknorpel sind bei allen Schildkröten abgegliedert. Die der Emyden und von *Chelonia* sitzen mit der Basis breit auf und biegen die Spitze nach aussen, die von *Trionyx* sind wie die von *Crocodylus* an der Basis ausgeschnitten, dadurch bogig, die von *Cinosternon* und *Testudo*, gleichfalls bogig oder hakig, erheben sich mit dem ventralen Ende vom Kehlkörper und sitzen nur dorsal auf. Der Kehlkopf legt sich hart an das Zungenbein und auf dessen Körper, welcher öfter in der Mitte nur knorplig ist oder eine nur bindegewebig überzogene Fontanelle besitzt, während die zum Schädel aufsteigenden vorderen Hörner die Richtung möglicher Bewegungen beschränken. Dieselbe wird bei denjenigen Emydiden, deren Becken mit den Schildern verbunden ist, den *Monimopelyca*, wie *Chelys*, und bei *Chelydra* durch eine rinnenartige, Kehlkopf und Luftröhrenanfang aufnehmende Verlängerung des Brustbeinkörpers noch mehr verringert.

Die *Musculi compressores laryngis* entspringen bei *Testudo* und *Chelonia* nur von dem rahmenartigen Theile des Zungenbeinkörpers, bei *Emys* zum Theil vom Schildknorpel. Im Ganzen dorsal auf diesem von den Seiten her zusammentretend, können sie doch Bündel zu dem etwa abgegliederten

Ringknorpel und den Giesskannenknorpeln abgeben. Die Musculi dilatatores gehen von den Seiten des Kehlknopfels zu den Aussenwänden oder den Spitzen der Giesskannenknorpel, deren Exkursionen bei Freiheit des vorderen Schenkels besonders gross sind.

Eine Kehldeckelfalte fehlt den Landschildkröten. Bei den übrigen ist sie unzureichend. Unter ihr bleibt eine kleine taschenartige Grube. Neben ihr finde ich bei Chelydra schwache Läppchen, eine minimale Ausführung der hornbedeckten Papillen der Vögel, noch geringer als diese bei Straussen ist.

Stimmbänder haben die Schildkröten nicht, aber die Luftbahn kann in der Tiefe durch die vorragende Innenkante der Basen der Giesskannenknorpel, besonders bei Chelonia, wechselnd eingeengt werden, während die beweglicheren Giesskannenknorpel von Testudo und Cinosternon auch den eigentlichen Aditus in höherem Grade veränderlich machen. Nicht selten erhebt sich die Innenfläche der ventralen Laryngealwand etwas leistenartig. Der Aditus laryngis liegt bei der Kürze der Mundhöhle und der Zunge nicht weit vom Mundrande.

Ueber die mit solchen Mitteln erzeugten Stimmen der Schildkröten haben wir von Rondelet an Nachrichten. Gewöhnlich ist sie nur ein Zischen, ähnlich wie bei Gänsen, und so kann man sie in der Vertheidigung leicht bei der Caouana hören. Dieses verstärkt sich bei manchen zu einem Pfeifen, wie das Agassiz von mehreren Arten der Gattung Emys berichtet. Die Besonderheiten der Giesskannenknorpel beeinflussen die weitere Vollen- dung. Nach Darwin geben die Riesenlandschildkröten der Galapagos für gewöhnlich auch nur ein solches Geräusch von sich; in der Paarungszeit jedoch wird die Stimme der Männchen als ein heiseres Blöken über hundert Schritt weit vernommen. Angegriffene Seeschildkröten sollen schreien und Sphargis scheint von dem Geräusche, welches sie verursacht (*σφαργίζουαι*), ihren Namen zu haben.

Die Nasengänge der Schildkröten sind kurz; die inneren Mündungen liegen, da die Flügelbeine am Kanale nicht betheiligt sind, gleich hinter den Gaumenbeinen, welchen sich im Boden der die Gänge scheidende unpaare knöcherne Vomer verbindet. Die hinteren Oeffnungen erscheinen in den Weichtheilen zusammengenommen, die vorderen liegen dicht bei einander. Das Dach der Nasenhöhle wird von den vorderen Stirnbeinen gebildet, welche in der Regel die Nasenbeine mit vertreten, bei Chelodina auch von letzteren. An der vorderen Umrahmung betheiligen sich dazu die Oberkieferbeine, auf welche die gedachten Praefrontalia sich stützen und die zuweilen verschmolzenen Zwischenkieferbeine. Die eingeengten hinteren Nasengänge sind von den an der Riechhöhle plötzlich erweiterten, die Muschelknorpel aufnehmenden vorderen Abschnitten durch ein durchbohrtes Diaphragma getrennt. Bei den Trionychidae werden die äusseren Nasen-

öffnungen von einem rüsselartigen, weichen Aufsatz getragen; sonst liegen sie in geringer Grösse dicht an der Schnauzenspitze, sei es im Gebiete der Schnabelplatte, sei es in besonderen Platten darüber, welche aber nicht die erst danach folgenden Nasalplatten der Autoren sind. Es schliesst die oberflächliche feste Umrandung die Verschlussbarkeit der Naslöcher nicht aus, welche man namentlich bei jungen Wasserschildkröten bemerken kann.

Bekanntlich entbehren die Schildkröten zum grössten Theile der Beweglichkeit in demjenigen Stücke, welches der Rumpfwirbelsäule, dem Rippengerüste und dem Brustbeine anderer entspricht und für einen anderen Theil von Hautverknöcherungen und Oberhauthornschildern hergestellt wird, ihrem Panzer, und damit der Verwendung der entsprechenden Körperregionen für das mechanische Athemgeschäft. Das ist nicht absolut wegen der Bewegungen, welche Unvollkommenheiten der Verwachsung in der Bauchplatte, dem Plastron, einigen gestatten, sei es in einer mehr allgemeinen Nachgiebigkeit knorplicher und bindegewebiger Verbindungen oder Fontanellen, sei es in klappenartiger Abgliederung des vorderen Theiles bei Pyxis und des hinteren bei Cinixys oder bei Cinosterniden durch zwei Nähte und bei Cistudo durch eine. Kommen diese klappenartigen Bewegungen mehr zum Schutze zur Verwendung, so dient, was an Beweglichkeit zwischen jenem Plastron im Ganzen und dem Rückenpanzer, dem Carapax, unter Beschränkung und Mangel von Randknochenplatten, namentlich bei Trionychiden, erübrigt, ganz deutlich der Athmung. Man sieht sowohl jene als auch Seeschildkröten das Plastron in Athmung heben und senken. Aktive Bewegungen im Gebiete des Rückenpanzers giebt es bei Schildkröten nicht und die passive Nachgiebigkeit ist auch in den weitest gehenden Fällen sehr gering. Die Volumveränderungen an der Rumpfhöhle äussern demnach in der Regel sich nur an denjenigen Stellen, an welchen in Beschränkung seitlicher Verwachsung die festen Panzertheile jederseits vorn und hinten ausgeschnitten sind und werden durch den Umfang dieser Ausschnitte an den Achselschildern und Leistenschildern für ihr Maass bestimmt. Werden die Gliedmaassen, der Kopf, der Schwanz in den so zugängigen Binnenraum eingezogen, so können die Lungen nur eine geringe Menge Luft behalten.

Als Ausathmungsmuskeln müssen die Bauchmuskeln in Betracht kommen, mögen sie das ihnen aufliegende Plastron zu senken oder nur die Seiten der Leibeshöhle zu komprimiren im Stande sein. Ebenso wirken Muskeln, welche vorn an den Rand des Plastron treten, namentlich der Latissimus colli. Ausserdem besitzen die Schildkröten einige Muskeln, welche man ein muskulöses Zwerchfell, Diaphragma, Musculus diaphragmaticus, zu nennen pflegt, bei Emys drei Bündel, welche vom dritten und vierten Wirbel und von dem dritten Rippenfortsatz entspringen und sich, der erste an die laterale, die anderen an die mediale Lungenfläche anlegen und sich dann zum Bauchfell hinüber schlagen. Diese Muskel repräsentirten, was in einer

einheitlichen Ausführung das Zwerchfell der Säuger thut, in die Rumpfhöhle eingreifende Entwicklungen hypaxoner, in der Regel zu den Rippen und dem Brustbein hinüberziehender Muskeln der animalen Sphäre. Soweit solche in ihrem Verlaufe gewölbt sind, beschränkt ihre Kontraktion den an der Konkavität liegenden und erweitert den an der Konvexität liegenden Raum. Während sie durch die Anbringung bei den Säugern reine Inspirationsmuskeln sind, kann von ihnen, wie es mir scheint, in der komplexeren Form und nach Art der Anbringung bei Schildkröten in dieser Richtung kaum ein erheblicher Effekt erwartet, müssen sie viel mehr bei stark ausgedehnten Lungen und im Zusammenwirken eher als Expirationsmuskeln angesehen werden. Für die Ausathmung können ferner die Abduktionen der Glieder, des Halses, des etwa beweglichen Beckens und des Schwanzes angewendet werden. Ohne Zweifel dienen der Inspiration die Streckungen dieser Theile, jedoch langsamer und in jedem Falle geschieht die Inspiration in der Hauptsache, wie das schon Morgagni erkannte, durch einen Pumpprozess, wie bei den Anuren Mangels der Rippen, so wegen deren Befestigung. Dieser Akt kann in allen Körperhaltungen vor sich gehen, stört die übrige Körperarbeit nicht und Hunter sah eine untergetauchte Schildkröte noch gewohnheitsmässig die Schluckbewegungen fortsetzen. Mit dem starken Zungenbeinapparat gegen die Choanen gedrückt, schliesst die Zunge diese und drückt die Luft in den geöffneten Aditus. Sie senkt sich dann wieder und lässt neue Luft durch die Nasengänge in den Mund strömen. Die Schildkröte schluckt einen Mund voll Luft nach dem anderen.

Die unter Umständen entsetzliche Lebensfähigkeit der Schildkröten, eine so grosse Selbständigkeit des Theillebens, dass eine Caoua, welche ich aufgesägt und des Herzens und der anderen Rumpfeingeweide entledigt hatte, mich noch zu beißen versuchte, dass in anderen Versuchen Schildkröten nach Wegnahme des Gehirns Monate lang umherliefen, macht sich auch in dem geringen Athembedürfnisse geltend. Kersten schnürte einer Schildkröte tagelang vergeblich den Hals zu; Sumpfschildkröten graben sich vollständig in den Schlamm ein und liegen lange auf dem Wassergrunde, ohne aufzutauchen.

Wir wollen wenigstens erwähnen, dass Agassiz eine Modalität innerer Kiemen bei Schildkröten in den von Sager bei *Trionyx* auf der Fläche der Zunge in Reihen, weiter im Schlunde, an dem Aditus laryngis, auf den Kanten der Zungenbeinhörner zahlreich gefundenen, vorzüglich an der letzten Stelle den Kiemen des *Menobranchus* und den verinnerlichten der Kaulquappen ähnlichen, zarten Fransen zu sehen geneigt war. Auch hat diese Schildkröte ein so starkes Blutgefässnetz in den Bauchdecken, dass Agassiz demselben eine respiratorische Bedeutung zuschreiben zu müssen glaubte.

Die Klasse der Vögel schliesst sich in den Athmungswerkzeugen zunächst an die Reptile, aber sie geht weit über sie hinaus in der Entwicklung nicht respiratorischer Anhänge an den Lungen und zeigt ein neues und allein hier vorkommendes Element in der Bildung eines unteren Kehlkopfs.

Dass die Knochen der Vögel hohl seien, wussten schon im Anfang des dreizehnten Jahrhunderts Michael Scotus, welcher die Araber erschloss, und Kaiser Friedrich II., Verfasser eines sehr merkwürdigen Buches „de arte venandi cum avibus“. Im sechszehnten Jahrhundert sah Coitier die Durchbohrung der Lungenwände; im siebzehnten entdeckte Harvey die damit in Zusammenhang stehenden abdominalen Luftsäcke. Gleichzeitig beschrieben 1774 J. Hunter und Camper, dass die Hohlräume der Knochen mit den Lungen und Luftsäcken zusammenhängen.

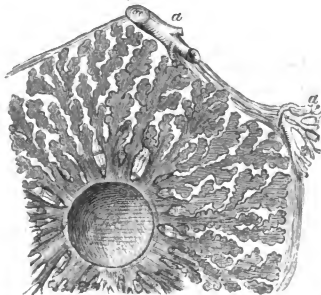
Man kann die Luftsäcke als etwas zu den Lungen Hinzukommendes und diese zunächst ohne Rücksicht auf jene betrachten, um so mehr, da bei Apteryx die Lungen überhaupt nicht die diaphragmatische Gegend und bei Aptenodytes mit ihren Säcken wenigstens nicht den Abdominalraum überschreiten.

Die Lungen, abgesehen von jenen Säcken, sind bei den Vögeln im Brustraum symmetrisch der Rückenwirbelsäule angelehnt, fügen sich in dreiseitiger Gestalt dem vom Herzen übrig gelassenen Raum, werden durch die einspringenden vertebralen Rippenabschnitte an der Rückwand tief gekerbt und sind daselbst durch zartes Bindegewebe befestigt. Sie sind nicht besonders umfanglich. Ihr Gewicht, welches allerdings nicht viel unterscheiden kann, da es weder nothwendig dem Gefässreichtum noch den athmenden Oberflächen entspricht, beträgt nach Meckel's Wägungen gewöhnlich zwischen etwa $\frac{1}{180}$ und $\frac{1}{80}$ des Körpergewichts; es ist relativ grösser bei gut fliegenden und kleinen und kleiner bei schlecht fliegenden und grossen Vögeln. Die Zahl der Lappen oder Buckel der Lungen zwischen den Rippen entspricht mit den Zahlen 4—8 im Allgemeinen der Zahl der echten Rippen weniger zwei oder drei. Diese Lappenbildung greift nicht in die Tiefe der Lunge.

Der Eintritt der zwei Bronchien theilt einen vorderen Lungentheil ab, welcher, wenn er auch z. B. bei Schwänen der Zahl nach die Hälfte der Lappen umfasst, doch immer, sei es durch Kürze, sei es durch Abplattung und Zuspitzung der weniger voluminöse ist. Die Bronchien verlieren mit dem Eintritt in die Lungen die Regelmässigkeit der Knorpelringe. Membranös geworden, erweitern sie sich und laufen nahe dem hinteren inneren Rande, um zuletzt am hinteren Lungenwinkel in die grossen Bauchluftzellen überzugehen. Sie geben auf diesem Wege primäre Aeste ab, welche sich gegen die Lungenoberfläche wenden, an dieser verlaufen, und ebenfalls mit Löchern in Luftzellen übergehen können. Deren sind nach Owen bei

Apteryx nur vier, sonst neun bis vierzehn. Ein geringerer Theil derselben, meist vier, diaphragmatische von Sappey, wendet sich bauchwärts gegen die Sternalwand, ein grösserer, meist sieben, kostale von Sappey, gegen den Rücken. Deren Eingänge, wie auch die Ausgänge zu Luftzellen sind meist mit Knorpelbogen gestützt. Einwärts gegen die Lungensubstanz hin sind diese primären Aeste und deren etwaige Theilungen radiär, oder wechselnd oder einseitig kammförmig in solchen Richtungen mit Röhren besetzt, dass sich letztere allen Partien der Lunge zuwenden. Blind endend und von ziemlich gleich bleibendem Umfang, haben diese Röhren den Namen der Lungenpfeifen. Mit der ihr weiter anhängenden Gewebsmasse gestaltet sich die einzelne Pfeife zwischen den ihr parallelen sechseckig oder sonst polygonal. Das Lumen ist kreisförmig und von fester Bindegewebmembran gestützt. Es kann mit dem anderer Pfeifen in offener Verbindung stehen. Es springen in dasselbe ringförmige Leisten vor und, indem dieselben durch Längsleisten verbunden sind, entsteht eine wabenartige Anordnung. In jede Wabe senken sich feinste Kanälchen letzter Ordnung, zunächst unter rechten Winkeln abstehend, peripherisch baumartig verästelt und zuletzt höckrig oder traubig anschwellend, und geben der Wand das Ansehen eines feinen Schwammes. In den Zwischenräumen zwischen diesen, den Alveolen anderer Wirbelthiere entsprechenden Kanälen liegt ein reiches Netz kapillarer Blutgefässe, welche, nur mit hyalinem Epithel überzogen, mannigfach verfilzt, ihre Schleifen in die terminalen Lufträumchen strecken, deren Weite, mit bis herab zu $2\ \mu$, manchmal hinter ihnen selbst zurückbleibt und kaum das Maass eines Blutkörperchens übertrifft. Dass auch zwischen diesen letzten Lufträumen wieder Kommunikationen, dass die Säckchen nicht geschlossen seien, wie es Rainey bewiesen zu haben meinte, scheint nach F. E. Schulze nicht zuzutreffen. Die Pfeifen, welche den Kammern der niedrigeren Wirbelthiere entsprechen, gestatten jedoch durch ihre Kommunikationen, dass die Luft aus einem Theil der einzelnen Lunge in einen anderen ohne Vermittelung des Hauptbronchus und der grossen Aeste gelange, sie gewähren

Fig. 404.



Querschnitt einer Lungenpfeife der Gans, etwa 200mal vergrössert nach F. E. Schulze, die Lufträume dunkel, mit antretenden Aesten der Pulmonalarterie. t. Lungenpfeife, a. a. Arterien.

Nebenbahnen, welche für rasche Füllung und Entleerung unter erschwerenden Umständen nützlich sind. Das die Bronchien und Pfeifen auskleidende Flimmerepithel nimmt nach Schulze gegen die Enden an Höhe ab und scheint den letzten Kanälchen zu fehlen. In der Wand der Pfeifenkanäle liegen den Ringen entsprechend glatte Muskelfasern und bilden an den Wurzeln jener in den Bronchialwänden ein Balkenwerk.

Die Lungen sind an der ventralen Fläche von einer serösen Membran, einer Pleura, überzogen. Diese steht in Verbindung mit den diaphragmatischen Membranen und ist durchbrochen von Zugängen zu Luftsäcken.

Die Luftsäcke sind Fortsetzungen der Lungen mit Abschwächung der Wände und insbesondere Wegfall des kapillaren Netzes aus dem besonderen Lungenkreislauf; man hat sie deshalb auch wohl als Fortsetzungen der Bronchien bezeichnet. Um sie zu verstehen, muss man sich an die fingerförmigen Fortsätze an Fischblasen, an den Sackanhang der Riesenschlangelunge und an die Gestalt der Chamäleonlunge erinnern. Man kann sagen, die Lunge der Vögel kann sich, soweit es der Raum erlaubt, in grossen Säcken, dann im Eingreifen in die Organe der animalen Sphäre in immer feineren Fortsetzungen jener ausdehnen, aber die respiratorische Beschaffenheit erlangt sie nur in demjenigen Theil, welcher den vertebralen Rippenabschnitten anliegt. In jenen Säcken sind die Auskleidungen von Plattenepithel, die besonderen bindegewebigen Wände mit elastischen Fasern, das grobe Blutgefässnetz deutlich, die Wände sind sogar manchmal, besonders bei Schwimmvögeln und bei straussartigen Vögeln, sehr fest; in den feinen peripherischen Ausbreitungen aber werden die Unterschiede zwischen Lungenhöhle, deren Wänden, der Coelomspalte, deren Auskleidung und den zunächst umgebenden Geweben undeutlich, die Luft scheint in die Gewebe von Organen, welche nicht Lungen sind, einzudringen, wobei allerdings leicht Zerreibungen der überaus zarten Theile zu Täuschungen Anlass geben.

Die Luftsäcke haben im Rumpfe ihren Platz zwischen den anderen Eingeweiden und treten zum Theil aus der Rumpfhöhle heraus. Bei einigen erscheint der Luftraum als das Bedeutendere, bei anderen als das umgriffene Eingeweide. Hiernach wurden sie von Cuvier in solche unterschieden, welche blos Luft und in andere, welche auch Eingeweide enthalten. Dieser Unterschied trifft zunächst nur die äussere Gestalt, welche mit der Umgriffung von Eingeweiden aufhört, sackartig zu sein, ist aber nicht ganz ohne physiologische Konsequenzen.

Man wird im Prinzipie die Luftsäcke auf Lungenkammern, also auf Bronchialtheilungen zurückführen dürfen, vielleicht in metamerischer Folge, ähnlich den interkostalen Lappen. Sie knospen embryonal als kleine Anhänge aus der Oberfläche. Dieser Charakter verwischt sich jedoch in der Anpassung der einzelnen an die Lokalität und in Verschmelzung. Die

Darstellung der vollendeten Säcke ist schwierig und es fehlt nicht an Ungleichheiten in Zählung, Beschreibung und Benennung.

Man geht für die Einzelbetrachtung der Luftsäcke am besten aus von den Löchern auf der Lungenoberfläche, von welchen sie gespeist werden. Diese sind symmetrisch paarig. Eins entspricht jederseits der vorderen Spitze der Lunge und dem ersten diaphragmatischen Bronchialast. Zwei jederseits liegen nahe der Einsenkung des Bronchus in die Lunge. Diese beiden kommen, vielleicht in sekundärem Zusammenrücken, auf den dritten diaphragmatischen Bronchus, wo dann das einzelne Loch noch wieder getheilt sein kann. Die beiden letzten jederseits entsprechen dem gegabelten Ende des Hauptstamms. An ihnen geht in der Abdominalgegend die Lunge am vollständigsten in den Säcken auf.

Auf die Löcher des ersten Paares sind begründet die *Cellae cervicales*, deren Verbreitung vielleicht die verwunderlichste ist. Aus erweiterten Anfangstheilen gehen Röhren hervor, welche dorsal von Luftröhre, grossen Halsgefässen, Speiseröhre liegen, die Wirbelarterien in die von Halswirbelfortsätzen gebildeten Kanäle begleiten, sich über die Wirbel weg in metamerischer Gliederung zwischen den Muskelchen zum Nacken schlagen, in den Rückenmarkkanal eintreten, das Rückenmark in die Hirnhöhle begleiten und überall von äusseren und inneren Wänden aus in die Knochensubstanz treten, ebenso sich rückwärts zu den dorsalen Wirbeln wenden, von einem zum anderen und in jeden eindringend, unter Umständen auch an Hals und Nacken sich zu grossen spindelförmigen Blasen, z. B. bei Bussard und Riesenstorch, erweitern, Hals und Nacken blähend und das Sträuben der Federn unterstützend, oder auch zu apfelartig kugligen, welche die Stimme des amerikanischen Prairiehahns, *Cupidonia*, verstärken.

Diese Zellen sind in der Regel in Verbindung mit denjenigen, welche auf das zweite Lochpaar begründet sind. Das Zusammentreten in der Mittellinie und die Lage haben veranlasst, deren Hauptstück den Namen der *Cella clavicularis* zu geben. Deren paariger Ursprung wird bei den Geiern in der Trennung der Hälften durch den Kropf deutlich; man findet überhaupt öfter in ihr unvollkommene Scheidewände, z. B. beim Posaunenschwan eine Dreitheilung. Diese Zelle liegt zwischen den Armen des Gabelbeins. Sie wird mit dessen besonderer Entwicklung bei dem gedachten Schwan (vgl. Fig. 407, p. 352) kolossal und in ihren Wänden fest gespannt. Von ihren beiden Seiten gehen paarige Fortsetzungen mit den grossen Gefässen in die Peripherie, zur Achselgrube als *Cellae axillares*, legen sich theilweise zwischen Schulter und Rippen und treten zum anderen Theile in den Oberarmknochen. Andere gelangen hinter den hinteren Schlüsselbeinen, *Coracoidea*, aus der Rumpfhöhle und begleiten den grossen Brustmuskel. Durch diese Zelle und ihre Anhänge werden die Halswurzel und ihre Nachbarschaft an Achseln, Brust und Vorderrücken gebläht. Mit ihr ist

noch in Verbindung ein innerer Theil, welchen man als *Cella thoracica anterior* unterschieden hat, ebenfalls einheitlich, aber mit mancherlei unvollkommenen Scheidewänden, durch welche die in ihr liegenden Organe an der Herzwurzel, die Bronchien und die grossen Gefässe begleitet werden. Auch von dieser treten Anhänge in die Knochen, vornehmlich in die Innenfläche des Brustbeins. Ebenfalls ist in Verbindung die hinter das Herz greifende *Cella cordis posterior*.

Dieser vorderen Gruppe, in welcher man, wie es scheint, die Entfaltung von drei Lungenlappen erkennen kann, schliesst sich eine mittlere an, welche die seitlichen und hinteren Theile des Brustkastens einnimmt und in welcher Sappey vordere und hintere *Cellae diaphragmaticae* unterschieden hat, von besonderer Wichtigkeit wegen ihrer Beziehung zu den Zwerchfellplatten. Die vorderen unter diesen schliessen sich der vorderen Zellgruppe insofern an, als auch sie noch auf dem allerdings öfter getheilten Bronchialloche des dritten diaphragmatischen Astes beruhen, die hinteren der hinteren Gruppe, indem sie auf dem Gabelende des Hauptbronchus, und zwar dem ventralen Aste, stehen, wie das die abdominalen Zellen auf dem dorsalen Aste thun. Aber beide gehen unter der Einwirkung der festen Brustwände in der Athemarbeit direkt und vollkommen mit der respiratorischen Lunge und scheiden sich dadurch biologisch, wie Milne Edwards auf Sappey's Arbeiten hin hervorgehoben, gemeinsam von den beiden anderen Gruppen. Diesen beiden Zellenpaaren steht kein grosser Raum zur Verfügung; sie liegen in einer Kammer, deren vordere Wand in der Hauptsache von dem vorderen oder kostalen und deren hintere Wand von dem hinteren oder lumbaren Zwerchfell gebildet wird. Mindestens die vordere dieser beiden Zwerchfellplatten fasst nach der Zahl der Muskelursprünge immer noch eine Anzahl metamerischer Scheidewände zusammen. Dieses vordere, dreiseitige Zwerchfell, Sappey's queres oder pulmonales Zwerchfell, als Theilzwerchfell *Diaphragmites anterior*, empfängt Muskelbündel, Perrault's Lungenmuskeln, von den Kostalfortsätzen des Brustbeins und den Rippen des zweiten oder dritten bis sechsten Paares, bildet, von diesen nach innen aufsteigend und in der Mitte von den zwei Seiten zusammenstossend, eine breite Aponeurose an der ventralen Lungenfläche und verbindet sich dann mit der Wirbelsäule und der Innenfläche der oberen Partien der letzten Rippen. Es legt sich fest um die Bronchialdurchbohrungen, liegt innerhalb des Thorakalraums und scheidet die Lunge und die vorderen Zellen ventral von den diaphragmatischen Zellen. Die zweite Platte, Sappey's schräges oder vertikales Zwerchfell, *Diaphragmites posterior* oder *thoraco-abdominalis*, nur im dorsalen Theile muskulös, trennt den Thorax vom Abdomen, die diaphragmatischen Zellen von den abdominalen, ist nach vorn gewölbt, hinten konkav, entspringt von der Wirbelsäule, selbst mit Bündeln vom Becken, schiebt sich zwischen Leber

und Herzbeutel, welchem ihr ventraler mittlerer Theil anwächst, kombinirt sich zwischen der dritten Rippe und dem Bronchialloch mit der vorderen Platte zur Herstellung von Säcken und tritt seitlich an das Brustbein. Die Kontraktion des vorderen Zwerchfells, indem sie seine Wölbung begleicht, erweitert direkt die Lungen, die des hinteren zunächst die diaphragmatischen Säcke aber durch deren Vermittelung ebenfalls die Lungen. Das zweite Zwerchfell ist in dem einfachen der Säuger durch die sogenannten Pfeiler vertreten. Von den Abtheilungen der diaphragmatischen Zellen, welche Guillot als subkostale, die Meisten als hepatische bezeichnen, sind die hinteren die grösseren; die sie trennende Membran kann auch wieder als ein Zwerchfell betrachtet werden.

Die bedeutendste Grösse pflegen die Bauchluftsäcke, *Cellae abdominales*, zu haben, welche von dem anderen terminalen Bronchialast, dem Hauptloche, jederseits Ursprung nehmen, zunächst in die Bauchhöhle treten und die hintere Zellgruppe bilden. Dieselben, auf der rechten Seite in der Regel grösser, schieben, auch in asymmetrischer Verwendung, Abtheilungen unter verschiedenem Titel zwischen die Eingeweide, versorgen von den *Cellae pelvicae* aus die Beckenknochen, von den *inguinales* die *Musculi glutei* und dringen daneben in das Oberschenkelbein.

Es sind nicht allein die Luftsäcke, von welchen aus Luft in Knochen geführt wird; es geschieht das an den Rippen und Wirbeln von den Lungen selbst. In die Schädelwände, welche am allgewöhnlichsten lufthaltig sind, und in die Oberkiefer dringt dieselbe vorzüglich von den Eustachischen Gängen und den Trommelhöhlen; subokulare Luftzellen erhalten sie ähnlich wie die Highmore'schen und die Stirnhöhlen bei Säugern von den Nasengängen; der Unterkiefer empfängt sie, wenn nicht auch aus der Paukenhöhle, dann durch ein Loch hinter seinem Gelenke mit dem *Os quadratum* und einen besonderen Gang, welcher durch eine knöcherne Röhre, das *Siphonium*, vertreten sein kann.

Die Lufthaltigkeit, Pneumatizität, der Knochen findet sich in ungleicher Ausbreitung. Nach dem Schädel, an welchem das gestreckte Jochbein allein immer ihrer entbehrt, genießt ihrer am häufigsten der Oberarmknochen, *Humerus*. Die Pneumatizität fehlt am Rumpfskelet ganz den Pinguinen und dem *Apteryx*, bei welchen auch der Kopf wenig davon zeigt. Da sie in der Regel durch die vollkommene Weisse und Fettlosigkeit gebleichter Knochen erkannt wird, mag sie zuweilen weiter verbreitet sein, als man nach jener vermuthet, indem die geringere Ausdehnung der Lufträume dieses Merkmal wenig deutlich werden lässt, so bei vielen kleinen Singvögeln, Watvögeln und Schwimmvögeln, bei welchen sich diese Ausbleichung gleichfalls auf Theile des Schädels beschränkt. Die Lufträume entwickeln sich in heranwachsenden Vögeln erst mit Fertigstellung der Knochen, in welchen sie das Mark, die Blutgefässe, die lockeren Knochen-

netze der inneren Substanz verdrängen. Sie bezeichnet eine geringe Lebensenergie und sparsamen Substanzwechsel anderer Organe gegenüber einer grossen Wachstumsenergie der lufthaltigen Räume. Die Knochen werden durch sie leichter aber weniger widerstandsfähig, brüchiger; in den Hohlräumen werden die Querbrücken sparsam, die inneren Flächen hohler Knochen sind endlich manchmal ebenso glatt als die äusseren. Das Oberschenkelbein, Femur, viel seltener lufthaltig als der Oberarm, behält sein Mark und spongiöses Gewebe bei allen, welche sich der Füsse viel im Gehen auf festem Grunde bedienen, verliert es bei den grösseren watenden, schwimmenden und fliegenden. Am stärksten pneumatisch sind die Knochen solcher Vögel, welche eine bedeutende Grösse mit raschem und ausdauerndem Fluge verbinden, *Pelecanus*, *Ciconia*, *Sula*, bei welchen die Lufträume sich an den Gliedmassen von den gedachten Stellen in Achselgrube und Leisten-grube aus bis an die Phalangen hinabziehen, und *Palamedea* und *Buceros*, bei welchen sie in letztere selbst eintreten.

Dass die Luft auch zwischen Muskeln und Haut dringe, hat man seit langer Zeit aus dem Knistern der Haut gefolgert. *Alph. Milne Edwards* bestätigte es 1865 durch bestimmte Versuche.

Es ist das nächst liegende, diese in seltsamer Weise sich ausbreitenden, in alle anderen Gebiete gleich den Tracheen der Insecten eindringenden und mit ihnen im Wachsthum kombinirenden Lufträume von der respiratorischen Bedeutung aus zu betrachten. Es kann nicht bezweifelt werden, dass durch ihre Vermittelung aus den peripherischen Theilen Kohlensäure und Wasserdampf abgeführt und denselben Sauerstoff zugeführt werden kann, in direktem Gasverkehr, in einer Weise, bei welcher das Blut sich mit ihnen nicht zu belasten, das Herz sich um ihretwillen nicht anzustrengen braucht. Man könnte daran denken, dass Bewegungen, welche um anderer Effekte willen, vorzüglich zum Fliegen, gemacht werden, auf einige Lufträume in der Art einwirkten, dass sie deren Inhalt wechselnd mehrten und minderten, und so dieser Theil des Athemgeschäftes ohne Vermehrung der spezifischen Athemarbeit sich steigere in den Zeiten, in welchen erhöhte Aktion den Anspruch vermehrt. Die Vermuthung in dieser Richtung wird jedoch, soweit dabei Veränderungen in der Gestalt der Lufträume in Betracht kommen, abgeschwächt dadurch, dass diese Räume in der Peripherie ganz besonders in den Knochen untergebracht und dem Muskeldrucke entzogen, unveränderlich sind. Wegen der ausgezeichneten Versorgung dieser spezifisch schwersten Theile mit Lufträumen und der ähnlichen Anbringung derjenigen in der Leibeshöhle neben den besonders schweren Organen, Herz, Leber, Magen, hat sich früher und mehr die Meinung geltend gemacht, dass der Vortheil der Lufträume in der Erleichterung des Vogelleibes liege. Man kann jedoch damit die respiratorische Bedeutung noch lange nicht verlassen. Wenn auch die Wände peripherischer Theile des pneumatischen Systems zum

grossen Theile wenig und nicht veränderlich sind, wenn sie sich aktiv an der Athmung nicht betheiligen können, stehen sie doch in offener Verbindung mit blasbalgartig wirkenden. Wenn man einem Vogel mit abgeschossenem Oberarm den Hals zuschnürt, athmet er, wie sonst durch die Luftröhre, so durch die Knochenröhre rhythmisch ein und aus, ein schwarzer Storch nach Naumann so leicht, dass ihn der Verschluss der Trachea gar nicht zu belästigen schien. Aehnlich nimmt die Lunge bei unverletzter Knochenwand Luft aus dem Knochenrohr und pumpt wechselnd solche in dasselbe. Jede Erweiterung des Brustkastens setzt die Luft in jedem nicht aktiv veränderten Anhang der Lunge unter minderen Druck; je mehr die Wände eines solchen Anhanges befestigt sind, um so bestimmter strömt mit dem Abschluss der Inspirationsbewegung und in der Expiration Luft aus der Lunge in ihn zurück. Füllung und Entleerung der Lunge machen sich in umgekehrter Ordnung in den für die Gestalt nicht oder nicht erheblich veränderlichen oder durch elastische Spannung wieder in den alten Stand zurückkehrenden Anhängen geltend. Dieser Antagonismus besteht auch für gewöhnlich zwischen den grossen Säcken und den Lungen, wie das schon 1689 Méry zeigte; man kann ihn in den Füllungsunterschieden direkt erkennen und mit dem Manometer nachweisen. Es kann jedoch die Entleerung der grossen Säcke mit der der Lungen zusammenfallen, indem sie nicht von der Lungenarbeit allein abhängig sind, vielmehr unter eigenen Muskeldruck gesetzt werden können. Die Axillarzellen entleeren sich direkt durch das Anlegen der Flügel; über den Clavikularsack breiten sich grade, wo er sehr bedeutend ist, Muskeln von dem Gabelbein fächerartig aus; die Säcke des Nackens und die im Bauche stehen unter dem Drucke der Muskeln dieser Theile. Die diaphragmatischen Zellen gehen wohl für Füllung und Entleerung meist ganz mit der Lunge, da sie mit ihr gleichmässig von den Bewegungen der Rippen und des Brustbeins berührt werden. Der Antagonismus bringt es mit sich, dass jedesmal nur ein Theil der in die zarten Gewebe der Lunge gebrachten Luft frisch von aussen kommt, mit allen den wechselnden Eigenschaften, mit welchen solche dem fliegenden Vogel begegnet, kalt oder heiss, trocken oder feucht, während der andere schon vorbereitet ist. Der Effekt der Cooperation in gleichzeitiger Ausathmung und Zusammenpressung der Luftsäcke und in den entgegengesetzten Akten liegt hauptsächlich auf dem anderen Felde, dem der mechanischen Leistung, obwohl ein aussergewöhnlich angestregtes Athmen auch mit respiratorischem Effekt von ihr Gebrauch machen kann.

Der mechanische Effekt der Luftsäcke ist zumeist im Sinne der Erleichterung genommen worden. Die Gewichtsverminderung, welche der Vogel auf der Wage durch Füllung der Luftsäcke erleidet, wird bestimmt durch die Gewichts-differenz zwischen der dabei weiter verdrängten umgebenden Luft und der in den Körper weiter aufgenommenen. Für diese kommt

zunächst in Betracht die Temperatur, indem die der eingeathmeten Luft fast immer höher ist, als die der umgebenden. Legt man rund zu Grunde einen Ausdehnungskoeffizienten der Luft bei Erwärmung von 0° auf $+100^{\circ}$ C. mit $\frac{11}{30}$ ohne auf die chemischen Differenzen zu achten, ferner das Gewicht eines Liters Luft mit 1 Gramm, ohne Luftdruck u. s. w. zu veranschlagen, so müssen die Luftsäcke eines Vogels schon über ein Liter Luft aufnehmen, um ihm beim Fluge in einer Luftschicht von -10° C. durch die Erwärmung der eingeathmeten Luft auf seine Eigenwärme mit etwa $+40^{\circ}$ C. eine Gewichtsverminderung von 0,2 Gramm zu verschaffen. Jenes Ausmaass für die Luftsäcke mag etwa das eines Singschwanes sein, welcher vielleicht 10 Kilogramm wiegt, und so hätten wir in einem über das Gewöhnliche hinausgehenden Fall doch nur eine absolute Gewichtsverringernng um $\frac{1}{50000}$. Milan Jovanowitsch scheint es für wirksamer zu halten, wenn, wie er annimmt, der Vogel die Luft beim Einpressen in die Knochen durch Reibung erwärme; es liegt auf der Hand, dass die Quelle der Wärme für deren Effekt gleichgültig und das Maximum derselben durch die Bluttemperatur normirt ist. So gering sich unter gewöhnlichen Verhältnissen jene Gewichtsabnahme berechnet, will man doch wahrgenommen haben, dass ein Vogel sich auf der Wage merklich absolut leichter mache, indem er zugleich die Federn aufrichte. Dass er aber dabei wärmer werde, wird ebenfalls behauptet und wird wohl so zu verstehen sein, dass er unter der Verringerung des Federschutzes an die Hand mehr Wärme abgibt. Es wäre dabei zu überlegen, ob etwa eine Ausdehnung der Lufträume, statt durch Aufnahme von mehr Luft, unter Abschluss der Zugänge, in Ausdehnung der vorhandenen durch Muskelspannungen zu Stande komme, so dass die Dichtigkeit nicht allein durch die Erwärmung, sondern auch durch Verringerung des Druckes in den Zellen abnähme, wobei die Stellung der Federschäfte zur Haut mitwirken könnte. Auch das kann nur ein sehr Geringes betragen.

Die absolute Erleichterung des Körpers im Ganzen durch Füllung der Luftsäcke kann man hiernach für das Fliegen als nicht wesentlich erachten. Wenige Körner im Kropfe, ein Räupecn im Schnabel werden den Vortheil wegnehmen.

Es erübrigt die Volumsvermehrung. Unter den oben gesetzten Verhältnissen sinkt der Quotient aus absolutem Gewicht durch Volumen bei Aufnahme von einem Liter Luft um etwa 9%. Ein geringes spezifisches Gewicht kommt ausser durch die bis dahin betrachteten pneumatischen Säcke, viel mehr als durch jene und ohne die in Betreff ihrer gegebene Veränderlichkeit zu Stande durch die ausserordentliche Ausdehnung, welche am Vogelleibe die epidermoidalen, in der Fertigstellung trocknen und bei dünnen Zellwandresten sehr lufthaltigen Hornbildungen, insbesondere die Federn haben. Der Körper ist sehr voluminös bei einem geringen absoluten

Gewichte. In der Ruhe kommt das an sich besonders bei den Schwimmern zur Geltung, welchen noch die zwischen den Federn geborgene Luft zu Gute zu rechnen ist. In den Versuchen von Milne Edwards wurde ein Pelikan durch ein Gewicht von 10 Kilogramm noch nicht unter Wasser gezogen. Hätte die feste und flüssige Substanz des Vogels auch nur ein spezifisches Gewicht von 0, so würde die Luft in ihm in Lungen, Sackanhängen, Federn, Darm an neun Liter Raum einnehmen müssen, um dieses Resultat zu ergeben. Davon kann für den Effekt aus Temperaturerhöhung für absolute Gewichtsverringering mindestens der im Gefieder enthaltene Antheil nur in geringem Maasse zur Berechnung kommen. Der Umfang der lufthaltigen Räume, allerdings in Verbindung mit dem besonderen Hilfsmittel zur Bewahrung der Trockenheit und Lufthaltigkeit des Gefieders, der Steissdrüse, dem Perunctum Friedrich's II., und abgesehen von den aktiven Organen zum Schwimmen und Balanciren im Wasser, entscheiden über die Schwimmfähigkeit, so dass die Plotus manchmal nur mit dem Halse, die meisten Schwimmvögel mit einem sehr grossen Theile des Rumpfes über dem Wasserspiegel erscheinen. Tauchen und Schwimmen treten in Opposition, jenes verlangt mehr Anstrengung als dieses.

In der Bewegung kommt diese Volumsvermehrung auch in der Luft, sowohl im Laufe als im Fluge, zur Geltung, indem sie, gemäss der Stellung der Flächen ungleich, die Widerstände und für die Tragung den Vortheil der Cohäsion und Compression in hier nicht weiter zu erörternder Weise vermehrt. Man sieht den Strauss mit ausgebreiteten, wie rudern den Flügeln den Boden mit den Füssen nur leicht berühren; grosse Raubvögel und andere reichen im Kreisen mit seltenen Schlägen der mächtigen Flügel aus. Flug wird eingeleitet mit Füllung der Lufträume und abgebrochen mit starker Entleerung.

In Bewegung ist diese Volumsvergrösserung wohl das Mittel, durch welches vor Allem der Vogel flugfähig wird. Sie liefert ihm die ausgebreiteten lokomotorischen Organe, welche allein im Stande sind, in einem so geringen Widerstand leistenden Medium, wie die Luft zu arbeiten.

Von hervorragender Bedeutung sind die Lufträume für die Vertheilung des Gewichtes im Körper. Der weit vom Schwerpunkt abliegende Kopf, die grossen Füsse der Nashornvögel und der Palamedea sind vorzüglich erleichtert. Im Wechsel verhindert eine stärkere Füllung der Säcke einer Gruppe und mindere anderer die sonst etwa gegebene Verschiebung des Schwerpunkts z. B. bei Füllung des Kropfes oder, da bewegliche Theile der Eingeweide nach vorn gedrängt werden können, bei Anschwellung der Ovarien und Füllung der Eileiter. Die Anbringung ist wenigstens bei Schwimmern so, dass der Hinterkörper mehr als der Vorderleib gehoben wird, im Centrum stets so, dass der Rücken mehr erleichtert wird als der Bauch, welchem schwere Theile, Kropf, Herz, Magen anliegen, die Haltung

des Vogels in Luft und Wasser sichernd. Für diese Vertheilung ist es nöthig, dass die Luftsäcke durch Absperrungen und Muskeln beherrscht werden können. Die diaphragmatischen Muskeln scheinen hierbei von Wichtigkeit.

Als ein mechanischer Effekt absperrbarer Luftsäcke an den Beugestellen kann noch hervorgehoben werden, dass sie als elastische Kissen die Glieder und den Hals in der Ausstreckung stützen und so Muskelarbeit z. B. dem auf den Schwingen treibenden oder die ausgebreiteten Flügel trocknenden Vogel ersparen. Für die Stimme gewähren die Luftsäcke gleich dem Windkasten an der Orgel das Mittel für eine länger anhaltende und energische Leistung. Im Brutgeschäfte vermehren sie die die Eier schützende Bedeckung.

Der hauptsächlich mechanische Akt der Luftbewegung in Inspiration und Expiration, um dieses im Zusammenhange abzuschliessen, kommt zu Stande in der Erweiterung und Verengerung des Brustkastens vermittelt der Veränderung der Winkel zwischen den vertebralen und sternalen Rippenabschnitten. Die Gliederung an diesen ist sehr bestimmt kombinirt. Man darf den Effekt je nach Umständen mehr in einer Verschiebung des Brustbeins aus seiner Lage suchen oder, unter Belassung dieses, welches das hauptsächlich feste Centrum der Bewegungen des fliegenden Vogels ist und auch beim hockenden Vogel angedrückt zu sein pflegt, in relativ fester Stelle, in Hebung und Senkung der vertebralen Rippenabschnitte und durch sie des Rückens. Die Levatoren der Rippen und die Zwischenrippenmuskeln beginnen schon an Querfortsätzen und falschen Rippen des Halses, während von hinten her die Fasern des *M. obliquus abdominis externus* bis zur ersten Rippe reichen.

Wir gehen über zu den Luftwegen. In denselben kommt im Allgemeinen nur ein kleiner Bruchtheil auf die beiden Bronchien, welche erst innerhalb der Brusthöhle sich trennen, nach Meckel meist etwa $\frac{1}{7}$ — $\frac{1}{8}$, jedoch bei langen Tracheen ein viel kleinerer Bruchtheil, beim Posaunenschwan etwa $\frac{1}{20}$, beim Kranich $\frac{1}{40}$, dagegen $\frac{1}{4}$ bei der Eiderente. Die Ausgleichung der Halslänge wird also in der Regel von der Luftröhre allein bestritten. Länger finden sich die Bronchien vorzüglich bei Einrichtung der Stimmittel an ihnen. Unter den Störchen, welchen längere meist ohne Stimme zukommen, hat das Männchen des schwarzen Storches, welcher allerdings nach Bechstein lachende und kikernde Töne ausstösst, sie S förmig gebogen. Bei den Kolibris spaltet sich sogar die Luftröhre schon in der Mitte des Halses am Kropfe und die Bronchien laufen zunächst zusammen zum Eingang des Thorax.

Die Zahl der Luftröhrenringe beträgt bei einigen Passeres nur 30—40, bei den meisten 70—80, Wiedehopf z. B. 75, erhöht sich bei anderen. Unter den Tagraubvögeln hat *Helotarsus ecaudatus* Shaw 104, der

Sekretair 120; unter den Schwimmvögeln die gemeine Ente 120, Möve 130, Moschusente 140, Gans 150, Schwan 160—170, Pelikan 200, Schwarzhalsschwan über 200, Posaunenschwan über 300; unter den Hühnern, welche meist, wie auch die Tauben, 100—130 haben, letztere Zahl auch das Auerhuhn, kommt der Auerhahn auf 160, das Schopferhuhn auf über 190; unter den Straussen hat der australe etwa 90, der amerikanische 190, der afrikanische 210; unter den Watvögeln die Schnepfe 120, der Storch etwa 140, der Reiher 200, der Kranich und, wenn man ihn dahin stellen will, der Flamingo 350. Uebrigens ist die Zahlenfeststellung erschwert durch die unregelmässige Gestalt der Ringe, das Eingreifen, die Spaltung, auch durch Verknöcherung einzelner in zwei Streifen. Bronchialringe vor dem Eintritt in die Lunge zählt man bei dem Storch 40—50, bei dem Kolibri 40, bei der gemeinen Ente 30, beim Reiher 25, bei Feldhühnern 20, bei Hühnern 15, meist noch weniger. Bei der ebenfalls grossen Zahl des Posaunenschwanes macht die netzförmige Verbindung unsicher, man hat etwa 25—30.

Die Bronchialringe sind in der Regel an der medianen Seite unvollkommen, die Trachealringe zum grössten Theile vollkommen, doch auch stellenweise, namentlich am vorderen Ende und mit Unterbrechungen, dorsal unvollkommen, viel seltener streckenweise ventral. Die Ringe verknöchern bei den meisten Schwimmvögeln, Watvögeln, Singvögeln und den Spechten. Die häutigen Zwischenräume sind gewöhnlich gering, grösser bei melodischen Sängern. Besonders können die Ringe an der hinteren und vorderen Mittelnaht gleich einer Knochenmosaik mit wechselnden Spitzen in einander greifen, auch die verschiebbaren einander theilweise übergreifen.

Ausser den besonderen zu besprechenden Hilfsmitteln kommt für die Stimme die Form der Luftröhre in Betracht. In der Regel ist dieselbe vorn etwas weiter, konisch, zuweilen deprimirt oder komprimirt, beim Schwarzhalsschwan hinten, bei Enten und Sägen oft in der Mitte weiter. Lokale Erweiterungen erfährt sie überhaupt am meisten bei Schwimmvögeln und es soll über solche noch später geredet werden. Ueber das Nothwendige hinaus verlängert ist sie am häufigsten bei Hühnern und Watvögeln, auch bei Schwimmvögeln, besonders bei Männchen. Die Schleife, welche dann erst im Heranwachsen sich ausbildet, liegt zuweilen weiter vorn, beim Auerhahn und bei dem Cephalopterus, dem Uirá-mimbeu, der Panflöte der Indianer, bei welchem die Trachea hart unter dem oberen Kehlkopf sich zu einer Trommel erweitert und den Hals aufbläht in einem je nach den Arten befiederten oder fast nackten Hautsacke, aber meist hart vor dem Eintritt in die Brusthöhle, so bei amerikanischen Baumhühnern, einigen Phasanen, der Rhyndaea, dem Opisthocomus, der Phonygama. Bei beiden letzteren wird die Schlinge doppelt und reicht auf dem Bauche bis zum After. Bei Psophia, dem Trompetenvogel, dessen Stimme auf einer

ähnlichen Bildung beruhen soll, muss die Schlinge nach den von mir zergliederten, derselben entbehrenden, obwohl männlichen Individuen erst spät

Fig. 405.



Luftwege des Schopferhuhns, *Guttera (Numida) cristata* Pallas, in halber Grösse. l. Zunge. g. Glottis. ls. Oberer Kehlkopf. c. Zungenbeinhörner. t. Luftröhre, sich drehend. s. Schulterblätter. ca. Hintere Schlüsselbeine. f. Gabelbein. f'. Dessen zur Aufnahme der Luftröhre kappenförmig umgreifender Theil. m. Manubrium sterni. st. Musculus sternotrachealis. li. Unterer Kehlkopf. cr. Kamm des Brustbeins. pc. Dessen Processus costalis. pa. Dessen Processus abdominalis anterior und pa'. Dessen Processus abdominalis posterior.

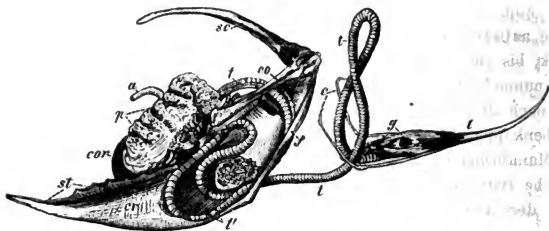
entstehen. Bei den Hockohühnern wird diese Schlinge schon sehr lang, so dass sie beim Pauxi auf dem rechten Brustmuskel bis zum Ende des Brustbeins gelangt, dann eine Schleife links hinüber giebt und rechts wieder zurückkehrt. Bei *Anseranas melanoleuca* Latham (= *Anas semipalmata* Lath.) legt sich nach Yarrell die Luftröhre auf die linke Brustseite, nicht wie Milne Edwards sagt, in das Sternum, sondern ebenfalls zwischen den grossen Brustmuskel und die Haut, an beiden mit Bindegewebe befestigt, sie bildet dort eine erste Längschlinge, danach eine zweite aussen um diese, so dass die Theile wie Heizröhren viermal neben einander liegen, bei älteren noch eine vordere Querschleife. Sie tritt dann zum Eingang der Brusthöhle und wird durch feste Anheftung an einen Höcker an der Innenkante des verkürzten und verbreiterten linken Coracoideum, neben welchem das Gefässloch zu einer Durchbohrung erweitert ist, aus der seitlichen Verschiebung in die mediane Lage zurückgeführt. Man kann hieran knüpfen die sackartige Erweiterung, welche an der Luftröhre des australischen Strausses, *Dromaeus novae Hollandiae* Gray an der Vorderwand der Luftröhre unter Spaltung etwa des vierundfünfzigsten bis achtundsechzigsten Ringes in Kindskopfgrösse zu Stande kommt und die tiefe Brummstimme dieses Vogels bedingt. Es scheint nach anderen Angaben bei jüngeren Vögeln die Zahl der gespaltenen Ringe geringer zu sein. Die häutigen Zwischenräume der vorausgehenden Ringe sind sehr ausgedehnt, die nachfolgenden Ringe sind zunächst dichter zusammengeschoben. Die vier letzten sind schmal, besser verknöchert und an der Vorderwand mit einem spitzen Winkel, einer Schneppe, gegen die Bifurkation hinabgebogen. Die Musculi sternotracheales gehen an den siebtletzten Ring.

Solche Luftröhrenschlingen können von den Knochen des Schultergerüsts und der Brust in einer aussergewöhnlichen Ausdehnung der Knochensubstanz gestützt, befestigt und umwachsen werden. Bei einer relativ geringen Grösse der Schlinge tritt das am Schopferperlhuhn, *Guttera cristata* Pallas, auf. Es geht die Luftröhrenschlinge bei diesem Vogel, statt alsbald an der Halswurzel in den Brustraum einzutreten, zunächst zwischen den sehr langen Gabelbeinen nach hinten, und halbirt und verdrängt fast die Clavicularzelle. Sie tritt so in die Umfassung einer seitlich abgeplatteten Knochenkappe, in welcher die beiden Gabelbeine zusammentreten, statt sonst wohl in einen flach ausgebreiteten Fortsatz, biegt sich in dieser Kappe aufwärts und läuft oberhalb des vorhergehenden Theiles nach vorn zurück, bis sie die Höhe des stark vorstehenden Manubrium sterni erreicht hat; nunmehr tritt sie, dem Umriss dieses Fortsatzes dicht folgend mit etwa noch dreissig Ringen in die Thorakalhöhle. Der Raum zwischen der Knochenkappe der Furcula und der Vorderrand der Crista scapulae bis zum Manubrium ist in diesem Falle mit einem sehr festen Bande ausgefüllt. Dasselbe tritt auch von hinten median an den rücklaufenden, oben liegenden Theil der Trachealschlinge, während dieser jederseits mehr nach vorn befestigt ist an den vom Coracoideum und von der Scapula zum Ast der Furcula gespannten Membranen, welche zugleich die Wände der Clavicularsäcke bilden helfen.

Ueber dieses hinaus geht die Luftröhrenschlinge einiger Schwäne und Kraniche. Indem bei den Kranichen die beiden Aeste der Furcula oder akromialen Schlüsselbeine ohne ersichtliche gesonderte Verbindung unter einander mit der Spitze der Crista sterni verschmelzen und indem bei den stärksten musizirenden Schwänen die Furcula an ihrem Winkel, statt eine Kappe zu bilden, gewissermaassen nur dorsal von der Trachea dieses vollendend, sich in einer Ausbiegung über die Trachea weg schlägt, steht in beiden Fällen der Trachea das Gebiet offen, welches im vorigen Falle von dem Bande ausgefüllt wurde und sie gelangt gegen die gedachte Vorderkante der Crista scapulae, immer mit der Spitze ihrer Schleife im fortgesetzten Wachsthum hinterwärts vorrückend. Unter den Kranichen hat das Individuum von *Grus carunculata* Gmelin, welches ich selbst habe untersuchen können, nur eine kurze, durch straffes Bindegewebe in der Lage erhaltene Schlinge ohne jegliche Verbindung mit dem Skelete. Um wenige Ringe hinter dem Abschluss dieser setzt sich der *Musculus sternotrachealis* jederseits an. Es folgen dann über vierzig, immer schmalere Ringe bis zu der stark seitlich komprimirten Gabelung der Luftröhre. Auf diesem ganzen Stücke liegt der später weiter zu besprechende *Musculus lateralis* und setzt sich an den verstärkten ersten Bronchialring. Der Theil der Luftröhre zunächst dem vorderen Kehlkopf ist erweitert. Es giebt dann einige etwas

weiter gehende Kraniche, bei welchen die Vorderkante der Crista, verbreitert und leicht ausgehöhlt, die Endschleife der Trachea nur eben in einer Grube empfängt, dieses mehr in grader Richtung nach hinten beim Jungfernkranich, *Anthropoides virgo* Linné, in etwas kräftigerer Gestaltung und Wendung aufwärts beim Paradieskranich, *Tetrapteryx paradisea* Lichtenstein (= *Grus Stanleyanus* Vigors). Bei *Grus antigone* Linné und dem gemeinen Kranich *Grus cinerea* Bechstein wird die Einrichtung mit dem

Fig. 406.



Athmungsorgane vom gemeinen Kranich, *Grus cinerea* Bechstein, in $\frac{2}{7}$ der natürlichen Grösse. l. Zunge. g. Glottis. c. Zungenbeinhörner. t. t. Luftröhre. t'. Deren vom Brustbeinkamm umwachsener Theil. sc. Schulterblatt. f. Gabelbein. co. Hinteres Schlüsselbein. cr. Brustbeinkamm, zum Theil aufgebrochen. st. Brustbeinplatte. p. Lunge. cor. Herz. a. Aorta.

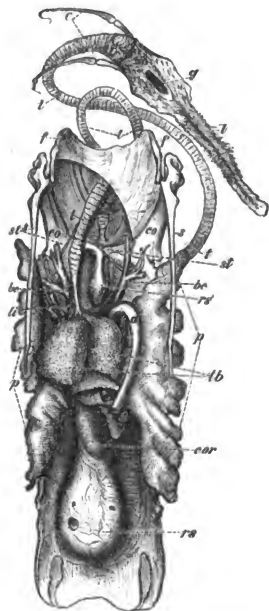
Alter eine komplizirtere. Das kann beim Weibe zwar auch schliesslich in der grösstmöglichen Vollendung erreicht werden, bis dahin aber ist bei gleichem Alter das Männchen voraus. Die Schlinge geht dann nicht allein hinterwärts bis zur Mitte des Brustbeins, sondern es dehnt sich ihre Windung nach oben unter dem vorderen Theile der Brustbeinplatte so aus, dass der Gipfel der Schleife unter dem Manubrium sterni liegt, wo er die Brustbeinplatte auf der Innenfläche bucklig erhebt. Dem Ansehen nach ist hierbei die Gränze des eigentlichen Brustbeinkammes durch den vorderen Arm der aufsteigenden Schlinge bezeichnet, so dass diese ganz in der Grube liegt. Der Raum zwischen dieser einerseits und dem zuführenden und ausführenden Theil der Trachea innerhalb des Bogens des Gabelbeins andererseits, vormals die Stelle des Bandes, füllt sich ganz mit Knochensubstanz, welche, basirend auf dem Manubrium und dem Doppelrandé der Vorderkante des Kammes, aussen mit glatten Knochenplatten in Fortsetzung der beiden Flächen des Kammes, innen mit grobzelliger Substanz, den Kamm über das Manubrium hinaus bis in die Akromialgabel verlängert und demjenigen Luftröhrentheil, welcher in die Brusthöhle einbiegt, durchaus eine breite Unterlage gewährt.

Unter den Schwänen hat der gemeine, *Cygnus olor* Gmelin, eine Luftröhre, welche in ihrem Verlaufe einfach dem Halse folgt. Sie geht über dessen Länge hinaus und bildet eine Schlinge bei den australen Formen, dem neuholländischen schwarzen, *Chenopsis atratus* Latham (*Cygnus plutonius* Shaw), und dem südamerikanischen schwarzhalsigen, *Cygnus nigricollis* Gmelin, bei jenem mit Befestigung im Centrum des halbkreisförmigen Gabelbeins, aber es ist weder das letztere, noch das Brustbein irgend modifizirt, das Trachealende ist horizontal abgeplattet, die Bronchien sind nicht erweitert. Die nordischen Singschwäne haben die erwähnte gerundete Ausbiegung des Gabelbeinscheitels nach oben gegen das Manubrium hin, die Luftröhrenschlinge tritt unter diesem ausserordentlichen Bogen gegen die Vorderkante des Brustbeins und senkt sich in diese ein, wobei jedoch die Verknöcherungen sich nicht wie bei den Kranichen über dieselbe hinaus nach vorne ausbreiten, so dass *Crista* und *Furcula* getrennt bleiben. Der Grad der Einsenkung und die weitere Ausbildung der Schlinge innerhalb des Brustbeins ist ungleich. Die Unsicherheit der Sonderung der paläarktischen Arten, der ungleiche Grad nach Alter und Geschlecht machen es schwierig, zu sagen, wie weit es jede Art bringen könne. Dass es sich um eine spezifische Differenz, nicht, wie Aldrovandi meinte, ein allgemeines Merkmal der Schwäne, oder, wie Borrichius, eine Geschlechtsdifferenz, handele, bewies zuerst Willoughby.

Nach Naumann würde der gewöhnliche Singschwan, *Olor cygnus* Linné (= *xanthorhinus* Naumann, *musicus* Bechstein, *ferus* Lamarck) sich auf eine einfache Windung im Gebiete der *Crista* beschränken, nach anderen daselbst eine doppelte bilden. Bei *Olor minor* Pallas (= *melanorhinus* Naum. und wahrscheinlich = *Bewickii* Yarrell) giebt Naumann die Einrichtung als ähnlich an, während Andere ihm die weitere horizontale Schlinge im Brustbeinkörper zuschreiben. Am ausgezeichnetsten bildet der amerikanische Posaunenschwan, *Olor buccinator* Richardson, das musikalische Instrument aus. Nachdem seine Luftröhre unter dem verkehrten Bogen der *Furcula* durchgegangen ist, läuft sie innerhalb des Brustbeinkammes längs dessen ventraler Kante bis zu seinem Ende, erhebt sich dann in die Brustbeinplatte, diese nach innen vor sich her drängend, und bildet in ihr eine Schlinge von rechts nach links. Nach vorn in den Brustbeinkamm zurückkehrend, verläuft sie nun an dessen Basis, und erhebt sich nochmals, jetzt mit einer vertikalen Schleife in die Platte, wofür diese mit einer inneren bedeutenden, seitlich abgeplatteten Erhebung hinter dem Manubrium Raum gewährt. Danach geht sie oberhalb und mehr rechts neben dem eintretenden Theile unter dem Akromialbogen durch, wendet sich zum Eingang in die Brusthöhle, an welchem sie nicht angewachsen ist und geht links an der vorderen Erhebung der Platte vorbei. Vorher erweitert, plattet sie sich daselbst und schliesslich seitlich ab in vollkommenster Verknöcherung.

Die hiervon durch nachgiebige Membranen abgesonderten Bronchien sind korbartig erweitert und ihre Wände durch netzförmig verbundene Knochen-

Fig. 407.



Luftwege des nordamerikanischen Posaunenschwans, *Cygnus buccinator* Richardson, vom Rücken gesehen in $\frac{1}{3}$ der natürlichen Grösse. l. Zunge. g. Glottis. c. Zungenbeinhörner. t. t. Luftröhre. f. f. Obere Enden des Gabelbeins. s. s. Schulterblätter. co. co. Hintere Schlüsselbeine. st. st. Musculi sternotracheales. bc. bc. Arteriae brachiocephalicae. a. Aorta. cor. Herz. p. p. Lungen. tb. Bronchialtrommeln. rs'. Vordere Erhebung der Brustbeininnenfläche zur Aufnahme einer vertikalen Luftröhrensclinge. rs. Hintere violinartige Erhebung der Brustbeininnenfläche zur Aufnahme einer horizontalen Luftröhrensclinge.

ringe gesteuft. Auf der Innenfläche der Brustbeinplatte erscheinen die Wölbungen im hinteren breiten Kasten mit gut geschweiftem Umriss und gleichen zusammen mit der halsartig verbundenen vorderen Erhebung einer Violine oder einem ähnlichen Saiteninstrumente.

Die Deutung der knorpeligen, meist verknöcherten Theile des oberen Kehlkopfes der Vögel im Vergleich mit denen der Säugethiere und die Benennung nach den für diese gewählten Namen ist von Fabricius ab *Aquapendente* an, welcher die Hauptsache recht wohl traf, vielfach und in recht verschiedener Weise versucht worden. Es ist besser, Vögel und Säuger nicht direkt, sondern in Ableitung aus den Reptilen zu vergleichen. Die Vögel theilen mit letzteren einen Schildknorpel, welcher, wenn auch hinten fast in Berührung, doch nie ganz geschlossen ist. Dieser, bei einigen immer einheitlich, nach Henle bei straussartigen und Papageien, gliedert sich gewöhnlich in ein ventrales Mittelstück, den Sockel Humboldt's, und zwei seitliche Stücke, die sogenannten viereckigen Knorpel, entweder indem in drei Centren Verknöcherung eintritt, die Verbindungen aber knorpelig bleiben, oder indem die letzteren im Heranwachsen sich in Nähte oder Gelenke wandeln, so bei den Raubvögeln und den meisten Passerinen. In diesem

Knorpel oder Knochen schwindet nur bei den Papageien jede Spur der Entstehung aus Ringen, bei den Uebrigen giebt es Spalten und es können bis zu vier Ringen abgesondert sein, solche, falls die Verknöcherung der

Mitte vollständig ist, doch an den Seitenstücken. Er ist beim Schwan in der Mitte durch eine Naht getheilt. Die Innenfläche dieses Kehlkopfstückes erhebt sich in der ventralen Mittellinie nicht selten, jedoch gar nicht bei Raubvögeln und Straussen, auch nicht bei den meisten Klettervögeln und Passerinen, auch keineswegs bei allen Gattungen in den anderen Ordnungen, am stärksten bei Kranichen und Hühnern in einem leistenförmigen Vorsprung, welcher bei einseitigem Drucke die Durchgängigkeit der anderen Seite sichern mag und als eine Andeutung der Zweitheilung der Luftröhre angesehen wird. Selten giebt es eine solche Zweitheilung der Luftröhre selbst durch eine Längsscheidewand. Sie reicht von der Bronchialtheilung bis an den Kehlkopf bei den Pinguinen (vgl. Bd. II, Fig. 168, p. 189), bis zur Mitte bei den Sturmvögeln; sie ist nur nahe der Bronchialtheilung angedeutet bei der Schellente. Die vordere ventrale Spitze dieser Cart. thyreoidea kann ausgerandet sein oder in verschiedener Weise vorragen, warzenförmig bei *Crypturus*, blattförmig bei Störchen und Reiher, besonders weich, breit und dünn, dem knorpligen Kehldeckel der Säuger am ähnlichsten bei den meisten Hühnern, Enten, Möven, Alken, einigen Watvögeln, Fliegenschnäppern, solches in Verbindung mit einem weiteren zungenförmigen, durch Naht getrennten, weichen Knorpel, welcher hinter der Zunge die Schleimhaut emporhebt bei *Sterna*, *Rallus* und vielleicht *Larus*.

Ausser dem so gestalteten hauptsächlichlichen Kehlknopfel haben die Vögel allgemein die bei *Pipa*, *Emys*, *Chelonia* besprochene *C. cricoidea*. Am grössten bei Enten, meist klein, wird diese von den dorsalen Rändern der Schildknorpelseitentheile und den Giesskannenknorpeln entweder aussen ganz verdeckt, oder kommt nur in Ausschnitten zwischen jenen Seitenstücken oder, beim Huhne, sie vorne überwulstend, zur Ansicht. Inwendig kommt dagegen dieses Stück häufig als ansehnlicher Vorsprung zum Vorschein. Dasselbe entspricht mindestens dem dorsalen Mittelstück des Ringknorpels der Säuger. Die Verschiedenheit der Deutung der Theile des oberen Kehlkopfes beruht hauptsächlich auf ungleicher Auffassung der Beziehung dieses Knorpels zu den eben erwähnten abgliederbaren Seitenstücken. Geoffroy St. Hilaire und Carus glaubten, dass er zu dem umfassenden Ringknorpel der Säuger durch Verbindung mit dem ersten Trachealringe werde. Henle fand die Ergänzung durch die Uebertragung der Seitenstücke des Schildknorpels an den Ringknorpel, welche zunächst ihre dorsale Kante verlängern und die ventrale beschränken und

Fig. 408.



Kehleingang von *Bernicla cana* Linné (*inornata* King) vom Rücken gesehen in natürlicher Grösse mit der knöchernen inneren Leiste c.

für welche danach bei Abschwächung der Anwachsung an den Schildknorpel eine solche an den Ringknorpel und die Vereinigung in der ventralen Mittellinie zu denken sei. Für diese letztere würde jedoch jedenfalls die Theilnahme von dem Hauptstücke des Schildknorpels abgegliederter Ringstücke anzunehmen sein, also jedenfalls auch ein bestimmter Laryngealring die Seitentheile und den Bauchtheil des Ringknorpels liefern, und es sich demnach nur darum handeln, ob jene Ringtheile mit in dem Schildknorpel stecken und ob eventuell die Quadratknorpel mit in den Bereich der *C. cricoidea* fallen. Unter dieser Voraussetzung kann man von einer dreitheiligen *C. cricoidea* sprechen. Die verschiedenen Möglichkeiten, welche wir für Spaltung bei Reptilien gesehen haben, gestatten sehr wohl, dass eine schräge Verbindung zwischen ventralen Ringstücken und dorsalen zu Stande komme, dass also ein dorsales sich einem ventralen und seitlichen von einer anderen Nummer, als es selbst hat, und nicht ausschliesslich einem von derselben anschliesse.

Die schmalen Basen der Giesskannenknorpel bilden Gelenke mit der *C. cricoidea*, eine Seite legt sich dem Vorderrande der *C. thyreoidea* an und die dritten Seiten beider zusammen begränzen den *Aditus laryngis*. Meist aussen konkav, verknöchern sie ausser bei den Straussen und haben meist in der Mitte der dem *Aditus* zugewendeten Kante einen knorpligen Fortsatz.

Stimmbänder und damit das, was bei den Säugern als Stimmritze bezeichnet wird, fehlen diesem oberen Kehlkopfe der Vögel, mit Ausnahme, wie angegeben wird, des schwarzen Schwans. Henle klärte die vor ihm bestehende Unsicherheit über die Muskeln dahin, dass alle Vögel deren drei Paar, nur in ungleicher Stärke besitzen, das erste, indem ein breiterer medianwärts gelegener Theil eines Muskels vom Zungenbeinkörper zur Trachea, *M. hyotrachealis*, durch Einlegung eines Ansatzes am hinteren Ende der *C. thyreoidea* in einen *M. hyothyreoideus* und *thyreotrachealis* gegliedert, zum Kehlkopfmuskel, in der Hauptsache zu einem Levator, wie *tracheae* so auch *laryngis* wird; das zweite als Dilator von Spitze und Fortsatz der Giesskannenknorpel zu Schildknorpel und Quadratknorpeln; das dritte als Compressor oder Sphincter die Giesskannenknorpel umgreifend, seitlich in einer konkaven Buchtung derselben gelegen, vorn und hinten übergreifend, ohne eine Verbindung mit dem Zungenbein. Bei den Raubvögeln sind die Muskeln des ersten Paares besonders stark, ohne Zweifel accessorische Schlingmuskeln. Auch ist diese Muskelgruppe, wieder im Dienste des Zungenbeins, bei den Spechten eigenthümlich entwickelt.

Eine unvollkommene Bedeckung des *Aditus* von vorne durch eine Querfalte, eine häutige Epiglottis, findet sich bei verschiedenen Vögeln, besonders bei Möven und dem Blesshühne, beim Strausse 3''' breit; auch kann der knorplige Processus die Schleimhaut knopfartig erheben. Longi-

tudinalfalten können sich zwischen den Giesskannenknorpeln in den Kehlkopf, besonders gegen die innere Leiste des Schildknorpels ziehen. Auch findet sich nicht selten der Aditus von hinten her durch eine zwischen den Kanten der Giesskannenknorpel quer ausgespannte Falte theilweise verdeckt. Im Uebrigen schützen die gewöhnlich hornbedeckten Papillen, welche mit nach hinten gerichteten Spitzen, mit Ausnahme bei den straussartigen Vögeln und den Steganopoden, um den Aditus und hinter ihm gruppiert sind, den Eingang zum Kehlkopf und sichern den Gang der Speise über ihn weg. Bei vielen sind nur die hinter dem Aditus sitzenden vorhanden, namentlich bei manchen Schwimmvögeln und sehr weich bei den Raubvögeln. Sie sind im Allgemeinen klein bei solchen, welche Fische und andere immerhin verhältnissmässig ansehnlich grosse Bissen thierischer Herkunft verspeisen.

Die Einrichtungen des oberen Kehlkopfs, welcher meist in seinen Theilen frühzeitig und zum grossen Theile knöchern verwächst, gewähren keine weiteren Stimmbildungsmittel, als in der Einengung des Ausganges eines Luftrohrs zu einem schmalen Spalte liegen. Die Verengerung des Aditus kann einen zu Stande gebrachten Ton vertiefen, sie kann, wenn noch kein Ton erzeugt war, den ausgestossenen Luftstrom durch Einengung so verstärken, dass er durch die Schwingungen sonst zur Stimmbildung nicht geeigneter Theile in Schlund und Mund zischend oder pfeifend vortritt. Was sich von Falten findet, kann jedenfalls in Schwingungen versetzt werden. Alles das ist wenig bedeutend; in der Hauptsache ist der obere Kehlkopf ein Organ zur Sicherung der Oeffnung und des Verschlusses der Luftröhre, er dient der Athmung nicht der Ausnutzung dieser zur Stimmbildung.

Schon Kaiser Friedrich II. sprach, obwohl er die Stimme der Vögel im Allgemeinen auf die Anwesenheit einer Zunge schob und die Vervollkommnung bis zur Nachahmung der menschlichen da zu finden glaubte, wo jene fleischig ist, von „*alia instrumenta vocalia*“. Da er jedoch hernach den „*duplex girus*“ beim Kranich erwähnt, „*quod aër verberatus et reflexus in tortuositates cannae pulmonis sonat altius (minores grues non nisi sibilant usque ad annum et tunc mutant vocem)*“, und sonst nichts, so scheint er nur von den ausgezeichneten, bereits beschriebenen Stimmorganen einiger lauttönender Vögel, nicht von den gewöhnlicheren Einrichtungen des unteren Kehlkopfs, namentlich der Sänger, Kenntniss gehabt zu haben. Auch Buffon, welchen namentlich die Kraft der Vogelstimme in Erstaunen setzte, und welcher der „*unteren grossen Aushöhlung, in welche die Luftröhre ende*“, die stimmverstärkende Kraft zuschrieb, hatte nur die besondere Trommel der Enten und Säger im Auge. Erst Cuvier, indem ihm die Theorie eine wahre Stimmritze zu verlangen schien, eine Verengerung mit membranösen Rändern, fähig einer Spannung verschiedenen Grades und des Schwingens, entdeckte die Quelle der Stimme der Vögel in

dem unteren Kehlkopf und fand seine Vermuthung durch die Experimente bestätigt, in welchen Amsel, Elster, Ente nach Durchschneidung der Luftröhre und selbst Abschlagung des Halses ihr Geschrei eben so stark als früher ertönen liessen. Grade dadurch bekam ihm jedoch auch die Luftröhre der Vögel, ausgenommen den oberen Kehlkopf, eine höhere Bedeutung als bei den Säugern. Bei diesen führe sie nur Luft zum Stimmorgan, bei jenen den ausgebildeten Ton vom Stimmorgan. Er begriff den Unterschied von Windrohr und Ansatzrohr. Die Länge, die Gestalt, die Beschaffenheit der Wände haben demnach bei den Vögeln eine höhere Bedeutung. Allerdings verstand Cuvier in seinen Betrachtungen über diesen Kehlkopf das Wesen einer Labialpfeife und einer Zungenpfeife nicht vollständig aus einander zu halten. Savart und Joh. Müller haben vorzüglich diesen Gegenstand weiter verfolgt; es scheint jedoch die physikalische Komplikation eine einfache Gleichstellung der Vogelstimmittel mit dem einen oder dem anderen der gedachten musikalischen Instrumente nicht zu gestatten.

Wir haben zunächst den Bau der hauptsächlich tongebenden Theile zu untersuchen; wir werden diesem die Betrachtung besonderer Verstärkungsmittel, wie früher in der Luftröhre, so an der jetzt besprochenen Stelle anschliessen und zuletzt vom Muskelapparate reden. Man kann davon ausgehen, dass alle zwischen festen Theilen an Trachea und Bronchien liegenden weichen Verbindungshäute einiger Schwingung und, soweit die Röhren gestreckt und verkürzt werden können, einiges Vortretens in das Lumen der Luftröhre und andererseits ungleicher Spannung fähig sind. Das kommt in vorzüglicher Weise im unteren Kehlkopfe zur Ausbildung und man kann einen Anfang dazu an den erwähnten letzten Ringen des australischen Strausses erkennen. Ein vollkommneres Gerüst kann gebildet werden durch Modifikationen der Luftröhre vor ihrer Gabelung, an dieser und an den durch die Gabelung entstehenden Theilen, den Bronchien. Die Modifikationen treffen die Ringe nach ihrer Gestalt, Ausbreitung, Stärke, Verwachsung und die zwischen ihnen erübrigenden weichen Häute, welche mit der Beschränkung der Ringe zu immer besser schwingenden Membranen werden.

Es giebt, wie J. Müller, theilweise nach Vorgang von Eyton, entdeckte, wenige Fälle, in welchen nur Bronchialringe in einiger Entfernung von der Bifurkation modifizirt sind, zahlreichere, die Tracheophones Müller's, in welchen, falls auch die Modifikation der Skeletstücke die Bronchialringe mit ergreift, doch schwingende Membranen nur an der Luftröhre selbst zu Stande kommen; in den meisten Fällen sind Luftröhre und Bronchien betheiligt.

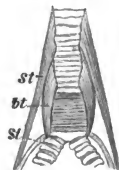
Wir wollen mit den Tracheophonen beginnen.

Tracheophon ist ein Theil der Unterordnungen der Tenuirostres und der Dentirostres der Passeres von Cuvier und Gray. Es gehören dahin nach Müller's Untersuchung aus jenen, gemäss der neueren Disposition

von Gray, hauptsächlich die Anabatiden, aus diesen die Formicariiden, nämlich von den ersteren die Dendrocolaptinen, Synallaxinen, Furnariinen, von den anderen die Formicariinen und Thamnophilinen. Es kommen dazu vielleicht die Pteroptochiden aus jener Gruppe und ein Theil der Cotingiden aus dieser. Es mischen sich nach sonstigen Eigenschaften zwischen die Tracheophonen solche Familien und Gattungen, deren Stimmittel nicht in gleicher Weise an der Trachea gebildet, aber doch einfacher sind als die der eigentlichen Sänger. Aeussere Merkmale, der Mangel von Stiefelschienen zwischen den vorderen Schildern des Laufes und der hinteren, meist körnigen Sohlenbekleidung, kurze runde Flügel, das Vorkommen in wärmeren Gegenden Amerikas halten, wenn auch nicht ausnahmslos, diese Vögel zusammen und haben Anlass gegeben, sie zusammenzufassen, mit dem Titel der Schrei-vögel, Clamatores, welcher der geringen Bedeutung des Singapparates Ausdruck giebt.

Die Einzelheiten der tracheophonischen Einrichtungen sind etwas verschieden. Bei Thamnophilus, welche Gattung mit ihren Verwandten ganz aus der früheren Gemeinschaft mit den Würgern zu nehmen ist, und bei Myiothera sind fünf oder sechs Trachealringe vor dem letzten, obwohl verknochert, von linearer Feinheit und seitlich unterbrochen. Die sie aufnehmende, breite Zwischenräume füllende, weiche Wand ist stark von oben nach unten abgeplattet. Der letzte Trachealring ist wieder stärker, nimmt auch wohl an der Depression Antheil, die Halbringe der Bronchien haben nichts Besonderes. Bei Conopophaga ändert sich nur der letzte Umstand; der oberste Bronchialhalbring jeder Seite verbindet sich mit dem zweiten und mit dem letzten Trachealring als untere Gränze, Sockel des trachealen Kehlkopfes; er beginnt, sich seitlich pyramidal zu erheben. Dieses, stärker bei Chamaeza und Scytalopus, führt zur Ausbildung eines Processus vocalis, Stimmknochen, wie wir sehen werden eines Hebelarms für Muskelarbeit mit freiem oberen Ende zur Seite der Membran. An der trachealen Stimmhaut ist bei Chamaeza die Strecke von dreizehn dorsalen und ventralen Ringstücken betheiligt, von welchen die drei hintersten mit den Stimmfortsätzen in Verbindung treten. Bei Furnarius, Cinclodes, Anabates, Tinactor sind die Verhältnisse ganz ähnlich, nur verbindet sich in verschiedener Weise den zwei ersten Bronchialhalbringen zur Stützung des Kehlkopfes ein Paar dorsal und ventral an der Spaltung zwischen sie eingeschobener Knorpel, etwa entsprechend den Hälften eines letzten Trachealringes oder auch ein deutlicher letzter Luftröhrenring. Bei Xenops sind drei Bronchialringe an

Fig. 409.



Trachealer Kehlkopf, von Thamnophilus naevius Linné, etwa dreimal vergrössert nach J. Müller. bt. Musculus bronchotrachealis. st. st. Die zwei Köpfe des M. sternotrachealis.

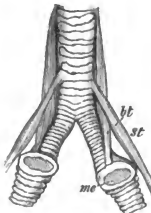
dem Sockel theilhaft, bei *Synallaxis* nur zwei, aber drei Trachealringe, während die vorausgehenden in der Membran fast gänzlich schwinden, bei den *Dendrocolaptinen* besitzen die Stimmknochen starke Muskelfortsätze, im Uebrigen sind alle Verhältnisse wesentlich dieselben. Es haben namentlich die Bronchi nur Halbringe und an der Bifurkation geht der weiche Wandtheil des einen zum anderen über, ohne dass das gebildet würde, was wir nachher als Steg kennen lernen werden, mit einer einfachen *Membrana tympaniformis*.

Fig. 410.



Trachealer Kehlkopf von *Furnarius rufus* Vieillot etwa dreimal vergrößert nach J. Müller.
l. *Musculus tracheolateralis*. bt. *M. bronchotrachealis*. st'. *M. sternobronchialis*.

Fig. 411.



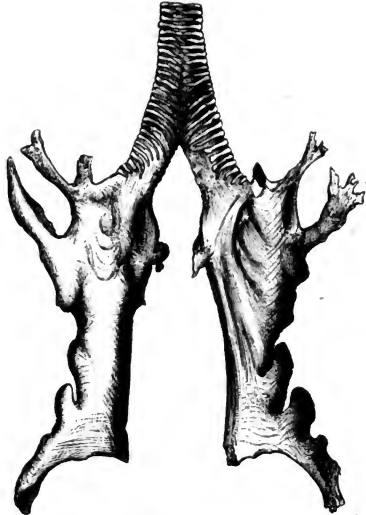
Bronchialkehlköpfe des *Guacharo*, *Steatornis caripensis* Humboldt, in natürlicher Grösse. st. *Musculus sternotrachealis*. bt. *M. bronchotrachealis*. me. *Membrana tympaniformis externa*.

Bronchiophones nennen wir die Vögel, deren Stimmorgan allein an den Bronchien angebracht und, da dieses beiderseits geschieht, durch ein Paar Kehlköpfe hergestellt ist. Der noch zu Ende des vorigen Jahrhunderts in unzählbarer Menge in der Höhle von Caripi und den Schluchten der Gebirge von Guadeloupe hausende, auch weiter verbreitete, aber jetzt seltene *Steatornis caripensis* Humboldt hat an der Luftröhre und in dem oberen Theile der Bronchien die Ringe gleichmässig vollkommen, sechszehn im linken, elf im rechten und bildet erst danach seine Kehlköpfe. Der zunächst folgende erste modifizierte Kehlkopfring ist nur nicht ganz vollständig, innen geöffnet; es folgen zwei verdickte, welche, indem sie sich so biegen, dass sie sich mit Konkavitäten einander zuwenden und mit den Enden auf einander stützen, zusammen auswendig am Bronchus eine ovale Membran umgränzen. Die folgenden schliessen sich an den dritten an. Der Vogel entfernt sich mit dieser Einrichtung ganz von den gewöhnlich ihm nächst verwandten erachteten Ziegenmelkern, *Caprimulgus* wie *Podargus*. Seine Stimme ist gellend. Bei *Crotophaga major* Linné aus einer den Kukuken gesellten Familie gehen acht vollständige Kehlkopfringe dem bronchialen Kehlkopf voraus.

Es wird am geeignetsten sein, solche Tracheophonen und Bronchiophonen als Extreme in der Lage eines sowohl mehr vorwärts, als mehr rückwärts ausdehnbaren Organs anzusehen. Man hat erkennen können, dass bei den meisten Tracheophonen für die festen Theile die Bronchialringe nicht ausser Verwendung bleiben. Wenn sich die beiden ausserordentlichen Gruppen unter den Passeres denjenigen anschliessen, deren Stimmittel nur gering sind, so giebt es doch in den anderen Ordnungen solche mit noch eringeren und gar keinen. Jegliche, einen unteren Kehlkopf repräsen-

tirende Modifikation in der Nähe der Bifurkation fehlt den straussartigen, wobei die Bronchialringe knorplig und inwendig unvollkommen sind, den Geiern, wobei jene vollkommen sind und fast vollständig verknöchern. Bei den Störchen sind die dreissig hinteren knorpligen Trachealringe sehr schmal und dicht, mit Ausnahme der vier bis fünf letzten, welche etwas höher und von einander mehr entfernt sind. In der Mitte dieser Partie erweitert sich die Luftröhre um ein Drittel, um sich am Ende wieder zu verengern. Die drei letzten Ringe treten an der Theilstelle zu einer gemeinschaftlichen, nach oben tief ausgeschnittenen knöchernen Scheidewand des Luftröhrenendes zusammen. Diese, welche weiterhin den Steg bildet, ist das Einzige, was an den unteren Kehlkopf anderer erinnert. Sie stellt eigentlich ein Eingreifen der Bronchialringe in das Lumen der Luftröhre dar, einen Anfang zu der Scheidewand der Procellaria und des Spheniscus, wie in der Laryngealleiste von vorn, so von hinten her. Die betreffenden Ringe, obwohl anscheinend Luftröhrenringe, sind, genauer betrachtet, querüber im Stege verschmolzene Bronchialringe. Die folgenden Bronchialringe sind vollständig. Bei den Löffelstörchen erheben sich die Einrichtungen eher noch weniger über das möglichst einfache Verhalten.

Fig. 412.



Lungen und Bifurkation der Trachea ohne unteren Kehlkopf von *Sarcorhamphus papa* Linné von hinten gesehen in natürlicher Grösse, nach einem getrockneten Präparate.

Bei den übrigen vervollkommnet sich der hiermit angebahte untere Kehlkopf der Bronchiotracheophonen. Es kommt erstens in Betracht die Modifizierung der unteren oder hinteren Trachealringe. Diese pflegen, meist in der Zahl von dreien, besonders bei Schwimmvögeln in grösserer Zahl, sich in den Medianlinien an einander zu drängen und gegen die Gabelungsstelle winklig abzubiegen, zu verknöchern, zu verstärken, zu verschmelzen,

besonders der letzte in der Mitte sich zu verbreitern, zusammen von oben nach unten oder häufiger von den Seiten sich abzuplatten und so eine besondere Abtheilung zusammensetzen, welche man auch in dieser mässigen Ausführung Trommel, Tympanum, nennt. Dieselbe bildet nach vorn zu das feste Gestell für nachfolgende formveränderliche Theile. Sie kann verstärkt werden durch den sagittal das Luftröhrende durchsetzenden, meist verknöchernenden Querbalken, Bügel, Riegel oder Steg, Os transversum, Pessulus, dessen Basen durch einen vorderen und einen hinteren Vorsprung des letzten Ringes oder der letzten verschmolzenen gegeben werden. Je mehr sich diese Processus abwärts senken, so dass der letzte Trachealring an den Seiten sich bogig erhebt und von den ersten Bronchialringen absteht, um so deutlicher entsteht jederseits auf der Gränze zwischen Trachea und Bronchus eine äussere Trommelhaut, Membrana tympani externa. Diese liegt jedoch bei den Tauben zwischen den zwei letzten Trachealringen, welche von einander an den Seiten weit entfernt und nur median verbunden sind. So findet sich zu dem, was die Bronchiophonen anbahnen, ein neuer Beweis, dass es nämlich allerlei Zwischenräume sein können, welche die tympanischen Membranen bilden, und man kommt dazu, deren Funktion gemindert in allen die Bronchialringe trennenden häutigen Stellen zu erkennen. Innen kann sich die Schleimhaut als eine zarte halbmondförmig ausgeschnittene Membran über den Steg hinaus in das Lumen der Luftröhre fortsetzen, Membrana semilunaris von Savart, dieses am schönsten bei guten Sängern und denjenigen Passeres, welche sprechen lernen, aber grade gar nicht bei den Papageien.

Wenn ein Steg vorhanden ist, so ist der Uebergang der Trachea in die Bronchien scharf in zwei Stimmritzen zerlegt, aber es ist kein ganz gut gewählter Ausdruck bei Meckel, dass in Ermangelung der knöchernen Scheidewand das untere Luftröhrende sich durch eine gemeinschaftliche Oeffnung in die Bronchien fortsetze. Es giebt immer zwei Oeffnungen, nur ist dann der untere Kehlkopf ein im Uebrigen einfacher Apparat.

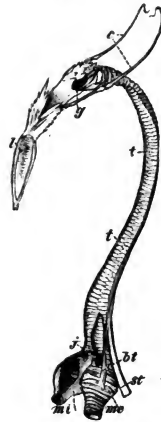
Die auf die Luftröhrentheilung folgenden Bronchialknorpel sind bei den meisten Vögeln dieser Gruppe an der Innenseite nicht geschlossen und es ist das ein Wesentliches für die bronchiotracheale Stimmbildung. Wie bei den oben besprochenen Gruppen giebt es jedoch auch hier Ausnahmen, welche neben der Vereinfachung der Stimme gemeiniglich eine Verstärkung derselben, eine Schreistimme, mit sich bringen. Der erste Ring ist geschlossen bei *Tyrannus ferox* Cuvier, *Pyrocephalus coronatus* Gould und *Elaenia brevirostris* Tschudi; zwei sind vollkommen bei *Pipra leucocilla* Lichtenstein und *Myiobius erythrus* Mus. Berol., zwei bis drei bei *Platyrhynchus*, drei bei *Saurophagus sulphuratus* Swainson und *T. crudelis* Sw.; die ganze Reihe ist es bei *Podiceps*. Bei Enten und Kormoranen sind sie von Anfang an und bei *Sula* weiterhin nahezu geschlossen. Theilweise unter einander

verwachsen sind sie bei Pelikanen und, wie wir oben sahen, netzförmig zu einem Korbe verbunden bei den Singschwänen, ohne dass das die Anwesenheit einer häutigen Stelle davor ausschliesse. Bei den guten Sängern kommen die Bronchialringe vom vierten oder fünften ab, wenngleich sie ungeschlossen sind, doch mit den Enden in Berührung. Bei den Vögeln, welche sprechen können, werden dagegen die Bronchien von den Knorpeln nur wenig mehr als zur Hälfte umfasst.

Auch, wenn die vorderen Bronchialringe nicht geschlossen oder mit einander verwachsen sind, pflegen sie in Bau und Verbindung eine grössere Festigkeit zu besitzen, und werden damit befähigt, die Begränzung zu bilden, sei es zusammen für die zwischen Trachea und Bronchien gelegenen äusseren Membranen, sei es gegen einander für die zwischen ihnen gelegenen, rein den Bronchien angehörigen äusseren, und, grade sofern sie nicht geschlossen sind, für Membranae tympani internae.

Bei den Singvögeln, sind es im Allgemeinen drei Bronchialringe, welche jederseits für den unteren Kehlkopf verwendet werden und Savart hat sie als den ersten, zweiten und dritten Knochenbogen von vorn nach hinten gezählt. Diese drei Ringe sind verknöchert und dadurch in der Gestalt befestigt; sie breiten sich an den beiden Enden mit Köpfchen aus, so dass sie hier auf einander stossen, auch einander überragen, während sie im Verlaufe von einander abstehen. Der erste schliesst sich in geringem Abstände dem Hinterrande der Luftröhrentrommel an, der zweite dem ersten in etwas grösserer Entfernung, als sie sonst die Bronchialringe zu haben pflegen, dadurch beweglicher, der dritte, solider verknöcherte, entfernt sich, indem sich der Bogen, in welchem die anderen sich seitlich erheben, bei ihm gänzlich abflacht, viel weiter vom zweiten und lässt eine ausgedehnte Membrana tympani externa entstehen. Die Innenfläche des dritten Ringes ist wulstförmig mit elastischem Gewebe, der Schnur Savarts, oder dem Ligamentum vocale externum, belegt, um so deutlicher, je ausgedehnter die Membrana tympani ist und je reichlicher die Kehlkopfmuskeln sind. Der dritte Bogen kann gegen den zweiten bis zu mehr als einem Viertelkreis rotirt werden, wobei er, wenn der Musculus longitudinalis posterior nicht direkt

Fig. 413.



Luftwege des Kukuks, *Cuculus canorus* Linné, in natürlicher Grösse. l. Zunge. g. Glottis, auf der linken Seite der Knorpel frei gelegt. c. Zungenbeinhörner. t. t. Luftröhre, unten ein Stück ausgeschnitten. j. Der darin erscheinende Steg, jugum oder pessulus. st. Musculus sternotrachealis. bt. Musculus bronchotrachealis in Fortsetzung des lateralis. me. Membrana tympaniformis externa. mi. Membr. tym. interna.

an sein hinteres Köpfchen geht, nicht nur durch ein Band von der Innenkante seines hinteren Köpfchens, Ligamentum inferius, an dem überragenden Köpfchen des ersten, sondern auch durch ein zwischen den zugewendeten Flächen erstrecktes, Ligamentum superius, dem Köpfchen des zweiten Ringes verbunden ist, so dass an dem zwischen beiden Bändern liegenden kurzen Hebelarm jener Muskel durch Vermittelung des Lig. superius zur Wirkung kommt. Die Innenwand jedes Bronchus wird gebildet durch die vom Stege herabziehende paukenförmige Membran, deren Spannung so weit reicht als die Festigkeit der Bronchialhalbringe an der äusseren Wand. In ihr ist jedesmal eingebettet ein dreiseitiger, oder schief rhombischer, oder quadratischer, oder halbmondförmiger kleiner Knorpel, welcher sich an dem Uebergang zur Vorderwand zwischen Steg und Kopf des zweiten Ringes einschleibt und meist mit seinen Winkeln diese Stücke erreicht, Savart's Cartilago arytaenoidea laryngis inferioris, etwa ein Rest des einen der zwei bei den Tracheophonen eingeschobenen Knorpel. Bei *Elainia brevirostris* Tschudi fand ihn Müller besonders anscheinlich und bei einem anderen Tyranniden, *Tyrannus ferox* Cuvier, mit einem zweiten Knorpelchen in Verbindung. Von diesem Knorpel aus geht in verschiedener Gestalt, öfter in eine Reihe von Körnchen aufgelöst, ein ähnlicher Wulst wie aussen, ein inneres Stimmband. Die beiden Bronchien sind durch eine feste Bindegewebsbrücke von den Innenwänden aus mit einander verbunden, am engsten bei den Lerchen, wo sie zugleich der Speiseröhre fest anhängen. Die Theile sind meist links kräftiger entwickelt.

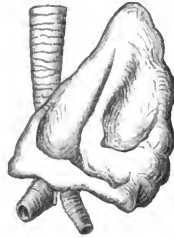
Vorbehaltlich der Besprechung der Muskulanbringung haben wir hier noch einiger Besonderheiten in den tracheobronchialen Kehlkopfstücken zu erwähnen.

Die Todiden weichen von den ihnen nahe gestellten Tyranniden an den Bronchien ab durch Mangel vollständiger Ringe, Abplattung und das Fehlen der sogenannten Cartilagine arytaenoideae. Ausserdem haben einige Gattungen die letzten Luftröhrenringe dorsal gespalten, *Colopterus cristatus* deren zwölf, *Orchilus megacephalus* Swainson fünf, bei beiden mit einer knöchernen Leiste vom Steg aus in der Medianlinie des Zwischenraums. Bei der Gattung *Colius* bildet der erste Bronchialring ein dreieckiges knöchernes Schild über den zweiten und dritten weg. Bei *Pipra pareola* verbinden sich in der dorsalen Wand die Luftröhrenringe zu einem Knorpelschilde, welches um drei oder vier Ringe die ventrale Gabelung überragt.

Wie besonders auch bei anderen Schwimmvögeln, so kommen bei einigen Enten und Sägern Erweiterungen im Verlaufe der Luftröhre vor, allmählich oder plötzlich abgesetzte rundliche, weiter vorn, in der Mitte oder mehr hinterwärts, auch zwei hinter einander, bei *Oidemia fusca* Linné, *Branta rufina* Brisson, *Mergus merganser* Linné; in besonderer Grösse bei

Mergus serrator Linné, *Bucephala clangula* Linné und *Oidemia fusca* und mit verschiedenem Grade der Verknöcherung und Verschmelzung der betroffenen Ringe, wie das aus den verschiedenen Quellen J. F. Meckel ausführlich zusammengestellt hat. Häufiger jedoch rückt bei den gedachten Familien die Erweiterung an die Bifurkation, oder sie findet sich ausser an jenen Stellen auch an dieser, kommt hier nur bei den Männchen vor und ist meistens asymmetrisch. Es wird das für die Stelle vermittelt durch *Harelda glacialis* Leach, bei deren Männchen sich das Hinterende der Luftröhre an der Bauchwand austieft, unter Verschmälerung der vier letzten Ringe zu zarten Knochenstreifen, und an der Theilung zu einer grösstentheils links liegenden, dorsal knöchernen, ventral und, wie Temminck angiebt, mehr rechts häutigen Blase anschwillt. Bei den übrigen rückt die Anschwellung so auf die Bifurkation, dass sie entweder aus zwei seitlichen Abtheilungen besteht oder asymmetrisch gegen einen Bronchus sich wendet. Es ist viel gewöhnlicher die linke Anschwellung stärker. Der erste linke Bronchialring ist dann verstärkt, solid verknöchert und bildet vorn in scharfem Winkel aufsteigend die Wurzel des Stegs, über welchem eine Oeffnung in die Trommel führt. Der Symmetrie scheint nach den Abbildungen von Yarrell die Königseider, *Somateria spectabilis* Linné, am nächsten zu kommen, aber die Anschwellungen sind hier klein und die Differenz mag bei alten Vögeln grösser sein. Für ein Ueberwiegen der rechten Blase sind namentlich Fälle von *Tadorna vulpanser* Fleming und von *Pterocyanea circia* Gessner gesichert. Diese mehr oder weniger umfassenden Trommeln lassen zuweilen ebenfalls die Zusammensetzung aus mehreren Ringen erkennen. Sie bilden sich entweder zu ganz knöchernen Blasen oder zu mit Knochenrahmen fensterartig umspannten Membranen aus. Die Unterschiede hierin passen nach Yarrell zur sonstigen Eintheilung. Die Flussenten, *Tadorna vulpanser* Flem., *Cairina moschata* Flem., *Anas boschas* L., *Chaulelasmus strepera* L., *Spatula clypeata* Boie, *Dafila acuta* L., *Mareca penelope* Gessner, *Querquedula bimaculata* Pennant (*Q. crecca hybrida*?), *Q. crecca* L. (Beseke), *Pterocyanea circia* Gessner, *Aix sponsa* Boie, haben sämtlich vollkommene knöcherne Blasen; die Seeenten oder Tauchenten, *Branta rufina* Brisson, *Nyroca ferina* L., *Nyroca ferruginea* Gmelin (*leucophthalmus* Bechstein), *Fuligula marila* L., *F. cristata* L., *Clangula histrionica* L., *C. glaucion* Belon und *Harelda glacialis* L. haben einen Rahmen mit gespannter Membran wie die Säger, welchen vor allen *C. glaucion* durch Gestalt der Trommel und Erweiterung der Trachea nahe kommt. Zwischen jenen beiden Entengruppen

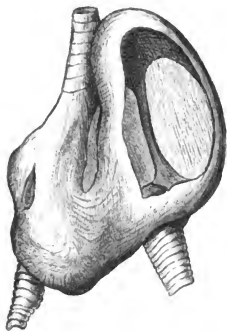
Fig. 414.



Trommel von *Bernicla cana* Gmelin, *inornata* King, ♂ in natürlicher Grösse von der Bauchseite.

vermitteln die Eiderenten, *Somateria mollissima* Linné und *spectabilis* Linné, und die Trauerenten, *Oidemia fusca* L. und vermuthlich *O. nigra* L. Unter

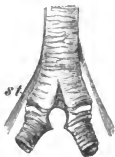
Fig. 415.



Unterer Kehlkopf vom Gänsesäger, *Mergus meringanser* Linné in natürlicher Grösse nach Owen.

den Sägern bildet der grosse den Sackanhang der Trommel stärker als der Gänsesäger. Die Verbindung von Knochenrahmen und gespannten Membranen fand Yarell auch bei der ägyptischen Gans, *Chenalopex aegyptiacus* Eyton; die linke geschlossene Trommel mit nur einigen minimalen fensterartigen Stellen der Rückwand und einer Lücke an der Basis, in der Begränzung dieser gegen die Bronchien hin viel solider verknöchert als in dem vorderen Theile, fand ich bei mehreren Exemplaren von *Bernicla cana* Gmelin. Es scheinen diese besonderen Trommeln nur bei den Männchen der gedachten Lamellirostren vorzukommen, deren Stimme viel lauter ist. Jedoch verwachsen bei den Weibchen auch einige der letzten trachealen Ringe und bilden eine nicht immer ganz symmetrische Knochenbüchse, welche, am hinteren Ende erweitert, mit dem Stege und gegenüber den verstärkten ersten Bronchialringen ausgedehnte innere tympanische Membranen am vorderen Ende umrahmt.

Fig. 416.



Unterer Kehlkopf von *Anas boschas fera* Brisson ♀ von der Rückseite in natürlicher Grösse. st. *Musculus sternotrachealis*.

Soweit eine Stimme am unteren Ende der Luftröhre nach dem Principe der Zungenpfeife gebildet wird, hat die Luftröhre die Bedeutung eines Ansatzrohrs. Gleich den membranösen Zungen fungiren dabei die paukenfellartig nach allen Seiten hin gespannten Membranen. Die Verbindung mit Ansatzröhren hat für solche jedenfalls einen ähnlichen Effekt wie für Zungenpfeifen mit metallischen Zungen. Dieser Effekt ist von W. Weber dahin bestimmt, dass durch das Ansatzrohr der Eigenton des Mundstücks nicht erhöht, aber um ein von der Verhältnisszahl zwischen den Schwingungen der Zunge und der Luftsäule der Röhre Abhängiges bis zur Oktave vertieft werden kann, bei weiterer Verlängerung zunächst zurückspringt, um dann denselben Gang wieder zu durchlaufen. Es kann das Anwendung finden in Streckung und Verkürzung der Luft-

röhre, welche demnach bei unveränderter Paukenmembran hin und her gehende Töne zu Stande kommen machen würde. Bei Verlängerung im Wachsthum, also als Unterschied der Stimmen junger und alter Vögel muss das von grösserem Belang sein, wird aber dadurch unklar gemacht, dass auch die Paukenmembran selbst sich verändert. Es scheint übrigens die Streckung und Verkürzung der Luftröhre, welche in sehr ausgezeichneten Fällen theils durch die Befestigung in ihren eigenen Wänden, theils, durch die an anderen Theilen in der Hauptsache unbeweglich ist, in anderen, indem die Vögel mit steif vorgestrecktem oder auf das Wasser gelegtem Halse schreien, mindestens möglichst gesteift, zu einem festen Körper gemacht wird, für die Verschiedenheiten der Stimmen, wie man sie z. B. bei jungen und alten Schwänen und Kranichen beobachtet, von verschwindender Bedeutung zu sein im Vergleich mit der der Bronchien, welche der Trommelhaut gegenüber als Windrohre fungiren, dem Prinzipie, wenn auch nicht genau dem Maasse nach gemäss den Versuchen von J. Müller denselben Einfluss haben, aber bei ihrer absoluten Kürze, ihrer Freiheit, ihrem geringeren Kaliber in Verschiebung der ihrem Ursprung nahe gelegenen Muskelansätze von der Muskelarbeit relativ viel stärker für die Länge betroffen werden als die Luftröhre. Die Vertiefung des Tones, welche durch eine Anspannung und Verlängerung des vor einer schwingenden Membran gelegenen Luftröhrenantheils in Verrückung eines hinteren Gränzpunktes zu Stande kommt, wird also mehr als kompensirt, in eine Erhöhung umgewandelt, wenn im selben Akte, wie es gemäss den Muskelansätzen zu geschehen pflegt, die Bronchien verkürzt werden. Kombiniren werden sich jedoch die beiden Einwirkungen, wenn die Luftröhre zugleich mit den Bronchien gestreckt wird, wie das bei den Kolibris zu geschehen scheint, welche, wie Burmeister erzählt, Locktöne austossen, indem sie die Zunge zollweit aus dem Munde vorschliessen. Der Vertiefung, welche der Ton durch die Verlängerung der gedachten Röhre erleidet, und der Erhöhung durch die Verkürzung steht jedoch diametral entgegen die Wandlung durch die zugleich zu Stande kommende Verengerung und Erweiterung. Verengerung in Windrohr und Ansatzrohr erhöht, Erweiterung vertieft den Ton. Es kommen ferner in Betracht die Ungleichheiten in der Ausgangsöffnung, im Aditus laryngis, die Verschiedenheit im Material der Röhren, die ungleiche Stärke im Anblasen, welche den Eigenton der gespannten Membran verändert. So wird man begreifen, dass die Lösung der Einzelfragen trotz der ausgezeichneten Bearbeitungen noch auf grosse Schwierigkeiten stösst. Man wird jedoch wohl nicht irren, wenn man annimmt, es sei der Haupteffekt der besonderen Verlängerung der Luftröhre bei Schwänen, Kranichen, Perlhühnern u. s. w. nicht in einer Veränderung des Tons nach der Höhe, vielmehr in der Verstärkung der Stimme durch Resonanz ebenso zu suchen, wie in den Erweiterungen, mögen diese in Membranen noch selbst tönende,

oder nur mittönende Wände haben. Wie die in's Auge gefassten seitlich am Ende der Trachea gespannten Membranen, so wirkt auch die hintere der Todiden, während beim australischen Kasuar die Luftstösse in einem höhlenartig abgesetzten Raume in Betracht kommen.

Bei den meisten Vögeln ändert sich die Grundlage der Stimmbildung dahin, dass ein Theil der Wand der Luftröhre und der Bronchien faltenartig in das Lumen hineingelegt wird und in dieser Stellung veränderlich die Bedeutung wirklicher Stimmbänder erlangt. Wenn tympanische Membranen nicht vollständig umrahmt sind, oder doch das Rahmenwerk sich in Gelenken bewegt, werden durch Annäherung der Theile solche wirkliche membranöse Zungen gebildet. Verschiebung, indem sie die Winkel an der Gabelung ändert und einknickt, erhält damit selbst bei einfachster Muskelanlage eine neue und viel höhere Bedeutung. Durch den Steg und die mit ihm meist, jedoch z. B. mit Ausnahme der Hühner, von welchen wir gleich reden werden, fest verbundenen letzten Luftröhrenringe wird ein Körper gebildet, welcher den Bewegungen einen festeren Widerstand entgegensetzt, sie als Verschiebung anderer Theile in Beziehung auf sich zu Stande kommen lässt, sie regelt und für die Seiten kombinirt. Das dem Besprochenen zunächst Liegende ist, dass die Bewegung an der Bifurkation selbst ausgeführt wird. Der hintere, in der aufrechten Haltung untere Theil der von dem aufgebogenen letzten Trachealring begrenzten membranösen Strecke tritt mit Vergrößerung des Bifurkationswinkels faltenartig vor. Die Ausnutzung dieser membranösen Strecken wird ausgiebiger, wenn Modifikationen der Bronchialringe hinzutreten, wie wir sie bei einem Theile der Tracheophonen fanden. Eine grössere Verstellbarkeit der Theile wird ermöglicht, wenn die äussere tympanische Membran zwischen Bronchialringe gelegt wird, indem dann die Lagenänderung mehrerer Ringe sich kombinirt.

In Beziehung hierauf sind die Muskeln zu untersuchen, welche die bei der gegebenen Anordnung der festen Theile möglichen Bewegungen zu Stande bringen. Man findet bei fast allen Vögeln ein Paar Trachealmuskeln, welche vom Vorderrande der Brustbeinplatte aussen an den Costalfortsätzen entspringen, *Musculi sternotracheales*, tiefe Niederzieher der Luftröhre. Diese Muskeln schlagen sich ventral vor den bracheocephalischen Arterien und über den Ansatz der *Coracoidea* weg schräg einwärts und vorwärts zur Luftröhre, erreichen dieselbe nach vorne von der Bifurkation und von etwaigen Seitenmembranen. Von ihnen aus ziehen sich nicht selten Muskelstreifen abgeschwächt längs der Luftröhre nach vorne, welche *Cuvier* als ihre Fortsetzungen ansah, während *Müller* in ihnen einen besonderen Seitenmuskel der Luftröhre, *Musculus tracheolateralis*, besonders in Consequenz der Gliederung bei Tracheophonen sieht. Alles das gehört in das System der ventralen Muskulatur zwischen Visceralbogen, in der Bahn vom Brustbein gegen den Kehlkopf,

und ist fortgesetzt im *M. thyreo-trachealis*, *hyo-thyreoideus* und *genio-hyoideus*. Diese Muskeln ziehen die Bifurkation nach hinten und drücken nachgiebige Stellen an der Aussenfläche der Bronchialwurzeln einwärts. Auf sie beschränkt sich die Muskulatur der Laufvögel, *Ratitae*, und der eigentlichen Hühner, wahrscheinlich auch vieler Schwimmvögel und Watvögel und einiger Passerinen. Besonders stark sind sie bei den Männchen der Säger und Tauchenten, bei den Pinguinen, Scharben, Tauchern. Bei den Tauben vereinigen sie sich von den zwei Seiten, um sich asymmetrisch rechts an die Luftröhre zu setzen. Bei *Thamnophilus*, *Myiothera*, *Conopophaga* und *Chamaeza* theilen sich diese Muskeln, so dass ein besonderer Kopf hart an der Bifurkation rückwärts von der Trachealmembran sich ansetzt (vgl. Fig. 409, p. 357). Sie fehlen unter den Passerinen bei *Trochilus* und *Eulabes*, unter den Scansores bei den Papageien. Eine hiervon unterschiedene zweiseitige Muskelanlage mit dem Ursprunge weiter vorn und auswärts, von den Gabelbeinen oder vom Rande des *Musculus coracobrachialis* oder der *Membrana coracoclavicularis*, die der oberflächlichen Niederzieher, *Musculi ypsilotracheales*, auch wohl jeder in einen medianen und lateralen Theil getheilt, weiter vorne die Luftröhre erreichend, als das erste Paar, dann mit diesem sich kombinirend, wird bei der grossen Mehrzahl der Vögel gänzlich vermisst, manchmal vielleicht nur wegen der Schwäche und flachen Ausbreitung der Fasern und wegen des Wechsels im Ursprung, kommt jedoch namentlich einem Theile der Schwimmvögel zu und wird von Meckel beim Nonnentaucher, *Mergellus albellus* Linné, als stark angegeben.

Unter denjenigen, welche keine bronchotracheale Muskulatur haben, zeichnen sich die Hühner dadurch aus, dass der Steg, nur durch Vermittlung eines ventralen und eines dorsalen dreieckigen Stückes mit dem letzten Trachealring verbunden, somit weiter rückwärts gerückt, die halbkreisförmigen Membranen an der Aussenwand der komprimirten Trachea als Wände einer vor ihm liegenden einfachen Stimmritze erscheinen lässt.

Weit wichtiger als die Vermehrung der Muskulatur zwischen Trachea und Skelet ist die Herstellung eines Muskelapparates zwischen der Luftröhre und ihren Aesten. Dieser ist zunächst durch ein einziges Paar, die *Musculi bronchotracheales*, die Seitenmuskeln Müller's, vertreten. Diese fehlen sogar noch einigen sogenannten Passerinen, *Corythaix*, *Opisthocomus*, *Conopophaga* unter den *Myiotherinen*, *Corydon*, welche nur sternotracheale Muskeln haben, namentlich aber den lamelliostren Schwimmvögeln und dem Pelikan, unter den Watvögeln den Störchen, Löffelstörchen, Austernfischern, den Straussen und Hühnern. Sie finden sich unter den Schwimmvögeln bei *Cormoranen*, *Lariden*, *Procellariden*, *Alciden*, *Colymbiden*, nach Meckel auch bei *Mergus*, bei den meisten Watvögeln und den Raubvögeln, auch bei den Eulen, welchen Meckel sie bestritt, und den gewöhnlichen Geiern,

aber nicht bei *Sarcorhamphus* und *Cathartes*. Sie erscheinen als Fortsetzung der Seitenmuskeln der Luftröhre ohne Absetzung und Verstärkung bei den *Coracianae*, *Upupinae*, *Caprimulginae*, den meisten *Syndactyli*, *Scansores* und *Ampelinae*. Ausser hierdurch, wird die Beziehung auf eine sternotracheale Muskulatur gegeben durch die Einrichtung bei *Thamnophilus naevius* L. (vgl. Fig. 409, p. 359) in der Art, dass diese, schon weiter rückwärts die Bronchien erreichend, dann für den sternobronchialen Theil eingegangen, nur in der bronchotrachealen Fortsetzung bestehend zu denken wäre. Wenn die bronchotrachealen Muskeln fehlen, pflegen die sternotrachealen stärker entwickelt zu sein.

Die bronchotrachealen Muskeln, indem sie von der Trachea und an ihren Seiten zu den Bronchien hinabgehen, erhalten einen um so grösseren Effekt in Einknickung an der Bifurkation, in Vortreibung von Stimmbändern aussen und Spannung innerer tympanischer Membranen, je weiter ihre Spannung ist, besonders je tiefer sie sich an den Bronchien ansetzen, während die Ausdehnung vorwärts an der Trachea, welcher sie dicht anliegen, von geringerer Bedeutung ist.

In Betreff der Stelle, an welcher die bronchotracheale Muskulatur, sei es abgesetzt, sei es in Fortsetzung des *M. tracheo-lateralis* die Bronchien erreicht, sind die von Cuvier gemachten Aufzeichnungen durch Müller sehr vermannigfaltigt worden. Bei den Tauben, den Tagraubvögeln, bei *Rupicola* und *Fluvicola* gehen die Muskeln an den ersten Bronchialring und das scheint auch in der Regel bei denjenigen Schwimmvögeln und Watvögeln der Fall zu sein, bei welchen überhaupt solche sich finden. Es wird dann der Effekt der sternotrachealen Muskulatur verstärkt ohne wesentliche Modifikation und die Ausbildung der Membran zwischen Trachea und Bronchialwurzel entscheidet durch Stimmbandbildung über den Charakter der Stimme. Bei *Chasmarhynchus* gehen die Kehlmuskeln an den ersten und zweiten Ring, bei *Psaris*, *Elaenia*, *Pachyrhamphus*, *Pyrocephalus* in minimaler Ausbildung, *Jodopleura*, *Calyptura*, *Tyrannus ferox* Cuvier an den zweiten, bei Eisvögeln, Ziegenmelkern, *Phibalura*, *Platyrhynchus*, *Myiobius*, *Pipra* und vielen anderen an den dritten, bei *Gymnocephalus*, *Tyrannus crudelis* Swainson, *Colopterus*, *Orchilus* an den vierten, bei *Saurophagus* an den vierten und fünften, bei *Cotinga*, den Reihern und beim Uhu an den fünften, bei anderen Eulen erst an den sechsten und siebten.

Cuvier war der Meinung, dass unter seinen Passerinen nur die Mauersegler, Ziegenmelker und Eisvögel sich an diesen einfachen seitlichen Muskeln des unteren Kehlkopfes begnügen liessen, die übrigen einen zusammengesetzten Singmuskelapparat besässen, und Nitzsch ging darauf aus, jene mit einfachen Muskeln den *Scansores* in einer Ordnung der *Picariae* zu gesellen. Auch Blyth hielt es für nothwendig, die falschen Passerinen von den Singvögeln zu sondern. Die *Picariae* des Nitzsch

enthielten, mit Einreihung der für den Kehlkopf unbekannt, nach anderen Merkmalen zugetheilten, die *Macrochires* mit *Trochilus*, *Cypselus*, *Hemiprocne*, die *Lipoglossen* mit *Upupa*, *Buceros*, *Epimachus*, *Alcedo*, die *Caprimulgiden*, die *Todiden*, *Cuculiden*, *Piciden*, die *Amphibolae* oder *Wendezehrer* und die *Papageien*. Von den *Amphibolae* haben wir oben *Musophaga* oder *Corythaix* und den dieser öfter nahe gestellten *Opisthocomus* als der bronchotrachealen Muskulatur entbehrend erwähnt; *Colius* hat einen besonders dicken Muskel, welcher sich vornehmlich an das dreieckige Knochenschild des ersten, das Stimmband begränzenden Bronchialrings, aber mit kleinen Bündelchen auch an den ventralen Theil des zweiten und dritten, von jenem überragten begiebt. Die *Papageien* bedürfen besonderer Besprechung.

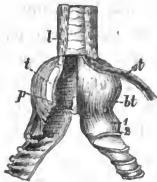
Die Untersuchungen von Nitzsch hatten von ausländischen Gattungen nur wenige berührt. Auch als d' Audubon die Untersuchungen auf die nordamerikanischen Passerinen ausdehnte, änderte sich das Verhältniss nicht wesentlich. Die ohne Singmuskelapparat, zunächst an gleiche europäische angeschlossen erschienen spärlich, ausnahmsweise. Es traten zunächst zu ihnen amerikanische *Muscicapiden*, namentlich *Tyranninen*. J. Müller dagegen, welcher über hundert Passerinegattungen aus Amerika, vorzüglich aus dem südlichen, untersuchen konnte, fand davon fast die Hälfte nicht mit dem gewöhnlichen Apparate der Singvögel und einschliesslich der *Scansores* mehr als die Hälfte der südamerikanischen *Insectores* mit einfacherem Singmuskelapparat versehen. In Müller's Liste hat die neue Welt 84 Gattungen der Passerinen ohne Singmuskelapparat. Von diesen sind vier, und, mit Rücksicht auf *Alcedo* genauer genommen, nur drei mit der alten Welt gemeinsam. Diese hat, das eingerechnet, 23, davon 7 mit dem australisch-polynesischen Gebiete gemein; das letztere hat nur eine solche Gattung für sich allein.

Was die Muskeln weiter betrifft, so haben unter den *Tracheophonen*, abgesehen von der Theilung des *M. sternotrachealis*, die *Thamnophilus* die *M. bronchotracheales* dahin modifizirt, dass diese über den mit seitlichen Membranen versehenen Theil der Luftröhre weg nur an deren letzten Ring, nicht aber an die Bronchien gelangen. Dasselbe gilt bei Mangel jener Theilung von *Myiothera*. Wenn der erste Bronchialhalbring sich zu dem *Processus vocalis* erhebt, so geht der, wie es scheint, dann immer einfache *M. sternotrachealis* an diesen, es mag ein besonderer *M. bronchotrachealis* fehlen, wie nach Müller bei *Conopophaga*, oder vorhanden sein. Ebenso geht bei *Chamaeza* von vorn und innen der Seitenmuskel an die Spitze des *Proc. vocalis*, so dass dieser nur die beiden Muskeln von einander gliedert, bei *Xenops* setzt er sich der Spitze nahe an, bei anderen erreicht er diese Spitze nicht; sondern bleibt an der Luftröhre. Im Anschluss an ihn senkt sich dann der Kehlkopfmuskel, der *M. bronchotrachealis*, zwischen die *Trachealmembran* und den *Processus* und befestigt sich an der Basis des

letzteren. Dieser Muskel zerfällt jederseits in einen vorderen und einen hinteren Theil bei *Furnarius*, *Cinclodes*, *Anabates*, *Tinactor*. Man kann kaum eine vollständigere Reihe von Möglichkeiten ausdenken, um die Entwicklung einer besonderen Singmuskulatur aus einem kontinuierlichen und einfachen trachealen Antheil eines ventralen Muskelsystems zu konstruiren.

Während es hier eine Theilung der Kehlkopfmuskeln in ein vorderes und ein hinteres Paar giebt, hat unter den vorher wegen der Einschiebung einer medianen Leiste an der dorsalen Luftröhrenwand angeführten *Todiden* *Colopterus cristatus* Cabanis neben den Seitenmuskeln, den sternotrachealen und den zum vierten Bronchialring gehenden bronchotrachealen, einen starken ventralen unpaaren Muskel auf dem hintersten Luftröhrenstück bis zum Steg.

Fig. 417.



Unterer Kehlkopf von *Chasmarhynchus carunculatus* Gmelin in natürlicher Grösse nach J. Müller, von der Bauchseite, rechts geöffnet. l. Seitenmuskel der Luftröhre. st. *Musculus sternotrachealis*. bt. *M. bronchotrachealis*. t. Trachealtrommel im Durchschnitt. p. Steg. 1. und 2. Die beiden ersten Bronchialringe.

Bei *Chasmarhynchus* (*Casmarhynchus* Temminck, *Chasmorhynchus* Gloger) umgiebt der Kehlkopfmuskel ohne Theilung in andere Portionen als die für die beiden Seiten den ganzen Kehlkopf mit einer sehr dicken Fleischlage, deren oberflächliche Schicht an die zwei ersten Bronchialringe geht, während die tiefere, auf dem zwischen Trachea und Bronchien liegenden häutigen Wandantheil aufsitzend, die Schleimhaut innen vortreibt zu einem in ein äusseres Stimmband sich zuschärfenden Polster, bei *Ch. nudicollis* Spix in komplizirter Weise zwischen die Bronchien als Spanner innerer Stimmbänder neben dem Steg eingreifend.

Die Arten der *Piprinae* zeigen in Deutlichkeit oder Mangel der Absetzung des Kehlmuskels vom Seitenmuskel, in Stärke der Ausbildung, Sonderung dorsaler und ventraler Bündel verschiedene Modalitäten.

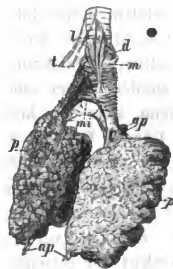
Die *Trochiliden* haben nicht blos einen einfachen Kehlmuskel, sondern noch ein zweites Paar. Der zweite Bronchialhalbring, welcher in Verkümmerung des ersten sich auf die Trachealtrommel stützt, dabei am dorsalen Ende dreieckig erweitert, bietet nicht allein auf den zwei vorderen Seiten dieses Dreiecks den von der ventralen Mittellinie der Trommel umgreifenden, damit von den gewöhnlichen einfachen Kehlmuskeln schon verschiedenen, hauptsächlich Muskelmassen, sondern auch noch kleineren Bündeln Ansatz, welche von den drei folgenden Bronchialringen, ebenfalls ventral, herkommen.

Der Zerfall in einen vorderen und einen hinteren Theil, wie ihn einige *Tracheophone* zeigten, kommt auch bei *Pipra leucocilla* an der Fortsetzung des Seitenmuskels zu den Bronchien vor, es bleibt ein, wenn auch geringes

Mittelstück der Bronchialringe von der Muskulatur frei, wie bei Tyranniden die dorsale Wand. So hat auch Menura nach Eytton nur ein vorderes und ein hinteres Paar von Kehlkopfmuskeln.

Die Zahl der branchotrachealen Muskeln erhebt sich nach Cuvier bei den Papageien ohne Angabe der Arten auf drei. Kuhl, Burmeister und andere haben das wiederholt. Meckel hatte jedoch nach Untersuchung von Ara's und grauen Papageien schon hiergegen Bedenken gehabt und den Schliesser der Stimmritze mit dem sogenannten Hülfsmuskel zusammengefasst. Wagner hat beim gelbhaubigen Kakadu letzteren als *M. levator longus* von dem *levator bronchi* wieder eigentlich ganz wie Cuvier unterschieden und abgebildet und dem dritten des Cuvier, dessen Erschlaffer, als *Abductor cartilaginis semilunaris* einen bestimmteren Titel gegeben. Im Vergleiche dieser Mittheilungen und eigener Untersuchung von *Platycercus*, bei welchem ein langer Levator sich nicht, eher sich ein ventrales Bündel gegen den Steg hin absondert, besteht für die äussere Muskellage, die der Levatoren oder Schliesser, eine Theilbarkeit, welche nach der einen oder anderen Richtung hin, ventral oder durch oberflächliche Portionen deutlicher werden kann und ohne eine Sonderung der Muskelbündel mit sich zu bringen, doch für die Kehlkopfmanipulationen nicht unwichtig ist. Diese Levatoren entspringen von einigen der nahezu letzten Luftröhrenringe, bei *Platycercus* vom sechst- bis siebtletzten, indem diese letzten zusammen gut verknöchert die Trachealtrommel bilden, gegen die Basis seitlich abgeplattet, und gehen zu den Bronchien. Dorsal und ventral bildet an dieser Basis die Luftröhre einen dreiseitigen in die Bifurkation vorragenden Fortsatz. Neben diesem liegt jederseits ein Halbring. Diese Halbringe rechnet Meckel in Ermangelung des Steges als unverbundene halbe Luftröhrenringe, die Fortsätze also zum vorletzten. Man thut wohl besser, jene als erste Bronchialhalbringe anzusehen. Wagner nennt sie *Cartilagine semilunares*. Stabförmig gestreckt, enden sie beiderseits in einen sich der dreiseitigen Spitze der Luftröhrenbasis anlegenden Haken, ventral in einen viel mehr gegen die Bronchien hin ausgedehnten. Auf sie folgt bei Unvollkommenheit des nächst folgenden Halbrings eine äussere tympanische Membran. Der dritte Halbring und der von Meckel als erster gerechnete, stärkere vierte erreichen bei *Platycercus* mit aufgebogenem Ende den ventralen Haken des ersten, aber sie bleiben von dem dorsalen entfernt. Ueber diese

Fig. 418.



Stimmapparat von *Platycercus zonarius* Shaw, schräg von der Bauchseite in natürlicher Grösse. l. Levator bronchi. d. Dilatator laryngis. t. Sehnige sternotracheale Befestigungen. m. Aeussere tympanische Membran. mi. Innere tympanische Membran. p. p. Lungen. ap. Vordere und hintere Bronchiallöcher.

Membran weg, sie nur in der ventralen Hälfte bedeckend, geht der Levator und befestigt sich mit sich zerstreuten Adhäsionen an sechs bis sieben nachfolgenden Knorpelhalbringen. Die innere tympanische Membran reicht von den Fortsätzen der ersten Bronchialhalbringe, insofern es ganze Bronchialringe auch später nicht giebt, bis zu den Lungen. Die Gabelung tritt in ihr nicht an der dem mangelnden Steg entsprechenden Stelle, sondern erst viel später auf und über den so entstehenden gemeinsamen häutigen Sack hinaus sind die Bronchien noch durch Adhäsion verbunden. Hier hat man am ersten einen einfachen Kehlkopf nur mit zwei Windröhren. Der Erweiterer der Stimmritze geht von der Luftröhre, bei *Platycercus* vom fünftletzten Ringe ab an den gedachten ersten Bronchialhalbring, in solcher Breite, dass er nur die Enden frei lässt, so, wie Meckel sagt, in fast quadratischer Gestalt, für die ventrale Hälfte unter dem Verengerer geborgen. Wenigstens bei *Platycercus* ist die von ihm veranlasste Bewegung des gedachten Halbrings nicht eigentlich klappenartig, wie es Wagner angiebt. Der Halbring wird in seiner ganzen Länge gleichmässig an die Trachea herangezogen. Die *Musculi sternotracheales* sind ersetzt durch sehnige Bänder, welche vor dem Kehlmuskelapparat an die Trachea gehen und nach der Abbildung (*Icones zootomicae* XII. XXXV. 1.) Wagner's vielleicht zu dessen *Levatores superiores* Anlass gegeben haben.

Die Vögel mit modularer Singstimme, sowohl zahnschnäblige als dick-schnäblige und mit Einschluss mancher, deren Stimme wenig angenehm oder unbedeutend ist, wie der Raben, Häher, aller Staare, Würger, *Campephagiden*, *Timaliden*, *Motacilliden*, und nicht wenige von den früher in den Ordnungen der *Fissirostren* und *tenuirostren* solchen mit einfachem Muskelapparat gesellten, *Hirundiniden*, *Nectariniden*, *Caerebiden*, *Meliphagiden*, *Melithreptiden*, haben eine grössere Sonderung der Muskeln, so dass, wie es scheint, stets drei hintere oder dorsale, zwei bis vier vordere oder ventrale, im Ganzen fünf bis sieben Paare unterschieden werden können. Die Beschreibungen sind nicht vollständig übereinstimmend, wohl theils wegen Verschiedenheit zwischen den Gattungen und Arten, theils wegen Kombination der Muskelansätze; es haben auch sowohl Meckel als die Uebersetzung von Savart verwirrende Druckfehler. Am schärfsten erscheint bei Meckel der Gegensatz zwischen den vor der tympanischen Membran an den ersten und zweiten Halbring tretenden und den hinter jener an den dritten sich ansetzenden, weniger scharf bei Savart und Wagner. Die oberflächlicheren Muskeln haben die grössere Spannung und die direktere Beziehung zu den *Musculi tracheo-laterales*. Es ist ein Allgemeines, dass diese sich je in einen ventralen *M. levator longus anterior* und einen dorsalen *M. l. long. posterior* gliedern. Der vordere entspringt oft am siebentletzten, achttletzten oder neuntletzten Ringe der Luftröhre, zuweilen näher

an deren Basis und geht zu dem ventralen Kopfe des dritten Bronchialhalbringes, der Membrana tympanica externa und dem zunächst gelegenen Rande des zweiten Halbringes in etwas wechselnder Ausbreitung an diesen Insertionspunkten. Er bleibt nach Savart ungetheilt bei Turdinen, Erythacinen, Coccothraustes, aber es sondert sich von ihm bei Corviden, Sturniden, Laniiden, Alaudiden nach der Bauchseite zu Savart's Levator proprius arcus bronchialis secundi, welchen man nach seinem schrägen Verlauf sehr wohl *M. obliquus anterior* nennen kann. Unter diesem langen Heber liegt innen ein Levator anterior brevis oder arcus primi et secundi, transversus von Wagner, welcher in ähnlicher bauchiger Erweiterung wie der Dilator der Papageien hauptsächlich an den zweiten aber auch mit Fasern an den ersten Bogen geht. Indem beim Staare diese beiden Theile deutlich getrennt sind und dieser Vogel auch die Theilung des langen vorderen Hebers hat, gelangt er zu vier vorderen Muskelpaaren. Der Levator posterior longus, im Ursprung dem anterior angegeschlossen, scheint überall an den hinteren Kopf des zweiten Bronchialhalbringes zu gehen und nur durch dessen Vermittelung auf den dritten zu wirken. Der Levator post. brevis liegt unter ihm und geht an den hinteren Kopf des ersten Ringes. Von beiden ist immer geschieden ein *M. obliquus* oder rotator posterior, welcher schräg von der Trommel zum zweiten Halbringe, besonders zu dessen hinterem Kopf geht.

Es muss hier genügen, im Allgemeinen festzustellen, dass ausgedehnte gespannte Membranen, starke Verknöcherungen, Verlängerungen der Luftröhre bei einfacher Muskelentwicklung besonders laut tönende Stimmen von wechselnder Höhe, weite von der Luftröhre aus zugängige Nebenhöhlen dumpfe Stimmen, Beschränkung der Stimmittel auf die Trachea Schreistimmen, Vervielfältigung der Muskulatur mit ausgedehnten tympanischen Membranen und Wandelbarkeit derselben zu eingreifenden, die Stimmritzen verengenden Falten besonders mannigfaltige Stimmen mit sich bringen und dass um so eher eine Tonbildung durch die Vibration der Luftsäule nach dem Prinzip der Labialpfeifen, statt oder in Combination mit der gewöhnlichen nach dem der Zungenpfeifen anzunehmen ist, je flötenartiger und gehaltener die erzeugten Töne sind. Buffon hat schon hervorgehoben, wie weit im Vergleiche mit Säugern Vogelstimmen vernommen werden können.

Fig. 419.



Luftwege der Haldelerche, *Alauda arborea* Linné, in natürlicher Grösse, von der Bauchseite gesehen. l. Zunge. c. Zungenbeinhorn. t. Luftröhre. v. Nervus vagus. oe. Speiseröhre. st. st. Musculus sternotrachealis. la. Musculi levatores anteriores. oa. Mm. obliqui anteriores. op. M. obliquus posterior. cor. Herz.

Unter den Passerinen hat Prinz W i e d die Töne von *Chasmarhynchus nudicollis* Spix denen einer hellen Glocke verglichen. Besonders laut tönend ist der Gesang der australischen Phonigaminen *Gymnorhina*, *Strepera*, *Tibicen*. In Betreff der Schwäne muss bemerkt werden, dass den Arten ohne Verlängerung der Luftröhre doch die Stimme nicht fehlt. Die Vögel mit nur sternotrachealer oder doch höchstens einfacher bronchotrachealer Muskulatur zeichnen sich durch einfache Töne oder Wiederholung mehrerer Töne von ähnlicher Klangfarbe, wenn nicht Höhe aus, wie Wiedehopf, Kukuk, Spechte, gackernde Hühner, girrende und lachende Tauben, Eulen. Sie würden die geeignetsten sein, um die Veränderungen zu studiren, welche das Verhalten der Luftröhre, namentlich die Einengung des Aditus für die Stimme mit sich bringt. Bei den Tauben wirkt der mit Luft gefüllte Speiseröhrenkropf als Resonanzapparat. Den Spechten dient auch das hastige Anschlagen an Bäume als Lockruf, den Störchen das Klappern. Die Stimmen, zunächst im Allgemeinen die gleich Gearteten sammelnd, wie das Krähen des Hahns, die weithallenden Töne fliegender Kraniche, der Ruf des Erpels, erheben sich bei vielen im Dienste der besonderen geschlechtlichen Beziehungen, kommen auch als Warnrufe, als Nachahmung, vielleicht beim Häher und Würger bewusst als Verlockung der Beute, als Aeusserung des Wohlbefindens und Vergnügens zur Geltung und werden durch gute Vorbilder veredelt. Die Gelehrigkeit der Papageien, Staare, Raben, Elstern, Gimpel, selbst für ganze Strophen in Worten und längere Melodien, hängt ab von der Feinheit des Gehörs, von der Fähigkeit des Gehirns, einschlägige Erfahrungen zu vereinigen, und von einer geschickten Beherrschung der Kehlkopfmuskeln.

Singvögel pflegen mit offenem Munde zu singen, der australische Strauss dagegen giebt seine Brummtöne mit geschlossenem Munde ab. Das gewöhnliche Athemgeschäft wird mit geschlossenem Munde ausgeführt, bei heisser Luft und bei Krankheit steht der Schnabel der Vögel offen. Es dienen also die Nasengänge der Athmung. Die äusseren Nasenöffnungen sind mit Ausnahme der straussartigen Vögel, welche sie mehr vorne im Oberschnabel haben, besonders des Kasuar und noch mehr des *Apteryx*, welcher sie fast an der Spitze des Schnabels trägt, weiter aufwärts an diesem Organe oder selbst an seiner Wurzel und über diese hinaus in der weicheren, diese Wurzel bei Hühnern, Tauben, Raubvögeln umgebenden Basalmembran oder Wachshaut angebracht. Es kann nämlich einmal die Hornbekleidung zunächst der Kieferbeine und Nasenbeine, welche den Schnabel bildet, mehr oder weniger weit gegen Stirne, Augengegend und Mundwinkel ausgedehnt sein. Es kann ferner die Spalte, welche über dem Oberkiefer und unter Zwischenkiefer und Nasenbein jederseits den Nasengang durchtreten lässt, durch eine mehr oder weniger breite Brücke aus dem Thränenbein von der Augenhöhle nach vorn abgeschoben sein. Es kann aber endlich und vor Allem diese Spalte nach dem Charakter des vorderen medianen Zwischenkieferstückes eine sehr

verschiedene Ausdehnung und Gestalt haben, so dass innerhalb ihres Gebietes das Nasenloch hinauf- und hinabrücken kann, und nur, wenn dieselbe in der Schnabelrichtung mehr ausgezogen, oval, spaltförmig, schlitzförmig ist, kann das Nasenloch sich der Mitte des Schnabels oder gar der Spitze nähern. Diese Skelettlücke ist jedoch immer zu einem grossen Theile von der Schnabelhaut überdeckt und die Oeffnungen in dieser sind wohl zuweilen lang, dann aber nie sehr weit, meist mässig oder klein. Die Schnabelhaut kann dabei in einer grösseren Ausdehnung von den Naslöchern aus nach der Schnabellängsrichtung oder um sie herum weniger hart sein und sie kann besondere Schutzmittel für die Oeffnungen ausbilden. Am weitesten gegen die Stirne werden die Naslöcher bei den Pfefferfressern und den Nashornvögeln geschoben durch die starke Entwicklung des Schnabels im Ganzen oder des hornartigen Aufsatzes im Besonderen und in letzterem Falle in Relation zu dessen so verschiedener Grösse und Form, so dass endlich die Nasengänge nicht blos senkrecht zum Schlunde absteigen, sondern nur durchkommen können, indem sie sich zunächst nach vorn wenden.

Die äusseren Nasenöffnungen zeigen dem entsprechend bedeutende Verschiedenheiten der Gestalt. Bei Vögeln mit langen, feinen Schnäbeln, besonders den Watvögeln, sind sie meist schlitzförmig. Beim Flamingo bilden sie einen erheblich langen, von oben her überdeckten Spalt in der oberen horizontalen Schnabelhälfte. Bei den Reihern wird dieser Längsspalt sehr eng. Bei den Schwimmvögeln verkürzt und rundet sich die Oeffnung und indem sie weniger oder mehr hinaufrückt, dient sie mit bei Sonderung der mehr landliebenden Gänse von den Enten. In ähnlicher Verkürzung und Verlagerung an die Wurzel, zugleich aber mit nur linearer Weite findet sie sich bei den steganopodischen Schwimmvögeln. Pelikane und einige Arten von *Sula* scheinen unter diesen die äusseren Nasenlöcher im erwachsenen Stande gar nicht mehr geöffnet zu haben, so dass sie die Geruchsempfindung vom Schlunde aus durch die Choanen empfangen. Die Lücke in den Skelettheilen besteht jedoch auch dann, beim Pelikan beispielsweise in einer Weite von mehreren Linien; die Schnabelhaut und ihre Hornbildungen haben sie überwuchert. Besonders gut gerundet sind dagegen die äusseren Nasenöffnungen bei vielen Papageien.

Die spaltförmige Einengung mit schliesslich gänzlichem Schwunde erscheint nach ihrem Vorkommen als ein Mittel, das Eindringen des Wassers beim Fischfange abzuhalten. Gestalt, Anbringung und Ueberdeckung, welche in ähnlicher Weise geeignet sind, das Eintreten von anderen Körpern als von Luft zu verhüten, sind nicht wenig verbreitet, besonders bei Schwimmvögeln, Watvögeln, Scharrvögeln, welche die

Fig. 420.



Kopf von *Procellaria* (*Thalassidroma*) *pelagica* Linné von Ostende in natürlicher Grösse.
n. Medianes Nasenrohr.

Nahrung im Wasser, im Schlamm, in der Erde suchen, und stehen im Gegensatz zu dem vollkommenen Dienste weit geöffneter, unbedeckter und grade absteigender Nasengänge für die Athmung. Besonders auffällig sind in dieser Beziehung die röhrigen auf dem Schnabelrücken vereinigten Aufsätze auf den Naslöchern der Sturmvögel, zugleich geschmiert und gegen das Wasser mehr gesichert durch eine besonders stark entwickelte Nasendrüse. Bei *Fulmarus giganteus* Gmelin misst dieses Nasenrohr an zwei Zoll Länge. Gemindert und gesondert auf den Schnabelseiten angebracht bei den Albatrossen nähert sich diese Röhrenbildung der verschiedenen harten Nasenklappe oder Schuppe der Hühner; dieser steht wieder nahe die der Tauben. Häufig ist die Bedeckung der Naslöcher mit Federn, diese steif und grob bei Raben, sammtartig kurz geschoren bei Paradiesvögeln und Epimachiden, zart, kurz, gerundet, schuppenförmig anliegend bei Nectariniden und anderen. Borsten, das sind für die Barten verkümmerte Federn, umstehen, wie den Mundspalt, so auch die Nasenöffnungen vorzüglich bei solchen, welche fliegend Insekten jagen, vielen Fissirostres der älteren Eintheilung, Coccygomorphen und Macrochiren, auch bei den Muscipiden und beim Lämmergeier. Bei den Eulen werden die Naslöcher von dem Federkranz um die Augen mit bedeckt; auch die einiger Papageien stecken unter den kurzen Federn des Vorderkopfes.

Fig. 421.



Schnabel von *Thalassarche* (*Diomedea*) *melanophrys* Bonaparte in $\frac{3}{4}$ der natürlichen Grösse.
n. Unvollkommenes seitliches Nasenrohr.

Da die übrigen Strausse kurze Schnäbel haben, sind mit Ausnahme des *Apteryx* die Nasengänge der Vögel kurz, steigen unter einem starken Winkel mit der Schnabelrichtung abwärts zur Mundhöhle und sind durch die Muscheln sehr eingengt. Die sie trennende Nasenscheidewand in Verlängerung der Augenhöhlscheidewand des Siebbeins vom Pflugschaarbein und weiter vorwärts vom Knorpel gebildet, ist häufig unvollständig, bei Wasservögeln zuweilen in solchem Grade und in Verbindung mit den weichen Theilen, dass man von einem Nasenloche zum anderen durchsehen kann, *Nares perviae*. Von aussen und vorne werden die Nasengänge umgriffen und deren Boden gebildet durch die Zwischenkiefer; es schliessen sich an die Oberkiefer und den Schluss machen die Gaumenbeine. Das Dach bilden Nasenbeine, Thränenbeine, vordere Stirnbeine, auch kann sich der Vomer im Schädeldach zwischen den Nasenbeinen erheben. Zwischen den Nasenausgängen in die Mundhöhle kommt noch der vordere Keilbeinkörper in Fortsetzung des Vomer in Decke und Scheidewand in Betracht. Im Ganzen drängen sich die meist sehr grossen Augen in das Nasengebiet und beengen dasselbe. Der obere und hintere Raum der Nasengänge, rundlich ausgedehnt, wird von drei Muscheln eingenommen, deren untere, meist klein, dem Septum

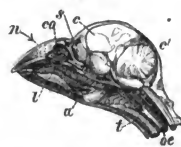
anhängt, die mittlere, überall die grösste, mit der Basis gegen den oberen Rand des Nasloches hinziehend, bis zu zwei und ein halb Windungen bilden kann, die oberste glockenförmig oder lappig in dem Scheitel des Gewölbes dem Praefrontale aufsitzt. Die Muscheln sind meist nur knorplig, bei den Tukans verknöchert. Die Schleimhaut wimpert. Die hinteren Ausgänge der Nasengänge fliessen zuweilen zusammen, so bei den mit sehr engen vorderen Zugängen versehenen oder dieser ganz entbehrenden Kormoranen und Sulen; meist sind sie getrennt. Sie sind gleich dem Aditus laryngis mit Papillen umstellt.

Die Athmungsorgane der Säugethiere sind überall ausgezeichnet durch die Anwesenheit eines vollkommenen Zwerchfells, die kompakte Gestalt der Lungen unter Abwesenheit nicht respirirender Anhänge an denselben, die hohe Vollendung des Systems bronchialer Verästelungen mit terminalen Bläschen, fast überall, nämlich mit Ausnahme der Cetaceen, dieses wenigstens nach Angabe von Hunter, Meckel und Mayer, durch vollständige Sonderung der einzelnen Bronchialgebiete von einander und durch die Vervollkommnung des oberen oder vorderen Kehlkopfs in Betreff der Stimmbänder zu einem bei den übrigen Wirbelthieren nicht erreichten Grade.

Die Lungen der Säugethiere beschränken sich auf den Brustkasten, welcher von den Brustwirbeln, den Rippen, dem Brustbein, hinterwärts von dem Zwerchfell begränzt und durch dieses von der Bauchhöhle gesondert wird; sie liegen im Verhältniss zum Herzen stets seitlich und dorsal, wobei die genauere Lage und die Ausdehnung durch die Rippen bestimmt wird. Wolben sich diese, wie bei Sirenen von der Wurzel zunächst aufwärts, so erheben sich die Lungen am meisten in dorsaler Lage; ist der Thorax seitlich comprimirt, das Brustbein schmal und der Winkel, in welchem die Rippen von zwei Seiten zusammenstossen, klein; so können sie nicht in der Weise der Bauchwand des Thorax zu den Seiten des Herzens anliegen, wie bei der breiten Brust des Menschen. Auch in Rassen und Individuen ist die Rippenwolbung maassgebend für die Lungenkapazität. Eine schräge Richtung des Zwerchfells gestattet eine grösseren Ausdehnung der Lungen längs der Wirbelsäule.

Die Lungen sind zunächst in eine rechte und eine linke Hälfte getheilt, von welchen wegen der schiefen Lage des Herzens die linke beschränkter und zuweilen erheblich kleiner ist. Wenn die Lungen der zwei Seiten weiter in Lappen getheilt sind und die Zahl dieser Lappen für die zwei Seiten un-

Fig. 422.



Durchschnitt des Kopfes vom Sperling, *Passer domesticus* Linné (*Pyrgita passer*), in natürlicher Grösse. n. Richtung des Nasenganges zur Trachea. co. Nasenhöhle mit der mittleren und oberen Muschel, geöffnet durch Wegnahme des Septum narium. s. Septum interorbitale. l. Zunge. a. Aditus laryngis. t. Trachea. oe. Speiseröhre. c. Grosshirn. c'. Kleinhirn.

gleich ist, so ist, seltene Ausnahmen abgerechnet, die grössere Zahl auf der rechten Seite. Eine solche weitere Theilung scheint proportional zu sein der Veränderlichkeit der Gestalt des Thorax in sich. Ganz oder fast ganz ermangeln ihrer die Cetaceen, das Walross, einige Fledermäuse, der Elephant, nach Cuvier das Nashorn und der Hyrax, die Einhufer, das gewöhnliche unter den zweifingrigen Faulthieren. Es sind das Säuger, bei welchen der Thorax in ungewöhnlichen Bewegungsweisen zum Angriffspunkt dient, im Schwimmen, Fliegen, Klettern, oder bei gewöhnlicheren Bewegungsformen mit einer anderen nützlichen Wirkung, also Unterstützung des schweren Kopfes u. a., durch eine besonders grosse Anzahl Rippen in sich befestigt, die Athembewegungen in einfachster Weise geschehen lässt und an der Stellung der Theile keine erheblichen Aenderungen erlaubt. Als das Erste von Theilung kann man es ansehen, wenn an der Basis der rechten Lunge ein nicht grosser, hinter der unteren Hohlvene her das Herz umgreifender, dreieckiger oder zungenförmiger Lobulus impar oder azygos abgegliedert wird, beim Elephanten durch einen Processus impar angedeutet, schon bei den Fledermäusen nicht ungewöhnlich, dem dreizehigen Faulthier im Gegensatz zu jenem zweizehigen zukommend, aber anderen, trotz anderer Theilung, auch wohl fehlend, so dem Menschen und den Seehunden, so dass sich dann zunächst zwei Lappen rechts und einer links finden. Das hat auch unter den den Faulthieren verwandten Ameisenfressern wenigstens *Myrmecophaga jubata* L.

Bei den Einhufern und dem Nashorn beginnt durch eine Kerbe an jeder Lunge die Sonderung einer oberen und unteren Abtheilung, und ich finde auch bei dem besonderen zweizehigen Faulthiere von Costarica, dem *Choloepus Hoffmanni* Peters oder einem diesem doch zunächst stehenden, rechterseits einen unvollkommeneren oberen Lappen. Der Lobulus impar kommt auch den Känguruhs, sowie den Kameelen und Llamas zu, bei welchen letzteren im Uebrigen die Lappenbildung unvollkommen und etwas unsicher ist, wenn auch rechts meist zwei Hauptlappen vorkommen. Bei den meisten vervollkommnet sich jene Zweitheilung und so sind, da meist der Lobulus impar vorhanden ist, zwei Lappen linkerseits und drei rechterseits häufig. Die Seehunde haben aber nur zwei jederseits. Eine weitere Theilung kann den vorderen Lappen treffen, falls allein links, wie bei den Tapiren, dann die Lappenzahl der zwei Seiten gleichstellend, viel öfter allein rechts mit dem Ergebnisse von vier zu zwei, so bei den Schweinen, den Wiederkäuern und den meisten Affen, während im Mangel des Lobulus impar der Mensch drei zu zwei hat, oder beiderseits, wie bei den meisten Raubthieren mit dem Ergebniss von vier zu drei. Es kann auch bei mehr als zwei Lappen rechts die linke Lunge ungetheilt bleiben. Das finde ich beim gemeinen Murmelthier. Namentlich einige Nager haben eine noch grössere Zahl durch tiefe Theilung der vorderen oder hinteren Lappen, namentlich vollkommen

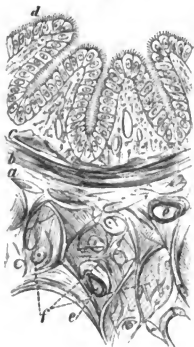
am vordern, so das Viskacha, *Lagostomus trichodactylus* Brookes, und das gemeine Stachelschwein, bei welchen man gewöhnlich rechts fünf bis sechs und links vier bis fünf Lappen, diese aber besonders beim Stachelschwein bis in geringere Tiefe weiter in eine sehr grosse Zahl kleiner Lappchen zerschlitzt findet. Die individuellen Verschiedenheiten für die Lappenbildung sind überall bedeutend. Ich finde z. B. bei Hyrax, für welchen auch Meckel der Angabe Cuvier's nicht beistimmte, jede Lunge deutlich zweilappig und ausserdem rechts den Lobulus impar. Meckel fand vier Lappen rechts und zwei links. Lappenbildung ist immer ein Verlust an athmender Fläche und Athmungsenergie, aber ein Vortheil für gesonderte Benutzung der Theile in eingekrümmten und eingerollten Stellungen und bei theilweisen Erkrankungen.

Was den Bau der Lungen betrifft, so geschieht die Versorgung der beiden Hauptabtheilungen mit Luftwegen in Gabelung der Trachea. Bei den Wiederkäuern jedoch, den Schweinen, den Zahnwalen und einem Theile der Bartenwale erhält der vordere Lappen der rechten Lunge seinen Bronchialast nicht als einen Abkömmling vom rechten Hauptstamme, sondern direkt von der Luftröhre, dieses beim Rinde 5—6 cm. vor der Gabelung, und es haben diesen besonderen Ast auch Llamas und Kamele, trotz der unvollkommenen Lungenlappenbildung, nur rückt derselbe der Hauptgabelung sehr nahe. Pferde und Esel haben ihn nicht, aber ich finde ihn doch bei *Hippotigris Burchelli* Fischer des Heidelberger Museums, falls hier nicht ein Fehler in der Bezeichnung des Präparates untergelaufen ist.

Die Anordnung der Bronchien ist baumförmig, geschieht jedoch, nachdem in den gröberen Aesten eine dichotomische Theilung, beim Menschen bis zu etwa 4 mm. Weite stattgefunden hat, nach F. E. Schulze weiter unter allmählicher Verengerung der so gebildeten Kanäle in spiraliger Folge unter spitzem Winkel abgehender Seitenäste und deren nächster Zweige, zuletzt in rechtwinkliger Dichotomie, im Ganzen durch die rechtwinklige Stellung der Ebenen zu einander zickzackförmig und mit Weite der Endästchen von 0,1—0,2 mm. Nur bis zu einer Weite von 1,5—1 mm., sei dies bei Grösseren bestimmt durch die in der Lunge bereits zurückgelegte Bahn, sei es durch die geringe Grösse des Thieres, gehen in diesen Bronchialverzweigungen die Knorpel, so dass sie bei den kleinsten innerhalb der Lunge ganz fehlen können, immer aber, bevor sie schwinden, die Form der Ringe oder Halbringe gegen die von Plättchen, Spangen oder Scheibchen vertauschen. Die Knorpel sind eingebettet in die äussere, mit elastischen Netzen untermischte Bindegewebs- oder Faserschicht. Nach Innen folgt eine Lage glatter Muskelfasern in cirkulärer Anordnung, dann die auf Grund wechselnder Einlagerung elastischer Bündel mit leistenartigen, längslaufenden, auf dem Durchschnitt als Papillen erscheinenden Erhebungen in das Lumen vorspringende innere Faserhaut, endlich das mit Körnchenzellen,

Becherzellen Schulze's, untermischte Flimmerepithel. Von diesem Epithel aus treten, soweit die Knorpel reichen, unter Eingehen der Wimpern,

Fig. 423.



Stück eines Durchschnittes von einem 0,4 mm. dicken Bronchialzweige des Schweines, 240mal vergrössert nach F. E. Schulze. a. Aeusserer Faserschicht. b. Muskelschicht. c. Innere Faserschicht. d. Wimperepithel. e. e. Gefässdurchschnitte. f. f. Alveolenräume der Umgebung.

Fig. 424.



Injiziertes Alveolensystem aus dem Lungenrande einer Meerkatze in 10maliger Vergrösserung nach F. E. Schulze. a. Bronchialendzweig. b. b. Alveolengänge. c. c. Infundibula.

traubige Schleimdrüsen in die Wandung, diese dort von besonderer Grösse, wo die Lücken der Knorpel ein tieferes Eindringen gestatten. In den feineren Zweigen schwächt sich die äussere Faserschicht zu längs gerichteten Zügen ab, die Muskelschicht löst sich in durch Spalten getrennte Ringfasern, endlich nur mit einer einzigen Zellschicht. Die Längsfalten der inneren Faserschicht verlieren sich erst am Uebergange der feinsten Bronchialzweige in die Alveolengänge zugleich mit dem Flimmerepithel und den Becherzellen.

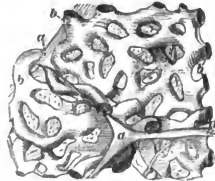
Von den luftführenden Bahnen wird unterschieden das athmende, alveoläre eigentliche Lungengewebe, in einer Weise, welche vorzüglich Addison, Rossignol, Adriani und Rainey klar gemacht haben. Dasselbe baut sich auf in Verästelung der aus direkter Fortsetzung der feinsten Bronchialzweige hervorgehenden Alveolengänge. Es findet auch hier eine mehrfache Theilung unter spitzen Winkeln statt, bis endlich die Gänge in erweiterten Blindsäcken, den Trichtern, Infundibula, enden. Aber die Wände des Alveolensystems haben nicht das Ansehen derer der Bronchien. Sie sind sowohl in den Gängen als den Enderweiterungen wabenartig eingetieft. Solcher Vertiefungen zu den den Namen dieses Theiles der Lunge bestimmenden Alveolen kommen auf den Querschnitt meist etwa vier bis acht, zuweilen mehr. Ihre Weite richtet sich bedeutend nach der Grösse der Säugethiere, aber doch nicht allein nach derselben, sie schwankt von 0,2—0,3 mm., ist besonders bedeutend bei den Känguruhs und den Sirenen und nimmt mit dem Alter in Abflachung der Austiefung zu. Der Eingang der Alveolen ist verengt. Die Grundlage derselben bildet eine vereinfachte, stellenweise faserige, namentlich in den Hauptgängen und in ganz besonderem Reichthum bei den Walen mit elastischem Gewebe durchsetzte Bindegewebslage, welche sich in den Scheidewänden und zur Umrahmung der Eingänge erhebt.

Nur in den stärkst vorspringenden Scheidewänden der Hauptgänge findet man noch glatte Muskelfasern. Als innere Auskleidung findet man bei jungen Thieren ein gleichmässiges Lager polygonaler Pflasterepithelien, welche später in Verschmelzung zu grösseren Platten namentlich auf den vorgewölbten Kapillarwänden undeutlich werden.

Alveolen desselben Infundibulum können die Gränzwand gemeinsam haben. Zwischen die Gruppen verschiedener Trichter tritt Bindegewebe, sie sondernd und doch zusammenhaltend. Durch solches werden auch die Systeme mehrerer benachbarter Alveolengänge inniger verknüpft und können dann als Lungenläppchen, Lobuli, von polyedrischer Abgränzung und gewölbt, auf der Oberfläche der Lungen erkannt werden. In dem interstitiellen Gewebe vertheilen sich die Zweige der Pulmonalarterië mit einem Kapillarnetz, dessen Röhrchen an den Alveolen, mit einem Theile ihrer Wand in dieselben vorragend, ein äusserst enges Maschenwerk bilden, beim Menschen nur mit einer Weite von 0,002—0,01 mm., bei einer Gefässstärke von 0,003—0,008 mm. Die auf einer Seite an eine Alveolengruppe tretenden Zweiglein werden, nachdem sie die für die Wandungen zusammenhängenden Alveolen mit einem zusammenhängenden Netze umspült haben, auf der anderen Seite in ein Lungenvenenästchen gesammelt.

Die Gewebslagen der Bronchien setzen sich unter Erhaltung der Wimperzellen, der Muskelschicht, der traubigen Drüsen in die Luftröhre fort. Diese hat mit alleiniger Ausnahme der dreizehigen Faulthiere nur eine der graden Bahn entsprechende Länge. Bei *Bradypus* bildet sie dagegen vor der Theilung eine Schlinge. Ich messe diese bei einem noch lange nicht ausgewachsenen Thier mit etwa $1\frac{1}{2}$ “ Länge. Auch der linke Bronchus ist gekrümmt. Diese Schlinge kommt zur Verwendung bei Biegung des Halses nach hinten und Umwendung des Gesichtes in den Nacken, welche Bewegungen durch die vergrösserte Zahl der Halswirbel und die starken Lücken zwischen den dorsalen Bogen weit ausgiebiger sind als bei irgend einem anderen Säuger, die Beobachter sehr überrascht haben und dem Thiere im Aufsuchen der Baumblätter mit dem Munde zu Statten kommen. *Choloepus*, bei welchem die Halswirbelanzahl eher verringert und die dorsalen Bogen breiter sind, hat gar nichts davon, vielmehr eine recht kurze Trachea. Sein überaus rippenreicher Thorax beweist, dass es für ihn die Arme sind, welche jene Speisefuhr zu besorgen haben. Die Differenz der Tracheen charakterisirt das ganze Leben dieser zwei Faulthiergruppen. Bei einem Gürtelthiere,

Fig. 425.



Ein Stückchen des Kapillarnetzes aus drei Alveolen der menschlichen Lunge, etwa 500mal vergrössert nach F. E. Schulze. a. Alveolensepten. b. Gefässe.

Euphractes setosus Wied, wird in mehr als der Hälfte der Luftröhre aussen durch eine tiefe vordere Rinne eine Längstheilung angedeutet. Bei *Pedetes caffer* Pallas fand Otto eine Längsscheidewand, welche nach Owen etwas unter dem Kehlkopf beginnt. Indem die Luftröhre sich vor den ersten Rückenwirbeln in die Bronchien theilt und zumeist der Halslänge entspricht, zeichnet sie sich durch eine ausserordentliche Kürze bei den Walen aus, deren Halswirbel in theilweiser Verschmelzung verkümmern. Indem sie bei denselben zugleich fast halb so weit ist als lang, verbindet sich mit demjenigen Nutzen, welchen die Halskürze in Herstellung eines der hinten treibenden Kraft des Schwanzes gut folgenden, wenig formveränderlichen Vordertheiles gewährt, der einer kurzen und bequemen Luftbahn für das durch die Lebensverhältnisse im Uebrigen erschwerte Athemgeschäft. Das gilt auch für die Sirenen. Bei einer *Rhytina* von fünfundzwanzig Fuss Länge mass sie nach Steller nur vier Zoll. Bei tauchenden, grabenden, auf den Füßen niedrigen Thieren, Biber, Murmelthier, Fischotter, ist auch sonst die Luftröhre breit, weit im Verhältniss zur Länge auch beim Orang-utang. Die Zahl der Ringe steigt weniger stark als die Länge der Trachea mit der Halslänge, die Ringe werden zugleich in der Regel höher oder entfernen sich weiter von einander. Die geringste Ringzahl ist wohl sieben bei einem Theile der Cetaceen. Davon kommen beim Dugong nur drei auf den Theil vor dem Abgang des besonderen rechten Bronchus. Die Ringe der Cetaceen haben dabei eine sehr geringe Höhe und verschmelzen bei Unregelmässigkeiten der Form mehr oder weniger an der dorsalen Wand. Bei anderen Cetaceen steigt die Zahl etwas, beim Narwal auf 13. Es folgen kurzhalssige Thiere in mancherlei Ordnungen, Monotremen, Edentaten, Fledermäuse und andere Insektenfresser, Nager, Quadrumanen, der Mensch, so *Ornithorhynchus* mit 15 und *Echidna* mit 22; *Dasybus* nach Meckel mit 15, *Myrmedon didactylus* L. bei nur $\frac{1}{2}$ Zoll Länge mit 22, aber *Euphractes setosus* Wied mit 26, *Choloepus Hoffmanni* P. mit 28—30, *Manis* mit 30—35, *Bradypus gar* mit 80; *Vespertilio* mit 20, der Igel mit 18, der Mullwurf mit 30; Hamster und Ratte mit 20, *Hydromys leucogaster* Gould mit kaum mehr, Biber und Eichhorn mit 25, Murmelthier mit 30; *Stenops* mit 23—24, *Chiromys* mit 26, Lemur mit 30; Orang mit 15, Mensch mit 17—20, Chimpanse mit 19, während die Affen meist gegen 30, die Krallenaffen 40 haben. Auch die Beutler haben zum Theil unter 30, zum Theil wenig mehr, *Macropus major* Shaw 39. Hufthiere und Raubthiere beginnen ungefähr mit jener Zahl, bei jenen Pekari mit 28, Elephant mit 30, Nashorn mit 30; bei diesen Bär mit 30—32, Nasenbär und Waschbär mit 35, Dachs mit 45. Es erheben sich die Nager in der Mehrzahl der Hufnager auf 40, im Stachelschwein auf 44, in *Hydrochoeres* und dem Hasen auf 50, die Raubthiere in den Hunden auf 42—46, den Arten der Katzen auf 38—50, den Ichneumon auf 50, den Hyänen auf 45—53, den

Ottern auf 60, den Viverren, Mardern und Seehunden auf 70. Bei letzteren entspricht jedoch die Länge der Luftröhre nicht dieser grossen Zahl. Unter den Hufthieren schliessen sich zunächst an das Schwein mit 32—34 Ringen und der Tapir mit 34. Es folgen das Moschusreh und der Hyrax mit 50, die Pferde mit 48—56, das Rind mit 48—55, der Hirsch mit 60, Antilopen mit 70, das Llama mit 80, die Giraffe mit 90, das Kamel mit 110, wo dann bei einem alten Dromedarhengste die festen Ringe bis zu 2 und $2\frac{1}{2}$ cm. messen und die ganze Luftröhre mehr als ein Meter lang ist. Die Bronchialhauptstämme sind bei den Walen mit längerer Trachea, wie Monodon, ebenso lang als diese; bei anderen bis dreimal so lang und selbst mit mehr Ringen versehen; bei Ornithorhynchus und Gürtelthieren messen sie die Hälfte, bei Myopotamus und bei Myrmedon ein Drittel, bei Myrmecophaga jubata Linné ein Fünftel, beim Moschusreh ein Sechstel, bei der Gemse ein Siebtel, beim Hirsch ein Neuntel, bei Bradypus ein Fünfzehntel, beim Llama ein Zwanzigstel. Da Breite der Brust im Allgemeinen sich umgekehrt proportional der Länge des Halses verhält, steigt die Länge der Bronchien keineswegs mit der der Trachea, eher umgekehrt. Der linke Bronchus ist meist länger, entsprechend der Lagerung der zu überbrückenden Speiseröhre mehr links hinter der Trachea und der geringeren Ausdehnung der linken Lunge, der letzteren entsprechend auch enger.

Eine Erweiterung der Luftröhre im Verlaufe fand Meckel beim Stachelschwein im dritten Viertel, am stärksten bei einem alten Männchen, schwächer bei einem Weibchen, bei anderen nicht. Auch ich finde bei einem alten Männchen eine sehr deutliche lokale Erweiterung der ohnehin weiten Trachea. Weiter vorn, hinter dem dritten Ringe, ist die Luftröhre des Murmelthieres etwas erweitert. Ferner finde ich bei einem männlichen Mandrilla mormon Cuvier vom dritten bis neunten Ringe eine Erweiterung mit Abplattung, welche dadurch zu Stande kommt, dass die dorsal die Ringe trennende Membran eiförmig verbreitert ist. Die Seitenansicht (Fig. 431, p. 392) lässt diese Verbreiterung der Membran erkennen, aber nicht den Effekt in Ausweitung der Ringe.

Die Knorpelringe der Trachea zeigen nach verschiedenen Richtungen hin ein mannigfaltiges Verhalten. Sie können durch häutige Interstitionen von ähnlicher oder grösserer Breite, als sie selbst haben, von einander gesondert sein oder einander dicht anliegen. Doch kommen bei nicht ferner Verwandtschaft grosse Verschiedenheiten vor. Bei Cercopithecus cynosurus Geoffroy finde ich sie z. B. vollkommen um die eigene Breite oder Höhe getrennt, bei C. mona Erxleben um nicht viel mehr als Haaresbreite, bei Myrmedon didactylus Linné sind sie weit getrennt, bei Bradypus sehr dicht gestellt. Bei den Nagern stehen sie im Allgemeinen fern, doch finde ich sie entgegen Meckel dicht beim Biber und beispielsweise bei Sciurus capistriatus Bosc; bei den Hufthieren drängen sie sich hart an aneinander,

mit stärkerer Entwicklung des dorsalen Theils beim Kamel. Unter den Raubthieren zeichnen sich die Hyänen durch den dichten Stand aus, auch die Ottern. Es scheint, dass es verschiedene Bedingungen sind, welchen die damit gegebene Befestigung des Luftweges gerecht wird, das Bedürfniss rascher Athmung bei schwimmenden, die Resistenz der Trachea gegen Knochen und grosse Bissen in der Speiseröhre, auch im Wiederkaugeschäfte, Energie der Stimme. Es sind die Hartgebilde der Luftröhre mit dem zunehmenden Alter und im männlichen Geschlecht, wie histologisch in sich mehr befestigt, so auch mehr ausgedehnt. Die Interstitien können modificirt sein dadurch, dass Ringe theilweise gespalten und durchbrochen, theilweise verwachsen, dass unvollkommene eingeschoben und dass sie, besonders beim Pekari, übergreifend verschränkt sein können. In der Regel sind die Ringe an der Rückwand unterbrochen, so dass diese nur häutig ist. Diese hintere Unterbrechung fehlt den Cetaceen, den Makis, dem Aguti und dem Biber, der *Phalangista fuliginosa* Ogilby für die vierundzwanzig vorderen der neunundzwanzig vorhandenen Ringe, dem *Galeopithecus*, dem *Pteropus* und den Seehunden nur für wenige vordere. Die relative Breite der dorsalen Lücke ist ferner ungleich. Sie ist fast verschwindend oder nach Owen ganz fehlend beim Schnabelthier, ebenso fast mangelnd beim dreizehigen Faulthier, unter den Nagern beim Stachelschwein und dem *Viscacha*, sehr klein bei den meisten Wiederkäuern, unter denen dazu bei einigen, so den Kamelen, Ausbreitungen der Knorpel an den freien Enden sie wechselnd von der einen und anderen Seite her überdecken. Das haben am hinteren Ende der Luftröhre auch die Einhufer. Dagegen ist die Membran unter den Wiederkäuern sehr breit beim Yack, *Poëphagus grunniens* L. Unter den Raubthieren giebt für die Hyäne, wahrscheinlich *H. striata* Zimmermann, Meckel ihre Breite mit $\frac{1}{12}$ des Umfangs an, ich finde sie bei *H. crocuta* Z. mit mehr als $\frac{1}{6}$. Beim Tapir misst sie $\frac{1}{10}$, bei den Affen, unter hufeisenförmiger Gestalt der Ringe, etwa $\frac{1}{3}$, bei Myrmedon mehr als die Hälfte. Diese Breite kann im Verlaufe der Trachea sich verändern. Auch an der vorderen Fläche können die Trachealknorpel gespalten sein; sie sind es am ausgedehntesten von den vorderen ab bei den Bartenwalen, in geringerer Erstreckung bei den Zahnwalen, besonders dem Narwal, an den drei ersten beim Pekari mit einer hinten zugespitzten Lücke, nach Henle an dem ersten beim Löwen, aber nach Stannius' und nach meinen eigenen Beobachtungen erscheint das als ein Ausnahmefall.

Wenn die Luftröhre komplette Ringe hat, können diese sich, so bei den Makis und dem Schnabelthier, in die Bronchien fortsetzen. Es können selbst die bronchialen Ringe vollständiger sein als die trachealen; so haben Hasen jederseits 8—9 vollständige Bronchialringe. Bei den Cetaceen, am besten bei den Sirenen, entwickelt sich aus den unregelmässig verbundenen und gespaltenen dicken Knorpelplatten der Trachea in den Bronchien ein

spiralig zusammenhängender Streifen und setzt sich, wie Steller bei der nach der Entdeckung sehr bald ausgetrotteten *Rhytina* entdeckte, auch in die Lungen fort, beim Dugong nach Owen auch in den Aesten bis zu 1—2“ Durchmesser. Eine Einstreuung kleinerer Knorpelkerne zwischen auf einander folgende Ringe und zwischen deren offene Enden kommt, wie beim Menschen, so bei anderen Säugethieren vor.

Durch die Einlagerung der Knorpelringe gliedert sich die bindegewebige Grundlage der Luftröhre und bildet zwischen den auf einander folgenden die an elastischen Fasern reichen Zwischenknorpelbänder, *Ligamenta interannularia*, und zwischen den dorsalen Enden das Querband, *Membrana transversa*. Die nicht quergestreifte Muskelschicht tritt am stärksten, beim Menschen mit bis mehr als 1 mm., bei Pferden bis zu 2 mm. Dicke, zwischen Schleimhaut und Querband auf. Wenn die Ringe übereinander greifen, setzt sie sich auch auf deren Aussenwand an. Aussen auf dieser transversalen Lage findet man bei Hunden und Katzen noch eine longitudinale und beim Pferde eine solche unter der Schleimhaut an der ventralen Wand, zuweilen auch einen äusseren Luftröhrenlängsmuskel an den Seitenwänden über eine Anzahl vorderer Ringe erstreckt.

Die hyaline Knorpelsubstanz der Trachea und der Bronchien kann verkalken und verknöchern, wengleich nie in so vollständigem, dichtem Anschlusse der Stücke wie das bei Vögeln möglich ist. Es ist zur Herstellung wirklicher Knochensubstanz nicht grade nöthig, dass es sich um eine Species von bedeutender Körpergrösse handle. Merkwürdig, aber in ersichtlicher Beziehung zu dem Athemgeschäft unter schwierigen Umständen ist, dass bei knorpeliger Beschaffenheit der Ringe in Luftröhre und Bronchialanfängen die Bronchialringe innerhalb des Lungenkörpers bei *Ornithorhynchus* und nach Barclay beim Weisswal, Beluga, wahrscheinlich in höherem Alter, vollständig knöchern sind. Vollkommen verknöchert und unter einander verwachsen fand Meckel die zuerst von Daubenton beschriebenen paukenähnlichen, bis zur doppelten Weite der Trachea erweiterten Bronchialwurzeln des Vari, *Varecia varia* Geoffroy (*Lemur macaco auroreum* non Linné), welcher Halbaffe nach Pollen eine ungemein starke Stimme und ein an das des Löwen erinnerndes Grunzen hat, während der Fortgang in den Lungen alsbald der Knorpeln gänzlich entbehrt.

Der vordere Theil der Luftröhre ist bei den Säugern in einer in den Hauptpunkten, nämlich in der Anwesenheit eines Schildknorpels, eines Ringknorpels und zweier Giessbeckenknorpel, gleichartigen, für das Einzelne an diesen Stücken und das über sie hinausgehende verschiedenartigen Weise in einen oberen Kehlkopf umgewandelt.

Der Schildknorpel, *Cart. thyreoidea*, ist stets dorsal geöffnet; an den dadurch freien Rändern verbreitert er sich rasch und bildet dadurch sogenannte vordere und hintere Hörner. Man könnte manchmal seine

Hälften einem Schieferdeckerhammer vergleichen, doch sind die Verhältnisse in Ausdehnung des Körpers und der Hörner und die Art der Absetzung

Fig. 426.



Zungenbein und Kehlkopf einer alten männlichen Ulmer Dogge in halber natürlicher Grösse.

c. c. Vordere Hörner des Zungenbeins. h. Körper desselben. c'. Hintere Hörner desselben. th. Schildknorpel. a. Dessen vordere, p. dessen hintere Hörner. cr. Ringknorpel. Die weisseren Stellen der Schildknorpel sind verkalkt.

Fig. 427.



Kehlkopf von *Hyaena crocuta* Zimmermann in $\frac{1}{3}$ der natürlichen Grösse von der Bauchseite. e. Kehldeckel. th. Schildknorpel. c. Ringknorpel. f. Häutiges Fenster. t. Anfang der Luftröhre. ca. Vorderes, cp. hinteres Horn des Schildknorpels.

und die Hörner gewährt dieser Knorpel in gewissen Formen, hinterwärts in Relation zu der der nachfolgenden Cart. cricoidea, und vorwärts zum

dieser sehr ungleich. Da das vordere Horn sich mit den hinteren Hörnern des Zungenbeins, das hintere mit der Aussenwand des Ringknorpels verbindet, bedingt die Länge dieser Hörner zum Theil die Verstellbarkeit dieser drei einander folgenden Bogensysteme gegen einander. Wolff sah beim Löwen die oberen Hörner als abgegliederte Knorpel. Sie treten bei *Didelphis* sehr zurück, verlieren bei Affen mit Kehlblasen die Verbindung mit den Zungenbeinhörnern und verschwinden beim Schwein und den echten Cetaceen. In der Regel in einer der der hinteren diagonal entgegengesetzten Richtung nach vorne verlaufend, halten sie sich beim Kamel dicht am vorderen Rande des Schildknorpels und diesem parallel, während die hinteren grade in der Fortsetzung des hinteren, nicht des dorsalen Randes dieses Knorpels abgehen. Die hinteren Hörner verkümmern beim Luchse und beim Elen; bei *Phocaena* bilden sie fast allein den Knorpel. Der Schildknorpel ist häufig in der ventralen Linie abgeschwächt, durch allmähliche Verschmälerung nach vorn, z. B. bei *Hyaena crocuta* Zimmermann, durch Einkerbung von hinten, z. B. beim Hunde und tiefer bei den Bären und *Hyaena brunnea* Thunberg, durch Einkerbung von vorn bei den Affen mit Kehlblasen, dies sehr tief beim Mandrill, durch eine Minderung der Solidität in einer häutigen oder bei Verknöcherung knorpeligen Naht, z. B. bei *Cercopithecus cynosurus* Geoffroy. Er zerfällt in zwei seitliche, ganz locker verbundene Hälften bei den Zahnwalen, während bei den Bartenwalen und den pflanzenfressenden entweder eine Knorpelbrücke oder doch mindestens eine feste, fibröse Verbindung bleibt. Bei *Ornithorhynchus* stossen die den oberen Hörnern entsprechenden knöchernen Platten über dem Schlundkopf zusammen. Durch die gedachten Ausschnitte

Zungenbein, die Möglichkeit, dass ventral grössere, das gewöhnliche Bedürfniss der Beweglichkeit überschreitende, häutige Zwischenräume, spannbare Membranen oder ausgestülpte Säcke liegen und vom Luftstrom und von der Stellung der festen Theile beeinflusst werden. Die primäre Zusammensetzung des Schildknorpels aus mehreren Laryngealringen bleibt meist gar nicht erkennbar, nicht ganz selten jedoch durch ein Paar Gefässlöcher. Beim Drill, *Mandrilla leucophaeus* Desmarest, und Mandrill, *Mandrilla mormon* Illiger, finde ich jederseits im verknöcherten Schildknorpel ein häutiges Fenster und bei *Cercop. cynosurus* Geoffroy ein kleineres derartiges durch einen Knorpelstreif in Verbindung mit dem medianen spaltartigen Streifen, so eine Art Zerfall des Knorpels in vier Stücke. Die Verkalkungen im Schildknorpel der *Hyaena crocuta* treten so auf, als verschulde ein Defekt an einem zweiten beteiligten Laryngealringe die beschriebene ventrale Ausbuchtung des Schildknorpels.

Der Ringknorpel, *Cart. cricoidea*, ist immer dorsal geschlossen, aber bei den echten Walen nicht scharf von der nachfolgenden, aus dorsaler Verbindung von Luftröhrenringen entstehenden Knorpelplatte geschieden. Er ist ventral gespalten und sehr niedrig bei den echten Walen, auch durch eine schmale Spalte fast ganz getheilt bei den Fischottern und den Bären, aber bei den Seehunden und bei den Sirenen wie bei den übrigen Säugern geschlossen. Er übertrifft bei den Seehunden und etwa den Kamelen den Schildknorpel an Grösse, erreicht ihn fast beim Hyrax, bleibt meist hinter ihm erheblich zurück, ist sehr klein beim Schweine. Er wird vom Schildknorpel theilweise umfasst und erhebt sich an der dorsalen Wand meist bis zur doppelten und dreifachen Höhe der Vorderwand, so die dorsale Schildknorpellücke mehr oder weniger ausfüllend und die Gestalt eines Siegelringes erlangend. Durch die Grösse, gestreckte Gestalt, starke Entwicklung der dorsalen Leiste für die *Musc. cricoarytaenoidei posteriores* und starkes Vorspringen der Gelenkfortsätze für die *Giesskannenknorpel* erhält er beim Dromedar eine grosse äussere Aehnlichkeit mit einem Wirbel.

Auf der vorderen, beim Menschen oberen Kante des dorsalen Abschnittes des Ringknorpels sitzen stets abgesondert die *Giesskannenknorpel*, im Allgemeinen von dreiseitiger oder hakiger

Fig. 428.



Kehlkopf eines Dromedarhengates von der Rückenseite in $\frac{1}{5}$ der natürlichen Grösse mit den Muskeln getrocknet. e. Kehldackel. v. Mittlerer Stimmack. a. Giesskannenknorpel. th. Schildknorpel. c'. Dessen vorderes, c'', dessen hinteres Horn. c. Hintere Kante des Schildknorpels. t. Die ersten sich deckenden Trachealknorpel. ta. *Musculus thyreoarytaenoidus*. at. *M. arytaenoidus transversus*. ca. Die Dorsalwand des Ringknorpels bedeckende *Musculi cricoarytaenoidei postici*. ct. *M. cricothyreoideus externus*. ci. *M. cricothyreoideus internus*. Die *Musculi cricoarytaenoidei laterales* sind von den Wurzeln der *Giesskannenknorpel* verdeckt.

Gestalt, auch wohl mehr länglich vierseitig, in der Haltung veränderlich gegen den Ringknorpel und gegeneinander, aussen eher konkav, relativ besonders gross bei echten Walen, beim Ornithorhynchus, entsprechend deren grossem Kehldeckel, bei den Rindern, den Einhufnern, dem Biber, dem Stachelschwein, den Seehunden, Bären, klein bei den Beutlern, den Edentaten und den Dickhäutern. Das Gelenk für den Ringknorpel wird am äusseren basalen Winkel gebildet. Die hakige Spitze, Processus corniculatus, wendet sich gegen die Rückenseite und bildet mit der der anderen Seite und überdeckt von der Schleimhaut eine Halbrinne, welche, bei Rindern und Pferden stark ausgeprägt, weniger deutlich beim Menschen, den Namen der Knorpel bedingt hat. Diese Spitze gliedert sich theils nur bei Embryonen, so bei Cetaceen, theils in rudimentärer Ausbildung, so beim Schweine, theils deutlich und dauernd, zwar in dichter Anlage bei Lemuren, aber in vollkommener Trennung bei Raubthieren, Menschen, Affen, ausgenommen die Brüllaffen, bei welchen alle hier liegenden Knorpel verschmelzen, als besonderer Knorpel, Cart. Santoriniana, ab. Die seitliche Einsenkung, welche zwischen den hohen Spitzen der Giesskannenknorpel und der vorderen Spitze des Schildknorpels bleibt, giebt Gelegenheit zur Spannung des Ligamentum ary-epiglotticum. In diesem kann ebenfalls ein vom Giesskannenknorpel gesonderter Knorpel, Cart. Wrisbergiana oder cuneiformis, liegen, besonders bei Raubthieren und Affen, bei den Krallenaffen so hoch als jene Hauptknorpel selbst und mit ihnen ein bei der pfeifenden Stimme wichtiges Röhrchen bildend, und kommt das zuweilen auch beim Menschen vor. Weiter mögliche, kleine von Brandt entdeckte Knorpelkerne haben, wenn zwischen Giesskannenknorpel und Ringknorpel in das Gelenk eingeschoben, den Namen der Cartilagine interarticulares, besonders gross bei einigen Raubthieren und dem Igel, wenn dorsal den beiden Giesskannenknorpeln anliegend, auch unter einander verwachsend, den der C. sesamoidea. Die aus Verschmelzung der verschiedenen Knorpel bei Brüllaffen entstehende Masse erreicht vorn den Kehldeckel.

Auf der ventralen Seite verbindet sich dem Vorderrande des Schildknorpels in der Regel in deutlicher Absetzung und guter knorpeliger Grundlage der Kehldeckel, Epiglottis, ersetzt durch gelblichweisses Fasergewebe bei den Sirenen, kontinuierlich mit dem Schildknorpel in geringerer Längsentwicklung bei den Bartenwalen, in bedeutenderer bei den Zahnwalen.

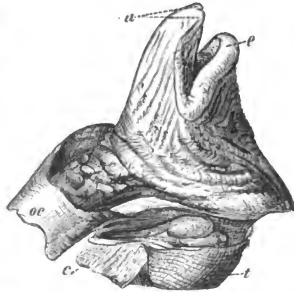
Der in den zusammensetzenden Stücken mehr bewegliche Aufsatz, welchen Giesskannenknorpel, Kehldeckel, etwaige accessorische Knorpel und die weichen Theile vor dem festeren Rohrstück mit dem Schildknorpel als ventralem und dem Ringknorpel als dorsalem Elemente bilden, hat bei den Zahnwalen eine überwiegende Bedeutung und besondere kegelförmige Gestalt, durch welche er sich in den vertikal absteigenden Nasengang einzupassen im Stande ist und zugleich einen vortrefflichen Verschluss des Aditus liefert.

Im Uebrigen ist die Form des Kehldeckels ungleich; er ist bald gross und breit, ähnlich dem des Menschen spatelförmig, auch, besonders bei Beutlern und Krallenaffen, am freien Rande ausgerandet, bald, bei den Wiederkäuern und Einhufern, mehr dreieckig zugespitzt. Der Kehldeckel passt in diesen verschiedenen Formen sich dem Aditus namentlich in Beziehung auf die Haltung der Giesskannenknorpel an.

Theilweise Verkalkung der hyalinen Knorpelsubstanz am Schildknorpel und Ringknorpel ist bei älteren Thieren nicht selten, viel seltener wirkliche Verknöcherung, doch theilweise bei *Ornithorhynchus*, sehr ausgezeichnet unter den Edentaten, nicht allein, wie Meckel berichtet, bei *Myrmedon*, sondern auch bei *Myrmecophaga jubata* Linné, und zwar nicht blos, wie Owen berich-

tet, für den Schildknorpel, sondern bei dem Exemplar, welches ich aufgestellt habe, ebenso gut am Ringknorpel. Das Riesengürtelthier, *Prionodontes gigas* Cuvier, in einem alten Männchen, hat ebenso einen vortrefflich verknöcherten Schildknorpel und da dieser, abgesehen die Verkümmern der hinteren Hörner, dem jenes grossen Ameisenfressers äusserst ähnlich ist, so dürfte wohl auch der an dem vorliegenden Exemplar mangelnde Ringknorpel verknöchert gewesen sein. Gute Verknöcherung finde ich auch beim Dromedar und beim Viskacha, bei einem sehr alten *Tapirus bicolor* Wagler für einen Theil des Ringknorpels und die hinteren Hörner des Schildknorpels, bei einem alten *Axishirschbock* schildförmig in der Mitte des Körpers des Schildknorpels und an dessen sämtlichen Hörnern. Die Dienste dieser Verknöcherungen werden für einige der gedachten Thiere, welche eine sehr unbedeutende Stimme, aber einen sehr energischen Gebrauch der Zunge haben, in Ergänzung des Zungenbeins in fester Stütze für die Zungenmuskulatur gesucht werden dürfen. Beim Riesengürtelthier legt sich der dreispitzig schildförmige, etwas an den der Paviane erinnernde Zungenbeinkörper dicht an den Schildknorpel. Wenn man jedoch das Viskacha mit seinen gewaltigen accessorischen Apparaten, Kamel und Hirsch mit den kräftigen Stimmbändern und der lauten Stimme in's Auge fasst und hinzu nimmt, dass bei der Umwandlung des Zungenbeins bei den Brüllaffen ebenfalls die Kehlknochen verknöchern, dann darf man nicht zweifeln, dass die

Fig. 429.



Kehlkopf von *Rhinodelphis delphis* Linné von Palma de Mallorca in natürlicher Grösse.
a. Cartilagine arytaenoidae. e. Epiglottis. t. C. thyreoidea. c. C. cricoidea. oe. Speiseröhre.

Verknöcherung in diesen Fällen der Stimmbildung dient, indem sie, sei es den Stimmbändern, sei es den accessorischen Apparaten eine besonders feste Grundlage giebt.

Diese Gliederung des Kehlkopfs mit bester Ausbildung der Stücke bringt eine Gliederung der Muskulatur mit sich. Als Dilator laryngis fungiren starke Muskeln, welche von der Mittellinie der dorsalen Ringknorpelwand zu der Wurzel der Giesskannenknorpel gehen, *Musculi crico-arytaenoidei postici*. Ein zweites Paar Muskeln, *M. crico-arytaenoidei laterales*, von den vorderen, beim Menschen oberen Rändern der Seitenwände des Ringknorpels aussen an die Basen der Giesskannenknorpel ist im Stande, bei Unthätigkeit aller anderen Constriktoren seine Aktion als eine modifizierende dem Dilatorator zu gesellen, fungirt aber für sich, indem es in Drehung der Giesskannenknorpel und mit Zug nach vorne deren Spitzen nähert, als Verengerer der Stimmritze und besonders als Sonderer einer vorderen von einer hinteren Abtheilung derselben. Als hauptsächliche Constriktoren schliessen sich zwei weitere Muskelgruppen an, die dorsale des *M. arytaenoideus transversus*, welcher sich zwischen den beiden Giesskannenknorpeln ausspannt, zuweilen bis zur Berührung des Randes der *C. cricoidea*, auch mit Absonderung mehr dorsaler, äusserer, schiefer, sich kreuzender Bündel, *M. arytaenoidei obliqui*, von den in der Tiefe gelegenen, einfach queren, und die seitliche und ventrale der von den Giesskannenknorpeln in Umfassung des Aditus von den Seiten zur Innenfläche des Schildknorpels als *M. thyreo-arytaenoidei* und an den Rand und die ventrale Fläche des Kehldeckels als *M. ary-epiglottici* gehenden. Eine weitere Muskelgruppe, die des *M. crico-thyreoideus*, verändert die Lage der beiden Hauptknorpel gegen einander. Da die Fasern desselben, jederseits in einer äusseren Portion von einer dreiseitigen Fläche, begränzt vom ventralen und hinteren, beim Menschen unteren Rande, und in einer inneren, von der ergänzenden dreiseitigen Fläche gegen den vorderen, beim Menschen oberen Rand gelegenen des Ringknorpels entspringend, zum hinteren, beim Menschen unteren Rande des Schildknorpels gehen, so kann dieser Muskel im Ganzen den Schildknorpel an den Ringknorpel drücken, aber in getrennter Arbeit seiner Theile ihn in Drehung um die durch die hinteren Hörner am Ringknorpel gegebenen Befestigungspunkte nach hinten und nach vorne spielen lassen. Die Richtung der Fasern gegen die festen Theile macht jedoch die Bewegung des Schildknorpels nach hinten, beim Menschen unten, zur Hauptsache und so wirkt dieser Muskel wesentlich als Spanner der Stimmbänder (vgl. für die Muskeln Fig. 428 p. 387).

Indem die gespannte Schleimhaut zwischen den ventralen Winkeln der Basen der Giesskannenknorpel, dem vorderen Winkel des Schildknorpels und der Wurzel des Kehldeckels über dem Vorderrande des Ringknorpels und abgehoben vom Schildknorpel sich jederseits zu einer Falte erhebt,

gestützt von einem elastischen Bande, entstehen die Stimmbänder, Chordae vocales, Ligamenta thyreo-arytaenoidea, entsprechend denjenigen, welche bei Reptilien vorkommen, und lassen zwischen sich die wahre, von dem Aditus zu unterscheidende Stimmritze, Glottis. Diese Stimmbänder fehlen den wahren Cetaceen, dem Nilpferd und den Stachelschweinen. Sie sind jedoch bei mehreren anderen von stumpfer, unvollkommener Beschaffenheit, geringer Länge oder Erhebung, oder ermangeln der elastischen Antheile, so beim Nashorn, bei den Känguruhs und bei den Faulthieren. Indem sich ihnen auf der anderen Seite ein vorderes oder oberes Paar gesellen kann, können sie als Chordae vocales inferiores bezeichnet werden. Auf die unteren Stimmbänder beschränken sich so ziemlich die Wiederkäufer ausser Kamelen und Llamas, die Elephanten, einige Insektenfresser und Beutler. Obere Stimmbänder werden etwas merklicher beim Pferde, bleiben auch sonst in verschieden starker Ausbildung meist hinter den unteren an Ausbildung zurück. Dorsal und ventral den unteren beugend, richten sie ihre Schärfe der dieser entgegen, so dass zwischen den zwei Bändern derselben Kehlkopfseite eine Spalte bleibt, deren dorsale und ventrale Enden mehr oder weniger geschärft oder gerundet sind. Von dieser Spalte oder nach aussen vom alleinigen unteren Stimmband tieft sich die Seitentasche des Kehlkopfes, Ventriculus laryngis s. Morgagni aus, unter die Stimmbündel untergreifend, von verschiedener Vollkommenheit gemäss der der Bänder, zuweilen, so beim Schwein, mit einem besonders tiefen Sacke unter die vorderen fassend und mit dem *Musc. thyreo-arytaenoides* an ihrem Boden.

Es fehlt allerdings den Säugern, für welche der Mangel aller Stimmbänder angegeben wird, eine Stimme nicht. Sowohl vom Nilpferd als von den Bartenwalen werden vielmehr ganz gewaltige Stimmen angegeben und das Stachelschwein hat wenigstens in der Brunst eine Art Knurren oder Grunzen. Die Bänder sind eine dauernde und schärfere Präcision von Falten, welche sich ohne sie durch die Gruppen der Konstriktoren-muskulatur bilden können. Auch kommen bei jenen, wie bei anderen Säugern noch andere der Schwingungen fähige Partien als unvollkommene Stimmbildner in Betracht, die membranösen Theile der Luftröhre, deren Erweiterung beim Stachelschwein und ein Anhangssack bei den Walen, der Schlund mit

Fig. 430.

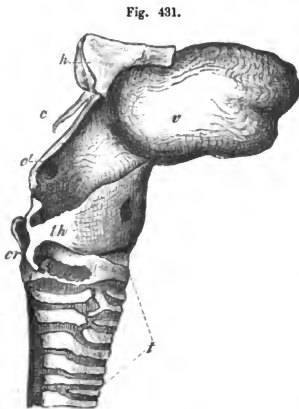


Kehlkopf von einem Kinde, durchschnitten, in natürlicher Grösse. e. Kehledeckel. h. Zungenbeinkörper. ch. Hinteres Zungenbeinhorn. th. Ligamentum thyreo-hyoideum. ct. Vorderes Horn des Schildknorpels. t. Körper des Schildknorpels. s. Santorischer Knorpel. a. Giesskannenknorpel. cr. Ringknorpel. ls. Oberes Stimmband. li. Unteres Stimmband. m. Morgagnische Tasche.

dem Gaumensegel, die Lippen, die Nasenflügel. Die höhere Modulation der Stimme hängt von der Vollkommenheit der Stimmbänder und ihrer Beherrschung durch die Bewegungen vorzüglich der Giesskannenknorpel ab. Man kann nach J. Müller's Untersuchungen nicht mehr zweifeln, dass die unteren Stimmbänder nach dem Principe der Zungenpfeifen die Stimme zu Stande bringen, dieses am vollkommensten, je mehr sich die Einrichtung auf sie beschränkt. Durch die mit der Spannung verbundene Veränderung der Weite, durch die mit derselben in Verschiebung der Giesskannenknorpel zugleich bedingte Veränderung in der Gestalt der Glottis für ihre ventrale und dorsale Abtheilung, die Gestaltveränderung der mit-tönenden Nebensäcke, die Einrichtung eines ganz besonderen Ansatzstückes durch obere Stimmbänder, die Modifikation des weiteren Ansatzrohrs in

Schlund, Nase und Mund durch Gaumensegel, Backen, Zunge, Lippen entsteht auch hier eine hochgradige Komplikation schwingender Membranen und Luftsäulen, welche an dieser Stelle nach ihren physikalischen Bedingungen weiter zu zerlegen, ungeeignet wäre.

Es ist noch in vergleichender Beziehung nöthig der besonderen Resonanzapparate zu gedenken, welche die Stimme einzelner Säuger ungewöhnlich zu verstärken geeignet sind. Am weitesten rückwärts zwischen Schildknorpel und Ringknorpel, in der daselbst durch die ventrale Spaltung gegebenen Lücke findet sich ein Sack-anhang der Luftröhre bei den echten Walen. Bei einem zur Geburt reifen Fötus von *Balaenoptera rostrata* Fabricius finde ich diesen leider mit abgeschittenem blinden Ende, kurz



Stimmapparat des Mandrill, *Mandrilla mormon* Cuvier, in natürlicher Grösse. h. Zungenbeinkörper. c. Vordere, c', hintere Zungenbeinhörner. v. Kehlsack. th. Schildknorpel. cr. Ringknorpel. t. Oberste Luftröhrenringe.

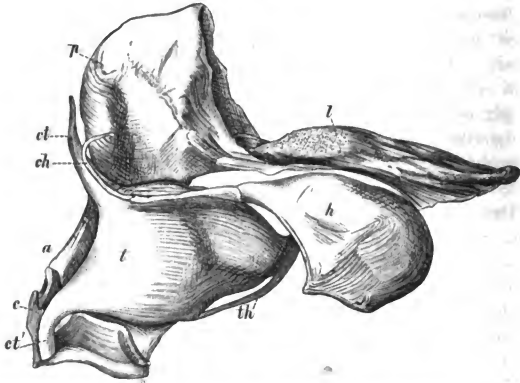
cylindrisch, vorn so weit, dass man einen Lampencylinder durchstecken kann, und mit sehr dicker, muskulöser Wand. Die Stelle, an welcher dieser Sack sich vorstülpt, entspricht derjenigen, an welcher bei hinterer Einkerbung des Schildknorpels, so bei der gefleckten Hyäne (Fig. 427), eine gespannte Membrana crico-thyreoidea liegt. Während die Ausstülpung an dieser besonderen Stelle auf jene kleine Säugethiergruppe beschränkt ist, findet man eine gleiche zwischen Schildknorpel und Wurzel des Kehldeckels in einer weit grösseren Verbreitung. In einem mässigen Grade kommt sie

als mittleres Stimmsäckchen, *Sacculus laryngealis*, dem Pferde zu, von der Stimmritze oberhalb durch ein Fältchen, *Plica semilunaris*, getrennt, beim Esel und Maulthier unter Mangel dieser Falte ausgedehnter, wie das bei diesen auch die Morgagnischen Taschen sind, und wirksamer. Solche mässige Taschen haben weiter der Tapir, unter den Wiederkäuern mehrere Antilopen und das Renthier, auch finde ich sie in geringer Grösse beim Dromedar. An einer stärkeren sackartigen Vortreibung betheiligt sich weiterhin gewöhnlicher dieses mittlere Stimmsäckchen, aber auch das System der Morgagnischen Taschen. Vor Allem erfreut sich ein Theil der Quadrumanen derselben, so dass ein Kehlsack vor dem Schildknorpel heraustritt. Von den Halbaffen hat *Chiromys* einen grossen Sack. Unter den Affen der alten Welt finde ich ihn bei einem dreijährigen Chimpanse, allerdings klein. In der Hauptsache sind es bei den anthropomorphen Affen die Morgagnischen Taschen, welche sich ausdehnen und den Rand des Schildknorpels überschreiten. Das wird bei den grösseren Arten, Gorilla und Orang sehr bedeutend und beim alten Orang, dessen Stimme über eine halbe Stunde weit gehört wird, findet sich ein ganzer Haufen gelappter Taschen bis zum Nacken und gegen die Brust ausgebreitet. Auch die Gibbons haben Kehlsäcke. Unter den Affen mit Gesässschwieneln sind es die Paviane, welche den mittleren Sack am stärksten ausbilden, vorzüglich die der Mandrillgruppe. Der Sack kann eine mittlere Scheidewand haben und bei einem sehr alten Männchen von *Mandrilla mormon* Cuv. finde ich ihn ziemlich scharf in zwei zu den Seiten herabhängende Abtheilungen geschieden. Er fehlt auch den Weibchen nicht, wie ich einen kleinen Sack bei *Cynocephalus babuin* Desmarest ♀ sehe. Auch haben ihn mehrere sehr kleine Arten der Meerkatzen, so *Cercocebus fuliginosus* Cuvier. Dem Individuum von *Papio cynomolgus* Wagner, welches mir vorliegt, fehlt er, doch ist er von Anderen bei dieser Art wie bei allerlei Meerkatzen und Makaken gefunden worden.

Schon bei Pavianen und Meerkatzen passt sich dieser Blase das Zungenbein in Umgestaltung des Körpers zu einer Hohlschaukel und Befreiung seiner Hörner an, so dass es in steiler Aufrichtung der Zungenwurzel die vordere Wand der gefüllten Blase deckt (vgl. Fig. 431). Es wird zu einer viel mehr geblähten Knochenblase etwa in Form eines halben Eis bei den Brüllaffen, *Mycetes*, bei *M. seniculus* Kuhl von etwa der doppelten Grösse der umstehend abgebildeten des *Mycetes palliatus* Gray. Der Schildknorpel ist dann gegen den Vorderrand ventral abgeplattet. Der vordere schnauzenartige vorgezogene Theil desselben nimmt die vorderen sackförmigen Erweiterungen der Morgagnischen Taschen auf, der Zungenbeinkörper den mittleren Sack. Bei *M. seniculus* ist ausserdem der Kehlsack bis auf 4" Länge und 2" Breite vergrössert und die oberen Taschen der Morgagnischen Ventrikel steigen unter unvollkommener Ausbildung der oberen Stimmbänder seitlich gegen den Schlund auf. Die heulenden und knarrenden Töne dieser

Affen, erstaunlich weit hörbar, sammeln Abends die Gesellschaften, welchen in den dichten Wäldern, in welchen sie den Boden nicht berühren, weder

Fig. 432.



Stimmwerkzeuge von *Myoetes palliatus* Gray aus Costarica (aus den Sammlungen des † Dr. v. Frantzius) in natürlicher Grösse von der Seite gesehen. p. Der aufgeblähte Schlund. l. Zunge. h. Bulla, aufgeblähter Zungenbeinkörper. ch. Hintere Zungenbeinhörner (die vorderen fehlen dieser Gattung). t. Körper des Schildknorpels. ct. Vordere Schildknorpelhörner, ct'. Hintere Schildknorpelhörner. th. Musculus thyreo-hyoideus. a. Giesskannenknorpel. c. Ringknorpel.

Gesicht noch Geruch geeignete Wegweiser sind: eine wahre Zusammenhörigkeit.

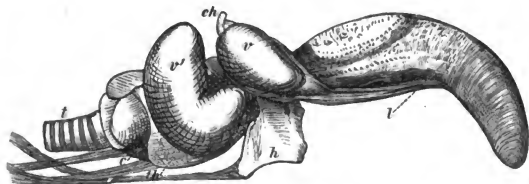
Unter den Nagern haben Biber und Paka mediane Taschen. Ganz ausgezeichnete seitliche, etwa wie ein Taubenei gross, hinter den hinteren Hörnern des Zungenbeins, und ein zweites Paar vor den vorderen, diese etwa von der Grösse eines Sperlingseis, finde ich beim Viskacha, wenigstens das zweite Paar auch beim Weibchen. Die Stimme dieser Thiere soll an das Grunzen des Schweines erinnern. Dieses Vorquellen der weichen Auskleidung des Kehlkopfes an allen Lücken muss durch den Gebrauch im Individuum stärker und stärker werden und es dürfte wenig Fälle geben, in welchen der Gebrauch so direkt auf die Ausbildung eines Organs wirkt.

Die Gesamtdimensionen des Larynx im Verhältniss zur Luftröhre sind nach Arten, sowie nach Alter und Geschlecht ungleich. Kurze Luftröhren haben gewöhnlicher einen besonders breiten Kehlkopf. Die Anschwellungen des Schildknorpels beim männlichen Damhirsch, bei Antilope gutturosa Pallas und *A. subgutturosa* Gildenstädt sind bekannt.

Es fehlt dem Kehlkopfe nicht an Muskeln, welche ihn im Ganzen zu verschieben und zu spannen im Stande sind. Von der ventralen Muskulatur,

welche sich zwischen Brustbein, Zungenbein und Unterkiefer ausspannt, sondert sich eine besondere Gruppe für den Kehlkopf mit einem M. sterno-

Fig. 433.



Stimmwerkzeuge des Viskacha, *Lagostomus trichodactylus* Brook ♂, in natürlicher Grösse von der Seite gesehen. l. Zunge. h. Körper des Zungenbeins. ch. Vordere Hörner desselben. v. Vordere Kehlblasen. v'. Hintere Kehlblasen. th. Cartil. thyroidea. c. Cart. cricoidea. t. Luftröhre.

thyroideus und einem M. hyo-thyroideus jederseits. Der erstere kann in zwei Aeste getheilt sein, unter welchen der längere an den vorderen oder oberen, der kürzere an den hinteren Rand des Schildknorpels geht, so beim Schwein, bei welchem diese Spaltung an einem eingelegten Sehnenstreifen beginnt, beim Viskacha, wo sie vollständig ist (vgl. Fig. 433, welche den vorn vereinfachten M. sterno-hyoideus und den zweitheiligen M. sterno-thyroideus der linken Seite zeigt). Er kann andererseits mit seinem Partner theilweise in der Mittellinie zusammentreten, wie das bei sehr zugespitztem Zungenbeinkörper, z. B. beim Viskacha, auch der M. sterno-hyoideus thut, so die Bewegungen vereinfachend und kräftigend, er kann ausser vom Brustbein auch von der ersten Rippe Ursprung nehmen, so beim Hunde. Die M. hyo-thyroidei, in der Regel getrennt und breit seitlich gelagert, sind bei den Brüllaffen zu einem schmalen, medianen Streifen verbunden, welcher sich über die vordere Vorrangung des Schildknorpels fortschlägt und hier auf die unter dessen Schutz liegende innere Blase drückt (vgl. Fig. 432). Der ganze Kehlkopf schliesst sich den Bewegungen des Zungenbeins, welchem er durch Band und Muskeln verbunden ist, an oder mässigt und richtet sie durch seine eigene Feststellung. Er dient an seiner dorsalen Wand der Schlundmuskulatur zum Ansatz, beim Menschen vorzüglich dem M. stylo-pharyngeus, dessen Contraktionen den Kehlkopf an den Schluckbewegungen energisch theilnehmen lassen, im Uebrigen in Gliederung nach den Knorpeln des Kehlkopfes und aus den Namen zu verstehen als thyreo-pharyngei, crico-pharyngei und arytaeno-pharyngei. Bei den Delphinen giebt es noch einen besonderen hinteren Heber des Kehlkopfes, welcher von den Seiten des Hinterhauptbeins zu den Seiten des Schildknorpels und der Wurzel des Kehldeckels geht und im Anschluss an die Schlundmuskulatur betrachtet werden kann. Als eine besondere tiefere Abtheilung des M. hyo-thyroideus

kann man endlich den *M. hyo-epiglotticus* betrachten, welcher vom Zungenbeinkörper an die obere, als Fortsetzung der ventralen Schildknorpelwand zu betrachtende Fläche des Kehldeckels geht und diesen hebt, während ihn der *M. ary-epiglotticus* und wohl auch thyreo-epiglottische Fasern, an die untere Fläche tretend, auf den Aditus und bis zwischen die Stimmbänder hinabdrücken. Diese Muskeln sind vorzüglich die Thürhüter des Aditus im Schlingengeschäft. Für die Stimmbildung ist noch die Muskulatur des Gaumensegels und der weiter vorn liegenden Ausgangsstücke von Bedeutung. Ueber die besonderen Formen der Stimme, vom Brüllen der Raubthiere, der grossen Affen, der Wiederkauer durch Blöcken, Bellen, Schreien bis herab zum Pfeifen der Nager, Krallenaffen und Fledermäuse, braucht wohl nichts Weiteres gesagt zu werden. Der physikalische Einfluss der Weite der Röhren macht sich für die Tonhöhe deutlich geltend. Betreffs der feineren Stimmbildung des Menschen in der Sprache unter Mitwirkung von Gaumen, Zunge, Zähnen, Lippen und in exakter Beherrschung der Kehlkopftöne im Gesange wollen wir nur Folgendes anführen.

Während die Höhe der Stimme vorzüglich bestimmt wird durch die Stimmritze und die Stimmbänder, ist der besondere Klang nach Helmholtz's Untersuchungen wie bei musikalischen Instrumenten abhängig von den Grundton begleitenden Obertönen und dem Anklingen accessorischer Stimmrichtungen auf solche. Die menschliche Stimme ist an Obertönen besonders reich. Dieselben gewähren ihr die Gliederung der Vokale. Die Mundhöhle resonirt in den Veränderungen ihrer Gestalt auf den Grundton oder auf den einen oder den anderen Oberton. Zur Bildung des u wird sie möglichst erweitert, während die Mundöffnung möglichst verengert wird, sie verstärkt dann den Grundton und die Obertöne treten zurück; bei o ist sie etwas mehr und bei a trichterförmig geöffnet, in letzterem Falle um eine Oktave höher gestimmt als in jenem, bei e und i wird die Mundöffnung noch weiter geöffnet. Die Consonanten werden durch den Luftstrom an Zunge, Gaumen, Zähnen, Lippen je nach Stellung und Bewegung dieser Theile ohne Veränderungen an der Stimmritze gebildet.

Die Bewegung der Luft im Einathmen und Ausathmen und dabei, vorzüglich in jenem, aber auch in diesem, z. B. beim Eselsgeschrei und dem Grunzen der Löwen, der Stimmbildung geschieht in der Hauptsache durch die thorakale Muskulatur und das Zwerchfell. Bei erschwerter und besonders bei beschleunigter Athmung nimmt deutlicher mithelfend die Bauchmuskulatur, z. B. in den schlagenden Flanken des Pferdes, die des Halses mit Einschluss derer des Kehlkopfes, die des Gesichtes an Unterkiefern, Naslöchern, selbst an der Stirne, die des Nackens, z. B. beim gehetzten Hunde, auch die der Schultern Antheil. Die Lungen fügen sich dabei den Veränderungen des thorakalen Raumes, dessen bei den Säugern vollständigst und einfachst blasbalgartige Arbeit vor Allem ihnen, dann aber auch den mit Flüssig-

keiten gefüllten Gefässräumen und dem Herzen zu Gute kommt. Die Wirbelsäule als ein mehr gleichmässiges Element angenommen, wird die Form des thorakalen Raumes durch die Rippen und das Brustbein bestimmt. Je kürzer das Brustbein in Relation zur Ausdehnung der ganzen Rippenregion, je geringer die Zahl echter, das Brustbein selbst erreichender Rippen im Verhältniss zur Gesamttrippenzahl ist, um so mehr ist der thorakale Kegel in der Kürzung der Bauchseite an der Basis abgeschrägt, um so mehr liegen die Lungen, wie oben angedeutet, dorsal statt vorn, dieses weitaus am stärksten bei den Cetaceen. Die sternalen Rippenstücke ergänzen in der Regel die vertebralen in sanften Bogen und sind knorpelig. Eine Verringerung der Beweglichkeit kommt an den Rippen theils zu Stande durch Verbreiterung in den vertebralen oder in den sternalen Abschnitten, theils durch Ausdehnung der Gewebssolidifizierung auf die sternalen, theils durch die Vergrösserung der Zahl, welche die nur an den hinteren erheblichen Exkursionen relativ weniger bedeutend macht; am Brustbein durch feste Verbindung der ursprünglich von einander gegliederten metamerischen Abschnitte, der sogenannten Sternebrae, und ebenso durch relative Verlängerung. Am reinsten knorpelig bleiben und am spätesten dem Alter nach verkalken die ventralen Rippenstücke des Menschen, der echten Affen, der Halbaffen, der meisten Nager, der Raubthiere, der Dickhäuter und der Beutelthiere. Ich finde selbst bei sehr alten Pavianen keine erheblichen Aenderungen der Knorpelsubstanz, bei Krallenaffen dagegen erhebliche Verkalkung. Unter den Nagern ist die letztere stark bei Myopotamus, bei Dipus, bei den Ratten, dem Stachelschwein, dem Biber, allen Hufnagern; sie wird zu wirklicher Verknöcherung bei vermuthlich alten Hamstern und Hasen. Unter den Raubthieren zeichnen sich die Viverriden durch starke Verkalkung aus, die Hyänen nicht. Unter den Dickhäutern verknöchern bei den Pferden die sternalen Rippenstücke in mittlerem Lebensalter im Innern, bleiben aber äusserlich sehr lange knorpelig; ein achtzigjähriger Elephant hatte sie noch knorpelig, so haben sie auch sehr alte Tapire; Hyrax hat starke Verkalkung. Unter den Schweinen scheinen die afrikanischen Warzenschweine die früheste und stärkste Verkalkung zu haben. Bei den Känguruhs dürfte die vorzügliche Erhaltung der Knorpelsubstanz mit dem ungewöhnlich lange fortgesetzten Wachsthum des ganzen Körpers in Verbindung stehen; bei Dasyurus und Belideus finde ich übrigens starke Verkalkung. Bei den Wiederkäuern verkalken die Knorpel frühzeitig stark und umfassend, stärker bei Antilopen als bei Rindern, doch beim europäischen Bison mit dem dritten Jahre schon sehr ausgedehnt, noch später bei Hirschen. Bei einer alten Oryxantilope finde ich die vorderen Rippenknorpel vollkommen verknöchert, sehr stark verkalkt bei einem gemäss seiner ausgebreiteten Faszienvknöcherungen vermuthlich sehr alten Tragulus. Von besonderem Interesse sind die Edentaten, Insektivoren und Monotremen, bei welchen sich ab-

sonderliche Verbreiterung an den Rippen mit vollkommener Verknöcherung der sternalen Portion zu verbinden pflegt. Knöchern wird die letztere bei den Gürtelthieren, den Faulthieren, den Ameisenfressern, später oder nicht, wie es scheint, bei *Orycteropus*, später bei *Bradypus* als bei *Choloepus*, bei Igel und Mullwürfen, bei *Galeopithecus* und den Fledermäusen. Knöchern ohne Verbreiterung wird sie bei den echten Walen. Die Verbreiterung ist besonders stark bei *Galeopithecus*, bei den Fledermäusen, besonders an den vorderen vertebralen Stücken der Hufeisennasen, beim *Myrmedon* und im oberen Abschnitte der vertebralen Stücke bei *Myrmecophaga jubata*, nicht bei *M. Tamandua*, an den sternalen Stücken vor Allem der letzten wahren Rippen bei Gürtelthieren, *Euphractes* und kolossal bei *Prionodontes*, und bei Ameisenfressern, bei *Myopotamus*, bei den Monotremen. Bei Fledermäusen verwachsen die hinteren sternalen Abschnitte zum Theil mit einander, und bei *Pteropus* sind die am Sternum selbst befestigten an diesem wenig beweglich. Wenn in den Verknöcherungen und Verbreiterungen auch nicht in jeder Beziehung ein die Athmung schmälernendes Element liegt, namentlich nicht einfach durch sie ein Ueberwiegen der Muskulatur für Lokomotion über die für Respiration bezeichnet wird, so ist doch durch eine solche Befestigung der Form der Stücke ein wesentliches Mittel zur Volumsveränderung des Thorax aufgegeben. Die schmalen und nachgiebigen Knorpel beschreiben sehr grosse Bogen und runden sich in Abwechslung zur Abflachung. Die verbreiterten Rippen schieben sich nur wie Dachziegel übereinander unter einiger Aufrichtung und Senkung; die verknöcherten Stücke verändern die Stellung nur noch mittelst der Gelenke, von welchen bei den Wiederkäuern in der Ruhe die hinteren besonders spitze Winkel bilden. Die vorderen Rippen sind für vertebrale und sternale Abschnitte kürzer als die mittleren; sie stehen ziemlich senkrecht von den Seiten auf dem Brustbein, haben ihre Abschnitte ziemlich in grader Fortsetzung und sind am plattesten; sie umgeben in am wenigsten veränderlicher Haltung den vorderen Eingang zum Thorax, pendeln etwas vorwärts und zurück. Giebt es vor ihnen, wie bei *Bradypus*, noch Halsrippen, so gewinnen ihre Hebemuskeln an Breite und sie werden stärker bewegt. Die sternalen Abschnitte dieser vordersten Rippen stossen beim Pferde über der Wurzel des Brustbeins in der gemeinsamen Gelenkgrube des sogenannten Habichtknorpels zusammen; an der thorakalen Umgürtung hat das Brustbein hier gar keinen Antheil. Nach hinten entfernen sich die Rippen weiter von einander, wölben sich mehr oder können doch, wo sie nicht mehr den ganzen Bogen bilden, als Theile einer weiteren Wölbung angesehen werden, werden zunächst breiter und länger, bilden zwischen ihren Abschnitten an der Vorderkante einen Winkel unter zwei Rechten und gestatten durch dessen Streckung ausgiebige Veränderungen in der Haltung, allerdings mit denjenigen Modifikationen am Ende der Reihe, welche die

Umwandlung echter Rippen in falsche und die Zuschärfung der thorakalen Höhle mit sich bringen. Die Streckung der Rippen in ihren Winkeln entfernt das hintere Ende des Brustbeins weiter von den Wirbeln, vergrößert den sagittalen Durchmesser; da sie aber zu Stande kommt unter Führung der Winkel, also fester Endpunkte der oberen Rippenabschnitte, in einer Bogenlinie nach vorn, erweitert sie auch den Thorax in die Quere, und, da die ersten Rippen sammt dem Brustbein etwas nach vorne, im Menschen nach oben, gehoben werden, wird die allseitig erweiterte Basis des Brustkastens umso mehr nach vorne geschoben, oder, da die dorsalen Endpunkte unveränderlich sind, um so mehr schräg gelegt; alle veränderlichen Punkte der Peripherie werden weiter von den unveränderlichen entfernt. Dieser Theil der Bewegung für Einathmung, die Hebung der Rippen und des Brustbeins kann bei Verschluss von Mund und Nase geschehen, da der Boden des thorakalen Kegels von einer nachgiebigen Wand, vom Zwerchfell, gebildet wird. Er kann also beglichen und unwirksam gemacht werden durch weiteres Eindringen des Zwerchfells in den thorakalen Raum. Er wird andererseits ersetzt und häufiger ergänzt und erst vollkommener zur Ausnützung gebracht durch inspiratorische Zwerchfellbewegungen.

Die Querwand, welche ihren Namen Diaphragma schon zu Plato's Zeit führte und von Galen für ihre Funktion erkannt war, erscheint bei den Säugern einheitlich als eine hypaxone Muskelmasse, welche durch die Wandlung der Wirbelquerfortsätze zu einem Rippenkorbe mit den vorderen Ansätzen nach der Bauchseite gewendet und durch Einlagerung der Lungen in diesen Korb von weiter vorn gelegenen hypaxonen Muskeln abgeschoben, im Dienste der Lungen eine starke Entwicklung erfahren hat. Soweit andere hypaxone Muskeln von der Bauchhöhle her weit genug gegen die Brusthöhle vor, oder auch in sie eintreten, um dem Zwerchfell zu begegnen, erweist sich dieses als stärker hypaxon, bedeckt sie von der ventralen Seite, so den *M. quadratus lumborum*, den *M. psoas major* und *minor*, welche bei guten Springern hintere Brustwirbel und Rippen mit in Anspruch nehmen. Das Zwerchfell ist eine Verbindung von Muskeln, welche von einer verschiedenen Anzahl Wirbel zu einer verschiedenen Anzahl vorliegender Rippen, dem Brustbein und öfter auch der Bauchwand gehen, beim Pferde vom zweiten bis vierten Lendenwirbel zur sechsten bis achtzehnten oder letzten Rippe, beim Rinde in mehr vertikaler Stellung vom letzten Rückenwirbel zu allen fünf falschen und manchmal zur letzten wahren Rippe, beim Menschen vom zweiten bis vierten Lendenwirbel zu den fünf oder sechs hintersten Rippen, beim Schweine vom letzten der Lendenwirbel ab, deren gewöhnlich fünf sind. Dieser Muskel muss an erster Stelle auf den Effekt der Annäherung vorliegender Rippen an hinterliegende Wirbel, also einer Einkrümmung des Körpers, nach Art eines Bogens, angesehen werden. Es kann nicht bezweifelt werden, dass er bei angestrengten Bewegungen in

dieser Weise wirke, und es ist zu beachten, dass sich, wie Rouget zeigte, beim Kaninchen die Muskelfasern der Lendentheile, der sogenannten Pfeiler durch das sehnige Centrum hindurch einzeln in die kostale oder muskulöse diaphragmatische Abtheilung verfolgen lassen, in welcher sie sich fächerartig ausbreiten; die Bündel sind sogenannte digastrische, durch sehnige Einlagerung unterbrochene. Die sehnigen Einlagerungen zusammen bilden gegenüber den rings umfassenden fleischigen Theilen das Centrum tendineum von dreilappiger, halbmondförmiger, gespitzter Gestalt. Bei den meisten Säugern ist jene Continuität der Fasern nicht zu ersehen. Weiter ist das Zwerchfell, dessen Mittellinie durch die Oeffnungen für die Aorta und den Oesophagus angedeutet erscheint, welche von den inneren, am meisten medianen und längsten Pfeilern umfasst werden, im Ueberwiegen des rechten dieser Pfeiler in Länge durch den Ursprung weiter rückwärts und im Ueberwiegen von dessen linkem Theil nach Kreuzung der Fasern zwischen Aorta und Oesophagus asymmetrisch und es setzt sich das fort in Umfassung der nur links gebildeten Vena cava inferior im sehnigen Centrum. Die Gesamtform komplizirt sich weiter, wie es scheint, dadurch, dass hinteren Ursprüngen an Wirbeln nicht bestimmte vordere Ansätze an Rippen entsprechen, es giebt vielmehr die über die oben genannten verdeckten Muskeln weg gespannte sehnige, zackig vortretende hintere Begränzung, das Ligamentum arcuatum, und der Verlauf der Pfeiler zu erkennen, dass den letzten Rippenansätzen entsprechende Wirbelursprünge fehlen, so dass den von den Wirbeln zu vorderen Rippen laufenden Muskelbündeln unvollkommene zu hinteren Rippen gehende sich anschmiegen. Bei Fledermäusen bilden die Ursprünge im Abdomen eine Art von Längsscheidewand. Bei Delphinen und Mollusken ist fast die ganze Platte muskulös, bei Llamas und Kamelen findet man Verknöcherungen an dem Schlitz für die Vena cava, beim Igel an dem für die Aorta. Das Zwerchfell ist bei passivem Verhalten der Muskulatur durch die elastischen Spannungen der thorakalen Wände und der Lungen gegen diese Theile angezogen, es wölbt sich ohne weitere dahin wirkende Adhäsionen. Es bildet einen Dom, dessen muskulöse aufsteigende Wände zunächst drei Rippen dicht anliegen, bevor sie sich zu dem sehnigen Scheitel wenden. Werden seine Muskelfasern kontrahirt, so entfernen sich diese senkrechten Theile von den Rippen, es flacht sich der Dom ab, mehr in Verringerung der Krümmung der aufsteigenden Wände und Hebung der Rippenansätze mit den gehobenen Rippen als in eigentlicher Senkung des Scheitels. Während die Heber der vorderen Rippen, Musculi scaleni, und im Anschluss an sie die M. intercostales, vorzüglich die externi, den Querschnitt des Thorax vermehren, vergrößert die Kontraktion des Zwerchfells dessen Länge. Elastizität der Wandtheile der Lungen und der Bronchien, genügen für gewöhnlich nach Nachlass der Muskelarbeit zur Expiration, zur Zurückführung des alten Standes. Man sieht bei Eröffnung des Brust-

kastens die Lungen unter pfeifendem Eintreten von Luft in den thorakalen Raum noch unter das Expirationsvolumen zusammenfallen und man kann die dabei ausgeübte Kraft mit dem Manometer bestimmen. Für angestrengte Ausathmung sind es hauptsächlich die Bauchmuskeln, welche zur Wirksamkeit kommen, theils direkt durch Niederziehen der Rippen, theils durch Compression der Bauchhöhle, deren Eingeweide das Zwerchfell stärker gegen vorn wölben, sammt den *Serrati postici inferiores* zwischen mehreren hinteren Rippen und mehreren hinteren Wirbeldornen und dem *Quadratus lumborum*. Ihnen kombinirt sich die Arbeit der *M. intercostales*, welche, wenn die hinteren Rippen nach hinten gezogen werden, durch Verringerung der Rippenzwischenräume auch die vorderen senken und so, vorzüglich die *interni*, Expirationsmuskeln sein können. Das und auch die eigenen Muskeln der Luftwege kommen besonders beim Husten, einem stossweisen starken Ausathmen zur Wirkung. Die Coelomspalte zwischen den Lungen und der Innenfläche des thorakalen Raumes ist ganz vollkommen. Die Lungen sind nur an ihren Wurzeln durch Stiele befestigt, welche die Bronchien, die Gefässe und Nerven mit bindegewebigen Verbindungen enthalten. Der Ueberzug der Lungen, das Lungenfell, *Pleura pulmonalis*, und die Auskleidung des Thorax, *Pleura parietalis*, letztere theils Rippenfell, *Pleura costalis*, theils Zwerchfellüberzug, *Pleura diaphragmatica*, sind gleicherweise gebildet aus einer bindegewebigen Grundlage und einem überkleidenden Pflasterepithel. Sie bilden zusammen jederseits einen geschlossenen Sack, in welchem die glatte Lungenaussenfläche auf der glatten Thoraxinnenfläche gleitet, und dessen Eröffnung durch eine Verletzung der thorakalen Wandung die Uebertragung der Inspirationsbewegungen auf die Lunge lähmt. Bei den Säugern mit wenig getheilten Lungen scheint allgemein, besonders aber bei den Walen, vom Gewebe der Lungen aus ein grösserer Antheil elastischer Fasern in die *Pleura pulmonalis* mit einzutreten, welche dann weniger durchsichtig ist und bei der Expiration energischer mitwirkt.

Die Theilung der thorakalen Höhle in eine rechte und eine linke Abtheilung geschieht dorsal durch das Einspringen der Wirbelsäule und die sich an diese lehnenen Aorta und Oesophagus sammt begleitenden Nerven, ventral durch das Herz sammt Herzbeutel und den grossen Gefässen. Indem die *Pleura* zu beiden Seiten auf diese Theile von dem dorsalen Rippenende und dem Brustbein bekleidend übergeht, entsteht eine mittlere Pleurawand, ein Mittelfell, *Mediastinum*, *Pleura mediastina*, deren zwei Blätter je nach dem Bau des Thorax theilweise einander dicht anliegen können, zum grösseren Theile aber zur Aufnahme der genannten Organe auseinanderweichen mit einer vorderen und hinteren Mittelfelhöhle, *Cavum mediastini anterioris* und *posterioris*. Auf der Gränze seiner vorderen und hinteren Abtheilung schlägt sich jederseits das *Mediastinum* an die Lungenwurzel und geht in die *Pl. pulmonalis* über, dabei gegen das Zwerchfell hin in bandartigen

Falten ausgezogen, deren Spannung bei Zurückführung der Lungen in der Expiration in Betracht kommt.

Alter, Geschlecht, Gewohnheiten, individuelle Verschiedenheiten und Krankheiten der Menschen geben einigen Anhalt dafür, wie auch bei Thieren im gewöhnlichen Athemgeschäfte verschiedene Antheile ungleich zu betonen, die diaphragmatische oder abdominale Athmung, die untere und die obere Rippenathmung. Die diaphragmatische Athmung ist es, welche bei grösserer Befestigung des Thorax vorzüglich zu arbeiten hat, z. B. beim Pferde. Das sehr muskulöse Zwerchfell und die Kürze des Brustbeins geben den Walen die grösste Gleichartigkeit zwischen dem diaphragmatischen und dem kostalen Theile der Athmung.

Inspirationskapazität nennt man die Differenz des Standes zwischen stärkster möglicher Expiration und Inspiration. Sie hängt wesentlich ab von den Maassen des Thorax, und Hutchinson hat beim Menschen mit einer Körpergrösse von 1,50 m. und einer Inspirationskapazität von 2,75 L. anfangend für jede Zunahme der Körperhöhe um 1 cm. eine Kapazitätzunahme von 0,05 L. bestimmt. Es kommen jedoch in hohem Grade die Einzelheiten des Baus, wegen der Elastizität der Theile das Alter, die Kraft und die Uebung der Muskeln in Betracht und die von Simon um etwa 10% höher angegebene Zunahme entspricht Einigen besser. Physiologisch, für die Chemie des Blutes, ist nicht allein diese Differenzkapazität, sondern auch von grosser Bedeutung der nicht expirirbare Luftrest, die Reserve, welchen man auch die Tara beim Athemgeschäfte nennen könnte. Dieser ist ohne Zweifel am grössten bei Thieren mit einem Thorax reich an wahren Rippen, mit breiten Rippen und mit kurzen Sternaltheilen. Solche Thiere werden keine starken Verbrenner sein und leicht Fett ansammeln. Dass bei den Walen letzteres trotz ausgiebiger Inspirationskapazität massenhaft gebildet wird, darf in Verbindung gebracht werden mit der Sparsamkeit der Athembewegungen. Die Inspirationskapazität bezeichnet ein Maximum, welches bei den Walen in den sparsamen Athemakten vermuthlich viel vollständiger ausgenutzt wird als bei anderen Säugern. Die gewöhnliche Luftbewegung ist in der Athmung des Menschen nur etwa ein Sechstel bis ein Zehntel dieses Maximum. Das liegt an der Minderung ebensowohl der Expiration als der Inspiration. Die Luftreserve in den Lungen scheint bei stärksten Athembewegungen für den Menschen immer noch etwa ein Drittel der absoluten Kapazität zu betragen. Man ermisst leicht, wie sehr eine möglichste Verringerung derselben vor einer Inspiration zur Wirksamkeit dieser beitragen kann. Tauchende Thiere wissen dem ebensowohl als Menschen Rechnung zu tragen. Eins aber gestaltet sich bei einmaliger Aufnahme einer grossen Menge Luft nicht genau so wie bei einer Anzahl kleinerer Inspirationen, die Unterstützung, welche der Kreislauf durch das Athmungs geschäft erfährt und welche oft, als ein Bedürfniss empfunden, tief aufathmen

macht. Man darf vielleicht denken, dass der Schildringknorpelkehlsack der Wale durch Luftbewegung ab und von den Lungen unter Verschluss des Kehlkopfes für die Herzaktion eine ähnliche Bedeutung habe, wie kleine Athemzüge. Die stärkeren Maasse der Inspiration und Expiration kommen auch namentlich bei accessorischen Verrichtungen des Athemgeschäftes als Bauchpresse, Stimmbildung, Husten als Versuch zur Entfernung fremder Körper oder Anschwellungen, starken Anstrengungen der Gliedermuskulatur zur Verwendung.

Die Zahl der Athemzüge, welche bei einem Menschen im kräftigen Alter etwa 16—25 in der Minute beträgt, im jüngeren Alter mehr, im älteren eher weniger aber auch ungleich, verhält sich in den Veränderungen bei anderen Säugethieren ziemlich umgekehrt proportional der Körpermasse, doch nicht ohne Unterschied, indem z. B. träge Thiere, wie das Schaf, eine geringe haben. Fledermäuse haben 70, Mäuse, Meerschweinchen, Kaninchen 50—35, Hirsche und Rinder 35—20, der Leopard hat 15, der Löwe 12, das Pferd, das Nashorn, das Nilpferd und andere sehr grosse haben 7—10, das letztere im Wasser nur 3; die Bartenwale athmen aufgetaucht nach Scoresby in etwa zwei Minuten 9—10 Mal, bleiben dann aber 5—20 Minuten und harpunirt bis fast eine Stunde unter Wasser; der Pottfisch bleibt länger an der Oberfläche und athmet mehr, verweilt danach aber auch länger als jene unter Wasser, in welchem er die tieferen Gründe absucht. Die Delphine tauchen in kurzen Zwischenräumen in steileren oder flachen Bogen zu jedesmal einmaligem Athmen auf, nachdem sie eine Bahn von einer oder einiger Schiffslängen unter Wasser zurückgelegt haben. Jene grösseren Zahlen der Säuger und ähnliche Differenzen gelten auch für Vögel. Die Beschleunigung bei starker Bewegung und Erregung ist relativ um so grösser, je geringer die Normalzahl ist. Ich sah beim Pferde bis 120 nach starkem und langem Trabe. Bei gehetzten Schafen findet man noch höhere Zahlen. Nach Colin erhöhte sich beim Löwen durch einen Schlag an den Käfig die Zahl auf 70. Es wird hier augenblicklich dem Blut eine grössere Menge Sauerstoff zugeführt; dort handelt es sich mehr um Vermehrung der Kohlensäureabfuhr. Freilich erhöht die Vermehrung der Athemzüge wegen deren geringerer Tiefe, und weil ein grosser Theil der bewegten Luft nur zwischen Lunge, Luftröhre und Nasengängen hin und her geht, die Luftbewegung um ein viel Geringeres, als wohl die Zahl glauben macht. Seufzen, Gähnen, Lachen, Schnauben, Prusten der Pferde, Husten sind modifizierte Ausathmungen, Schluchzen, Wittern modifizierte Einathmungen.

Der hauptsächlichste Athemweg zu der Kehle wird überall von den Nasengängen geliefert. Mangel oder vorderer Verschluss dieser Gänge kommen bei Säugern nicht vor. Es kann geschehen, dass die Einrichtungen des Schlundes diesen Weg zum alleinigen machen; meist tritt bei ange-

strengtem Athmen die Mundbahn unterstützend ein. Die Nasengänge sind immer paarig, aber bei den Zahnwalen, Cetodonten, sind sie gegen die äussere Oeffnung hin vereinigt, so dass diese unpaar ist. Bei den echten Walen im Allgemeinen und den Cetodonten im Besonderen giebt es auch sonst die erheblichsten Besonderheiten in der Einrichtung dieser Gänge.

Man hat also für gewöhnlich zwei äussere Nasenöffnungen. Diese sind in der Regel bei Thieren, welche in trockenen und kalten Gegenden leben, enger, z. B. bei Ziegen viel enger als bei Rindern, zuweilen durch besondere Anordnung der Haare etwas geschützt. Sie sind fast immer von besonderen Knorpeln eingefasst, beim Menschen giebt es deren ausser dem des verlängerten Septum fünf Paare. Dieselben füllen die Lücken zwischen den umgränzenden Knochen aus, können sich über dieselben hinaus sowohl vor der Scheidewand als an den Flügeln fortsetzen und bestimmen die Form der Nasenlöcher, als rundlich, halbmondförmig, S-förmig u. s. w. Sie gestatten auch in Gliederung und Verbindung mit Muskeln, deren übrigens das Schnabelthier keine, dagegen innere Klappen hat, Formveränderungen, besonders das Heben der Lochränder bei verstärktem Einathmen, vorzüglich im Dienste für das Riechgeschäft. Mehr in der entgegengesetzten Richtung macht sich die Muskelarbeit bei den Seehunden geltend, welche beim Untertauchen ihre Naslöcher fest zuschnüren. Die wesentlich durch diese Einrichtungen gebildete äussere Nase erhebt sich wegen des Vorspringens der Schnauze nur selten ähnlich wie beim Menschen aus der Gesichtsfläche. Am ähnlichsten sind dem Menschen in dieser Beziehung die Nasenaffen von Borneo, *Nasalis*, deren Nase gurkenähnlich ist, während die des *Rhinopithecus Roxellanae* Milne-Edwards aus den Gebirgen China's sich zur Stirn aufbiegt. Häufiger setzen die Nasenknorpel über das Maul hinaus horizontal verlängerte Röhren zusammen, beim Bär, Nasenbär, mehreren Viverriden, dem Mullwurf, den Spitzmäusen, besonders *Rhynchocyon* und *Myogale*, dem Igel, Fledermäusen, unter den fruchtfressenden besonders bei *Macroglossus* und *Harpyia*. Die Muskeln laufen, wie Cuvier es ausdrückt, gegen die Spitze solcher Röhren gleich Tauen an einem Mast und hewegen die Nasenöffnungen lebhaft gegen verschiedene Richtungen, womit sich eine beständige Unruhe des ganzen Kopfes zu verbinden pfl egt. Der Rüssel des Mullwurfs hat ausserdem vor der Nasenscheidewand einen stabförmigen Stützknochen und das hat in gröberer Ausführung und kegelförmiger Gestalt der des Schweins, ein *Os rostri*, dadurch zum mechanischen Wühlwerkzeug geartet, nicht ganz in einer Wandlung, sondern in einer Mehrung der Funktionen, von welchen in demselben Akte die ursprünglichen im Wittern und für dieses im Athmen in Anwendung bleiben. Heber und Niederzieher des Rüssels, der erste mit dem der Oberlippe unifizirt, vom Thränenbein und Oberkiefer Ursprung nehmend, werden dann starke und lange Muskeln. Bei der noch mehr ver-

längerten, nicht knöchern gestützten Nase der Tapire tritt die Bedeutung für Athmung unter erschwerenden Umständen deutlicher hervor. Die grosse Verkürzung der Nasenbeine giebt dem Rüssel auf den aufsteigenden Aesten der Zwischenkiefer eine breite, schräg hoch auf das Gesicht aufsteigende Basis und den Nasengängen im Schädel eine sehr absteigende Richtung. Die Muskellängsfasern haben Ursprünge von den Thränenbeinen und der Unteraugenhöhle, verbinden sich aber mit solchen vom Hinterhauptskamme. Von der Umgebung der Nasenröhren gehen kurze Muskelbündel gegen die Haut und deren Kontraktion bringt, indem sie den Rüssel einengt, seine Länge auf mehr als das Doppelte, während die Längsmuskeln ihn hin und her wenden. Die Richtung der Haare, welche oben auf dem Rüssel gegen die Stirne gewendet sind, und so bei gehobenem Rüssel das Wasser gut abfliessen lassen, spricht für die Verwendung als Athemrohr im Wasser, welches die Thiere zur Kühlung aufsuchen. Jedoch wird der Rüssel auch ähnlich dem vollkommeneren des Elephanten zum Ergreifen der Nahrung verwendet. Die knöchernen Basis, auf welche der ausgezeichnete, bis fünf Fuss lange Rüssel des Elephanten gesetzt ist, ist durch die schwere Ausführung der Knochen, insbesondere auch durch die grössere Verkürzung und Verdickung der Nasenbeine noch mehr solidifizirt. Der Rüssel ist hinlänglich lang, um in der Streckung den Boden selbst in einiger Entfernung vom Thiere zu erreichen, ohne dass der wenig bewegliche Hals in Anspruch genommen würde. Die Gänge sind in seiner ganzen Länge getrennt und liegen der Vorderwand näher, so dass die hintere oder ventrale Wand mit einer dickeren Muskellage bedeckt ist. Sie bilden am Zwischenkiefer eine Krümmung, um zur vorderen Fläche zu gelangen und sind hier verengert; sie verengern sich zum zweiten Male, wenn sie sich zu den knöchernen Nasengängen hinabbiegen. Nur die zweite Krümmung wird vom schildförmigen Nasenknorpel bedeckt. In der Regel, aber nicht von Cuvier, ist die Verengung an der ersten Krümmung der Nasengänge als eine dem Willen des Thieres unterworfenen Klappe betrachtet worden, welche ihre Dienste thue bei der Festhaltung in dem Rüssel aufgesogenen Wassers bis zum Erguss desselben durch den in den Mund eingeführten Rüssel in den Schlund, wieder einer absonderlichen Funktion der Athemgänge. Die Hauptmasse des Rüssels, von welchem ich selbst habe Scheiben nehmen können, wird durch eine dicke, mit festem Bindegewebe und Fett durchsetzte Muskelmasse gebildet. Die Längsmuskeln, welche vom Stirnbeine und Nasenbeine als dorsale, von den Zwischenkieferbeinen an deren unterer oder hinterer Fläche als ventrale und von dem Vorderrand der Augenhöhle und den Lippenwinkeln als seitliche entspringen, machen die äussere Schicht aus. Sie bilden im Querschnitte jederseits aussen und hinten ein am Hintereck stärkstes mondhornförmiges Polster, welches gegen die ventrale Mittellinie und das Vordereck sich einengt, von letzterem aus aber in

der vorderen oder dorsalen Mittellinie wieder etwas verstärkt wird. Durch sehnige Querstreifen und deren Verwachsungen wie durch Spleissung in eine ungemaine Menge von Bündeln kann diese Muskulatur ihre Arbeit ebensowohl in's Feinste gliedern, als in sehr starken Aktionen nach allen Richtungen kombiniren. Die grösste Kraft wird in der Kombination der Hauptmassen im Einrollen des Rüssels entfaltet. Die Bündel der inneren oder queren Muskulatur setzen sich wie beim Tapir zumeist an die Wand der Nasengänge. Zum grössten Theil, nämlich die von der ganzen Aussenfläche dieser Gänge und vom vorderen Theil der medianen Fläche, strahlen diese zur Peripherie und erreichen entweder nur die Längsmuskelpolster oder treten, und dies besonders an der Vorderwand, zwischen den Bündeln einer zerstreuteren tieferen Schicht von Längsmuskeln durch. Indem sich dieser Theil der Muskulatur beim Elephanten besser studiren lässt als beim Tapir, bemerkt man, dass manche Bündel von der hinteren Kante der Nasengänge und dem hinteren Theil ihrer medianen Wand den Rüssel quer durchsetzen, wobei einige, von den Gängen nach hinten gänzlich abgesondert, die hinteren radiären Bündel quer verbinden. Diese Modifikation ergibt sich dadurch, dass hier die Ausstrahlung von einer Gangwand auf die andere, nicht auf die Peripherie trifft. Von diesen queren Muskeln ist es am leichtesten zu verstehen, dass sie den Rüssel durch Einengung verlängern, während für alle radiär auf die Gänge gestellten zunächst die Erweiterung der letzteren als Effekt anzusehen ist. Da aber die Wände dieser Gänge hinlänglich fest sind, wird auch der Kontraktion dieser Muskeln stets Auslängung des ganzen Rüssels folgen. Die Spitze des Rüssels endlich ist dorsal ausgezogen in den bekannten fein empfindlichen und beweglichen fingerartigen Fortsatz, welcher die eigentliche, die Naslöcher überragende Nasenspitze darstellt. Cuvier hat die Gesamtsumme der am Rüssel verwendeten Muskelbündel auf 40—50,000 geschätzt.

Die sich anschliessenden knöchernen Nasengänge der Säuger werden am Eingang hauptsächlich umschlossen von den Zwischenkieferbeinen und den Nasenbeinen. Die Betheiligung der Oberkieferbeine hängt ab vom Grade der Entwicklung der aufsteigenden Aeste der Zwischenkiefer und es kommt dieselbe z. B. den Rinderformen in ungleichem Maasse zu. In den Boden treten weiter ein die Gaumenbeine und manchmal die Flügelbeine, zugleich als Hülfen in der Bildung des knöchernen Gaumens gegen die Mundhöhle. An den äusseren Wänden nehmen ausser den gedachten Antheil Thränenbeine und Muschelbeine, am Dach Stirnbeine, Siebbein und Keilbein. Die Mittelwand wird gebildet von dem einfachen Pflugscharbein und den es ergänzenden Knorpeln. Für die Länge und Richtung der Nasengänge sind von vorn her vorzüglich die das Dach bildenden Nasenbeine bestimmend, für das hintere Ende die Länge der Gaumenbeine. Durch Theilnahme der Pterygoidea wird vorzüglich bei Monotremen und Ameisenfressern der Nasen-

gang über jene hinaus verlängert. Bei *Echidna* (vgl. Fig. 155, Bd. II, p. 161) nehmen diese daran mehr Theil als bei *Ornithorhynchus*. Bei *Myrmecophaga jubata* L. ziehen die Gänge unter vollkommener Vernahtung jener Knochen im Gaumen bis unter die Ansatzstellen der Zungenbeinhörner am Schädel und die *Pterygoidea* reichen am Boden noch etwas weiter zurück in einer Ausführung, welche den Krokodilen am nächsten kommt; bei *M. tamandua* L. bleibt die Naht klaffend und bei *Myrmedon* findet sich eine relativ breite und lange häutige Brücke. So wird der Uebergang gemacht zu den Gürtelthieren, deren Verhalten verschieden ist, mit viereckigem, breitbogigem oder dreieckigem Gaumenausschnitt. Bei *Orycteropus* kommen diese Verhältnisse den gewöhnlichen der Säuger noch näher als bei Gürtelthieren. Beim Biber sind die Flügelbeine besonders stark hakig abwärts entwickelt, beim Elephanten engen sich durch ihre Aufblähung die Choanen von den Seiten stark ein, so dass sie vertikal viel mehr ausgedehnt sind als in die Breite. In beiden Fällen ist es das Gaumensegel, welches besonders gestützt wird, eine Ausdehnung nicht des knöchernen Nasenganges, sondern der beweglichen Fortleitung desselben zum *Aditus laryngis*. Der Kehlkopf des Elephanten kann sich den Choanen ähnlich anschliessen wie der der Delphine. Er ist allerdings niedriger aber immerhin stossen die *Arytaenoideae*, deren innere Wände aneinander gepresst werden können, mit den vorderen Kanten dicht an eine wenig abgelöste aber stark aufrichtbare *Epiglottis*.

Die grösste Verkürzung erfahren die Nasengänge bei den Zahnwalen. Bei den Sirenen kommt die vordere Mündung der knöchernen Nasengänge in Lage und Gestalt der der Tapire noch ziemlich nahe. Die Bartenwale haben zwar durch die Länge der Zwischenkiefer und Oberkiefer in Relation zu den Nasenbeinen die Nasenöffnungen fern von der Schnauzenspitze, aber sie besitzen doch symmetrische, rhombische Nasenbeine, welche ein wirkliches Dach über dem Naseneingang bilden. Bei den Cetodonten dagegen werden die Nasenbeine in der Regel in plumpe Knollen verwandelt, welche zwischen die Stirnbeine und das Siebbein eingedrückt, nach den Seiten von einander entfernt, durchaus nichts mehr überdecken, so dass die Nasengänge nach oben ganz frei geöffnet sind. Bei Embryonen sind die Knochen, nach van Beneden's Beschreibung für *Hyperoodon*, im Verhältniss gross; sie bleiben in den Erwachsenen bei den *Ziphid* am bedeutendsten, danach bei den Flussdelphinen, indem sie bei *Inia* noch eine rechteckige Gestalt behalten und sich zwischen die *Intermaxillaria* einschieben, auch bei *Stenodelphis* noch ziemlich entwickelt, aber bereits bei dem gangetischen Flussdelphin, *Platanista*, sehr klein sind. Beim Embryo vom *Cachalot*, *Physeter*, fand Owen keine Spur von ihnen. Indem die Nasengänge gar nicht in die von den *Intermaxillaria*, den *Maxillaria* und in der *Axe* vom *Vomer* gebildete Schnauze eintreten, gewissermassen verdrängt durch die Länge der

Zwischenkieferverbindung, ist ihre vertikale Stellung selbst mit Ueberneigung nach hinten unabhängig von der Verlängerung jener, welche den Delphinen gewöhnlich und bei *Platanista* so stark ist wie bei seinem Gefährten im Ganges aus der Krokodilgruppe, während zwischen beiden ein stärkster Gegensatz für den Verlauf der Nasengänge in dieser Schnauze besteht. Die Intermaxillaria, welche in der Regel nur die vordere und seitliche Einfassung der Nasenlöcher übernehmen, bilden helmartig erhoben bei *Ziphius* vor den Stirnbeinen und Nasenbeinen eine andere Art von Dach der Nasenöffnung. Die Maxillaria, welche bei den Bartenwalen durch die Intermaxillaria von den Naseneingängen ausgeschlossen sind, können bei den Cetodonten an ihnen Antheil haben und kommen besonders bei *Globicephalus* zwischen jenen in der Mitte des Vorderrandes der Nasenöffnung auf der Gesichtfläche zum Vorschein. Bei allen breiten sich diese Knochen nach aussen von den Zwischenkiefern stark auf den Gesichtsseiten aus und überdecken die Stirnbeine bis auf einen kleinen Streifen; bei *Platanista* erheben sie sich jederseits neben der Nasenöffnung zu einer hohen, kammartigen, nach innen und nach vorn helmartig übergebogenen Wand, so dass diese zwei Wände sich vor dem Nasenloche beinahe begegnen und einen Aufsatz auf demselben bilden. Sie erheben sich ähnlich bei *Hyperoodon* beschützend über die Nasengrube. Im Eingange der Nasenöffnung erscheint als hintere Wand der Kanäle das Siebbein und in Verbindung mit dessen senkrechter Platte als Scheidewand der Vomer, welcher, sehr ausgedehnt, hinten mit dem Praesphenoideum verbunden, vorne zwischen den Oberkiefern und Zwischenkiefern als gekielte Platte sich fortsetzt und nicht selten zwischen jenen am Gaumen zum Vorschein kommt, wie das auch zuweilen die Intermaxillaria thun. Nach oben kann das Stirnbein ergänzend in die Wurzel der Scheidewand treten. In den Seitenwänden erscheinen weiter kurze Gaumenbeine, welche zugleich am Boden Theil nehmen, gleichfalls kurze Flügelbeine, welche sich zuweilen bis zur Augenhöhle ausdehnen, trichterförmig die hinteren Nasenlöcher umfassen und, indem sie einen Sinus haben, welcher, als Vorderwand einer weiten Röhre, ergänzt durch die Eustachische Röhre, die Nasengrube und das mittlere Ohr verbindet, die Nasengänge zugleich zu Gehörwegen machen. Indem die rechte Gesichtshälfte und zwar manchmal schon im Schnauzentheile grösser ist, werden in der Beugung der Mittellinie die Nasenbeine und die Scheidewand asymmetrisch entwickelt und gelagert und der rechte, an der Konvexität der Wand gelegene Nasengang wird beschränkt. Diese Asymmetrie verringert sich in der Regel in der Tiefe der Gänge gegen die Choanen, so dass sich der symmetrische Kehlkopf anpasst. Die Verdrehung ist am stärksten bei den *Physeteriden*. Bei der *Kogia* des grossen Ozeans misst durch sie nach de Blainville das rechte Nasloch nur $\frac{1}{50}$ des linken, eine Vereinfachung und Verminderung der Widerstände für Athmung mit nur geringer Beschädigung der Lokomotion durch

Asymmetrie, da der Einfluss auf die Gesamtform des Kopfes ein sehr geringer ist. Die bei den Delphinen mit nach vorn gerichteten Hörnern halbmondförmige, äusserlich einfache, ziemlich über den Augen gelegene Oeffnung lagert sich dem entsprechend bei dem kleinen Cachalot, Euphysetes, schief; sie verwandelt ihre Gestalt in eine S förmige bei dem Pottwal, Physeter, und ist, durch die Ueberdeckung der Schnauze mit Walrath nach vorn verlagert, daselbst deutlich links angebracht. Jene besondere Gestalt hat auch Platanista. Der Hinterrand der Spritzlöcher der Cetodonten erhebt sich als eine Klappe, welche durch besondere den Nasenmuskeln Anderer entsprechende Muskeln gehoben und gesenkt werden kann. Diese ist die eigentliche Nasenspitze, vergleichbar dem Rüsselfinger des Elephanten. Die Cachalots können ausserdem die Weite des in ausgedehnten Weichtheilen gelegenen Nasenganges bedeutend verändern. Bei anderen giebt es als Hilfsmittel verschieden gestaltete vordere und hintere Anhangssäcke des Naseneinganges, Spritzsäcke, welche, mit Muskeln umstrickt, zufällig eintretendes Wasser wieder austreiben. Der gehobene Kehlkopf passt sich den Choanen an, um so mehr einem einseitigen, bevorzugten Gange, je mehr die Zweitheilung durch den Spalt zwischen den Cart. arytaenoideae, welcher der Stimmritze der Bartenwale ein dreistrahliges Ansehen giebt, aber dem gemeinen Delphin (vgl. Fig. 429, p. 389) auch nicht ganz fehlt, verschwindet. Uebrigens ist der hintere Theil der Nasengänge durch Kürze der Scheidewand überhaupt einfach. So schiebt sich auch bei jungen Beutelhieren, welche an den mütterlichen Zitzen festhängen, der Kehlkopf in die hintere Nasenöffnung.

An den Choanen kommt das Gaumensegel, welches auch bei schwimmenden Vierfüssern, Hydrochoerus, Biber und beim Elephanten, mit Nutzen für sein besonders geartetes Trinkgeschäft, stark entwickelt ist und den gehobenen Kehlkopf umgreift, als eine Verlängerung des Bodens des Nasenganges ganz besonders in Betracht (vgl. Bd. II, p. 296).

Die äusseren Naslöcher der Bartenwale sind vollkommen gesondert und schlitzförmig nach Art der Schalllöcher einer Geige gebogen. Die Expiration der Wale kann Wasser auswerfen, welches während des Verweilens unter dem Meeresspiegel von aussen oder bei Verschluss der Stimmritze und Senkung des Kehlkopfs vom Munde her in die Nasengänge und ihre accessorischen Säcke gelangt ist. Das bekannte Blasen besteht jedoch mehr in einem Aufwerfen äusseren Wassers, indem die Expiration vor vollständigem Auftauchen begonnen wird und ist in den Beschreibungen öfter übertrieben worden. Bei kalter Luft wird auch der Wasserdampf, welcher der Ausathmung beigemischt ist, sichtbar.

Die Länge der Nasengänge, welche bei den Landthieren mit Schleimdrüsen, so auch innerhalb der Rüsselgänge der Elephanten und Tapire, reichlich besetzt sind, kommt, wie die der Trachea, in Betracht für vor-

bereitende Durchfeuchtung eingeathmeter trockener Luft. In den Nasengängen werden ferner kleine in der Luft suspendirte Fremdkörper, Staub, Russ aufgefangen und mit dem Schleime und durch die Wimperbewegung gesammelt und ausgeworfen. Dafür liefert eine Unterstützung der etwaige Ueberschuss, welcher vom Sekret der Thränenrüsen nach Befeuchtung der Augen bleibt und welcher durch die Thränenkanäle der Nase zufließt. Solches fehlt den Cetaceen, welche zwar eine Thränenrüse aber nur in den Baläniden und Ziphiden ein den verkümmerten Beckenknochen ähnliches stabförmiges, abgeplattetes Thränenbein haben, und deren Nasengänge mit dickem schwarzgefärbten Epithel überkleidet sind. Wo sie leben, giebt es keinen Staub; den gewaltigen Wasserströmen, welche durch ihr Nasenrohr gehen, hält keine Wimperung Stand.

An den Nasengängen aller Säuger ausser den Cetodonten, welche solches höchstens rudimentär haben, entwickelt das Siebbein in den sogenannten Muscheln oder dem Labyrinth ein System von dünnen, schaligen, tutenförmig gewundenen Knochen, auf welchen sich die durch seine Löcher durchtretenden Zugänge der Riechnerven verbreiten, es kombinirt sich das Riechgeschäft dem Athemgange. Spuren der Löcher kommen auch bei Zahnwalen in den glatten Siebbeinen vor; die Bartenwale haben Siebbeinzellen und mit gefässreicher Schleimhaut überzogene Muscheln.

Von der so gebildeten oberen, dem Siebbein angewachsenen Muschelgruppe, Ethmoturbinalia, muss man auf jeder Seite eine untere, die der in der Regel selbständig bleibenden, eigentlichen Muschel, Maxilloturbinale, Concha inferior, unterscheiden. Jene erste Gruppe hat man beim Menschen in eine obere und eine mittlere Muschel, Concha superior und media, gesondert, aber diese Unterscheidung ist nicht von gleicher Bedeutung wie die Absonderung der unteren Muschel. Die Siebbeinblätter anderer Säugethiere ordnen sich keineswegs überall mit gleicher Deutlichkeit in zwei Abtheilungen. Sie sind bei guten Riechern besonders zahlreich. Nur im Siebbeingebiet, Labyrinth, Scheidewand und Nasendach, nicht auf der unteren Muschel verbreiten sich die Riechnerven. Die letztere hat ihre empfindenden Fasern vom fünften Gehirnnerven. Nach dem Stande beim Menschen als untere bezeichnet, scheidet sie den eigentlichen Athemgang von der Riechhöhle. Sie hat bei den übrigen Säugethiern mehr eine Lage vor dem Siebbeinlabyrinth, dies übrigens gemäss dem Gesichtswinkel sehr verschieden. Sie schliesst sich aussen an Gaumenbein und Oberkiefer an und richtet ihre Wölbung gegen die Scheidewand. Sie ist meist nicht einfach, wie bei den Menschen, sondern in zwei oder mehr Blätter gespalten. Diese Blätter breiten sich bei Raubthieren sehr zierlich baumartig und am stärksten bei Robben aus. Die mittlere oder die untere Muschel des Labyrinths kommt in jener Verlagerung manchmal höher zu liegen als die oberste, welche die hinterste geworden ist. Während also der Gang zwischen unterer

Muschel und Boden der Nasenhöhle der eigentliche Athemgang ist, stellt der über der unteren Muschel einen stärker gebogenen Nebenweg dar, auf welchen die zahlreichen Spalten des Siebbeinlabyrinths münden. Die Ausdehnung des Siebbeinlabyrinths, ohne doch direkt mit der Athmung zu thun zu haben, ist von grosser Bedeutung für den Gesamtumfang der Nasenhöhlen. Man kann dieses Labyrinth als eine Nebenhöhle, eine dem Athemgange angelegte Kapsel betrachten, welche sich weit und mannigfaltig gegen ihn öffnet, von im Ganzen kegelförmiger Gestalt und mit grosser Wandvermehrung. Die Nasenhöhle hat weitere Nebenhöhlen, an deren Wänden der Riechnerv sich ebensowenig verbreitet als im eigentlichen Athemgange, von ungleichem Vorkommen und Umfang, besonders reich beim Elephanten, der Giraffe, den Rindern, den Knochenhöhlen der Vögel entsprechend die Schädelmasse erleichternd. Die hauptsächlich dringen in den Oberkiefer und in die Stirnbeine, auch in deren Hornzapfen und manchmal bis zum Schläfenbein und Hinterhauptbein, auch namentlich beim Elephanten in's Keilbein. Ich halte es für irrig, zu meinen, diese Nebenhöhlen, welche übrigens mehr mit den oberen Gängen in Verbindung stehen, könnten, weil nicht mit Riechnerven versorgt, nicht dem Riechgeschäfte, sondern nur respiratorisch der Vorwärmung oder Anfeuchtung der Luft dienen, wie man das vielleicht mit mehr Recht den stark gewundenen unteren Muscheln der Robben zuschreibt. Sie vermehren die Luftbewegung, welche in Aspiration und Exspiration durch Druckveränderung in den blinden, wirklich riechenden Nebenhöhlen stattfindet, und dienen so indirekt dem Riechgeschäfte. Auch die Bekleidungen dieser Höhlen flimmern. Der Werth der grossen Nebenhöhlen, welche die Nase in den Weichtheilen bei den Klappmützrobben umfassen, sich über die Schnauze zur Stirne ausbreiten, ähnlich den Rüssel der australen Art derselben Gattung *Cystophora*, des Seeelephanten, blähen, welche endlich nur den Männchen zukommen, können vielleicht auf das Wittern, vielleicht auf die Stimme bezogen werden. Die eigenthümlich aufgewulstete, einem kurzen Rüssel ähnlich vorgestreckte, im Wittern aufgeworfene Nase der Saigaantilopen dient ausserdem mit ihrer von Muskeln gerunzelten oberen Fläche besonders geschickt, die zahlreichen Oestruslarven aus der Haut zu reiben. Endlich liegen zur Seite der Nasenöffnungen bei der tibetanischen Hochlandantilope, *Panthalops Hodgsonii* Abel, Säcke, welche sich in die Nase öffnen. Die Nase der meisten Säugethiere hat ausser den gedachten kleineren verbreiteten Drüsen neben der unteren Muschel eine besondere Nasendrüse.

Die Darmathmung ist bei höheren Wirbelthieren von keiner wesentlichen Bedeutung, doch schwindet aus der zufällig mit geschluckten Luft allmählich der Sauerstoff vollständig und es steigt, vermuthlich allerdings mehr aus Gährung eingeschlossener Materien als aus Ausscheidung aus dem Blute der Prozentsatz der Kohlensäure, so dass *Chevreul* im Magen 14 0/0,

im Dünndarm 24—40 %, im Dickdarm 43—70 % und Planer im Dickdarm der Hunde bis 98,7 % der eingeschlossenen Gase als Kohlensäure nachwies. Auch enthält der Dickdarm mehr Stickstoff als der Dünndarm.

Die Bedeutung der Haut für die Kohlensäureausscheidung darf bei höheren Wirbelthieren nicht so hoch geschätzt werden, als man das auf unreine Erfahrungen bei Hautverbrennung und auf Versuche mit Ueberfirnissen annehmen zu müssen meinte. Regnault und Reiset fanden, dass durch die Haut bei Vögeln und Säugern selten $\frac{1}{50}$ von der durch die Lungen abgegebenen Kohlensäure austrete und das Ergebniss war in Scharling's Versuchen beim Menschen ganz ähnlich. Bei der mit dicken Epidermis-lagen überdeckten Haut einiger Säuger dürfte das Verhältniss noch ungünstiger sein.

Der Effekt der Athmung auf das Blut bemisst sich mit Rücksicht auf den Umfang der Athmung, die Beschaffenheit der geathmeten Luft, den Umfang der Blutexposition und die Beschaffenheit des exponirten Blutes. Der im engeren Sinne respiratorische besteht in Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlensäure. Der Sauerstoffverbrauch ist sehr ungleich nach Klasse, Art, Geschlecht, Alter, augenblicklichem Zustand, Leistung des behandelten Thieres und nach äusseren Umständen. Ein erwachsener Mensch verbraucht nach Vierordt in 24 Stunden rund 520 Liter Sauerstoff und giebt, indem nicht aller Sauerstoff zu Kohlensäurebildung verwendet wird, 443 Liter Kohlensäure ab; ein Pferd produzierte nach Lassaigue nach dem Maass der einzelnen Stunde, welches aber nicht wohl anwendbar ist, ungefähr siebenmal, ein anderes zehnmal so viel Kohlensäure als der Mensch, ein Stier noch ein Viertel mehr, eine Ziege von fünf Monaten halb so viel als der Mensch, ein grosses Kaninchen nach Desprets ungefähr ein Neuntel davon, ein Sperling nach Edwards ungefähr $\frac{1}{4}$ Liter für den Tag. In Henneberg's Versuchen produzierten auf Erhaltungsfutter gesetzte Rinder für 1000 Theile Körpergewicht 11,7—18 Gewichtstheile Kohlensäure und brauchten dazu 8,53—13,12 Gewichtstheile Sauerstoff. Man nimmt, wenn man diese Gewichtsrelation auf allerlei Thiere anwendet, eine gewisse Uebereinstimmung wahr. Man findet jedoch bei genauerer Prüfung wenigstens im Allgemeinen eine erhebliche relative Vermehrung der Ausscheidung, also auch des Bedürfnisses an Nahrung und Sauerstoff für kleine Säuger und Vögel gegenüber grossen. Dieses Gesetz gilt nicht im Vergleiche der höheren mit den niederen Wirbelthierklassen. Amphibien und Fische liefern sehr wenig Kohlensäure, Frösche im Vergleich mit kleinen Säugern nur ein Zehntel dessen, was sie nach dem Gewicht sollten, eine Schleie etwa nur ein Hundertel. Der Sauerstoffverbrauch sinkt beim Murrelthier von fast zwei Liter mit eintretender Lethargie des Winterschlafs auf ein Zehntel und in dessen grösster Vollendung, wie auch bei Igel, Siebenschläfern und Fledermäusen auf ein Unmerkliches. Murrel-

thiere athmen in den durchschlafenen sieben bis acht Monaten nur etwa soviel als in zwei Sommertagen. Mit der Abnahme der Athmung sinkt zugleich der Herzschlag und die Eigenwärme. Es ist das ein Excess auf dem Wege der Beschränkungen der Zahl der Athemzüge und der Kohlensäureausscheidung, welche im gewöhnlichen Schlafe eintreten und sich die erste beim Menschen auf etwa $\frac{1}{4}$, die andere bis über $\frac{1}{3}$ belaufen, mit terminalem grösstem Erfolge für die Temperatur, welche sich im gewöhnlichen Schlafe nicht leicht um vollkommen 1° C. erniedrigt, bei den winterschlafenden Säugern aber sich nur wenig über die der Umgebung erhebt, ohne dass dieselben jedoch wie Frösche, Fische, Schnecken und andere niedere die Versetzung auf den Gefrierpunkt ertragen. Die Möglichkeit solcher Beschränkung nach Zeit und Umständen gilt auch für Wirbellose. Schmetterlinge setzen im Puppenstande die Kohlensäureausscheidung der Raupe auf 10 % und selbst 4 % herunter. Die Kohlensäureproduktion ist also bei den höheren Wirbelthieren nicht allein grösser, sondern sie ist auch, mit Ausnahme der Winterschläfer und für diese nur in dieser besonderen, von der äusseren Temperatur abhängigen Erscheinung, beständiger als bei den niederen und den Wirbellosen. Ihr grösseres Maass bei den kleineren gewährt diesen, welche durch eine in Relation zur Masse grössere Oberfläche mehr der Abkühlung ausgesetzt sind, eine ähnlich hohe Eigenwärme wie den grösseren und ein relativ grösseres Maass von organischer Leistungsfähigkeit. Die Versuche ergeben für Säugethiere und Vögel eine so grosse Uebereinstimmung der Eigenwärme, dass man annehmen darf, die Gewebe dieser Klassen, namentlich die Nervengewebe und Muskelgewebe seien für ihre Leistungsfähigkeit von einer fast genau festen Temperatur abhängig. Kleine Erhöhungen erheben die Leistungen, Verminderungen verlangsamen sie und schläfern sie ein; eine Ueberschreitung gewisser, für die Einzelnen verschieden bemessener Gränzen nach beiden Richtungen hin tödtet. Ein Theil der Differenzen zwischen den Eigenwärmern der Arten lässt sich sehr deutlich auf, sei es in der Grösse, sei es in der Lebensweise gegebene ungleiche Abkühlung beziehen, so dass dieselben im natürlichen Verhalten sich viel weniger geltend machen, als im Versuche. Ein anderer Theil erklärt sich daraus, dass die vergleichenden Messungen in der Kloake gemacht zu werden pflegen, einer Körperstelle, welche nicht das Maximum der Eigenwärme angiebt und bei verschiedenen Thieren mit einem sehr ungleichen Gefässreichthum und einer sehr ungleichen Entfernung von den Hauptcentren sich in verschiedenem Grade von jenem Maximum entfernt. Die höchsten Temperaturen wurden an dieser Stelle mit nicht ganz $+ 44^{\circ}$ C. bei Schwimmvögeln, welche auch den grössten Verlusten, namentlich die polaren ausgesetzt sind, und brütenden Hähnern gefunden. Vögel sinken selten unter $+ 41^{\circ}$ C. und nur ausnahmsweise unter $+ 40^{\circ}$ C. Nur wenige und zwar sehr lebhafte Säugethiere überschreiten dagegen diesen Punkt

und die meisten halten sich auf $+ 37-39^{\circ}$ C. Für die Ueberschreitungen der gewöhnlichen Wärme nach oben besteht für höhere Wirbelthiere ein geringes Maass. Eine Erhöhung um wenige Grade ohne Veranlassung durch die äusseren Umstände bezeichnet beim Menschen einen aussergewöhnlichen Gewebszerfall, eine auf $+ 41^{\circ}$ C. ziemlich sicher eine tödtliche Erkrankung. Nach Bernard und Kühne ertragen Säugethiere niemals eine Erhöhung ihrer Blutwärme über $+ 45^{\circ}$ C. und Vögel nie über $+ 48^{\circ}$. Eine Abkühlung des Blutes führte dagegen im extremsten Falle von Chossat bei der Taube erst bei $+ 18,5^{\circ}$ zum Tode und wird am besten ertragen von Neugeborenen und Winterschläfern. Die erzeugte Wärmemenge ist etwas grösser, als der Kohlensäureproduktion entspricht, weil ein Theil des Sauerstoffs in anderen Oxydationen verwendet wird. Bei den niederen Wirbelthieren ist die momentane Lebensenergie so ungleich, so sehr bestimmt von der äusseren Temperatur und wieder so bestimmend für die Eigenwärme, diese also nach der äusseren Temperatur so wechselnd, dass man in der Regel nur die etwaigen Ueberschreitungen der Temperatur der Umgebung durch die Temperatur des Thieres registriert. Einer Vervollständigung der Untersuchung durch Ausdehnung auf allerlei äussere Temperaturen mit Feststellung der Normalen für die einzelne Art setzt die geringe Grösse der meisten und die Schwierigkeit der Haltung grosse Hindernisse in den Weg. Am meisten Werth darf man auf die Beobachtung von Valenciennes legen, nach welcher die Brutwärme eines Python auf seinen Eiern $+ 41^{\circ},5$ C. war, welche das Thier durch dauernd mindestens sechs Grad Erhebung über die äussere Temperatur zu behaupten vermochte. Man findet hier eine Uebereinstimmung mit der nöthigen Temperatur der Warmblüter. Es handelt sich also bei diesen Reptilen hauptsächlich um die Möglichkeit, eine grössere Herabsetzung der Temperatur zu ertragen als die Warmblüter, um eine grössere Tenazität des Lebens, verbunden mit einer geringeren Wärmeproduktion, aber nicht um eine Erniedrigung des Wärmepunktes für vollkommenste Vitalität. In den Beobachtungen von Czermack wurde diese Wärmeproduktion von Eidechsen noch überschritten, insofern sie sich um $8^{\circ},12$ über die Umgebung zu erheben vermochten; anders verhielt es bei Amphibien, da bei Proteus die innere Wärme sich höchstens um $5^{\circ},6$ über die äussere, beim Frosch höchstens um $2^{\circ},8$, meist um weniger als 1° erhob, was sich ähnlich bei Fischen ergeben hat. Mit der Verminderung der Produktion erhebt sich die Tenazität noch mehr, der Frosch erträgt das Gefrieren.

Der Unterschied der Temperatur des Körpers oder, als des maassgebenden, des Blutes höherer Wirbelthiere gegenüber den niederen unter den gewöhnlichen Lebensumständen konnte im Allgemeinen auch den Aelteren nicht verborgen bleiben, aber die bestimmte Sonderung in warmblütige und kaltblütige und die Verknüpfung dieser Differenz mit den von

Ray ab bekannt gewordenen Herzeinrichtungen findet sich beispielsweise in den anfänglichen Ausgaben des Linné noch nicht. Erst Laurenti bezeichnete 1768 die Reptile als kaltblütige Thiere. Die Zweitheilung der Wirbelthiere in Verbindung der Säuger und Vögel als Haematotherma und der übrigen als Haematocrya (κρύος Frost) machte Owen 1858. Die ungleiche Wärmebeständigkeit der beiden Gruppen findet Ausdruck in den Titeln Homiotherma und Poikilotherma (Wechselwarme).

Die viel grössere Wärmebeständigkeit der höheren Abtheilung beruht wie einerseits auf der Grösse der möglichen Wärmeproduktion, so andererseits auf besonderen Schutzmitteln gegen Abkühlung und Ueberhitzung und auf einer im einen und anderen Falle thätigen Wärmeregulation. Man hat zu fragen, was kann das Thier an Wärme produziren, wie viel auszugeben wird ihm zugemuthet, wie gross muss die verbleibende Eigenwärme sein, um seine Lebensarbeit zu sichern oder doch mindestens das Unerlässliche daraus einige Zeit zu fristen. Mit diesen sämmtlich veränderlichen Faktoren ergibt sich das Resultat, dass einige Säuger, so der Mensch und einige Vögel Lufttemperaturen niedriger als -40° C., andererseits Menschen wenigstens eine kurze Zeit den Aufenthalt in einer trockenen Luft von über $+100^{\circ}$ C. ertragen. Die Grenzen durch äussere Umstände, binnen welcher die Homöothermie eingerichtet ist, sind also sehr weite. Die Extreme sind allerdings nur vorübergehend zu ertragen; man darf namentlich bei jenen hohen Temperaturen nicht vergessen, dass innere, wichtige Theile bei der Kürze der Zeit bei Weitem nicht auf dieselben kommen. Nicht einmal ein Drittel jenes Maasses, eine Spanne von weniger als 50° , kann als längere Zeit durch Wärmeregulirung beherrscht betrachtet werden. Absolut ist diese Regulirung überhaupt nicht. Bei Veränderung der geographischen Breite verändern Menschen ihre Eigenwärme um 1° und mehr.

Es giebt zwei Kategorieen von Mitteln zur Regulirung der Wärme, die Veränderung in der Wärmeproduktion und die in der Wärmeausgabe. Die Ausgabe von Wärme kommt auf zwei nicht scharf getrennte, aber gesondert zu bedenkende Weisen zu Stande, in der gewöhnlichen Abgabe an die Umgebung, besonders die Luft, und in der an verdunstendes Wasser. Die Geschwindigkeit, mit welcher auf diesen Wegen Wärme entzogen wird, die in einer Zeiteinheit verlorene Wärmemenge hängt nicht allein von der Temperatur der Luft oder des Wassers, in welchen das Thier lebt, und dem Wassergehalt der Luft, sondern von der Bewegung der Theilchen ab zunächst auf der Oberfläche des Körpers. So spielen die Schutzmittel besonders in kalten Klimaten eine grosse Rolle, bei Vögeln dichtes Federkleid mit lockerem Dungefieder und gegen das Eintreten des die Luftzwischen-schicht verdrängenden Wassers gut durch Einfettung und dichten Schluss des Deckkleides gewahrt, bei Säugern ein langes Haar auf kurzgegliedertem Rumpfe mit dicker Unterhautfett-schicht oder bei im Wasser wohnenden, unter Beschränkung des

Haars oder Ersatz desselben durch dicke Epidermislagen, wesentlicher oder ausschliesslich der Speck. Solches macht auch in den höchsten besuchten Breiten warmblütige Bewohner möglich. Die Fettlager sind zugleich die Reserven für Wärmeproduktion in nahrungsarmer Zeit, eine Nahrung mit minimalen Ausgaben in der Verarbeitung und vom grössten Brennwerthe. Um den Leib gelegt, wie die Holzstösse der Gebirgsbauern um das Haus, bestreiten sie mit ihrem Frühjahrsüberschusse die Unkosten der geschlechtlich erregten Zeit und werden danach in ununterbrochenen futterreichen Tagen wieder angesammelt. Weitere Hilfsmittel sind das Aufsuchen geschützter Stellen, für den Eisbär das Lager unter tiefem Schnee, das Verbleiben im Wasser für Robben, die Annahme von Stellungen, welche weniger aussetzen, das Zusammendrängen, wie in den Heerden der Moschusrinder. Namentlich aber giebt es eine Selbststeuerung der Wärmeausgabe durch die Kälte, indem letztere die Gefässmuskulatur erregt und die oberflächlichen Kapillaren verengert, die Zahl der Athemzüge beschränkt, die direkte Abkühlung und, mit einem das überwiegenden Effekte, die durch Wasserverdunstung verringert. Es kann in der Athmung selbst nicht wohl an Wärmeausgabe gespart werden, ohne die Sauerstoffaufnahme zu verringern. Aber die Ersparniss an Abkühlung durch Verringerung und Vertiefung der Athemzüge und vollständigere Ausnutzung des Sauerstoffs in der Lungenluft ist zunächst bedeutender als die Verminderung der Wärmeproduktion durch Minderung des Sauerstoffeintritts in das Blut.

Kalte Klimate oder Winterschlaf zu ertragen, sind solche Thiere eher geeignet, welche den Sauerstoff der Luft stark auszunutzen im Stande sind, vorausgesetzt, dass sie überhaupt eine hinlängliche Wärmeproduktion haben. Es ist jenes gleich dem Ertragen niederer Eigenwärme ein Charakter niederer Thiere und bei den Warmblütern eine Aehnlichkeit gegen jene hin. Ein Sperling stirbt bereits bei einer Verminderung des Sauerstoffgehaltes der Luft auf 15%, ein Mensch ganz rasch bei 11%, eine Maus bei 10%, ein Frosch bei 3—4%; ein Zitterrochen vermag dem Wasser den letzten Rest des Sauerstoffs der aufgelösten Luft zu entnehmen. Bei Erreichung einer gewissen Abkühlung tritt allerdings Unruhe, auch bei Winterschläfern, und lebhafteres Athmen ein. Bewegungen, wie wir sie in Laufen und Schlagen mit den Armen zu machen lieben, beschleunigen die Blutcirculation, damit die Verbrennung und bilden ein äusserstes Hilfsmittel. Da sie aber in jeder Beziehung die Abkühlung vermehren, ist, sie lange auszuüben, nicht die Kraft vorhanden, und es ist dieses Hilfsmittel nur von prekärem Erfolge. Dass die Kohlensäure in allen Theilen des Körpers gebildet, also zum grossen Theile fertig mit dem Blute den Athmungsorganen zugeführt und ebenso der Sauerstoff zumeist in diesen Organen vom Blute nur gebunden und erst in den übrigen Körpertheilen verwendet wird, das Ueberwiegen der inneren Athmung der lebenden Gewebe, mit besonderer

Bedeutung für die Nervencentren, braucht an dieser Stelle nicht weiter erörtert zu werden.

Die Wasserdampfausscheidung, welche hierbei in Betracht gekommen ist und welche zum Theil durch die Haut, zum anderen Theil durch die Lungen geschieht und in beiden Weisen als Transpiration bezeichnet werden kann, ist ein mehr accessorisches bei der Respiration und in höherem Grade veränderlich als die Kohlensäureausscheidung. Die Vermehrung dieser Ausscheidung ist der hauptsächlichliche Regulator, wenn die Höhe der Lufttemperatur dem Organismus gefährlich zu werden droht. Aber sie funktioniert unvollkommen, weil nicht allein von der Wärme, sondern vom Feuchtigkeitsgehalt der Luft abhängig, und so vermissen wir sie bei heisser, feuchter Luft schmerzlich. Die Lufttemperatur überschreitet selten die Eigenwärme der Thiere, indem diese durch Wahl der Zufluchtsorte, Beschränken des Umherstreifens auf die Nacht, Eintreten in das Wasser u. s. w. sich zu schützen verstehen. Es bleibt also meist ein Spielraum für Wärmeproduktion und es handelt sich zunächst darum, wenn dieser sehr gering ist, die Lebensäusserungen soweit zu ermässigen, dass die bei ihrem Zustandebringen erzeugte Wärme den Körper nicht unerträglich überhitze. Einiges davon kann bewusst gewählt werden. So erkennen wir im Schlafen bei der Hitze, in Bescheidung in Arbeit und Ernährung wichtige Hilfsmittel zur Existenz in tropischen Breiten. Grade in den heissesten Ländern haben warmblütige Thiere eine Art amphibischer Trägheit, abhängig von einem sehr geringen Stoffwechsel. Sie bedürfen viel mehr des Schutzes bei Abkühlung der Luft, als dass ihre eigene Verbrennung sie bei höherer Temperatur in Gefahr der Ueberhitzung brächte. Ein selbstregulirendes Mittel ist die Arbeit der Schweissdrüsen, welche in der Gefässerschaffung der Haut durch die Wärme eine Anzahl von Körpern aus dem Blute entleeren, ohne dass diese sich so vollständig oxydirt hätten, als sie es sonst gethan haben würden, also mit einer Minderung der Wärmeproduktion, und mit diesen Stoffen eine Menge von Wasser, welches auf der Haut rascher verdunstet, als es durch die Bedeckungen hindurch zu thun vermocht hätte, damit mehr abkühlend, in einem ähnlichen Erfolge, wie in porösen Kühlgefässen oder wie wenn etwa Elephanten sich mit von aussen genommenem Wasser übergossen. Der nasse Schweiss auf der Haut findet sich besonders bei solchen Thieren, welche durch Nachstellungen anderer zeitweise zu sehr gewaltiger Anstrengung und damit Wärmetüberproduktion gezwungen werden, den Hufthieren, während als jagende Thiere die Hunde vielmehr bekannt sind durch die starke Exposition Wasserdampf aushauchender Regionen mit geöffnetem Maule und vorhängender Zunge. Bei einfacher Erhitzung durch die Luft überwiegt die unmerkliche Perspiration. Nach den Versuchen von Delaroche und Berger betrug in Berechnung für die Minute die Wasserabgabe eines Mannes bei 40—42° C. fast 4, bei 59—61° über 16,

bei 71—72° über 24 und bei 86—87° 110 Gramm, während unter mittleren Verhältnissen der Wasserverlust des Menschen durch die Athmung kaum $\frac{1}{3}$ Gramm in der Minute und durch die Haut vielleicht das Doppelte beträgt. Bei Rindern ist der Wasserverlust durch Haut und Lungen ziemlich dem Gewicht proportional grösser. Wenn die Organe solches gestatteten, würde eine sehr grosse Regulirung durch vermehrte Aufnahme von Wasser und dessen Verdunstung zu erzielen sein. Der Schutz durch langes Haar und dicke Haut gilt übrigens auch gegen die Hitze, man findet ihn ganz besonders für einige tropische Thiere und Pachydermen bilden sich dazu nicht selten noch Panzer von Schlamm. Immerhin können warmblütige Thiere, deren Lebensenergieen in eine gewisse enge Gränze gebunden sind, nicht gar lange einer ihre normale Eigenwärme übertreffenden Luftwärme widerstehen, solche mit grosser Masse länger als kleine.

Die Wasserverluste der nackthäutigen Amphibien sind besonders gross. Ein Frosch verlor nach Milne Edwards in sechs Stunden mit 17 Gramm mehr als ein Drittel seines Gewichtes unter Verhältnissen, unter welchen eine durch ihre Schuppen geschützte kleine Eidechse nur ein Zwölftel einbüsste. So ist für Amphibien bei trockenem Wetter der Aufenthalt im Wasser oder an versteckten Plätzen und nächtliches Leben obligatorisch. Letzteres gilt auch für viele Reptile, am meisten für die am unvollkommensten beschuppten Geckonen. Ein anderer Vortheil betrifft die Wasserausgabe liegt für Reptile und die durch das Gefieder gleichfalls betreffs der Verdunstung sehr geschützten Vögel darin, dass sie Harn und Koth in sehr wasserarmem Zustand abgeben, und so fast alles als Speise und Trank aufgenommene Wasser für die Lungentranspiration verwenden.

Ausser dem Feuchtigkeitsgehalt, der Bewegung und dem atmosphärischen Druck der Luft kommt für das Maass der Verdunstung der Feuchtigkeitsgehalt des thierischen Leibes in Betracht. Die Wasserverluste nehmen unter sonst gleichen Umständen ab mit dem Sättigungsgrade. Eine trockene Konstitution, besonders eine trockene Haut, an weichen Theilen arme Luftschläuche, Lungensäcke mit wenig maschigem Gewebe schränken die Verdunstung; damit aber auch das homöothermische Vermögen ein.

Bei einigen wasserbewohnenden Säugethieren kommt auch ein statischer Effekt der Lungen in Betracht, z. B. bei den gerne schlafend auf dem Wasser treibenden Dugongs, und es kann nicht bezweifelt werden, dass, wenn ein angeschossener Wal, wie man angiebt, in wenigen Minuten bis tausend Faden tief untertaucht, dabei seine Lungen kollabiren und sein spezifisches Gewicht sich vergrößert in ähnlicher Weise wie bei Fischen mit Schwimmblasen. Es sind das die extremsten Fälle von Leben der Säuger unter erhöhtem Druck, welcher für den Menschen mit wenigen Atmosphären schwer erträglich wird.

Die durchschnittliche Erhebung der Festländer über den Meeresspiegel

berechnete A. v. Humboldt auf etwa 1000'. Sie scheint jedoch fast doppelt so hoch zu sein. Man darf nicht zweifeln, dass das Maximum warmblütigen thierischen Lebens ähnlich liegt. Einzelne Thiere gehen allerdings sehr hoch. Wenn man von bedeutenden Höhen der Cordilleras Condore als verschwindende Punkte über sich sah, wird es sich etwa um Erhebungen von 25,000' gehandelt haben. Eine reiche Säugethierwelt mit Yack's, weissbrustigen Argalis, Chulan's, Antilopen, Bären, Füchsen, Manulkatzen, Hasen, Pfeifhasen, Murmelthieren findet sich nach Przewalski noch in 14,500' Höhe zwischen den Gebirgen Schuga und Bajanchara in Centralasien in einer Wüste mit furchtbaren Frösten, Stürmen, Schneetreiben und Regen, in welcher der Europäer von den geringsten Anstrengungen ermüdet und von Schwindel und Erbrechen betroffen wird und das Wasser bei 68° R. kocht. In noch bedeutenderer Höhe von 4980 m. leben in Tibet am oberen Indus zu Thok Jalung im Sommer und Winter Menschen unter Zelten von Yackhaaren, welche in Vertiefungen gestellt werden. In Südamerika hat das Dorf Llauri Cocha im Cerro de Pasco 4560 m. und die Stadt Potosi 4000 m. Meereshöhe, in Europa das Hospiz des St. Bernard nur 2743 m. Die Fähigkeit, den mit so hohen Wohnplätzen verbundenen niederen Luftdruck, die Rarefikation der Athemluft, die sparsamere Verbrennung zu ertragen, oder durch Vermehrung der Athemzüge auszugleichen, ist für Warmblüter ungleich stark, kommt übrigens ersichtlich solchen aus sehr verschiedenen Ordnungen zu und hängt viel von Uebung ab. Die Frage komplizirt sich übrigens durch die Temperatur, die Insolation, den Wassergehalt der Luft und die Ernährung. So geschieht es, dass die Thiere mit grösserer Kraft in sich, die Warmblüter, sich in viel bedeutendere Höhen ausbreiten als Reptile und Amphibien und unter ihnen zu meist solche, welche ohne Schwierigkeit die Stelle wechseln.

Druckfehler.

Zum zweiten Theil nachträglich:

Inhaltsverzeichniss Seite VII Zeile 22 von unten lies „Malacozen“ statt „Malagozen“.

Seite 372 Zeile 17 von oben lies „Hubrecht“ statt „Hoffmann“.

„ 485 „ 6 von unten lies „Python“ statt „Phyton“.

Zum dritten Theil:

Seite 173 in den Zeichen der Figur 332 links lies „dlp“ statt „llp“.

„ 180 Zeile 23 von oben lies „Rückenkiel sich“ statt „Rücken kielsich“.

„ 239 in der Erklärung zu Figur 375 lies „epibranchialen und hypobranchialen“
statt „epipharyngealen und hypopharyngealen“.

„ 250 in der Erklärung zu Figur 377 lies „Hypobranchialia“ statt „Hypopharyn-
gealia“.

„ 306 Zeile 2 der Figurenerklärung lies „Caecilia“ statt „aecilia“.

„ 309 Zeile 6 von oben lies „Merrem“ statt „Merren“.

„ 313 Zeile 4 von oben lies „Schweine“ statt „Schwimm“.

„ 334 Zeile 1 von unten lies „repräsentiren“ statt „repräsentirten“.

„ 342 Zeile 1 von unten lies „auch“ statt „uch“.

„ 349 Zeile 15 von oben lies „und dem“ statt „und der“.

„ 355 Zeile 19 von unten lies „Athmung,“ statt „Athmung“.

„ 358 Zeile 1 von unten lies „geringeren“ statt „eringeren“.

„ 366 Zeile 9 von unten lies „brachiocephalischen“ statt „bracheocephalischen“.

„ 376 Zeile 15 von unten lies „Nasenscheidewand,“ statt „Nasenscheidewand“.

„ 385 Zeile 5 von unten lies „Hinausgehende“ statt „hinausgehende“.

„ 410 Zeile 10 von oben lies „schwarzgefärbtem“ statt „schwarzgefärbten“.

14 DAY USE
RETURN TO DESK FROM WHICH BORROWED

BIOLOGY LIBRARY

This book is due on the last date stamped below, or
on the date to which renewed.

Renewed books are subject to immediate recall.

INTERLIBRARY LOAN

FEB 16 1990

UNIV. OF CALIF., BERK.

LD 21-50m-6,'59
(A2845a10)476

General Library
University of California
Berkeley

allgemeine zoologie

P23
v.3

BIOLOGY
LIBRARY
G

~~4-6-23 missing~~

for dep MAY 18 1924

MAY 31 1924 ZOOLOGY DEPT.

MAY 2 1931 ZOOLOGY DEPT. MAY 21 1931
Z.B.C. APR 19 1931

283154

Pagenstecher

Cit. 42

BIOLOGY LIBRARY P23
v.3

UNIVERSITY OF CALIFORNIA LIBRARY

