

Untersuchungen über die Veränderungen, welche die Respirationsorgane der Säugetiere durch die Anpassung an das Leben im Wasser erlitten haben.

Von

Otto Müller.

(Aus dem zoologischen Institut der Universität Jena.)

Mit Tafel III—VI.

Seitdem HAECKEL in seiner „Generellen Morphologie der Organismen“ darauf aufmerksam gemacht hat, welche weitgehende Bedeutung die Anpassungserscheinungen für die Stammesgeschichte besitzen, gehört das Studium dieser Erscheinungen zu den interessantesten und bevorzugtesten. Die relativ erheblichen Schwierigkeiten, welche sich derartigen Untersuchungen entgegenstellen, erklären es zur Genüge, daß wir eine gründlichere Kenntnis dieser biologischen Verhältnisse bisher nur von den niederen Ordnungen besitzen. Am wenigsten sind ohne Zweifel die Säugetiere berücksichtigt worden, und von den speciell angepaßten Formen derselben hatten sich eigentlich nur diejenigen eines größeren Interesses zu erfreuen, welche sich dem Wasserleben mehr oder weniger ergeben haben. Die Umformungen, welche dadurch herbeigeführt wurden, sind schon an verschiedenen Organsystemen, so besonders durch KÜKENTHAL¹⁾, eingehend studiert worden, doch sind noch nicht alle Organe in den Kreis der Untersuchungen einbezogen worden. Zweck der vorliegenden Untersuchungen ist, das Respirationssystem auf seine Anpassung an das Leben im

1) KÜKENTHAL, Vergl.-anat. und entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an Waltieren, Jena 1889 und 1893.

Wasser zu untersuchen. Einzelne Teile desselben, wie die Nase und der Kehlkopf, die bereits durch KÜKENTHAL¹⁾ resp. DUBOIS²⁾ eine gründliche Bearbeitung gefunden haben, konnten von vornherein ausgeschaltet werden, so daß sich mein Augenmerk hauptsächlich auf die Lungen zu richten hatte.

Der Gang meiner Untersuchungen gestaltete sich so, daß ich zuerst die Wale untersuchte, von denen ich hoffen durfte, daß sie die Veränderungen am deutlichsten zeigen würden. Ich suchte bei einzelnen Zahn- wie Bartenwalen die anatomischen Verhältnisse festzustellen und gleichzeitig besonders die Beziehungen der Lungen zu dem Thorakalraum, den Rippen und dem Brustbein einerseits, dem Zwerchfell andererseits. Daneben untersuchte ich, soweit es das Material gestattete, die Entwicklung der Lungen. Auf Grund dieser Befunde habe ich dann versucht, festzustellen, welchen Einfluß die veränderte Lebensweise im Wasser auf die Respirationsorgane ausgeübt hat.

Durch Heranziehung anderer Wassersäugetiere, des Seehundes, der Seeotter und der Fischotter, und durch Vergleichung derselben mit den nächsten landbewohnenden Verwandten habe ich dann meine Ansicht gestützt.

Bis vor kurzer Zeit sind die Lungen der Säugetiere sehr stiefmütterlich behandelt worden, und erst neuere Arbeiten, so von RUGE³⁾ und TANJA⁴⁾, sowie AEBY⁵⁾ bzw. NARATH⁶⁾, haben neue und wichtige Gesichtspunkte gebracht und sind mir daher für meine Untersuchungen vorbildlich geworden.

An Material stand mir ein Teil der wertvollen Sammlung des Herrn Prof. KÜKENTHAL zur Verfügung, und zwar waren es größere wie kleinere Embryonen, sowie Schnittserien durch ver-

1) l. c. Teil II, p. 322—347.

2) DUBOIS, Ueber den Larynx der Cetaceen, in WEBER, Studien über Säugetiere, Jena 1886, S. 88—111.

3) RUGE, 1. Der Verkürzungsprozeß am Rumpfe der Halbaffen. Morphol. Jahrb., Bd. 18, S. 185—323. — 2. Die Grenzlinien der Pleurasäcke und die Lagerung des Herzens bei den Primaten. Morphol. Jahrb., Bd. 19, 1891, S. 149—249.

4) TANJA, Ueber die Grenzen der Pleurahöhle bei den Primaten und einigen anderen Säugetieren. Morphol. Jahrb., Bd. 17, 1891.

5) AEBY, Der Bronchialbaum des Menschen und der Säugetiere. Leipzig 1880.

6) NARATH, Die Entwicklung der Lunge von *Echidna aculeata*, in SEMON, Zool. Forschungsreisen in Australien, Bd. 2, 1896, Lief. 3.

schiedene Wale., Ferner wurden mir auch 4 erwachsene frische Exemplare von *Phocaena communis* zur Verfügung gestellt.

Von Zahnwalen untersuchte ich zunächst 3 *Phocaena*-Embryonen. Der größte hatte eine direkte Körperlänge von 53 cm, der kleinste von 7,1 cm. Von dem dritten, der 13,4 cm über den Rücken maß, stand mir nur die Brustregion zur Verfügung.

Von *Beluga leucas* gelangten 3 Exemplare zur Untersuchung, ein kleinerer von 5,6 cm Länge, in eine tadellose Schnittserie zerlegt, und 2 größere von 24 bzw. 29 cm direkter Körperlänge.

Meine Untersuchungen über *Hyperoodon rostratus* sind an einem Embryo von 55 cm Länge vorgenommen worden.

Von Bartenwalen untersuchte ich 2 Embryonen von *Balaenoptera musculus* von 59 cm und 104 cm direkter Länge.

Schließlich konnte ich noch lückenlose Schnittserien durch einen Embryo von *Delphinus*, von *Monodon monoceros* und *Balaenoptera rostrata* zum Vergleich heranziehen.

Von temporären Wassersäugetieren gelangten 5 zur Untersuchung. Durch gütige Vermittelung des Herrn Dr. HARTLAUB auf Helgoland kam ich in den Besitz zweier Seehunde, *Phoca vitulina*, von denen einer eine Länge von 104 cm hatte, während ich von dem zweiten, der kaum ein paar Tage alt sein mochte, die Länge nicht genau angeben kann, weil der Schädel zertrümmert war. Eine Seeotter, *Enhydra marina*, einen ausgetragenen Fötus von 34 cm Länge, stellte mir das Hamburger Museum auf Veranlassung des Herrn Dr. PFEFFER freundlichst zur Verfügung, und zwei weibliche Fischottern, *Lutra vulgaris*, verdanke ich den liebenswürdigen Bemühungen des Herrn Oberinspektor SCHULTZE in Jena.

Es sei mir gestattet, allen Herren, die mich mit Material unterstützten, hier meinen verbindlichsten Dank zu sagen. Vor allem aber drängt es mich, meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. KÜKENTHAL für die Ueberlassung des so wertvollen Materials sowohl als auch für die mir in reichem Maße erwiesene Anregung und für das Interesse bei Anfertigung dieser Arbeit meinen tiefgefühlten Dank zu sagen. Endlich möchte ich nicht unterlassen, Herrn SCHÜTTAUF in Jena von dem Hause C. ZEISS, der mir in freundlicher Weise vortreffliche Photographien von einigen Bronchialbäumen herstellte, bestens dafür zu danken.

1. Teil.

I. Untersuchungen über die äussere Gestalt der Lungen.

Specialuntersuchungen.

A. Waltiere.

I. *Phocaena communis* LESS.

Obwohl der Brautfisch in hohem Maße unser Interesse verdient, dazu nicht selten und verhältnismäßig leicht einer Untersuchung zugänglich ist, besitzen wir heute noch keine gründliche Kenntnis von seinem anatomischen Bau. Ganz besonders trifft dies für die Lungen zu. Die wenigen Angaben, welche sich in der Litteratur finden, sind meist ungenau und lückenhaft. Ich entschloß mich daher, eine Neuuntersuchung vorzunehmen.

Von den 3 frischen Exemplaren, welche ich zunächst untersuchte, besaß das größte eine direkte Körperlänge von 126 cm, das zweite maß 116 cm und das dritte 105 cm. Alle drei waren weiblichen Geschlechts.

Von dem Gedanken ausgehend, daß wir eine richtige Vorstellung von der Gestalt der Lungen nur dann gewinnen können, wenn wir den Raum, in den sie eingebettet sind, in seiner Gestalt und Ausdehnung gründlich kennen gelernt haben, untersuchte ich in erster Linie den Brustkorb. Ich habe zu diesem Zwecke an den frischen Exemplaren sowohl, wie an den größeren Embryonen eine Präparation des Thorax vorgenommen, indem ich Speckschicht und Muskulatur vorsichtig von den Brustwänden herunterpräparierte. Von der Zwischenrippenmuskulatur ließ ich nur kleine Brücken zwischen je zwei aufeinander folgenden Rippen stehen, um eine Verschiebung der letzteren gegeneinander zu verhindern. Neben einer genauen Betrachtung der knöchernen Grundlage des Thorax war mir auf diese Weise vor allem möglich, die Lage der Eingeweide zu studieren und ihre Beziehungen zum Brustkorbe festzustellen.

Der Thorax der erwachsenen Brautfische zeigt die Gestalt eines abgestumpften Kegels. Von der Brustapertur aus, die eine verhältnismäßig große, fast kreisrunde Oeffnung darstellt, nimmt der Brustkorb allmählich an Umfang zu und erreicht in Höhe der 5. Rippe seine größte Weite. Von da ab flachen sich die seitlichen Brustwandungen etwas ab.

An der Brustapertur sowohl, wie unmittelbar vor dem Zwerchfell, dem Punkt, wo Höhen- und Transversaldurchmesser die größte Länge erreichen, übertrifft der Querdurchmesser den Höhendurchmesser an Größe.

Von der knöchernen Grundlage des Brustkorbes interessiert uns zunächst die Wirbelsäule. Neben einer ansehnlichen dorsalwärts konvexen Krümmung, die besonders die Brustportion betrifft, finden wir merkwürdigerweise, daß die einzelnen Wirbel eine außerordentlich verschiedene Größe zeigen; nicht einmal die Brustwirbel unter sich sind von ähnlicher Länge. Wie FLOWER¹⁾ sehr treffend bemerkt, sind im vorderen Teile der Brustregion die Wirbelkörper nur kurz, werden aber weiter nach hinten mehr oder weniger verlängert und cylindrisch. Ich führe in der beifolgenden Tabelle die Maße der einzelnen Brustwirbel an und gleichzeitig die der einzelnen Zwischenwirbelscheiben. Wie wir uns dann leicht überzeugen können, folgen auch diese dem Beispiele der Wirbel und nehmen, je weiter wir nach hinten gehen, an Dicke zu. Wir werden später sehen, daß wir diese merkwürdigen Verhältnisse wahrscheinlich mit der veränderten Lebensweise der Tiere im Wasser in Verbindung zu bringen haben. ✓

Länge der Brustwirbel und der Zwischenwirbelscheiben einer Phocaena von 1,5 m Länge.

1. Brustwirbel	0,9	cm	1. Zwischenwirbelscheibe	0,22	cm
2. "	1,0	"	2. "	0,25	"
3. "	1,25	"	3. "	0,3	"
4. "	1,7	"	4. "	0,3	"
5. "	1,9	"	5. "	0,35	"
6. "	2,1	"	6. "	0,4	"
7. "	2,2	"	7. "	0,4	"
8. "	2,15	"	8. "	0,45	"
9. "	2,15	"	9. "	0,4	"
10. "	2,2	"	10. "	0,5	"
11. "	2,3	"	11. "	0,5	"
12. "	2,3	"	12. "	0,45	"
13. "	2,3	"	13. "	0,45	"
14. "	2,2	"			

Im Gegensatz zu der erheblichen Länge der dorsalen Wand der Brusthöhle, gemessen an der Brustwirbelsäule, die in dem vorliegenden Falle 31,5 cm lang ist, ist die ventrale Wand, resp. das Brustbein, das dieser ungefähr entspricht, von einer auf-

1) W. H. FLOWER, Einleitung in die Osteologie der Säugetiere, Leipzig 1888, S. 53.

fallenden Kürze. Seine Länge beträgt nur 14 cm. Es ergibt sich daraus in Bezug auf die Länge der Brustportion der Wirbelsäule ein Verhältnis von 1:2,25. Wie FLOWER¹⁾ angiebt, ist das Brustbein beim Braunfisch kürzer und breiter als bei den meisten Delphinen und stellt wegen frühzeitiger Verschmelzung der einzelnen Teile nur noch einen einzigen Knochen dar.

Gewöhnlich sind 13 Paare Rippen vorhanden, allein es können, wie ein von uns beobachteter Fall lehrt, auch einmal 14 Paare vorkommen. 5 Paare sind stets mit dem Brustbein verbunden. Die 6. und 7. Rippe lehnen sich noch an die 5. Sternalrippe an und sind locker durch Bindegewebe an dieselbe befestigt. Alle übrigen Rippen endigen frei in der Muskulatur.

Hinsichtlich der Befestigung an der Wirbelsäule unterscheiden sich die ersten 4 oder 5, wie FLOWER²⁾ angiebt, dadurch von allen folgenden, daß sie Höckerchen, lange Hälse und Köpfe haben, während die übrigen eine weniger feste Verbindung eingehen, insofern sie den Hals verlieren und bloß mittels der Höckerchen mit den Gelenkflächen artikulieren.

Was den Verlauf der Rippen betrifft, so nehmen sie von der Wirbelsäule aus zunächst eine Richtung nach hinten, seitlich und dabei nicht unwesentlich dorsalwärts an. Dann biegen sie ziemlich plötzlich ventralwärts ab. Der weitere Verlauf ist schräg nach hinten und unten und zwar dergestalt, daß von der 1. bis zur letzten Rippe der Neigungswinkel, welchen sie mit der Wirbelsäule bilden, immer kleiner wird und an der letzten Rippe auf eine ganz geringe Größe ankommt. Die letzten Rippen kommen dadurch in eine nahezu horizontale Lage.

Entsprechend der schrägen Lage der Vertebralrippen sehen wir auch die Sternalrippen eine stark nach oben und hinten geneigte Richtung annehmen.

Die 1. Sternalrippe ist die größte und kommt beinahe der zugehörigen Vertebralrippe an Größe gleich. Die folgenden Sternalrippen werden kürzer, sie verhalten sich mithin gerade umgekehrt wie die Vertebralrippen, die bis zur 5. oder 6. an Länge zunehmen. Die falschen Rippen nehmen aber wieder an Kürze ab, so daß die letzte (die 13.) die kürzeste ist. In dem Falle, wo ich noch eine 14. fand, war diese außerdem sehr schwächlich, rudimentär.

1) FLOWER, Osteologie der Säugetiere, Leipzig 1888, S. 93.

2) FLOWER, l. c. S. 105.

zweifelhaft von den Atembewegungen des Thorax machen. Bezüglich der Erweiterung des Thorax in transversaler Richtung werden wir beim lebenden Thier kaum eine Aenderung erwarten dürfen, und dies um so mehr, als der besonders ventralwärts auf das Brustbein wirkende Wasserdruck der Erweiterung der Brusthöhle in sagittaler Richtung erhebliche Schwierigkeiten entgegenzusetzen muß.

Daß aber bei der natürlichen Atmung gerade so, wie bei unserer künstlich eingeleiteten der vordere Teil der Brusthöhle sich stärker ausdehnen wird, als der übrige, dürfte über allem Zweifel erhaben sein.

Kehren wir nach diesen Abschweifungen zu unseren Untersuchungen zurück, so möchte ich zunächst der eigenartigen Asymmetrie, welche mir bei einem Exemplar begegnete, Erwähnung thun. Sie bestand darin, daß die rechte Brusthälfte breiter und dorsalwärts und seitlich von der Wirbelsäule tiefer war als die linke, wie ich mich leicht überzeugen konnte, wenn ich an der ventralen Kante der Wirbelkörper in genau querer Richtung einen Maßstab anlegte. Es stellte sich dabei heraus, daß rechts der Abstand der Medianlinie von der Rippe (in Höhe der 5. Rippe) reichlich 1,5 cm größer war, als der entsprechende auf der linken Seite. Ob bei den übrigen Exemplaren ein ähnliches Verhalten bestand, vermag ich mit Sicherheit nicht anzugeben.

Es bleibt uns nun noch übrig, einen Blick auf die vordere und hintere Grenze der Brusthöhle zu werfen. Die hintere Grenze wird ausschließlich durch das Zwerchfell gebildet, das wegen der erheblichen Länge der Brustwirbelsäule und der großen Kürze des Brustbeins eine sehr schräge Stellung angenommen hat, wie es in so hohem Maße bei keinem Landsäugetiere beobachtet wird.

Das Zwerchfell des Brautfisches stellt einen außerordentlich kräftigen Muskel dar. Ein sogenanntes Centrum tendineum ist nicht vorhanden. Dafür finden wir Muskulatur vor, die zwar nicht die Stärke der Randzone hat, aber immerhin eine recht ansehnliche Dicke besitzt.

Bezüglich der hinteren Thoraxgrenze fand ich, daß sich das Zwerchfell ventralwärts am hinteren Ende des Brustbeins oder wenig dahinter inseriert, und daß seine Insertionslinie seitlich und etwas rückwärts zwischen der 4. und 5. Rippe bis zum Rippenknorpelgelenk der letzteren verläuft. Von der 5. bis zur 8. Rippe dienen ihr die Knorpelgelenke als Anheftungspunkte, dann erst steigt sie schräger an, hält sich aber immer in der Nähe der

Enden der falschen Rippen. Am distalen Ende der 11. oder 12. Rippe, die, wie schon erwähnt, eine ziemlich horizontale Lage habe, erreicht sie ihren äußersten Stand. Indem die Insertionslinie unter spitzem Winkel nach vorn und oben umbiegt und endlich in Höhe des hinteren Randes der letzten Rippe verläuft, endet sie direkt am Ende der Brustwirbelsäule. Die letzte Rippe selbst berührt sie nicht, weil sich die dicke Lendenmuskulatur bis in die Brusthöhle hineinerstreckt und auf diese Weise Zwerchfell und Rippe trennt.

In ganz ähnlicher Weise heftete sich das Zwerchfell auf der rechten Seite an, nur mit dem geringen Unterschied, daß die Insertionslinie an der 5. Rippe entlang bis zu deren Rippenknorpelgelenk verlief, dann aber denselben Verlauf wie links nahm.

Die fast horizontale Lage der letzten Rippen bringt es mit sich, daß die Brustfellsäcke dicht neben den Nieren bis in Höhe des 2. Drittels derselben sich nach hinten erstrecken.

Nicht minder weit reichen die Brustfellsäcke nach vorn, wo sie gleichfalls spitz auslaufen, zu beiden Seiten des kurzen Halses inmitten einer starken Muskulatur ihre Lage haben und in ganz geringer Entfernung vom Kopf ihr Ende erreichen.

Wollen wir die vordere Pleuragrenze des Braunfisches vergleichen mit den entsprechenden Verhältnissen bei den Landsäugetieren, so müssen wir notwendigerweise die Beziehungen der vorderen Pleuragrenze zur 1. Rippe studieren.

Bei den Landsäugetieren finden wir einmal keine so bedeutende Ablenkung der Rippen nach hinten, und die Rippenknorpel sind verhältnismäßig von geringerer Größe. Legen wir hier eine durch beide Gelenke der ersten Rippen — am Brustbein und an der Wirbelsäule — gehende Ebene, eine sogenannte Eingangsebene an, so werden wir beobachten können, daß diese von den Pleurasäcken mit ihren vordersten Punkten in vielen Fällen nicht einmal erreicht wird; niemals aber dürften die letzteren bemerkenswert darüber hinausragen.

Legt man aber bei dem Braunfisch eine Eingangsebene an, so fallen die vorderen Enden der Pleurasäcke darüber hinaus. Wir können mithin nicht annehmen, daß die Brustfellsäcke nur deshalb soweit, 6,5—9,5 cm, wie ich fand, über das 1. Rippenknorpelgelenk hinausragen, weil die Rippen und Rippenknorpel stark caudalwärts geneigt sind. Worauf aber hätten wir dann das merkwürdige Verhalten der Brustfellsäcke zurückzuführen?

Es sind nur zwei Möglichkeiten für das Zustandekommen dieser Verhältnisse denkbar. Entweder hat sich die Lunge über die gewöhnliche Grenze ausgedehnt und so die Pleuragrenzen vor sich hergeschoben, oder die Lungen und ebenso die Pleurasäcke haben ihre ursprüngliche vordere Grenze bewahrt, aber das umhüllende Skelett, besonders die Wirbelsäule, hat sich verkürzt. Natürlich wurden damit auch die Rippen nach rückwärts geschoben.

Ist die erste Erklärungsweise von vornherein unwahrscheinlich, so lassen sich aber für die zweite wichtige Thatsachen ins Feld führen, die kaum eine andere Deutung zulassen. In erster Linie bietet uns nämlich die Wirbelsäule selber einen wichtigen Anhalt. Wie wir uns leicht überzeugen können, setzt sich der Prozeß der Verkürzung, der an der Halsportion der Wirbelsäule der Wale so auffällig ist, auch noch auf den vorderen Teil der Brustportion fort. Wie unsere früher mitgeteilte Tabelle der Wirbellängen deutlich erkennen läßt, sind die ersten Rückenwirbel flach gedrückt, mehr oder minder scheibenförmig. Infolge davon liegen die oberen Enden der 2—3 ersten Rippen dicht bei einander. Einen vielleicht nicht weniger wahrscheinlichen Grund für die Richtigkeit unserer Annahme werde ich gelegentlich der Besprechung der Lungen noch anführen.

Wir kämen nun zur Betrachtung der Brusteingeweide.

Während der obere Teil der Brusthöhle bis herab zur hinteren Hohlvene, die auf dem höchsten Punkt der Zwerchfellkuppel und rechts von der Medianlinie durch das Diaphragma tritt, der Aufnahme der Lungen dient, wird der ventralwärts übrig bleibende Raum des Thorax von dem verhältnismäßig großen Herzen, der Thymusdrüse und den großen Gefäßen so vollständig ausgefüllt, daß weder vor noch hinter dem Herzen Platz zur Aufnahme der Lungen vorhanden ist. Seitlich von ihm aber, besonders in der oberen Region, bleibt noch genügend Raum für die bei der Atmung herabsteigenden ventralen Lungenränder.

Das Herz ist in Anpassung an die beschränkte Ausdehnung der ventralen Länge der Brusthöhle von vorn nach hinten auffällig zusammengedrückt, dafür aber weist es in der Quere einen bedeutenden Durchmesser auf, der den Höhendurchmesser selbst überragt. Als eine weitere Folge der beschränkten Raumverhältnisse haben wir die schon lange bekannte Thatsache anzusehen, daß das Zwerchfell mit dem Herzbeutel innig verwachsen ist.

Das Herz kommt dadurch, mit seiner hinteren, flach ge-

drückten Herzfläche wenigstens, in eine mehr oder weniger senkrechte Lage.

Die Größenverschiedenheit, welche wir bei den Brustfellsäcken des Brautfisches finden, erklärt sich zum Teil aus der besprochenen Asymmetrie des Thorax, der Hauptsache nach aber aus der Ablenkung des Mittelfells nach links durch die links von der Wirbelsäule gelegene Aorta und durch das mit seiner stumpfen Spitze links von der Medianebene befindliche Herz. Beide Momente tragen zur Verkleinerung des linken resp. zur Vergrößerung des rechten Brustfellsackes bei.

Ganz entsprechend den Pleurasäcken sind nun die Lungen, deren Untersuchung wir uns jetzt zuwenden wollen. Am zweckmäßigsten können wir die Lungen mit dreiseitigen Prismen vergleichen, deren eine schmale Fläche der medialen der Lungen entsprechen würde, während die beiden anderen, unter spitzem Winkel sich schneidenden, breiteren Flächen die costale und die ventrale Lungenfläche darstellen könnten. Wir haben dabei nur zu berücksichtigen, daß mit Ausnahme des äußeren, ventralen Randes, der scharf erscheint, die übrigen Ränder mehr oder minder stumpf sind. Wenn wir uns dann vorstellen daß die vorderen und hinteren Enden unserer Prismen sich auf Kosten des ventralen Randes und der anstoßenden Flächen verjüngen, sich gewissermaßen zuspitzen, so gewinnen wir ein ziemlich zutreffendes Bild von der Gestalt der Lungen.

Der dorsale Rand der rechten Lunge ist stumpfer, als der der linken. Beide sind ziemlich stark von vorn nach hinten, entsprechend der Rückenkrümmung, gewölbt, rechts etwas mehr als links. Während die mediale Fläche der linken Lunge fast senkrecht vom stumpfen Rande abfällt, zieht die der rechten Lunge in mehr schräger Richtung zum Herzen herab.

Die Rippenfläche der linken Lunge ist kleiner, als die der rechten Lunge und fällt ziemlich plötzlich vom stumpfen Rande ab, an der rechten Lunge dagegen beschreibt die costale Fläche eine starke Wölbung.

Die ventrale Fläche ist durch einen deutlichen Wulst, der sich unmittelbar vor dem Zwerchfell quer über jede Lunge erstreckt, in zwei Felder geteilt. Das vordere Feld, die cardiale Fläche, ruht zum größten Teil auf und neben dem Herzen, während das andere die sog. Zwerchfellsfläche bildet und dem Zwerchfell aufliegt. Beide Felder sind ausgehöhlt, diese in stärkerem, jene in geringerem Maße.

Wie RAPP¹⁾ bereits fand, kommt an den ventralen Rändern beider Lungen von *Phocaena* ein fingerbreiter Anhang vor. Nach RAPP's Beschreibung zeigt er eine bräunliche Farbe, fast wie eine Leber, und wird, wie die Lunge selbst, von der Pleura überzogen. Er ist blutreich, und beim Einschneiden bemerkt man in ihm einige Fetttröpfchen. Die Luft dringt in dieses Organ nicht ein. CLELAND²⁾ beschreibt den Anhang als „a remarkable fringe of redundant pleura, more than a quarter of an inch in breadth, along the sharp sternal and diaphragmatic margins of the lung“. Nach meinen Untersuchungen entsteht der Anhang dadurch, daß sich zwischen Lungengewebe und Pleura Fettgewebe einlagert (III, 1).

Das letztere ist übrigens nicht auf diese eine Stelle der Lunge beschränkt, ich fand solches bei näherer Prüfung einer Braunfischlunge in größerer Ausbreitung, wenn auch in dünner Schicht, an der ventralen Lungenfläche. Es lag hier besonders in der Umgebung der gleich zu erwähnenden Drüsen und erstreckte sich nach dem ventralen Lungenrande, wo es sich in dem besprochenen Anhang verlor.

Da, wo die Herzfläche in die Zwerchfellfläche übergeht, liegt an der ventralen Seite jeder Lunge ein Komplex von Drüsen, die ich nach dem Ausfall der mikroskopischen Untersuchung für Lymphdrüsen halte. Besonders schön konnte ich diese Verhältnisse bei einem ausgetragenen Fötus von *Phocaena communis* studieren. Es lagen hier an jeder Lunge unter der Pleura mehrere bohnen große Drüsen, die zusammen ein Paket bildeten, welches sich quer über die Lungen vom medialen zum ventralen Rande erstreckte. An der linken Lunge zog sich das Drüsenpaket noch eine Strecke nach vorn hin, dem ventralen Rande entlang.

Die Lungen des Braunfisches sind, wie die aller anderen Wale, ungelappt. Regelmäßig kommt aber bei *Phocaena* am vorderen Lungenpol der rechten Lunge ein Einschnitt resp. Eindruck vor, welcher zur Aufnahme eines großen venösen Gefäßes, der fälschlich sogenannten Vena azygos dient und ihm wahrscheinlich überhaupt seine Entstehung verdankt. Dadurch wird die Lungenspitze in zwei zungenförmige Läppchen geteilt, die eine Länge

1) RAPP, Die Cetaceen, zoolog.-anatom. dargestellt, Stuttgart und Tübingen 1837, S. 151.

2) CLELAND, Journ. of Anat. and Physiol., 1884, p. 333.

von 2—3 cm und am Grunde eine Breite von 1,5—2,5 cm besitzen. Die beiden Läppchen waren aber nicht gleich groß, sondern bei allen von mir untersuchten Lungen von sehr verschiedener Größe, indem der lateralwärts gelegene Zipfel den anderen bei weitem an Größe überragte. CLELAND¹⁾ vergleicht den mehr dorsalwärts gelegenen, lateralen Lappen mit dem gelegentlich beim Menschen gefundenen und führt an anderer Stelle²⁾ über die vermutliche Entstehung dieses Läppchens folgendes aus: „The great vena azygos in its early development passes upwards, to open into the transversely situated right duct of Cuvier. By the descent of the heart from the cervical region into the thorax, the right duct of Cuvier becomes the vertically placed vena cava superior, and the great vena azygos is bent downwards till its terminal part becomes horizontal. What I believe, then has taken place to produce the supernumerary lobe, is that there has been, at a very early period, a slight adhesion of the lung to the thoracic wall or, much less probably an undue curvature of the embryo; so that the vena azygos as is bent downwards to a position at right angle to its original direction, instead of slipping behind the pleura and lung; dragged down a fold of the former and deeply notched the latter.”

An Stelle der Vena azygos, die nach v. BAER³⁾ Phocaena fehlt, vermittelt eine sehr starke Vene, die anfangs im Neuralkanal liegt und, diesen zwischen der 3. und 4. Rippe auf der rechten Seite verlassend, im Bogen nach vorn, abwärts und etwas medial nach dem Herzen resp. der vorderen Hohlvene zieht, die Kommunikation dieser mit der Vena cava posterior. — Wenn wir somit auch nicht dieselben Verhältnisse wie beim Menschen haben, so zweifle ich doch nicht daran, daß wir uns die Entstehung der zungenförmigen Läppchen an der Spitze der rechten Lunge vom Brautfisch in ähnlicher Weise, wie sie CLELAND schildert, vorzustellen haben. Auch hier führte jenes Gefäß, indem es sich, durch das Herz veranlaßt, zurückzog, die Spaltung der Lungenspitze herbei. Den Anstoß zu dieser Rückwärtsbewegung der Vene gab unzweifelhaft die Verkürzung der ersten Rückenwirbel.

1) CLELAND, Notes on the viscera of the porpoise (*Phocaena communis*) and white-beaked dolphin (*Delph. albirostris*), Journal of Anat. and Phys., 1884, p. 333.

2) Journal of Anat. and Phys., Vol. 4, (1870), p. 200.

3) v. BAER, Ueber die Gefäßsysteme des Brautfisches. Nova Acta physico-medica, T. 70, 1835, S. 393—409.

Indem dadurch eine Reduktion des vorderen Teils der Brusthöhle überhaupt herbeigeführt wurde, mußte auch das Herz seine Lage ändern. Vielleicht, daß es nur zu einer Aufrichtung der Herzachse kam, vielleicht auch, daß das Herz im ganzen etwas zurückbewegt wurde, in beiden Fällen aber ist die Wirkung dieselbe, nämlich eine Verschiebung der fraglichen Vene nach rückwärts.

In dem soeben geschilderten Verhalten des die Vena azygos vertretenden Gefäßes finden wir schließlich noch eine Bestätigung der schon früher schon einmal ausgesprochenen Ansicht, daß bei *Phocaena* die Lungen gegenüber dem am vorderen Teil des Skelets vor sich gehenden Reduktionsprozeß ihre ursprüngliche Lage bewahrt haben.

Die linke Lunge des Braunfisches ist in der Regel ohne Einschnitt am vorderen Lungenpol. Nur einmal beobachtete ich eine Andeutung eines Zerfalles des letzteren in zwei Zipfel. Der Einschnitt war ein verhältnismäßig flacher, und das mehr an der medialen Seite der Lunge entstehende Lappchen von geringer Größe, nur 0,5 cm breit und 1 cm lang. Ein ähnlicher Fall ist nach ALLEN ¹⁾ übrigens beim Menschen durch WRISBERG beobachtet worden, der gleichzeitig fand, daß die obere Zwischenrippenvene der linken Seite die Veranlassung dazu war. Wie sich das bei meinem Braunfisch verhielt, konnte ich nicht feststellen (III, 1).

Was die Größenverhältnisse der Lungen von *Phocaena* anbelangt, so will ich einige Zahlen anführen, die sich auf die Lungen zweier Exemplare von 126 cm resp. 116 cm Länge beziehen. Im Mittel betrug die größte Dicke, gemessen durch eine Senkrechte vom dorsalen Rande zur ventralen Fläche 8 cm für die rechte und 6 cm für die linke Lunge. Demnach verhalten sich die Dicken beider Lungen wie 1:0,84. Für die Breiten der Lungen, gemessen an der ventralen Fläche von dem costalen bis zum medialen Lungenrande, ergibt sich aus den Maßen 10 cm für die rechte, 7,25 cm für die linke Lunge, ein Verhältnis von 1:0,725.

Die Längen der Lungen variieren nur um ein Geringes; für die rechte fand ich im Mittel (aus 28 und 24 cm) = 26 cm, für die linke (aus 25 und 22,5 cm) = 23,75 cm. Danach verhält sich die Länge der rechten Lunge zu der der linken wie

1) ALLEN, A variety of pulmonary lobation etc. Journ. of Anat. and Physiol., Vol. 16, p. 611, Anmerk.

1:0,914. Zum besseren Vergleiche mit entsprechenden Größen bei Embryonen beziehen wir die Maße zweckmäßigerweise auf die Entfernung der Schnauzenspitze von der Mitte des Nabels; denn wie aus KÜKENTHAL's¹⁾ Untersuchungen deutlich hervorgeht, ist diese Region verhältnismäßig am wenigsten Wachstumsschwankungen in den einzelnen Stadien unterworfen. Wir dürften also auf diese Weise am ehesten Fehler vermeiden, die unausbleiblich wären, wollten wir unsere Maße auf die ganze Länge des Tieres beziehen.

Im Mittel beträgt die betreffende Entfernung (Schnauzenspitze-Nabelmitte) bei unseren beiden Braunfischen 51 cm. Wir erhalten mithin für die rechte Lunge ein Verhältnis von 1:1,96, für die linke ein solches von 1:2,15.

Wenn wir unsere Zahlen noch einmal überblicken, so erkennen wir deutlich, daß die linke Lunge kleiner ist, als die rechte. Bezüglich des Volumens verhält sich nach einer von mir vorgenommenen Bestimmung die rechte Lunge zur linken annähernd wie 5:4.

Am Schlusse unserer Betrachtungen über die Lungen des erwachsenen Braunfisches möchte ich noch die Aufmerksamkeit auf eine Litteraturangabe hinlenken, die trotz ihrer Eigenartigkeit wohl niemals nachgeprüft worden ist. Da sie aber für unsere Untersuchungen Bedeutung hat, habe ich versucht festzustellen, inwieweit die Angabe begründet ist. HUNTER²⁾ berichtet in seiner bekannten Arbeit über eine höchst sonderbare Eigentümlichkeit der Cetaceenlunge, daß bei ihr die Lungenzellen untereinander in Verbindung ständen. Dadurch erkläre es sich, daß man die ganze Lunge von einem Aste aus aufblasen könne. Diese Angaben sind in der Folge bestätigt worden von RAPP³⁾, MAYER⁴⁾ und MECKEL⁵⁾, auch OWEN⁶⁾ giebt das Verhalten als charakteristisch für die Lunge der Wale an. DUVERNOY weicht nur

1) KÜKENTHAL, Vergleichend-anatomische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen über die Walthiere, Jena 1893, II. Teil, p. 225—244.

2) HUNTER, Observations on the structure and oeconomy of whales, Philosoph. Transact, 1787, Vol. 77, p. 419.

3) RAPP, Die Cetaceen, 1837, S. 151.

4) MAYER, Beiträge zur Anatomie des Delphins, in TIEDEMANN'S u. TREVIRANUS' Zeitschr. f. Phys., Bd. 5, Heft 2, S. 118—119.

5) MECKEL, Vergl. Anat., 6. Teil, S. 383.

6) OWEN, Comp. Anat., Vol. III, p. 578.

insofern von HUNTER ab, als er sich dasselbe durch Anastomosenbildung der Bronchien erklären will ¹⁾).

Wenn auch bei den meisten Walsektionen nicht auf dies Verhalten der Lungen geachtet wurde oder wegen vorgeschrittener Fäulnis dieses Organs nicht geachtet werden konnte, so finden sich doch in der Litteratur einzelne Angaben, welche beweisen, daß HUNTER's Beobachtung nicht allgemein für alle Wale zutrifft. So giebt WYMAN ²⁾ an, daß es JACKSON nicht gelungen wäre, die ganze Lunge vom sperm whale und black fish (D. globic) von einem Luftröhrenaste aus aufzublasen. Bei Beluga ist verschiedenes Verhalten beobachtet worden. WYMAN und, wie dieser Autor angiebt, auch JACKSON, fanden bei je einem Exemplar freie Kommunikation der Lungenzellen unter sich ²⁾). Von dem Gegenteil berichten WATSON und JOUNG ³⁾ und neuerdings STRUTHERS ⁴⁾). Anders verhält es sich freilich mit Phocaena, an der wahrscheinlich die meisten Forscher die diesbezügliche Wahrnehmung gemacht haben. Bei ihr scheint die freie Kommunikation der Lungenzellen ein regelmäßiger Befund zu sein. Auch an allen 4 Lungen, die ich untersuchte, gelang es, nachdem ich den Hauptbronchus unterbunden hatte, die ganze Lunge von einem Ast aus aufzublasen. Ließ ich aber diese Vorsichtsmaßregel außer acht, so blähte sich nur der Teil, in dessen Bronchus ich einblies, auf, gleichgültig an welcher Lunge und an welcher Stelle.

Wenn hiernach auch nicht geleugnet werden kann, daß eine Verbindung zwischen den einzelnen Lungenteilen besteht, so muß andererseits nach dem Ausfall des 2. Versuchs zugegeben werden daß die hohe Elasticität der Lungen imstande ist, die bestehenden Kommunikationsöffnungen zu schließen, so daß ein Uebertritt von Luft in die benachbarten Teile kaum erfolgen kann. Erst wenn der Druck erheblich wird, wird auch die Elasticität überwunden und eine freie Verbindung durch die erweiterten Oeffnungen in der Alveolen- oder Bronchenwand hergestellt.

Der wechselnde Befund bei Beluga brachte mich auf den Gedanken, daß die fragliche Kommunikation erst durch irgend welche

1) CUVIER, Anat. comp., éd. 2, Tome 7, p. 109.

2) WYMAN, Description of a „white whale“, Boston Journ. of Nat. Hist., Vol. 7, No. 4, S. 610.

3) WATSON and JOUNG, The anat. of the northern Beluga etc., Transact. Roy. Soc. of Edinburgh, Vol. 19, 1879, p. 423.

4) STRUTHERS, Anat. of a Beluga, in Journ. of Anat. and Physiol., Vol. 30, p. 134.

Umstände während des Lebens entstehen könnte. Dann dürften neugeborene Tiere oder noch besser Föten, die dicht vor der Geburt stehen, aber noch nicht geatmet haben, nicht solche Verbindung der Alveolen oder Bronchen zeigen. Von diesem Gedanken geleitet, injizierte ich eine Lunge von einem ausgetragenen *Phocaena*-Embryo mit dünnflüssiger Colloidmischung, indem ich dabei, um diese überallhin zu treiben, sehr starken Druck anwandte. Nach der Maceration der Lunge in Salzsäure stellte es sich heraus, daß nirgends eine Verbindung benachbarter Lungenteile bestand. Damit glaube ich für meine Vermutung, daß die in Frage stehende Kommunikation der verschiedenen Lungenteile erst während des Lebens entsteht, eine Bestätigung geliefert zu haben. Welchen Einflüssen hätten wir nun aber die Entstehung der merkwürdigen Verhältnisse zuzuschreiben? Die Antwort darauf ist, wie ich glaube, nicht so schwer zu geben. Sehen wir uns die Braunfischlunge einmal näher an, so werden wir in den Bronchen große Mengen von oft beträchtlich langen Fadenwürmern, *Pseudalius inflexus* Duj., finden. Sie scheinen bei *Phocaena* ein ganz regelmäßig vorkommender Parasit zu sein, bei allen 4 Lungen, die ich untersuchte, waren sie in gleich großer Menge vertreten. RAPP erwähnt sie auch¹⁾. Beim Präparieren der Lungen begegneten mir öfters kleine Höhlen im Lungengewebe, die kleineren Stadien zum Aufenthalt dienten. Wenn diese Würmer aber imstande sind, selbst das Lungengewebe in kleineren Partien zu zerstören, dann dürfte es für sie keine Schwierigkeiten mehr haben, auch außerhalb der Bronchen sich Bahn zu brechen durch das stark elastische Gewebe der Lungen. Das scheint mir angesichts der auffälligen Thatsache, daß die Parasiten selbst in den Blutgefäßen der Lunge angetroffen wurden, wie v. BAER und CREPLIN²⁾ berichten, und wie ich nach meinen Befunden bestätigen kann, keinem Zweifel mehr zu unterliegen.

Nach meiner Ansicht sind es also die erwähnten Parasiten gewesen, welche beim Braunfisch die so viel besprochene Kommunikation der verschiedenen Lungenteile hervorbrachten. Vielleicht haben wir bei anderen Walen, bei denen eine ähnliche Verbindung der verschiedenen Lungenabschnitte besteht, an eine entsprechende Entstehung derselben zu denken.

1) RAPP, Die Cetaceen, Stuttgart 1837, S. 150, Anm. 1.

2) Ebendasselbst.

Nachdem wir bisher nur die Lunge erwachsener Braunfische untersucht haben, wollen wir uns jetzt der Betrachtung fötaler Lungen zuwenden. Es standen mir 3 Exemplare zur Verfügung von 53 cm, 7,1 cm direkter Körperlänge, außerdem die Brustregion eines Embryos von 13,4 cm Länge (über den Rücken gemessen). Wir haben es hier zwar schon mit verhältnismäßig großen Embryonen zu thun, immerhin aber lassen sich bei richtiger Würdigung der Maße und Lageverhältnisse noch recht bedeutende Schlüsse auf die Art und Weise der Veränderung der Lungen im Laufe der phylogenetischen Entwicklung ziehen.

Am zweckmäßigsten beginnen wir mit dem großen Embryo. Er stand dicht vor der Geburt. Seine äußere Gestalt ist ganz und gar die des erwachsenen Tieres, der Thorax zeigt auch hier die schon beschriebene Kegelform, und der Querdurchmesser überragt ebenfalls den Höhendurchmesser um ein Geringes. Am Anfang des Brustbeins betrug der Höhendurchmesser 3,5 cm, vor der stärksten Zwerchfellwölbung 6,5 cm. Der Querdurchmesser zwischen den Rippenknorpelgelenken der ersten Rippen als den äußersten Punkten der Rippenwölbung 4,5 cm, an der stärksten Rippenwölbung in Höhe der 4. Rippe 7 cm. Die Wirbelsäule weist ganz ähnliche Verhältnisse auf, wie wir sie schon bei den erwachsenen Tieren gefunden haben. Besonders sind die Längenverhältnisse der einzelnen Brustwirbel jenen der erwachsenen Braunfische sehr ähnlich. So fand ich durch Messung der einzelnen Wirbel, wobei ich die Wirbelscheiben nicht berücksichtigte:

für den	1.	Wirbel	0,2	cm Länge
" "	2.	"	0,3	" "
" "	3.	"	0,4	" "
" "	5.	"	0,6	" "
" "	8.	"	0,7	" "
" "	10.	"	0,75	" "
" "	11. u. 12.	"	0,8	" "

Die ganze Länge der Brustwirbelsäule (inkl. Wirbelscheiben) beträgt 10,6 cm. Das Brustbein hatte eine Länge von 4,5 cm. Mithin verhält sich die Länge des Brustbeins zur Länge der Wirbelsäule 1 : 2,35. Wenn wir dieses Resultat mit dem Verhältnis des erwachsenen Tieres vergleichen, so werden wir durch die große Uebereinstimmung überrascht. In der That liegen in diesem Stadium die Verhältnisse beim Embryo schon genau so wie beim erwachsenen Tier, und das noch statthabende Wachstum kann eine Verschiebung derselben in Bezug auf den Thorax nicht mehr

herbeiführen, Brustbein und Brustwirbelsäule wachsen von nun ab in gleichem Maße.

Bezüglich der Rippen kann ich nur wiederholen, was ich schon bei dem erwachsenen Tier erwähnt habe. Betonen möchte ich aber, daß ich die Rippenwölbung in ganz entsprechender Weise wie dort fand, und daß die Differenz zwischen der rechten und linken Brusthälfte sehr auffallend war.

Die Lungen zeigen verhältnismäßig große Asymmetrie. Während die rechte eine Breite von 3,3 cm hat, mißt die linke nur 2,6 cm. Das bedeutet ein Verhältnis von 1:0,78. Ebenso wie das Verhältnis der Breite dieser Lungen jenem bei den Lungen der erwachsenen Tiere gleichkommt, finden wir auch bezüglich der Dicke ziemlich übereinstimmende Zahlen. Während wir dort ein Verhältnis von 1:0,844 hatten, ergibt sich hier aus den Maßen 3,6 für die rechte, 3,2 für die linke Lunge ein solches von 1:0,88. Die rechte Lunge war 9,5 cm, die linke 9,0 cm lang, mithin verhalten sich die Längen wie 1:0,95. Beziehen wir diese Längen auf unsere constante Größe, auf die Entfernung der Schnauzenspitze von der Mitte des Nabels, welche hier 21,5 cm beträgt, so ergibt sich daraus ein Verhältnis für die rechte Lunge von 1:2,26, für die linke 1:2,39. Bei den erwachsenen Tieren stellte sich das Verhältnis für die rechte Lunge auf 1:1,96, für die linke 1:2,15. Die Unterschiede, welche sich bei der Vergleichung beider ergeben, möchten uns vielleicht ganz natürlich erscheinen, wenn wir bedenken, daß wir hier Lungen, die noch nicht geatmet haben, also luftleer sind, mit solchen, die geatmet haben, vergleichen; wissen wir doch von unseren Landsäugetern, daß nach dem Tode die Lungen sich nie ganz retrahieren können, sondern immer noch eine größere oder kleinere Menge Luft enthalten. Ob bei den Walen dasselbe Verhältnis zutrifft, müssen die folgenden Untersuchungen lehren.

Bei der nahen Beziehung, in welcher die Lungen zu den Brustfellsäcken stehen, ist es vorteilhaft, wenn wir statt der Lungen die Brustfellsäcke selber untereinander und in Bezug auf unsere konstante Größe (Schnauzenspitze—Nabelmitte) vergleichen, denn auf sie kann die stattgehabte Atmung keinen bemerkenswerten Einfluß gehabt haben. Vorn ist die Pleuragrenze durch die Halsmuskulatur, hinten durch das Zwerchfell fixiert, in gleicher Weise bei dem ausgetragenen Fötus wie beim erwachsenen Tier.

Bei den beiden erwachsenen Tieren (von 126 und 116 cm Länge) hatte der rechte Brustfellsack eine Länge von 43 resp.

38 cm, der linke 41 resp. 36,5 cm. Im Mittel ergibt sich demnach für den rechten Brustfellsack, bezogen auf die Entfernung von der Schnauzenspitze bis zum Nabel, ein Verhältnis von 1:1,25, für den linken von 1:1,32. Bei unserem Fötus von 53 cm Länge hatte der rechte Brustfellsack eine Länge von 15 cm, der linke war 14,5 cm lang. Daraus berechnet sich das Verhältnis zu der bekannten Größe (21,5 cm) für den rechten Brustfellsack auf 1:1,43; für den linken auf 1:1,48. Vergleichen wir die Verhältniszahlen mit denen, wie sie für die erwachsenen Tiere gefunden sind, so werden wir, gerade so wie bei den Lungen, auch hier bei den Brustfellsäcken eine nicht unerhebliche Differenz konstatieren können. Auf Grund dieses Befundes müssen wir die Ansicht verlassen, daß die beim Vergleich der Längen der Fötuslungen und der erwachsener Tiere gefundene Differenz ausschließlich eine Folge ist der durch die stattgehabte Atmung herbeigeführten Ausdehnung der Lungen über ihr natürliches (ursprüngliches) Volumen. Wir sind vielmehr gezwungen, mindestens einen großen Teil dieser Differenz als Ausdruck eines wirklichen Wachstumsvorganges anzusehen.

Um noch den letzten Zweifel darüber zu heben, ob die Lungen der Wale mit denen der Landsäugetiere das gleiche Verhalten bezüglich der Retraktion teilen, wollen wir schließlich das Verhältnis der Lungen zu den zugehörigen Brustfellsäcken bestimmen. Für die rechte Lunge des erwachsenen Tieres und den zugehörigen Pleurasack ergibt sich im Mittel (aus 1:1,54 und 1:1,58) ein Verhältnis von 1:1,56, für die linke Lunge nebst Brustfellsack ein solches (1:1,64 und 1:1,62) von im Mittel 1:1,63. Bei dem ausgetragenen Fötus stellen sich die betreffenden Verhältnisse rechts auf 1:1,58, links auf 1:1,66.

Wenn wir diese Zahlen mit den für die erwachsenen Braunfische gefundenen vergleichen, kommen wir dahin, daß ein Unterschied so gut wie nicht besteht. Wir finden also auf diese Weise, daß die Lungen des Braunfisches noch nach dessen Tode imstande sind, sich auf ihr ursprüngliches Volumen zurückzuziehen. Das bedeutet aber gegenüber den Lungen der Landsäugetiere ein beträchtlich gesteigertes Retraktionsvermögen. Da die Wirkung der Muskelfasern in den Lungen mit dem Tode des Tieres erlischt, und da dann nur noch elastische Fasern bei der Retraktion in Wirksamkeit treten, ist, wenn wir die partielle Retraktion der Landsäugerlunge mit der totalen der Phocaena vergleichen, der Schluß berechtigt, daß in der Lunge des Braunfisches ein größerer Reich-

tum an elastischen Elementen vorhanden sein muß, als gewöhnlich in der Lunge der Landsäugetiere. Das ist durch SCHROEDER VAN DER KOLK übrigens schon direkt nachgewiesen worden, allerdings nicht bei *Phocaena*, wohl aber bei einem anderen Wal, nämlich *Hyperoodon*¹⁾.

Kehren wir aber nach diesen Abschweifungen zu unseren eigentlichen Untersuchungen zurück. Nachdem wir den großen Fötus einer genaueren Betrachtung unterzogen haben, bleibt uns noch übrig, die beiden kleinen Embryonen in gleicher Weise zu untersuchen. Zu unserer großen Ueberraschung finden wir hier Verhältnisse vor, die in vieler Beziehung von den eben besprochenen sehr abweichen.

Die Brusthöhle bewahrt noch annähernd dieselben Proportionen in Bezug auf Höhe und Breite wie bei dem großen Embryo. Gegenüber einem Höhendurchmesser kurz vor dem Zwerchfell von 1,6 cm beträgt bei dem Embryo von 13,4 cm Länge der entsprechende Querdurchmesser 1,9 cm. Bei dem kleinsten Embryo stellen sich die betreffenden Maße auf 1,3 cm und 1,5 cm.

Auffällig ist die große Symmetrie, welche zwischen den beiden Brusthälften besteht. Die Spuren von Asymmetrie, welche sich bei dem Embryo von 13,4 cm Länge vorfanden und besonders darin bestanden, daß die Rippen auf der rechten Seite eine stärkere Aufwärtskrümmung seitlich und dorsal von der Wirbelsäule zeigten, wie links, sind bei dem kleinsten Embryo so gut wie verschwunden.

Ganz entsprechend ist nun auch die Form der Lungen. Schon auf den ersten Blick fällt uns ihre große Symmetrie auf. Sind die Größenunterschiede der Lungen des größeren Embryos schon gering zu nennen, so werden sie übertroffen von denen der Lungen des kleinsten Embryo. Bei ihm sind die Lungen so sehr einander ähnlich, daß man kaum von Verschiedenheiten sprechen kann (III, 3). Die einzelnen Maße sind folgende:

Embryo 13,4 cm lang.			
Rechte Lunge.		Linke Lunge.	
Länge 2,3	cm	Länge 2,25	cm
Breite 0,95	"	Breite 0,9	"
Dicke 0,92	"	Dicke 0,85	"
Embryo 11,4 cm lang.			
Rechte Lunge.		Linke Lunge.	
Länge 1,6	cm	Länge 1,6	cm
Breite 0,7	"	Breite 0,65	"
Dicke 0,65	"	Dicke 0,6	"

1) in VROLIK, Natuur- en ontleedkundige Beschouwing van den *Hyperoodon*, Haarlem 1848, p. 65—75.

Was nun weiter an den Lungen auffällt, ist, daß sie die starke Wölbung von vorn nach hinten, den stumpfen Rand entlang, eingebüßt haben.

Viel wichtiger noch ist eine andere Veränderung in der Gestalt der Lungen. Wir finden nämlich, daß die Zwerchfellflächen beider Lungen in auffälliger Weise aufwärts gegen die Wirbelsäule gerichtet sind, im stärksten Maße bei dem kleinsten Embryo, weniger erheblich bei dem Embryo von 13,4 cm Länge. Es erscheinen die Zwerchfellflächen dadurch scharf abgesetzt gegen den übrigen Teil der ventralen Flächen. Der Unterschied läßt sich geradezu durch das Winkelmaß bestimmen. Während bei den erwachsenen Tieren und bei dem großen Embryo der Winkel, welchen die Herzfläche mit der Zwerchfellfläche bildet, gegen 180° beträgt, finden wir ihn beim Embryo von 13,4 cm nur 130° groß, und bei dem Embryo von 7,1 cm direkter Körperlänge beträgt der betr. Winkel nur 120° . Den Grund dafür haben wir einzig und allein in der Stellung des Zwerchfelles zu suchen, das bei den kleinen Embryonen entschieden nicht so schräg steht wie bei dem großen Fötus und den erwachsenen Tieren (III, 4, 5, 6).

Daß der Stand des Zwerchfells bei den kleinen Stadien steiler wird, ist leicht aus dem Verhältnis zu sehen, in welchem die dorsale und die ventrale Kante der Brusthöhle, die Brustwirbelsäule und das Brustbein zu einander stehen. Für den Embryo von 13,4 cm Länge ergibt sich aus einer Länge von 2,1 cm für die Brustwirbelsäule und einer solchen von 1,1 cm für das Brustbein (die letztere als Einheit genommen) ein Verhältnis 1:1,91. Nähert sich dieses schon mehr Landsäugercharakteren, so ist es in noch höherem Maße bei unserem kleinsten Embryo der Fall. Hier stellt sich das betreffende Verhältnis, bei einer Länge der Brustwirbelsäule von 1,75 cm und 1 cm Brustbeinlänge, auf 1:1,75.

Wenn wir noch einmal die Proportionen, welche sich bei den einzelnen Stadien in der Länge des Brustbeins und der Brustwirbelsäule ergaben, zusammenstellen, so stehen das erwachsene Tier und der ausgetragene Fötus mit den weitesten Proportionen an der Spitze. Bei dem erwachsenen Tier belief sich das Verhältnis auf 1:2,25, annähernd das gleiche bestand bei dem ausgetragenen Fötus, nämlich 1:2,35. Je kleiner aber die Stadien werden, um so kleiner wird das Verhältnis, von 1:1,91 bei dem Embryo von 13,4 cm Rückenlänge steigt es herab auf 1:1,75 bei dem kleinsten Embryo.

Die Vergleichung dieser Befunde lehrt uns nur, daß sich im Laufe der Fötalentwicklung das fragliche Verhältnis ändert und zwar so, daß die Länge der Brustbeins zur Länge der Brustwirbelsäule kleiner wird, nicht aber erfahren wir gleichzeitig, in welcher Weise die Verschiebung der Proportion vor sich geht. — Es sind ja 3 Möglichkeiten für das Zustandekommen dieses Vorganges möglich. Einmal könnte es in der Verkürzung des Brustbeins allein begründet liegen. Zweitens wäre auch denkbar, daß ausschließlich durch ungewöhnliches Wachstum der Brustportion der Wirbelsäule die Verschiedenheit der erwähnten Befunde zu erklären wäre. Drittens könnten beide Faktoren wirksam sein, indem eine Verlangsamung des Wachstums des Sternums verknüpft wäre mit einem stärkeren Wachstum der Wirbelsäule. Um hierüber Aufschluß zu erhalten, müssen wir nähere Untersuchungen anstellen.

Bei allen Säugetieren, die sich dem Leben im Wasser mehr oder weniger angepaßt haben, sehen wir, daß sich die Körperform der für das Schwimmen zweckmäßigsten, der Spindelgestalt nähert, indem sie sich gleichzeitig streckt. Diesem Bedürfnisse trägt nun auch schon die Brustwirbelsäule Rechnung. Entsprechend dem phylogenetischen Werden des vorerwähnten Prozesses, finden wir bei unserem kleinsten Embryo (abgesehen von den drei ersten, durch große Kürze ausgezeichneten Wirbeln) keine auffälligen Unterschiede in der Größe der einzelnen Wirbel. Aehnlich stellen sich die Verhältnisse bei dem nächst größeren Embryo. Den drei ersten Wirbeln mit 0,5, 0,75, 1,1 mm Länge stehen alle übrigen mit annähernd 1,5—1,6 mm gegenüber. Andere Ergebnisse liefern der ausgetragene Fötus und die erwachsenen Tiere. Da sehen wir, ohne die drei ersten Wirbel zu berücksichtigen, eine stete Zunahme der Länge der Wirbel vom 4. bis zu den beiden letzten, welche ungefähr gleiche Länge aufweisen. Aehnlich verhält es sich auch mit den Zwischenwirbelscheiben.

Es könnte scheinen, als ob diese Vergrößerung der Wirbel nur den Zweck hätte, den Ausfall in der Größe der drei ersten zu kompensieren. Dem ist aber nicht so, wie wir uns leicht überzeugen können, wenn wir die Länge der Brustwirbelsäule in den einzelnen Stadien auf die bezüglichen Längen Schnauzenspitze—Nabelmitte beziehen. Bei dem kleinsten Embryo stellt sich dieses Verhältnis auf $3,8:1,75 = 1:2,2$; bei dem ausgetragenen Fötus auf $21,5:10,6 = 1:2,03$. Wir sehen hieraus, daß nicht nur eine Kompensation, sondern auch eine beträchtliche direkte Verlängerung der Rückenwirbelsäule stattgefunden hat. Nach diesen Erörte-

rungen könnte man glauben, daß die Schrägstellung des Zwerchfells, das den Veränderungen der Wirbelsäule folgt, allein hierauf zurückzuführen ist. Wie wir uns aber sogleich überzeugen können, ist dies wahrscheinlich nicht zutreffend. Es ist gewiß noch ein zweiter Faktor beteiligt, das Brustbein, indem es einem Verkürzungsprozeß unterliegt.

Beziehen wir die Länge des Brustbeins bei dem kleinen Fötus auf die entsprechende Länge von der Schnauzenspitze bis zur Nabelmitte, so ergibt sich das Verhältnis 1:3,8, bei dem erwachsenen Tier erhalten wir ein solches von 1:4,8. Das bedeutet aber, vorausgesetzt, das Längenwachstum der Körperregion Schnauzenspitze—Nabelmitte erfolgt gleichmäßig (wie Prof. KÜENTHAL's Untersuchungen ergeben), daß im Laufe der fötalen Entwicklung sich das Längenwachstum des Brustbeins nicht unbedeutend vermindert. Wir erblicken darin, den ontogenetischen Beweis für eine im Laufe der stammesgeschichtlichen Entwicklung eingetretene Verkürzung des Brustbeins.

Gleichzeitig mit diesem Befunde gewinnen wir bei *Phocaena* einen ziemlich sicheren Anhalt dafür, daß im Laufe ihrer Stammesgeschichte auch eine Verkürzung der Brusthöhle an der ventralen Seite stattgefunden hat, fanden wir doch bei früheren Untersuchungen, daß Länge des Brustbeins und ventrale Thoraxlänge beim Brautfisch fast völlig übereinstimmen.

Wir dürfen daraus nun aber nicht schließen, daß dies Verhalten alle Wale mit *Phocaena* teilen; im Gegenteil werden wir finden, daß die Wale bezüglich der Länge des Brustbeins sich sehr verschieden verhalten. Bei einigen ist das Brustbein länger als der Thorax an der Ventralseite, bei anderen ist dasselbe gerade umgekehrt außerordentlich kurz und begrenzt nicht mehr vollständig die Brusthöhle ventralwärts.

Es bedarf danach natürlich keiner weiteren Erörterung, daß wir die Verkürzung des Brustbeins und die Verkürzung der Brusthöhle nicht ausschließlich auf ein und dieselbe Ursache zurückzuführen haben. Für jene haben wir, wie ich glaube, die Loslösung der Rippen, die unzweifelhaft durch Anpassung an das Leben im Wasser erfolgt, hauptsächlich geltend zu machen. Für die Verkürzung der ventralen Brusthöhlenlänge war in erster Linie die oralwärts erfolgende Reduktion der Brusthöhle maßgebend, wie dies aus früheren Untersuchungen hervorging, daneben müssen wir aber wahrscheinlich noch eine Verschiebung der ventralen Zwerchfellinsertion nach vorn annehmen.

Fassen wir kurz zusammen, so haben wir gefunden, daß beim Brautfisch im Laufe der Fötalentwicklung die Brusthöhle an der dorsalen Seite vergrößert, aber umgekehrt an der ventralen Seite, wohl um diese Größenzunahme zu kompensieren, verkleinert wird. Welche Konsequenzen sich daraus für die Gestaltung der Lungen ergeben, wollen wir im nächsten Kapitel betrachten.

II. *Beluga leucas* GRAY.

Der Weißwal, dessen Untersuchung wir uns jetzt zuwenden wollen, weist in verschiedenen Punkten Abweichungen im Bau der Brusthöhle gegenüber *Phocaena* auf. Nur auf diese soll hier besonders eingegangen werden. Wie wir finden werden, hat *Beluga* viel besser als *Phocaena* alte Landsäugercharaktere bewahrt; auch in Bezug auf die Lungen wird sich dies aus den folgenden Ausführungen ergeben.

Bei dem Mangel geeigneter Litteraturangaben bin ich dabei gezwungen, mich zum größten Teil auf meine eigenen Befunde zu stützen, die ich an 3 Embryonen von 29 cm, 24 cm und 5,6 cm Länge gewonnen habe.

Der Thorax ist im Gegensatz zu dem bei *Phocaena* mehr seitlich zusammengedrückt, denn die Höhendurchmesser übertreffen, umgekehrt wie dort, die Querdurchmesser nicht unbeträchtlich. An der Brustapertur beträgt die Breite der Brusthöhle 1,75 cm, in Höhe der 4. Rippe 2,5 cm. Der Höhendurchmesser beträgt vorn 2,5 cm, in Höhe der 4. Rippe 4,5 cm. Während der Querdurchmesser von vorn nach hinten nur verhältnismäßig wenig zunimmt, steigt der Höhendurchmesser beträchtlich an. Zum größten Teil liegt das in der Schräglagerung des Brustbeins begründet, wie es leicht aus der beigegebenen Zeichnung zu ersehen ist. Ich werde hierauf noch kurz zurückzukommen haben (III, 8).

Die Wirbelsäule weist ähnliche Verhältnisse auf, wie sie bei dem kleineren *Phocaena*-Embryo vorliegen. Die Größenunterschiede der einzelnen Wirbel sind wie dort noch nicht erheblich. Meine Messungen ergaben für die beiden größeren Embryonen, wobei die Zwischenwirbelscheiben unberücksichtigt blieben, folgende Resultate:

Beluga leucas, Fötus, 24 cm Länge.

1. Brustwirbel	2	mm	lang
2.	"	2,75	" "
3.	"	3	" "
4.	"	3,25	" "
8.	"	3,75	" "

Beluga leucas, Fötus, 29 cm Länge.

1. Brustwirbel	2	mm	lang
2. "	2,5	"	"
3. "	3,2	"	"
4. "	3,5	"	"
5. "	4	"	"
6. "	4	"	"
8.—12.	4,5	"	"

Die Gesamtlänge der Brustwirbelsäule (einschließlich der Zwischenwirbelscheiben) betrug bei No. II 5,2 cm, bei No. I 4,5 cm.

Von den 12 Rippen erreichen nur die ersten 5 das Brustbein. Die ersten 7 gehen mit der Wirbelsäule eine festere Verbindung ein, die hinteren sind nur locker mit ihr verbunden. In einem Falle fand ich die beiden letzten Rippen jeder Seite ohne jede gelenkige Verbindung. Sie hingen mit ihrem oberen Ende mittels Bandmassen lose an den Wirbelkörpern. Im ganzen sind die Rippen weniger stark caudalwärts gerichtet als bei *Phocaena*, die Rippenknorpel sind infolgedessen kürzer, und die Winkel, welche beide miteinander bilden, sind größer. Bei *Phocaena* fanden wir den ersten Rippenknorpel am größten, während die hinteren an Größe abnahmen. Hier ist im geraden Gegensatz zu dem Befunde bei *Phocaena* die erste Sternalrippe die kürzeste und die folgenden nehmen nach hinten an Größe zu. Eine Erklärung für solche Abweichungen giebt uns das Brustbein, bei dem wir wegen mancherlei Eigentümlichkeiten etwas verweilen müssen (III, 9).

Wie ich schon vorgreifend erwähnt habe, ist das Brustbein in auffälliger Weise schräg gelagert. Bei *Phocaena* war es mehr parallel der Bauchlinie gelegen, bei *Beluga* trifft dies nur für das letzte Fünftel zu, der übrige Teil aber wendet sich aufwärts und ist von unten und hinten schräg nach oben und vorn gegen die Wirbelsäule gerichtet. Die ventrale Fläche des Brustbeins schaut demnach statt ventralwärts mehr oralwärts. Wir werden gleich sehen, welchen Wert das für das Tier hat. Zu dem Zwecke müssen wir einer überraschenden Konvergenzerscheinung Erwähnung thun, welche sich dem Untersuchenden darbietet, und welche wahrscheinlich auch die Verlagerung des Brustbeins bedingt hat. *Beluga* ist vor fast allen Walen durch eine verhältnismäßig lange Halswirbelsäule ausgezeichnet. Die einzelnen Wirbel sind dazu merkwürdigerweise frei gegeneinander beweglich, wie auch WYMAN¹⁾ bei dem von

1) WYMAN, Description of a „White Fish“ or „White Whale“, in Boston Journ. of Nat. Hist., Vol. 7, No. 4, p. 606.

ihm untersuchten erwachsenen Weißfisch gefunden hat. Wie der Natur nun verschiedene Wege zu Gebote stehen, dasselbe Ziel zu erreichen, so sehen wir, daß, um den Kopf zu fixieren und gleichzeitig die Lücke, welche zwischen Kopf und Rumpf entsteht, vorteilhaft auszufüllen, — welches beides bei den meisten Cetaceen einfach durch Verkürzung der Halswirbelsäule erreicht wird, — hier kolossale Muskelpolster entwickelt sind, welche seitlich und ganz besonders an der ventralen Fläche des Brustbeins ihren Ursprung nehmen und nach dem Kopf zu sich erstrecken. Es wird hierdurch einmal die Bedingung der Fixation des Kopfes vollständig erfüllt, dann aber in ebenso zweckmäßiger Weise der zwischen Kopf und Rumpf (wegen der langen Halswirbelsäule) vorhandene Raum ausgefüllt, so daß am unversehrten Tier, gerade so wie bei *Phocaena*, von einem Halse nicht gesprochen werden kann.

Wir haben also gesehen, daß die Schräglagerung des Brustbeins vermutlich den Zweck hat, einer großen Muskelmasse Anheftung an demselben zu gewähren. Diese Anschauung findet eine Stütze in dem Vorhandensein zweier Muskelhöcker, welche zur Vergrößerung des Brustbeins noch beitragen. Sie liegen in der Nähe des äußeren Randes des Brustbeins zwischen den Einlenkungen der 1. und 2. Rippe. Sie erheben sich als lanzettförmige, flache Höcker, 2,5 mm hoch, 1,5 mm dick, an der Basis 3 mm breit, von der ventralen Brustbeinfläche und streben nach außen und ein wenig nach unten. Die beigegegebene Zeichnung veranschaulicht diese merkwürdige Einrichtung (III, 8, 9).

Unterziehen wir das Brustbein, resp. den ganzen Thorax einer näheren Betrachtung, so sehen wir auch bei *Beluga* eine gewisse Asymmetrie zwischen den beiden Brusthälften, welche sich ausdrückt in der Einlenkung der Rippen, ihrem Verlauf und ihrer Wölbung. Merkwürdigerweise findet sich hier aber gerade das umgekehrte Verhältnis wie bei *Phocaena*. Die linke Brusthälfte ist nämlich die größere und die rechte die kleinere. Hervorgehoben zu werden verdient hierbei, daß auf der rechten Seite die Einlenkungen der Rippenknorpel am Brustbein mit den entsprechenden der anderen Seite nicht auf gleicher Höhe, sondern weiter rückwärts liegen.

Das Brustbein ist in seinem vorderen Teil ca. 2 cm breit, hinten mißt es in der Breite nur ca. 0,3 cm. Abgesehen von der schon beschriebenen Aufwärtsneigung des Brustbeins ist noch an ihm ventralwärts eine seichte Konkavität bemerkenswert, die

sich sowohl von hinten nach vorn, als auch von außen nach innen erstreckt. An seinem vorderen Rande weist das Brustbein einen halbmondförmigen Ausschnitt auf. Die ganze Länge des Brustbeins beträgt in No. I 2,5 cm, so daß sich daraus mit Bezug auf die Länge der Wirbelsäule (5,3 cm) ein Verhältnis von 1:2,1, für den anderen Embryo — bei einer Länge des Brustbeins von 2,25 cm und der Brustwirbelsäule von 4,5 cm — ein solches von 1:2 ergibt.

Bei *Phocaena* waren wir imstande, aus diesen Proportionen die Ausdehnung der Brusthöhle an der dorsalen wie an der ventralen Seite zu beurteilen. Wir konnten uns damit gleichzeitig eine Vorstellung von der Stellung des Zwerchfells machen.

Bei *Beluga* ist dies deshalb nicht so ohne weiteres möglich, weil einmal das Brustbein, wie wir gesehen haben, sehr stark aufwärts, gegen die Wirbelsäule, geneigt ist, und weil zweitens das Zwerchfell nicht am Ende des Brustbeins, sondern noch ein ganzes Stück davor an diesem befestigt ist.

Können wir hieraus zugleich die Thatsache konstatieren, daß das Vorrücken des Zwerchfelles nicht notwendigerweise mit der Verkürzung des Brustbeins gleichen Schritt halten muß, so läßt sich andererseits nun auch erkennen, daß die für die dorsale und ventrale Thoraxwand der *Beluga* gefundenen Proportionen eher zu klein sind. Dann nähern sie sich aber schon Verhältnissen, wie sie bei *Phocaena* der ausgewachsene Fötus aufweist. Wenn aber schon diese verhältnismäßig kleinen *Beluga*-Embryonen ähnliche Proportionen aufweisen, dann wird durch die nach Analogie bei *Phocaena* im Laufe der weiteren fötalen Entwicklung zu erwartende Zunahme der Verschiebung der fraglichen Verhältnisse schließlich eine Proportion entstehen, die größer ist, als die, welche wir für den erwachsenen Braunfisch fanden. Daraus können wir aber schließen, daß der Stand des Zwerchfells bei erwachsenen Weißwalen wahrscheinlich noch schräger ist, als bei *Phocaena*.

Was nun das Zwerchfell selbst anbetrifft, so finde ich auch hier nicht einmal eine Andeutung eines sehnigen Centrums; das ganze Zwerchfell besteht hier ähnlich wie bei *Phocaena* aus einer sehr kräftigen Muskulatur.

Seine Insertion nimmt es in ähnlicher Weise wie bei *Phocaena*, vom Brustbein aufwärts, auf beiden Seiten in gleicher Weise, die 5. Sternalrippe entlang bis zum Rippenknorpelgelenk, — von da ab schräger aufwärts, immer aber etwas oberhalb der unteren

Rippenenden bleibend. An der letzten Rippe angelangt, biegt die Insertionslinie nun nicht nach aufwärts um, um wie bei *Phocaena* in Höhe des hinteren Randes der letzten Rippe der Befestigung an der Wirbelsäule zuzustreben. Die Insertionslinie erstreckt sich vielmehr in derselben Richtung noch ein Stück über die letzte Rippe hinaus, tritt also auf die Lendenmuskulatur über — und biegt dann erst unter spitzem Winkel nach vorn, innen und oben um. Wir haben hier ein Verhalten, das von dem Befunde bei *Phocaena* abweicht.

Die Zwerchfelloberflächen erscheinen, von hinten gesehen, ziemlich symmetrisch. Die Hohlvene liegt deutlich rechts von der Medianlinie, Schlund und Aorta treten ungefähr in der Medianlinie durch das Zwerchfell. Von der Seite gesehen, bei frei präparierten Rippen, erscheint das Zwerchfell stärker vorgewölbt, als wir es bei *Phocaena* fanden. Die höchste Kuppe der Zwerchfelloberfläche liegt zwischen der 2. und 3. Rippe (III, 8).

Für das Herz bleibt ventralwärts in der Brusthöhle ein verhältnismäßig kleiner Raum übrig. Es senkt sich mit der Spitze in den Winkel ein, der vom aufwärts geneigten Brustbein und vom vorgewölbten Zwerchfell gebildet wird, und füllt den betreffenden Raum vollständig aus. Durch den Herzbeutel, der, soweit er die hintere flachgedrückte Fläche des Herzens bedeckt, fest mit dem Zwerchfell verwachsen ist, wird, indem er der Richtung des letzteren folgt, auch die Stellung des Herzens resp. der Herzaxe bestimmt. Sie bildet mit der Horizontalen einen Winkel von 60—70° und verläuft von oben und etwas vorn nach unten hinten und etwas links. Die Herzspitze liegt nur wenig links von der Medianebene.

Auf relativ große Abweichungen von früheren Befunden bei *Phocaena* stoßen wir, wenn wir uns die eigentlichen Brustfellsäcke etwas näher anschauen.

Im Gegensatz zu *Phocaena*, wo die Brustfellsäcke sich weit nach vorn ausdehnten, finden wir hier kaum eine Andeutung davon. Daß diese aber so wenig hervorspringen, liegt allein an dem fast senkrechten Verlauf der 1. Rippe, die bei *Phocaena* so auffällig nach hinten geneigt war und mit dem außerordentlich langen Rippenknorpel einen nach vorn offenen Winkel bildete. Bei *Beluga* fällt dies mehr oder weniger weg; die Sternalrippe ist kurz und der entsprechende Winkel nähert sich mehr einem gestreckten. Immerhin aber ragen beide Pleurahöhlen über die 1. Rippe hinaus, die linke mehr als die rechte — nämlich

3,5 mm, die linke nur 2,5 mm. Legen wir eine Eingangsebene an, so sehen wir, daß die Brustfellsäcke kaum darüber hinausreichen. In der That entspricht das der früher bereits geäußerten Ansicht, daß von dem Verkürzungsprozeß, der sich am Halse und an den ersten Rückenwirbeln abspielt, die Brustfellsäcke nicht betroffen werden. Wir finden hier den Prozeß der Verkürzung, wie ich schon früher angab, in viel geringerem Grade vor und müssen dementsprechend, wenn unsere Ansicht richtig ist, finden, daß die Brustfellsäcke nur um ein Geringes die Eingangsebene überschreiten, was thatsächlich die Untersuchung auch ergeben hat. Nach hinten erstrecken sich beide nicht gleich weit, der rechte reicht entschieden weiter nach hinten als der linke, wie ich auf das deutlichste auch an der Schnittserie vom Beluga-Embryo von 5,6 cm Länge kontrollieren konnte. Beide Brustfellsäcke erreichen mit ihren hintersten Enden die vordere Nierenspitze und laufen sogar noch ein Stückchen nebenher. Was aber besonders zu betonen ist, sie reichen nicht so weit caudalwärts wie bei *Phocaena*, bei der sie sich bis in Höhe des zweiten Nierendrittels nach hinten erstreckten. Ob hier aber die Nieren weiter zurückgelagert sind, daß auf diese Weise das merkwürdige Verhalten zn erklären ist, kann ich nicht entscheiden.

Im allgemeinen folgen die Brustfellsäcke den Rippen, über die ich das Nötige erwähnt habe. Auf einen Umstand möchte ich nur noch aufmerksam machen, der bei der Besprechung des Thorax uns entging, der aber hier bei den Brustfellsäcken nicht unerwähnt bleiben darf. Die ganze linke Brusthälfte erscheint auch innerlich breiter, wie man durch Messung direkt nachweisen kann; — dazu weist sie gegenüber der rechten Seite eine erheblich tiefere Aufwärtskrümmung der Rippen dorsal und seitlich von der Wirbelsäule auf.

Indem wir uns nun zur Betrachtung der Lungen wenden, möchte ich zunächst die wenigen Angaben, welche die Litteratur über diese Organe enthält, vorausschicken.

WYMAN¹⁾ beschreibt die Lungen des von ihm untersuchten 10 Fuß langen Exemplares, wie folgt: „The lungs are very fleshy, not divided into lobes and are covered by a thick strong layer of fibrous tissue under the pleura.“ WATSON und YOUNG²⁾, die ein Exemplar von 8 Fuß 7,5 Zoll Länge untersuchten, erwähnen in

1) WYMAN, Description of „White Fish“ or „White Whale“, Boston Journ. of Nat. Hist., Vol. 7, No. 4, p. 609.

2) WATSON and YOUNG, Anatomy of the „Northern Beluga“, in Transact. of Roy. Soc. of Edinburgh, Vol. 29, p. 422.

ihrer ausführlichen Beschreibung desselben die äußere Gestalt der Lungen auch nur in knapper Weise. Beide Lungen hatten die gleiche Länge von 15 Zoll. Alle drei Flächen, die costale, die mediale und die Zwerchfellfläche waren glatt, die Pleura nicht in Falten gelegt. Von einer Lappenbildung war keine Spur zu finden. Die Pleura war dick und lederartig.

Was zunächst die Maße der Lungen der von mir untersuchten Exemplare anbetrifft, so fand ich folgende, die ich der Uebersichtlichkeit halber in nachstehender Tabelle wiedergebe:

Beluga 29 cm lang.

Rechte Lunge.	Linke Lunge.
Länge 4 cm	Länge 3,8 cm
Dicke 1,7 „	Dicke 1,55 „
Breite 1,5 „	Breite 1,6 „

Beluga 24 cm lang.

Rechte Lunge.	Linke Lunge.
Länge 3,5 cm	Länge 3,6—7 cm
Dicke 1,4 „	Dicke 1,5 „
Breite 1,9 „	Breite 1,7 „

Der kleine Embryo von 5,6 cm lag mir, wie schon erwähnt, in Schnitten vor; wenn ich auch die Längenverhältnisse nicht genau wiederzugeben vermag, so war ich doch imstande, zu bestimmen, daß die linke Lunge länger war, als die rechte, in Uebereinstimmung mit dem größeren Embryo von 24 cm Länge. Erwähnen möchte ich noch, daß die linke Lunge auch weiter nach vorn ragte, als die rechte, ganz entsprechend den Brustfellsäcken. Die größte Breite der rechten Lunge betrug 2,5 cm, die der linken 2,3 mm. Als größte Dicke resp. Höhe fand ich für die rechte Lunge 1,8 mm, für die linke 2 mm.

Im allgemeinen weicht die Form der Lungen von Beluga nicht wesentlich von der der Braunfischlungen ab. Im großen Ganzen erscheint die Lunge von Beluga im Vergleich zu der von Phocaena schlanker und mehr gestreckt. Der stumpfe Rand beider Lungen verläuft vom hinteren Ende bis gegen das vordere Viertel (ohne bemerkenswerte Krümmung) in fast gerader Richtung. Erst der vorderste Teil senkt sich entsprechend der Krümmung der Wirbelsäule stark nach vorn und unten, ventralwärts, ab. Die costale Fläche ist links stärker gewölbt. — Der ventrale Lungenrand ist in den vorderen zwei Fünfteln bis zum Uebertritt auf das Zwerchfell stumpf. Soweit er die Zwerchfellfläche der Lunge begrenzt, ist er scharf, was aber gerade so wie bei Phocaena durch einen Anhang bedingt ist, den die herüberragende Lungenpleura bildet.

Unmittelbar hinter dem Herzen, also beim Uebertritt auf das Zwerchfell ist dieser fransenartige Anhang am breitesten. Er nimmt nach hinten an Breite ab und verliert sich am ventromedialen Rande, in welchen der Zwerchfellrand nicht unter spitzem Winkel wie bei *Phocaena*, sondern mit einer leichten Krümmung übergeht. Die ventrale Lungenfläche ist in ihrem vorderen Teil, der sogenannten Herzfläche, zur Aufnahme des Herzens ausgehöhlt. Von dem hinteren Teil der Zwerchfellfläche ist sie durch einen Querwulst getrennt, der unmittelbar hinter den Herzvorkammern liegt. Die Zwerchfellflächen der Lungen sind beide fast gleichmäßig muldenförmig vertieft. Einer Eigentümlichkeit haben wir an der rechten Lunge noch zu gedenken, deren meines Wissens bisher von keinem Autor Erwähnung gethan worden ist. Gerade so wie bei *Phocaena*, wenn auch nicht in dem ausgeprägten Maße, finden wir an der Spitze der rechten Lunge einen Eindruck, der dieselbe in 2 Lappchen teilt. In der Rinne verläuft, ebenso wie bei *Phocaena*, eine Vene, die in ähnlicher Weise, wie dort, die Spaltung der Lungenspitze herbeigeführt haben dürfte. Der Einschnitt ist bei weitem nicht so bedeutend, wie bei *Phocaena*, nichtsdestoweniger aber deutlich zu bemerken. WYMAN¹⁾, WATSON und YOUNG²⁾ machen darüber keine Angaben; — dennoch aber bleibt es fraglich, ob er nicht bei deren Exemplaren vorhanden gewesen. Vielleicht ist er wegen seiner Winzigkeit keiner besonderen Beachtung gewürdigt worden. Ich möchte dies aus der großen Regelmäßigkeit, mit der er bei meinen untersuchten Exemplaren vorhanden war, schließen. Bei den Lungen der drei untersuchten *Beluga*-Embryonen sowohl, wie bei zwei weiteren Lungen von *Beluga*, die mir Herr Professor KÜKENTHAL gütigst zur Verfügung stellte, war mit gleicher Deutlichkeit der fragliche Einschnitt resp. Eindruck vorhanden (III, 10).

Schließlich haben wir noch zweier Lymphdrüsen-Packete zu gedenken, die, was Lage und Ausdehnung betrifft, sehr an ähnliche Verhältnisse bei *Phocaena* erinnern. Eine ausführliche Beschreibung derselben haben WATSON und YOUNG³⁾ geliefert; der Vollständigkeit halber gebe ich dieselbe hier wieder: „Lying in close relation to the inferior border of each lung, and near the junction of its diaphragmatic and inner surfaces, is

1) WYMAN, l. c. p. 609—610.

2) WATSON and YOUNG, l. c. 422—23.

3) WATSON and YOUNG, *Anatomy of the „Northern Beluga“ etc.*, *Transact. of the Roy. Soc. of Edinburgh*, Vol. 29, p. 422—423.

a large lymphatic gland (similar to that described by Dr. MURIE as occupying a corresponding position in *Globiocephalus melas*¹⁾). On the right side the gland measures 5 inches in length, and lies superficial to a second gland of equal size, which rests against the inner surface of the lung, and occupies the space between the ventral or inferior border and the hilum of the organ. On the left side there is but a single lymphatic gland, which corresponds in position to the most superficial of the two glands noted on the right side; it is, however, not so large by onehalf. Their exact nature could not be determined, but in all probability both sanguiferous and lymphatic vessels were present, as described by Dr. MURIE.“ Im wesentlichen deckt sich der Befund an meinen Embryonen hinsichtlich Lage und Ausbreitung mit diesen Angaben; ich möchte nur noch hinzufügen, daß durch diese Organe eine breitere Verbindung der Lungen mit dem Herzbeutel und gleichzeitig mit dem Zwerchfell herbeigeführt wird. Bei den Landsäugetern, bei denen wir diese Organe an der entsprechenden Stelle vermissen, ist die Verbindung der Lungen mit dem Herzbeutel lediglich auf den Uebertritt der Pleura von den Lungen auf den Herzbeutel entlang der Gefäße beschränkt. Dadurch, daß sich hier aber diese drüsigen Organe zwischen Herzbeutel, Lungen und Zwerchfell einschieben, und zwar unterhalb der Pleura, wird diese von den Gefäßen abgelenkt. Indem sie die fraglichen, mit Lungen und Herzbeutel fest verwachsenen Organe überzieht, wird eine breite und dabei sehr feste Verbindung zwischen Lunge und Herzbeutel hergestellt.

Nachdem durch unsere Untersuchungen der ontogenetische Beweis dafür erbracht ist, daß sich bei den Cetaceen im Laufe ihrer Stammesgeschichte allmählich eine Gestaltsveränderung der Brusthöhle, eine Vereinfachung ihrer Raumverhältnisse herausgebildet hat, gewinnen mit einem Mal die einförmigen Wal-Lungen an Interesse und Bedeutung. Da die Lungen abhängig sind von dem Raum, in den sie eingebettet sind, kann es uns nicht wunder nehmen, wenn sie bei den Cetaceen völlig ungelappt, langgestreckt und verhältnismäßig schmal sind, dient doch der ventrale Teil der Brusthöhle infolge Verschmelzung des Herzbeutels mit dem Zwerchfell und infolge Reduktion des vordersten Teils der Brusthöhle fast nur noch der Aufnahme des Herzens. Wenn wir nun

1) MURIE, On the organisation of the Caaing Whale (*Globiocephalus melas*), Trans. Zool. Soc., Vol. 3, p. 265.

den Weg, den vermutlich die Stammesentwicklung des Cetaceenthorax genommen hat, zurückverfolgen, dann dürften wir einmal dahin kommen, wo die Herzbeutel nicht mehr in Verbindung stände mit dem Zwerchfell, sich vielmehr in beträchtlicher Entfernung von ihm befände, und wo schließlich auch vor dem Herzen Raum entstanden wäre. Es hätte sich damit aus einer sehr einfachen Brusthöhle eine höchst komplizierte, ähnlich wie bei den Carnivoren herausgebildet, der sich die Lungen dann in gleicher Weise vielleicht wie bei diesen durch Lappenbildung anpaßten.

Dieser Gedanke schwebte mir vor, als ich mich von neuem an die Untersuchung der Phocaenalunge machte. Allein bei den Lungen der erwachsenen Braunfische konnte ich nicht den geringsten Anhalt für meine Vermutung gewinnen. Ich untersuchte dann den großen Embryo, aber auch hier war äußerlich keine Andeutung einer Lappenbildung wahrzunehmen. Erst als ich die Pleura abhob, zeigten sich einzelne seichte Rinnen im Lungengewebe, von denen eine an der rechten Lunge besonders deutlich war. Sie trennte, wie ich nachher bei der Maceration der injizierten Lunge feststellen konnte, einen kleinen vorderen Lungenteil, der von dem trachealen Bronchus ausschließlich versorgt wurde, von dem großen hinteren Abschnitt. Beluga hat mir aber deutlichere Befunde geliefert, hier waren geradezu Einschnitte im Lungengewebe vorhanden. Nichts liegt näher, als die Rinnen und Einschnitte, welche wir an embryonalen Lungen von Walen fanden, für die letzten Anzeichen einer früheren Lappenbildung anzusehen. Nach den Angaben ANDERSON'S über Orcella zu schließen: „In the Foetus the apex of the lung is not bevelled off, but lung partially divided into lobes“ kommen bei diesem in mancher Hinsicht auf primitiver Stufe stehen gebliebenen Wal die fraglichen Verhältnisse noch besser zum Ausdruck. Ich stehe deshalb gar nicht an, auf Grund dieser Befunde und unter besonderer Berücksichtigung der Thatsache, daß eine Vereinfachung der Form der Brusthöhle erfolgt ist, den Schluß zu ziehen, daß die Wale von Tieren abstammen, die gelappte Lungen gehabt haben (III, 11).

III. *Hyperoodon rostratus* LILLEJ.

Zur Verfügung stand mir ein Embryo des Entenwals von 55 cm Länge.

1) ANDERSON, Orcella, in Anatomical and Zoological Results of the two Expeditions to Western Yunnan, Vol 1, p. 388.

Trotz zahlreicher, z. T. recht ausführlicher Arbeiten über Hyperoodon sind einzelne Organe desselben doch nur sehr oberflächlich untersucht worden. Besonders trifft dies für die Lungen zu. Ich werde daher auch hier nur auf meine eigenen Untersuchungen angewiesen sein. Was dagegen den Thorax betrifft, so habe ich wertvolle Angaben bei ESCHRICHT¹⁾ und VROLIK²⁾ gefunden.

Bevor wir uns der Betrachtung der Lungen zuwenden, wollen wir auch bei diesem Wal kurz den Thorax untersuchen. Wir werden dabei auf recht bedeutende Abweichungen im Vergleich zu Phocaena und Beluga stoßen. Was die Gestalt der Lungen betrifft, so ist entschiedene Aehnlichkeit mit denen der Bartenwale vorhanden.

Wie nach ESCHRICHT schon SCHLEGEL³⁾ richtig angiebt, ist der Entenwal vor allen übrigen Walen dadurch ausgezeichnet, daß der Brustkasten kurz und weit ist; überhaupt ist das Rumpfskelett des Hyperoodon dadurch charakterisiert, daß die Wirbelsäule von zwar sehr kräftigen, aber nicht zahlreichen Wirbeln gebildet wird. Wir treffen hier die geringste Wirbelzahl unter den Walen an, nämlich 45—46. Hauptsächlich betrifft die Verminderung der Wirbelzahl die Brustregion, indem nur 9 Rückenwirbel, aber um so kräftigere, vorhanden sind.

Betrachten wir die Brustwirbel näher, so können wir auch hier die Unterschiede in der Länge der einzelnen deutlich wahrnehmen. Die Maße, die ich für die einzelnen Wirbel erhoben, sind folgende:

1. Brustwirbel	0,55	cm
2. "	0,75	"
3. "	0,75	"
4. "	0,82	"
5. "	0,95	"
6. "	1,0	"
7. "	1,0	"
8. "	1,1	"
9. "	1,1	"

Die Gesamtlänge der Brustwirbelsäule beträgt 8 cm.

Gegenüber der verhältnismäßigen Kürze der Wirbelsäule ist das Brustbein lang zu nennen. Es ist vorn zwischen den ersten

1) ESCHRICHT, Zoolog-anat.-physiolog. Untersuchungen über die nordischen Walthiere, Leipzig 1849.

2) VROLIK, Natuur- en ontleedkundige Beschouwing van den Hyperoodon, Haarlem 1842.

3) ESCHRICHT, l. c. S. 46.

beiden Rippen 3 cm breit, in Höhe der 3. Rippe 2,3 cm und am Ende 1,5 cm. Abgesehen von seinem vorderen Teil — einem Viertel der ganzen Länge entsprechend, — welcher ähnlich wie bei Beluga, aber bei weitem nicht in dem Grade, dorsalwärts geneigt ist, verläuft das Brustbein in wagerechter Richtung.

Von den 9 Paar Rippen, die vorhanden sind, erreichen nur 5 Paar das Brustbein. Die Länge der wahren Rippen nimmt von der 1. bis 5. Rippe zu, in gleichem Maße auch die Sternalrippen, so daß die letzte, wie bei Beluga, die längste ist. Die falschen Rippen nehmen nach hinten zu an Größe ab. Im allgemeinen sind die Rippen bei Hyperoodon mehr caudalwärts geneigt, als bei Beluga, ganz besonders die falschen, die mehr oder weniger horizontal gelagert sind.

Im ganzen erscheint der Thorax in dorso-ventraler Richtung zusammengedrückt. Vorn an der Brustapertur betrug die Höhe 3,6—3,7 cm; die größte Breite 4 cm, in Höhe der 5. Rippe die Höhe 6,5 cm, die Breite 7 cm. Auch bei dem erwachsenen Tier sind ähnliche Verhältnisse vorhanden, wenigstens ist aus der Zeichnung, die VROLIK¹⁾ vom knöchernen Brustkorb gegeben hat, deutlich zu ersehen, daß der Höhendurchmesser der Brusthöhle dem Querdurchmesser nicht gleichkommt.

Eine kurze Betrachtung der Zwerchfellinsertion läßt die Kürze der Brustwirbelsäule resp. des Brustkorbes in einem anderen Licht erscheinen. Wir finden nämlich, daß das Zwerchfell sich nicht am hinteren Ende des Brustbeins, sondern eine beträchtliche Strecke davor anheftet. Die Insertionslinie verläuft zwischen der 4. und 5. Rippe, tritt noch unterhalb des Rippenknorpelgelenkes der letzteren Rippe auf diese selbst über. Sie erreicht schließlich wie bei den anderen Walen, indem sie immer in der Nähe der Rippenenden bleibt, die letzte Rippe, die, wie schon erwähnt, sehr stark nach hinten geneigt ist. Von hier aus wendet sie sich nun fast senkrecht zur Wirbelsäule und endet an dieser in Höhe des hinteren Endes des 2. Lendenwirbels.

Die Ausdehnung der Brusthöhle an der dorsalen Seite beträgt 9,75 cm, die Entfernung der ventralen Zwerchfellinsertion von der Brustapertur 5,15 cm. Mithin ergibt sich aus diesen beiden Maßen ein Verhältnis von 1:1,89. Wir

1) VROLIK, Natuur- en ontleedkundige Beschouwing van den Hyperoodon, Haarlem 1848, Taf. IV, Fig. 7.

können danach beurteilen, daß der Stand des Zwerchfells bei Hyperoodon steiler sein muß, als bei Phocaena und Beluga.

Das Diaphragma ist bei Hyperoodon außerordentlich kräftig entwickelt. Nur in der unmittelbaren Umgebung des Aortenschlitzes ist die Muskulatur spärlich vorhanden. Von ganz erheblicher Dicke sind die seitlichen Teile des Zwerchfells, die sich von den Rippen nach dem Centrum begeben, sie sind selbst kräftiger entwickelt, als die von der Wirbelsäule herabsteigende Portion, die Pars lumbalis.

Die Brustfellsäcke sind nicht von gleicher Länge, der rechte mißt 10,5 cm, der linke nur 10 cm. Der rechte Pleurasack reicht etwas weiter nach vorn, als der linke, dieser aber erstreckt sich dafür weiter nach hinten und kommt mit seinem äußersten Ende etwas neben der linken Niere zu liegen. Der rechte Brustfellsack bleibt von der rechten Niere, die ungefähr auf gleicher Höhe mit der linken liegt, durch einen Zwischenraum von 0,75 cm Länge getrennt.

Das Herz schien um seine Längsachse gedreht, so daß der linke Ventrikel gegenüber dem rechten zurückverlagert war. Die linke Herzhälfte war stark hervorgewölbt und berührte die linke Brustwand, die rechte fiel dagegen mehr glatt ab, ohne die entsprechende Brustwand zu berühren. Der Herzbeutel war mit dem Zwerchfell verwachsen, und die hintere Herzwand stand mehr senkrecht.

Indem wir nun dazu übergehen, die Lungen zu betrachten, muß zunächst hervorgehoben werden, daß die Form der Lungen des Hyperoodon wesentlich verschieden ist von der bei Phocaena und Beluga. Während wir bei diesen beiden eine tiefe und kompakte Lunge fanden, haben wir hier eine langgestreckte, ähnlich der, wie sie uns noch einmal bei den Bartenwalen begegnen wird.

Zum Unterschied von der Lunge bei Phocaena und Beluga fehlt ihr jener merkwürdige Anhang, den wir bei jenen am ventralen Rande fanden. Die Pleura liegt demgemäß dem sog. Zwerchfellrande der Lunge an und zeigt nicht die geringsten Andeutungen eines franzenartigen Saumes (IV, 13).

Zwischen den beiden Lungen des Hyperoodon besteht eine ziemliche Asymmetrie, sowohl hinsichtlich der Länge als auch der Breite (III, 12).

Die rechte Lunge war 7,1 cm lang, die linke nur 6,2 cm. Wie man sich nach der beigegebenen Zeichnung überzeugen kann,

ist die rechte Lunge gerade um so viel länger wie die linke, als die Länge des zungenförmigen Läppchens am vorderen Ende der so rechten Lunge ausmacht, und die ungefähr 1 cm beträgt. Dieses Läppchen, der lobus azygos im Sinne ALLEN's¹⁾, hat eine größte Breite von 1,2 cm und eine größte Dicke von ca. 1 cm.

Was seine Entstehung betrifft, so kann ich auf die Ausführungen bei *Phocaena* verweisen, denn unzweifelhaft haben wir es hier mit einer ganz ähnlichen Bildung zu thun wie dort. Ein Unterschied gegenüber *Phocaena* besteht nur darin, daß der Einschnitt nicht von der Tiefe ist wie dort, und daß die entsprechenden Läppchen hinsichtlich der Größe sich gerade umgekehrt verhalten wie bei *Phocaena*.

Bei *Hyperooden* ist der bei weitem größere Lappen medialwärts gelegen und fast bis gegen die Spitze mit der Luftröhre verwachsen, während der lateral gelegene nicht besonders hervortritt. Auch an der linken Lunge macht sich eine Andeutung eines solchen, ebenfalls medianwärts gelegenen Lappens bemerkbar.

Entsprechend dem rechten Brustfellsack reicht auch die rechte Lunge weiter nach vorn, als die linke, und zwar fast annähernd um die Länge des eben erwähnten Lobus azygos. Nach hinten erstreckt sich aber die linke Lunge weiter als die rechte, wie wir ein ähnliches Verhalten auch für die Brustfellsäcke konstatieren konnten. Die größte Breite — gemessen an der ventralen Fläche, am Uebergang der Herz- in die Zwerchfellfläche — betrug für die rechte Lunge 3,1 cm, für die linke Lunge 2,7 cm. In Bezug auf die Dicke übertrifft die linke Lunge die rechte. Für diese beträgt die größte Dicke in Höhe des Ueberganges der Herz- in die Zwerchfellfläche 2,6 cm, während ich für die linke Lunge eine größte Dicke von 3,0 cm fand. Von einem stumpfen Rande kann man kaum sprechen, ganz besonders bei der rechten Lunge. Costale und mediale Fläche gehen vielmehr ohne eigentliche Grenze, wie sie bei *Phocaena* und *Beluga* deutlich vorhanden war, über. Etwas deutlicher tritt er an der linken Lunge hervor, zumal die costale Fläche der linken Lunge viel steiler abfällt, als die der rechten. Die mediale Fläche der linken ist gegenüber der rechten klein und weist wie bei *Phocaena* und *Beluga* eine erhebliche Rinne auf, die vom Eintritt des Bronchus in die Lunge bis fast gegen das hintere Ende desselben zu verfolgen ist und zur Aufnahme der Aorta dient. Diese verhindert dadurch, daß sie un-

1) Dr. W. ALLEN, l. c. S. 610.

mittelbar vor dem Bronchus der linken Lunge aufsteigt, eine Verwachsung des Lungengewebes mit der Trachea, wie sie an der rechten Lunge bei fast allen Walen beobachtet wird. Die ventrale Fläche beider Lungen weist ganz ähnlich wie bei *Phocaena* und *Beluga* einen Querwulst auf, wodurch sie wie bei jenen in Herz- und Zwerchfellfläche geschieden wird. Beide sind nicht unerheblich ausgehöhlt (IV, 13).

Bezüglich der Ränder möchte ich erwähnen, daß nur der medio-ventrale und der costo-ventrale Rand, soweit sie auf dem Zwerchfell liegen, scharf sind, daß dagegen die übrigen Teile abgerundet und stumpf erscheinen. Zum Schlusse sei noch bemerkt, daß am hinteren Lungenende der costo-ventrale und medio-ventrale Rand nicht unter einem spitzen Winkel zusammenstoßen, sondern daß entsprechend der hinteren Pleuragrenze der costo-ventrale fast senkrecht zur Wirbelsäule abknickt und auf den medio-ventralen stößt. Mit anderen Worten, die Lunge verschmälert sich nach hinten nicht, sondern ist dort annähernd so breit, wie in der Mitte (III, 12).

IV. *Balaenoptera musculus*.

War die Litteratur über die Lungen der Zahnwale schon mangelhaft zu nennen, so trifft dies in noch viel höherem Grade für die Lungen der Bartenwale zu. Nicht eine einzige auch nur annähernd ausführliche Angabe steht uns hier zur Verfügung. Die meisten Forscher, welche Gelegenheit hatten, Bartenwale zu sezieren, mußten wegen hochgradiger Fäulnis der Lungen darauf verzichten, genauere Angaben über diese Organe zu machen. Kaum besser steht es inbetreff der Lungen um die sonst ausführlichen Arbeiten von CARTE und MACALISTER¹⁾ und von Y. DELAGE²⁾. Die brauchbarsten Angaben sind noch in den alten Werken enthalten, so besonders in den vortrefflichen Untersuchungen über „die nordischen Walthiere“ von ESCHRICHT³⁾. Ich werde im Verlauf meiner Arbeit gerade auf diese Abhandlung öfters zurückzukommen haben. Außer ESCHRICHT's Arbeit liefert auch die von Y. DELAGE uns wertvolle Beiträge zur Kenntniss der knöchernen Grundlage des Brustkorbes. Ich kann mich bei der

1) CARTE und MACALISTER, On the anatomy of *Balaenoptera rostrata*. Philos. Transact., Vol. 158, 1868.

2) Y. DELAGE, Histoire du *Balaenoptera musculus*. Arch. zool. exp., T. 3, 1885, p. 41—56.

3) ESCHRICHT, Zoolog.-anatom.-physiolog. Untersuchungen über die nordischen Walthiere, Leipzig 1894, S. 97—141.

Darstellung der Thoraxverhältnisse auf diese Ausführungen um so mehr beziehen, als sie mit meinen Befunden annähernd übereinstimmen.

Die vorliegenden Untersuchungen sind an zwei Föten von *Balaenoptera musculus* vorgenommen worden: einem größeren Exemplar von 104 cm und einem kleineren von 59 cm direkter Körperlänge. Daneben hatte ich die günstige Gelegenheit, meine Befunde an einem Embryo von *Balaenoptera rostrata* von 17,5 cm Länge, welcher mir in einer tadellosen Schnittserie vorlag, zu kontrollieren und zu vervollständigen.

Wir lenken unsere Aufmerksamkeit zunächst am besten wieder auf die Wirbelsäule. Auch hier finden wir wieder dieselben Größenverschiedenheiten der einzelnen Brustwirbel vor, wie wir sie bei den Zahnwalen schon kennen gelernt haben. Von dem ersten bis zum letzten nehmen die Brustwirbel an Länge zu, wie aus der beifolgenden Tabelle zu entnehmen ist. Die Zwischenwirbelscheiben zeigen bei dem größeren Embryo wenigstens ein ähnliches Verhalten wie die Wirbel; sie werden vom 1. bis 14. beständig stärker. Zuverlässige Messungen habe ich indessen nicht aufnehmen können; ich gebe deshalb in der Tabelle nur die Längen der einzelnen Brustwirbel wieder:

1. Brustwirbel	5,5 mm	6. u. 7. Brustwirbel	11 mm
2. "	5 "	8. "	11,5 "
3. "	7 "	9. u. 10. "	12 "
4. "	9 "	11., 12. u. 13. Brustwirbel	13 mm
5. "	10 "	14. u. 15. Brustwirbel	13—14 "

Die ganze Länge der Brustwirbelsäule also inkl. Wirbelscheiben betrug 22 cm.

Ehe wir eine Vergleichung dieser Größe mit der Längsausdehnung der Brusthöhle an der ventralen Seite anstellen, wird es zweckmäßig sein, wenn wir die betreffenden Verhältnisse zunächst einer näheren Betrachtung unterziehen. Die ventrale Brustwand wird nicht mehr ausschließlich vom Brustbein gebildet, wie es bei den von mir untersuchten Zahnwalen noch der Fall war; im Gegenteil trägt dasselbe hier nur im geringen Maße bei, die Brusthöhle ventralwärts zu begrenzen. Es stellt noch einen kleinen Knochen dar, welcher der 1. Rippe allein Anheftung gewährt. Zum größten Teil ist an seine Stelle eine kräftige Muskulatur getreten.

Es kann wohl keinem Zweifel unterliegen, daß wir es hier mit einem Schwund des Brustbeins durch Anpassung an die Lebensweise im Wasser zu thun haben. Wie noch erinnerlich sein wird, macht sich bereits bei den Zahnwalen dieser Prozeß, wenn auch im geringeren Grade, bemerkbar. Wir

sahen dort schon, daß sich die sogenannten wahren Rippen stark reduzierten; in der Regel scheinen nur noch 5 Rippen mit dem Brustbein verbunden zu sein. Aber auch bei den Zahnwalen kann der Prozeß schon weitergehen, so entnehme ich wenigstens der Abhandlung von ESCHRICHT: „On the Gangetic Dolphin“¹⁾, daß von den 11 Rippen nur 4 mit dem Sternum verbunden waren. Ebenso verhält sich nach BAMBEKE *Delphinus globiceps*²⁾. Andererseits werden aber auch mehr als 5 wahre Rippen beobachtet, wie Monodon lehrt, der deren 6 besitzt. Bei den Bartenwalen ist dieser Prozeß nur noch weiter gegangen; es kam zur Loslösung sämtlicher Rippen bis auf die erste, die ihre Verbindung mit dem Brustbein bewahrt hat. Es ist überflüssig, zu betonen, daß damit natürlich das Brustbein schwinden mußte. Eine wesentliche Stütze dieser Anschauung liefert ESCHRICHT³⁾ selbst, wenn er sagt: „Von der hinteren Spitze des Brustbeins erstreckt sich aber in der Mittellinie der unteren Brustwand ein Faserbündel, an welches noch das Brustende des 2. und 3. Rippenpaares reicht.“

Es kann wohl kaum zweifelhaft sein, daß wir hierin den Beweis erblicken dürfen, daß auch bei den Bartenwalen resp. ihren Vorfahren einst mehrere Rippen mit dem Brustbein in Verbindung gestanden haben.

Warum der Prozeß der Loslösung der Rippen vom Brustbein bei den Bartenwalen weitergegangen ist, als bei den Zahnwalen, läßt sich nicht so ohne weiteres einsehen.

Vielleicht hängt die dadurch herbeigeführte Dehnungsfähigkeit des Thorax mit der Lebensweise der Bartenwale zusammen, indem diese, um den großen Bedarf an Nahrung, die noch dazu meist in kleinen Tieren bekanntlich besteht, zu decken, verhältnismäßig längere Zeit unter Wasser zu bleiben gezwungen sind, als die Zahnwale, die sich in der Regel von größeren Tieren nähren.

Es ist vielleicht aber auch denkbar, daß der fragliche Prozeß bei den Bartenwalen nur deshalb weitergegangen ist, weil bei ihnen, wie es mir scheint, die Zwerchfellatmung schwächer entwickelt ist, als bei den Zahnwalen, bei denen Brust- und Zwerchfellatmung gleich kräftig zu erfolgen scheinen. Wenn bei den Bartenwalen

1) ESCHRICHT, „On the Gangetic Dolphin“, The Annals and Magazine of Nat. Hist., Vol. 9, II. Series, London 1852, p. 187.

2) VAN BAMBEKE, Quelques Remarques sur les squelettes de Cetacés, Bulletins de l'Académie royale de Belgique, 2. sér., T. XXVI, 1868, p. 44.

3) ESCHRICHT, Untersuchungen über die nordischen Walfische, Leipzig 1849, p. 140.

dann zum Ersatz des Ausfalls in der Zwerchfellatmung sich die übrigen Inspirationsmuskeln kräftiger entwickelten, konnten sie auch einen viel stärkeren Zug auf die Rippen ausüben und diese schließlich zur völligen Loslösung bringen.

Damit in Einklang zu bringen ist vielleicht die Beobachtung, daß das Zwerchfell bei dem großen Fötus verhältnismäßig schwächer entwickelt war, als bei den betrachteten Zahnwalen. Ich konnte in ihm zwischen Oesophagus und Hohlvene auch eine Stelle von etwa Markstücksgröße konstatieren, die gänzlich der Muskulatur entbehrte. Wir hätten demnach hier ein kleines sehniges Centrum zu unterscheiden.

Zur Erzielung einer größeren Erweiterungsfähigkeit des Thorax sehen wir auch an den oberen Enden der Rippen zweckmäßige Veränderungen vor sich gehen. Während bei den Zahnwalen, im allgemeinen wenigstens, bei den vorderen Rippen noch eine Verbindung mit den Wirbelkörpern stattfindet, sind bei den Bartenwalen die oberen Rippenenden nur mittelst ihres Höckerchens und wahrscheinlich ohne Synovialartikulation an die äußersten Enden der Querfortsätze der Brustwirbel befestigt. Nur bei einigen finden sich noch Anklänge an typische Verhältnisse vor, indem auch die Köpfchen vorhanden sind. Sie sind aber in der Regel nicht mehr lang genug, den Körper der Wirbel zu erreichen. Die Verbindung mit diesen wird dann aber durch ein starkes Band vermittelt ¹⁾. Noch andere Veränderungen sind an den Rippen offenbar durch Anpassung an das Leben im Wasser entstanden. Die sogenannten Sternalrippen sind geschwunden und scheinen bei den erwachsenen Tieren auch nicht mehr beobachtet zu sein. Für den Fötus von *Balaena mysticetus* ²⁾ sind sie aber durch ESCHRICHT und REINHARDT nachgewiesen worden.

Mit dem Fortfall der Sternalrippen, die bei den Zahnwalen noch ganz besonders durch ihre Verknöcherung einen wirksamen Schutz gegen das Zusammengedrücktwerden des Thorax bildeten, sehen wir, wie die Vertebralrippen allein diese Funktion übernehmen. Sie verlängerten sich wahrscheinlich zu diesem Zweck stark und erreichten zum Teil fast die ventrale Brustwand.

Eine Kompression des Thorax in dorso-ventraler Richtung ist dadurch auch bei den Bartenwalen verhindert. Auch ein Auseinanderweichen der beiderseitigen Rippenenden ist vermöge der sich zwischen ihnen ausspannenden, das Brustbein ver-

1) DELAGE, l. c. S. 52.

2) FLOWER, Osteologie der Säugethiere, S. 104.

tretenden Muskulatur bis auf ein geringes Maß beschränkt. Nur soweit es die Respiration erfordert, weichen die gegenseitigen Rippenenden auseinander, bei den Gattwalen in geringerem, bei den Furchenwalen in höherem Grade.

Daß auch die 1. Rippe, die noch mit dem Brustbein verbunden ist, eines Rippenknorpels entbehrt, hat wohl seinen Grund in der Notwendigkeit, eine größere Festigkeit des Brustkorbes zu erzielen. Darauf scheint mir schon der Umstand hinzudeuten, daß die erste Rippe gegen ihr distales Ende stark verbreitert ist, wodurch wiederum eine kräftigere Verbindung mit dem Brustbein herbeigeführt wurde ¹⁾. Die Bartenwalrippen sind im allgemeinen gegenüber den Rippen der Zahnwale von einer bedeutenderen Stärke. Ihr Verlauf ist ähnlich wie bei den Zahnwalen. Die ersten Rippen sind noch wenig nach hinten geneigt, die folgenden mehr, und die letzten Rippen stehen fast horizontal ²⁾.

Der Thorax der Bartenwale zeigt nicht die Tonnenform, die man bei den Zahnwalen in der Regel antrifft. Es tritt vielmehr die seitlich zusammengedrückte Form, also scheinbar eine Annäherung an die ursprüngliche, kielförmige Gestalt des Brustkorbes hervor. Der Höhendurchmesser betrug bei dem großen Fötus von 104 cm Länge (unmittelbar vor dem Zwerchfell in Höhe der 5. Rippe) 15 cm, dagegen fand ich einen größten Querdurchmesser von nur 9 cm. Von dem kleinen Fötus bin ich nicht imstande, genaue Maße anzugeben, dagegen kann ich sie für den kleinen Embryo von *Balaenoptera rostrata* von 17,5 cm Länge anführen. Der Höhendurchmesser betrug 1,9 cm, der Querdurchmesser nur 1,6 cm. Gerade so scheint sich dieses Verhältnis auch bei den erwachsenen Bartenwalen zu stellen. Wenigstens giebt ESCHRICHT an, den Querdurchmesser immer etwas kleiner als den Höhendurchmesser gefunden zu haben ³⁾.

Nachdem wir so einen Einblick in die Thoraxverhältnisse erlangt haben, wollen wir kurz noch die Pleurasäcke betrachten und dann die Lungen einer Untersuchung unterziehen.

Die Insertionslinie des Zwerchfells erstreckt sich von der ventralen Bauchwand, wo letztere mit der Brust- resp. Bauchmuskulatur in enger Verbindung steht, in der Nähe der 6.—11. Rippe in ganz leichtem Bogen nach hinten und etwas aufwärts. Bei der

1) ESCHRICHT, Untersuchungen über die nordischen Walfische. Leipzig 1849, S. 139.

2) DELAGE, l. c. S. 53.

3) ESCHRICHT, l. c. S. 140.

21. Rippe wendet sich die Anheftungslinie stark nach oben, entfernt sich daher erheblich von den Rippenenden, so daß sie bereits die 14. Rippe in der Mitte ungefähr schneidet. Wenig dahinter haben wir den äußersten Stand des Zwerchfells und damit der Brustfellsäcke zu suchen. Die 15. Rippe erreicht das Zwerchfell nicht mehr. Seine Insertionslinie wendet sich kurz vor derselben, dem Verlauf der Rippen folgend, nach vorn und oben um und endet an der Wirbelsäule zwischen der 14. und 15. Rippe (IV, 14).

Der Stand des Zwerchfells scheint im Verhältnis zu dem bei Zahnwalen erheblich schräger zu sein. Indessen ist es schwer, an der Hand von Zahlen dieses Verhältnis auszudrücken. Als Maße für die dorsale Kante der Brusthöhle können wir die Länge der Brustwirbelsäule wählen: 22 cm. Die ventrale Ausdehnung aber läßt sich nicht so genau ermitteln. Wir haben hier ähnlich, wie wir es bei Beluga sahen, eine starke Aufwärtsneigung der vorderen Hälfte der ventralen Brustwand. Eine ungefähre Einsicht bekommen wir aber dennoch, wenn wir die Entfernung der ventralen Zwerchfellinsertion von der 1. Rippe — 10 cm — mit jenem Maß vergleichen. So erhalten wir also ein Verhältnis von 1:2,2. In Wirklichkeit dürfte sich das fragliche Verhältnis aber noch günstiger gestalten.

Was die Vorwölbung des Zwerchfells in die Brusthöhle hinein betrifft, so erinnere ich mich nicht, sie so stark bei den Zahnwalen gefunden zu haben. Am zweckmäßigsten können wir uns die Gestalt der Kuppel vorstellen, wenn wir uns in der Medianlinie einen Schnitt durch den Körper gelegt denken. Die Mittellinie des Zwerchfells, die wir dabei auch treffen, verläuft nicht durchweg geradlinig nach unten. Von der dorsalen Insertion bis in Höhe der 6. Rippe verläuft sie zunächst annähernd in gerader Linie. Merkwürdigerweise entfernt sie sich dabei nur sehr wenig von der Wirbelsäule. Der Raum, welcher zwischen beiden entsteht, reicht gerade für Schlund und Aorta. Von der 6. bis in Höhe der 11. Rippe, wo er durch das Zwerchfell tritt, liegt der Schlund auf dem Zwerchfell in einer Art Rinne, die jenes bildet, und ist mit ihm durch lockeres Bindegewebe verbunden. In Höhe der 5. oder 6. Rippe wendet sich die Medianlinie des Zwerchfells plötzlich ventralwärts und richtet sich im unteren Teil etwas nach rückwärts (IV, 14).

Das Herz füllt den ganzen ventralen Brustraum bis zu halber Höhe ganz aus. Mit seiner Spitze ragt es in den Winkel, welchen Zwerchfell und ventrale Brustwand miteinander bilden, hinein.

Soweit ich mich überzeugen konnte, lag die Spitze ungefähr in der Medianebene, wenigstens war sie nicht wesentlich nach links oder rechts abgelenkt. Daß der Herzbeutel mit dem Zwerchfell in großer Ausdehnung verwachsen war, bedarf wohl kaum der Erwähnung, finden wir dies Verhalten doch allgemein bei den Walen.

Der Herzbeutel war auf beiden Seiten und vorn von einer 1—2 mm, an manchen Stellen noch dickeren Schicht eines graurötlichen, nicht sehr festen Gewebes bedeckt. Er beschränkte sich darauf aber nicht, sondern ragte oben und hinten über die Ränder des Herzens heraus und lag so frei jederseits lateral von der Lunge, diese teilweise verdeckend, und zu beiden Seiten der Zwerchfellkuppel. Ich glaube, daß es sich um nichts weiter als um subpleurales Fett handelt. Bei dem kleineren Embryo war dasselbe übrigens in viel geringerem Grade vorhanden. Bei dem erwachsenen Tiere scheint es überhaupt zu fehlen. Sicherlich hätte man doch sonst so auffälliger Gebilde Erwähnung gethan (IV, 14).

Bezüglich der Längenausdehnung der Pleurasäcke ist zu erwähnen, daß der rechte ein wenig weiter nach vorn und auch nach hinten reicht, als der linke Brustfellsack. Der rechte Brustfellsack hat eine Länge von 21,5 cm, der linke eine solche von 20 cm.

Bei beiden Föten erreichen sie die vordere Nierenspitze nicht. Für den großen Fötus von 104 cm Länge liegen die Verhältnisse folgendermaßen. Der linke Brustfellsack ist mit seinem äußersten Ende noch 4,5 cm von der vorderen Spitze der linken Niere entfernt. Beim rechten Brustfellsack ändern sich die Verhältnisse insofern, als er im ganzen etwas weiter nach rückwärts reicht. Dazu ist die rechte Niere um reichlich 3 cm weiter nach vorn gerückt als die linke. Diese beiden Momente bedingen es, daß der rechte Brustfellsack bis gerade in Höhe der Spitze der rechten Niere reicht.

Nachdem wir auf diese Weise die Bruthöhle mit dem Herzen und den Pleurasäcken näher kennen gelernt haben, wird es uns leicht, die Gestalt der Lungen zu verstehen. Die rechte Lunge hat eine Länge von 14,5 cm, eine größte Dicke von 4 cm, und eine größte Breite von 4,2 cm. Für die linke Lunge ergaben die Messungen 12,5 cm Länge, 3,3 cm größte Dicke und 4,3 cm größte Breite. Auf den ersten Blick fällt die gestreckte Gestalt der Lungen auf, die dadurch in scharfem Gegensatz zu den Lungen der meisten Zahnwale stehen. Nur bei *Hyperoodon* findet sich ein Anklang an diese Form, worauf ich bereits früher

aufmerksam gemacht habe. Viel zweckmäßiger als die Lungen der Zahnwale kann man die Lungen von *Balaenoptera musculus* mit dreiseitigen Prismen vergleichen. Hier fällt die dorsale Wölbung von vorn nach hinten so gut wie weg, und auch an der ventralen Fläche kommt es nicht zu so scharfem Absatz zwischen Zwerchfell- und Herzfläche. Beide zeigen dazu nur geringe Aushöhungen. Costale und mediale Fläche sind an der rechten Lunge ungefähr von gleicher Breite, auf dem Querschnitt würde man daher annähernd ein gleichschenkliges Dreieck als Umriß erhalten.

Bei der linken Lunge liegen etwas andere Verhältnisse vor. Die mediale Fläche ist von geringer Größe und eigentlich nur in den zwei hinteren Dritteln vorhanden. Sie fällt außerdem von oben und innen nach außen und unten ab. Die costale Fläche ist dagegen besonders stark, selbst stärker als die der rechten Lunge entwickelt. Der Querschnitt der linken Lunge würde als Umriß ein stumpfwinkliges Dreieck ergeben, in welchem der stumpfe Winkel durch Zusammenstoßen der ventralen und medialen Kante erzeugt wird (IV, 17).

Nach vorn verschmälern sich beide Lungen etwas, bewahren aber annähernd dieselbe Höhe. Umgekehrt am hinteren Ende, wo sie die Breite beibehalten oder gar daran zu nehmen, aber an Höhe beträchtlich verlieren (IV, 17).

Nicht unerwähnt möchte ich schließlich lassen, daß sich an der rechten Lunge, mehr außen am vorderen Ende, ein seichter Eindruck vorfand, wodurch der medianwärts liegende Teil der Lunge zungenförmig vorsprang (IV, 16 u. 17).

Es bleibt uns nur noch übrig, einen Blick auf die entsprechenden Verhältnisse bei dem kleineren Fötus zu werfen. Besonderes Interesse verdienen allein die Wirbelsäule und die Lungen. An der Brustwirbelsäule sehen wir, daß die Zwischenwirbelscheiben keine bemerkenswerten Unterschiede in der Stärke aufweisen. Auch die einzelnen Wirbel scheinen nicht so stark wie bei dem großen Fötus zu differieren.

Fötus von 59 cm Länge.

1. Brustwirbel	4	mm
2. "	4,5	"
3. "	5	"
4. "	5,5	"
5. "	6	"
6.—15. "	6,5	"

Eine genaue Messung der ventralen Kante der Brusthöhle vorzunehmen, gestattete mir das Material nicht. Die Aufstellung

einer Proportion der dorsalen zur ventralen Brustwand zum Zwecke der Beurteilung des Zwerchfellstandes muß daher unterbleiben.

Ueberraschen muß die erheblich abweichende Gestalt der Lungen gegenüber der bei dem großen Embryo. ESCHRICHT ¹⁾ bildet die Lungen von einem Vaagewal-Fötus von 8 Zoll Länge mit dem Herzen von der Seite ab. Mit diesen Lungen stimmen hinsichtlich der Gestalt die des kleineren von mir untersuchten Fötus annähernd überein. Beide Lungen sind tiefer, weisen eine starke Wölbung von vorn nach hinten auf, erinnern überhaupt sehr an die Lungen erwachsener Zahnwale (*Phocaena*, *Beluga*). Die Lunge des großen Embryo weist dagegen eine erhebliche Streckung auf. Vielleicht haben wir in dieser, verhältnismäßig sehr spät in der Fötalentwicklung auftretenden Formveränderung einen Hinweis auf die Phylogenie der Bartenwal-Lunge zu erblicken (IV, 15 u. 16).

Die Länge der rechten Lunge betrug 7,25 cm, die der linken 6,25 cm. Die zugehörigen Brustfellsäcke waren 10 cm, bezw. 9 cm lang.

B. Temporäre Wassertiere: Seehund, Seeotter und Fischotter.

Wenn meine Vermutung richtig ist, daß die veränderte Lebensweise, der Aufenthalt der Säugetiere im Wasser die Umformungen am Brustkorb und sekundär an den Lungen herbeigeführt hat, wie sie die vorher untersuchten Wale aufweisen, dann dürfen wir erwarten, bei den übrigen Wassersäugetern wenigstens die Anfänge ähnlicher Veränderungen wiederzufinden. Wir haben dabei nur zu berücksichtigen, daß die Wale unter den Wassersäugetern die bestangepaßten darstellen, daß wir daher nicht bei den übrigen in Betracht kommenden Säugetieren, die zum großen Teil noch nicht ausschließlich Wassertiere sind, hoffen dürfen, schon so hochgradige Veränderungen wie bei jenen zu finden. Von den Sirenen, die, was den Anpassungsgrad betrifft, den Walen noch am nächsten stehen und daher am ehesten hätten Aufschluß geben können über die fraglichen Verhältnisse, stand mir leider kein Material zur Verfügung. Meine diesbezüglichen Untersuchungen sind an 2 Seehunden, *Phoca vitulina*, einem erwachsenen von 1,05 m Länge und einem ganz jungen, ca 60 cm langen Exemplar, weiter an einer Seeotter, *Enhydra marina*, von 34,5 cm Länge (Schnauzenspitze—Schwanzwurzel) und an 2 Fischottern, *Lutra vulgaris*,

1) ESCHRICHT, Die nordischen Wassertiere, S. 103.

von 65 bzw. 67 cm Länge (Schnauzenspitze—Schwanzwurzel) vorgenommen worden.

Es kommt uns bei der vorliegenden Untersuchung sehr zu statten, daß alle 5 Tiere unzweifelhaft von ein und derselben großen Gruppe, nämlich den Carnivoren, ihren Ursprung genommen haben. Die Abstammung von den Raubtieren hat für uns den Vorteil, daß es bei der großen Einheitlichkeit, welche in Bezug auf den Thorax und die Lungen innerhalb dieser Gruppe existiert, leicht gelingt, einen Vertreter — vielleicht die Katze, den Hund — zum Vergleich heranziehen. Seehund, Seeotter und Fischotter stellen gewissermaßen innerhalb der Raubtiergruppe nur 3 Formen dar, die verschieden lange dem Wasserleben angehören und darum in verschieden hohem Grade die Anpassungserscheinungen zeigen müßten. Das wird durch unsere Untersuchung nun auch direkt bestätigt werden. Bei der Seeotter sind die Veränderungen der Lungen nicht so weit gegangen wie beim Seehund, und bei der Fischotter, als der am wenigsten angepaßten Form unter den drei Vertretern der Wassersäugetiere, sind noch keine bemerkenswerten Veränderungen an den Lungen zu konstatieren. Deutlicher als in diesen Befunden kann uns wohl kaum jemals der Einfluß des Wasserlebens vor Augen geführt werden.

V. *Phoca vitulina* L.

Hinsichtlich der Form des Thorax finden wir ähnliche Verhältnisse vor, wie bei den meisten Walen. Der Brustkorb zeigt in auffallender Weise die Kegelform. Ein Unterschied besteht nur darin, daß er an der vorderen Brustapertur verhältnismäßig sehr spitz ist und nach hinten erheblich an Umfang gewinnt. Auch hier liegt die größte Weite in Höhe der stärksten Zwerchfellwölbung, die wir bei unseren Objekten in Höhe der 9. Rippe zu suchen haben. Während an der vorderen Brustapertur die Höhe des Thorax bei dem großen Exemplar 4,5 cm und 3 cm bei dem kleinen beträgt, beläuft sich dort die Breite der beiden Exemplaren auf 6,5 resp. 5 cm. In Höhe der 9. Rippe finde ich einen Sagittaldurchmesser von 14 resp. 8 cm, bei einer entsprechenden Thoraxbreite von 17 resp. 12 cm (IV, 18).

Für das Zustandekommen dieser Thoraxform mit größerem Querdurchmesser sind vor allem die Sternalrippen maßgebend gewesen, wie man sich leicht überzeugen kann. Die Vertebralrippen sind klein und stehen an Größe merkwürdigerweise hinter den Sternalrippen zurück, besonders trifft dies für die hinteren zu. Mit der stärkeren

Entwicklung der Sternalrippen hängt es auch zusammen, daß wir den größten Querdurchmesser im unteren Drittel der Höhe des Thorax, also innerhalb der Sternalrippenregion zu suchen haben.

Das Brustbein ist schmal und lang, wie bei allen anderen Raubtieren, und zeigt keine bemerkenswerten Veränderungen. Vielleicht hat das stark verlängerte, zu einer cylinderförmigen Spitze von 10 cm Länge ausgezogene Manubrium, welches sich direkt vor die Luftröhre legt, den Zweck, diese gegen den Wasserdruck zu schützen.

Von den vorhandenen 15 Rippen erreichen 10 das Brustbein. Bereits MECKEL ¹⁾ wies auf diese große Zahl von Sternalrippen hin und bemerkte: „Natürlich ist unter übrigens gleichen Umständen die Brusthöhle desto beweglicher, je mehr falsche Rippen sich finden, und es ist daher einerseits merkwürdig, daß gerade bei schwimmenden und kriechenden Tieren die Zahl derselben so bedeutend ist, anderseits aber auffallend, daß dies bei den See-hunden nicht der Fall ist.“ — Wir werden aber sehen, daß eine größere Beweglichkeit nicht immer von einer mehr oder weniger großen Zahl falscher Rippen abhängig sein muß, daß auch in anderer Weise bis zu einem gewissen Grade den Anforderungen Genüge geleistet werden kann.

LUCAE's schönen Untersuchungen „Die Robbe und die Otter in ihrem Knochen- und Muskelsystem“ entnehme ich, daß mit Ausnahme der 1. Rippe, die mit dem 1. Brustwirbel allein artikuliert, die Rippen 2 — 11 mit zwei Wirbeln gelenkig verbunden sind, und daß die 4 letzten mit je einem der 4 letzten Brustwirbel in Verbindung treten. „Die 11 ersten haben ein Capitulum, Collum und Tuberculum, mit welchen sie dem entsprechenden Processus transversus anliegen. Die 4 letzten haben nur ein Capitulum. Hierdurch erklärt es sich, daß bei Kontraktion der entsprechenden Muskeln die 11 ersten Rippen vermöge dieser Gelenksverbindungen sich in einem Winkel nach hinten oder vorn bewegen“ ²⁾.

Die hinteren Rippen dagegen, die mit ihren Köpfchen in einer flachen Gelenkfläche sich bewegen, sind, da sie keine Tubercula und keinen Hals besitzen, freier und artikulieren median-

1) MECKEL, System der vergl. Anatomie, II. Teil, S. 509.

2) LUCAE, Die Robbe und die Otter in ihrem Knochen- und Muskelskelett. Abh. der Senckenberg. Ges., Bd. 8, 1872, S. 330.

lateralwärts. Dabei dürften die Knorpel der wahren Rippen begünstigend mitwirken. Sie sind anfangs stark, werden in ihrem weiterem Verlauf sehr dünn und nehmen nach dem Brustbein hin wieder an Umfang zu. Dadurch, daß die dünnste Stelle gerade da gelegen ist, wo die Knorpelrippe unter starkem Bogen sich nach einwärts zum Brustbein begiebt, kann leicht durch Vergrößerung des Winkels eine Erweiterung des Thorax herbeigeführt werden (IV, 18). Durch diese freiere Bewegung der Rippen, die Phoca vor den Raubtieren voraushat, glaube ich, ist dem infolge der Lebensweise gesteigerten Bedürfnis, größere Mengen Luft auf einmal aufzunehmen, hinlänglich Genüge geschehen.

Schließlich sei noch erwähnt, daß die Rippenknorpel in ihrem distalen Teil, der mit dem Brustbein in Verbindung steht, bereits verknöchert sind. Ich führe dies an, weil es wahrscheinlich ist, daß wir die Verknöcherung der Rippenknorpel mit dem Tauchen in Verbindung zu bringen haben; finden wir doch diese Eigentümlichkeit bei den Cetaceen, bei den tauchenden Monotremen, auch bei dem Nilpferd vor ¹⁾.

LUCAE berichtet über die Rückenwirbel, daß sie bis zum 10. kürzer, aber breiter als die Halswirbel sind; von hier ab werden sie immer länger, aber schmaler, und der 15. ist der längste ²⁾.

Ich kann die Angaben durchaus bestätigen. Wir finden hier, wie aus der angeführten Tabelle über die Längenverhältnisse der einzelnen Wirbel des großen Exemplars ersichtlich ist, ein ähnliches Verhalten, wie wir es schon bei den Walen durchweg kennen gelernt haben. Die Rückenwirbel nehmen vom 1. bis zum letzten an Länge zu.

1. Rückenwirbel	1,4	cm
2. "	1,4	"
3. "	1,4	"
4. "	1,4	"
5. "	1,5	"
6. "	1,6	"
8. "	1,7	"
10. "	1,8	"
11. "	1,9	"
12. "	2,0	"
13. "	2,1	"
14. "	2,1	"
15. "	2,2	"

1) MECKEL, Vergl. Anatomie, Teil II, S. 311.

2) LUCAE, Die Otter und die Robbe etc. Abh. d. Senkenberg. Ges. 1872, Bd. 8, S. 329.

Bei den kleineren Exemplaren verhalten sich die Wirbel in ganz ähnlicher Weise.

Wie eine genauere Untersuchung der einzelnen Wirbel lehrt, ist bei der Größenzunahme derselben fast lediglich die hintere Epiphyse beteiligt, indem sie beständig, je weiter wir nach hinten kommen, an Größe zunimmt. Nicht oder nur in untergeordnetem Maße aber trägt der übrige Wirbelkörper dazu bei.

Die Zwischenwirbelscheiben, die nach LUCAE ¹⁾ beim Seehunde bedeutend stärker entwickelt sind, als bei einem anderen Raubtier, verhalten sich ähnlich wie die Wirbel, indem auch sie nach hinten an Dicke gewinnen, wenn auch bei weitem nicht in dem Maße, wie diese.

Wir haben jetzt nur noch einen Blick auf das Zwerchfell zu werfen und können dann an die Betrachtung der Brusteingeweide herantreten.

Das Zwerchfell ist bis auf eine winzige Stelle unterhalb des Durchtritts der hinteren Hohlvene, die sehnig erscheint, muskulös. Was seine Insertion betrifft, so erfolgt sie am Brustbein ca. $1\frac{1}{2}$ —2 cm hinter der Einlenkung der letzten wahren, der 10. Rippe. Von da läuft die Insertionslinie auf beiden Seiten, zunächst quer über die 11. hinweg zur 10. Sternalrippe hinüber, diese bis zur Hälfte ungefähr verfolgend. Indem sie dann schräg nach hinten und aufwärts steigt, biegt sie auf die nächste über. Erst an der 13. Rippe schneidet sie das Rippenknorpelgelenk. Von nun ab steigt sie steiler an, kommt bis zur Mitte der 15. Rippe, wo wir den hintersten Punkt der Brustfellsäcke zu suchen haben, um von dort nach oben und vorn umzubiegen und ein wenig hinter dem 15. Rückenwirbel zu enden.

Die Brustfellsäcke sind nicht von gleicher Länge; bei meinen beiden Exemplaren ragte der rechte ein wenig über die 1. Rippe hinaus, während der linke kaum den hinteren Rand derselben erreichte. So beträgt beispielsweise bei dem größeren Exemplar die Länge des linken Pleurasackes 32,5 cm, die des rechten aber 34,5 cm. Die entsprechenden Lungen messen 23 bzw. 24 cm.

Gerade wie OWEN ¹⁾ finde ich bei dem großen Seehunde die linke Lunge größer als die rechte, wenigstens breiter und dicker. Wahrscheinlich spielte dabei die Asymmetrie des Thorax, die hier

1) LUCAE, l. c. S. 337.

2) OWEN, Comparative anatomy of Vertebrates, Vol. III, S. 581.
Bd. XXXII. N. F. XV.

vorhanden ist, eine Rolle. Die linke Brusthälfte ist entschieden breiter und dabei tiefer aufwärts gewölbt, als die rechte. Am stärksten tritt diese Vertiefung seitlich und dorsal von der Wirbelsäule in Höhe der 10. Rippe hervor, um nach vorn und hinten abzunehmen.

Sehr überrascht war ich, bei dem kleineren Seehunde nicht dieselben, sondern hinsichtlich der Asymmetrie des Thorax gerade die entgegengesetzten Verhältnisse zu finden. Dabei war die Ungleichheit der Thoraxhälften ganz enorm und bedeutender als in dem anderen Falle. Wenn ich in die Lungen Luft einblies, wurde die ohnehin schon sehr auffällige Asymmetrie des Thorax noch deutlicher. Im nicht aufgeblasenen Zustande hatte die linke Brusthälfte eine Breite von 5, die rechte eine solche von 7 cm. Leider konnte ich die Lunge in diesem Falle nicht näher untersuchen, weil sie mir zur Gewinnung des Bronchialbaumes diente, zu welchem Zwecke ich sie in situ injizieren mußte. Bedeutend aber können, nach dem Bronchialbaum zu schließen, die Größenunterschiede nicht gewesen sein, wenn auch die rechte Lunge etwas größer gewesen sein mag, als die linke.

Das Herz ist für die Gestaltung der Lunge und für die Frage nach Lappenbildung derselben von außerordentlicher Bedeutung, deshalb muß es jetzt zunächst berücksichtigt werden.

Das Herz ist an seiner Spitze abgestumpft und liegt damit etwas links von der Medianebene. Im übrigen erinnert es in seiner Form an das Herz des Brautfisches. Wie bei diesem ist es sehr breit und von großem Umfange. Der Höhendurchmesser ist hingegen verhältnismäßig klein. Der Herzbeutel steht bei dem großen Exemplar bis zur hinteren Hohlvene hinauf mit dem Zwerchfell in direkter Verbindung, bei dem kleineren Exemplar war die Verwachsung nicht ganz so weit gegangen, indem der Herzbeutel sich schon 1 cm unterhalb der Hohlvene von dem Zwerchfell trennte. Ein sogenannter hinterer Mittelfellsraum existierte aber auch in diesem Falle nicht.

Als eine Folge davon haben wir es zu betrachten, daß an der rechten Lunge beider Exemplare der sog. Lobus infracardiacus oder lobus cavae ALLEN's nicht vorhanden war. — Dennoch kann er aber auch beim Seehund einmal vorkommen, wie ALLEN's Beobachtung lehrt ¹⁾).

Den Anstoß zu diesem sekundären Vorgang, der sich in der Verschmelzung des Herzbeutels mit dem Zwerchfelle und weiter

1) Dr. WILLIAM ALLEN, l. c. S. 607.

in dem Schwund des im hinteren Mittelfellsraum lagernden Lungenlappens äußert, dürfte in erster Linie der Thorax selber gegeben haben, indem er unter dem Einflusse des Wasserlebens eine andere Form annahm. Aus dem sog. kielförmigen entstand auf Kosten des dorso-ventralen Durchmessers ein Brustkorb mit querovalen Querschnitt.

In welcher Weise sich das Herz nun diesen neuen Verhältnissen angepaßt hat, darüber kann uns die Form und Lage des Herzens selber Aufklärung geben. Ich glaube wenigstens danach schließen zu dürfen, daß das Herz auf die Verkürzung des Höhendurchmessers des Thorax gleichfalls mit einer Verkürzung seiner Längsachse geantwortet hat, daß aber dafür eine kompensatorische Umfangsvermehrung erfolgt ist.

Wir gewinnen damit zugleich eine Vorstellung, auf welche Weise es zu der besprochenen Verschmelzung des Herzbeutels mit dem Zwerchfell gekommen ist. Wir haben nur zu berücksichtigen, daß diese wahrscheinlich nicht ganz und gar eine Folge der Umfangsvermehrung des Herzens ist, daß gewiß auch das Zwerchfell selber durch Verschiebung seiner ventralen Insertion nach vorn dazu beigetragen hat.

Nachdem wir auf diese Weise gesehen haben, daß der unpaarige Lungenlappen infolge der Anpassung an das Wasserleben schwindet, wollen wir fortfahren in der Betrachtung der übrigen Lungenabschnitte.

Von einer Lappenbildung könnte man da kaum reden. Dennoch lassen die rechte wie die linke Lunge deutlich erkennen, daß an ihnen eine ausgesprochene Lappenbildung bestanden hat. Sie ist aber auch infolge der Umgestaltung und Vereinfachung der Raumverhältnisse im Thorax bis auf Spuren verschwunden.

Es ist an der kostalen Fläche der rechten Lunge eigentlich nur ein deutlicher, wenn auch nicht lückenloser Einschnitt vorhanden, der $\frac{1}{2}$ cm tief in das Lungengewebe eindringt und einen kleinen vorderen von einem großen hinteren Lappen trennt. Dadurch scheint es wohl erklärlich, daß OWEN nun zwei Lappen unterscheidet¹⁾. Wie auf der Zeichnung aber zu erkennen ist, ist auch ein mittlerer Lappen vorhanden, der allerdings stark mit dem hinteren Lappen verschmolzen ist (IV, 18). Deutlich treten uns aber die 3 Lappen zu Tage, wenn wir die Lungen von der ventralen Seite betrachten.

1) OWEN, Comparative anatomy of Vertebrates, Vol. 3, S. 581.

Dabei bemerkt man auch, daß die linke Lunge einmal aus 3 Lappen bestanden hat. Dieser letzte Befund steht im Einklang mit HUNTER's Angaben, wonach der linken Lunge 3 Lappen zukommen sollen, welche jedoch beinahe verschmolzen sind: „united by a loose cellular texture“¹⁾.

Zum Schlusse möchte ich noch auf das Verhältnis der Länge der ventralen zu der der dorsalen Brustwand hinweisen. Da diese 32 cm, jene 19 cm betrug, stellt sich das fragliche Verhältnis auf 1:1,68. Bei dem kleinen Exemplar stellt es sich etwas anders. Da die Länge der dorsalen Wand 26,5 cm und die der ventralen 16,5 cm betrug, berechnet sich bei ihm das fragliche Verhältnis auf 1:1,60. Beide bedeuten eine erhebliche Abweichung von den bei den Land-Raubtieren bestehenden Verhältnissen. Noch günstigere Resultate ergeben sich aus den Zahlen, welche ALLEN²⁾ von einem Skelett eines *Odobaeus obesus* von 2,89 m Länge angiebt. Bei diesem betrug die Länge der Brustwirbelsäule 1,17 m, während das Brustbein ohne Knorpel 54 cm, mit demselben 65 cm maß. Selbst wenn die Zwerchfellinsertion gegen das Ende des Brustbeinknorpels statthatte, was nicht sehr wahrscheinlich ist, so ergibt sich bei einer Länge der ventralen Brustwand von 65 cm im ungünstigsten Falle immerhin noch ein günstigeres Verhältnis, als bei *Phoca*, nämlich 1:1,8. Vielleicht war demgemäß der Verschmelzungsprozeß der Lungen bei diesem Tier noch weiter gegangen, als bei *Phoca*.

Umgekehrt dürfen wir auch geringere Verschmelzungszustände der Lungen zu finden hoffen. Da dies wahrscheinlich mit der Verkürzung der Brusthöhe an der ventralen Seite in Verbindung steht, diese wiederum eine Folge der Anpassung an das Wasserleben ist, so werden uns nach dieser Richtung hin weniger gut angepaßte Pinnipedier, die vielleicht mehr auf dem Lande leben, Vertreter stellen können. Als solcher erscheint vor allem das Walroß. Nach ALLEN³⁾ fand TURNER bei einem Exemplar das Zwerchfell nicht mit dem Herzbeutel verwachsen. Der Autor sagt zwar nichts, ob ein lobus cavae vorhanden gewesen ist, indessen dürfen wir daran wohl nicht zweifeln, um so mehr, als TURNER diesen Fall in Parallele stellt zu einem ähnlichen beim Menschen, bei dem der fragliche Lappen existierte.

1) OWEN, Comp. anat., Vol. 3, S. 581.

2) J. A. ALLEN, History of the North American Pinnipeds, Washington 1880, S. 149—150.

3) WILLIAM ALLEN, A variety of pulmonary lobation etc. Journal of Anat. and Physiol., Vol. 16, S. 610, Anm. 1.

Interessant wäre es für unsere Untersuchungen noch gewesen, etwas über den Grad der Verschmelzung der übrigen Lungenabschnitte zu erfahren. Vielleicht waren die Lappen weniger miteinander verschmolzen, als beim Seehunde.

Wir hätten damit dann eine Ueberleitung zur Seeotter, die uns jetzt beschäftigen soll.

VI. *Enhydra marina* F. CUVIER.

Die Seeotter bildet hinsichtlich der äußeren Gestalt eine Mittelstellung zwischen *Phoca* und den übrigen Raubtieren. Gegenüber *Lutra vulgaris* scheinen die äußeren Anpassungserscheinungen bei weitem ausgeprägter zu sein. Auch das Rumpfskelett, welches uns hier besonders interessiert, weist schon deutliche Abweichungen vom Raubtiertypus auf und nähert sich entschieden dem der *Phoca*, worauf LUCAE ¹⁾ bereits ganz besonders aufmerksam macht.

Vor allem ist die Form des Thorax schon eine ausgesprochen abgeflachte. Der Höhendurchmesser des Thorax betrug in der Höhe der 4. bis 5. Rippe 4,5 cm, unmittelbar vor dem Zwerchfell, zwischen der 8. und 9. Rippe 6,75 cm, die entsprechenden Querdurchmesser waren 5,5 und 7,5 cm.

Von den 15 Rippen erreichen 9 das schmale Brustbein. Die 10. und 11. Rippe, welche sich übrigens durch die längsten Rippenknorpel auszeichnen, stoßen zwar mit ihren distalen Enden direkt an den stabförmigen Brustbeinknorpel an, gehen jedoch eine Verbindung mit demselben nicht ein. Was das Größenverhältnis der Rippenknorpel zu den zugehörigen Vertebralrippen anbelangt, so konnte ich ein gleiches Verhalten wie bei *Phoca* nicht konstatieren. Im Gegenteil schienen mir die Vertebralrippen die Sternalrippen nicht unwesentlich an Größe zu übertreffen. Auch bezüglich der Beweglichkeit des Thorax nimmt *Enhydra* eine Mittelstellung ein, wie LUCAE's ²⁾ Untersuchungen ergeben.

Wie die in der folgenden Tabelle aufgeführten Längen der einzelnen Wirbel zeigen, ist auch hierin Uebereinstimmung mit den anderen bereits untersuchten Wassertieren vorhanden.

1) LUCAE, Die Otter und die Robbe etc. Abh. der Senckenberg. Ges., Bd. 8, 1872, S. 332.

2) LUCAE, l. c. S, 334.

1. Wirbel	0,45	cm
2. "	0,5	"
4. "	0,55	"
5. "	0,6	"
7. "	0,65	"
9. "	0,7	"
11. "	0,75	"

Davon aber, daß auch die Zwischenwirbelscheiben diesem Beispiel folgten, habe ich mich nicht überzeugen können.

Erwähnenswert scheint mir noch zu sein, daß ich unzweifelhaft eine Asymmetrie der Brusthälften fand. Die rechte Seite war durch eine höhere Aufwärtskrümmung der Rippen seitlich und dorsal von der Wirbelsäule tiefer, daneben aber auch breiter, als die linke.

Vom Zwerchfell interessiert uns, daß es stark muskulös ist. Von einem sehnigen Teil habe ich nichts wahrgenommen. Bezüglich seiner Insertion ist nur hervorzuheben, daß sie ventral nicht in Höhe der letzten wahren Rippe, sondern dahinter auf beinahe halber Länge des Brustbeinknorpels stattfand, also ein ähnliches Verhalten zeigte, wie wir es bei den Carnivoren finden. An der Wirbelsäule inserierte sich das Zwerchfell ungefähr in Höhe des 2. Lendenwirbels.

Die Länge der ventralen Brustwand, gerechnet vom vorderen Rande des 1. Rippenknorpels bei seiner Einlenkung an das Brustbein bis zur Insertion des Zwerchfells am Brustbein, betrug 7 cm, während die dorsale Brustwand vom 1. Brustwirbel bis zur Zwerchfellinsertion an der Wirbelsäule 10 cm betrug. Daraus ergibt sich ein Verhältnis der ventralen zur dorsalen Brustwand von 1:1,429. Gegenüber dem entsprechenden Verhältnis beim Seehund bedeutet es schon einen wesentlichen Rückschritt und, wie wir nachher sehen werden, eine deutliche Annäherung an Verhältnisse, wie sie bei den Carnivoren angetroffen werden.

Daraus erklären sich auch, wie ich annehme, die Abweichungen, welche an den Brusteingeweiden gegenüber denen bei *Phoca* bestehen. Hebt man vorsichtig das Brustbein ab, so bemerkt man zunächst, daß der Herzbeutel noch nicht mit dem Brustbein verwachsen ist sondern daß ihn eine ganz schmale Brücke des Mediastinums oder Mesocardiums, wie es TANJA¹⁾ nach dem Vorgange von LUSCHKA beim Menschen benennt, mit diesem verbindet. Beim Seehund

1) TANJA, Ueber die Grenzen der Pleurahöhlen bei den Primaten etc. Morpholog. Jahrb., Bd., 17, S. 154.

und bei den Walen war das nicht der Fall. Auch mit dem Zwerchfell geht er keine direkte Verbindung ein, und als Konsequenz davon sehen wir einen Lungenlappen, einen sog. Lobus cavae, in dem Mittelfellsraum zwischen Zwerchfell und Herz bez. Herzbeutel liegen. Wegen der Lage des Herzens, dessen Längsachse die ventrale Brustwand unter einem Winkel von 35° schneidet, berührt die Stelle des Herzbeutels, welche die Herzspitze bedeckt, beinahe das Zwerchfell; nach oben hin wird die Entfernung zwischen Herzbeutel und Zwerchfell immer größer, so daß sogar ein Lungenlappen darin Platz findet. Das Herz befindet sich in schiefer Stellung, so daß seine Achse von oben, vorn und rechts nach hinten, unten und links verläuft (IV, 19).

Die Herzspitze befindet sich in Höhe der 7. linken Rippe. Das Herz liegt zum größten Teil rechts von der Medianebene. Dadurch erklärt sich auch, daß die rechte Herzhälfte in ihrem oberen Teil die Brustwand zwischen der 4. und 5. Rippe fast berührte (IV, 19).

Die rechte Lunge hat 4 Lappen; der vordere liegt in dem Raum vor dem Herzen, der andere, der mittlere ist von ihm nur so weit getrennt, als das Herz, welches die Brustwand fast berührt, gegen ihre ventralen Enden sich zwischen sie schiebt und sie auf eine kleine Strecke voneinander trennt. Der mittlere Lappen füllt demnach zum großen Teil den Raum zwischen Herz und Zwerchfell aus, in welchen er sich keilförmig einsenkt. Ein dritter füllt den übrigen Raum zwischen Zwerchfell, Wirbelsäule und Brustwand aus. Hinten und mehr medial von diesem Lappen ist schließlich noch ein vierter vorhanden von keilförmiger Gestalt, dessen scharfe Kante nach rechts hinüberzeigt und sich der Hinterfläche des hinteren Lappens anlegt, dessen Breitseite medialwärts liegt und zum größten Teil der Verlängerung der medialen Fläche der rechten Lunge darstellt. Ein Teil dieses Lappens tritt zwischen Oesophagus und Hohlvene nach links hinüber und füllt den mittleren hinteren Mittelfellsraum aus (IV, 19, 20, 21).

Die linke Lunge zerfällt in 2 Lappen, einen großen vorderen, der das Herz sowohl von vorn und seitlich wie hinten umfaßt; der andere Lappen schiebt sich in den zwischen Zwerchfell, Wirbelsäule und Brustwand noch übrig bleibenden Raum ein. So weit scheint, was die Zahl der Lappen betrifft, kein großer Unterschied vorzuliegen, und doch besteht ein ganz merklicher, wenn wir unsere Aufmerksamkeit noch einmal den Lappen zuwenden wollen, und zwar eine deutliche Annäherung an Phoca. So sind

sämtliche Lappen am stumpfen Rande schon vollständig auf eine größere Strecke hin verwachsen. Selbst bis gegen die Mitte der costalen Fläche hinunter macht sich bereits die Verschmelzung der Lappen bemerkbar. Am auffallendsten ist das an der rechten Lunge und zwar an deren vorderem und mittlerem Lappen zu beobachten. Der mittlere Lappen schiebt sich in die dreieckige Lücke ein, ohne den stumpfen Rand zu erreichen. Soweit nun dieser Lappen dem vorderen anliegt, ist er bereits vollständig durch lockeres Bindegewebe mit ihm verschmolzen. Auch an seinem hinteren Rande, der dem hinteren Lappen anliegt, ist schon der Prozeß der Verschmelzung deutlich in Wirksamkeit getreten. Der hintere und der mittlere Lungenlappen berühren sich auf eine Strecke von 3 cm, und davon sind die beiden Lappen schon auf reichlich 1 cm mittels lockeren Bindegewebes verschmolzen. Im übrigen, ventralwärts gelegenen Teil der Strecke, an welcher sich beide Lappen berühren, ist eine Verschmelzung noch nicht zu konstatieren. Soweit der vordere und der hintere Lappen am stumpfen Ende sich berühren, sind sie auch verschmolzen (IV, 20).

Noch viel deutlicher sehen wir den Prozeß an dem sog. unpaarigen Lappen oder Lobus cavae walten. Dieser ist bereits entlang seines vorderen (oralwärts) gelegenen Randes mit dem hinteren Lappen der rechten Lunge verschmolzen, dem er sich zum größten Teil medialwärts anlegt. Der Teil dieses Lappens, der zwischen Oesophagus und hinterer Hohlvene in den Mittelfellsraum eingeschoben ist, kann natürlich nicht verschmelzen. Er ist aber nur von geringer Größe (IV, 21).

Es ist nun denkbar, daß dieser mit dem Vorrücken des Zwerchfelles an der ventralen Seite allmählich schwindet. Doch ein Vorrücken des Zwerchfells allein bei stark schräg gestellter Herzachse würde diesen Effekt noch nicht erzielen. Es bleibt dabei immer noch Raum für diesen Lappen in dem Winkel, welchen das Herz mit dem Zwerchfell bildet, selbst wenn die Herzspitze resp. der Herzbeutel das Zwerchfell berührte. Deshalb scheint eine wichtige Bedingung für das Zustandekommen des erwähnten Prozesses noch die Aufrichtung der Herzachse — in dorso-ventraler Richtung — zu sein. Dadurch verkürzt sich die hintere Hohlvene, der Herzbeutel kann nun in größerer Ausdehnung mit dem Zwerchfell verschmelzen, und der hintere Mittelfellsraum und somit der Lobus cavae der rechten Lunge muß seine Existenz aufgeben.

Das scheint mir in der That durch die Befunde bei den

Walen direkt bewiesen zu sein. Bei ihnen finden wir die Herzachse in mehr dorso-ventraler Richtung. In Anpassung an den verkürzten dorso-ventralen Brustdurchmesser hat das Herz in die Quere, überhaupt für den Ausfall in der Längenausdehnung an Umfang bedeutend zugenommen.

Die linke Lunge zeigt in gleich deutlicher Weise die beginnende Verschmelzung. An dem dorsalen, stumpfen Rande der zwei nur an der linken Lunge deutlich zu unterscheidenden Lappen ist der Prozeß bereits abgeschlossen. An der costalen Fläche ist außerdem zwischen den beiden Lappen eine unvollständige Verwachsung mittels lockeren Bindegewebes dergestalt hergestellt, daß die medial gelegenen, dem Herzen zugewandten Kanten der Berührungsflächen beider Lappen bereits zu $\frac{4}{5}$ innig miteinander verbunden sind (IV, 21).

So sehen wir also, wie mit dem Rückschreiten der Proportion zwischen dorsaler und ventraler Brustwand von 1:1,68 resp. 1:1,60 auf 1:1,429 auch der Prozeß der Vereinfachung der Lungenform zurückschreitet. Das werden uns die Befunde bei der Fischotter, die wir jetzt noch kurz betrachten wollen, in gleicher Weise bestätigen.

VII. *Lutra vulgaris* ERXL.

Die Fischotter lehnt sich hinsichtlich ihrer Anpassungserscheinungen eng an die Seeotter an, nur sind dieselben noch nicht so weit gegangen wie bei Enhydra.

Der Brustkorb erinnert eher an den des Seehundes, er ist aber noch spitzer als dieser. An der Brustapertur betrug seine Breite $3\frac{1}{2}$ cm, gegenüber einer solchen von $11\frac{1}{2}$ cm in Höhe der 9. Rippe. Die entsprechenden Höhendurchmesser des Thorax betrugen 3 resp. 9 cm. Seine größte Breite erreichte der Brustkorb bei unserer Fischotter erst in Höhe der 14. Rippe, nämlich 13 cm.

Was die Rückenwirbel und die Zwischenwirbelscheiben betrifft, so läßt sich an ihnen ein so auffälliger Unterschied in der Lage wie bei denen der Landraubtiere noch nicht konstatieren, wie wir sehen werden:

Länge des	1. Brustwirbels	1,4 cm
" "	4. "	1,3 "
" "	9. "	1,45 "
" "	13. "	1,55 "
" "	15. "	1,70 "

Das Brustbein bietet keine bemerkenswerten Eigentümlichkeiten dar, aber die Rippen resp. ihre Befestigungen am Brustbein zeichnen sich durch solche vor denen der Seeotter aus.

Es sind gleichfalls 15 Paar Rippen vorhanden, von denen auch die 9 ersten eine feste Verbindung mit dem Brustbein eingehen. Ein bedeutender Unterschied besteht aber darin, daß noch die beiden folgenden Paare, wenn auch sehr locker, mit dem Sternum verbunden sind, so daß wir im ganzen also 11 Paare wahrer Rippen hätten.

Die 10. Rippe der rechten Seite war noch in verhältnismäßig enger Verbindung mit dem Brustbein, das zur Aufnahme des Brustbeinendes der erwähnten Rippe noch eine deutliche Gelenkgrube trug. Immerhin aber war die Befestigung am Brustbein schon lockerer als bei den vorhergehenden Rippen.

Die 10. Sternalrippe der linken Seite berührte das Brustbein nicht mehr, eine Gelenkgrube fehlte, und die Verbindung war durch ein fibröses Band von 2 mm Länge hergestellt.

Für die 11. Rippe beiderseits war gleichfalls keine Gelenkgrube vorhanden, an ihrer Stelle befanden sich kleine Höcker. Die Verbindung der Sternalrippen mit dem Brustbein vermittelten sehnige Bänder von ca 2 mm Breite und 1 cm Länge.

Die Befestigung der Rippen an Wirbelsäule und Brustbein bietet sonst keine Abweichungen von der bei Enhydra. Besondere Erwähnung verdient vielleicht noch, daß die hinteren Rippen stark caudalwärts geneigt sind, am meisten die letzte, die 15., die fast horizontal steht. Sie ist dazu rudimentär, 4 cm lang und nur $1\frac{1}{2}$ mm dick. Die Rippenknorpel, die besonders am hinteren Abschnitt des Brustbeins stark aneinander gedrängt sind, sind wie bei andern Wassersäugetieren so auch hier verknöchert.

Was die Zwerchfellinsertion betrifft, so erstreckt sie sich vom Brustbein, an dem das Zwerchfell etwas hinter der 11. Rippe sich befestigt, seitlich, die 11. Rippe schneidend, zur 10., an der sie eine kurze Strecke entlang läuft bis zu der Stelle, wo sich die Sternalrippe nach aufwärts und vorn krümmt. An der 12., 13. und 14. Rippe inseriert sich das Zwerchfell in der Nähe der Rippenknorpelrippengelenke. An der betreffenden Stelle der 14. Rippe haben das Zwerchfell und damit die Brustfellsäcke ihren äußersten Stand erreicht. Indem sich die Insertionslinie nun quer über die beiden ziemlich horizontal liegenden letzten Rippen hinweg begeben, findet sie ihr Ende am 1. Lendenwirbel, 1 cm hinter der Einlenkung der letzten Rippe. So verhielt es sich auf der linken, wie auf der rechten Seite.

Die Länge der dorsalen Wand der Brusthöhle betrug 23,5 cm, die der ventralen (gemessen vom vorderen Rande der 1. Rippe bei ihrer Einlenkung am Brustbein bis zur Zwerchfellinsertion am Brustbein) 17,5 cm.

Daraus ergibt sich ein Verhältnis des ventralen zum dorsalen Längendurchmesser der Brusthöhle von 1 : 1,34, das, wie wir sehen werden, fast vollkommen mit den Befunden bei den Landraubtieren übereinstimmt. Bei der zweiten Fischotter ermittelte ich ein Verhältnis von 1 : 1,38.

Dementsprechend sind auch die übrigen Verhältnisse der Brusthöhle und deren Eingeweide wenig oder gar nicht verschieden.

Die Herzachse ist gegen die ventrale Brustwand geneigt und verläuft von oben und vorn nach unten und hinten. Die Herzspitze liegt links von der Medianebene. Der Herzbeutel steht nirgends mit dem Zwerchfell in direkter Verbindung, vielmehr ist ein großer Zwischenraum zwischen beiden, besonders nach der hinteren Hohlvene hinauf, vorhanden. Infolge davon ist die rechts von der Medianebene durch das Zwerchfell tretende hintere Hohlvene lang. Damit in Verbindung zu bringen haben wir den verhältnismäßig großen Lobus intracardiacus der rechten Lunge, den wir bei der Fischotter antreffen.

Was die Lappung der Lungen betrifft, so sind rechts noch weitere 3 Lappen vorhanden, die linke Lunge besitzt dagegen im ganzen nur 2. Auch MECKEL¹⁾ giebt rechts 4, links 2 Lappen an. Da sich die Lungenlappen bei der Fischotter aber gerade so verhalten, wie bei landlebenden Raubtieren, die wir sogleich betrachten wollen, können wir hier von einer näheren Beschreibung derselben absehen.

Vergleich der amphibisch lebenden Carnivoren mit den Landraubtieren.

Wie ich bereits betonte, herrschen innerhalb der Ordnung der Raubtiere ziemlich einheitliche Verhältnisse in Bezug auf den Thorax und die Brusteingeweide vor. Deshalb kann uns irgend ein Vertreter derselben dazu dienen, uns die Verhältnisse bei der Gruppe im allgemeinen zu veranschaulichen. Ich habe eine größere Zahl von Hunden und mehrere Katzen daraufhin geprüft. Die gewonnenen Resultate sind folgende.

1) MECKEL, Vergl. Anatomie, Halle 1833, 6. Teil, S. 418.

Die Thoraxform ist die sog. kielförmige, und demzufolge ist der Höhendurchmesser etwas bedeutender als der Querdurchmesser. Unter dem Höhendurchmesser verstehe ich hier wie bei den früheren Messungen die Entfernung der dorsalen Fläche des Brustbeins von der ventralen der Wirbelsäule und unter Breitendurchmesser die Breite des Thorax, im Lichten gemessen. Der Höhendurchmesser überragt den Querdurchmesser besonders auffällig im vorderen Teil der Brusthöhle, wo sich ein Verhältnis der beiden Maße von 1:0,7—0,8 ergibt, während hinten am Zwerchfell beide Durchmesser sich fast gleich kommen.

Das Brustbein bietet nichts Bemerkenswertes dar, und von den Rippen ist nur zu erwähnen, daß die Befestigung besonders an der Wirbelsäule eine sehr starke ist; jedenfalls ist sie erheblicher als bei *Phoca* und *Enhydra*. Die Wirbelsäule selbst bietet hinsichtlich der Maße der einzelnen Wirbel einiges Interesse, weshalb hierauf etwas näher eingegangen werden soll.

Ich gebe im Folgenden die Resultate nur einiger meiner Messungen, weil sie im wesentlichen nicht voneinander abweichen. Bei den Hunden betreffen die 3 Reihen Zahlen Vertreter 3 verschiedener Rassen, die aber, wie ersichtlich ist, nicht wesentlich voneinander differieren.

Hund.

	Kleiner Wachtelhund.	Fox-terrier.	Jagdhund.
1. Wirbel	0,95	1,4	2 cm
2. "	0,85	1,4	1,8 "
3. "	0,85	1,3	1,7 "
4. "	0,85	1,3	1,6 "
5. "	0,85	1,2	1,65 "
6. "	0,9	1,3	1,6 "
7. "	0,95	1,2	1,7 "
8. "	0,95	1,3	1,8 "
9. "	0,9	1,3	1,9 "
10. "	0,9	1,45	1,95 "
11. "	0,9	1,5	2,0 "
12. "	0,95	1,5	2,1 "
13. "	1	1,6—1,7	2,3 "

Katze.

1. Wirbel	0,9	cm	8. Wirbel	0,85	cm
2. "	0,8	"	9. "	0,9	"
3. "	0,8	"	10. "	1,0	"
4. "	0,85	"	11. "	1,1	"
5. "	0,8	"	12. "	1,05	"
6. "	0,85	"	13. "	1,1	"
7. "	0,85	"			

Daraus ersehen wir, daß hier nicht das gleiche Verhalten besteht wie bei den Wassersäugetern, die wir oben betrachtet haben. Erst ganz am Ende der Brustwirbelsäule ist eine Zunahme der Wirbellänge nicht zu verkennen.

Recht interessant gestalteten sich auch die Verhältnisse der dorsalen Brustlängen zu den ventralen. So fand ich bei den 6 daraufhin untersuchten Hunden im Mittel ein Verhältnis von 1:1,29 (schwankend zwischen 1:1,26 und 1:1,32), für die Katze 1:1,20—1,30. Das Herz findet sich in schräger Lagerung. Die Herzachse zieht von vorn und oben nach hinten und unten. Während sie bei der Katze in die Medianebene des Körpers fällt¹⁾, ist sie beim Hund etwas nach links abgelenkt²⁾. Es ist ein ansehnlicher Mittelfellsraum vorhanden und dementsprechend ein unpaarer Lungenlappen ein sog. Lobus cavae. Mit diesem hat beim Hunde die rechte Lunge 4 Lappen. Die linke Lunge besitzt 3 Lappen, deren mittlerer, der sog. cardiale, öfters nur undeutlich von dem vorderen, dem Spitzenlappen, geschieden ist²⁾.

Bei der Katze ist das Verhältnis ein ganz ähnliches, nur scheint der cardiale Lappen der linken Lunge freier zu sein, als beim Hunde.

Die mittleren, sog. cardialen Lappen füllen den Raum zu beiden Seiten des Herzens aus. Sie sind vorn schmal und werden nach hinten breiter. Die größten sind die hinteren Lappen, welche den Raum zwischen Herz, Zwerchfell und Wirbelsäule ausfüllen. Die rechte Lunge hat dann vor der linken noch ein viertes Lappchen voraus, eben jenen schon erwähnten Lobus cavae. Unterzieht man die einzelnen Lappen einer genaueren Betrachtung, so fällt sofort auf, daß sie, abgesehen von der erwähnten unvollständigen Trennung des linksseitigen cardialen vom Spitzenlappen, sonst nirgends in Verbindung stehen mit einem Nachbarlappen. Die Spaltung ist eine totale und reicht bis an die Lungenwurzel, bezw. bis auf den Hauptbronchus.

Es bleibt uns nur noch übrig, einen Blick auf das Zwerchfell zu werfen. Beim Hund ist ein verhältnismäßig großes Centrum tendineum vorhanden. Die Katzen scheinen mir unter den Landsäugetieren diejenigen zu sein, bei denen der sehnige Teil des

1) TANJA, Ueber die Grenzen der Pleurahöhlen bei den Primaten und einigen anderen Säugetieren. Morph. Jahrb., Bd. 17, S. 151.

2) ELLENBERGER und BAUM, Anatomie des Hundes, Berlin 1891, S. 327—328.

Zwerchfells am wenigsten entwickelt ist. Bei mittelgroßen Tieren erreicht dieser Teil die Größe eines Zehnpfennigstückes. Die Muskulatur stellt aber nur eine dünne Schicht dar.

Die vorangeschickten Befunde gestatten uns in hinreichender Weise, eine Vergleichung vorzunehmen, deren Zweck es sein soll, uns auf rein vergleichend-anatomischer Grundlage mit der allmählichen Umformung des Brustkastens und der Eingeweide als einer Folge der Anpassung an das Leben im Wasser bekannt zu machen. Am zweckmäßigsten beginnen wir wiederum beim Brustkasten. So sehen wir in erster Linie, daß die Form desselben eine andere wird. Bei den Landraubtieren haben wir durchgehend noch den kielförmigen Thorax. Wenn er auch nicht so ausgesprochen ist wie bei anderen Landsäugetern, so ist er doch immerhin recht deutlich vorhanden. Wie uns *Lutra*, *Enhydra* und *Phoca* lehren, wird allmählich daraus der ovale, sogar der querovale Brustkasten, bei dem der Querdurchmesser, umgekehrt wie bei dem Thorax der Landsäugetiere, den Höhendurchmesser an Größe übertrifft. Stufenweise läßt sich ferner verfolgen, wie mit zunehmender Anpassung an das Wasserleben der Thorax beweglicher, erweiterungsfähiger wird. Bei der Katze und dem Hunde noch festgefügt, tritt schon bei *Lutra* und *Enhydra* eine unverkennbare Lockerung der Rippen ein, die sich beim Seehund noch bedeutend steigert.

In Uebereinstimmung mit den Befunden bei den Cetaceen sehen wir auch hier, wie die Rückenwirbelsäule dem allgemeinen Bestreben folgt, dem Körper eine lange, spindelförmige Gestalt zu geben. Während wir bei der Katze und dem Hunde kaum eine Spur fanden, und *Lutra* sich nicht viel anders verhielt, ist bei *Enhydra* und noch mehr bei *Phoca* eine Verlängerung, eine Streckung der Wirbelsäule zu konstatieren. Bei *Enhydra* sowohl, wie bei *Phoca* sehen wir dies erreicht, einmal durch Vergrößerung der Wirbel und dann auch durch stärkere Entwicklung der Bandscheiben, wie ein Blick auf die früher angeführten Tabellen lehrt. Ganz besonders führt uns die Vergleichung der Proportionen, in welchen die ventrale Brustwand zur dorsalen bei den betrachteten Säugetieren sich befindet, zu diesem Resultat. Bei der Katze und dem Hund beträgt das betreffende Verhältnis zwischen 1:1,2—1:1,3. Daraus erklärt sich auch der steile Stand des Zwerchfelles bei diesen Tieren. Ähnlich ist es bei *Lutra* mit einem diesbezüglichen Verhältnis von 1:1,34 bzw. 1:1,38. Dies ändert sich

bereits bei *Enhydra*, wo wir das fragliche Verhältniß auf 1:1,43 angewachsen finden. Beim Seehund erreicht es sogar die höchst bemerkenswerte Größe von 1:1,60 bezw. 1:1,68, und das Zwerchfell nimmt eine auffallend schräge Lage an.

Sprechen schon Erwägungen allgemeiner Natur, wonach eine Vergrößerung des Thorax in einer Richtung nur auf Kosten der Ausdehnung desselben in einer anderen Richtung denkbar ist, gegen die Ansicht, daß die Wirbelsäule durch ihre Verlängerung allein die Verschiebung der fraglichen Proportionen bewirkt hat, so ließen sich auch noch ziemlich sichere Anhaltspunkte zur Unterstützung dieser Anschauung aus unseren Befunden gewinnen. Ganz abgesehen davon, daß eine Verschmelzung des Zwerchfells mit dem Herzbeutel, wie wir es bei *Phoca* fanden, erst durch ein Vorrücken der ventralen Zwerchfellinsertion recht erklärlich wird, deuten die Befunde bei *Phoca* gegenüber denen bei *Enhydra*, der Katze und dem Hund ziemlich sicher darauf hin, daß thatsächlich eine Verschiebung des Zwerchfells an der Bauchseite nach vorn hin erfolgt. Um also die durch Verlängerung des Thorax an der dorsalen Seite herbeigeführte Raumzunahme wiederzu kompensieren, tritt eine Verringerung des Thoraxvolumens ventralwärts durch eine Verkürzung der unteren Brustwand ein, die z. T. bedingt ist durch eine Verschiebung der Zwerchinsertion. Damit haben wir aber auf vergleichend-anatomischer Grundlage eine volle Bestätigung der Resultate gewonnen, die wir bei den Cetaceen allein aus der Entwicklungsgeschichte bei dem Mangel einer genügenden Kenntnis über deren landlebende Verwandten haben ziehen müssen.

Zum Unterschiede von den Befunden bei der Katze und dem Hund, und in Uebereinstimmung mit denen bei den Cetaceen, sehen wir bei *Enhydra* und *Lutra*, *Phoca* bereits eine Verkümmerung der ersten Rückenwirbel eintreten. Ohne Zweifel ist das eine Veränderung, die die gleiche Ursache hat wie die Verkürzung der Halswirbelsäule. Als Ursache haben wir aber gewiß den Wasserdruck anzusprechen, welcher beim Schwimmen auf den Kopf wirkt und von diesem natürlicherweise auch auf die Wirbelsäule übertragen werden muß.

Was nun die Lungen anbetrifft, so liefern uns Katze und Hund primitive Verhältnisse, auf die sich ohne weiteres auch die Lungen von *Enhydra* und *Phoca* zurückführen lassen. Bei allen dreien lassen sich rechts 3 Lungenlappen nachweisen, und nur hinsichtlich eines vierten Lappens auf der rechten Seite bestehen Verschiedenheiten. Der Verlust dieses Lappens bei *Phoca* findet aber wieder seine hin-

reichende Erklärung in dem Vorrücken des Zwerchfells, so daß wir in dem Fehlen desselben keinen prinzipiellen Unterschied erblicken können. Bei der Katze und dem Hund, deren Thorax sich durch große Länge auszeichnet, wobei die ventrale Wand der dorsalen an Länge noch sehr nahe steht, entsprechend der Proportion $1:1,2-1:1,3$, sind die erwähnten Lappen durch tiefe Einschnitte, die bis auf den Grund des Hauptbronchus reichen, völlig voneinander getrennt, ebenso bei Lutra, mit einer Proportion von $1:1,34$. Bei Enhydra stellt sich das fragliche Verhältnis schon etwas anders, nämlich auf $1:1,43$. Auch die Lungen sind schon durch diese am Thorax vor sich gegangene Veränderung in auffallender Weise in Mitleidenschaft gezogen werden. Alle Lungenlappen sind schon in ziemlichem Umfang miteinander verschmolzen, und der 4. Lungenlappen der rechten Seite ist verhältnismäßig schwach entwickelt. Bei Phoca ist der Prozeß der Verschmelzung der Lungenlappen noch weiter gegangen, da die Zwerchfellverlagerung noch ganz bedeutend zugenommen hat, wie das Verhältnis zwischen dorsaler und ventraler Brustwand mit $1:1,68$ bzw. $1:1,6$ ergibt. Infolge des starken Vorrückens des Zwerchfells kam es sogar zur Verschmelzung desselben mit dem Herzbeutel, woraus besagter Verlust bzw. Schwund des 4. Lappens der rechten Lunge zu erklären ist. Die übrigen Lappen sind so weit miteinander verschmolzen, daß nur noch Andeutungen einer früher vorhanden gewesenen Lappenbildung vorhanden sind. Nach diesen Befunden ist es nicht mehr unwahrscheinlich, daß die Verschmelzung schließlich so weit geht, daß äußerlich die Andeutung einer Lappenbildung gänzlich verloren geht. Damit wären wir aber bei einer Lunge angelangt, wie sie die Cetaceen und die Sirenen zeigen. Mit der Verschmelzung der Lappen geht auch eine Gestaltsveränderung der ganzen Lunge einher. Ist die Gestalt der Seehundslunge schon einer Phocaenalunge nicht sehr unähnlich, so schwinden die wenigen Abweichungen gänzlich, wenn noch die Vertiefungen, die Reste der früheren Einschnitte zwischen zwei Lungenlappen, fortfallen.

Schließlich lehrt noch die Vergleichung des Zwerchfells, daß die Muskulatur desselben bei Enhydra und Phoca bei weitem stärker als bei den landlebenden Carnivoren entwickelt ist. Auch darin scheinen viele Wassersäugetiere übereinzustimmen, daß mit zunehmender Anpassung an das Leben im Wasser das Zwerchfell muskulöser wird. Der höchste Grad der Vollkommenheit scheint auch in dieser Beziehung von den Cetaceen erreicht zu sein.

Allgemeine Zusammenfassung.

Unter dem Einfluß des Wasserlebens kommt es zu einer Reihe interessanter Umformungen und Veränderungen am Säugetierkörper, von denen die der äußeren Gestalt vielleicht die auffälligsten sind. Wie man sich mit Hilfe der vergleichenden Anatomie leicht überzeugen kann, schwinden allmählich die für das Leben im Wasser unvorteilhaften Körperformen der Säuger, und an ihre Stelle tritt eine zweckmäßigere, die Spindelgestalt.

Natürlich finden wir diese Körperform nun nicht gleich deutlich ausgeprägt bei allen Wassersäugetieren, sie wird vielmehr, da sie abhängig ist von dem Grade der Anpassung des Tieres an das Leben im Wasser überhaupt, bald in höherem, bald in geringerem Maße vorhanden sein, je nachdem das betreffende Tier dem Wasserleben mehr oder weniger ergeben ist. So ist es erklärlich, daß wir bei *Lutra*, die noch viel auf dem Lande lebt, erst die Anfänge zu der fraglichen Umformung des Körpers finden, während diese umgekehrt bei den Walen, für die nur noch der Aufenthalt im Wasser in Betracht kommt, ihre höchste Ausbildung erlangt hat.

Diese Anpassung der äußeren Körpergestalt an das Leben im Wasser hat nun den Anstoß zu wichtigen Veränderungen im Innern des Körpers der Wassersäugetiere gegeben. Sie gehen in erster Linie das Skelett an, aber sekundär sind durch sie auch die Eingeweide betroffen worden, wie unsere Untersuchungen zeigen.

Betrachten wir zunächst einmal den Brustkorb. Bei allen Landsäugetieren finden wir, sofern nicht infolge Anpassung an besondere Lebensweise bereits eine Aenderung herbeigeführt wurde, wie bei den Chiropteren infolge des Flugvermögens und bei den höheren Affen und bei dem Menschen infolge des aufrechten Ganges, den sog. kielförmigen Thorax. Unter dem Einfluß des Wasserlebens wandelt sich dieser primitive Zustand in den ovalen, selbst in den querovalen, um. Schon bei den Carnivoren nahe stehenden Ottern ist statt des kielförmigen Brustkorbes, wie er beispielsweise beim Hund und bei der Katze vertreten war, der ovale Brustkorb zu finden. In noch höherem Grade zeigen die Pinnipedier, bzw. die Seehunde als Vertreter derselben, diese Form des Brustkastens. Auch bei den Walen finden wir dieselbe vielleicht in noch stärkerem Maße wieder.

Unter den Zahnwalen scheint nur *Beluga leucas* eine Ausnahme zu machen; denn meine diesbezüglichen Befunde ergaben, daß die Querdurchmesser des Thorax kleiner waren als die dorso-ventralen. Ich lasse es dahingestellt sein, ob wir in dieser Abweichung ein primitives Verhalten zu erblicken haben, um so mehr, als abzuwarten ist, ob erwachsene Weißwale nicht doch vielleicht eine andere Thoraxform besitzen.

Die Bartenwale, bei denen wir eine entsprechende Abweichung konstatierten, können hier kaum in Frage kommen, ist doch bei ihnen der Thorax infolge besonderer Anpassung, die uns später noch beschäftigen soll, ventralwärts fast ganz unterbrochen.

Wie haben wir uns nun den abgeplatteten Thorax entstanden zu denken? Auf diese Frage giebt HASSE in einer sehr interessanten Arbeit, welche sich auch mit den Wassersäugetieren beschäftigt, eine befriedigende Erklärung. Wir wollen deshalb auf diese Abhandlung etwas näher eingehen.

Gewiß muß man HASSE¹⁾ darin zustimmen, daß der kiel-förmige Thorax „dem Druck des mit der aufgestützten und belasteten Extremität in Verbindung stehenden Schultergürtels“ vor allem seine Entstehung verdankt, und daß dabei der Muskelgürtel (*Musculus pectoralis* und *serratus*), in dem gewissermaßen der Brustkorb zwischen den vorderen Extremitäten hängt, begünstigend mitgewirkt hat. Der formbildende Einfluß des Druckes, welchen die Körperlast auf den Aufhängeapparat ausübt, ist unverkennbar.

Darauf deutet die Thatsache hin, daß wir gerade bei Tieren mit großem Körpergewicht (den Dickhäutern, Wiederkäuern, Raubtieren) den ausgeprägtesten kielförmigen Thorax finden, andererseits spricht dafür, daß vorzugsweise nur der Abschnitt des Brustkorbes diese Form zeigt, der gerade zwischen dem Schultergürtel liegt.

Von hervorragender Bedeutung sollen nach HASSE die erwähnten Rumpfe Extremitätenmuskeln nun auch bei der Entstehung des abgeplatteten Brustkorbes sein. Er sagt darüber wörtlich: „In dem Augenblicke, wo die Last des Körpers nicht mehr von der vorderen Extremität getragen wird, oder wo dieselbe nur zum geringen Teile oder nur zeitweilig durch Aufstemmen auf

1) HASSE, Ueber die Atmung, über den Bau der Lungen und über die Form des Brustkorbes bei dem Menschen und bei den Säugetieren. Arch. f. Anat. und Physiol., 1893, S. 300—307.

den Boden von ihnen gestützt wird, in dem Augenblicke ferner, wo die hinteren Extremitäten als Träger der Last voll oder zum Teil an die Stelle treten, oder, wo wie beim Klettern, die Körperlast hauptsächlich von den vorderen Extremitäten getragen oder gar gehoben wird, oder wo das Wasser oder die Luft einen Teil der Körperlast tragen, da wandelt sich unter dem Zuge der vorderen Rumpfe Extremitätenmuskulatur und bei aufrecht stehenden Tieren zugleich unter dem Einfluß der Verlegung des Schwerpunktes und der Richtung der Schwerlinie der kielförmige in den faßförmigen um.“

Demnach wäre also auch bei unseren Wassersäufern gerade so, wie z. B. bei den Fledermäusen, der faßförmige Thorax lediglich durch den vereinten Zug der Brustmuskeln und des musculus serratus entstanden. Das scheint auf den ersten Blick nicht sehr wahrscheinlich; sehen wir doch gerade bei den Wassersäufern, daß die vorderen Extremitäten einem auffälligen Reduktionsprozeß unterliegen. Bei den Walen und Sirenen haben die Vordergliedmaßen ja nur noch die Funktion, als Steuer zu dienen, während sie als Bewegungsorgane überhaupt in keiner Weise mehr in Betracht kommen. Deshalb möchte man glauben, daß die in Frage stehenden Rumpfe Extremitätenmuskeln mit dem Fortfall ihrer ursprünglichen Aufgabe schwinden. Das finden wir aber nun nicht, vielmehr sehen wir, daß sie neue und äußerst wichtige Funktionen übernehmen; sie werden, worauf HASSE besonders hinweist, ausschließlich zu Atmungsmuskeln. Dieser Funktionswechsel erklärt uns dann, wie wir später sehen werden, mancherlie Veränderungen am Thorax.

Gleichzeitig sind aber damit auch die Bedingungen gegeben, die nach HASSE das Zustandekommen des faßförmigen Thorax erklären, indem, wie dieser Autor ausführt, „die vorderen Extremitäten als die festen Punkte für die Brustmuskeln“ anzusehen sind. Es kann nun ungehindert ein Zug auf den Thorax ausgeübt werden. So sehr ich HASSE darin zustimme, was den Wechsel der Funktionen der Rumpfe Extremitätenmuskulatur betrifft, so will es mir doch nicht scheinen, daß diese Muskeln allein durch ihre Wirkung den Thorax in den faßförmigen übergeführt haben. Ich glaube bestimmt, daß der Wasserdruck, dem der schwere Körper der Wassersäuger ausgesetzt ist, und der gerade auf den dorso-ventralen Durchmesser desselben am stärksten wirkt, wenigstens von einiger Bedeutung dabei gewesen ist.

Die sich am Thorax vollziehende Umwandlung trägt dazu

bei, dem ganzen Körper eine Gestalt zu geben, wie sie annähernd unsere Torpedoboote besitzen. Während der kielförmige Thorax wohl zweckmäßiger gewesen wäre für das Schwimmen an der Oberfläche des Wassers, ist der faßförmige Brustkorb und auch die zum Teil dadurch bedingte Torpedogestalt des Körpers der Wale z. B. viel vorteilhafter für das Schwimmen unter Wasser, womit wir bei den Cetaceen in erster Linie zu rechnen haben. Vor allen Dingen zeigt sich der Vorteil der Torpedogestalt bei Wendungen und Drehungen, ganz besonders bei solchen um die Längsachse, die offenbar mit Leichtigkeit vorgenommen werden können. Wir haben also auch in dieser Anpassungserscheinung eine Vervollkommnung zu erblicken.

Als eine weitere Folge der Anpassung des Säugetierkörpers an das Leben im Wasser sind, wie ich schon früher andeutete, die Veränderungen aufzufassen, welche sich an den Pleuragrenzen vollzogen haben.

Ich vermute, daß die Umwandlung der Körperform in die Spindelgestalt den Anstoß dazu gegeben hat, und daß die unmittelbare Ursache die mit der Entstehung dieser Form auf das engste verbundene Streckung des Körpers gewesen ist, die zu einer Verlängerung desselben führte.

Jedenfalls trug dazu auch die Brustwirbelsäule bei, wenn auch nicht in dem Maße, wie die Lendenpartie und die Schwanzregion. Gleich diesen erreichte sie aber durch allmählich von vorn nach hinten zunehmende Vergrößerung der einzelnen Wirbel eine absolute Verlängerung der dorsalen Thoraxwand.

Zum Beweise dessen fand ich, daß bei den Walen sich erst im Laufe der Fötalentwicklung jener Unterschied in der Größe der einzelnen Wirbel herausbildete, woraus ich schloß, daß wir es mit einem sekundären Vorgang zu thun haben. In dieser Ansicht wurde ich bestärkt durch ähnliche Befunde bei amphibisch lebenden Säugetieren, die aber abweichen von denen ihrer nächsten landbewohnenden Verwandten. Diese Beobachtung und die Wahrnehmung, daß die Größenunterschiede der Wirbel und Zwischenwirbelscheiben um so erheblicher sind, je mehr sich ein Tier dem Wasserleben angepaßt hat, wie unsere Untersuchungen lehren, brachten mich gerade auf den Gedanken, diesen Vorgang mit dem Wasserleben in Beziehung zu bringen.

Durch meine Messungen, die ich bei *Phocaena* an den einzelnen Stadien vornahm, konnte ich mich davon überzeugen, daß

an der Brustwirbelsäule ein übermäßiges Wachstum statthat, was aber zu Gunsten meiner Ansicht von der Verlängerung der Wirbelsäule sprechen würde. Gleichzeitig hätten wir aber damit eine Vorstellung von der an der dorsalen Wand des Thorax vor sich gehenden Veränderung gewonnen. Wir sehen also, daß sich im Laufe der Fötalentwicklung des Brautfisches die Brusthöhle an der Dorsalseite verlängert.

Die Größenzunahme, welche die Brusthöhle hierdurch erfahren würde, wird aber durch den umgekehrten, sich an der ventralen Brustwand vollziehenden Vorgang kompensiert. Ich konnte hier eine Verlangsamung des Wachstums konstatieren, die darauf hindeuten würde, daß es im Laufe der Stammesgeschichte der Phocaena zu einer Verkürzung der Brusthöhle an der ventralen Seite gekommen ist.

Wenn diese Ansicht richtig ist, dann müßten wir auch aus dem Stand des Zwerchfells einen gewissen Anhalt gewinnen, denn dasselbe wird nach den vorangeschickten Erörterungen nicht nur im Laufe der Fötalentwicklung bei den Walen, bezw. dem Brautfisch, sondern als Konsequenz daraus auch bei den übrigen Wassersäugetieren mit zunehmender Anpassung schräger werden müssen.

Das können wir aus dem Längenverhältnis der ventralen zur dorsalen Brustwand erkennen. Bei dem jüngsten Embryo von Phocaena betrug es 1:1,75, bei dem nächst größerem 1:1,91 und bei dem ausgetragenen Fötus und dem erwachsenen Tier 1:2,35 bezw. 1:2,25.

Ganz ähnliche Resultate liefern die vergleichend-anatomischen Untersuchungen. Bei den landlebenden Carnivoren stellte sich das fragliche Verhältnis auf ungefähr 1:1,2—1:1,3, demnach ist bei diesen Säugetieren die Brusthöhle dorsalwärts wie ventralwärts ziemlich gleich lang, und das Zwerchfell steht infolgedessen verhältnismäßig senkrecht.

Bei Lutra mit einer Proportion von 1:1,34 bei der einen und 1:1,38 bei der anderen ist noch kein großer Unterschied zu konstatieren. Bei Enhydra war das Verhältnis schon merklich anders (1:1,43) und vollends erst bei Phoca, bei der es die Höhe von 1:1,6 bezw. 1:1,68 erreichte. Bei dem Seehunde ist denn auch das Zwerchfell schon auffällig schräg gelagert.

Wir sehen also aus den ontogenetischen Befunden, daß sich die betr. Proportion mit fortschreitender Fötalentwicklung immer

mehr zu Gunsten der dorsalen Länge der Brusthöhle verschiebt und in ähnlicher Weise lassen auch die vergleichend-anatomischen Untersuchungen dieses erkennen. Es kann wohl kaum zweifelhaft sein, daß wir hierin den Ausdruck einer fortschreitenden Anpassung an das Leben im Wasser zu erblicken haben.

Nächst diesen merkwürdigen Erscheinungen der Zwerchfellverschiebung hat in erster Linie das Herz dazu beigetragen, den Innenraum der Brusthöhle zu einem einheitlichen zu gestalten. Es paßte sich dem dorso-ventral abgeplatteten Thorax dadurch an, daß es seine Längsachse verkürzte, aber zum Ausgleich dafür bedeutend an Umfang⁷ zunahm. Wahrscheinlich richtete sich die Herzachse etwas auf.

Vielleicht, daß die Herzspitze durch das vorrückende Zwerchfell nach vorn geschoben wurde, vielleicht auch, daß der am vorderen Teil der Brusthöhle sich abspielende Verkürzungsprozeß zu einer Erhebung der Herzbasis geführt hat, jedenfalls finden wir das Herz besonders bei den Cetaceen, mehr oder minder senkrecht steht.

Durch die geschilderten Umstände, besonders aber wohl durch die Dickenzunahme des Herzens, die auch ALLEN ¹⁾, allerdings nur für die Cetaceen, zu vermuten scheint, war es bedingt, daß es zu einer umfangreichen Verwachsung des Zwerchfells mit dem Herzbeutel kam.

Hierdurch schwand der sonst bei Säugetieren vorhandene Raum hinter dem Herzen, und wahrscheinlich hat auch der entsprechende vor demselben durch Zusammenwirken zweier Faktoren seine Existenz mehr oder minder aufgeben müssen. Einmal war es wieder die Umfangsvermehrung des Herzens, die sich auch nach vorn hin geltend machte, und dann jener Reduktionsprozeß, der bereits zur Verkürzung der Halswirbelsäule geführt hat und sich auch schon an der Brustwirbelsäule bemerkbar macht.

Das Resultat dieser Prozesse ist also die Herstellung eines einheitlichen Raumes zur Aufnahme der Lungen.

Da die Lungen abhängig sind von dem Raum, in welchen sie eingebettet sind, konnte es nicht ausbleiben, daß sich bald die Folgen jener Umformung des Thorax auch an ihnen zeigten. Indem der Reduktionsprozeß sich vorn an der Brusthöhle vollzog und das Zwerchfell an der ventralen Seite der Brusthöhle nach

1) Dr. W. ALLEN, A variety of pulmonary lobation. Journal of Anat., Bd. 16, S. 607 Anm.

vorn rückte, wurden gewissermaßen die Lungenlappen aneinandergedrängt und verschmolzen schließlich. Bei Katze, Hund und Lutra vollständig frei, sind sie schon bei Enhydra zum Teil verschmolzen; auch der unpaarige Lappen zeigt, soweit er außerhalb des hinteren Mittelfellraumes liegt, schon deutlich eine Verschmelzung mit dem hinteren Lappen der rechten Lunge, und der eigentliche Lobus infracardiacus, der in dem hinteren Mittelfellraum zwischen Herz und Zwerchfell liegt, ist verhältnismäßig klein.

Bei Phoca ging dieser Lappen verloren, und auch die Verschmelzung der übrigen Lappen ging noch weiter. Ähnlich haben wir uns auch bei den Cetaceen die ungelappten Lungen entstanden zu denken. Gewinnt diese Annahme schon durch die vergleichend-anatomischen Befunde sehr an Wahrscheinlichkeit, so läßt die Ontogenie keinen Zweifel mehr darüber aufkommen, daß die Wale von Tieren abstammen, die gelappte Lungen gehabt haben. Es ist also als Resultat festzustellen, daß unter dem fortschreitenden Einfluß des Wasserlebens die Lungenlappen verschmelzen. Dadurch nähern sich die Lungen der Wassersäugetiere, wenigstens was die äußere Gestalt betrifft, wieder den der Reptilien, von denen sie sich aber durch die innere Struktur sehr wesentlich unterscheiden.

Hiermit ist die Reihe der Anpassungserscheinungen noch nicht erschöpft. Der Thorax sowohl, wie die Lungen selbst bieten noch einige interessante Veränderungen dar, die der Erwähnung wert sind und daher hier kurz betrachtet werden sollen.

Der Aufenthalt der Säugetiere in dem dichteren Medium des Wassers gegenüber der dünneren Luft hatte gewisse Veränderungen der Atmungsmuskulatur zur Folge. Das Zwerchfell sowohl, wie die übrigen Inspiratoren nahmen an Stärke zu, um den nun auf den Thorax lastenden Wasserdruck überwinden zu können. Das Verhältnis, in dem die beiden Gruppen von Muskeln, das Zwerchfell einerseits und die übrigen Inspirationsmuskeln andererseits, dabei beteiligt sind, ist nicht immer dasselbe. In der Regel war bei unseren untersuchten Wassersäugetern das Zwerchfell ein äußerst kräftiger Muskel, der den übrigen bezüglich der Atmungsenergie wohl das Gleichgewicht halten konnte. Bei anderen aber dürfte die Brustatmung überwiegen, wie mir aus der Beschaffenheit des Thorax hervorzugehen scheint. Ich denke hierbei besonders an die Bartenwale und an die Sirenen. Wir werden sehen, wie sich bei ihnen der Thorax verhält.

Der Brustkorb wird unter dem Einfluß des Wasserlebens beweglicher und erweiterungsfähiger, welches beides wir aber auf die Wirkung der eben betrachteten Muskeln zurückzuführen haben. Deutlich kann man dies bei *Lutra*, *Enhydra* und *Phoca* wahrnehmen und gleichzeitig aus dem verschiedenen Verhalten derselben erkennen, daß die erwähnten Eigenschaften sich mit zunehmender Anpassung, je mehr sich die betreffenden Tiere dem Wasserleben ergeben, steigern.

Die größere Erweiterungsfähigkeit des Thorax ist zunächst nur bedingt durch eine Lockerung der Rippen an ihren beiden Befestigungspunkten, am Brustbein und an der Wirbelsäule. Um eine noch größere Erweiterung des Thorax zum Zwecke der Atmung zu ermöglichen, kam es dann wahrscheinlich zur gänzlichen Loslösung einiger Sternalrippen.

Dies Verhalten treffen wir bei den Zahnwalen an, bei denen in der Regel nur noch 5 Rippen mit dem Brustbein verbunden sind. Aber auch schon bei ihnen können nur noch 4 Paare wahrer Rippen vorkommen, wie die angeführten Beobachtungen am Gangesdelphin und Grindwal lehren. Andererseits giebt es auch wiederum Zahnwale, bei denen dieser Prozeß der Loslösung noch nicht so weit gegangen ist, und die daher noch 6 wahre Rippen besitzen, wie beispielsweise *Monodon*.

Noch schöner zeigen dies Verhalten die Sirenen. Da haben wir bei der ältesten Form derselben, bei *Rhytina Stelleri*¹⁾, noch 5 Paare wahrer Rippen, *Halicore*²⁾ besitzt deren noch 4, und *Manatus*³⁾ hat nur noch 3 Paare wahrer Rippen.

Bei den Bartenwalen schließlich steht nur noch die 1. Rippe mit dem Brustbein in Verbindung. Damit hat aber auch dieser Prozeß seinen Höhepunkt erreicht.

Mit der Loslösung der Rippen vom Brustbein schwinden die Sternalrippen, wie die Befunde bei den Bartenwalen lehren. ESCHRICHT und REINHARDT ist es aber gelungen, sie noch bei einem jungen Fötus von *Balaena mysticetus* nachzuweisen³⁾.

Hand in Hand mit der Reduktion der Sternalrippen geht ein Schwund des Brustbeins, wie er beispielsweise bei *Phocaena* und

1) MECKEL, Vergl. Anatomie, II. Teil, S. 508.

2) RAPP, l. c.

3) FLOWER, Osteologie der Säugetiere, S. 104.

noch besser bei *Manatus* beobachtet werden kann. Wir sehen in der Regel, daß der eigentliche Brustbeinkörper schwindet, und daß die Handhabe und der Schwertknorpel erhalten bleiben. So ist es bei *Halicore*, *Manatus*, auch bei einem Fötus von *Balaenoptera Sibbaldii* fand TURNER Manubrium und Xiphisternum wohl ausgebildet vor. Gewöhnlich aber ist bei sämtlichen Bartenwalen nur das Manubrium vorhanden, mit dem die erste Rippe verbunden ist.

Somit sehen wir, daß auch dieser Prozeß, der sich infolge Anpassung an das Wasserleben vollzog, bei den Bartenwalen seinen Höhepunkt erreichte. Ich glaube aber nicht, daß wir hierin eine bessere Anpassung als bei den Zahnwalen zu erblicken haben, die ebenso gewandte Schwimmer sind wie die Bartenwale und, was das Tauchen anbetrifft, ihnen vielleicht überlegen sind. Nach meiner Ansicht ist die geringere Zahl wahrer Rippen, der Ausdrück einer stärkeren Brustatmung, die zum Ersatz für die schwächer als bei den Zahnwalen entwickelte Zwerchfellatmung eintrat. Hierüber dürften uns gewiß die Sirenen die besten Aufschlüsse geben.

Auf die Lungen machte sich der Einfluß der großen Dehnungsfähigkeit des Thorax dahin geltend, daß sie in hohem Maße elastisch wurden, um den Bewegungen des Brustkorbes folgen zu können. Die Elasticität erklärt sich aus einer Zunahme der elastischen Elemente im Lungengewebe. Doch nicht allein in der großen Erweiterungsfähigkeit besteht der Zweck der großen Elasticität der Lungen, sondern in ebenso hohem Maße vielleicht in der dadurch bedingten Festigkeit, Widerstandsfähigkeit gegen hohe Drucke, die auf die Lungen der Wassersäugetiere bei deren Tauchen in große Tiefen ausgeübt werden. Der Gefahr der Zersprengung, der die stark mit Luft gefüllten Lungen infolge der damit verbundenen Kompression ausgesetzt sind, wird also gleichzeitig auch auf diese Weise wirksam begegnet.

Am Schlusse dieser Zusammenfassung sei noch hingewiesen auf jene merkwürdige Asymmetrie, welche wir an dem Thorax mehrerer Wassersäuger fanden. Aus verschiedenen Umständen werden wir zu der Ansicht gedrängt, daß auch sie eine Folge des Wasserlebens ist, wenn es bisher auch nicht gelang, die direkte Ursache dafür ausfindig zu machen. Vermißt haben wir die Asymmetrie des Thorax bei den Föten von *Hyperoodon* und *Balaenoptera*. Dies gestattet allerdings noch

nicht, Schlüsse auf die erwachsenen Tiere zu ziehen, sahen wir ja doch gerade bei kleineren Föten von *Phocaena*, daß sie dort fehlte. Erst mit fortschreitender Entwicklung stellte sich hier die Asymmetrie ein. Ebenso war sie zu konstatieren bei *Beluga* und bei beiden untersuchten temporären Wassersäugern, bei *Enhydra* sowohl, wie bei *Phoca*.

Nicht ohne Bedeutung scheint mir zu sein, daß sich die Asymmetrie bei den hier besprochenen Wassersäugern nicht in derselben Weise äußert. *Beluga* und eine *Phoca* stimmten darin überein, daß bei ihnen die linke Brusthälfte die rechte an Größe übertraf. Demgegenüber weisen *Phocaena* und *Enhydra* gemeinschaftlich das umgekehrte Verhalten auf. Von ganz besonderem Interesse aber dürfte sein, daß auch innerhalb einer engbegrenzten Species schon ein derartiger Wechsel vorkommen kann. Die beiden Seehunde zeigten bekanntlich entgegengesetztes Verhalten. Vielleicht kann einmal diese merkwürdige Thatsache gerade zur Lösung der Frage nach der Ursache der Asymmetrie beitragen.

2. Teil.

Untersuchungen über den Bronchialbaum.

Nachdem wir im ersten Abschnitt dieser Arbeit versucht haben, die Umformungen festzustellen, welche sich an der äußeren Gestalt der Lungen der Säugetiere infolge Anpassung an das Leben im Wasser vollzogen haben, dürfte es vielleicht nicht überflüssig erscheinen, auch das Innere der Lungen auf seine Anpassungserscheinungen zu untersuchen. Es läßt sich unter Berücksichtigung der gesteigerten Anforderungen, welche an die Lungen der Wassersäugetiere herantreten, von vornherein vermuten, daß es zu Veränderungen auch innerhalb derselben gekommen sein wird. Wenn diese in erster Linie wohl auch nur eine Differenzierung der histologischen Struktur betreffen, so lassen sich doch gleichwohl eine Reihe größerer Veränderungen an den luftzuführenden Kanälen erkennen. Diese näher festzustellen, soll in erster Linie der Zweck der vorliegenden Untersuchungen sein.

Ich werde bei der Darstellung dieser Verhältnisse genau so verfahren, wie im ersten Teil und die Specialuntersuchungen an

Walen nebst vergleichend-anatomischen Studien an anderen Wasser-säugetieren voraufschieken. In der darauf folgenden allgemeinen Zusammenfassung will ich dann versuchen zu ermitteln, welchen Einfluß das Wasserleben auf die Luftröhre und den Bronchialbaum ausgeübt hat.

Specialuntersuchungen.

A. Waltiere.

I. *Phocaena communis* LESS.

An Material haben mir vier Lungen von erwachsenen Braunfischen und drei von Föten zur Verfügung gestanden. Eine von den ersteren injizierte ich mit leicht schmelzbarem Metall und macerierte sie, um den Metallausguß zu erhalten, in Salzsäure¹⁾ (Taf. III, Fig. 1). Eine andere injizierte ich mit einer Mischung von Wachs-Kolophonium und zwar den Bronchialbaum sowohl wie die Gefäße. Bei einer dritten Lunge benutzte ich als Injektionsmasse eine Celloidinmischung, die ich auch bei späteren Injektionen mit Vorteil verwandte. Bei diesen beiden Lungen habe ich versucht, den Bronchialbaum durch vorsichtiges Präparieren unter Schonung der Luftröhre und ihrer Aeste zu erhalten. Ich that dies, um die Präparate gleichzeitig zum Studium der Knorpel-elemente zu verwenden. Ausschließlich für die Untersuchung der Knorpel der Luftröhre und der Bronchen diente mir eine vierte Lunge. Von den fötalen Lungen habe ich nur die des ausgetragenen Fötus, wie früher schon erwähnt, mit Celloidin injiziert, hinterher in Salzsäure maceriert (Taf. III, Fig. 1).

Die Luftröhre des Braunfisches ist wie bei den meisten Cetaceen sehr kurz. So maß sie beispielsweise bei einem erwachsenen Exemplar vom hinteren Rande des Kehlkopfes bis zur Bifurkation 4,5 cm, während ihre Länge bei dem ausgetragenen Fötus 1,3 cm betrug. Auf dem Querschnitt erscheint die Luftröhre nicht rund, sondern in auffälliger Weise dorso-ventral zusammengedrückt.

Unmittelbar hinter dem Kehlkopf erscheint sie am meisten zusammengedrückt, daher sie auch hier die größte Breite aufweist. Bis zur Abgabe des ersten Bronchus der rechten Lunge, der be-

1) Durch Zusatz einer bestimmten Menge metallischen Quecksilbers zu dem bei ca. 70° schmelzenden ROSE'schen Metall bekam ich ein Gemisch, das bereits bei 52° schmolz. Die Festigkeit des Metallgemisches hatte durch diesen Zusatz nicht bemerkenswert gelitten.

kanntlich seitlich aus der Trachea entspringt, bewahrt sie annähernd diese Breite, ebenso die Dicke, die sie schon im vordersten Teile hatte. Nach Abgabe des trachealen Bronchus wird sie auffällig schmaler und nimmt von dort bis zur Bifurkation stetig an Breite ab. Während z. B. die Breite der Trachea vor Abgabe des erwähnten Bronchus 3,75 cm bei dem erwachsenen Tier und 1 cm bei dem Fötus betrug, konnte ich kurz vor der Bifurkation in unseren beiden Fällen nur eine solche von 3,15 resp. 0,85 cm ermitteln.

In dem Maße, wie die Breite der Luftröhre abnimmt, nimmt umgekehrt, je weiter wir uns der Bifurkation nähern, die Dicke derselben zu. Von 1,9 cm bei dem erwachsenen Brautfisch und 0,5 cm bei dem Fötus steigt sie bis zur Bifurkation an auf 2,2 resp. 0,65 cm.

Die Luftröhrenäste dagegen zeigen, abgesehen von den obersten Abschnitten der beiden Hauptbronchen und des trachealen Bronchus, die gleichfalls noch eine leichte Abplattung erkennen lassen, annähernd kreisförmigen Querschnitt. Wir sehen demnach, daß nur der am Halse resp. außerhalb des Brustkastens gelegene Teil der luftzuführenden Kanäle komprimiert ist.

Die Trachea von *Phocaena* erscheint im Vergleich zu der gleichgroßen Landsäuger außerordentlich weit. Dazu erfreut sie sich noch einer ziemlichen Dehnungsfähigkeit, die, wie wir später sehen werden, ihren Hauptgrund in dem Offenstehen einiger Knorpelbögen an der ventralen Seite hat.

Die Hauptbronchen sind ebenfalls sehr weit und lassen sich bis gegen die hinteren Enden der Lungen deutlich verfolgen. Der linke ist stärker als der rechte, denn während dieser bald nach der Bifurkation nur einen Durchmesser von 1,8 cm hatte, maß der linke in gleicher Höhe 2 cm. Berücksichtigen wir aber, daß die rechte Lunge noch durch den reichlich 1 cm Durchmesser haltenden trachealen Bronchus mit Luft versorgt wird, so ergibt sich für die rechte Lunge im ganzen doch ein größerer Querschnitt des Luft leitenden Kanals als an der linken Lunge. Das steht aber völlig im Einklang mit dem von STAHEL und BRAUNE¹⁾ gefundenen Gesetz, wonach die Größe des Querschnittes eines Bronchus von der Größe des Luftvolumens abhängt, welches durch denselben

1) STAHEL und BRAUNE, Ueber das Verhältnis der Lungen, als zu ventilierender Lufträume, zu den Bronchien, als luftzuleitenden Röhren. Archiv für Anat. und Physiol., 1886.

streicht, und daß somit bei unserem Brautfisch der größere Querschnitt des Bronchus auch der größeren Lunge zukommen muß.

Bevor wir uns dem eigentlichen Bronchialbaum zuwenden, wollen wir noch kurz die Knorpel Elemente der Luftröhre und ihrer Aeste betrachten, die in hohem Maße unser Interesse verdienen. Die spärliche Litteratur gewährt uns keinen befriedigenden Einblick in diese höchst eigentümlichen Verhältnisse.

Am meisten kann ich noch MECKEL¹⁾ beistimmen, wenn er sagt, daß die Luftröhre von *Phocaena* aus einzelnen niedrigen knorpeligen Ringen besteht, die sehr dicht zusammenliegen und sich nicht weit von einander entfernen lassen. Wenn man die Luftröhre des Brautfisches von den anhaftenden Gewebsmassen frei präpariert, wenn man womöglich auch das Perichondrium von den Luftröhrenknorpeln entfernt, dann läßt sich mit ziemlicher Sicherheit erkennen, daß die knorpelige Grundlage der Luftröhre nicht aus regelrechten Spiralen besteht, wie gewöhnlich angenommen wird, sondern aus Knorpelbögen, die nur an verschiedenen Stellen miteinander verschmolzen sind. In Uebereinstimmung mit MECKEL¹⁾ finde ich, daß die Ringe besonders an der dorsalen Seite umfangreich miteinander verwachsen sind, so daß die Unterscheidung einzelner Ringe geradezu auf Schwierigkeiten stoßen kann. Dafür gelingt es aber an der ventralen Seite und beiderseits lateral von der Luftröhre um so besser, sich von dem Vorhandensein einzelner Ringe zu überzeugen. Hiervon machten nur die 2 letzten Ringe vor der Bifurkation eine Ausnahme, insofern sie, eine kleine Strecke am rechten Rande der Trachea ausgenommen, völlig verschmolzen waren. Der drittletzte Ring war inmitten anderer ventralwärts geschlossener Ringe unten offen. Mit dem einen Ende war er mit den folgenden Ringen eine Verbindung eingegangen, das andere Ende des Knorpelbogens endete aber frei an der ventralen Seite der Luftröhre.

Im ganzen konnte ich so 9—10 Ringe zählen, von denen, wie ich noch hervorheben will, die 4 bis 5 ersten — entgegen den Befunden bei den landlebenden Säugetieren — ventralwärts offen waren. Abgesehen von den zwei ersten Ringen lagen die Enden der Knorpelbögen jedoch so dicht bei einander, daß, wenn man nicht sorgfältig die sie bedeckenden und verbindenden stark

1) MECKEL, System der vergleich. Anatomie, Halle 1833, Teil VI, S. 378.

elastischen Massen herauspräparierte, man die Reifen für vollständige Ringe hätte halten können.

An den beiden Hauptästen und dem sog. trachealen Bronchus wird in den obersten der Trachea benachbarten Abschnitten gleichfalls noch eine umfangreiche Verschmelzung beobachtet, dann aber erscheinen weiter unten die Knorpelbögen entschieden freier. Sie sind verhältnismäßig schmal, liegen sehr dicht aneinander und lassen auf den ersten Blick kaum auffällige Verwachsungen erkennen. Man würde sich aber einem großen Irrtum hingeben, wollte man nun die Knorpelbögen für vollständige Ringe halten. Wenn man genauer zusieht, und wenn man noch besser die Knorpel-elemente zu isolieren versucht, dann wird man bald zu der Ansicht gedrängt, daß es sich um kompliziertere Bildungen handelt. So beobachtet man einen schmalen Knorpelstreifen, der sich nicht zu einem Ringe schließt, sondern dessen Enden sich nach Art eines Schlüsselringes neben- resp. hintereinander legen, ohne zu verschmelzen. Dann fand ich solche Bildungen mit einem scheinbar vollständigen Ring verwachsen, der gleichfalls mit seinem Nachbar, einem unregelmäßigen Knorpelbogen, durch eine kleine, schräg nach hinten verlaufende Knorpelspange eine feste Verbindung eingegangen war. Das Ganze macht dann thatsächlich auf den Beschauer den Eindruck einer Art Spirale. In den Hauptästen und den Nebenästen 1. Ordnung finden sich solche Bildungen recht häufig.

Schon in verhältnismäßig großen Nebenästen werden die Knorpel-elemente seltener, die Knorpel werden schmaler, dafür mehr rund und sind weiter auseinandergezogen. Ich fand einmal sogar einen großen Ast 1. Ordnung, der durch seine grau-weiße Farbe und durch seine Schlaffheit auffiel. Aeüßerlich waren Knorpelbögen überhaupt nicht wahrzunehmen; erst als ich die äußerst kräftige, bindegewebig-elastische Hülle abpräparierte, fanden sich darin spärliche, dünne Knorpelstreifen. In der Regel scheint dies Verhalten erst in viel feineren Ästen einzutreten.

Was schließlich die Festigkeit der Knorpel betrifft, so sind die außerhalb der Lunge gelegenen fester als die, welche sich innerhalb derselben vorfinden. Ich kann damit MECKEL's¹⁾ Angaben bestätigen. Ebenso wie ihm ist es mir nie gelungen, auch nur eine Spur einer Verknöcherung der Luftröhrenknorpel zu finden,

1) MECKEL, System der vergleich. Anatomie, Halle 1833, Teil VI, S. 382.

die bekanntlich BARCLAY¹⁾ für BELUGA seltsamerweise gefunden haben will. Soviel ich weiß, ist bisher bei keinem Wal ein ähnlicher Befund gemacht worden, und es ist demnach zweifelhaft, ob man auf die BARCLAY'sche Beobachtung überhaupt Gewicht zu legen hat. Nach meiner Ansicht würde eine Verknöcherung der Luftröhrenknorpel wesentlich dazu beitragen, die Elasticität der Lungen zu vermindern, die bei dem Wale aber doch gerade eine so große Rolle spielt. Die Expiration sowohl wie die Inspiration würde darunter erheblich leiden.

Wollten wir uns diesen merkmürdigen Befund mit dem hohen Alter des Tieres erklären, was ja nahe liegt, so wäre aber nicht zu verstehen, warum gerade nur die innerhalb der Lungen gelegenen Bogen verkalkten und nicht die äußeren.

Wir kommen nunmehr zu der Betrachtung des eigentlichen Bronchialbaums.

Gleich beim Eintritt in die Brusthöhle teilt sich die Luftröhre unter einem spitzen Winkel von ca. 40° in 2 große Aeste, die sog. Stammbronchen AEBY's, die nach kurzem Verlauf sich ventro-medial ungefähr anf der Grenze zwischen dem ersten und zweiten Drittel der Länge in die entsprechenden Lungen versenken. Mit dem Eintritt in die Lungen lösen sich die Stammbronchen jedoch nicht dichotomisch auf, sondern lassen sich als grundlegendes Achsengebilde bis an den hinteren Lungenpol deutlich verfolgen.

Bei der Bildung des Neigungswinkels sind die beiden Stammbronchen nicht gleichmäßig beteiligt, indem er zum größten Teil auf Kosten des linken zu setzen ist; wodurch es zu einer gewissen Asymmetrie kommt. Der rechte Stammbronchus verläuft mehr in der Richtung der Trachea und bildet mit einer geradlinigen Verlängerung derselben nach hinten (caudalwärts) einen Winkel von 15°. Der linke Bronchus zeigt bald nach seinem Ursprung eine Ablenkung von derselben Geraden nach außen von mindestens 25°. Bei dem ausgetragenen Fötus betrug der Neigungswinkel 45° und bei den kleinen Föten reichlich 50°. In beiden Fällen erwies sich der rechte Bronchus als der steilere.

Bei ihrem Verlauf durch die Lungen behalten die Stamm-

1) BARCLAY, Ueber den Bau der Beluga. Aus THOMSON's Annals etc. im Deutschen Archiv, IV, 1818, S. 297 und BARCLAY und NEILL, Account of a Beluga or White Whale. Memoirs of the Wernerian Soc., Vol. III, S. 388.

bronchen nicht die ihnen ursprünglich mitgeteilte gerade Richtung bei, sondern beide nehmen eine medialwärts konkave Krümmung an, die allerdings auf der linken Seite viel stärker ist als rechts, wo wir einen mehr geraden Verlauf vorfinden. Der linke Stammbronchus ist vor dem rechten noch dadurch ausgezeichnet, daß er in den hinteren Abschnitten einen dorsalwärts leicht konvexen Bogen beschreibt.

Jeder Stammbronchus giebt in streng monopodischer Weise Aeste ab, die sich besonders in 2 Reihen anordnen und mit einiger Berechtigung als dorsale, sofern sie dem dorsalen stumpfen Rande zustreben, und ventrale, die nach dem ventralen Lungenrande hinziehen, bezeichnen lassen.

Was zunächst die ventralen betrifft, so ist ihr Verbreitungsgebiet nach vorn hin, oralwärts, beschränkt durch die vom Herzen aufsteigende, sich im Bogen vor und über dem 1. Ventralbronchus nach hinten begebende Pulmonalarterie. Für die dorsalwärts über ihr aus dem Stammbronchus abgehenden Dorsalbronchen ist damit kein Hindernis gegeben, und sie können sich auch weiter nach vorn hin ausdehnen, wie wir später sehen werden. So kommt es, daß die Ventralbronchen nur in den beiden letzten Dritteln der Stammbronchen zu finden sind.

Der Zahl nach habe ich an jeder Lunge 5—6 unterscheiden können. Sie sind nicht von gleicher Größe. In der Regel ist der 1. der größte, doch habe ich hiervon eine Ausnahme gefunden, indem der 1. Ventralbronchus der linken Seite kaum die Größe des 5. Ventralbronchus hatte. Vom 1. bis zum letzten nehmen die Ventralbronchen an Größe, an Dicke sowohl wie auch an Länge, ab. Dabei verringert sich auch die Verzweigung.

Jeder Ventralbronchus entläßt bald nach seinem Ursprung aus dem Stammbronchus einen äußerst kräftigen Ast, der wiederum Aeste — nach vorn und hinten — abgiebt und selber dorsalwärts verläuft. Der fortlaufende Stamm eines Ventralbronchus strebt dem ventralen Lungenrande zu und löst sich dort, nachdem er vorher noch mehrere kräftige Seitenäste abgegeben, die besonders nach vorn und hinten gerichtet sind und sich wieder stark verästeln, in zahlreiche kleine Aestchen auf.

Im Vergleiche zu den Ventralbronchen der linken Lunge sind die der rechten entschieden kräftiger entwickelt, sowohl was Dicke als auch Länge betrifft; auch die Verzweigung scheint an manchen Bronchen üppiger zu sein.

Die Ventralbronchen liegen nicht in einer Horizontalebene,

sondern nehmen eine verschiedene Richtung vom Stammbronchus aus an. Der erste Ventralbronchus ist ziemlich stark ventralwärts geneigt, der zweite schon weniger, und die letzten entspringen annähernd lateralwärts aus den Stammbronchen und behalten auch diese Richtung in ihrem weiteren Verlaufe bei.

Was die Verteilung der ventralen Bronchen anlangt, so habe ich ein konstantes Verhältnis nicht beobachtet. Meistens nahmen die Abstände zwischen je 2 Bronchen, je weiter man sich dem hinteren Lungenpol näherte, immer mehr ab, so daß der Abstand zwischen dem 1. und 2. Ventralbronchus der größte, und der zwischen dem 5. und 6. der kleinste war. Einmal fand ich den Abstand zwischen dem 1. und 2. Ventralbronchus auffällig klein, und zwar betraf dieser Fall wiederum die linke Lunge, die uns schon einmal durch die Kleinheit des 1. ventralen Bronchus auffiel. Ein anderes Mal fiel an der rechten Lunge der Abstand zwischen dem 2. und 3. Ventralbronchus kleiner aus, als der zwischen dem 3. und 4. Solche Verschiedenheiten scheinen nicht selten zu sein, auch bei einem Fötus habe ich ganz ähnliche vorgefunden.

Vergleichen wir schließlich die ventralen Bronchen der linken mit denen der rechten Lunge, so müssen wir bemerken, daß der erste Ventralbronchus der rechten Lunge höher nach der Bifurkation zu gelegen ist als der linke. Vielleicht ist es auch nicht ohne Belang, zu wissen, daß der Abstand zwischen dem 1. und 2. Ventralbronchus rechts in der Regel auffällig größer ist als an der linken Lunge.

Seitdem durch ZUMSTEIN¹⁾, ganz besonders aber durch NARATH's²⁾ hervorragende Untersuchungen klar bewiesen ist, daß der Pulmonalarterie jene ihr von AEBY³⁾ zugesprochene Bedeutung für die Gestaltung des Bronchialbaums nicht zukommt, ist die Lehre von den eparteriellen und hyparteriellen Bronchen wohl als erledigt anzusehen. Durch die Ontogenie und auch die vergleichende Anatomie hat NARATH²⁾ den Beweis erbracht, daß die vor der Ueberkreuzung des Stammbronchus durch die Arteria pulmonalis gelegenen, von AEBY³⁾ als eparterielle bezeichneten Bronchen

1) ZUMSTEIN, Ueber den Bronchialbaum des Menschen und der Säugetiere. Sitzungsber. d. Ges. z. Beförd. der gesamt. Naturw. zu Marburg, 1891.

2) NARATH, Die Entwicklung der Lunge von *Echidna aculeata*. SEMON, Forschungsreisen in Australien, Bd. 2, Lief. 3.

3) AEBY, Der Bronchialbaum des Menschen und der Säugetiere, Leipzig 1880, S. 5.

nichts weiter als Dorsalbronchen sind, die infolge besonderer, uns bis jetzt allerdings nicht bekannter Einflüsse auf den Stammbronchus selbst bis auf die Trachea hinauf wandern können, wie wir es ja gerade bei den Cetaceen soweit verbreitet finden. Demnach haben wir beim Brautfisch an der rechten Lunge im ganzen 7 deutliche Dorsalbronchen, von denen der erste der sog. tracheale eparterielle AEBY's ist. An der linken Lunge habe ich ebenfalls 7 gezählt. Bei der Bezeichnung des trachealen Bronchus als des 1. Dorsalbronchus ist mir sein Ursprung, wie er oben kurz angedeutet ist, maßgebend gewesen.

Die dorsalen Bronchen, mit Ausnahme des ersten an jeder Lunge, sind Träger des sog. stumpfen Randes. Von hinten nach vorn nehmen sie an Größe und auch an Verzweigung zu. So ist der letzte der kleinste und giebt nur einige kleine Aeste nach vorn hinten und oben ab. Schon der nächste ist bei weitem vollkommener. Der 5. dann, von oben gezählt, stellt bereits einen kurzen, gedrunghenen Ast dar, der 3 kräftige Zweige, einen nach vorn, einen lateralwärts und einen nach hinten, entsendet. Von den anderen verdient der 2. Dorsalbronchus und wegen seiner äußerst kräftigen Entwicklung besonders der der rechten Lunge genannt zu werden. Er kann, was seine Größe betrifft, dem 1. Ventralbronchus an die Seite gestellt werden und hat wie dieser 7—8 ansehnliche Aeste. Die beiden sog. eparteriellen Bronchien aber, unsere 1. Dorsalbronchen oder die apicalen, wie wir sie mit NARATH auch bezeichnen können, weil sie die Spitze der Lunge versorgen, sind die größten im ganzen Bronchialbaum. Dies wird uns sofort erklärlich erscheinen, wenn wir berücksichtigen, daß ihnen gleichzeitig die Aufgabe zufällt, auch den nach dem ventralen Rande zu gelegenen Lungenteil mit Luft zu versehen, was weiter rückwärts durch die Ventralbronchen geschieht. Jeder 1. Dorsalbronchus teilt sich besonders in 3 große Aeste, von denen der oralwärts entspringende in ziemlich scharfem Bogen sich nach vorn biegt und zum Träger der vorderen Lungenspitze wird. Ein besonders großer Ast geht nach oben und vertritt auf diese Weise den Dorsalbronchus, der dritte größere Ast, wohl der fortlaufende Stamm, wendet sich etwas rückwärts dem ventralen Rande zu.

Gleich den Ventralbronchen liegen die dorsalen Bronchen nicht in einer Ebene, sondern sind noch mehr als diese gewissermaßen in einer langgezogenen halben Spiraltour um den Stammbronchus angeordnet. Der apicale Bronchus der rechten Seite

entspringt direkt lateral aus der Trachea, während der der linken Lunge mehr dorso-lateral den Stammbronchus verläßt. Der 2. Dorsalbronchus verläßt noch annähernd dorso-lateral den Hauptbronchus, der 2. der linken Seite dagegen schon rein dorsal. Die nächsten rücken immer mehr medialwärts, und die letzten verlassen den Stammbronchus vollständig medio-lateral.

Wenn wir von dem hinteren Lungenpol nach vorn vorschreiten, so kann man beobachten, daß je einem Ventralbronchus auch ein Dorsalbronchus entspricht, daß aber dieser in Bezug auf seinen Ursprung nicht mit jenem auf gleicher Höhe liegt. Auch die Dorsalbronchen unter sich zeigen kein gleiches Verhalten, es lassen sich vielmehr 2 Gruppen unterscheiden, von denen die erste die Bronchen 5, 6, 7 umfaßt. Diese Bronchen zeigen das bei anderen Tieren gewöhnlich beobachtete Verhalten, daß sie hinter den entsprechenden Ventralbronchen entspringen. Vom 4. Ventralbronchus ab nach vorn hin tritt auffälligerweise das umgekehrte Verhalten ein. Für diese vorderen Bronchen behält dann AEBY ¹⁾ Recht, wenn er in seiner Monographie anführt, daß bei den Cetaceen, umgekehrt wie bei den anderen Säugern, den Dorsalbronchen gegenüber den ventralen Bronchen die höhere Lage zukäme. Es kann keine bloße Zufälligkeit sein, ich habe die Verhältnisse bei allen meinen Präparaten übereinstimmend gefunden. Es ist nicht unwichtig, zu beobachten, daß der 4. Dorsalbronchus nur erst wenig über dem entsprechenden Ventralbronchus liegt und daß sich die Abstände der anderen 3 von den zugehörigen ventralen Bronchen stufenweise vergrößern. An der rechten Lunge macht sich das Bestreben, die Dorsalbronchen kopfwärts vorrücken zu lassen, in viel höherem Maße geltend. Der Abstand zwischen den 2. Dorsalbronchen und den 1. Ventralbronchen ist am größten. Die beiden fraglichen Dorsalbronchen erscheinen eine ganze Strecke vor den 1. Ventralbronchen. Der 2. dorsale Bronchus der rechten Lunge aber ist viel weiter vorgerückt als der der linken. Wir werden auf diesen Bronchus noch einmal zurückkommen, weil er eine wichtige Bestätigung der NARATH'schen Ansicht über die Entstehung des eparteriellen Bronchus liefert ²⁾. Die beiden 1. Dorsalbronchen, die sog. eparteriellen AEBY's, haben endlich keine Ventralbronchen mehr zur Seite, sie

1) AEBY, l. c. S. 6.

2) NARATH, l. c. S. 270.

sind schon aus dem Gebiet derselben herausgedrängt; sie entschädigen sich aber dafür durch die bereits beschriebene Art der Verästelung.

Was schließlich die Neigung der Bronchen zum Stammbronchus betrifft, so bilden alle ohne Ausnahme, die Dorsalbronchen sowohl wie die Ventralbronchen, mit ihm spitze Winkel. Im günstigsten Falle habe ich den Neigungswinkel 60° groß gefunden, meist aber kleiner. Am größten war der Neigungswinkel des 1. Ventralbronchus jeder Seite, von da nach hinten nahmen die Winkel stufenweise ab. So fand ich beispielsweise an der rechten Lunge für den 1. Ventralbronchus 60° , für den 2. 55° , 3. 50° , 4. 40° , 5. sogar nur 30° . An der linken Lunge bestanden ganz ähnliche Verhältnisse, es betrugen die entsprechenden Winkel 55° , 55° , 45° , 40° , 35° . Für die Dorsalbronchen fand ich, daß die ersten verhältnismäßig stärker geneigt waren, als die hinteren, die ja, wie bereits beschrieben, medial aus dem Stammbronchus entspringen, während jene mehr dorsal denselben verlassen.

Die beiden Lungenspitzenbronchen, unsere 1. Dorsalbronchen, zeigen nicht wie die übrigen einen gestreckten Verlauf, sondern beschreiben eine nach vorn leicht konkave Krümmung. Die Winkel, unter denen sie den Stammbronchus resp. die Trachea verlassen, sind sehr spitz und betragen nur $30-40^{\circ}$. Diese Bronchen verdienen schließlich noch insofern unser Interesse, als sie je einen Ast direkt nach vorn senden, der im ganzen Bronchialbaum der einzige größere ist, der direkt nach vorn verläuft. Alle anderen Bronchen zeigen mehr oder weniger nach hinten.

Sogenannte Nebenbronchen sind sehr spärlich vorhanden. AEBY¹⁾ nahm bereits Gelegenheit, darauf hinzuweisen. Ich fand nur im hintersten Abschnitt einige schwächliche Aestchen, an der rechten Lunge (in Höhe des 5. Dorsalbronchus) einen und an der linken Lunge 2, in Höhe des 5. und 6. Dorsalbronchus. Der ganze übrige Teil des Stammbronchus ist frei von ihnen, insbesondere habe ich keine Spur von einem sog. Herzbronchus in Höhe des 1. rechten Ventralbronchus wahrgenommen.

Mit diesen an erwachsenen Tieren erhobenen Befunden habe ich endlich noch die der Föten verglichen. Wesentliche Abweichungen aber konnte ich nicht konstatieren, nur die Neigung der Bronchen zum Stammbronchus schien mir in den hinteren Abschnitten geringer, während die Neigungswinkel der beiden

1) AEBY, Der Bronchialbaum des Menschen und der Säugetiere, S. 7.

apicalen umgekehrt sehr viel kleiner waren, als bei den erwachsenen.

Es bleibt uns nun noch übrig, die Gefäßverteilung in der Lunge einer Betrachtung zu unterziehen. Der Stamm der Lungenarterie liegt mehr links von der Medianebene und hier etwas hinter der Bifurkation. Ventro-lateral vom linken Stammbronchus erfolgt unter einem Winkel von ca. 90° die Teilung in die beiden Hauptgefäße, von denen je eins für jede Lunge bestimmt ist. Die linke Lungenarterie, die an ihrem Ursprung schon ventro-lateral vom Stammbronchus liegt, wendet sich im weiteren Verlauf dorsalwärts, und indem sie zwischen den dorsalen und ventralen Bronchen hinzieht, beschreibt sie wie diese gewissermaßen eine halbe Spiraltour. Die rechte Lungenarterie sieht sich infolge der links von der Medianebene gelegenen Teilungsstelle der Pulmonalis genötigt, einen ziemlich senkrecht zum rechten Stammbronchus gerichteten Verlauf zu nehmen, und kreuzt, bevor sie an die dorsale Seite gelangt, den rechten Stammbronchus ventral. Von dort wendet sie sich in steilem Bogen an die Oberseite und verläuft hier zwischen den beiden Reihen der dorsalen und ventralen Bronchen in einer von vorn, lateral und unten nach hinten, oben und innen (medial) um den Stammbronchus gewundenen Linie. Was die Lage der Aeste anbetrifft, die die Lungenarterie an die Bronchen abgibt, so habe ich gefunden, daß sie an den ventralen Bronchen vor und in den hinteren Abschnitten dorsal von ihnen gelegen sind, während sie an den Dorsalbronchen, mit Ausnahme der beiden apicalen, an den 2. und 3. lateral, an den letzten entsprechend ihrer Neigung nach außen dorsal verlaufen. Die beiden ersten Dorsalbronchen machen eine Ausnahme, ohne aber unter sich ein gleiches Verhalten zu zeigen. Beim linken Apicalbronchus verläuft die Arterie vor demselben, resp. bei seinem nach dem Lungenpol gerichteten Ast medial. Der rechte Apicalbronchus ist aber so hoch hinaufgeschoben, daß die Arterie nur von hinten an ihn und an seinen Spitzenast lateral herantreten kann.

Die die Bronchen begleitenden Venen liegen meist ventral an den Ventralbronchen und medial an den Dorsalbronchen, doch nur soweit diese dorsale Stellung haben. Bei denjenigen mit lateraler Stellung, also bei den letzten und den beiden apicalen, liegen sie dagegen ventral. 4 große, aber kurze Venen, 2 an jeder Lunge, nehmen schließlich das Blut aus ihnen auf und führen es dem Herzen zu, in das sie getrennt münden.

Bevor ich diese Betrachtung schließe, möchte ich noch einmal

auf den 2. Dorsalbronchus der rechten Lunge hinweisen, der, wie bekannt, auffällig über den ersten Ventralbronchus hinaufgeschoben erscheint und auch schon dorso-lateral, aus dem Stammbronchus, also wie der eparterielle AEBY's der 1. Dorsalbronchus, entspringt. Dadurch, daß die Arterie sich zwischen ihm und dem 1. Ventralbronchus hindurchwindet, erscheint er direkt vor dem Gefäß. Somit müßte man im Sinne AEBY's an der rechten Lunge von *Phocaena* eigentlich von 2 eparteriellen Bronchen sprechen. Allein man kann gar nicht verkennen, daß es ein vorgerückter Dorsalbronchus ist, der in seinem Verhalten schon sehr dem ersten, dem sog. eparteriellen AEBY's, nacheifert. Ein besseres Objekt, an dem man sich mit so leichter Mühe von der Unrichtigkeit der AEBY'schen Behauptung bezüglich der Ungleichwertigkeit der eparteriellen und hyparteriellen Bronchen überzeugt, dürfte kaum gefunden werden.

Endlich kann ich die NARATH'schen Fälle, die zeigen, daß die Arterie sich nach den Bronchen zu richten hat, um einen vermehren. Bei einer rechten Lunge hatte der 4. Ventralbronchus eine abnorme Lage, indem er an die Dorsalbronchen herangerückt war. Die Arterie beschrieb um ihn medialwärts einen kurzen Bogen und nahm dann wieder ihre gewöhnliche Lage an.

II. *Beluga leucas* GRAY.

Es standen mir für die Untersuchung 3 embryonale Lungen vom Weißwal zur Verfügung, die ungefähr die gleiche Entwicklungsstufe aufwiesen. Eine von diesen Lungen rührte von dem bereits näher untersuchten Weißwal von 29 cm Länge her, die beiden anderen Lungen waren bereits in Verbindung mit dem Herzen exenteriert. Sie befanden sich wie jene in gut konserviertem Zustande.

Die Trachea der Weißwale ist gleichfalls dorso-ventral zusammengedrückt. Bei den von mir untersuchten Lungen stellte sich das Verhältnis der Breite zur Dicke in den einzelnen Fällen auf 0,5 : 0,35; 0,45 : 0,3 und 0,5 : 0,3. Kurz vor der Abgabe des für die rechte Lunge bestimmten trachealen Bronchus, der ungefähr in der Mitte seitlich und etwas dorsal aus der Luftröhre entspringt, wird diese etwas breiter, um aber danach die ursprüngliche Breite wieder anzunehmen.

Im Vergleiche zu der Luftröhre bei *Phocaena*, *Hyperoodon* und *Balaenoptera*, welch' letztere beiden wir noch betrachten

werden, erfreut sich die Luftröhre beim Weißwal, entsprechend der früher schon erwähnten Länge des Halses, einer bedeutenden Länge. Sie betrug bei einem Exemplar 1,5 cm.

WATSON und YOUNG¹⁾ geben an, bei einer 8 Fuß 7 $\frac{1}{2}$ Zoll langen Beluga die Luftröhre 6 Zoll lang und 2 breit gefunden zu haben. Sie bestätigen, daß die Luftröhre und gleichfalls die Hauptäste im Anfangsteil flach gedrückt erschienen.

Wenn wir nun die Knorpel Elemente der Luftröhre zunächst einer Betrachtung unterziehen, muß es überraschen, nachdem wir bei *Phocaena* ziemlich umfangreiche Verschmelzungen angetroffen haben, hier verhältnismäßig wenig davon zu finden. Die Knorpelbögen sind verhältnismäßig sehr isoliert von einander. Es giebt aber oft an einem Ring mehrere Stellen, an denen er mit dem vorhergehenden wie auch mit dem folgenden auf kürzere oder längere Strecken ohne sichtbare Grenze verschmolzen ist. Dies trifft besonders für die dorsale und ventrale Seite zu, kommt jedoch, wenn auch äußerst selten, an den Seiten vor. Es giebt auch hier keine *Pars membranacea*, weil die Ringe die dorsale Wand ganz überdecken. Einige Bögen bildeten entgegen der Regel keine geschlossenen Ringe. Die Knorpelenden waren in diesen Fällen nicht gegeneinander gewachsen und verschmolzen, sondern lagen nebeneinander und berührten sich nur. Bei einem solchen Ringe beobachtete ich, daß er an dem einen Ende mit dem benachbarten innig verwachsen war, wodurch das Ganze das Ansehen einer kurzen Spirale erhielt.

Hervorgehoben zu werden verdient besonders, daß, wie bereits WATSON und YOUNG gefunden haben, die ersten Knorpelbögen ventralwärts offen sind, und daß sonst die in der Breite sehr schwankenden Ringe sehr dicht aneinander liegen. Dieses Verhalten haben übrigens die Knorpelreihen der großen Aeste mit denen der Luftröhre gemein. Erst verhältnismäßig spät, im Gegensatz zu *Phocaena*, werden die Knorpel Elemente spärlicher.

Viel reichlicher, als an der Luftröhre, sind in den Luftröhrenästen jene nicht geschlossenen Reifen vorhanden. Gerade so wie dort legen sich die Enden nebeneinander, und indem diese mit dem vorhergehenden resp. folgenden Ringe verschmelzen, lassen sie jene schon erwähnte spiralförmige Bildung entstehen. Aus der Häufigkeit, mit der sie vorkommen, muß man schließen, daß es nicht nur zufällige, unvollkommen gebliebene Bögen sind, vielmehr

1) WATSON und YOUNG, l. c. S. 421.

neige ich der Ansicht zu, daß wir darin entschieden eine Vervollkommnung gegenüber vollständigen Ringen zu erblicken haben. Eine Spirale ist viel eher imstande, einem großen Druck zu widerstehen, als ein einfacher Ring, der leicht zusammengedrückt werden kann. Diesem gegenüber hat die Spirale noch den Vorteil, daß sie der Elasticität, wie wir sie gerade bei den Wal-Lungen haben, kein so großes Hindernis entgegensetzt, wie jener. Ich glaube somit in dieser eigenartigen Anordnung der Luftröhrenknorpel, in der Annäherung an eine Spiralbildung eine ganz hervorragende Anpassungerscheinung erblicken zu müssen.

Nachdem die Luftröhre auf der Grenze zwischen dem zweiten und dritten Drittel ihrer Länge seitlich und etwas dorsal den Apicalbronchus der rechten Lunge abgegeben hat, teilt sie sich in Höhe der ersten Rückenwirbel in die beiden Stammbronchen. Anfangs liegen diese noch parallel dicht nebeneinander, dann gehen sie unter einem spitzen Winkel von $25-30^{\circ}$ nach außen und nehmen einen verschiedenen Verlauf. Der rechte Stammbronchus verfolgt auch hier annähernd die Richtung der Trachea. Erst am Ende des ersten Drittels der entsprechenden Lunge biegt er in leichtem Bogen nach außen ab und tritt ventral in die Lunge ein. Diese durchsetzt er exzentrisch, dem medialen Rande genähert, ziemlich geradlinig. Bei seinem Eintritt in die Lunge steigt er nur wenig dorsalwärts an und beschreibt nach dem Herzen hin einen leicht konkaven Bogen.

Der linke Stammbronchus dagegen weicht schon in seinem außerhalb der Lunge gelegenen Abschnitt deutlich nach links außen ab. Zum Unterschiede vom rechten Stammbronchus tritt er etwas früher, als jener, und direkt ventral in die linke Lunge ein. Innerhalb der Lunge wird er erst etwas dorsalwärts abgelenkt und beschreibt einen medio-ventral konkaven Bogen. Der hintere Teil des linken Stammbronchus wird dabei wieder abwärts und einwärts gebracht.

An jeder Lunge lassen sich 5—6 Ventralbronchen unterscheiden (Taf. V, Fig. 30). An der linken Lunge konnte ich in einem Falle 6 deutlich ausgebildete ventrale Bronchen wahrnehmen, während ich in demselben Falle an der rechten Lunge nur mit Bestimmtheit 5 konstatieren konnte. Ueberhaupt erscheint mir der Bronchialbaum der linken Lunge in den hinteren Abschnitten reichlicher verästelt als der rechtsseitige.

Was die Richtung und den Verlauf der erwähnten Bronchen

betrifft, so kann ich mich auf die für *Phocaena* geschilderten Verhältnisse beziehen. Auch hier sehen wir, daß die ersten Ventralbronchen ventro-lateral gerichtet sind, nur daß die folgenden diese Richtung mit der rein lateralen vertauschen. Ueber die Abstände der einzelnen Bronchen voneinander ist nichts Nennenswerthes mitzuteilen, ein bei allen Bronchialbäumen wiederkehrendes Verhalten habe ich nicht gefunden. Anführen möchte ich hierüber nur, daß der rechtsseitige 1. Ventralbronchus etwas tiefer steht als der 1. linksseitige. Von größerer Wichtigkeit für unsere Untersuchungen dürfte dann noch sein, daß sich die Ventralbronchen in beiden Lungen nur über die letzten $\frac{5}{9}$ der ganzen Länge der Stammbronchen erstrecken, und daß somit den Dorsalbronchen auch hier wie bei *Phocaena* die Aufgabe zufällt, den übrigen vor den ersten Ventralbronchen gelegenen, noch recht ansehnlichen Teil der Lungen allein zu versorgen.

An dorsalen Bronchen habe ich 7 gezählt, von denen der 1. in jeder Lunge der sog. eparterielle, rechts der tracheale, links der bronchiale eparterielle Bronchus AEBY's ist. Dies sind jedoch nicht die beiden einzigen Bronchen, welche vor der Ueberkreuzung des Bronchus durch die Pulmonalarterie gelegen sind. Es findet sich am linken Stammbronchus sowohl wie am rechten, hier nur deutlicher, weil weiter vorgerückt, noch ein Bronchus, der nach AEBY mit gleichem Recht den Namen eines eparteriellen Bronchus verdient hätte. Es bedarf aber keines großen Scharfblickes, um zu erkennen, daß es Dorsalbronchen sind, die nur eine etwas andere Richtung und am Stammbronchus bereits latero-dorsale Lage angenommen haben. Sie nehmen also eine vermittelnde Stellung zwischen den hinter ihnen gelegenen Dorsalbronchen und den vor ihnen befindlichen sog. eparteriellen AEBY's ein und erleichtern uns das Verständnis für die Auffassung NARATH's, daß die eparteriellen Bronchen AEBY's nichts anderes sind als heraufgewanderte und seitlich abgelenkte Dorsalbronchen.

Die übrigen Dorsalbronchen folgen dem Beispiel des 1. und 2. Dorsalbronchus und entspringen gleichfalls nicht in einer Horizontalebene aus dem Stammbronchus, sondern steigen, je weiter wir uns dem hinteren Lungenpol nähern, medialwärts herab. Die letzten entspringen sogar leicht medio-ventral. Ziehen wir demnach eine Linie durch die Ursprungsstellen der verschiedenen Dorsalbronchen, so erhalten wir eine halbe Spirale, die sich von vorn

und außen zunächst nach oben und hinten und dann nach einwärts, hinten und unten um den Stammbronchus bewegt.

Was die Verteilung der Dorsalbronchen auf dem Stammbronchus betrifft, so besteht hier ein ganz ähnliches Verhältnis, wie wir es bei *Phocaena* bereits kennen gelernt haben. In dem letzten Drittel der Lungen liegen die Dorsalbronchen tiefer als die entsprechenden Ventralbronchen. Allein beim 3. Ventralbronchus schon schlägt dies Verhalten in das entgegengesetzte um, indem von nun ab der entsprechende Dorsalbronchus höher gelegen ist als der Ventralbronchus. Da die ersten Dorsalbronchen bereits völlig aus dem Bereiche der Ventralbronchen gerückt sind und der 2. Ventralbronchus auch schon vor dem 1. Ventralbronchus gelegen ist, erklärt es sich, daß wir den 2. Dorsalbronchus mit dem 1. Ventralbronchus und natürlich den 7. dorsalen mit dem 6. ventralen in die erörterte Beziehung bringen.

Es ist sicher kein Zufall, daß der 2. Dorsalbronchus der rechten Lunge höher nach der Bifurkation hinaufgerückt ist als sein Gegenüber an der linken Lunge. Es scheint mir, im Verein mit der Thatsache, daß der 1. Dorsalbronchus auch höher liegt als der linksseitige 1., und bekanntlich schon aus der Trachea entspringt, darauf hinzudeuten, daß sich an der rechten Lunge das Bestreben, die Dorsalbronchen nach vorn zu schieben, viel mächtiger geltend macht als links. Unterstützt wird diese Ansicht durch einen Befund, wonach selbst der 3. Dorsalbronchus der einen rechten Lunge so weit vorgerückt war, daß er direkt in Höhe des 1. Ventralbronchus sich befand. Auch die folgenden Bronchen waren dementsprechend ungewöhnlich weit vorgeschoben. An der zugehörigen linken Lunge habe ich nicht annähernd solche Verhältnisse vorgefunden.

Nebenbronchen sind bei *Beluga* ebenso spärlich vertreten wie bei *Phocaena*. Erst gegen das Ende des Stammbronchus bemerkt man winzige Aestchen, 1—2 an jedem Stammbronchus. Nur einmal fand ich bei einer rechten Lunge einen stärkeren Ast, ungefähr von der Größe des 1. Ventralbronchus. Er entsprang in Höhe zwischen dem 2. und 3. Ventralbronchus ventro-medial aus dem Stammbronchus, mehr nach der Reihe der Dorsalbronchen hin.

Was die Richtung und die Neigung der Bronchen zum Stammbronchus betrifft, so kann ich mich auf die über *Phocaena* gemachten Angaben beziehen. Gerade so verhält es sich mit der Verästelung, besonders der beiden apicalen Bronchen. Besonders

hervorheben möchte ich nur, daß die beiden ersten Dorsalbronchen jeder Lunge die größten und kräftigsten sind. Wie bei *Phocaena* müssen sie auch beim Weißwal den dorsalen wie ventralen Teil der Lunge versorgen, daher uns ihre Stärke wohl erklärlich erscheint.

Ueber die Gefäßverteilung ist auch nur wenig zu berichten. Der Stamm der Arteria pulmonalis liegt links von der Medianebene, ventro-lateral von dem linken Stammbronchus. Die Teilung in die beiden Lungenarterien erfolgt ein beträchtliches Stück hinter (caudalwärts) der Bifurkation unter einem Winkel von 80° . Die rechte Lungenarterie zieht dann ziemlich quer herüber zu ihrem Stammbronchus und kreuzt ihn latero-ventral. Ihr weiterer Verlauf richtet sich nach den beiden Reihen Bronchen und ist im übrigen ganz ähnlich dem bei *Phocaena*. Die linke Lungenarterie zieht lateral vom Stammbronchus nach hinten, kreuzt ihn also nicht und beschreibt auch keine so große Spirale um den Stammbronchus, wie die rechte.

An die beiden Apicalbronchen und an den 2. Dorsalbronchus der rechten Seite treten die arteriellen Gefäße von hinten heran und sind am hinteren Rande und wenig dorsalwärts gelagert. Alle anderen Bronchen führen die Arterien am vorderen Rande mit sich.

Ueber die Venen ist nichts Besonderes zu erwähnen. Sie liegen meist den Arterien diametral gegenüber. Nur an den vorderen Bronchen, wo dies wegen des gemeinsamen Verlaufes der großen Arterien und Venen nach vorn nicht möglich ist, liegen die Venen dann ventral, während die Arterien nur wenig lateral gelagert sind.

III. *Hyperoodon rostratus* LILLJEBORG.

Es stand mir hier nur die Lunge des bereits näher untersuchten Embryos von 55 cm Länge zur Verfügung. Nachdem ich den Bronchialbaum, die Lungenarterie und die Lungenvene mit Wachs injiziert hatte, versuchte ich eine Präparation vorzunehmen. (Taf. V giebt bei oberflächlicher Präparation besonders den Verlauf der Lungenvenen und die Lage des Stammes der Lungenarterie wieder. Taf. V führt uns dann nach gänzlicher Beseitigung des Lungengewebes und auch der Venen den Bronchialbaum im Verein mit den Lungenarterien vor Augen.)

Die Luftröhre des Döglings ist kurz, sehr weit, nur wie bei den vorher betrachteten Walen auffällig dorso-ventral zusammen-

gedrückt. Bei einer Länge von 2,5 cm bis zur Bifurkation fand ich eine annähernd gleich bleibende Breite von 1,1 cm und einen Dickendurchmesser von 0,6—0,7 cm.

Nach der Beschreibung der Knorpelelemente der Luftröhre, die VROLIK in seiner Abhandlung über den Hyperoodon gegeben hat, könnte es überflüssig erscheinen, noch einmal darauf zurückzukommen. Allein durch Vergleichung der von VROLIK beschriebenen Befunde mit den von mir erhobenen stellten sich Abweichungen heraus, die ein kurzes Eingehen auf diese Verhältnisse nötig machen. VROLIK sagt wörtlich: „Aldus worden de vijf voorste groote ringen, welke omniddelijk op het strottenhoofd volgen bij den Hyperoodon uit eene doorloopende kraakbeenige plaat gevormd. Vele andere hebben en zeer onregelmatigen vorm; sommige zijn in twee schenkels gespleeten; andere hebben ene tuischenruimte in sich van verschillende groote en vorm, en met bandachtig weefsel gevuld; enkele zijn afgebroken, andere weder geheel gaaf: kartom, men vindt schier alle vormen bijeen in de luchtpijp van den Hyperoodon“¹⁾).

Bei dem von mir untersuchten Exemplar waren die beiden ersten Ringe völlig getrennt von den nächsten und unter sich nur durch eine dünne Knorpelspange, die sich schräg zwischen sie einschiebt, auf eine Strecke von 0,4 cm verbunden. Der 3. Knorpelbogen begann an der dorsalen Seite der Luftröhre mit einem spitz auslaufenden Ende, zog nach rechts herum und kam hinter den Anfangsteil zu liegen, mit dem er jedoch nicht verschmolz. Dafür ging er aber mit dem folgenden Ring, der wieder vollständig war, an der rechten Seite eine innige Verbindung ein. Es war auf diese Weise eine Art Spirale entstanden. Dann bemerkte ich besonders breite Ringe, die nach einer Seite hin mit einem selten bis zur Mitte reichenden Einschnitt versehen waren, welcher mir anzudeuten scheint, daß die Ringe durch Verschmelzung von zweien entstanden sind.

Wie SCHRÖDER VAN DER KOLK bereits gefunden hat²⁾, bilden die Knorpel der feineren Luftröhrenäste gleichfalls keine vollständigen Ringe, sondern sind auch nach Art einer Spirale miteinander verbunden.

1) VROLIK, Natuur- en ontleedkundige Beschouwing van den Hyperoodon, 1848, p. 63—64.

2) VROLIK, l. c. p. 67.

An der Luftröhre sowohl, wie an ihren Aesten, liegen die Knorpel dicht bei einander und sind deutlich bis in verhältnismäßig feine Aeste zu verfolgen. Ich fand bei meinem Exemplar bis in die feinsten, kaum stecknadeldicken Aestchen Knorpel vor. Bei dem erwachsenen Tier wurden nach SCHRÖDER VAN DER KOLK in Aesten von 2 mm Durchmesser keine Knorpelringe mehr angetroffen, BOUVIER¹⁾ fand aber solche noch in kaum sichtbaren Aesten.

Die Luftröhre giebt 1,4 cm vor der Bifurkation, und zwar auffälligerweise von der dorsalen Seite, den Apicalbronchus der rechten Lunge ab und teilt sich dann unter einem Winkel von ca. 40°.

Der rechte Stammbronchus ist auch hier weniger nach außen abgelenkt als der linke, der bald nach seinem Eintritt in die Lunge einen bedeutenden, dorso-medialwärts sich öffnenden Bogen beschreibt. Der rechte Stammbronchus verläuft zwar auch nicht geradlinig durch die Lunge, ist aber gegenüber dem linken verhältnismäßig wenig und zum weiteren Unterschiede von ihm medio-ventralwärts gekrümmt. Ich weiß nicht, ob es Zufall ist, daß der linke Stammbronchus innerhalb der Lunge auffällig in dorso-ventraler Richtung, der rechte aber direkt seitlich stark komprimiert ist. Bei dem einen Exemplar, das ich nur untersuchen konnte, konnte ich selbstverständlich eine Entscheidung nicht herbeiführen.

An jeder Lunge finden sich 6 ventrale Bronchen, die nicht in einer Horizontalebene aus dem Stammbronchus entspringen, sondern wie bei *Phocaena* und *Beluga* ein verschiedenes Verhalten zeigen. Die ersten Ventralbronchen entspringen ventro-lateral, die der linken Lunge aber mehr ventral und nehmen einen entsprechenden Verlauf nach dem äußeren ventralen Lungenrande. Die nächsten ventralen Bronchen rücken mehr lateral, bis die letzten der rechten Lunge rein lateralen Ursprung und Verlauf nehmen. An der linken Lunge besitzen aber selbst die letzten Ventralbronchen noch einen leicht ventro-lateralen Ursprung und eine entsprechende Richtung.

Auffällig groß sind bei *Hyperoodon* die Neigungswinkel der Ventralbronchen zu den Stammbronchen, bedeutend größer, als ich sie bei *Beluga* und *Phocaena* gefunden habe. Für die linke Lunge

1) E. L. BOUVIER, Observations sur l'*Hyperoodon rostratus*. Annales des sciences naturelles, Tome XIII, 1892, p. 288.

sind sie etwas kleiner als rechts und betragen für die ersten 2 oder 3 70—75°, für die folgenden 40—50 und für den letzten ca. 30° (Taf. V, Fig. 28).

An der rechten Lunge waren, wie schon bemerkt, die Ventralbronchen weniger kaudalwärts geneigt, ihr Neigungswinkel zum Stammbronchus betrug für die ersten 3 ca. 80°, für die beiden folgenden 60 bzw. 40° und für den letzten ungefähr 30°.

Was die Verteilung der Ventralbronchen auf dem Stammbronchus betrifft, so erstrecken sie sich an der rechten Lunge nur kaum über die hintere Hälfte des Stammbronchus, an der linken Lunge reichen sie aber etwas weiter nach der Bifurkation hinauf, so daß sie ungefähr über $\frac{7}{12}$ des Stammbronchus verbreitet sind.

Die dorsalen Bronchen, 7 an der Zahl in jeder Lunge, dominieren auch hier insofern, als ihr Verzweigungsgebiet weit über das der ventralen Bronchen hinausreicht. Das geht so weit, daß an der linken Lunge das vordere Drittel, und an der rechten sogar die vordere Hälfte ausschließlich von Dorsalbronchen versorgt wird. An der linken Lunge sind es die beiden ersten Dorsalbronchen, welche diese Aufgaben erfüllen und somit über die ventralen Bronchen hinaus (nach der Bifurkation zu) geschoben sind, an der rechten Lunge stehen aber bereits die ersten 3 über resp. vor dem 1. Ventralbronchus.

Wenn man den Bronchialbaum der rechten mit dem der linken Lunge vergleicht, dann kommt einem unwillkürlich der Gedanke, daß links irgend ein Widerstand bestehen muß, der die Dorsalbronchen hindert, weiter hinaufzurücken. Man möchte aus der kurzen und scharfen Krümmung, die der 1. linke Dorsalbronchus gleich nach seinem Ursprung aus dem Stammbronchus nach vorn beschreibt, schließen, daß hier dicht neben dem Stammbronchus das Hindernis liegt. Während der Ursprung des Stammbronchus weit nach hinten liegt, biegt sich der Bronchus in kurzem Bogen kopfwärts und durchläuft noch eine beträchtliche Strecke. Ich glaube nicht fehlzugehen, wenn ich die Aorta beschuldige, dies Hindernis abzugeben. Wie ich mich wiederholt überzeugt habe, gleitet sie direkt an dem erwähnten Bronchus und neben dem Stammbronchus vorbei, eine starke Rinne in jenem bildend. An der rechten Lunge besteht nichts Ähnliches, da sehen wir vielmehr, wie die Dorsalbronchen nach der Bifurkation zu hinauf-

gewandert sind. 3 sind bereits über den 1. Ventralbronchus hinaufgeschoben, ein Befund, der schon bei *Beluga* ausnahmsweise vorkommen kann, wie wir gesehen haben. Der 1. Dorsalbronchus ist schon auf die Trachea hinaufgerückt, und der 2. rechte Dorsalbronchus sitzt bereits höher als der 1. linke. Der 3. steht dann mit dem 2. linken auf einer Höhe. — Erwähnenswert ist vielleicht noch, daß der rechte 1. Dorsalbronchus keine solche Krümmung aufweist, wie der 1. der linken Seite, er verläuft vielmehr gestreckten Verlaufes nach der Lungenspitze, in die er ventralwärts eintritt.

Die beiden Apicalbronchen zeigen bezüglich ihrer Verzweigung das gewöhnliche Verhalten, indem sie besonders 3 große Aeste treiben, von denen einer, der fortlaufende Stamm mit geringer Neigung nach hinten (kaudalwärts) nach dem ventralen Lungenrande zieht. Der kleinste Ast entspringt dorsal und strebt nach hinten und oben dem dorsalen Lungenrande zu. Der dritte, sehr kräftig entwickelte Ast des 1. Dorsalbronchus jeder Lunge geht direkt nach vorn und versorgt die Lungenspitze.

Von Dorsalbronchen sind an der rechten Lunge noch der 2. und 3., und an der linken der 2. bemerkenswert. Da ihnen die Aufgabe zufällt, die Lunge in den vorderen Abschnitten allein zu versorgen, ohne ventrale Bronchen neben sich zu haben, finden wir sie einmal bedeutend kräftiger entwickelt als die übrigen, ausgenommen nur die Apicalbronchen, die die größten im ganzen Bronchialbaum sind. Dann vereinigen sie gewissermaßen dorsale und ventrale Bronchen in sich, insofern sie einen äußerst kräftigen, dem ventralen Lungenrand zustrebenden und einen starken, dorsalwärts gerichteten Ast abgeben.

Die Dorsalbronchen beider Lungen von *Hyperoodon* teilen mit denen der Lungen von *Beluga* und *Phocaena* die Eigenschaft, daß sie sich um den Stammbronchus in einer langgezogenen Spirale gruppieren. Der 1. Dorsalbronchus der linken Lunge entspringt mehr lateral als der entsprechende der rechten Lunge, von dem ich bereits erwähnte, daß er ziemlich dorsal aus der Trachea entspringt. Die nächsten rücken immer mehr medialwärts, bis die letzten dorsalen Bronchen der linken Lunge rein medial, die der rechten Lunge sogar medio-ventral ihren Ursprung und entsprechenden Verlauf nehmen. Nicht unerwähnt möchte ich lassen, daß ich am 4. Dorsalbronchus der linken Lunge einen äußerst kräftigen Ast fand, der direkt aus jenem ventral und unmittelbar

nach dessen Ursprung aus dem Stammbronchus entsprang und unter Abgabe mehrerer Zweige ventralwärts zog.

An der rechten Lunge steht bereits der 3. Dorsalbronchus weit über dem 1. Ventralbronchus. Der 4. dorsale Bronchus liegt vor dem 2., und der 5. Dorsalbronchus bereits in gleicher Höhe mit dem 3. Ventralbronchus. An der linken Lunge liegt der 3. Dorsalbronchus hinter dem 1., aber weit vor dem 2. Ventralbronchus. Der 4. dorsale liegt schon in gleicher Höhe mit dem 3. ventralen Bronchus. In den hinteren Abschnitten beider Lungen scheint regelmäßig der Ventralbronchus höher gelegen zu sein als der entsprechende Dorsalbronchus.

Nebenbronchen im Sinne AEBY's fehlten bei meinem Exemplar vollständig.

Die Lungenarterien verhalten sich im allgemeinen so wie bei *Phocaena* und *Beluga*. Der Stamm der Lungenarterie liegt links von der Medianebene, ventral vom linken Stammbronchus — er teilt sich unter einem Winkel von $100-110^{\circ}$ in die beiden Lungenarterien (s. Zeichnung 30, Tafel V). Bezüglich ihrer Aeste, die sich an die einzelnen Bronchen begeben, ist zu bemerken, daß sie an den ventralen Bronchen vor ihnen und etwas lateral-, an den letzten aber dorsalwärts gelegen sind, daß sie dagegen die Dorsalbronchen, mit Ausnahme der beiden letzten, an der Rückseite und etwas lateralwärts bzw. an den letzten dorsalwärts begleiten. An den über die ersten Ventralbronchen hinausgeschobenen und nach außen abgelenkten Dorsalbronchen liegen die Arterien aber selbstverständlich mehr ventral.

Bei den Lungenvenen habe ich einer Abweichung von dem Befunde bei *Phocaena* und *Beluga* Erwähnung zu thun. In die linke Vorkammer münden nur 3 Lungenvenen ein (s. Zeichnung 30, Taf. V), von denen eine aus der rechten und 2 aus der linken Lunge kommen. Diese beiden letzteren zeigen das gewöhnliche Verhalten. Die Lungenvene der rechten Lunge teilt sich bald in 2 Aeste, von denen eine nach hinten verläuft, die gewöhnliche Lage ventral vom Stammbronchus hat und die hintere Hälfte der Lunge versorgt, während der andere, für die vordere Lungenhälfte bestimmte Ast entgegengesetzt dem sonstigen Verhalten medial vom Stammbronchus in die Lunge eintritt. Dadurch kommen seine Aeste an den 3 ersten Dorsalbronchen, die er versorgt, medial bis dorsal zu liegen, während die Arterie, besonders des 1. rechten Dorsalbronchus, eine rein ventrale Lage angenommen hat. Es wird also durch den eigentümlichen Verlauf der Vene eine

Umkehrung der gewöhnlichen Lageverhältnisse herbeigeführt, insofern hier die Vene die sonst der Arterie zukommende Lage einnimmt.

Einiges über den Bronchialbaum anderer Zahnwale.

In richtiger Erkenntnis der Bedeutung, welche der tracheale Bronchus und die sog. eparteriellen Bronchen im Sinne AEBY's bei den Cetaceen für deren Stammesgeschichte besitzen, unternahm M. WEBER¹⁾ eine vergleichende Betrachtung dieser Verhältnisse bei einer ganzen Reihe von Zahn- und Bartenwalen. Ohne zunächst die Resultate seiner Untersuchungen einer Kritik zu unterziehen, was ich mir für später vorbehalte, möchte ich eine ähnliche Betrachtung anstellen. Sie soll sich jedoch hier nur über die Zahnwale erstrecken, während die Bartenwale an anderer Stelle in ähnlicher Weise behandelt werden sollen. Es wird dadurch ein Zusammenwerfen der Befunde bei diesen beiden phyletisch getrennten Gruppen vermieden.

Was zunächst das Genus *Delphinus* anbetrifft, so habe ich eine lückenlose Schnittserie von einem aus dem Indischen Ocean stammenden *Delphinus spec.?* auf den Bronchialbaum geprüft. Nach AEBY²⁾ besitzt *Delphinus delphis* gleich wie *Phocaena communis* auf jeder Seite einen sog. eparteriellen Bronchus, und WEBER³⁾ weist auf Grund seiner eigenen Untersuchungen noch besonders darauf hin, daß *Phocaena communis* sich ebenso verhielte wie *Delphinus delphis*. Nach meinen Präparaten kann ich das bestätigen. Ich fand an jeder Lunge 6—7 dorsale und 5—6 ventrale Bronchen. An jeder Lunge standen die beiden ersten Dorsalbronchen, wie bei *Phocaena*, über resp. vor dem 1. Ventralbronchus. Es ist vielleicht nicht überflüssig, zu erwähnen, daß der 1. Ventralbronchus der linken Lunge, wenn nicht höher, so doch mindestens in gleicher Höhe mit dem rechtsseitigen 1. Ventralbronchus sich befand, was sich bei *Phocaena* aber etwas anders verhielt. Die linke Lunge

1) M. WEBER, Der Bronchialbaum der Cetaceen, verglichen mit dem der übrigen Mammalia. Studien über Säugetiere, Jena 1886, S. 78—87.

2) AEBY, Der Bronchialbaum des Menschen und der Säugetiere, Leipzig 1880, S. 8.

3) WEBER, l. c. S. 81.

wies übrigens noch gegen den hinteren Lungenpol einen deutlichen, rein ventral aus dem Stammbronchus entspringenden Nebenbronchus auf.

Wie wir gesehen haben, folgt Beluga im großen Ganzen Phocaena, und Hyperoodon war von beiden im wesentlichen nur dadurch unterschieden, daß auf der rechten Seite 3 dorsale Bronchen über den 1. ventralen hinausgeschoben waren, während links nur die beiden ersten Dorsalbronchen vor dem 1. Ventralbronchus aus dem Stammbronchus entsprangen. Nun giebt WEBER ausdrücklich an¹⁾, daß Hyperoodon rostratus auf der linken Seite keinen eparteriellen Bronchus habe. Hieraus scheint mir hervorzugehen, daß es öfters Schwierigkeiten macht, eparterielle Bronchen als solche zu unterscheiden, und daß unsere Dorsalbronchen nur dann als solche angesehen werden, wenn sie genügend lateral aus dem Stammbronchus entspringen und mehr vor der Pulmonalarterie erscheinen, nicht aber, wenn sie, wie hier vielleicht, mehr dorso-lateral entspringen. Das beweist aber mit Evidenz, daß der Unterscheidung eparterieller Bronchen kein morphologischer Wert zukommt. Ich glaube nun, daß auch die übrigen Zahnwale Globiocephalus, Physeter, Platanista und Epiodon, welche WEBER²⁾ mit Hyperoodon den Besitz nur eines eparteriellen, des trachealen rechtsseitigen Bronchus, gemein haben läßt, mit Hyperoodon bzw. mit Phocaena ein gleiches Verhalten bezüglich der dorsalen und ventralen Bronchen zeigen. Jedenfalls ist so viel sicher, und das ist vor allem für unsere Betrachtung wichtig, daß alle bisher genannten Wale einen hoch hinaufgeschobenen, rechtsseitigen trachealen Bronchus besitzen, und daß der linke Stammbronchus unweit der Bifurkation einen kräftigen Ast abgiebt. Diesen wie jenen haben wir als dorsalen Bronchus aufzufassen.

Nur zwei Wale verhalten sich abweichend, scheinen aber unter sich übereinzustimmen. Es sind dies Pontoporia Blainvillei und Monodon monoceros L. Ueber den ersteren stehen uns Angaben von BURMEISTER zur Verfügung, über den letzteren kann ich auf Grund eigener Untersuchungen berichten.

In der zweiten Veröffentlichung³⁾ berichtigt BURMEISTER seine

1) WEBER, l. c. S. 82.

2) WEBER, l. c. S. 82.

3) BURMEISTER, Anales del Museo civico de Buenos-Aires, 1864—69, Vol. 1, p. 427.

früheren¹⁾, ganz unverständlichen Angaben über den Bronchialbaum von *Pontoporia*, indem er sagt: „La traquiarteria es muy corta. Se compose de seis anillos cartilagosos De su fin posterior salen tres bronquios desiguales, de los cuales el medio tiene el diametro mas ancho al principio, el derecho es el mas angosto y el izquierdo al principio mas angosto que el medio, pero despues poco mas grueso. Cada uno de los tres bronquios se compose de cantidad considerable de anillos cartilagosos completamente cerrados Al fin se divide cada bronquio en dos ramos desiguales, de los cuales los dos mas externos de cada pulmon se dividen de nuevo. Todos estos ramos entran separados con direccion divergente en los pulmones. El mas largo de los tres bronquios principales es el izquierdo. El medio y el derecho entran en el pulmon derecho, el izquierdo en el pulmon de su lado.“

Es kann meines Erachtens kein Zweifel darüber bestehen, daß der rechte dieser 3 Bronchen identisch ist mit dem sonst hoch aus der Trachea entspringenden trachealen Bronchus der vorher betrachteten Wale, und dies um so mehr, als hier dieser Bronchus in gleicher Weise der Spitze der rechten Lunge zustrebt und wie dort kleiner ist, als jeder der beiden anderen der Stammbronchen.

Ganz ähnlich verhält sich *Monodon monoceros*, auch hier finden wir, daß sich die Luftröhre gewissermaßen in 3 Aeste auflöst, insofern der sonst hochgelegene tracheale Bronchus unmittelbar vor der Bifurkation dorso-lateral aus der Trachea entspringt.

An der rechten Lunge standen 2 Dorsalbronchen vor dem 1. Ventralbronchus, an der linken Lunge dagegen mit Sicherheit nur einer, und der 2. lag ungefähr in gleicher Höhe mit dem 1. Ventralbronchus. Der Zahl nach waren an der rechten Lunge 6 dorsale und 5 ventrale Bronchen zu konstatieren, an der linken Lunge kann ich wegen einer Beschädigung derselben in der hinteren Hälfte die Zahl der Bronchen mit Sicherheit nicht angeben. Erwähnen möchte ich noch, daß die Abgabe der Aeste aus den Stammbronchen verhältnismäßig hoch erfolgt. So wird für die linke Lunge bald nach der Bifurkation der 1. dorsale Bronchus abgegeben, und der 2. der rechten Lunge verläßt auch nicht viel tiefer den entsprechenden Stammbronchus. Hierin allein scheint *Pontoporia* von *Monodon* abzuweichen, insofern bei

1) BURMEISTER, Preliminary Observations on the Anatomy of *Pontoporia Blainvillii*. Proc. of the Zool. Soc. of London, 1867, p. 487.

jenem, nach der angeführten Beschreibung zu urteilen, die Stammbronchen eine größere Strecke nach der Bifurkation astlos bleiben.

Beide eben betrachteten Wale weisen in mancherlei Beziehung primitive Zustände auf. WEBER¹⁾ macht darauf besonders bei *Pontoporia* aufmerksam, indem er auch darauf hinweist, daß sie noch Flüsse bewohnt. Für *Monodon* will ich nur anführen, daß er, wie MECKEL²⁾ bereits angegeben hat, eine verhältnismäßig lange Luftröhre mit 12—13 ziemlich freien Luftröhrenringen besitzt.

Innerhalb der Reihe der Zahnwale sind mit diesen beiden Fällen die Ausnahmen von den gewöhnlichen Befunden noch nicht erschöpft. *Orcella*, die uns durch ANDERSON³⁾ etwas näher bekannt geworden ist, weist höchst interessante Abweichungen auf. Bei ihr fehlt jegliche Andeutung eines trachealen Bronchus, und die ersten Aeste werden erst in einiger Entfernung von der Bifurkation abgegeben. *Orcella* lebt gleichfalls in Flüssen, damit in Verbindung zu bringen dürfte das primitive Verhalten der Luftröhre sein. Wie ANDERSON⁴⁾ angiebt, ist die Luftröhre verhältnismäßig lang und vor der aller anderen Wale dadurch ausgezeichnet, daß die einzelnen Luftröhrenringe nicht eng aneinander liegen, durch elastische Membranen miteinander auf größere Entfernungen verbunden sind. Das erklärt die große Dehnungsfähigkeit, die die Luftröhre von *Orcella* besitzt.

Wir können demnach auf Grund dieser Befunde in der Entwicklung der Luftröhre der Zahnwale drei Stufen unterscheiden, eine mit hoch gelegenen trachealen Bronchus, eine Mittelstufe, bei der dieser Bronchus in Höhe der Bifurkation seinen Sitz hat, und schließlich eine, bei der dieser Bronchus in keiner Beziehung mehr zur Luftröhre steht. Ich will hier noch nicht meine Ansicht aussprechen über den vermutlichen Gang, den die Entwicklung der Luftröhre der Zahnwale genommen hat, ich werde später dazu noch Gelegenheit haben. Ich hoffe, daß sich durch vergleichende Untersuchung bei Pinnipediern und Ottern erkennen lassen wird, in welcher Weise das Wasserleben die Luftröhre beeinflusst hat. So viel ist aber schon jetzt wahrscheinlich, daß wir *Orcella* mit seinen primitiven Verhältnissen in Bezug auf den Bau der Luft-

1) WEBER, l. c. S. 85—86.

2) MECKEL, System der vergl. Anat., Teil VI, S. 379.

3) ANDERSON, Zoolog. results of the two expeditions to Western-Yunnan, Vol. 1, London 1879, S. 457.

4) ANDERSON, l. c. p. 387—388.

röhre nicht als die am weitesten vorgeschrittene Form zu betrachten haben, wie WEBER¹⁾ es thut.

Balaenoptera musculus.

Die vorliegenden Untersuchungen sind an den Lungen des erwähnten Fötus von 104 cm Länge vorgenommen worden. Bronchialbaum und Gefäße wurden mit Wachs injiziert und nachher vorsichtig frei präpariert.

Die Luftröhre ist kurz und weit, mißt 2,4 cm in die Länge und vor Abgabe des für die rechte Lunge bestimmten Bronchus 1,9 cm und hinter dieser Stelle nur 1,6 cm in die Breite. Sie ist gleichfalls dorso-ventral zusammengedrückt, ihr Dickendurchmesser beträgt kaum 1,4 cm. Wie DUBOIS²⁾ bereits hervorgehoben hat, sind die Luftröhrenknorpel nicht scharf gegen die Cartilago cricoidea abgesetzt, wie bei den Zahnwalen, sondern gehen in die Lamina cart. cricoidea über. Von den 7—8 Bögen, die man an der Luftröhre dieses Wals zur Not zählen kann, sind nur 5 ventralwärts offen, nicht aber sämtliche bis zur Bifurkation, wie DUBOIS²⁾ gefunden hat. Ein Unterschied zwischen Odontoceten, bei denen ja auch ähnliche Verhältnisse vorkommen, und Mystacoceten besteht nur darin, daß bei diesen die freien Knorpelenden weit voneinander liegen und durch eine breite, elastische Membran verbunden sind, während sie bei den Zahnwalen, zwar auch durch elastisches Gewebe vereinigt, aber dicht bei einander liegen. Die übrigen Bartenwale schließen sich *Balaenoptera musculus* mehr oder minder an. Nach BEAUREGARD und BOULART³⁾ kommen bei *Balaenoptera Sibbaldii* 5 offene Ringe vor, und bei *Balaena antipodum*⁴⁾ sind es nur 3 Ringe, die nicht geschlossen sind. Wie sich dies bei *Balaenoptera rostrata* verhält, ist nicht genau festzustellen, da CARTE und MACALISTER⁵⁾ nur angeben, daß die Ringe fast vollkommen waren. Bezüglich ihres sonstigen Verhaltens stimmen die Luftröhrenknorpel der Bartenwale mit denen der Odontoceten überein. Es kommt hier zu ganz ähnlichen Ver-

1) WEBER, l. c. S. 84.

2) DUBOIS, l. c. S. 92.

3) BEAUREGARD et BOULART, Journ. de l'anatomie et de la physiologie, Tome 18, p. 623.

4) BEAUREGARD und BOULART, l. c. p. 628.

5) CARTE and MACALISTER, On the Anatomy of *Balaenoptera rostrata*. Philos. Transact. of R. Soc., Vol. 158, 1868, p. 249.

schmelzungen wie dort, und besonders ist auch hier die dorsale Seite durch umfangreichere Verschmelzungen ausgezeichnet. So bildeten bei meinem Exemplar die 3 ersten Bögen an der dorsalen Seite der Luftröhre eine einzige Platte, von der aus nach rechts 3 Spangen, und nach links in gleicher Breite nur 2 zogen. Während diese bis gegen ihre ventralen Enden völlig getrennt blieben, verschmolzen 2 von denen der rechten Seite gegen die Enden wieder, so daß also an der ventralen Seite auch rechts nur noch 2 Spangen zu unterscheiden waren. Die beiden nächsten Knorpel waren dorsal nur auf eine kürzere Strecke verschmolzen; während sie nach rechts als 2 völlig getrennte Bögen verliefen, verschmolzen sie auf der linken Seite nach kurzem Verlauf wieder, um bis zum Ende nur noch eine Spange zu bilden. Der nächste Bogen war bis auf eine kleine Stelle an der rechten Seite, wo er mit dem folgenden verschmolzen war, völlig frei. Die übrigen Bögen der Luftröhre waren inniger miteinander verschmolzen, als die bisher besprochenen, und bildeten an der dorsalen Seite fast nur noch eine Knorpelplatte, aus der am Uebergang zur ventralen Fläche einzelne Spangen hervorgingen.

In den Bronchen kommen vollständig isolierte Ringe so gut wie nicht vor. Meist sieht man, wie ein Knorpelreif sich nach einer Seite hin in 2 Spangen teilt, von denen eine mit dem vorhergehenden, die andere mit dem folgenden Knorpel verwächst. Oefters konnte ich auch wahrnehmen, daß sich jede dieser beiden Spangen wieder in mehrere Aeste, bis 4, teilte. Während die meisten der so entstandenen Aeste wieder eine Verbindung mit einem benachbarten Knorpelast eingingen, blieben einige ohne solche und endigten zwischen den anderen als spitz auslaufende Knorpelstücke. Es kommt auf diese Weise eine sehr komplizierte Bildung zustande, die viel Aehnlichkeit mit einer Spirale hat.

Die Knorpel erhalten sich bis in die feinsten Aeste hinein. CARTE und MACALISTER¹⁾ geben an, daß sie in der Lunge von *Balaenoptera rostrata* Knorpelringe hätten nachweisen können noch in Aesten, die nur 1 Linie Durchmesser hatten.

Was nun den Bronchialbaum anbetrifft, so scheinen bei den Bartenwalen wesentlich andere Verhältnisse zu bestehen, als bei den Zahnwalen.

Die Luftröhre von *Balaenoptera musculus* teilt sich sogleich beim Eintritt in die Brusthöhle unter einem Winkel von 40—50°

1) CARTE und MACALISTER, l. c. p. 243—244.

in die beiden Stammbronchen, nachdem sie 1,1 cm vor der Bifurkation rein lateral den für die rechte Lunge bestimmten Spitzenbronchus abgegeben hat (Taf. VI, Fig. 39). Der rechte Stammbronchus verläuft mehr in der Richtung der Trachea, tritt früher als der linke in die Lunge ein und bildet nur eine geringe medialwärts konkave Krümmung. Der linke Stammbronchus dagegen beschreibt medialwärts einen stark konkaven Bogen, indem er sich dabei vom medialen Lungenrande stärker entfernt als der rechte. Nach dem hinteren Lungenpol zu konvergieren die beiden Stammbronchen wieder ein wenig.

Der linke Stammbronchus nimmt von seinem Ursprung bis zur Abgabe des 1. Astes an Umfang zu, in weit geringerem Grade thut es auch der rechte. An Stärke wird dieser von dem linken übertroffen, insofern sich hier Durchmesser von 1,1 und 0,8 cm gegenüberstehen. Auch der rechtsseitige tracheale, 0,5 cm im Durchmesser haltende Bronchus vermag dieses Uebermaß nicht zu kompensieren, so daß die linke Lunge den größeren Querschnitt des Luft zuführenden Kanals aufweist, was aber wiederum im Einklang steht mit dem größeren Volumen der linken Lunge gegenüber der rechten.

Bezüglich der Gestaltung des Bronchialbaums gehen beide Lungen nicht den gleichen Weg, sie unterscheiden sich daher auch, wie wir sehen werden, recht wesentlich voneinander. Die rechte Lunge unseres Bartenwales läßt hinsichtlich des Bronchialbaumes auf den ersten Blick große Aehnlichkeit mit der entsprechenden der Zahnwale erkennen, umgekehrt aber erinnert die linke Lunge nicht im geringsten an die linke der Odontoceten.

Wie an der rechten Lunge von Beluga oder Hyperoodon erstrecken sich auch hier die Ventralbronchen nur über wenig mehr als die hintere Hälfte der Länge des rechten Stammbronchus. Demnach liegt auch hier wie dort den hinaufgewanderten Dorsalbronchen allein die Aufgabe ob, die vordere (kopfwärts gelegene) Lungenhälfte zu versorgen (Taf. VI, Fig. 39). An der rechten Lunge kann man 4—5 Ventralbronchen unterscheiden, von denen der letzte bereits sehr schwächlich ist. Besonders kräftig entwickelt sind die ersten 3, deren jeder in kürzerer oder weiterer Entfernung vom Stammbronchus sich in 2 kräftige, nicht gleich starke Aeste spaltet. Der schwächere, aber längere Ast strebt, indem er zahlreiche Zweige treibt, dem ventralen Lungenrande zu. Der

andere, entschieden dickere und kürzere Ast giebt gleichfalls Aestchen ab, wendet sich aber mehr der costalen Fläche der Lunge zu. In meinem Präparat ist der 2. Ventralbronchus unzweifelhaft der bedeutendste.

Die Ventralbronchen der rechten Lunge nehmen ungefähr in einer Horizontalebene ventro-lateral bis lateral aus dem Stammbronchus ihren Ursprung, nur der 1. scheint ein wenig mehr ventralwärts zu entspringen. Die Dorsalbronchen der rechten Lunge, 7 an der Zahl, gruppieren sich wieder in einer langgezogenen halben Spiraltour um den Stammbronchus. Der 1. ist bereits auf die Trachea übergetreten, wo er rein lateral entspringt. Er zerfällt in 3 große Aeste, von denen der für die Lungenspitze bestimmte den Stamm am frühesten verläßt und sich im Bogen nach vorn wendet. Die beiden anderen laufen nach hinten, einer dem ventralen, der andere dem dorsalen Lungenrande zu. Der 2. entspringt schon dorso-lateral. Ein Zweig von ihm geht nach dem dorsalen Lungenrande, 2 andere wenden sich dem ventralen zu. Alle übrigen Dorsalbronchen sind ausschließlich Träger des dorsalen bzw. medialen Lungenrandes. Der 3. dorsale Bronchus nimmt seinen Ursprung rein dorsal aus dem Stammbronchus, der 4. bereits dorso-medial. Die folgenden rücken noch weiter medialwärts, und der letzte endlich verläßt den Stammbronchus sogar etwas medio-ventral. Wie bei den Zahnwalen, besonders bei Hyperoodon, sehen wir auch hier, daß die Dorsalbronchen **höher** gelegen sind, als die entsprechenden Ventralbronchen. So entspringt der dritte dorsale noch vor dem ersten und der vierte dorsale noch vor dem zweiten ventralen Bronchus. Die übrigen Dorsalbronchen stehen dichter und verteilen sich so, daß der 7. dorsale ungefähr in gleicher Höhe mit dem 4. ventralen Bronchus den Stammbronchus verläßt.

Anders verhält sich der Bronchialbaum der linken Lunge. Hier ragt noch kein einziger Dorsalbronchus über den ersten Ventralbronchus hinaus, der somit der höchst gelegene Bronchus in der ganzen Lunge ist. Darum aber hat der Bronchialbaum nichts eingebüßt an schlanker Gestalt. Die kräftigen Ventralbronchen, die hier in der stattlichen Zahl von 6 vertreten sind, lassen die vorgeschobenen Dorsalbronchen als allein ausschlaggebend für das Zustandekommen der gestreckten Lungengestalt nicht erscheinen.

Der 1. Ventralbronchus entspringt ventro-lateral, alle übrigen verlassen mehr lateral den Stammbronchus.

Besonderes Interesse verdient nur noch der 1. Ventralbronchus, weil er einen Ast zur Versorgung der Lungenspitze abgibt, der bei weitem größer ist, als der ganze 1. Ventralbronchus nach Abgabe dieses Astes. In ihrem sonstigen Verhalten gleichen die Ventralbronchen denen der rechten Lunge.

Den 6 ventralen Bronchen der linken Lunge entsprechen genau 6 dorsale. Diese weichen insofern von den gewöhnlichen Verhältnissen ab, als sie nicht vor, sondern alle ohne Ausnahme erst **hinter** den zugehörigen Ventralbronchen ihren Ursprung aus dem Stammbronchus nehmen. Zum Unterschiede von denen der rechten Lunge entspringen alle medial, die ersten dorso-medial und die letzten rein medial.

Besonders erwähnenswert ist schließlich vom Bronchialbaum von *Balaenoptera musculus* noch, daß der Neigungswinkel aller Bronchen, der ventralen wie der dorsalen, zu ihrem Stammbronchus in beiden Lungen erheblich viel kleiner ist, als bei den Zahnwalen. Ein Winkel von 40° scheint nur ausnahmsweise überschritten zu werden. Gewöhnlich sind alle, auch die letzten Bronchen um $30\text{--}40^{\circ}$ zu ihrem Stammbronchus geneigt. Dabei ist aber zu bemerken, daß die Bronchen der linken Lunge im allgemeinen etwas größere Winkel bilden mit dem Stammbronchus, als die der rechten.

Der Stamm der Lungenarterie liegt links von der Medianebene, ventral von dem linken Stammbronchus. Die Teilung in die beiden Hauptarterien erfolgt in verhältnismäßig geringer Entfernung von der Bifurkation, unter einem stumpfen Winkel von ca. 110° . Während die linke Lungenarterie sich in ziemlich steilem Bogen und sehr schnell vor und über den 1. Ventralbronchus an die dorsale Seite des Stammbronchus biegt und dort, sich allmählich etwas medio-dorsal lagernd, nach hinten zieht, nimmt die rechte einen anderen Weg. Sie geht von der Teilungsstelle der Stammarterie schräg nach hinten und rechts hinüber zum rechten Stammbronchus, den sie kurz vor dem 1. Ventralbronchus kreuzt, um an die obere Seite desselben zu gelangen. Dort liegt sie anfangs dorso-lateral, nimmt aber bald dorsale und gegen das Ende leicht medio-dorsale Lage an.

Auf dem Wege bis zu der Ueberkreuzung des Stammbronchus giebt die rechte Pulmonalis 2 Aeste für den 1. und 2 für den 2. Dorsalbronchus ab. Zum Unterschied von allen folgenden, die sich wie die der linken Lunge verhalten, liegen diese Aeste hinter den entsprechenden Bronchen und etwas ventral von

ihnen. An der linken Lunge liegen alle Pulmonalisäste etwas vor den entsprechenden Bronchen, an den ventralen dabei dorsal und an den dorsalen lateral bzw. gleichfalls dorsal.

Die Venen erinnern im allgemeinen an die Verhältnisse bei *Hyperoodon*. Auch hier sammelt sich das Blut aus der vorderen Lungenhälfte schließlich in eine große Vene, die dorso-medial den rechten Stammbronchus kreuzt, zum Unterschiede aber von *Hyperoodon* nicht vereint mit der aus der hinteren Lungenhälfte herkommenden Vene in die linke Vorkammer eintritt, sondern isoliert in dieselbe ausmündet.

Aus diesem eigentümlichen Verlauf erklärt sich dann auch die Lage der Venenäste etwas vor und dorsal von dem 1. und 2. Dorsalbronchus. Im übrigen sind keine bemerkenswerten Besonderheiten vorhanden.

Einiges über den Bronchialbaum anderer Bartenwale.

Balaenoptera Sibbaldii scheint, nach den Angaben von TURNER¹⁾ und BEAUREGARD und BOULART²⁾ zu schließen, in dem Besitze eines hoch auf die Trachea hinaufgeschobenen, sog. trachealen Bronchus mit *Balaenoptera musculus* übereinzustimmen. Ueber die nächsten Bronchen und besonders über die ersten Bronchen der linken Lunge aber erfahren wir nichts Zuverlässiges. Was *Balaenoptera rostrata* anbetrifft, so hat bereits WEBER entgegen den Angaben CARTE und MACALISTER's³⁾ festgestellt, daß dieser Wal gleichfalls einen aus der Mitte der Trachea entspringenden rechtsseitigen trachealen Bronchus besitzt. Auch auf der Schnittserie, die mir von einem 17,5 cm langen Embryo von *Balaenoptera rostrata* zur Verfügung stand, sehe ich diesen Bronchus hoch aus der Trachea entspringen. Im übrigen aber weicht *Balaenoptera rostrata* von dem für *Balaenoptera musculus* geschilderten Verhalten ab. Während wir nämlich bei *Balaenoptera musculus* an der linken Lunge sämtliche Dorsalbronchen hinter dem 1. Ventralbronchus gelegen fanden, sehen wir hier, daß dies Verhalten doch nicht konstant ist und daher nicht als Unterscheidungsmerkmal

1) TURNER, Trans. Roy. Soc. Edinburgh, Vol. 26, p. 236.

2) BEAUREGARD et BOULART, Journ. de l'anat. et de la physiologie, Tome 18, p. 623.

3) CARTE and MACALISTER, Phil. Transact. London, 1868, p. 243 (sie erwähnen den trachealen Bronchus gar nicht).

gegenüber den Zahnwalen gelten kann. Der erste Dorsalbronchus ist über den ersten Ventralbronchus hinausgeschoben. Damit aber haben wir eine Annäherung an Verhältnisse, wie wir sie bei den Zahnwalen fanden. Der Zahl nach fand ich an der rechten Lunge 7 dorsale und 6 ventrale und an der linken Lunge 6 dorsale und 5—6 ventrale Bronchen. An der rechten Lunge lagen deutlich 2 dorsale Bronchen vor dem ersten ventralen, und der 3. dorsale erreichte diesen fast, wenn er auch nicht ganz die hohe Lage des 3. Dorsalbronchus bei *Balaenoptera musculus* hatte.

Gleich wie bei den Zahnwalen, so giebt es auch bei den Bartenwalen einen Vertreter, dessen Luftröhre trachealer Bronchen entbehrt. Es ist hier das Genus *Balaena*. BEAUREGARD und BOULART¹⁾ sowohl wie ESCHRICHT²⁾ führen ausdrücklich an, daß ein trachealer Bronchus bei *Balaena antipodum* wie bei *Balaena mysticetus* fehlt. Wie wir BEAUREGARD und BOULART's¹⁾ Ausführungen aber entnehmen können, sitzt bei *Balaena antipodum* der ihm homologe Bronchus ganz in der Nähe der Bifurkation auf dem rechten Stammbronchus.

Wenn wir die Befunde bei den Bartenwalen kurz noch einmal überblicken, so können wir auch hier 3 Stadien in der Entwicklung der Luftröhre bzw. des Bronchialbaumes unterscheiden, die zwar nicht völlig mit denen bei den Zahnwalen übereinstimmen, doch aber auffallend große Aehnlichkeit haben. *Balaena* zeigt bezüglich seiner Luftröhre entschieden ein primitives Verhalten. Sie steht aber bereits höher als *Orcella*, die wir in Bezug auf den Bronchialbaum unter den Zahnwalen als die ursprünglichste Form betrachten müssen. Ueber *Balaena* steht *Balaenoptera musculus*, und *Balaenoptera rostrata* sind wir nach unseren Untersuchungen hinsichtlich ihrer Luftröhre resp. ihres Bronchialbaumes gezwungen als die am weitesten entwickelte Form unter den Bartenwalen anzusehen.

Wir haben also eine vollkommene Parallelität im Bau des Bronchialbaumes der Zahn- und der Bartenwale, und dasselbe trifft

1) BEAUREGARD et BOULART, Journ. de l'anat. et de la physiologie, Tome 18, p. 623.

2) ESCHRICHT, Die nordischen Walthiere, 1849, S. 148.

auch für das Offenbleiben der oberen Luftröhrenringe an der ventralen Seite zu. Aber wenn wir den Bronchialbaum der Mystacoceten mit dem der Odontoceten vergleichen, stoßen wir dennoch auch auf Verschiedenheiten. So ist bei den Odontoceten, vielleicht mit alleiniger Ausnahme von *Orcella*, die linke Lunge regelmäßig weiter entwickelt als bei den Mystacoceten. Schon bei der noch primitiven Form, *Monodon*, zeigt sich dies deutlich, indem bereits 2 Dorsalbronchen über den 1. Ventralbronchus hinausgeschoben sind, während wir selbst bei der höchst entwickelten Form unter den Bartenwalen, *Balaenoptera rostrata*, eben die ersten Anfänge einer Wanderung des 1. Dorsalbronchus über den 1. Ventralbronchus hinaus konstatieren können. Bei *Balaenoptera musculus* aber, die zwischen *Balaenoptera rostrata* und *Balaena*, hinsichtlich des trachealen Bronchus aber weit über *Monodon* steht, findet sich noch keine Spur davon. Wollte man nach diesen Resultaten an eine verwandtschaftliche Beziehung der Odontoceten zu den Mystacoceten denken, so müßten diese mit *Balaena* an der Wurzel, aus einer Zahnwalform ihren Ursprung genommen haben, die noch keinen trachealen Bronchus besessen hat und an deren linker Lunge noch sämtliche dorsale Bronchen hinter dem 1. Ventralbronchus sich befanden. Da könnte, wenn wir den spärlichen Angaben ANDERSON's über *Orcella* folgen, nur dieser Zahnwal in Betracht kommen¹⁾. Eine gewisse Stütze könnte die Auffassung in der Gestaltung des Kehlkopfes finden, der uns durch DUBOIS' Untersuchungen bekannt geworden ist. So zeigt nach diesem Autor *Balaena* und *Megaptera* eine Annäherung an die Zahnwale dadurch, daß bei ihnen wenigstens eine Andeutung einer laryngealen Röhre sich vorfindet, die aber bei den übrigen Bartenwalen vielleicht rückgebildet wurde, während sie bei den Zahnwalen zu so hoher Vollkommenheit sich entwickelte²⁾. Auch bezüglich des laryngealen Sackes weisen *Balaena* und *Megaptera* noch primitive Verhältnisse auf, insofern derselbe bei ihnen erst einen geringen Umfang angenommen hat.

Es giebt also, wie wir gesehen haben, am Bronchialbaum und den Lungen der Punkte genug, welche den Gedanken an eine ver-

1) ANDERSON, Anatomical and zoological researches of the two expeditions to Western-Yunnan, Vol. 1, p. 360—388.

2) DUBOIS, Ueber den Larynx der Cetaceen, in WEBER, Studien über Säugetiere, Jena 1886, S. 107.

wandtschaftliche Beziehung beider Gruppen von Walen aufkommen lassen könnten. Allein wenn wir uns nicht darauf beschränken, den ziemlich einförmigen Bronchialbaum und die Lungen zu betrachten, sondern den gesamten Organismus der Zahn- und Bartenwale in seinen wesentlichsten Punkten vergleichen, so lassen sich andererseits so bedeutende Verschiedenheiten, wie beispielsweise am Kopf und am Brustkorb, wie auch an anderen Organen, feststellen, daß eine gemeinsame Abstammung von einer Stammform mit ziemlicher Sicherheit auszuschließen ist. Wir hätten alsdann die Aehnlichkeiten, welche im Bau der Lungen und des Bronchialbaumes zwischen Odontoceten und Mystacoceten bestehen, als Konvergenzerscheinungen anzusehen, die durch die gleiche Lebensweise hervorgerufen wurden. Die von KÜKENTHAL¹⁾ aufgestellte und vertretene Ansicht von der diphyletischen Abstammung der Cetaceen erhalte dadurch eine weitere Stütze.

Für die Verwandtschaftsverhältnisse der Wale sind unsere Betrachtungen insofern noch von Interesse, als sie mit Rücksicht auf den besprochenen Entwicklungsgang, den ihre Luftröhre und ihr Bronchialbaum genommen hat, nicht von den Artiodactylen abstammen können, mit denen man sie wegen des trachealen Bronchus in Beziehung bringen wollte. Wie man sich aber leicht überzeugen kann, ist die Aehnlichkeit eine sehr oberflächliche, und die Unterschiede selbst am Bronchialbaum sind recht bedeutende.

So viel muß nach unseren Untersuchungen festgehalten werden, daß die Stammformen der Cetaceen keinen trachealen Bronchus und überhaupt einen primitiven Bronchialbaum besessen haben.

Phoca vitulina.

Auch für die Untersuchungen über die durch das Wasserleben herbeigeführten Veränderungen am Bronchialbaum erwies sich das Studium des Seehundes sehr förderlich. Drei Lungen standen mir von ihm zur Verfügung, von denen ich 2 mit Metall, die Gefäße mit Celloidin, die 3. mit Wachs injizierte. Während ich die letztere unter Schonung der Knorpel präparierte, versuchte ich, mir von den beiden anderen die Ausgüsse durch Maceration in Salzsäure herzustellen.

Der Halsteil der Luftröhre des Seehundes ist, wie bei den Walen, deutlich dorso-ventral zusammengedrückt, der Brustteil da-

1) KÜKENTHAL, Vergleichend-anatomische und entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an Waltieren, Jena 1889.

gegen annähernd rund auf dem Querschnitt. Bis zum Eintritt in die Brusthöhle bewahrt die Trachea ungefähr dieselbe Breite wie Dicke, dann schwillt sie über eine Strecke von ca. 2 cm ziemlich auffällig an, nimmt hinter dieser Stelle stark an Umfang ab, um wieder allmählich und nun dauernd bis zur Bifurkation an Volumen zu gewinnen.

Beispielsweise betrug am Halsteil die Breite der Luftröhre 1,6—1,7 cm, ihre Dicke 1,2 cm, an der erwähnten Anschwellung 1,8 bzw. 1,5 cm, unmittelbar dahinter, als an der dünnsten Stelle, war sie 1,5 cm breit und 1,4 cm dick. Kurz vor der Bifurkation endlich hatte die Luftröhre ihren größten Umfang, indem sie neben einer Dicke von 1,9 cm eine Breite von 2,1 cm hatte.

Wie bereits MECKEL¹⁾ ausgeführt hat, ist die Luftröhre bei *Phoca* „kurz, aber sehr weit und besteht aus ungefähr 70 ganz vollständigen, breiten, platten, dicht aneinander liegenden, weichknorpeligen, daher zusammenfallenden Ringen“. Wenn ich zwar im allgemeinen die Richtigkeit dieser Angaben auf Grund meiner Untersuchungen bestätigen kann, so ergaben sich doch auch einige erwähnenswerte Abweichungen.

Einmal habe ich nur 65—66 Ringe gezählt, und dann waren nicht alle ganz vollständig, wie MECKEL angiebt, sondern einige unter ihnen waren an der dorsalen Seite der Trachea, nicht, wie es meist der Fall war, geschlossen, sondern ihre spitz auslaufenden Enden legten sich nach Art eines Schlüsselringes nebeneinander, ohne aber miteinander zu verschmelzen. Im Gegensatz zu den Ringen der Halsportion zeigten die des Brustteils Andeutungen davon, daß sie durch Verschmelzung der an der dorsalen Seite der Trachea übereinander greifenden Enden der Knorpelbögen entstanden waren. Namentlich im letzten Abschnitt der Luftröhre konnte man die sich überdeckenden und erst leicht miteinander verschmolzenen Enden der Ringe wieder lösen.

Die einzelnen Luftröhrenringe sind nicht alle voneinander isoliert, eine ganze Reihe ist vielmehr mit benachbarten Knorpeln mehr oder weniger umfangreiche Verschmelzungen eingegangen. Neben zahlreichen einfachen Verwachsungen zweier oder mehrerer Ringe habe ich noch in einem näher untersuchten Falle bis zur Bifurkation an 3—4 Stellen spiralartige Bildungen gefunden, die sehr an die besprochenen Verhältnisse beiden Walenerinnerten (Taf. V, Fig. 37, 38).

1) MECKEL, System der vergl. Anat., Halle 1833, Teil VI, S. 411.

Was die Knorpel der Bronchen betrifft, so sind sie nur noch in den Stammbronchen und auch nur in den obersten zwei Dritteln gut entwickelt.

In dem übrigen Teil der Stammbronchen und ebenso in ihren Aesten werden die Knorpel mehr oder weniger spärlich. Unmittelbar nach der Bifurkation werden die Knorpelringe, die bezüglich der Verschmelzungen sonst ein ähnliches Verhalten zeigen, wie die in der Trachea, schmaler und schmaler und schon in den großen Aesten bilden sie verhältnismäßig zarte, runde Knorpelstreifen. Sie liegen auch nicht mehr dicht beisammen, wie es noch im Anfangsteil der Stammbronchen der Fall war, sondern lassen mehr oder weniger große Zwischenräume entstehen. Dennoch aber verlieren sie sich nicht so bald, sondern sind noch in den feineren Bronchen anzutreffen.

Es verdient vielleicht weiter hervorgehoben zu werden, daß sämtliche in der Brusthöhle gelegenen Knorpel der Luftröhre und Bronchen auffallend weich sind gegenüber denjenigen des Halsteils der Trachea, die relativ fest erscheinen. Dieser Befund stimmt demnach mit dem beim Brautfisch überein. Ich bin der Ansicht, daß ähnliche Befunde auch bei den übrigen Wassersäugetieren die Regel bilden werden, und daß die bei einzelnen Wassersäugetieren gelegentlich beobachteten Verknöcherungen der innerhalb der Lunge gelegenen Knorpelringe als Zufälligkeiten, wie sie auch bei den Landsäugetieren in vielleicht noch größerem Umfange vorkommen, der ihnen zugesprochenen Bedeutung entbehren.

Die Luftröhre des Seehundes teilt sich erst tief in der Brusthöhle in Höhe des 7.—8. Rückenwirbels. Der Winkel, den die beiden Stammbronchen miteinander bilden, schwankt nach meinen Präparaten zwischen 55° und beinahe 80° . AEBY¹⁾ fand 61° .

In stärkerem Maße trug zur Bildung dieses Winkels der rechte Stammbronchus bei, indem er mehr nach außen abgelenkt war, als der linke. So betrug der Neigungswinkel, den der rechte Stammbronchus mit der Längsachse der Trachea bildete, in 2 Fällen 35° bzw. 42° , und die entsprechenden Neigungswinkel des linken beliefen sich auf 20° bzw. 35° . AEBY¹⁾ berichtet von dem entgegengesetzten Verhalten. In seinem Falle war der Neigungswinkel des linken Stammbronchus größer, als der des rechten und betrug 32° , der des rechten aber nur 29° .

1) AEBY, l. c. S. 15.

Der linke Stammbronchus geht, nachdem er anfangs die Ablenkung nach außen erfahren hat, mehr gestreckten Verlaufes durch die Lunge. Innerhalb derselben beschreibt er nur einen ganz flachen, dorsalwärts konkaven Bogen. Der rechte Stammbronchus dagegen beschreibt gleich anfangs neben der Ablenkung nach außen einen dorsalwärts konvexen Bogen. Gegen das Ende biegt er wieder leicht einwärts.

An jedem Stammbronchus lassen sich ca. 6 dorsale Bronchen nachweisen. Der erste von ihnen ist in jeder Lunge der sog. eparterielle im Sinne AEBY's. Der rechtsseitige und der der linken Lunge stehen auf ziemlich gleicher Höhe und verlassen die entsprechenden Stammbronchen unmittelbar nach der Bifurkation der Trachea. Nach zweien meiner Präparate ist der rechtsseitige 1. Dorsalbronchus ein wenig höher hinaufgerückt, als der linksseitige. Das dritte Präparat stimmte aber in dem umgekehrten Verhalten mit dem AEBY'schen¹⁾ Befunde überein. Beide Bronchen entspringen ziemlich lateral aus den Stammbronchen, der rechtsseitige in stärkerem Maße, als der linke.

Als die kräftigsten Aeste im ganzen Bronchialbaum zeichnen sie sich durch ihre Dicke, Länge und ihren Reichtum an Zweigen vor allen anderen aus. Besondere Erwähnung verdienen bei ihnen wegen ihrer Größe namentlich 3 Aeste, von denen einer unter Abgabe zahlreicher kleiner Aeste in scharfem Bogen nach vorn umbiegt, um die Lungenspitze zu versorgen. Der zweite Ast ist kurz, aber gedrungen. Er wendet sich nach außen, oben (dorsalwärts) und hinten. Der dritte Ast, wohl der fortlaufende Stamm, giebt verschiedene Aestchen ab und verläuft nach außen, ventralwärts und gleichzeitig etwas nach vorn, damit gewissermaßen eine Mittelstellung zwischen den beiden anderen einnehmend.

Die übrigen dorsalen Bronchen sind ganz erheblich kleiner. Sie stellen kurze und schwächliche Aeste dar, die sich nur verhältnismäßig geringer Verzweigung erfreuen.

Während die 1. Dorsalbronchen den Stammbronchus unter einem Winkel von annähernd 90° verließen, sind alle übrigen stärker gegen denselben geneigt, und nur die Neigungswinkel der der 2. und 3. dürften noch eben 60° erreichen. Alle anderen sind kleiner.

Wie wir schon gesehen haben, entspringen die 1. Dorsalbronchen lateral aus dem Stammbronchus. Der 2. der rechten

1) AEBY, l. c. S. 22.

Lunge tritt deutlich dorso-lateral daraus hervor, während sein Gegenüber an der linken Lunge vollständig dorsalen Sitz auf dem Hauptbronchus hat. Die folgenden begeben sich allmählich nach einwärts, erst medio-dorsal, dann rein medial, welche Stellung wir durchweg bei den letzten 2—3 dorsalen Bronchen beider Lungen antreffen.

Die Abstände, welche zwischen den einzelnen Dorsalbronchen entstehen, sind sehr verschieden. Am größten zwischen dem 1. und 2., nehmen sie nach hinten stufenweise ab. Vergleichen wir die dorsalen Bronchen der linken Lunge mit denen der rechten, so fällt sofort auf, daß der Abstand zwischen dem 1. und 2. Dorsalbronchus der rechten Lunge viel größer ist, als der entsprechende der linken, daß, mit anderen Worten, der 2. Dorsalbronchus der linken Lunge höher hinaufgeschoben ist nach der Bifurkation, als der rechtsseitige. Das scheint nicht bloß individuell, sondern typisch zu sein, denn alle 3 Lungen, die ich untersuchte, wiesen diesen Unterschied auf, darunter eine in ganz besonders starkem Maße.

Die Zahl der Ventralbronchen beträgt 5, von denen die ersten drei in jeder Lunge besonders kräftig entwickelt und stark verzweigt sind. Der größte ist nicht der erste, sondern der zweite in jeder Lunge; der dritte hat die Größe des ersten. Die übrigen sind dann auffällig kleiner und tragen nur einzelne dünne Aestchen.

Die ersten Ventralbronchen entsprangen ziemlich ventral aus dem Stammbronchus, die zweiten, eventuell auch noch die dritten ventro-lateral, die übrigen aber rein lateral.

Ihre Neigung zum Stammbronchus war erheblich, indem, außer an den zwei ersten Ventralbronchen jeder Lunge, die Neigungswinkel 40° nicht übersteigen. Die ersten Ventralbronchen waren um ca. $60-70^{\circ}$ und die zweiten um ungefähr 50° gegen die Hauptbronchen geneigt.

Unterschiede zwischen der rechten und linken Lunge habe ich insofern beobachtet, als in einem Falle die ersten Bronchen der linken Lunge stärker ventralwärts gerichtet waren, als die entsprechenden der rechten. Die zweite injizierte Lunge verdient deshalb besonderes Interesse, weil sich bei ihr die fraglichen Verhältnisse gerade umgekehrt verhielten. Es dürfte bei dieser Frage wohl die Lage des Herzens, je nachdem dieses mehr nach links oder rechts gerückt ist, die entscheidende Rolle spielen.

Was endlich die Verteilung der Ventralbronchen betrifft, so steht der erste der linken Lunge wiederum der Bifurkation viel näher, als der entsprechende rechtsseitige, und ebenso stehen die übrigen Ventralbronchen der linken Lunge nicht mit denen der rechten auf gleicher Höhe, sondern verlassen etwas früher den Stammbronchus als ihre Gegenüber.

Im Vergleiche zu den dorsalen Bronchen nehmen in beiden Lungen die Ventralbronchen nicht nur im Anfange die tiefere Stellung ein, sondern bewahren dieselbe auch bis gegen das hintere Ende der Stammbronchen.

Es bleibt uns vom Bronchialbaum noch übrig, einen Blick auf die sog. Nebenbronchen zu werfen. An der linken Lunge sind nur im letzten Abschnitte 2 winzige Aestchen beobachtet worden, an der rechten Lunge zahlreicher vorhanden, reichen sie dagegen bis fast in die Höhe des 1. Ventralbronchus hinauf. Ich habe 4 kleine Aeste gezählt, die medio-ventral aus dem Stammbronchus entsprangen und nach hinten, unten und medialwärts zogen. Der erste befand sich in Höhe des 1. Ventralbronchus oder nur wenig dahinter. Die anderen standen in derselben Beziehung zu den übrigen Ventralbronchen.

Ueber die Blutgefäße der Lunge des Seehundes kann ich mich kurz fassen, ergibt sich doch der Verlauf der Lungenarterien von selber aus der Beschreibung, die ich von der Lage der dorsalen und ventralen Bronchen gegeben habe. Besonders erwähnen möchte ich nur, daß sich der gemeinschaftliche Stamm der Pulmonalarterie ungefähr in der Medianlinie unmittelbar hinter oder in gleicher Höhe mit der Bifurkation der Trachea unter einem Winkel von ca. 120° in die beiden Lungenarterien spaltet. Ihre einzelnen Aeste lagern sich den dorsalen und ventralen Bronchen in der bekannten Weise an. An den ersten dorsalen, den sog. eparteriellen Bronchen liegen sie meist ventral. Den Spitzenbronchus derselben begleiten sie medio-ventral, und ihr dorsaler Ast empfängt das Blut durch ein Gefäß, das von vorn her (oralwärts) an ihn herantritt. Im übrigen liegen die Arterien an den Dorsalbronchen lateral bezw. dorsal und etwas vor ihnen, an den Ventralbronchen entsprechend.

Die Nebenbronchen werden von Arterien versorgt, die den Stammbronchus nach außen umfassen und sich lateralwärts jenen anschmiegen.

Die Venen liegen den Arterien meist diametral gegenüber, nur an dem 1. Dorsalbronchus jeder Lunge sind sie wie die Arterien

ventralwärts gelagert. Das Blut aus den kleineren Lungenvenen sammelt sich schließlich in 5 größeren Stämmen, die getrennt in die linke Vorkammer münden. Je zwei führen das Blut aus dem vorderen Teil jeder Lunge ab, und das Gefäß, welches aus dem hinteren Abschnitte der Lunge kommt, vereinigt sich kurz vor dem Herzen mit dem der anderen Lunge, und beide münden gemeinschaftlich in dasselbe aus.

Enhydra marina und Lutra vulgaris.

Die Luftröhre der Seeotter besteht aus 49—50 meist breiten Knorpelbögen, die zum größten Teil infolge Verschmelzung ihrer Enden an der dorsalen Seite der Trachea vollständige Ringe bilden. Nur im letzten Teil sind die Ringe nicht mehr ganz geschlossen. Die dorso-ventrale Abplattung ist gering zu nennen im Verhältnis zu der, die wir bei der Luftröhre der Wale und auch bei Phoca angetroffen haben. Mit ihnen aber hat die Seeotter das gemein, daß die Luftröhrenringe außerordentlich eng aneinander liegen und kaum Zwischenräume entstehen lassen.

Verschmelzungen einzelner Ringe sind auch bei Enhydra nicht selten. Ich fand solche bis zur Bifurkation an 4 Stellen. Neben diesen war noch eine spiralartige Bildung ungefähr in der Mitte der Trachea zu konstatieren. 3 Knorpelringe waren nämlich auf die Weise miteinander verbunden, daß sich zwischen dem 1. und 2. an der linken Seite und zwischen dem 2. und 3. an der rechten Seite eine kleine schräg von rechts-oben nach links-unten verlaufende Knorpelspange einschob und mit ihnen verschmolz.

Das Verhalten der Knorpel der Bronchen konnte ich nicht untersuchen, weil die eine mir nur zur Verfügung stehende Lunge, um den Bronchialbaum zu gewinnen, mit Celloidin injiziert und nachher maceriert werden mußte (Taf. VI, Fig. 42).

Die Luftröhre der Fischotter ist verhältnismäßig lang. Sie besteht nach meinen Zählungen aus 54 oder 55, nach MECKEL¹⁾ aus ca. 60 Ringen, die gegenüber den vorangeschickten Befunden einmal dorsalwärts noch nicht geschlossen und sodann auch kleinere Zwischenräume zwischen sich entstehen lassen. Sie sind verhältnismäßig weich, ganz besonders die innerhalb der Brusthöhle gelegenen. Die Luftröhre ist, soweit sie außerhalb des Thorax liegt, leicht zusammengedrückt und breiter, als in der

1) MECKEL, l. c. S. 413.

Brustportion. Dies hängt mit der Pars membranacea zusammen, deren Breite hinter dem Kehlkopf am größten ist und beispielsweise in einem Falle 0,7 cm, in Höhe der Brustapertur dagegen nur noch 0,3 cm betrug. Mit dem Schmälerwerden dieser Membran nähern sich die Knorpelenden und geben der Trachea eine mehr runde Gestalt, wie sie an der ganzen Brustportion zu finden ist (Taf. V, Fig. 35 und 36).

Es finden sich breite wie schmale Ringe in der Luftröhre der Fischotter. Zahlreiche sind an einer Seite schmal und werden nach der anderen breiter. Die ihnen anliegenden Ringe verhalten sich dann umgekehrt, indem an der Seite, wo die vorhergehenden oder folgenden Ringe breit sind, sie schmal erscheinen. Die schmalsten Ringe sind in der ganzen Luftröhre die obersten, die dem Kehlkopfe benachbarten.

Einfache Verwachsungen einzelner Luftröhrenringe habe ich 5 mal konstatieren können, von denen besonders eine kurz vor der Bifurkation sehr umfangreich war und 3 Ringe betraf.

Auch in der Luftröhre der Fischotter fand sich eine spiralartige Anordnung einiger Knorpel. Sie lag dicht unterhalb des Kehlkopfes und ist in Taf. V, Fig. 36 abgebildet worden.

Ueber die Knorpel der Bronchen kann ich aus dem gleichen bei *Enhydra* schon angeführten Grunde nicht berichten. Beide Lungen, die mir zur Verfügung standen, dienten besonders für das Studium des Bronchialbaumes, den ich durch Celloidin- und Wachsinjektion (letztere für die Gefäße) erhielt (Taf. VI, Fig. 43 und 44). Nach MECKEL¹⁾ aber sind die Bronchen innerhalb der Lungen mit lange knorpeligen, vollständigen Ringen versehen.

Die Luftröhre der Seeotter teilt sich unter einem Winkel von ca. 80° in die beiden Hauptbronchen. Der rechte von ihnen verläuft mehr in der Richtung der Trachea und ist nur um ca. 30° von derselben nach außen abgelenkt, während der Neigungswinkel, den der linke Stammbronchus mit einer in der Richtung der Trachea verlaufenden Geraden bildet, ungefähr 50° beträgt. Beide Bronchen treten medio-ventralwärts in die Lungen ein in Höhe der halben Länge derselben. Der linke infolge der stärkeren Ablenkung etwas früher, als der rechte. Dieser geht dann mehr gestreckten Verlaufs, jener in medialwärts konkavem Bogen durch die Lungen.

Wir können bei *Enhydra* mit Sicherheit 4 wohlausgebildete Ventralbronchen an jeder Lunge unterscheiden, daneben sind noch

1) MECKEL, l. c.

einzelne Aestchen vorhanden, auf die ich wegen ihrer Winzigkeit aber kein Gewicht legen möchte.

In der rechten Lunge verteilen sie sich über die beiden letzten Drittel des Stammbronchus, in der linken Lunge nehmen sie dagegen mindestens $\frac{5}{6}$ seiner Länge ein. Zum Ausgleich für die zurückverlagerten Bronchen tritt an der rechten Lunge der 1. dorsale ein, der nach AEBY ein sogen. eparterieller ist. Er verläßt den rechten Stammbronchus lateralwärts unfern der Bifurkation und liegt darum höher als der 1. Ventralbronchus der linken Seite, der auch verhältnismäßig nahe bei der Bifurkation entspringt. Dieser unterscheidet sich aber von jenem wesentlich dadurch, daß er fast ventralwärts den Stammbronchus verläßt und eine von jenem ganz abweichende Verzweigung zeigt. Jener stellt nur einen nach vorn gerichteten, starken Bronchus dar, der den Spitzenlappen trägt und im übrigen keine bemerkenswerten Aeste entsendet. Der oberste Bronchus in der linken Lunge — der 1. ventrale — zeigt aber die regelrechte Verzweigung der folgenden Ventralbronchen und besitzt daneben einen kräftigen Zweig, der sich nach vorn umbiegt und die Lungenspitze versorgt. Dieser Ast hat somit die Aufgabe, die an der anderen Lunge der besprochene 1. Dorsalbronchus, der eparterielle im Sinn AEBY's, besitzt.

Die Ventralbronchen der linken Lunge entspringen im Verhältnis zu denen der rechten Lunge stärker ventralwärts und zeigen auch im ganzen einen mehr ventralwärts gerichteten Verlauf. Die der rechten Lunge verlaufen eher lateral bzw. ventro-lateral.

Zwischen dem 1. und 2. Ventralbronchus der linken Lunge besteht ein größerer Abstand, die 3 anderen dagegen stehen ziemlich dicht bei einander, wodurch der hintere Abschnitt des Stammbronchus gewissermaßen etwas entblößt erscheint. An der rechten Lunge sind die Abstände der einzelnen Ventralbronchen voneinander regelmäßiger und nehmen nach hinten stufenweise an Größe ab.

Dorsalbronchen sind an der rechten Lunge 4—5 deutlich vorhanden. Den ersten davon haben wir schon kennen gelernt. Die übrigen sind von geringer Größe und tragen nur wenige Zweige. Der 2. und 3. entspringen dorsal und verlaufen nach oben-hinten und etwas lateralwärts. Die anderen nehmen ihren Ursprung aus dem Stammbronchus in geringem Grade medialwärts und haben entsprechenden Verlauf.

An der linken Lunge waren 4 deutliche Dorsalbronchen vorhanden. Besondere Erwähnung verdient der 1. wegen seiner

kräftigen Gestalt und seiner reichlichen Verzweigung. Die übrigen waren wie die 3 oder 4 letzten der rechten Lunge schwächlich entwickelt und ohne erwähnenswerte Eigenschaften. Der 1. entsprang dorso-lateral, die folgenden traten dorsal und die letzten etwas medial aus dem Stammbronchus hervor.

Im Vergleich zu den Ventralbronchen nehmen die dorsalen in der rechten Lunge von Anfang bis zu Ende die höhere Stellung ein, in der linken Lunge aber ist es umgekehrt.

Nebenbronchen hat die linke Lunge einzelne (2—3) kleine Aeste im hinteren Abschnitt. An der rechten Lunge ist besonders einer erwähnenswert, der ungefähr in Höhe des 1. Ventralbronchus medio-ventral entspringt, nach innen, unten und hinten zieht und zum Träger des unpaarigen Lungenlappens, unseres Lobus cavae, wird. Er stellt demnach den von AEBY sog. *Bronchus cardiacus* dar. Gegenüber dem entsprechenden Bronchus bei *Lutra* ist er, wie wir sehen werden, viel einförmiger, indem er nicht wie dieser sich in 2 große Aeste spaltet, sondern nur kleinere Zweige abgibt, im übrigen aber als einfacher Stamm medialwärts von dem rechten Hauptbronchus nach hinten zieht. Der Winkel, den der Herzbronchus bei *Enhydra* mit dem rechten Stammbronchus bildet, ist sehr klein, infolgedessen erscheinen beide fast parallel verlaufend.

Bezüglich der übrigen Lungenlappen ist zu erwähnen, daß in der rechten Lunge der vordere Lappen ausschließlich vom 1. Dorsalbronchus und der mittlere allein vom 1. Ventralbronchus versorgt wird. Alle übrigen Bronchen verteilen sich in dem hinteren Lappen.

In der linken Lunge ist der 1. Ventralbronchus für den vorderen Lappen bestimmt, während alle übrigen Bronchen, dorsale wie ventrale, die Grundlage für den hinteren Lappen abgeben.

Die Gefäßverteilung in der Lunge von *Enhydra* stimmt mit der der Fischotter überein, weshalb hier von einer Beschreibung Abstand genommen und auf jene für *Lutra* zu gebende verwiesen werden kann.

Wir kommen nun zur Betrachtung des Bronchialbaumes der Fischotter. Die Luftröhre von *Lutra* teilt sich in Höhe des 7.—8. Rückenwirbels in die beiden Stammbronchen. In dem einen Falle betrug der von diesen gebildete Winkel 35, in dem anderen 40°.

Der Stammbronchus der rechten Lunge bildet gewissermaßen die Fortsetzung der Trachea, so wenig ist er von der Längsachse derselben nach außen abgelenkt. Bis zur Abgabe des Bronchus

cardiacus verläuft der rechte Stammbronchus gerade, von da ab beschreibt er einen deutlichen, medio-ventralwärts konkaven Bogen.

Der linke Stammbronchus entfernt sich sogleich von Anfang an von der Medianebene und behält die ihm bei der Bifurkation mitgeteilte Richtung nach hinten und außen bis in Höhe des 3. oder 4. Ventralbronchus bei, von wo ab er sich in leicht konkavem Bogen einwärts und etwas abwärts biegt.

An der linken Lunge sind ca. 5 Ventralbronchen vorhanden, von denen der 1., der Träger des vorderen Lungenlappens, ca. $1\frac{1}{2}$ cm von der Bifurkation entfernt ventro-lateral aus dem Stammbronchus entspringt. Er ist der kräftigste Bronchus in der linken Lunge, was darin seinen Grund hat, daß ihm gleichzeitig die Aufgabe zufällt, durch einen starken Ast die Lungenspitze zu versorgen, welches an der rechten Lunge durch den 1. Dorsalbronchus, den sog. eparteriellen im Sinne AEBY's, geschieht. Von dem 2. ist der 1. Ventralbronchus durch einen bedeutenden Abstand getrennt, der mehr als $\frac{1}{3}$ der ganzen Länge des Stammbronchus beträgt. Die Ventralbronchen 2—4 aber folgen aufeinander in bis gegen den hinteren Lungenpol ungefähr gleich bleibenden, kleineren Abständen.

Mit Ausnahme des 3. Ventralbronchus, der kräftiger entwickelt ist als der 2., nehmen sie nach hinten stufenweise an Länge und Verästelung ab.

Die ersten Ventralbronchen sitzen ventro-lateral, die letzten rein lateral auf dem Stammbronchus und sind nach hinten (caudalwärts) geneigt. Was ihre Neigungswinkel zum Stammbronchus betrifft, so bildet der 1. Ventralbronchus, abgesehen von seinem äußerst kräftigen, für die Lungenspitze bestimmten Ast, mit dem Stammbronchus einen Winkel von ca. 60° , der 2. einen solchen von 40° , und die übrigen sind um nur ca. 30° von dem Hauptbronchus abgelenkt.

Dorsalbronchen sind an den linken Lungen ca. 6 vorhanden. Sie besitzen eine gerade so schwächliche Gestalt, wie bei Phoca und Enhydra. Bezüglich des Ursprungs und der Richtung stimmen die dorsalen Bronchen der linken Lungen mit den Verhältnissen bei Enhydra überein. Der 1. Dorsalbronchus liegt in Höhe zwischen dem 1. und 2. Ventralbronchus, der 2. mit dem 2. ventralen, der 3. mit dem 3. auf gleicher Höhe. Der 4. aber hält nicht gleichen Schritt mit den übrigen ventralen Bronchen und ist hinaufgeschoben, so daß erst der 5. dorsale mit dem 4. ventralen Bronchus wieder auf einer Höhe liegt.

Die rechte Lunge ist durch den Besitz eines sog. eparte-

riellen Bronchus ausgezeichnet, den wir nach unserer Auffassung als den 1. Dorsalbronchus bezeichnen müssen. Er entspringt lateral, in einem Falle direkt an der Bifurkation, in dem anderen einige Millimeter hinter derselben als ein überaus kräftiger Ast, der zunächst einen ansehnlichen Zweig nach oben (dorsalwärts) außen und hinten, dann einen ähnlichen ventro-lateral abgiebt und den größten in scharfem Bogen nach dem vorderen Lungenpol entsendet.

Der zweite Dorsalbronchus, der gleich den folgenden von sehr schwächlicher Gestalt ist, folgt auf den 1. in sehr beträchtlicher Entfernung, die fast der halben Länge des Stammbronchus gleichkommt. Er entspringt dorso-lateral fast in Höhe des 2. Ventralbronchus. Im Vergleiche zu dem 1. Dorsalbronchus der linken Lunge steht er tiefer und erst mit dem 2. derselben auf gleicher Stufe. Im ganzen waren 6 Dorsalbronchen vorhanden. Gegenüber den entsprechenden Ventralbronchen nehmen die Dorsalbronchen durchweg die höhere Lage ein.

Ventralbronchen sind ca. 5 vorhanden. Der erste ist der größte (Taf. VI, Fig. 43, 44) und nächst dem besprochenen 1. Dorsalbronchus überhaupt der bedeutendste Bronchus in der ganzen Lunge. Gegenüber den folgenden erfreut er sich besonders großer Länge. Er entspringt in nicht so großer Entfernung von dem 1. Dorsalbronchus, aber im Gegensatz zu diesem, der lateral aus dem Stammbronchus hervortritt, ventral. Der zweite Ventralbronchus entspringt noch ungefähr in derselben Ebene, die übrigen sitzen aber lateralwärts dem Hauptbronchus auf.

Wie an der linken Lunge liegt auch an der rechten zwischen dem 1. und 2. Ventralbronchus ein großer Zwischenraum, der nur insofern von dem linksseitigen abweicht, als er wegen der tieferen Lage, die der rechtsseitige 1. Ventralbronchus gegenüber dem entsprechenden der linken Lunge einnimmt, erst später beginnt. Dafür reicht dieser fragliche Zwischenraum aber weiter nach hinten (caudalwärts), und so kommt es, daß der 2. Ventralbronchus der rechten Lunge erst in Höhe des 3. der linken Lunge seine Lage hat. Wir können aus diesem ganzen Verhalten erkennen, daß der rechtsseitige Bronchialbaum gewissermaßen (vom 1. Ventralbronchus an gerechnet) um so viel zurückgeschoben erscheint, als der sog. eparterielle Bronchus im Sinne AEBY's, unser 1. Dorsalbronchus, über den 1. Ventralbronchus hinaufgerückt ist.

Als eine Folge dieser Verschiebung des rechtsseitigen Bronchialbaums haben wir es wohl anzusehen, daß die 4 hinteren Ventralbronchen der rechten Lunge dichter zusammenstehen als ihre Gegenüber an der linken Lunge.

An der linken Lunge finden sich medio-ventral bzw. ventral, aus dem Stammbronchus entspringend, noch 3 schwächliche Aestchen, die sog. Nebenbronchen; auch an der rechten war ihre Zahl nicht größer. Hier aber war der erste, der ungefähr 1 cm nach Abgabe des 1. Ventralbronchus medio-ventral aus dem Stammbronchus entsprang, sehr kräftig entwickelt, an Größe dem 1. Ventralbronchus nichts nachgebend. Dieser Bronchus cardiacus, der die Grundlage des Lobus infracardiacus bildet, treibt einen kräftigen Ast, der mehr parallel zum Stammbronchus läuft oder nur unter geringerem Winkel medialwärts von ihm abweicht. Sein kräftigerer Stamm aber zieht medio-ventral und weniger stark nach hinten, dafür aber auffällig quer zur linken Lunge hinüber. Ihren Stammbronchus erreicht er mit seiner Spitze nicht nur, sondern kreuzt ihn ventralwärts sogar, wenn er auch nicht dicht an ihm vorbeigeht (Taf. VI, Fig. 43 und 44).

Zum Schlusse sei noch kurz auf die Blutgefäße der Fischotterlunge hingewiesen. Der Stamm der Arteria pulmonalis teilt sich dicht an der Bifurkation und links von der Medianblase in die beiden Hauptstämme. Die linke Lungenarterie begiebt sich vor dem 1. Ventralbronchus in einem Bogen nach aufwärts und verläuft anfangs dorso-ventral, später dorsal am entsprechenden Stammbronchus entlang. Die rechte Lungenarterie geht schräg nach rechts, hinten, oben und außen, kreuzt ventrolateral den Stammbronchus und gelangt zwischen dem 1. dorsalen und dem 1. ventralen Bronchus nach oben. Zum Unterschied von der Arterie der linken Lunge begleitet die rechte Pulmonalis den Stammbronchus lateral. Vom 3. Ventralbronchus bis zum hinteren Lungenpol hat sie dorso-laterale Lage.

Die für den Bronchus cardiacus bestimmte Arterie, die ventral aus der rechten Lungenarterie in Höhe des 1. Ventralbronchus entspringt, überkreuzt den Stammbronchus ventral und zieht an der ventralen Seite des Herzbronchus entlang. Die Lage der Arterien zu den übrigen Bronchen ist die gewöhnliche, wie sie schon an anderer Stelle geschildert ist.

Die Venen liegen den Arterien diametral gegenüber, auch am Bronchus cardiacus, wo demgemäß die Vene dorsal vom Bronchus liegt. Sie ist ein Zweig der großen, das Blut aus der hinteren

Lungenhälfte abführenden Vene, in die sie in geringer Entfernung von ihrem Eintritt ins Herz ausmündet.

Erwähnung verdient hierbei vielleicht, daß das große Gefäß, welches die Vene des Herzbronchus aufnimmt, von der für diesen bestimmten Arterienzweig ventralwärts überkreuzt wird.

Im ganzen münden schließlich 5 Venenstämme getrennt in das Herz aus. Je 2 aus dem vorderen Teile jeder Lunge und den fünften Stamm bilden die beiden aus der hinteren Hälfte der Lungen kommenden Venen, nachdem sie sich kurz vor dem Herzen vereinigt haben.

Vergleich der landlebenden mit den amphibisch lebenden Carnivoren.

Bei den landlebenden Carnivoren wird hinsichtlich der Knorpel-elemente der Luftröhre kein völlig gleiches Verhalten beobachtet. Sie stimmen aber darin überein, daß die Luftröhrenknorpel keine vollkommenen Ringe bilden, sondern an der dorsalen Seite der Trachea eine bei den einzelnen Arten verschieden breite Lücke lassen, die von einer bindegewebigen, elastischen Membran und glatter Muskulatur, welche die Knorpelenden miteinander verbindet, ausgefüllt wird. Bald stellen die Knorpelbögen nur Halbringe dar, bald sind sie vollkommener. In seltenen Fällen legen sich die Knorpelenden selbst einmal übereinander, ohne indes zu verschmelzen. Sie werden hier aber ebenso wie in den anderen Fällen durch die erwähnte Membran zusammengehalten¹⁾.

Die Zahl der Knorpelbögen der Luftröhre schwankt gleichfalls innerhalb der Ordnung der Carnivoren. Bei *Ursus* wird die geringste Zahl mit ca. 30—32, bei den Musteliden die höchste mit ungefähr 70 Knorpeln beobachtet. Dazwischen stehen die Feliden mit ca. 40 Luftröhrenringen. Die einzelnen Ringe sind mehr oder weniger weit voneinander entfernt und durch eine fibröse, viele elastische Fasern enthaltende Membran verbunden. Verschmelzungen zweier Knorpel scheinen selten zu sein, nur einmal fand ich beim Hunde in der Mitte der Luftröhre zwei Ringe innig miteinander verwachsen.

Die Festigkeit der Knorpel schwankt gleichfalls, bei einigen, wie beispielsweise beim Löwen, hat MECKEL sie sehr weich, bei anderen, der Hyäne und dem Hunde, härter gefunden.

1) MECKEL, l. c. S. 411—417.

In den Luftröhrenästen verlieren sich die Knorpel meistens bald, nur von einigen Carnivoren giebt MECKEL an, daß sich bei ihnen die Knorpel längere Zeit erhielten, so besonders bei Procyon dem Waschbär und der Hyäne. Weniger lange sind die Knorpel nachzuweisen bei den Feliden und Caniden.

Suchen wir die Landraubtiere mit den vorhin betrachteten, im Wasser lebenden Carnivoren zu vergleichen, so finden wir zunächst, daß *Lutra* erst geringe Abweichungen aufweist. Die Luftröhrenknorpel sind verhältnismäßig noch weit voneinander entfernt und die zwischen ihnen entstehenden Lücken durch eine ähnliche Faserhaut, wie bei den Landraubtieren, ausgefüllt. Desgleichen sind bei *Lutra* die Ringe noch nicht geschlossen, sondern werden, wie bei jenen, durch ein Querband an der dorsalen Seite der Luftröhre vervollständigt. *Lutra* unterscheidet sich aber von den Landraubtieren dadurch, daß bei ihr sich eine entschiedene Neigung zu Verschmelzungen von Luftröhrenringen geltend macht.

Bei *Enhydra*, die unzweifelhaft besser angepaßt ist als *Lutra*, sind die durch das Wasserleben bedingten Veränderungen entsprechend weiter ausgebildet. Einmal sind die Bögen vollständig ohne Querband, und dann sind die verhältnismäßig breiten Ringe bei weitem dichter aneinander gerückt, nur geringe Zwischenräume übrig lassend.

In noch höherem Grade finden wir beide Veränderungen bei *Phoca*. Die Ringe sind vollständig, liegen sehr dicht beisammen und sind sehr häufig miteinander verschmolzen.

Neben den einfachen Verwachsungen begegnet man in der Luftröhre der wasserbewohnenden Raubtiere einer spiralartigen Anordnung der Luftröhrenknorpel. Bei *Lutra* und *Enhydra* wurde sie nur je einmal konstatiert, dagegen konnten bei *Phoca*, der bei weitem bestangepaßten Form unter den im Wasser lebenden Carnivoren, schon 4 ausgesprochene Spiralbildungen nachgewiesen werden.

Welchen Zweck diese Umformungen für die Wassersäugetiere haben, leuchtet ein, wenn wir bedenken, welchem ungeheuren Drucke die Luftröhre beim Tauchen der Tiere ausgesetzt ist. Sie dienen also dazu, die Luftröhre widerstandsfähiger zu machen, damit diese der Gefahr, zusammengedrückt zu werden, begegnen kann. Daher auch die größere Festigkeit der am Halse außerhalb der Brusthöhle gelegenen Knorpel.

Weniger auffällig sind die Veränderungen, welche sich infolge des Wasserlebens an dem Bronchialbaum der Carnivoren vollzogen haben. Bei *Lutra* und auch bei *Enhydra* hat die Umformung

des Thorax, die, wie wir früher gesehen haben, erst geringe Fortschritte gemacht hat, noch zu keiner bemerkenswerten Umgestaltung des Bronchialbaumes Veranlassung gegeben. Erst bei *Phoca* treten die durch das Wasserleben indirekt hervorgerufenen Veränderungen deutlich in die Erscheinung.

Nach MECKEL ¹⁾ sitzt zwar bei *Lutra* der ansehnliche, für den vorderen rechten Lungenlappen bestimmte Bronchus so hoch, daß er auf den ersten Anblick aus der Trachea zu entspringen scheint und dadurch Aehnlichkeit mit den Cetaceen hervorruft, allein schon ein oberflächlicher Vergleich des Bronchialbaumes von *Lutra* mit dem anderer Carnivoren läßt erkennen, daß dies kein durchgreifender Unterschied ist. Bei der Katze und wahrscheinlich noch bei anderen Carnivoren wird ein ebenso hoher Sitz des fraglichen Bronchus beobachtet. Umgekehrt aber findet man auch, daß dieser Bronchus in verhältnismäßig großer Entfernung von der Bifurkation entspringt. Es existiert somit in dieser Hinsicht kein einheitliches Verhältnis innerhalb der Ordnung der Raubtiere. Wahrscheinlich spielt hierbei die Lage des Herzens eine Rolle, das bald weit, bald weniger weit vor der Bifurkation gelegen sein kann.

Bei den Wassersäugetieren erfolgt bekanntlich eine Reduktion des Thorax in seinem vorderen Abschnitte. Dieser Prozeß kann, wenn er weit genug geht, das Herz in der Weise beeinflussen, daß die Herzbasis erhoben und somit die Herzlängsachse aus einer annähernd horizontalen in eine mehr vertikale übergeführt wird. Es ist daraus ersichtlich, daß die Herzbasis und mit ihr die großen Gefäße und namentlich die uns hier besonders interessierenden Lungenarterien bis zu einem gewissen Grade rückwärts bewegt werden. Ich vermute, daß durch die Rückwärtsbewegung dieser Gefäße ein Zug auf die ersten Ventralbronchen ausgeübt wird, wodurch diese gewissermaßen gleichfalls zurückgeschoben werden.

In dem Maße, wie die Ventralbronchen dann rückwärts wandern, rücken Dorsalbronchen, die ihrer dorsalen Lagen wegen von dem Zug der Lungenarterien nicht beeinflußt werden können, vor.

Bei *Lutra* und *Enhydra* steht der eben berührte Prozeß im Anfangsstadium und ist noch nicht so weit gegangen, daß er jene Veränderungen am Bronchialbaum nach sich zog. Anders aber *Phoca*, bei der sich schon ein deutlicher Einfluß in der angegebenen Richtung bemerkbar macht. Beide Lungen des Seehundes sind bereits durch je einen in Höhe der Bifurkation entspringenden,

1) MECKEL, l. c. S. 416.

sog. eparteriellen Bronchus im Sinne AEBY's ausgezeichnet, der nichts weiter als einen über den Ventralbronchus hinaufgeschobenen Dorsalbronchus darstellt.

Eine weitere Veränderung des Bronchialbaumes der wasserbewohnenden Carnivoren hat ihre Ursache in dem Schwund des unpaarigen Lungenlappens, des sog. Lobus infracardiacus. Bei den Landraubtieren ist dieser Lappen gut entwickelt. Infolge Anpassung an das Leben im Wasser bzw. der dadurch bedingten Umformung des Thorax wird der Raum hinter dem Herzen, der der Aufnahme dieses Lappens dient, mehr und mehr eingeschränkt und giebt schließlich mit der eintretenden Verwachsung des Zwerchfelles mit dem Herzbeutel seine Existenz gänzlich auf. Ebenso, wie an dem Lappen selbst, ist auch an dem ihm zur Grundlage dienenden Bronchus, dem sog. Bronchus cardiacus, dieser Prozeß zu verfolgen. Bei *Lutra* ist der letztere noch gerade so, wie bei den landlebenden Raubtieren, kräftig entwickelt. Neben dem fortlaufenden Stamme, der sich medialwärts etwas nach hinten und gleichzeitig ventralwärts zur linken Lunge hinüber biegt, findet sich noch ein fast gleichstarker Bronchus, der mehr in der Richtung des rechten Stammbronchus nach hinten verläuft. Bei *Enhydra* fanden wir bekanntlich schon eine Verkümmernng des fraglichen Lappens, die sich auch in dem zugehörigen Bronchus kundgab. Im allgemeinen war derselbe schwächer entwickelt. Der dem fortlaufenden Stamm bei *Lutra* und den Landraubtieren entsprechende Ast ist verhältnismäßig schwächlich und steht dem anderen bei weitem an Größe nach. Entsprechend der Verschmelzung, die zwischen dem unpaarigen und dem hinteren Lungenlappen konstatiert wurde, war der ganze Bronchus cardiacus dem rechten Stammbronchus auffällig genähert.

Bei *Phoca* war es bereits zu einer Verwachsung des Zwerchfelles mit dem Herzbeutel und damit zu einer Verstreichung des hinteren Mittelfellraumes und zu einem Schwund des darin gelegenen Lungenlappens gekommen. Der Träger des letzteren, der Bronchus cardiacus, war daher auch bis auf Spuren geschwunden.

Im übrigen waren am Bronchialbaum der amphibisch lebenden Carnivoren, abgesehen von einer allgemeinen Streckung desselben, Veränderungen, die auf eine Anpassung an das Leben im Wasser zurückzuführen wären, nicht zu konstatieren. Insbesondere möchte ich betonen, daß die bei den im Wasser lebenden Carnivoren beobachtete Verschmelzung der Lungenlappen von keinem Einfluß auf die Gestaltung des Bronchialbaumes ist.

Allgemeine Zusammenfassung des zweiten Teiles.

Suchen wir kurz die Resultate unserer Untersuchungen über den Bronchialbaum zusammenzufassen, so müssen wir zuerst einer Reihe von Veränderungen gedenken, die sich an den Knorpeln der Luftröhre und ihren Aesten infolge der Anpassung an das Leben im Wasser vollzogen haben.

Abgesehen von einer Abplattung, die die Luftröhre der Wassersäugetiere, soweit sie außerhalb der Brusthöhle gelegen ist, durch den auf sie einwirkenden Wasserdruck erfährt, kommt es infolge des Wasserlebens in erster Linie zu einem Schwund des membranösen Teiles, der bei allen landlebenden Carnivoren, auch noch bei *Lutra* anzutreffen ist. Bei *Enhydra* und noch besser bei *Phoca* fehlte er bereits, und desgleichen war er bei allen Walen, die wir betrachten konnten, nicht vorhanden.

Dieses Vollständigwerden der Luftröhrenringe hat offenbar den Zweck, der Luftröhre größere Widerstandsfähigkeit zu geben gegen hohe Drucke, denen jene beim Tauchen der Tiere in große Tiefen ausgesetzt ist. In gleichem Sinne dürften die folgenden näher zu besprechenden Umformungen aufzufassen sein.

Es ist schon im ersten Teil dieser Arbeit darauf hingewiesen worden, daß sich bei allen Wassersäugetieren infolge Anpassung an das Leben im Wasser eine Reduktion der Halswirbelsäule allmählich herausbildet. Sie bleibt nicht ohne Einfluß auf die Luftröhre. Auch diese wird verkürzt. So sehen wir, daß zunächst die von elastischen Membranen ausgefüllten Zwischenräume, welche die einzelnen Ringe voneinander trennen, mehr und mehr sich verringern und schließlich schwinden. Die Ringe werden dadurch einander sehr genähert und verschmelzen sogar miteinander, wie die Befunde bei *Lutra*, *Enhydra*, *Phoca* lehren. Erst bei weiter gehender Verkürzung dürften, nach den Befunden bei den Walen zu schließen, auch die Knorpel in Mitleidenschaft gezogen werden.

Nicht erklärt wird uns durch diesen Verkürzungsprozeß das schon bei *Lutra*, *Enhydra* und in stärkerem Maße bei *Phoca* konstatierte Auftreten spiralartig angeordneter Knorpelreifen, das in noch höherem Maße bei den Sirenen und den Walen beobachtet wird. Bei den letzteren fand ich sie bis tief in die Lungen hinein vor. Unzweifelhaft haben wir es in dieser Einrichtung mit einer direkten Anpassungserscheinung zu thun, die gleichfalls bezweckt, die Luftröhre und besonders die Bronchen gegen hohen Druck

widerstandsfähiger zu machen, sowie die Elasticität der Lungen zu erhöhen.

Nur bezüglich eines Punktes könnte man zweifelhaft sein, ob wir nämlich die ventrale Unterbrechung der Trachealringe bei den Walen als eine Anpassungserscheinung aufzufassen haben. Die wasserbewohnenden Carnivoren gewähren für die Annahme bei dem Mangel ähnlicher Einrichtungen keinen Anhalt. Es ist sehr wohl möglich, daß, wie DUBOIS¹⁾ schon ausgeführt hat, diese Verhältnisse ursprüngliche sind, um so mehr als MECKEL²⁾ angiebt, beim Pekari in Uebereinstimmung mit den Cetaceen einige ventralwärts offene Luftröhrenringe gefunden zu haben. Es kann nach den früheren Erörterungen kaum in Frage kommen, daß diese Ringe nicht wie bei den Cetaceen dorsalwärts geschlossen, sondern offen waren, sahen wir doch, daß sich erst unter dem Einfluß des Wasserlebens die Trachealringe dorsalwärts schließen.

Auch am Bronchialbaum haben sich infolge des Wasserlebens Veränderungen eingestellt. Bevor ich jedoch auf dieselben eingehe, erscheint es für ein besseres Verständnis nötig, einmal den Bronchialbaum im allgemeinen einer kurzen Betrachtung zu unterziehen.

Bekanntlich hat AEBY sogen. eparterielle und hyperterielle Bronchen unterschieden, je nachdem sie vor oder hinter der Ueberkreuzung des Stammbronchus durch die nach dem Herzen hinabsteigende Pulmonalarterie sich befinden. Sie sind nach ihm nicht gleichwertig. Die eparteriellen kommen nur in einer Reihe vor, die hyperteriellen in zweien, von denen eine die ventralen, die andere die dorsalen Bronchen führt. Die eparteriellen Bronchen, denen nach AEBY die größere Bedeutung für die Differenzierung des Bronchialbaumes zukommt, sind ursprünglich an beiden Lungen und zwar immer in der Einzahl vorhanden. Sie können an der einen und dann immer an der linken Lunge, oder an beiden zu Grunde gehen. Demnach hätten wir eine Lunge ohne eparterielle Bronchien als eine sekundäre Form aufzufassen.

WILLACH³⁾ wies zuerst darauf hin, daß eine Gegenüberstellung von ep- und hyperteriellen Bronchen nicht berechtigt sei. Er zeigte, daß da, wo links ein eparterieller Bronchus fehlt, immer

1) WEBER, Studien über Säugetiere, ein Beitrag zur Frage nach dem Ursprung der Cetaceen, S. 110—111.

2) MECKEL, l. c. S. 387.

3) WILLACH, Beiträge zur Entwicklung der Lunge bei Säugetieren. Osterwieck 1888.

auf dem 1. Ventralbronchus ein nach vorn strebender Ast vorhanden ist, der zu dem ersten lateralen Ast der linken Lungenarterie in derselben Beziehung steht, wie der rechtsseitige eparterielle Bronchus zu dem ersten Ast der rechten Lungenarterie und wie der linke eparterielle Bronchus anderer Tiere. Er kommt zu der Ansicht, daß die eparteriellen Bronchen nichts weiter als Nebenbronchen der ersten Ventralbronchen sind, die sie verlassen und auf den Stammbronchus bzw. die Trachea hinaufrücken können. Durch NARATH's hervorragende Untersuchungen ist diese Ansicht bestätigt worden.

Da, wie NARATH bewiesen, die Dorsalbronchen ursprünglich aus den Ventralbronchen, gerade so wie die eparteriellen hervorgegangen sind und da diese das Verzweigungsgebiet der Dorsalbronchen haben, so kann man die sog. eparteriellen Bronchen im Sinne AEBY's als die ersten Dorsalbronchen auffassen.

Nach diesen Ausführungen kann es nicht zweifelhaft sein, welche wir als die primäre Lunge aufzufassen haben. Natürlich kann es nur die sein, in welcher der dem eparteriellen Bronchus analoge Ast noch an der ursprünglichen Stelle, also auf dem 1. Ventralbronchus sitzt. Unter welchen Umständen nun das Heraufrücken der Dorsalbronchen aber erfolgt, darüber herrscht bis jetzt noch Unklarheit.

ZUMSTEIN¹⁾ mißt der Lagerung des Herzens und damit der Lungengefäße eine gewisse Bedeutung für die Entstehung der eparteriellen Bronchen bei. Er zeigte an der Hand eines großen Materials, daß das Herz eine sehr verschiedene Lage bei den einzelnen Tieren haben kann, daß es bald hoch an der Trachea, wie bei den Carnivoren, bald an der Bifurkation und noch tiefer gelegen sein kann. Er beobachtete dann, daß in dem ersten Falle die eparteriellen Bronchen wegfallen. Ich glaube, daß wir mit diesem Umstande in erster Linie auch bei den Wassersäugetieren zu rechnen haben, und daß die Veränderungen, welche sich im Obergeschoß des Bronchialbaumes derselben vollziehen, bedingt sind durch die Lageveränderung, welche das Herz erfährt infolge der mit der Anpassung an das Leben im Wasser einhergehenden Umformung des Thorax.

1) ZUMSTEIN, Ueber den Bronchialbaum des Menschen und der Säugetiere. Sitzungsber. der Gesellsch. z. Beförd. der ges. Naturw. zu Marburg 1891.

Bekanntlich erfolgt bei allen Wassersäugetieren im vorderen Abschnitt des Thorax eine Reduktion, die um so stärker entwickelt ist, je weiter die Anpassung vorgeschritten. Bei *Lutra* und *Enhydra* machen sich erst die Anfänge dieses Prozesses geltend, der bei *Phoca* unter den wasserbewohnenden Carnivoren am weitesten ausgebildet ist. Bei den Walen erreicht er entschieden seinen Höhepunkt. Ich vermute, daß dieser Prozeß nun das Herz in seiner Lage beeinflußt hat, indem mit zunehmender Verkürzung des Thorax im vorderen Teil die Herzbasis erhoben und somit die Herzlängsachse aus einer ungefähr horizontalen in eine mehr oder minder vertikale übergeführt wurde. Diese Aufrichtung des Herzens dürfte mit einer Rückwärtsbewegung der Herzbasis und infolgedessen mit einer Verlagerung der Lungenarterien nach hinten verbunden sein.

Ich stelle mir vor, daß diese Rückwärtsbewegung der Lungenarterien, die, vom Herzen aufsteigend, sich vor dem jederseitigen 1. Ventralbronchus an die dorsale bzw. dorso-laterale Seite des Stammbronchus begeben, auch zu einer Verschiebung der Ventralbronchen nach hinten (caudalwärts) geführt hat. Es leuchtet ein, daß wir natürlich eine solche Wirkung von der Verlagerung der Pulmonalarterien nur dann erwarten können, wenn diese genügend tief, in Höhe der Bifurkation oder selbst erst dahinter das Herz verlassen. Darum finden wir bei den Carnivoren, die durch eine lange Brustportion der Trachea und hohe Lage des Herzens ausgezeichnet sind, die fraglichen Veränderungen noch nicht vor. Nur bei *Phoca*, als der bestangepaßten Form unter den wasserbewohnenden Carnivoren, scheint der Verkürzungsprozeß des Thorax und damit die Verlagerung des Herzens so weit gegangen zu sein, daß die Ventralbronchen zurückgedrängt wurden. In hohem Maße läßt sich dies aber bei den Walen konstatieren. Da sind in den meisten der von uns betrachteten Fällen die Ventralbronchen, wenigstens in der rechten Lunge, die wegen der asymmetrischen Lage des Herzens bzw. des Stammes der Lungenarterie weiter vorgeschritten ist als die linke, über kaum mehr als die hintere Hälfte des Stammbronchus verteilt. Die vordere Hälfte ist also von Ventralbronchen entblößt.

Zum Ersatz für die Beschränkung der ventralen Bronchen auf die hinteren Abschnitte des Bronchialbaums treten nun die durch die Lungenarterien nicht beeinflussten Dorsalbronchen ein. Sie wandern den Stammbronchus hinauf und bedecken die von Ventralbronchen freie Strecke. Der erste von ihnen in der rechten Lunge kann selbst auf die Trachea gelangen.

Phoca ist unter allen Carnivoren in jeder Lunge durch den Besitz je eines eparteriellen Bronchus im Sinne AEBY's ausgezeichnet, der als 1. Dorsalbronchus aufzufassen ist, und der jederseits auffällig hoch, direkt in Höhe der Bifurkation entspringt. Bei den Walen steigert sich die Zahl der eparteriellen Bronchen oder, was dasselbe bedeutet, der über den 1. Ventralbronchus hinausgeschobenen Dorsalbronchen. Bei Balaenoptera rostrata sahen wir an der linken Lunge einen Dorsalbronchus, an der rechten dagegen schon zwei vor dem 1. Ventralbronchus entspringen. Bei Phocaena waren links sowohl wie rechts 2 Dorsalbronchen vor dem 1. Ventralbronchus gelagert, ebenso ist es in der Regel bei Beluga. Bei Hyperoodon und ausnahmsweise auch bei dem Weißwal entspringen an der linken Lunge zwei, an der rechten dagegen aber schon drei Dorsalbronchen vor dem ersten Ventralbronchus. Wir sehen demnach, daß da die meisten Dorsalbronchen vor der Ueberkreuzung des Stammbronchus durch die Lungenarterie liegen, wo die Ventralbronchen am weitesten zurückgeschoben erscheinen. In diesem Verhalten gerade erblicke ich eine Bestätigung meiner vorhin vertretenen Ansicht.

Als Resultat unserer Untersuchungen ist also festzustellen, daß mit fortschreitender Anpassung an das Leben im Wasser die Ventralbronchen mehr und mehr zurückgeschoben werden, und daß an ihre Stelle im oberen Abschnitt der Lungen die Dorsalbronchen treten, welche sich in immer zunehmender Zahl über die ventralen Bronchen hinaus, nach der Bifurkation zu selbst bis auf die Trachea hinauf, begeben.

Neben diesen Veränderungen ist noch einer anderen zu gedenken, die gleichfalls eine Folge der durch das Wasserleben bedingten Umformung des Thorax ist. Unter dem Einfluß des Wasserlebens kommt es, wie im ersten Teil ausführlich auseinandergesetzt ist, zu einem Schwund eines Lungenlappens, des sog. Lobus infracardiacus. Dies äußert sich natürlich auch am Bronchialbaum. Wir sehen, daß der Träger dieses Lungenabschnittes, der Bronchus cardiacus, immer mehr und mehr verkümmert und schließlich bei den Walen ganz schwindet. Bei Phoca, welcher der fragliche Lappen ebenso wie den Walen bereits fehlt, waren noch Spuren des Herzbronchus nachweisbar.

Weitere Veränderungen am Bronchialbaume der Wassersäugetiere konnte ich nicht feststellen. Auch die Verschmelzung der Lungenlappen, die wir bei den amphibisch lebenden Carnivoren beobachteten, hat bemerkenswerte Umformungen nicht zur Folge gehabt.

Tafelerklärung.

Erklärung der Zeichen für Tafel III—IV.

<i>La</i> Kehlkopf.	<i>Di</i> Zwerchfell.
<i>Tr</i> Luftröhre.	<i>st</i> Brustbein.
<i>Oe</i> Speiseröhre.	<i>J</i> Brustbeinausschnitt.
<i>l. L</i> linke Lunge.	<i>Msk</i> Muskulatur.
<i>r. L</i> rechte Lunge.	<i>Ht</i> Haut.
<i>Ao</i> Aorta.	<i>v. cav</i> Vena cava posterior.
<i>C</i> Herz.	<i>v. Lp</i> vorderer Lungenlappen.
<i>V. az</i> Vena azygos.	<i>m. Lp</i> mittlerer „
<i>l. az</i> Lobus azygos.	<i>h. Lp</i> hinterer „
<i>S</i> Pleurasaum am ventralen Lungenrande.	<i>l. cav</i> unpaariger Lappen.
<i>v. P</i> vorderer Lungenpol.	<i>Th</i> Thymus.

Tafel III.

Fig. 1. Lunge von einem erwachsenen Brautfisch, $\frac{1}{4}$ nat. Größe, von der dorsalen Seite gesehen. Die rechte, wie die linke Lunge zeigt am vorderen Ende je einen kleinen Lappen. Die rechte Lunge ist vom trachealen Bronchus aus aufgeblasen, weshalb nur die Spitze gebläht erscheint.

Fig. 2. Lunge von *Phocaena communis*, Fötus von 53 cm Länge, $\frac{1}{2}$ nat. Größe, von oben (dorsal) gesehen.

Fig. 3. Lunge von *Phocaena communis*, Fötus von 13,4 cm Länge, nat. Größe, von oben gesehen.

Fig. 4, 5 und 6. Die Lungen der Föten von *Phocaena communis* von 53, 13,4 und 11,4 cm Länge, von der rechten Seite gesehen, um die Unterschiede in der Richtung der Zwerchfellflächen gegen die Herzflächen zu zeigen. Fig. 4 $\frac{1}{2}$ nat. Größe, Fig. 5 und

6 nat. Größe. Fig. 6 ist bei der Lithographie aus Versehen etwas verdreht worden.

Fig. 7. Oberer Teil der Lunge eines erwachsenen Brautfisches, $\frac{1}{2}$ nat. Größe.

Fig. 8. Fötus von *Beluga leucas*, $\frac{2}{3}$ nat. Größe, rechte Brusthälfte präpariert, so daß Lunge und Luftröhre in ihrer Lage sichtbar werden; ebenso erscheint deutlich der Hals.

Fig. 9. Brustbein von *Beluga leucas*, Fötus von 24 cm Länge nat. Größe, zeigt auffällige Asymmetrie und die mit *Mh* bezeichneten Muskelhöcker.

Fig. 10. Lunge von *Beluga leucas*, Fötus von 24 cm Länge, nat. Größe, von oben gesehen.

Fig. 11. Lunge von *Beluga leucas*, Fötus, von unten und etwas von der Seite gesehen, Pleura entfernt, zeigt Einschnitte, Andeutungen bestandener Lappenbildung, nat. Größe.

Fig. 12. Lunge von *Hyperoodon rostr.* Fötus, von oben gesehen, $\frac{3}{4}$ nat. Größe.

Tafel IV.

Fig. 13. Lunge von *Hyperoodon rostr.*, Fötus, in Verbindung mit dem Herzen von der rechten Seite gesehen, $\frac{3}{4}$ nat. Größe.

Fig. 14. Fötus von *Balaenoptera musculus*, 104 cm Länge, rechte Brusthälfte präpariert, um die Lage der Lunge zu zeigen. Der Herzbeutel ist verdeckt von einer Lage grau-rötlichen Gewebes, $\frac{1}{3}$ nat. Größe.

Fig. 15 und 16 stellen die Lungen zweier Föten von 104 und 53 cm Länge, in derselben Lage von rechts gesehen, dar, beide auf $\frac{3}{4}$ nat. Größe verkleinert. Aus der Vergleichung ergibt sich ein großer Unterschied in der Gestalt, der in phylogenetischer Hinsicht beachtenswert ist.

Fig. 17. Lunge von *Balaenoptera musculus*, Fötus von 104 cm Länge, $\frac{2}{3}$ nat. Größe, von oben gesehen.

Fig. 18. Brustkorb mit Eingeweiden vom Seehunde, $\frac{1}{4}$ nat. Größe. Die fast verschmolzenen 3 Lungenlappen der rechten Seite sind sichtbar.

Fig. 19. Thorax von *Enhydra marina*, Fötus, geöffnet, Brustbein abgehoben, um die Lage des Herzens und die Lagerung der Lungenlappen zu zeigen, $\frac{1}{2}$ nat. Größe.

Fig. 20. Lunge von *Enhydra marina*, von der rechten Seite gesehen, die teilweise verschmolzenen Lappen zeigend, nat. Größe.

Fig. 21. Dieselbe Lunge, von links oben und hinten gesehen, nat. Größe, zeigt die Lappung der linken Lunge und den teilweise verschmolzenen unpaarigen Lappen der rechten Lunge.

Erklärung der Zeichen für Tafel V und VI.

<i>Tr</i> Luftröhre.	<i>VI</i> Ventralbronchus I.
<i>r. Stbr</i> rechter Stammbronchus.	<i>VII—VI</i> Ventralbronchus II
<i>l. Stbr</i> linker Stammbronchus.	—VI.
<i>l. L</i> linke Lunge.	<i>D I, D II</i> , u. s. w. Dorsalbronchus
<i>r. L</i> rechte Lunge.	I, Dorsalbronchus II u. s. w.
<i>A. p.</i> Arteria pulmonalis.	<i>Br. card</i> Bronchus cardiacus.
<i>V. p.</i> Vena pulmonalis.	

Tafel V*).

Fig. 24. Celloidinausguß der Lunge des Fötus von *Phocaena communis* von 53 cm Länge, nat. Größe. Lungenarterie auch injiziert, von der ventralen Seite gesehen.

Fig. 25. Metallausguß der Lunge eines erwachsenen Braunschweiger, $\frac{1}{2}$ nat. Größe, dorsale Ansicht.

Fig. 26. Derselbe Ausguß, ventrale Ansicht.

Fig. 27. Bronchialbaum von *Hyperoodon* mit Wachs injiziert und nachher präpariert, dorsale Ansicht.

Fig. 28. Derselbe, ventrale Ansicht.

Fig. 29. Lunge von *Hyperoodon rostr.*, Fötus, von der ventralen Seite gesehen, Venen und Arterien sind frei präpariert.

Fig. 30. Bronchialbaum von *Beluga leucas*, Fötus, nat. Größe, nach vorangegangener Wachsfüllung präpariert, ventrale Ansicht.

Fig. 31. Luftröhre von *Phocaena communis*, erwachsenes Tier $\frac{1}{2}$ nat. Größe, dorsale Ansicht.

Fig. 32. Dieselbe, ventrale Ansicht.

Fig. 33. Luftröhre von *Balaenoptera musculus*, Fötus, 104 cm Länge, $\frac{1}{2}$ nat. Größe, dorsale Ansicht.

Fig. 34. Dieselbe, von der ventralen Seite gesehen.

Fig. 35. Luftröhre von *Lutra*, ventrale Ansicht, Teile aus der Mitte fehlen.

Fig. 36. Dieselbe in dorsaler Ansicht.

Fig. 37. Luftröhre von *Phoca vitulina* in dorsaler Ansicht.

Fig. 38. Dieselbe in ventraler Ansicht.

Fig. 35—38. Das Zeichen *Vschm* zeigt Verschmelzung bzw. Spiralbildungen von Knorpelringen an.

*) Fig. 22 und 23 sind in Wegfall gekommen; aus Versehen wurde die Numerierung der Figuren dieser Tafel nicht geändert.

Tafel VI.

Fig. 39. Bronchialbaum von *Balaenoptera musculus*, Fötus von 104 cm Länge, $\frac{2}{3}$ nat. Größe, ventrale Ansicht.

Fig. 40. Bronchialbaum von *Phoca vitulina*, Metallausguß, Gefäße mit Celloidin injiziert, dorsale Ansicht.

Fig. 41. Derselbe, von der ventralen Seite gesehen.

Fig. 42. Celloidinausguß des Bronchialbaumes von *Enhydra marina*, die linke Lungenarterie gleichfalls injiziert, nat. Größe.

Fig. 43. Bronchialbaum von *Lutra vulgaris*, Celloidinausguß. Die Gefäße sind mit Wachs injiziert und erscheinen daher gegenüber dem Bronchialbaum zu stark, dorsale Ansicht.

Fig. 44. Derselbe, ventrale Ansicht.

zuweilen vereinzelt, öfter in Klümpchen vor, worin die Grenzen der einzelnen Körperchen nicht zu unterscheiden sind. In solchen Klümpchen finden sich gelegentlich kleinere, dunkler gefärbte Kerne, die ich als jüngere, noch nicht durch Zellsaft aufgeschwollene Gebilde auffasse. Selten habe ich länglich-ovale oder eingeschnürte Kerne beobachtet (Taf. XIX, Fig. 38 b), die ich als in amitotischer Teilung begriffene deute. Die jungen Kerne habe ich nur im Gefäßnetz des Mantels gesehen, und hier sind sie meist an deren Wände gelegt. Hie und da kommen sie in einer scheinbaren Wucherung der Wand vor; diese ist möglicherweise nur durch eine Anhäufung der freien Körperchen verursacht, immerhin hat sie mehr den Anschein eines Teiles der echten Wand. Ich bin daher geneigt, anzunehmen, daß die Körperchen durch Knospung von den Gefäßwänden, wenigstens bei den Mantelgefäßen, entstehen. Eine gesonderte Blutdrüse habe ich nicht beobachtet, habe aber nicht besonders danach gesucht.

Bindegewebe. Es giebt zweierlei Arten Bindegewebe, das gewöhnliche und das zellig-blasige. Das gewöhnliche besteht aus reichlich verzweigten, in einer homogenen Grundsubstanz eingebetteten Zellen (Taf. XIX, Fig. 34), deren Aeste, da sie ziemlich kurz sind, ein feines Netzwerk bilden. Die Kerne sind abgeflacht, mehr oder weniger länglich-oval, nehmen begierig Hämalaun auf und sind daher recht dunkel. Elastische Fasern oder mit fibrillär umgewandelten Ausläufern versehene Zellen, wie sie von BROCK und von GIBSON bei anderen Gattungen erwähnt worden sind, habe ich nicht gesehen. Da das Gewebe aber von zahlreichen Muskelfasern durchsetzt, auch mit Drüsenzellen und Blutkörperchen meistens ganz erfüllt ist, konnten solche Bestandteile dem Auge leicht entgehen. Auch Plasmazellen habe ich nicht beobachtet, was vielleicht dadurch zu erklären ist, daß sie, wie BROCK angiebt, wenigstens bei den Pulmonaten eine besondere Behandlung erfordern, um sichtbar gemacht werden zu können.

Das zellig-blasige Bindegewebe (Taf. XIX, Fig. 32) besteht aus rundlichen, oft dicht zusammengepreßten, mit granulösem Protoplasma und rundlichen Kernen versehenen Elementen. Die jüngeren und kleineren Zellen bestehen aus kontinuierlichem Protoplasma; wenn sie größer werden und sich im Inneren ein Hohlraum entwickelt, gehen sie allmählich in Knorpel über. Dicht zusammengepreßt habe ich diese Zellen nur in der Zunge und in der Gegend des Mundes gefunden, wo sie in den Hinterlippen und in den Wänden der Oesophagealfurche wahrscheinlich eine

Art Stützgewebe bilden; im Fuß und in den lateralen Kopfteilen sind sie vereinzelt zu treffen. Zu bemerken ist, daß wegen der Form der Zellen zwischen ihnen kleine Lücken zu konstatieren sind, die beim Knorpel nicht gefunden werden. Oft sind auch die Zellkörper, wie LEYDIG schon betont hat, zu einer viele Kerne enthaltenden Masse zusammengeschmolzen.

Knorpel. Der Knorpel (Taf. XIX, Fig. 33) besteht aus hohlen, polyedrischen, dicht zusammengepreßten, mit einem runden, wandständigen Kern versehenen Zellen. Im Inneren trifft man zuweilen granulöse Reste, die offenbar einen protoplasmatischen Wandbeleg darstellen, deutlich habe ich aber einen solchen nie konstatieren können; selbst da, wo der Kern in die Zellhöhle hineinragt, ist keine ihn umgebende Plasmaschicht zu sehen. Wie schon erwähnt, sind die Zellen im vorderen Teil, wahrscheinlich weil sie dort viel mehr leisten müssen, viel kleiner und dickwandiger als hinten.

Wie früher hervorgehoben wurde, sind die großen Knorpelstücke der Zunge durch Gewebe verbunden, das vorn zellig-blasiges Bindegewebe ist, während es hinten in einen lockeren Knorpel übergeht. Es ist hier leicht zu konstatieren, wie LEYDIG gesagt hat, daß Knorpel nur eine besondere Modifikation des Bindegewebes ist. Kernteilung habe ich selten beobachtet; sie scheint aber eine direkte zu sein, wie LOISEL schon gedacht hat.

Es verlohnt sich vielleicht der Mühe, ein paar Worte der Frage zu widmen, ob dieses Gewebe echter Knorpel sei oder nicht. Wenn man sich der Ansicht RANVIER's anschließt, daß Knorpel dadurch gekennzeichnet ist, daß die Kapseln oder die Intercellulärsubstanz beim Kochen Chondrin liefern, dann ist nach der Untersuchung VALENCIENNES' der Gastropodenknorpel kein echter; wenn man die von KÖLLIKER verteidigte Ansicht annimmt, daß das Vorkommen von Chondrin nicht zum Wesen des Knorpels gehört, dann haben wir es hier mit echter Knorpelsubstanz zu thun, und zwar mit der Art, die KÖLLIKER „Zellenknorpel“ nennt.

Muskeln. Es sind zweierlei Muskelfasern vorhanden: die sogen. „quergestreiften“, die einen spiralig gestreiften, äußeren Teil besitzen, und diejenigen, welche eines solchen entbehren. Erstere (Taf. XIX, Fig. 35 u. 37) bestehen aus einer feinkörnigen, einen länglich-ovalen Kern enthaltenden Centralmasse und einer diese umgebenden Hülle, die aus einem ziemlich dichten, spiralig laufenden Faden und einer dessen Windungen trennenden, weniger dichten, mit der Centralmasse zusammenhängenden Zwischen-

substanz zusammengesetzt ist. Die Richtung der Spirale ist eine wechselnde, jedoch gewöhnlich ungefähr transversal. Ich habe keine echten quergestreiften Fasern, wie sie KNOLL und LOISEL für andere Gasteropoden beschreiben, sehen können. Die Dicke der Hülle ist auch variabel und scheint dafür zu sprechen, daß die Bildung dieser Hülle, wie KNOLL annimmt, eine progressive ist. Kernlose Fasern habe ich nicht bemerkt, womit ich jedoch keineswegs ihr Vorkommen leugnen will, da ich nicht die ganze Muskulatur auf diese Frage hin durchsucht habe. Die Kerne sind ziemlich gleichgestaltig und besonders dadurch gekennzeichnet, daß sie äußerst wenig Chromatinkörner enthalten. Dagegen tritt gewöhnlich ein etwas größeres Körperchen zu Tage, das ich als Nucleolus auffasse.

Mit den gewöhnlichen Fasern der Buccalmasse vermischt, habe ich dann und wann solche beobachtet, die ziemlich dick ($6-8\ \mu$) sind und keine Querstreifung bemerken lassen. In einem Falle habe ich konstatieren können, daß eine solche Faser eine äußerst dünne, aus längslaufenden Fibrillen bestehende Hülle besaß, indem durch glücklichen Zufall das Faserende zerrissen war und die Fibrillen ein wenig auseinandertraten. Solche Erscheinungen sind von BALLOWITZ bei Cephalopoden beschrieben worden, nur sind in diesem Fall die längslaufenden Fasern den spiraligen vollkommen gleich; bei *Acmaea* dagegen sind diese meistens viel dünner. Die Kerne der längsgestreiften Fasern sind denen der quergestreiften ganz ähnlich. Ob es sich nur um ein verschiedenes Entwicklungsstadium derselben handelt, habe ich nicht zu entscheiden versucht.

Die Fasern der zweiten Art sind bedeutend dünner als die quergestreiften (Taf. XIX, Fig. 36) und besitzen einen länglich-ovalen, bei verschiedenen Exemplaren sehr ungleich langen Kern, der dieselbe Armut an Chromatinkörnern zeigt wie der der ersten Art.

Was das Vorkommen der beiden Muskelarten anbetrifft, so sind die der Buccalmasse angehörigen quergestreift, der Gehäusemuskel dagegen und überhaupt die im Fuß liegenden Fasern sowohl als auch die Tentakelmuskeln sind glatt. Quergestreift sind auch der Protraktor des Kiefers und die Herzmuskelfasern, obgleich bei den letzteren die Streifung nur sehr undeutlich zu Tage tritt. Zu bemerken ist, daß die Hülle oft eine so dünne ist, daß man nur mit Schwierigkeit entscheiden kann, ob sie vorhanden sei oder nicht.

Nervensystem. Ueber die Histologie des Nervensystems war nichts zu konstatieren. Die Ganglienzellkerne sind schon bei der Behandlung der Anatomie des Systems beschrieben worden.

Epithel. Die den verschiedenen Organen angehörigen Epithelarten sind im Anschluß an die Besprechung derselben schon beschrieben worden.

Zusammenfassung.

Fassen wir die Resultate unserer Untersuchungen zusammen, so können wir dieselben etwa in folgende Sätze bringen:

1) Das Nervensystem zeigt eine in zwei Labialganglien anschwellende Labialkommissur und zwei Labiobuccalkonnektive, die oben in das hufeisenförmige Buccalganglienpaar übergehen. Die Visceralkommissur ist sehr variabel. Verschiebung und Verwachsung kommen oft vor, wodurch die Kreuzung weggeschafft ist. Hintere, die Pedalstränge verbindende Kommissuren sind nur in der Zweizahl vorhanden.

2) Das Sehorgan ist eine wahrscheinlich erweiterungsfähige Grube. Beim verengten Zustand findet eine Auflockerung des Pigmentes statt, wodurch es etwas weiter in die Zelltiefe dringt, ohne eine obere Zone frei zu lassen.

3) Der Darm besitzt ein Paar seitlich in den Pharynx mündender Buccaltaschen und ein Paar schlauchförmiger, am Vorderende der Oesophagealfurche sich öffnender Speicheldrüsen. Der Oesophagus ist durch hohe Falten in einen mit Cilien bekleideten mittleren und in zwei mit Drüsenzellen bedeckte seitliche Abschnitte geteilt. Die Zunge enthält zwei Paar Knorpelstücke; Muskeln, die eine „chain-saw“-Radulabewegung verursachen könnten, sind vorhanden.

4) Das Herz liegt auf der linken Seite und ist nicht vom Darm durchbohrt. Der ursprünglich linke Vorhof kommt auch nicht spurweise vor. Der Ventrikel ist nur ein- nicht zweikammerig wie bei Patella. Die Aorta erweitert sich in einen von der Radulatasche durchbohrten Sinus. Zwischen Eingeweiden und dorsaler Körperwand kommt ein großer Sinus statt eines Venen-netzes vor. Das durch den Körper gedrungene Blut begiebt sich

in eine im Mantel liegende Kapillarschicht und gelangt dadurch ins Herz. Der Mantel ist also ein respiratorisches Organ.

5) Die Kieme besteht aus zwei Serien querlaufender Lamellen, die sich nicht in Fäden auflösen.

6) Es existiert eine ziemlich große, primäre Leibeshöhle; eine sekundäre aber findet sich nicht.

7) Das Nephridium ist nur in der Einzahl vorhanden. Es ist ein großer, den Eingeweidesack seitlich und hinten umgebender Sack, dessen Wände mit kleinen, in den dorsalen Sinus hineinragenden Ausbuchtungen versehen sind.

8) Das Tier ist zwittrig und zwar protandrisch. Der hermaphroditische Zustand scheint ein rasch vorübergehender zu sein. Die Nephridialpapille scheint als Penis zu funktionieren.

Litteraturverzeichnis.

Ein * vor einem Titel bedeutet, daß die betreffende Arbeit mir nicht zugänglich gewesen ist.

- 1) AMAUDRUT, Etude comp. de la masse buccale chez les Gastéropodes et particulièrement chez les Prosobranches diotocardes. *Compt. rend.*, T. 121, p. 1170—1172, 1895.
- 2) — Sur les poches buccales et les poches oesophagiennes des Prosobranches. *Compt. rend.*, T. 122, p. 1218—1221, 1896.
- 3) AUERBACH, Untersuchungen über die Spermatogenese von *Paludina vivipara*. *Jenaische Zeitschr.*, Bd. 30, S. 403—554, 1895.
- 4) BABOR, Ueber die wahre Bedeutung der sog. SEMPER'schen Organe der Stylommatophoren. *Sitzungsber. K. böhm. Ges. Wiss., Math.-nat. Kl.*, Bd. 34, 1895.
- 5) BALLOWITZ, Ueber den feineren Bau der Muskelsubstanzen. *Arch. mikr. Anat.*, Bd. 39, S. 291—324, 1892.
- 6) BARFURTH, Ueber den Bau und die Thätigkeit der Gastropodenleber. *Arch. mikr. Anat.*, Bd. 22, S. 473—524, 1883.
- 7) BERNARD, Recherches sur les organes palléaux des Gastéropodes prosobranches. *Ann. Sc. N.*, (7) T. 9, p. 89—404, 1890.
- 8) BAUDELAT, Recherches sur l'appareil générateur des Mollusques gastéropodes. *Ann. Sc. N.*, (4) T. 19, 1863.
- 9) BIEDERMANN, Elektrophysiologie. Jena 1895.
- 10) BLOCH, Die embryonale Entwicklung der Radula von *Paludina vivipara*. *Jen. Zeitschr.*, Bd. 30, S. 350—392, 1895.
- 11) BLOCHMANN, Ueber die Drüsen des Mantelrandes bei *Aplysia* und verwandten Formen. *Zeitschr. wiss. Zool.*, Bd. 38, S. 411—418, 1883.
- 12) BOLL, Beiträge zur vergleichenden Histologie des Molluskentypus. *Arch. mikr. Anat.*, Bd. 5, Supplement, S. 1—111, 1869.

- 13) BOUTAN, Recherches sur l'anatomie et le développement de la Fissurelle. Arch. Zool. expér., (2) T. 3 bis, p. 166, 1886.
- 14) BOUVIER, Système nerveux, morphologie générale et classification des Gastéropodes prosobranches. Ann. Sc. N., (7) T. 3, p. 1—510, 1887.
- 15) BROCK, Untersuchungen über die interstitiellen Bindesubstanzen der Mollusken. Zeitschr. wiss. Zool., Bd. 39, S. 1—63, 1883.
- 16) CARRIÈRE, Sehorgane der Tiere. München und Leipzig 1885.
- 17) — Sehorgane der Mollusken. Arch. mikr. Anat., Bd. 33, S. 379—402, 1889.
- 18) CUNNINGHAM, The Renal Organs (Nephridia) of Patella. Quart. Journal Microsc. Science, Vol. 23, p. 369—375, 1883.
- 19) CUÉNOT, Etudes sur le sang et les glandes lymphatiques dans la série animale (2^{me} partie: Invertébrés). Arch. Zool. expér., (2) T. 9, p. 13—54, 1891.
- *20) DALL, On the Limpets. Amer. Journ. of Conchol., Vol. 6, p. 228—282, 1871.
- 21) — The Phylogeny of the Docoglossa. Proc. Acad. N. Sc. Philadelphia 1893, p. 285—287.
- 22) v. ERLANGER, On the paired Nephridia of Prosobranchs. Quart. Journal Microsc. Science, Vol. 33, p. 587—623, 1892.
- 23) FLEMMING, Ueber Bindesubstanz und Gefäßwandung im Schwellgewebe der Muscheln. Arch. mikr. Anat., Bd. 13, S. 817—867, 1877.
- 24) FRAISSE, Ueber Molluskenaugen mit embryonalem Typus. Zeitschr. wiss. Zool., Bd. 35, S. 461—477, 1881.
- 25) FRENZEL, Mikrographie der Mitteldarmdrüse der Mollusken. Arch. mikr. Anat., Bd. 25, S. 48—82, 1885.
- 26) GEDDES, On the Mechanism of the Odontophore in certain Molluscs. Trans. Zool. Soc. London, Vol. 10, Part 11, 1879.
- 27) GIBSON, Anatomy and Physiology of Patella vulgata. Part 1, Anatomy. Trans. Roy. Soc. Edinburgh, Vol. 32, p. 601—638. 1887.
- 28) HALLER, Zur Kenntnis der Niere der Prosobranchier. Morph. Jahrb., Bd. 11, S. 1—52, 1886.
- 29) — Studien über docoglossen und rhipidoglossen Prosobranchier. Leipzig 1894.
- 30) — Untersuchungen über marine Rhipidoglossen. I. Morph. Jahrb., Bd. 9, S. 1—98, 1884.
- 31) HILGER, Beiträge zur Kenntnis des Gastropodenauges. Morph. Jahrb., Bd. 10, S. 351—368, 1885.
- 32) HUTTON, Revision of the recent Rhipidoglossate and Docoglossate Mollusca of New Zealand. Proc. Linn. Soc. N. S. Wales, Vol. 9, p. 354—378, 1884.

- 33) v. JHERING, Zur Morphologie der Niere der sog. „Mollusken“. Zeitschr. wiss. Zool., Bd. 29, S. 583—614, 1877.
- 34) KNOLL, Ueber die Blutkörperchen bei wirbellosen Tieren. Sitzungsber. Akad. Wien, Bd. 102, 3. Abt., S. 440—478.
- 35) — Ueber protoplasmaarme und protoplasmareiche Muskulatur. Denkschr. Akad. Wien, Math.-nat. Kl., Bd. 58, S. 633—700, 1891.
- 36) KÖLLIKER, Handbuch der Gewebelehre. 2. Aufl., Bd. 1, Leipzig 1889.
- 37) LACAZE-DUTHIERS, Otocystes ou capsules auditives des Mollusques. Arch. Zool. expér., T. 1, p. 97—168, 1872.
- 38) LANG, Lehrbuch der vergleichenden Anatomie, 1888—1894.
- 39) LEBERT, Beobachtungen über die Mundorgane einiger Gastropoden. MÜLLER'S Arch. für Anatomie und Physiologie, 1846, S. 435—477.
- 40) LEYDIG, Zelle und Gewebe. Bonn 1885.
- 41) — Vom Bau des tierischen Körpers. Tübingen 1864.
- 42) — Histologie des Menschen und der Tiere. Frankfurt a/M. 1857.
- 43) — Ueber das Gehörorgan der Gastropoden. Arch. mikr. Anat., Bd. 7, S. 202—218, 1871.
- 44) LOISEL, Les cartilages linguaux et le tissu cartilagineux chez les Gastéropodes. C. R. Soc. Biol. Paris, (9) T. 5, p. 193—196, 1893.
- 45) — Les pièces de soutien de la radula chez les Céphalopodes et le tissu cartilagineux des Mollusques. Ibid., p. 244—246.
- 46) — Les cartilages linguaux des Mollusques. Journ. Anat. Phys. Paris, Année 29, p. 466—522, 1893.
- 47) — Sur l'appareil musculaire de la radula chez le Helix. Journ. Anat. Phys., Paris, Année 28, p. 567—572, 1892.
- 48) OSWALD, Der Rüsselapparat der Prosobranchier. Jen. Zeitschr. Naturw., Bd. 28, S. 119—162, 1893.
- 49) PATTEN, Eyes of Molluscs and Arthropods. Mitt. Zool. Stat. Neapel, Bd. 6, S. 542—756, 1886.
- 50) PELSENEER, Sur l'oeil de quelques Gastropodes. Ann. de la Soc. belge de Microscopie, Vol. 16, p. 59—76, 1891.
- 51) — L'hermaphroditisme chez les Mollusques. Arch. Biol., T. 14, p. 33—62, 1895.
- 52) PERRIER, Recherches sur l'anatomie et le histologie du rein des Gastéropodes prosobranches. Ann. Sc. N., (7) T. 8, p. 61—315, 1890.
- 53) PFLÜCKE, Zur Kenntniss des feineren Baues der Nervenzellen bei Wirbellosen. Zeitschr. wiss. Zool., Bd. 60, S. 500—542, 1895.

- 54) PLATNER, Ueber die Spermatogenese bei den Pulmonaten. Arch. mikr. Anat., Bd. 25, S. 564—581, 1885.
 - 55) RANVIER, Technisches Lehrbuch der Histologie. Leipzig 1877.
 - 56) RAWITZ, Zur Physiologie der Cephalopodenretina. Arch. Anat. Phys., Phys. Abt., Bd. 10, S. 367—372, 1893.
 - 57) RÖSSLER, Die Bildung der Radula bei den cephalophoren Mollusken. Zeitschr. wiss. Zool., Bd. 41, S. 447—482, 1885.
 - 58) SEMPER, Zum feineren Bau der Molluskenzunge. Ebenda, Bd. 9, S. 270—283, 1858.
 - 59) SPENGEL, Die Geruchsorgane und das Nervensystem der Mollusken. Zeitschr. wiss. Zool., Bd. 35, S. 333—383, 1881.
 - 60) THIELE, Beiträge zur Kenntnis der Mollusken. III. Ueber Hautdrüsen und ihre Derivate. Zeitschr. wiss. Zool., Bd. 62, S. 632—670, 1897.
 - 61) VALENCIENNES, Recherches sur la structure du tissu élémentaire des cartilages des Poissons et des Mollusques. Arch. du Musée, T. 5, 1851.
 - 62) WEGMANN, Cont. à l'histoire naturelle des Haliotides. Arch. Zool. expér., (2) T. 2, p. 289—378, 1884.
 - 63) — Notes sur l'organisation de la *Patella vulgata*. Rec. zool. suisse, T. 4, p. 269—303, 1888.
-

Erklärung der Abbildungen.

Figurenbezeichnung.

<i>A</i> arterielle Schicht des Mantels.	<i>M</i> dorsale Muskelschicht des Mantels.
<i>An</i> Augennerv.	<i>M'</i> mittlere Muskelschicht des Mantels.
<i>Az</i> Adductor der Lunge.	<i>M''</i> senkrechte Muskeln des Mantels.
<i>Bg</i> Buccalganglion.	<i>Ma</i> Mantel.
<i>Bt</i> Buccaltasche.	<i>Ma</i> Magendarm.
<i>Cc</i> Cerebralkommissur.	<i>Mh</i> Mantelhöhle.
<i>Cg</i> Cerebralganglion.	<i>Ms</i> Mediansinus.
<i>Cp</i> Constrictor des Pharynx.	<i>N</i> Mantelrandnerv.
<i>D</i> Darm.	<i>N'</i> zum Mantelrandnerv laufender Nervenast.
<i>Dr</i> Drüsen des Mantels.	<i>Ne</i> Nephridium.
<i>Ed</i> Enddarm.	<i>O</i> Oesophagus.
<i>Er</i> Extensor der Radula.	<i>Oo</i> Ei.
<i>Es</i> Eingeweidesinus.	<i>P</i> Pericardium.
<i>F</i> Fuß.	<i>Pc</i> Pedalkommissur.
<i>Fv</i> Fußvene.	<i>Pg</i> Pedalganglion.
<i>G</i> Gehäusemuskel.	<i>Pk</i> Protractor des Kiefers.
<i>Gp</i> Papille des Hodens.	<i>Pn</i> Pedalstrang.
<i>H</i> Herz.	<i>Pr</i> Protractor der Radula.
<i>Haz</i> hinterer Adductor der Zunge.	<i>Pz</i> Protractor der Zunge.
<i>Hfa</i> hintere Fußarterie.	<i>R</i> Radulatasche.
<i>Hi</i> Hinterlippe.	<i>Rh</i> kolbenförmiges Ende der Radulatasche.
<i>Hln</i> Nerv der Hinterlippe.	<i>Rhl</i> Retractor der Hinterlippe.
<i>Hk</i> Herzkammer.	<i>Ron</i> rechter Osphradialnerv.
<i>K</i> Kiefer.	<i>Rpg</i> rechtes Pleuralganglion.
<i>Kg</i> zuführendes (rechtes) Kiemengefäß.	<i>Rr</i> Retractor der Radula.
<i>Kg'</i> abführendes (linkes) Kiemengefäß.	<i>S</i> Spermatocyte.
<i>Ki</i> Kieme.	<i>S'</i> unentwickelte Spermaenkelzelle.
<i>Kib</i> Kiemenblatt.	<i>S''</i> sich entwickelnde Spermaenkelzelle.
<i>Kin</i> Kiemennerv.	<i>Sa</i> Sägemuskel des Kiefers.
<i>Kn</i> großes Knorpelstück.	<i>Sp</i> Speicheldrüse.
<i>Kn'</i> kleines Knorpelstück.	<i>T</i> Fühler.
<i>Knf</i> Flügel des größeren Knorpelstückes.	<i>Tn</i> Fühlernerv.
<i>Ko</i> Kopf.	<i>V</i> Mantelvene.
<i>Lbc</i> Labiobuccalkonnektiv.	<i>V'</i> venöse Schicht des Mantels.
<i>Lg</i> Labialganglion.	<i>Vaz</i> vorderer Abductor der Zunge.
<i>Lh</i> Leibeshöhle.	<i>Vc</i> Visceralkommissur.
<i>Log</i> linkes Osphradialganglion.	<i>Vo</i> Vorhof.
<i>Lon</i> linker Osphradialnerv.	<i>Z</i> Zwitterdrüse.
<i>Lrhl</i> lateraler Retractor der Hinterlippe.	
<i>Ls</i> Lateralsinus.	

Sämtliche Figuren betreffen *Acmaea fragilis*.

Tafel XVII.

Fig. 1. Ventralansicht. (Von Herrn WEHRLen gezeichnet.)

Fig. 2. Dorsalansicht. Ein Stück des Mantels ist weggeschnitten, um den Fuß besser sichtbar zu machen. Cedernholzölpräparat. (Von Herrn WEHRLen gezeichnet.)

Fig. 3. Darmkanal und Radula. Cedernholzölpräparat. Oesophagus und Speicheldrüsen durch Schnitte schematisiert.

Fig. 4. Querschnitte durch den Oesophagus. Dicke Linien bedeuten mit Cilien ausgekleidete Flächen. a) Oesophagealfurche. b) eben gebildetes Oesophagealrohr. c—f) Verschiebung der ursprünglich seitlichen Falten 1 und 2. e) und f) zeigen auch die Verschiebung der später entstandenen Falte 3.

Fig. 5. Horizontalschnitt, um die Lage der Zwitterdrüse und des Nephridiums zu demonstrieren. Aus 2 Schnitten zusammengesetzt.

Fig. 6. Querschnitt, um die Lage der Blutgefäße und des Nephridiums zu zeigen. a) durch den vorderen, b) durch den hinteren Körperteil.

Fig. 7. Mantelquerschnitt, um die Anordnung der Blutgefäße und Drüsen zu zeigen.

Fig. 8. Buccalganglion. Aus Schnitten schematisiert.

Fig. 9. Kreuzung der Visceralkommissur.

Fig. 10. Ungekreuzte Visceralkommissur.

Fig. 11. Epithel der Fußsohle. Zeiß, Apochr. Hom. Im. 2 mm, Ok. 6.

Fig. 12. Epithel des Mantelrandes. Zeiß, Apochr. Hom. Im. 2 mm, Ok. 6.

Fig. 13. Sekretorisches Epithel in der Nähe der Oesophagealfurche. Cf. Fig. 4 a. Zeiß, Apochr. Hom. Im. 2 mm, Ok. 6.

Fig. 14. Sekretorisches Oesophagealepithel. Zeiß, Apochr. Hom. Im. 2 mm, Ok. 6.

Fig. 15. Flimmerepithel des Oesophagus. Zeiß, Apochr. Hom. Im. 2 mm, Ok. 6.

Fig. 16. Leberzellen. a) Bläufarbige. b) Dunkelfarbige. Zeiß, Apochr. Hom. Im. 2 mm, Ok. 6.

Tafel XVIII.

Fig. 17. Radula. Flächenansicht.

Fig. 18. Radula. Seitenansicht.

Fig. 19. Zungenknorpel. a) Querschnitt durch den vorderen Teil. b) und c) Längsschnitt in der Ebene *bb* bzw. *cc*. d) Sagittalschnitt in der Ebene *dd*.

Fig. 20. Horizontalschnitt durch einen Teil der Kieme.

Fig. 21. Querschnitt durch den Kopf etwas hinter den Hinterlippen.

Fig. 22. Längsschnitt durch den Kopf, etwas links geführt.

Fig. 23. Schema des Nervensystems. Nach Schnitten und Dissektionspräparaten hergestellt.

Tafel XIX.

Fig. 24. Längsschnitt durch das Auge. Zeiß, Apochr. Hom. Im. 2 mm, Ok. 6.

Fig. 25. Schnitt durch den dorsalen Teil des Nephridiums dicht hinter der Nephridialpapille.

Fig. 26. Schnitt durch den dorsalen Teil des Nephridiums in der hinteren Körpergegend.

Fig. 27. Querschnitt durch den Hinterkörper, um die Lage der Zwitterdrüse zu zeigen.

Fig. 28. Schema des Hodenepithels.

Fig. 29. Ein Lappen der Geschlechtsdrüse im Zwitterzustand. Halbschematisch.

Fig. 30. Sich entwickelnde Spermatozoen. a) Frei gewordenen. Zeiß, Apochr. Hom. Im. 2 mm, Ok. 6. b) Mit der Spermaenkelzelle in Zusammenhang. Zeiß, Apochr. Hom. Im. 2 mm, Ok. 12.

Fig. 31. Jüngere Stadien der Spermatozoen. Zeiß, Apochr. Hom. Im. 2 mm, Ok. 6.

Fig. 32. Zellig-blasiges Bindegewebe vom Vorderteil der Zunge. Zeiß, Apochr. Hom. Im. 2 mm, Ok. 6.

Fig. 33. Knorpelzellen vom vorderen Teil der Zunge. Zeiß, Apochr. Obj. 4 mm, Ok. 4.

Fig. 34. Verästelte Bindegewebszellen. Zeiß, Apochr. Hom. Im. 2 mm, Ok. 6.

Fig. 35. Längsschnitt zweier sogen. quergestreifter Muskelfasern. a) Oberfläche. b) Achsenteil. Zeiß, Apochr. Hom. Im. 2 mm, Ok. 6.

Fig. 36. Glatte Muskelfasern vom Gehäusemuskel. Zeiß, Apochr. Hom. Im. 2 mm, Ok. 6.

Fig. 37. Querschnitt der sogen. quergestreiften Muskelfasern. Zeiß, Apochr. Hom. Im. 2 mm, Ok. 6.

Fig. 38. a) Blutkörperchen. b) Zwei vermutliche Teilungsstadien des Kernes. Zeiß, Apochr. Hom. Im. 2 mm, Ok. 6.

Neue Beiträge zur Morphologie der Hummerschere

mit physiologischen und phylogenetischen Bemerkungen.

Von

Dr. Hermann Stahr,

Assistenten am Kgl. Anatomischen Institut zu Breslau.

Hierzu Tafel XX und XXI und 1 Figur im Text.

I.

Die folgenden Bemerkungen, die ich über die eigenartige Gestalt der Chelae des gemeinen Nordseehummers (*Homarus* EDW. vulgaris BEL.) zu machen imstande bin, sind entstanden im Anschluß an einen zufälligen Fund, der gewiß denen willkommen sein wird, welche mit mir des gern citierten, trefflichen ROESEL VON ROSENHOF Worte, mit denen er über die Dürftigkeit der Befunde klagt, hochhalten, und welche auch HERRICK als Motto seiner Monographie über den amerikanischen Hummer vorangesetzt hat: „Wir finden zwar bei allen Scribenten der natürlichen Historie eine Beschreibung des Flußkrebsses; wenn man aber alles, was sie von selbigem gesagt, zusammennimmt, so kommt so wenig heraus, daß auch hier das Sprichwort, *Quotidiana vilescent*, was wir täglich vor Augen haben, achten wir nicht, allerdings einzutreffen scheint.“

Muß schon in diesem Sinne eine jede neue Beobachtung an sich von Wert erscheinen, so habe ich mich doch monatelang von der Mitteilung der folgenden Befunde abhalten lassen, weil ich die Sache gewissermaßen erst zu Ende zu denken d. h. die weiter gehenden Schlußfolgerungen zu ziehen verlangte. Das ist nun in Teil II, auch äußerlich von I getrennt, niedergelegt. Dort werden

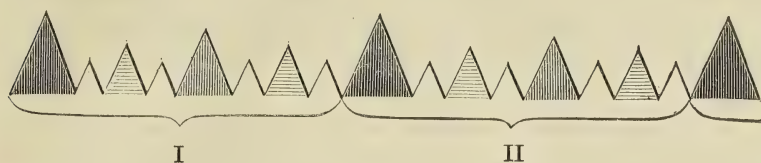
Gesinnungsgenossen das diesbezügliche finden; wer nicht so geartet ist, wird die Thatsachen (Teil I) hinnehmen müssen, selbst wenn er mit dem folgenden nicht einverstanden ist. Diese Schlüsse ergaben sich für mich, wie gesagt, als eine Notwendigkeit aus dem Vergleiche mit analogen Erscheinungen.

Ich werde nun hier in derselben Reihenfolge vorgehen, wie ich selbst an meine Untersuchungen herantrat, d. h. zuerst die Beobachtung an der Hummerschere darstellen, an die sich meine ferneren Untersuchungen anreihen. Dann werde ich die Autoren anführen, die sich über die besondere Gestalt der Hummerschere verbreitet haben; und schließlich meine eigenen weiteren Untersuchungen, die sich anschlossen, mitteilen nebst den davon ausgehenden Erwägungen und Erklärungen.

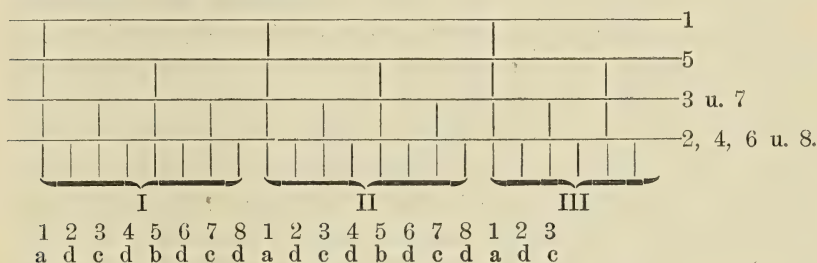
Von den drei scherentragenden Brustbeinpaaren des Hummers ist bekanntlich das vorderste enorm vergrößert, und die letzten zwei Glieder sind zu riesigen Scheren, den sogen. Chelae umgewandelt. Daß diese beiden Chelae an Größe und Stärke öfters differieren, dürfte gleichfalls bekannt sein, weniger jedoch, daß diese beiderseitigen Bildungen in der Regel ganz typische Unterschiede untereinander erkennen lassen. Diese qualitativen Unterschiede werde ich weiterhin ausführlicher beschreiben. Hier sei nur erwähnt, daß die eine derselben zarter, länger gestreckt, eleganter in ihrem Bau ist; ihre Kau- oder Greiffläche weist eine Reihe kleiner, feiner Zähnchen auf. Die andere dagegen ist dicker, plumper, gröber; ihre Greifflächen besitzen derbe, grobe Höcker. In Bezug auf diese Ausstattung mit feinen Zähnchen und groben Knoten oder Höckern nenne ich sie kurz: Zähnchenschere und Knotenschere.

Eine solche graciler gebaute Zähnchenschere, anscheinend ein sehr schönes und regelmäßig gestaltetes Stück, habe ich mir zurückgelegt aus reiner Freude an der schönen Bildung, wie man eine besonders vollkommen ausgebildete Muschel vom Strande aufliest und zu sich steckt. Bei einer näheren Betrachtung fand ich nun, daß die feinen Zähnchen, welche auf der Höhe der Walzenseiten nach innen zu, die hier etwas kantig sind — ich sage kurz: auf den Greifflächen stehen, in ganz regelmäßigen Intervallen wiederkehrend, größere und kleinere Elemente aufweisen. Als ich dann die einzelnen abzählte, ergab sich eine 8-stellige Periode, in der Art, daß innerhalb einer Periode vier verschiedene Größen von Zacken zur Verwendung kommen. Ich lasse hier eine schematische Darstellung

folgen, welche das wiedergiebt, was sich an dem entsprechenden Scherenstück (Fig. 1 auf Taf. XX) vorfindet. Man vergleiche dies Schema 1 mit diesem *Digitus mobilis* der Fig. 1.



Sind schon hier durch die verschiedene Schraffierung der vier verwendeten Zähnnchenstärken die Verhältnisse an Fig. 1 Taf. XX genau erläutert, so mag noch das zweite maßstabähnliche Schema die Wiederkehr und die Höhen der Zacken klarlegen. Es ist ersichtlich, daß in Schema 2 die arabischen Zahlen die Stellen in einer Periode wiedergeben, die Buchstaben darunter bezeichnen die Zackenstärken: und zwar a die stärkste und höchste, d die schwächste und niedrigste.



So leitet a immer die neue Periode ein; auch die nächste Größe b kommt innerhalb einer Periode nur einmal zur Verwendung, an Stelle 5; die anderen ungeraden Stellen 3 und 7 sind mit der dritten Größe c besetzt; alle geraden Stellen dazwischen mit Größe d. Die römischen Zahlen geben, wie auch in Schema 1, die Zahl der Wiederholungen der Periode an. Fünffmal erscheint an manchen Scheren die Achterperiode, dann folgen nach vorn etwa 5, nach hinten mehr kleinere, seichtere und unregelmäßige Zähnnchen.

Ich hatte natürlich sofort Verlangen, an einer größeren Anzahl von Scheren nachzusehen, ob dieses Verhältnis immer besteht, fand es dann auch mit geringen Modifikationen in vielen Fällen rein und klar vor und erfuhr von einem ausgezeichneten Fachmanne auf diesem Gebiet, daß bisher kein Forscher die Aufmerksamkeit hierauf gelenkt hätte.

Dies genügte mir, um mich nach weiterem Material umzusehen, und es gelang mir leicht, aus einer hiesigen Weinhandlung, wo ich bereitwilliges Entgegenkommen fand, eine Zahl von 55 „erledigten“ Scheren zu erhalten. Außerdem nahm ich überall da, wo ich ganzer Exemplare, lebender wie gekochter Hummern, ansichtig wurde, die Gelegenheit wahr, die Sache auch hier zu verfolgen.

Inzwischen hatte ich mich in der Litteratur umgesehen und will hier zunächst die Angaben über die Gestalt der Hummerschere, die ältere und jüngste Autoren machen, aufführen. Wenn ich jenen gerecht geworden bin, werde ich, teils an die einzelnen, von den Autoren hervorgehobenen Punkte anschließend, teils am Schluß der Litteraturbetrachtung meine eigenen Beobachtungen bringen.

Schon in OKEN's Allgemeiner Naturgeschichte finde ich unter dem Artikel Hummer die Angabe, daß ihm ungleiche Scheren zukommen. Wir erfahren hier aber nicht, ob diese Ungleichheit nur in der Größe liegt, wie bei vielen Verwandten (Palaemoniden, Brachyuren), oder ob sie eine Ungleichartigkeit ist, im Wesen der Bildung besteht, wie es wirklich der Fall ist. Die Entdeckung dieser wesentlichen Verschiedenheit nimmt aber bereits der scharfsichtige ROESEL VON ROSENHOF, der 1755 schrieb, für sich in Anspruch. Er sagt (l. c. S. 345) vom Hummer: „Es haben nämlich dieselben allerzeit zweierlei Scheren, indem die eine dicker, breiter und stärker als die andere, dabei aber nicht viel länger ist. Dieses wird man an den Hummers allezeit, an unsern Krebsen aber niemals finden, ausgenommen, wenn selbige etwann eine Schere verloren haben, an deren Stelle hernach eine andere wächst, welche anfangs nicht anders als kleiner sein kann.“ Wie weit diese Angaben der Wirklichkeit entsprechen, wie viel zu berichtigen und hinzuzufügen ist, wird weiterhin besprochen werden, hier sei nur noch hinzugefügt, daß bereits ROESEL, was von HERRICK durch große Zahlen neuerdings bestätigt worden ist, auch gesehen hat, wie die Verteilung der beiden Scherenarten auf die rechte und die linke Seite keine bestimmte und unabhängig von dem Geschlechte des Tieres ist.

Weit mehr aber giebt CUVIER unter *Astacus marinus* (S. 173), ja fast alles, was ich über die äußere Gestalt der Chelae überhaupt habe finden können. „Die vorderen (d. h. vordersten) Scheren sind ungleich, sehr groß; die größte (d. h. von beiden die größere) ist eiförmig, mit dicken Mahlzähnen; die andere ist länger

gestreckt, mit vielen kleinen Zähnen.“ Bemerkenswert ist dabei, daß CUVIER der Kaufläche Beachtung geschenkt hat, aber auch die Zähne der Knotenschere sind wenigstens nur zum Teil Mahlzähnen ähnlich. Ich werde hierauf genauer zurückkommen. Im allgemeinen kann ich die Darstellung nach Prüfung von 52 lebenden Hummern bestätigen: die eiförmige ist dem Volumen nach, aber nicht der Länge nach die größere bei ein und demselben Exemplare; nur selten übertrifft diese, immens aufgetriebene, eiförmige, wie wir noch sehen werden, die andere auch an Länge; sonst ist sie kürzer, plumper, erscheint sogar als die deformierte.

Ich möchte hier gleich die von demselben Autor unter „Decapoden“ (S. 88) gegebene Beschreibung und Nomenklatur der großen Schere anführen: „Die beiden vorderen Füße und bisweilen selbst die zwei oder vier folgenden sind scherenförmig. Das vorletzte Glied ist ausgedehnt, zusammengedrückt, handförmig; sein unteres Ende verlängert sich in eine kegelförmige Spitze, die eine Art von Finger darstellt, einem anderen entgegengestellt, den das letzte Glied oder der eigentliche Tarsus bildet. Dieser ist beweglich und hat den Namen Daumen erhalten. Der andere ist unbeweglich und wird für den Zeigefinger gehalten (pollex-index) [„uneigentlich“! bemerkt der nette Herausgeber]. Diese beiden Finger werden Kneipzangen (mordans) genannt. . . . Man nennt das vorletzte Glied (carpus) Handwurzel. . . . Der Körper einiger Langusten [Hummern in unserem Sinne] erreicht 3 Fuß Länge. Ihre Scheren sind, wie man weiß, sehr zu fürchten und haben bei einigen der größeren eine solche Kraft, daß man gesehen hat, wie sie eine Ziege aufheben und schwebend erhalten können.“ [Hier hätte das „uneigentlich“ des Herausgebers wohl besser Platz gefunden.]

HUXLEY (S. 18) nennt in seiner berühmten Studie „Der Krebs“ das vorderste Brustbeinpaar die „Greiffüße“, welche mit ähnlichen, aber sehr viel größeren Scheren ausgestattet sind als die unmittelbar darauf folgenden zwei Paar Scherenfüße. „Sie führen oft den besonderen Namen (chelae) Scheren, und das große Endglied heißt die Hand.“ Um Verwirrung zu vermeiden, schlägt HUXLEY vor, man möge diese vordersten Gliedmaßen die Scherenfüße καὶ ἐξοχήν (forcipes) nennen und den Namen Schere (chela) auf die beiden Endglieder beschränken. Betreffs der Funktion (siehe Teil II weiter unten) spricht sich HUXLEY dahin aus, daß die übrigen Beinpaare, auch das zweite und dritte, kleine Endzangen tragen, die zum Gehen und Festhalten dienen, die Scheren-

füße dagegen zum Ergreifen der Beute und zum Verteidigen. — In dem Abschnitte, welcher von der vergleichenden Morphologie des Krebses handelt, ist (S. 207) ein *Homarus vulgaris* abgebildet, dessen Scheren typisch verschieden sind. Die rechte ist die ovoide, aufgetriebene, gröbere, dabei sogar kürzere Form, ihre Kaufläche — wenn ich mich der Kürze wegen wieder dieses Ausdruckes bedienen darf — zeigt grobe, knotige Auftreibungen. Die linke dagegen ist graciler, mehr lanzettlich und entspricht einer Zähnchenschere, an der ich die Periode der feinen Zacken nachweisen konnte, obgleich das letztere in der Abbildung nicht zu sehen ist. Ihr Carpus, das 6. Glied, ist eher länger als das entsprechende auf der rechten Seite, kaum schmaler, und dennoch eleganter, graciler. Auch die marginalen Höcker HERRICK's (siehe weiter unten) sind in der Abbildung ganz richtig, rechts stumpfer und kürzer, links spitzer eingezeichnet. Die Glieder 1—5 ferner sind rechts an der groben Knotenschere kaum merklich stärker entwickelt, als links. Die größere Länge der linken Chela (6. und 7. Glied) kommt auf Rechnung der Finger und betrifft den festen ebenso wie den beweglichen, nicht den Carpus.

Ich führe hier natürlich nur einige der bekanntesten und hervorragendsten systematischen Werke an, die mir gerade zur Hand sind, ohne auf Vollständigkeit hinaus zu wollen. Weshalb LEUNIS und andere diese Bildung gar nicht erwähnen, ist leicht verständlich, da gerade die Scheren der Crustaceen für das natürliche System der Tiere gar nicht zu brauchen sind: Im übrigen Baue nahestehende Arten divergieren durchaus in Bezug auf die Scherenbildung, und zwar nicht nur in der Stärke der Ausbildung, sondern im Vorkommen solcher Bildungen überhaupt. LEUNIS' Synopsis erwähnt also nichts von der Ungleichheit der großen Scheren. Ebenso fehlt unter den Lehrbüchern in CLAUS jeder Hinweis, während BOAS sagt (S. 234), daß von den gewaltigen Scherenfüßen, welche das erste Brustfußpaar darstellen, der eine, bald der rechte und bald der linke, kräftiger und mit plumperen Zähnen ausgestattet sei, als der andere.

GERSTAECKER giebt in BRONN's Klassen des Tierreichs weitgehende Auskunft über das Vorkommen der Chelae. Es heißt dort, (Decapoda S. 883, Lokomotorische Gliedmaßen): „Die sehr viel allgemeiner unter den Decapoden verbreitete und für dieselben gewissermaßen als charakteristisch betrachtete eigentliche Schere (Chela), wie sie u. a. beim Flußkrebs, Hummer, Aeglea, Pagurus und Galathea, Stenopus und

Callinassa, teils am ersten Bein allein, teils auch an den folgenden auftritt, ist . . . durch eine einseitige fingerförmige Verlängerung (*Digitus fixus*) des vorletzten Beingliedes, welche bei horizontaler Lage der Extremität seinem Außenrande entspricht, und ferner dadurch charakterisiert, daß das letzte (siebente) als beweglicher Finger (*Digitus mobilis*), welcher am Innenrande des sechsten Gliedes eingelenkt ist, sich jener seiner Verlängerung gegenüberstellt. . . . Einer derartigen Umwandlung eines Beines in eine Schere ist nun bei den macruren Decapoden ein sehr weiter Spielraum gesetzt, indem sie an jedem beliebigen Paar eintreten oder auch gänzlich fehlen kann.“ Nun werden Beispiele genannt, welche Familien, Gattungen aus Familien, Arten aus Gattungen betreffen, wo da und dort Scheren in großer und geringer Ausdehnung vorkommen, gleich und ungleich nach dem Geschlecht. Bei *Astacus*, *Homarus*, *Nephrops*, *Stenopus*, *Penaeus*, *Sicyonia* und *Euphema* finden sich an den drei ersten Beinpaaren Scheren, bei anderen am ersten und letzten, wieder anderen auf die beiden ersten u. s. w. beschränkt.

Hieraus geht zur Genüge hervor, daß die Scherenbildung in systematischer Hinsicht wenig Berücksichtigung verdient. Dabei kann aber doch ihre Morphologie gerade das höchste Interesse hervorzurufen geeignet sein, und zwar um so mehr, je evidenter ihre ungemeine Fähigkeit zur Anpassung an die Funktion und entsprechender Umgestaltung hieraus hervorgeht.

Weiter interessiert uns noch aus GERSTAECKER'S Angaben, daß bei Decapoden eine mehr oder weniger hoch gesteigerte Asymmetrie der Hauptscheren, welche bald die linke, bald die rechte betrifft, häufig vorkomme. Es sei mit dieser einseitigen Vergrößerung zuweilen auch eine Deformation verbunden. Dies sei aber bei Macruren ungleich seltener als bei den Brachyuren. Die Astacinen (*Homarus*, *Nephrops*, *Astacus*) hätten symmetrisch gebildete Scheren. Dies entspricht nicht den wirklichen Verhältnissen, wenigstens was *Homarus vulgaris* betrifft; vielmehr ist die Ungleichheit der Chelae gerade hier eine ausgesprochene und qualitative, wenn sie auch gerade hinsichtlich der Größenverhältnisse mehr zurücktritt, wie bei *Pagurus* und vielen Brachyuren (davon später); *Homarus* weist trotz der Einschränkung, die wir hier noch zu machen haben, für gewöhnlich typisch ungleiche Scheren auf. Diese beiden Typen sind, wie wir gesehen haben, von den

meisten Forschern, welche diesen Dingen überhaupt ihre Aufmerksamkeit schenkten, konstatiert worden. Diese beiden Formen erscheinen ferner nicht als flüssige, sondern fest, wohl charakterisiert, ohne Uebergänge oder weitgehende Variationen. Doch ergibt eine genaue Prüfung eines jeden Stückes sehr seltene Bildungen, die ich weiterhin besprechen werde. Von den Autoren sind Uebergänge noch nie gesehen worden.

HERRICK giebt im 9. Kapitel seiner Monographie (S. 143) an, er habe in 2433 Fällen untersucht, auf welcher Seite die „crushing claw“ [Knackschere, die ovoide, kräftige Form mit den derben Höckern], gesessen habe, und spricht als Resultat aus: „the large (crushing) claw occurs about as frequently upon the right side of the body as upon the left without distinction of sex.“ Man sieht, dies entspricht meinen bisherigen Angaben; aber nun fügt HERRICK etwas Neues hinzu. Er fand in 3 Fällen gleichartige Scheren (similar claws) auf beiden Seiten, und zwar waren diese beiden stets von dem länger gestreckten, gracileren Typus mit den periodischen Zacken, wie er sie nennt: „cutting claws“. Ein einziges Tier, so wurde ihm „reported by a fisherman“, soll auf beiden Seiten crushing claws gehabt haben; er selbst hat dies aber nie gesehen, und ich kann, gestützt auf mein kleines Material von 52 Hummern, nur bestätigen, daß dieselben sich nicht finden. Wichtig aber für weitere Schlußfolgerungen erscheint es mir, daß Exemplare mit gleichartig gebauten Scheren, wie sie HERRICK zum ersten Male beschreibt, bei unserem Hummer entschieden häufiger sind, als wie es sich nach HERRICK's Statistik erwarten ließe. Ich fand dies Vorkommenis unter den 52 Fällen schon 4 mal. Deshalb erscheint mir dies recht bemerkenswert, weil auch in anderer Beziehung der amerikanische Hummer in seinem Bau von unserem europäischen verschieden ist. Nach LEUNIS betrifft dieser Unterschied allerdings nur den Hirnstachel, welcher bei der nord-amerikanischen Art an seiner Unterseite nahe der Spitze zwei kegelförmige Zähne tragen soll; aber er ist doch vorhanden.

Die Charakteristik der beiden normalen Scherentypen, die HERRICK dann giebt, richtet sich auf die Dornen, besonders die marginal spines, welche, wie er selbst sagt, sehr variieren und unser Interesse nicht zu beanspruchen imstande sind; die wesentlichen Differenzen der beiden Scheren werden eingehender nicht erörtert, insbesondere die Greiffläche mit ihren Hervorragungen nicht besprochen.

Ich gehe nun dazu über, die Scherentrümmer genauer durchzusehen, welche ich mir aus der Weinhandlung besorgt hatte. Es ist hier das 7. d. h. das bewegliche, letzte Glied getrennt von dem Carpus mit dem Digitus fixus, bis auf wenige Scheren, die besser erhalten sind. Zähle ich das 6. und das 7. Glied getrennt, so habe ich 52 Stücke, die der Zähnenschere (cutting claw HERRICK's) zugehören, 58 dagegen, welche dem Typus der groben, aufgetriebenen Knotenform entstammen. Ein jedes Glied kann im Moment als der einen oder anderen Art angehörig bezeichnet werden. Was die Zahlen anbetrifft, so müßten nach meiner obigen Angabe, daß Exemplare mit 2 schmalen gezähnelten Scheren recht oft bei unserem Hummer vorkommen, offenbar mehr von dieser Art dabei sein; indessen erklärt sich dieser Fehler daraus, daß die durchweg dünnwandigere Zähnenschere leichter einer totalen Zertrümmerung ausgesetzt war, als die andere, und deshalb mehr von der dicken Sorte für mich aufbewahrt wurden.

Zunächst nehmen wir die letztere, deren Wand durchgängig mächtiger ist, als die schmalere, zur genaueren Prüfung vor. Die meisten dieser Scheren sind so fest gebaut, daß der kräftigste Druck zwischen Daumen und Zeigefinger der rechten Hand sie nicht zerbrechen kann. Am dickwandigsten ist das Endglied, der Digitus mobilis. In den Höckern der Greiffläche beider Glieder finden wir eine ausgesprochene Regelmäßigkeit derart, daß stets zwei Elevationen vorhanden sind. Die proximale Erhöhung ist breit, und es finden sich alle möglichen Formen, welche zum Vergleich mit Back- und Molarzähnen auffordern. Dieser Höcker liegt am beweglichen Gliede mehr an der Basis (proximaler), am festen weiter zur Spitze hin. Es greift also der Mahlzahn des festen Gliedes zwischen die beiden Zähne des beweglichen ein. Vor diesem charakteristischen Höcker finden sich am festen Gliede meist zwei Höcker, als quere, niedrige Wülste, die aber oft zu je zwei, wieder neben einander liegenden geteilt sind; am beweglichen dagegen nur ein kurzer Wulst, wodurch eben der Mahlzahn des beweglichen Gliedes weiter an das Gelenk hin zu liegen kommt. Die zweite Elevation ist weniger breit, erinnert also mehr an die Form des Schneidezahnes. Auch diese zweite Erhebung liegt an dem festen Gliede viel weiter an der Spitze. Diese selbst ist beiderseits scharf und kommt in der äußeren Gestalt — wenn das Gebiß der höchst stehenden Säugetiere einmal zum Vergleich her-

angezogen werden soll — dem Eck- oder Reißzahne gleich. Wenn die Schere schließt, so kommt der scharfe Zahn des medialen Gliedes stets ventral zu liegen.

Zwischen diesem breiteren und schmäleren Zahne und zwischen dem schmäleren und der Spitze liegen aber kleine und kleinste Zähnnchen, die an manchen Exemplaren nur angedeutet, wie seichte Einkerbungen des Randes erscheinen, an anderen aber deutlich größere und kleinere Elemente miteinander abwechselnd erkennen lassen. Sie erreichen nicht die Kaufläche und sind besonders ausgeprägt an der längeren Strecke, welche am beweglichen Gliede zwischen der Spitze und dem ersten schmäleren Höcker liegt. In dieser Strecke zählt man bis 22 spitze Zacken, die in regelmäßigen Abständen etwas höhere und stärkere Elemente zeigen. Das entspricht den meisten Fällen, die weniger verwischt sind. Dem zweiten mehr nach der Spitze liegenden Höcker sitzen öfters seitlich diese Zähnnchen auf, und in einem Teil der Fälle erscheint er ganz und gar gezähnelte, so daß sich die Zähnnchen auf dem ganzen Scherenrande der Greifseite auch über seine Höhe ohne Unterbrechung fortsetzen. Sehr selten, nur in 2 Fällen, geht auch der breitere proximale Höcker diese Zähnelung ein. Aber diese wenigen Fälle sind sehr lehrreich, weil sie das Prinzip der Zähnelung in Verbindung mit dem des groben Höckers an der ganzen Länge der Schere zeigen, während dasselbe meist verwischt ist, wie wir es oben beschrieben.

Beide Typen können so weit zusammengehen, daß man füglich von einem Uebergange der beiden durchaus charakteristischen Bildungen sprechen kann. Das Auffallendste der Art ist in Fig. 7 wiedergegeben, das einzige derartige Exemplar meiner Sammlung, bei dem ich durchaus nicht bestimmt, wie ich oben sagte, entscheiden konnte, ob ich es mit einem Stücke einer ovoiden Höckerschere oder einer gracilen Zähnnchenschere zu thun hätte. Betreffs aller dieser Scheren verweise ich auf die Abbildungen 4—7 und auf die Erklärungen zu denselben. Aus einem viel größeren Materiale, als dem meinigen, dürfte es ein Leichtes sein, lückenlose Serien von Uebergangsformen zusammenzustellen, aber immerhin sind solche Stücke wie Fig. 7 gewiß sehr selten. Als ich das in Fig. 7 abgebildete Stück gefunden hatte, hielt ich das Suchen nach weiteren „Vermittlern“ für unnötig, da dies eine deutliche Sprache spricht.

Weiter unten wird nun noch an typischen Zähnnchenscheren

gezeigt werden, daß zwei Stellen (Druckstellen) für die erste Entwicklung von Knoten an der Zähnschere als bevorzugt gelten können. An diesen Knotenscheren aber fanden wir, um es noch einmal zu erwähnen, allmählich ineinander übergehende Bildungen, von denen einzelne derbe ungeteilte Knoten und dazwischen nur seichte Einkerbungen aufwiesen, andere schon eine Zähnelung zwischen den Knoten, weiter andere eine Zähnelung, die deutlicher ist, die Knoten mit betrifft, sich über diese wie ein Zackenkamm fortsetzt, bis wir zu solchen Scheren kommen, die der ganzen Länge nach gezähnt sind, manchmal regelmäßigen Größenwechsel der Elemente, Anklänge an die Periode, aufweisen und an Stelle der Knoten nur schwache Elevationen, aber stets unverkennbar die Zweizahl der Knotenschere, enthalten.

Hiermit stelle ich also einen Uebergang fest zwischen der Knotenform und der Zähnenform. Letztere weist die von mir gefundene Periode auf, und ich werde jetzt näher auf sie eingehen.

Gleich zu Anfang hatte ich gesagt, daß jenes Exemplar, an welchem ich die 8-stellige Periode gesehen habe, besonders schön ausgeprägt und regelmäßig gestaltet war. Ich weise wieder auf Fig. 1 hin. Die Periode ist lange nicht in allen Fällen so deutlich, dann aber sind die Zäckchen oft auch weniger scharf gebildet. Mit der feinen Ausbildung der Schere und ihrer Zacken geht die Deutlichkeit der 8-stelligen Periode Hand in Hand. Kehrt sie in Fig. 1 fünfmal deutlich wieder, so ist sie in Fig. 2 sogar fast sechsmal vorhanden. Nach vorn und hinten verstreicht sie, und es finden sich hier unregelmäßigere Zacken, die aber doch als verlöschtes Bild der Periode auftreten. Wer Fig. 1 und 2 betrachtet hat, findet auch in Fig. 3, einem 6. Gliede, die Periode, nur daß hier noch ein Zweites hinzukommt. Stets auf der ventralen Seite dicht an der mit den Zähnen besetzten Kante liegt ein größter Zahn, der an dieser Stelle die Periode ganz verstreichen läßt; er dient beim Schluß der Schere, welche ebenso wie bei der anderen Form derartig erfolgt, daß das bewegliche Glied an der Spitze ventral übergreift, dazu, einen kleinen Zwischenraum zu bewahren. Jedenfalls ruht auf ihm das Endglied, welches gegenüber eine kleine Vertiefung aufweist, dicht ventral neben der Zackenperiode.

Oefters sind an dieser Stelle, wo der offenbar als Sperrzahn anzusehende Höcker des 6. Gliedes aufrucht, einige Zähnen des 7. Gliedes dorsalwärts abgebogen. Ueber Lage und Form dieses Sperrzahnes ist noch folgendes zu sagen. Vom Gelenk zur

Spitze gerechnet, liegt der Zahn ziemlich genau auf der Grenze zwischen erstem und zweitem Drittel. An einer Schere, wo ich soeben nachmesse, ergibt sich für die Gesamtlänge 60 mm, die Spitze des Sperrzahnes zeigt auf 22. Dies Verhältnis stimmt ziemlich genau auch an den übrigen. Betreffs der Lage dieses wichtigen Zahnes muß ich noch etwas hervorheben, was für spätere Auseinandersetzungen unerlässlich ist: Betrachtet man das 6. Glied einer linken Schere von der Greiffläche aus, so begrenzt die breite Fläche (welche einen Teil einer Walze darstellt) links (dorsal) eine konvexe, rechts (Unterseite, ventral) eine gerade, oft eher konkave Linie. Stets parallel mit der ersteren läuft die Linie der Periode, auch mehr dorsal gelegen, während rechts davon, also der Mittellinie entsprechend, der Sperrzahn liegt. Dies wird vielleicht deutlicher durch eine Zeichnung (Fig. 8). Ebenso, wenn wir eine rechte Schere (deren sechstes Glied) von der Kaufläche aus inspizieren, finden wir diese Verhältnisse, nur natürlich entsprechend umgekehrt. Ein solches Stück bilde ich deshalb daneben (Fig. 9) auch noch ab, weil hier die Gestalt des Sperrzahnes ein durchaus abweichendes Verhalten zeigt, welches mir besonders wichtig erscheint. Der Zahn an dieser einzigen Schere ist breit und derb, den Mahlzähnen der ovoiden Schere durchaus ähnlich. Er reicht mit seinem rechten Rande in die Linie der feinen periodischen Zähnchen hinein. Seine Masse erfüllt aber die Mitte der Kaufläche, liegt also von hier aus wieder ventral. Leider fehlt mir das hierzu passende bewegliche Stück. Es wäre sehr interessant gewesen, zu sehen, wie sich an diesem Gegenüber die Stelle verhielt, wo der Zahn artikulierte.

Weniger deutlich ist diese mehr dorsale Lage der periodischen Zacken an den beweglichen (siebenten) Gliedern, da hier die Fläche, auf der die Zacken stehen, viel schmaler ist, einer Kante nahekommt. Dennoch wölbt sich die Walze auch hier mehr ventralwärts, und die Zacken liegen in der Verlängerung der ventralen Fläche. Uebrigens war bereits oben davon die Rede, daß (vergl. Fig. 1) die Periode, von innen betrachtet, wie auf einer Leiste aufgesetzt erscheint.

Die Form des Sperrzahnes ist — abgesehen von dem einen Fall (Fig. 9) — stets ein spitzer Kegel mit breiter Basis, breiter als die größten Zacken (Form a) der Periode. Die Höhe ist meist gewaltiger als Zacken a, wächst aber von solchen, die niedriger sind, bis zur (seltener) doppelten und (sehr selten) dreifachen Höhe. In zwei Fällen ist er nicht spitz, sondern weniger scharf,

etwas abgestutzt. Zugleich zeigt er der Masse nach hier seine mächtigste Entwicklung, und nach hinten (proximal) schließt sich an ihn noch ein zweiter Höcker an. An diese Fälle reihe ich ohne Zwang den der Fig. 9, so daß wir aus dem spitzigen, kleinen, außerhalb der Reihe gesetzten Sperrzahn in allmählichem Uebergange einen breiten, molarzahnähnlichen Knoten sich entwickeln sehen.

Dies ist nicht die einzige Stelle, wo an einer ganz offenbar dem Zähnentypus angehörigen Schere Knotenbildung auftritt. An einem einzigen Exemplare, welches auch sonst (siehe unter a) 1. und 2.) bereits einen Uebergang dokumentiert (No. 10 meiner Sammlung, nicht abgebildet), werden die proximalen Zacken breit, backzahnartig. Schon viel weiter zur Knotenschere umgebildet ist das vorher erwähnte Exemplar der Fig. 7.

Der eben besprochene Sperrzahn ist auf vielen Abbildungen bei HERRICK und anderen zu erkennen, besonders deutlich bei HERRICK, Plate 14.

Auffallend ist es, wie die periodischen Zacken in einer einzigen schnurgeraden Linie angeordnet sind; Störungen dieser Formation, die relativ sehr selten sind, abgerechnet. Viele lassen, wie Fig. 1, welche von der inneren, ventralen Seite aus abgezeichnet ist, eine erhöhte Längskante deutlich erkennen, auf welcher die spitzen Zacken als Saum aufgesetzt erscheinen.

Die Abweichungen, welche sich in der Achterperiode finden, lassen sich folgendermaßen bestimmen:

a) Die Höhe der Zacken betreffend:

1. da findet sich ein Stück, an dem die 5. und 1. Zacke gleiche Höhe haben, also scheinbar eine Viererreihe auftritt, aber es sind auch zugleich
2. mehrere kleinere Zacken zusammengeschmolzen;
3. zwei Stücke zeigen die Höhen der Zacken durchweg schlecht ausgeprägt, nur einmal eine deutlichere Periode;
4. ein Stück hat sehr verlöschte Zähne, ganz unregelmäßig hoch, dabei alle sehr niedrig.

b) Die Zahl der Zacken betreffend:

1. Periode verkürzt, d. h. es ist No. 1 und 5 stets deutlich, 1 höher wie 5, aber es fehlen öfters die kleinsten (Art d) an den geraden Stellen befindlichen Zähnen. Also anders wie bei a) 1. dieser Aufstellung. Dies findet sich an einzelnen Stellen von 5 Stücken;
2. Periode verlängert, anscheinend 10er und 12er Periode. Dies entsteht durch Verdoppelungen der kleinsten Zahn-

chen oder durch Einschiebung solcher hinter den Stellen 2, 4, 6, 8. Diese Abweichung findet sich am häufigsten an beiläufig 13 Stücken und betrifft nur Carpus-Glieder (sechste).

Zur Charakteristik dieser Zähnchenscheren gehört noch etwas anderes, nämlich daß an der ganzen Reihe entlang, innen und außen, besonders stark außen, d. h. dorsal, Tasthaare stehen, die die Zähnchen beiderseits begleiten; sie sind zu Büscheln angeordnet und fehlen an der Knotenschere. HERRICK hat, ohne darauf zu verweisen, diese Haarbüschel auch in seinen Zeichnungen (Plate 45 a und b) wiedergegeben, und es sind diese Behaarungen zum Teil gerade daran schuld, daß die Periode der Zacken an den vielen Photographien nicht zu sehen ist. Vor dem Anfertigen meiner Abbildungen, die unter der Lupe gezeichnet wurden, beseitigte ich die Haarbüschel mit dem Finger oder einem steifen Pinsel. Erwähnenswert ist schließlich noch, daß die Zähnchenschere in geringem Grade über die Fläche, nach der ventralen Seite hin, gebogen ist, und zwar sowohl der *Digitus fixus* des 6. Gliedes, wie das lose 7. Glied; letzteres etwas stärker.

Ich schließe hiermit meine Untersuchungen vorläufig und glaube doch manches Neue und Interessante beigebracht zu haben dadurch, daß ich die Aufmerksamkeit auf einen wichtigen Formenteil der Schere, nämlich die Greif- oder Kaufläche lenkte. Die Resultate dieser Betrachtungen lassen sich in folgenden 8 Punkten zusammenfassen:

1) In der überwiegenden Mehrzahl der Fälle hat der europäische (wie der amerikanische, HERRICK) Hummer zwei typisch verschieden gestaltete Chelae (ROESEL), unabhängig vom Geschlecht der Individuen und in keiner bestimmten Verteilung auf die rechte oder linke Körperseite.

2) In seltenen Ausnahmefällen finden sich gleichartig gebaute Chelae (similar claws, HERRICK), und zwar sind dies stets dünnwandigere, gracilere Zähnchenscheren (cutting claws).

3) Beim europäischen Hummer findet sich dies Verhältnis bedeutend häufiger.

4) Zur Charakterisierung der plumperen, ovoiden Knotenschere ergibt die Betrachtung der Greiffläche eine doppelte Erhebung von Höckern, die selten einheitlich, sondern, wie der ganze innere Rand, geteilt, gekerbt oder gezähnt erscheinen.

5) Die längere, feinere Schere weist in den schnurgerade angeordneten Zacken vier Größen auf, die sich in einer 8-stelligen Periode vielmals wiederholen.

6) Neben dieser Periode steht ein Sperrzahn, der die Gestalt von Knoten der ovoiden Schere annehmen kann.

7) Obgleich die beiden Scherenformen durchaus typisch verschieden und die Formen keineswegs flüssige und so variable sind, daß sie ihren Charakter verlieren, so finden sich doch manchmal (sehr selten) wirkliche Uebergänge.

8) Charakteristisch für die Schere mit den periodisch angeordneten Zacken sind die Tasthaare, die sich hier in großer Ausdehnung finden.

II.

Nach diesen Feststellungen muß die Frage nun von großem Interesse sein, ob dieselben ausreichen, uns über folgendes aufzuklären: Repräsentieren die beiden Scherentypen des Hummers, die so charakteristisch auseinandergehen, phylogenetisch gleich alte Bildungen? Sind beide überhaupt aus einer indifferenten Form, nach verschiedenen Richtungen hin divergierend, hervorgegangen? Oder haben wir Anhaltspunkte, die eine der beiden Formen als die ältere anzusehen, aus der heraus sich der zweite Typus gebildet hat, und welche von beiden ist dieser? Ich meine allerdings, daß meine Untersuchungen, trotz ihrer großen Beschränkung auf diese eine Species, dennoch diese Frage entscheiden können. Aber vorher wollen wir doch sehen, ob sich nicht mit Hilfe der Entwicklungsgeschichte des Tieres oder mit Heranziehung vergleichend-anatomischer Gesichtspunkte sichere Schlüsse ziehen lassen.

Sobald ich den Fund, von welchem meine Untersuchungen ausgingen, nämlich die periodischen Zacken der Zähnenschere an mehreren Hummerscheren, bestätigt hatte, lag mir daran, an verwandten Decapoden diese Verhältnisse zu untersuchen. Obgleich mir zu diesem Zwecke von Herrn Prof. CHUN in liebenswürdigster Weise und mit Interesse an meinem Funde die Thüren der zoologischen Sammlung geöffnet wurden, welche reich an Krebs-

tieren ist, so reichten die dort vorhandenen Exemplare ein und derselben Art doch nicht hin, bestimmte Aufstellungen zu machen, was dem Leser meiner obigen Untersuchungen verständlich erscheinen wird.

Die eine allgemeine Thatsache soll aber doch hier herangezogen werden, daß bei den Brachyuren, welche als phylogenetisch jüngste Formen anzusehen sind, auf beiden Seiten die dickschalige, grobe, knotenbesetzte Schere durchaus vorherrscht, während die beiden Scheren des dem Hummer am nächsten verwandten Makruren, des gemeinen Flußkrebsses, offenbar der ganzen Form nach unserer Zähnnenschere viel näher stehen, als den deformierten, ovoiden Knotenscheren. Diese Schere ist es ja auch, welche bisweilen zu so ungeheurer Mächtigkeit anwächst, während das bei der anderen Form nicht beobachtet ist; exquisite Beispiele giebt HERRICK Plate 15.

Hält man diese Thatsachen mit den oben aufgestellten acht Punkten, besonders deren No. 2 und No. 7, zusammen, so ist daraus folgende phylogenetische Entwicklung der Chela ersichtlich: Aus der Schere, wie sie *Astac. fluviat.* zeigt, bildete sich erst die von uns näher (No. 5, 6, 8 — auch 2 u. 3) beschriebene Zähnnenschere des Hummers heraus; später, erst aus einer von diesen Zähnnenscheren, entstand die Knotenschere. Sehr interessant sind in dieser Hinsicht HERRICK's similar claws, die ich beim europäischen Hummer in größerer Zahl nachweisen konnte. Exemplare mit 2 Zähnnenscheren sind vollkommen entwickelt und nicht ontogenetisch jüngeren Formen entsprechend. Daß wir aber andererseits in der Entwicklungsgeschichte die Differenzierung der beiden Scherentypen erst später finden werden, ist selbstverständlich. Der Einblick, den mir die trefflichen Studien HERRICK's in dieser Beziehung gewährten, ist zwar hinreichend, diese Annahme, die sich aus unserer Voraussetzung von selbst ergibt, zu bestätigen, aber nicht zu dem Zwecke, um zu sehen, ob der junge Hummer in gewissem Alter (um 1 Jahr herum?) stets noch beiderseits Scheren trägt, die offenbar dem Zähnnchentypus näher stehen (vergl. Fig. 36—39 der HERRICK'schen Tafeln). Ich meine, besonders mit Hinweis auf Punkt 2 und 3 müßte sich das vorfinden, wenn unsere Anschauung die richtige ist.

Demnach wären wir auf Grund der vorliegenden Untersuchungen betreffs der jüngsten phylogenetischen Entwicklung der Krebsschere wohl imstande, die oben ausgesprochene Reihen-

folge der Formen aufzustellen, die durch weitere Untersuchungen wohl gestützt, aber kaum angefochten werden kann.

Kein Geringerer als CHARLES DARWIN hat sich über die Gestaltung der Chela bis zur vollendeten Form, wie sie in der Schere von *Astacus fluviatilis* vorliegt, ausgesprochen. In seiner Entstehung der Arten giebt D. (S. 262 Abs. 2) im Vergleich mit den unvermittelt dastehenden Avicularien der Bryozoen eine kurze Uebersicht über die noch existierenden Uebergänge in den Formen der Crustaceenschere:

„Auf der ersten und einfachsten Stufe schlägt sich das Endsegment einer Gliedmaße herunter, entweder auf das querabgestufte Ende des breiten vorletzten Abschnittes oder gegen eine ganze Seite desselben, und wird hierdurch in den Stand gesetzt, einen Gegenstand festzuhalten; die Gliedmaße dient dabei aber noch immer als Lokomotionsorgan. Dann finden wir zunächst die eine Ecke des breiten vorletzten Abschnittes unbedeutend vorragen, zuweilen mit unregelmäßigen Zähnen versehen, und gegen diese schlägt sich nun das Endglied herab. Durch eine Größenzunahme dieses Vorsprungs und eine unbedeutende Modifizierung und Verbesserung seiner Form, ebenso wie der des endständigen Gliedes werden die Zangen immer mehr und mehr vervollkommnet, bis wir zuletzt ein so wirksames Instrument erhalten, wie die Schere eines Hummers.“

Auf die Differenzierung der Hummerscheren in zwei ganz verschiedene Typen ist dabei offenbar nicht Rücksicht genommen, sondern nur an die kräftigen Zangen gedacht, die in Gestalt der Chelae eben auch *Astacus fluviatilis* besitzt. Hieran würde sich die weitere Entwicklung der Chela, wie sie bei *Homarus* vorliegt, anschließen, und zwar in dem Sinne, wie ich es eben dargelegt habe.

Daß die Wirksamkeit der Zähnchenschere, wie wir sie beschrieben haben — und hiermit komme ich zur Funktion — nicht so einfach abzuthun ist, wie das die Forscher beliebt haben, auch nicht in der Weise einer cutting claw, gegenüber der crushing claw, wie HERRICK annimmt, ist offenbar, wenn man sich — abgesehen von der hakenförmig umgebogenen Spitze, welche beiden Scheren zukommt, und welche gegen die Bildung der Flußkrebscheren als ein Fortschritt aufzufassen ist — vor Augen hält, in wie vielen Punkten feststehende Differenzen im Bau der Scheren und ihrem Gesamthabitus bestehen, und wenn man dann, besonders in Bezug auf die Greiffläche, an die zweckentsprechende Gestaltung derselben denkt.

Die Entscheidung einer so prinzipiellen Frage, wie sicher man (hier im speciellen Falle und eben überhaupt) lediglich auf Grund des morphologischen Baues einer solchen Bildung auf die Funktion schließen kann, ohne biologische Vorstellungen aus Beobachtung der Lebensverhältnisse zu gewinnen, soll hier zwar nicht einmal angebahnt werden, indessen weise ich darauf hin, daß solche Schlüsse doch ganz auf der Tagesordnung sind, sei es daß es sich um analog gebaute Organe handelt, sei es für Organe, deren Funktion weder von der physiologischen Forschung, noch durch Beobachtung der Lebensgewohnheiten eine Beleuchtung erfahren haben. Als einzelnes Beispiel dieser Handhabung verweise ich nur, für den ersten Fall, auf eine Bemerkung W. FLEMMING's (der diesen Standpunkt mit weiser Einschränkung in seinem Aufsatz: „Ueber Organe vom Bau der Geschmacksknospen an den Tastern verschiedener Mollusken“ vertritt — daselbst, S. 146); wegen des zweiten Falles habe ich selbst für die Seitenorgane der Fische in einer einzelnen Beobachtung aus dem Leben der Macropoden (Biol. Centralbl., Bd. 17, No. 7, S. 273—282) bestätigen können, wie richtig die lediglich aus morphologischen Beobachtungen aufgebauten Vorstellungen von der Funktion dieses Organes sind.

Eingehendere Beobachtungen aus dem Leben, welche für unsere Art und zu diesem Zwecke zu verwerten wären, fehlen aber hier durchaus, wie denn überhaupt die Lebensverhältnisse der Crustaceen sehr wenig bekannt sind (vergl. DARWIN, Geschl. Zuchtwahl, S. 294). Um nur eines zu nennen, so besitzen einzelne Kruster Scheren, die beim Begattungsgeschäft eine Rolle spielen und dem Zwecke des Festhaltens des Weibchens entsprechend gestaltet sind. Hierüber sind auch bei einigen Arten derselben ganz bestimmte Beobachtungen vorhanden. Nun ist aber die Begattung beim Hummer noch nie beobachtet worden, und es weist uns in der Gestalt der Scheren auch nichts darauf hin.

Ich suchte zuerst aus BREHM's Tierleben einige Daten zu gewinnen. BREHM spricht im allgemeinen von dem Raubleben, welches die meisten Arten führten, und wozu sie durch ihre Körperorganisation, unter anderem durch die starken Scheren befähigt seien. Auch bei *Carcinus maenas* (S. 11) weist die Beobachtung v. MARTENS' darauf hin, daß die Krabbe in der starken Schere eine mächtige Waffe besitzt. Die Kampflust der gemeinen Strandkrabbe unserer Nordseeküsten ist ja jedem bekannt, im BREHM wird dies (*Dromia*, S. 17) weiterhin ausführlich geschildert. Von *Gelasimus* (S. 9) heißt es: „Die Weibchen haben ganz schwarze

Scheren, bei den Männchen ist aber eine Schere enorm entwickelt, und bedient sich der Krebs derselben, um den Eingang zu seinem Erdloche damit zuzuhalten (s. auch DARWIN, Geschl. Zuchtwahl, S. 297).“ Anders ist aber wohl mit DARWIN (ebenda) die Größe der Chela zu erklären, d. h. diese Funktion wird es wohl kaum sein, welche die Mächtigkeit derselben herangezüchtet hat. Vielmehr — wenn überhaupt die Krabbe sich der Schere gelegentlich zum Zuhalten des Erdloches wirklich bedient, wenn sie nicht eben nur da liegt, weil das Tier sie besitzt — ist die Größe der Schere ein Produkt der Zuchtwahl, und zwar der geschlechtlichen.

Dabei ist es ja nicht nötig, daß sie nur beim Männchen vorgefunden wird, aber die Größe kann auf diese Weise im konkurrierenden Kampfe der Männchen um die Weibchen herangezüchtet worden sein, wofür der Umstand spricht, daß in einzelnen Klassen (wie bei *Gelasimus*, *Melita*) solche Formen den Männchen allein zukommen, und daß bei den Crustaceen überhaupt oft die Männchen die Träger stärkerer Zangen sind (FRITZ MÜLLER, l. c. S. 12; DARWIN, Geschl. Zuchtwahl, S. 294).

Dennoch muß gesagt werden, daß bei keiner Art je der Kampf der Männchen um den Besitz der Weibchen gesehen worden ist. Aber DARWIN hält dies für wahrscheinlich, denn es gelte allgemein der Satz, das größere Männchen erlange diese Ueberlegenheit dadurch, daß es viele Generationen hindurch die Konkurrenten abgeschlagen habe. Nach SPENCER BATE nun seien bei den Crustaceen, und besonders bei den Brachyuren — nach HERRICK auch beim Hummer — die Männchen größer als die Weibchen.

Außer dieser Eigenschaft der Schere, der Kraft und Größe, welche dieselbe in den Dienst von Schutz und Trutz, und wie wir sahen, bereits in hervorragender Weise in den Dienst des Geschlechtslebens stellt, kommt Kraft, Größe und dann die besondere Formgestaltung, wie schon oben angedeutet, noch weiter für die Geschlechtsverhältnisse in Betracht. Hier dient uns vor allem wieder DARWIN's Werk als Fundgrube. D. erörtert die außerordentliche Verbreitung der Funktion des Festhaltens des Weibchens vor und bei der Begattung. Ein ausgeprägter Fall dieser Art ist eine von FRITZ MÜLLER beschriebene Species von *Tanais*, bei welcher zwei Formen von Männchen vorkommen; die einen haben zahlreichere Riechfäden, die anderen kräftigere Scheren. Ihre Ausbildung wird auf die Vorteile zurückgeführt, die für beide Formen auf dem Kampfplatze der Liebe gegeben waren. „Hier konnten“, sagt FRITZ MÜLLER, „sie Vorteile über ihre Mitbewerber

erlangen, indem sie entweder ihre Weibchen besser aufspüren oder besser zu fassen vermochten. Die besten Riecher besiegten alle, die ihnen in dieser Beziehung nachstanden, wenn sie nicht andere Vorzüge, etwa kräftigere Scheren entgegenzustellen hatten. Die besten Packer besiegten alle schwächer bewaffneten Kämpen, wenn sie nicht andere Vorzüge, etwa schärfere Sinne ihnen entgegenstellten.“ Dieser Fall steht nicht vereinzelt da, und auch andere Körperteile werden bei den Crustaceen zu dem Zwecke des Festhaltens verwandt und umgestaltet.

BREHM sagt (l. c. S. 28) von *Trypton spongicola* (die Figurenbezeichnung ist falsch, das Tier rechts ist *Trypton*, links *Pontonia*): „Die Scheren des zweiten Fußpaares sind sehr entwickelt, und immer erreicht die eine, mehr als die andere vergrößerte, fast zwei Dritteile der ganzen Körperlänge.“ Weiter wird hier nichts hinzugefügt, aber aus dem Vergleich der Abbildung der Schere mit den von FRITZ MÜLLER und DARWIN angeführten ist zu schließen, daß sie sich zum Festhalten des Weibchens ebenso gut eignen würde. Bei vielen Arten sind auch die Weibchen derart mit Anhängen versehen, daß sie gut gefaßt werden können. Eine zweite brasilianische Amphipodenart hat nach FRITZ MÜLLER (l. c., S. 16 ff.) ebenfalls zwei Formen von Männchen. Diese beiden unterscheiden sich durch die verschiedene Gestalt der Scheren, die bei beiden zum Festhalten des Weibchens dienen sollen.

Daß man aber oft nicht weiterkommt, wenn man ohne biologische Beobachtung nur die Form als solche vor sich hat, beweist GERSTÄCKER's Ausspruch (BRONN, l. c., S. 884 unten): „Eine äußerst schwache Scherenhand ist stets mit einem geißelartig gegliederten und stark verlängerten 5. Gliede des zweiten Beinpaares verbunden (*Lysmata*, *Pandalus*, *Hippolyte*, *Alpheus*, *Nika*, *Athanas*), und mit Rücksicht auf letzteres ihre Verwendung doppelt unerfindlich.“ Ebenso rätselhaft ist der besondere Zweck der ganz eigenartig gestalteten Schere des 4. Beinpaares von *Coenobita*, und es lassen sich wohl mehr Fälle hier anreihen.

Sind nun zwar die Beobachtungen nicht sehr reichliche, so wissen wir doch jetzt, worauf es bei der Funktion der Hummerschere ankommt, und wir können uns, auf diese Angaben gestützt, und mit Hinweis auf unsere morphologischen Beobachtungen vielleicht mit einiger Wahrscheinlichkeit über die Funktion der Scheren und über die Verschiedenartigkeit derselben bei den beiden beschriebenen Typen aussprechen.

Abweisen müssen wir danach, daß wir es mit einer crushing- und einer cutting claw in HERRICK's Sinne zu thun haben. Sind die Zähnnchen der letzteren schon spitz, so kann man doch eine Funktion des Schneidens beim Schluß der Scherenbranchen nicht annehmen. Weiche Teile, etwa Tiere, die zur Nahrung gehören, könnten wohl zerkleinert werden, doch ist nicht abzusehen, wieso diese Form in ihrer Regelmäßigkeit dazu angestrebt und schließlich in der Vollkommenheit erlangt worden sei, wie wir sie in vielen schön ausgebildeten Exemplaren vorfinden. Eine scharfe Schneide ist nicht einmal da, wie sie an Schneidezähnen gefunden wird, welche in der anderen Schere (vorderer Knoten!) gegeben ist.

Ich habe, nachdem mir der Vergleich mit der Säge keinen Anhaltspunkt bot, daß dieses Mordinstrument hier ausgebildet wäre, an eine Seih-Vorrichtung gedacht, wie sie in den Barten der Wale gegeben ist, jedoch bin ich hiervon bald abgekommen, da ich in der Nahrung der Tiere, die ebenfalls von HERRICK auf Grund zahlreicher Magenuntersuchungen studiert worden ist, keinen Anhaltspunkt gefunden hatte.

Kamen aber, wie wir bereits gesehen haben, im Leben der Krebse, wenn wir an die Verwendung der Scheren als Waffen dachten, schon die Kämpfe untereinander im Dienste der sexuellen Verhältnisse weit mehr und recht eigentlich in Betracht, dagegen weniger das Erlegen von Beutestücken und das Bekämpfen fremder Feinde, so war in dem weit verbreiteten Vorkommen eines Ergreifens des Weibchens ein zweiter Hinweis auf das sexuelle Leben gegeben.

Die Konkurrenz des Spürsinnes (die Antennen als Träger des Geruchsorganes bei FRITZ MÜLLER) weist uns darauf hin, daß möglicherweise die von uns oben als charakteristisch für die Zähnnchenschere hingestellten feinen Haarbüschel funktionell mit in Betracht kommen. Nach CLAUS handelt es sich hier um Tastorgane, vereinzelt und in Büscheln stehende Haare, welche sich auf Antennen, Tastern, Kiefern, Kieferfüßen und Beinen finden. Auch lehren die Untersuchungen LEYDIG's, daß die Antennen es sind, die die Riechfäden tragen. Die Zartheit der Wandungen der Zähnnchenschere, die nicht zum Schluß kommenden feinen Zacken, in Verbindung mit dieser Thatsache der weitverbreiteten Tastaare, weisen uns darauf hin, daß die Funktion dieser Bildung vielleicht außerhalb der Eigenschaft des Greifens, Packens und Knackens, welche der Knotenschere zukommt, zu suchen ist, wo-

bei sie doch in den Dienst des sexuellen Lebens gestellt sein kann. Dabei mag die Zange an der Spitze recht eigentlich viel besser, als an der Knackschere oder Knotenschere, die der groben Gewalt dient, zum Fassen angewendet werden, aber die einander zugewendeten Kanten mit ihrer Galerie periodischer Zacken und der diese einschließenden Reihen von Tasthaaren müssen zu einem anderen Zwecke so eigenartig umgebildet und ausgestattet sein.

Wenn ich nun doch hier für die Deutung der architektonisch so interessanten Zackenperiode und damit für die Funktion dieser Schere das Richtige gefunden haben sollte, so verdanke ich dies einzig der Leitung, die mir noch weiterhin DARWIN's Werk gab. Imponieren nämlich solche mächtigen Bildungen wie die Scheren der Hummer in derselben Weise, wie Hörner und Geweihe am Kopfe der Tiere verschiedener Tierklassen dem Unbefangenen einzig als mächtige Waffen, so belehren uns doch aufmerksame Beobachtungen, daß die Mächtigkeit der Bildung auch dazu bestimmt sein kann — und oft allein so aufzufassen ist — auf das Auge anderer Individuen zu wirken.

Nichts war für mich so sehr ausschlaggebend, wie die Auseinandersetzungen an jener Stelle, wo DARWIN von der Bedeutung der großen Hörner spricht, welche viele Coleopteren am Kopf- und Halsschild tragen. (Bekannte Beispiele hierfür sind der einheimische Nashornkäfer *Oryctes nasicornis* und der ziemlich seltene einheimische *Geotrupes typhoeus*.) Für diese Bildungen weist D. ebenso wie für den riesenhaften, geweihartig entwickelten Oberkiefer des Hirschkäfers (*Lucanus cervus*) die Ansicht zurück, daß wir hier Kampforgane gegen Feinde und auch in gewisser Beschränkung gegen rivalisierende Männchen vor uns haben (S. 330). Hiergegen spricht in vielen Fällen schon die Gestalt selbst, und dann liegen sorgfältige Beobachtungen der Entomologen vor, welche gerade bei den mit solchen Bildungen ausgezeichneten Arten die Kämpfe der Männchen vermissen. Auch spricht beredt dagegen der Umstand, daß bei vielen mit Hörnern versehenen Copriden die Männchen die Weibchen nicht an Größe übertreffen, was sonst — wie bereits oben hervorgehoben — der Fall sein müßte.

Diese und noch andere Erscheinungen sprechen dafür, daß die Hörner zu einem anderen Zwecke, nämlich um als Zierrat zu wirken, erworben wurden. DARWIN selbst sagt, es mag dies auf den ersten Blick äußerst unwahrscheinlich aussehen; indessen bekennt er sich zu dieser Ansicht, und wir finden bei höheren Tieren Analogien in Menge.

Der Kampf von männlichen Hirschkäfern untereinander ist zwar oft beobachtet worden, indessen hält es D. wieder für sehr zweifelhaft, ob die Größe der Oberkiefer auf diese Weise erklärt werden kann. Bei einem nordamerikanischen Verwandten, *Lucanus elaphus*, werden diese Bildungen zum Ergreifen des Weibchens benutzt, und nun sagt D. wörtlich: „Da sie so auffallend und elegant verzweigt sind, so ist mir zuweilen die Vermutung durch den Kopf gegangen, daß sie den Männchen als Zierraten dienstbar seien, in derselben Weise wie die Hörner am Kopfe und Thorax der verschiedenen oben beschriebenen Species.“

Es genügt wohl, diese Worte anzuführen, um zu zeigen, mit welcher Berechtigung wir auch im vorliegenden Falle bei einem anscheinend dem Kampfe dienenden Organe, einer gefährlichen Waffe, eine ganz andere Funktion zu vermuten haben.

Ich glaube allerdings nach diesen Erörterungen nicht fehlzugehen, wenn ich die beiden großen Scheren von *Homarus vulgaris* folgendermaßen anspreche: die schöne, regelmäßig und elegant gebaute, dünnwandige, mit periodischen Zähnchen und Tasthaaren versehene Zangenform als Schmuck- und Spürschere, die andere plumpe, ovoid umgestaltete, dickwandige, mit zahnähnlichen Knoten versehene Form als Knack- und Greifschere. Wie weit auch der letzteren Aufgabe, konkurrierende Männchen abzuschlagen und das Weibchen festzuhalten, diese Form in den Dienst sexueller Verrichtungen stellt, ist aus meinen obigen Angaben zu ersehen.

Daß es nicht so fern liegt, in der periodischen Zähnchen- oder Zackenreihe der Schmuck- und Spürschere eine Verschönerung, einen architektonisch-künstlerischen Schmuck zu erblicken, dafür soll hier noch auf die nahen Beziehungen zur Musik, Dichtung und Tanzkunst hingewiesen werden, wo wir es im Rhythmus, Takt, Versmaß, Komposition überall mit periodischen Folgen zu thun haben. Die Musikalischen unter meinen Lesern seien auf die Taktfolgen von Marsch- und Volksliedern hingewiesen und mögen, was die Einteilung eines einzelnen Taktes betrifft, die stärkere und geringere „Betonung“ der Zacken unserer Achterperiode (der Schmuckschere) einmal mit der Betonung der Achtel im $\frac{4}{4}$ Takte vergleichen, wenn sie wie der Anfänger: Ei-ne, zwei-e, drei-e, vie-re zählen! Hier ist Ei- stärker als drei- betont, als dritte Stärke folgt zwei- und vie-, und die Endsilben treten ganz zurück (siehe oben das Maßstabschema 2).

Bei der Gliederung von Themen, Melodien herrschen auch die

8- und 4-taktigen wunderbarerweise vor; und dies ist in der klassischen Musik vorwiegend der Fall (vergl. BILLROTH's letzten Brief an JOHANNES BRAHMS v. 12./I. 1894, FISCHER's Sammlung). Ebenso verwendet die Poesie in ihren Versmaßen solche periodischen Folgen, es kommt stets auf periodisch wiederkehrende stärkere und geringere Betonung an. Chor und Reigentanz führen zum Uebergang vom Rhythmus in Musik und Poesie zum Rythmus der Bewegung, zum körperlichen.

So liegt es unserer Vorstellung ganz nahe, wenn wir uns denken, daß das Auge eines Krebstieres, indem es über die periodischen Zacken hinschweift, einen angenehmen Eindruck seines „Schönheitssinnes“ empfängt.

Am Schlusse dieses mit II überschriebenen Abschnittes möchte ich noch besonders betonen, daß ich mich bemüht habe, betreffs der Erklärung der Funktion, wie der endgiltigen Ausgestaltung der Form, die der Funktion anzurechnen ist, das beizubringen, was wahrscheinlicherwise hierfür in Betracht kommt. Spekulation und Kombination müssen hier freien Lauf haben, und dennoch gäbe ich der speciellen Beobachtung den unbedingten Vorzug. Mir war es aber ein Bedürfnis, mich hierüber auszusprechen. Abschnitt II habe ich gerade auch äußerlich von I getrennt, wo ich Thatsachen und nächstliegende zwingende Schlüsse bringe, während nur Gesinnungsgenossen in II ihre Rechnung finden werden, weil hier auf einer viel breiteren Basis der Anschauung aufgebaut wird.

Im Texte herangezogene Litteratur.

- 1755 ROESEL VON ROSENHOF, Der monatlich herausgegebenen Insektenbelustigung III. Teil, Nürnberg, S. 345 ff.
 1835 OKEN's Allgemeine Naturgeschichte, Bd. V a.
 1836 CUVIER, Das Tierreich, Bd. IV, Leipzig.
 1860 FRANZ LEYDIG, Ueber Gesichts- und Gehörorgane der Krebse und Insekten. JOH. MÜLLER's Arch., S. 269 ff.
 1864 FRITZ MÜLLER, Für DARWIN, S. 12 ff. u. a. Leipzig, Engelmann.
 1871 CHARLES DARWIN, Die Abstammung des Menschen und die geschlechtliche Zuchtwahl, 2. Aufl. (CARUS), Stuttg., S. 294 ff.
 1872 Derselbe, Entstehung der Arten, 5. Aufl. (CARUS), Stuttgart.
 1878 BREHM's Tierleben, Bd. X, 2. Aufl., Leipzig, p. 11, 17 ff.
 1881 T. H. HUXLEY, Der Krebs, Leipzig, Brockhaus.
 1886 LEUNIS, Synopsis des Tierreichs, 3. Aufl., Hannover, S. 661.
 1890 BOAS, Lehrbuch der Zoologie, Jena, Gustav Fischer.
 1891 CLAUS, do., 5. Aufl., Marburg, S. 510 u. a.
 1892 GERSTÄCKER (BRONN's Klassen des Tierreiches), Arthropoden, 2. Aufl., Leipzig und Heidelberg, Bd. V, S. 883 ff.
 1895 T. H. HERRICK, The American Lobster. A study of its habits and development. Extracted from the Bulletin of the U. S. Fish Commission, Washington.
-

Erklärung der Abbildungen.

Tafel XX.

Fig. 1—3. Typen der Schmuckschere mit den periodischen Zacken, Tasthaare abgebürstet, *g* Grübchen zur Artikulation des Sperrzahnes *sp*.

Fig. 1. Ganzes 7. und daran ein Trümmer des 6. Gliedes einer rechten Schmuck- oder Zähnschere, von der ventralen Seite aus gesehen. Die Form des ganzen Gliedes sehr schön und langgestreckt und dementsprechend die Periode der Zacken gut ausgebildet, 6 mal wiederkehrend.

Fig. 2. 7. Glied einer linken Schmuckschere mit derselben Achterperiode. Die Gestalt ist fast ebenso schön gestreckt, Zähnen weniger regelmäßig gestaltet, Periode deutlich.

Fig. 3. 6., abgebrochenes Glied einer Zähnschere von der linken Seite. Gezeichnet von dorsalwärts. Kegelförmiger Sperr-

zahn (vergl. Fig. 8). Zähnnchen weniger ausgeprägt, Periode indessen unverkennbar.

Fig. 4—7. Uebergangsformen, darunter Fig. 4—6 Knotenscheren zum Packen und Kämpfen. Der eigentliche bekannte Knotentypus ist nicht dargestellt, dagegen solche, welche Erinnerungen an den Zähnentypus bringen.

Fig. 4. Endglied mit Resten des 6. Gliedes einer linksseitigen, sehr dickwandigen Knotenschere. Reines Profilbild, von der dorsalen Seite aus gesehen. Häufiger Befund (siehe Text).

Fig. 5. 6. Glied einer rechtsseitigen Knotenschere, von der Rückseite aus gesehen, doch etwas gedreht, so daß man auf die Greiffläche sieht. Der proximale Knoten ist durch doppelte, recht spitzige Hervorragungen gebildet, auch der vordere ist sehr wenig einheitlich, dickwandig. Selten. Einziges Exemplar.

Tafel XXI.

Fig. 6. Ziemlich dünnwandiges Exemplar des 6. Gliedes einer linksseitigen Knotenschere. Ansicht von der dorsalen Seite, doch wie Fig. 5 etwas gedreht. Die beiden Elevationen (an Stelle der 2 Knoten) wieder deutlich, aber nicht abgesetzt, sondern als Erhebungen der Zackenreihe selbst. Selten so ausgeprägt.

Fig. 7. 7. Glied einer linksseitigen Schere, welches aus mehreren Gründen dem Zähnentypus zuzugehören scheint. Enthält dennoch etwas vom Charakter der Knotenschere. Deutlichstes, sehr seltenes Beispiel eines Ueberganges des einen Typus zum anderen. Erstes Auftreten der Elevation in der Zackenreihe. Diese Zacken sind ungleich groß und haben, besonders die gegen die Spitze zu gelegenen, die Gestalt wie in Fig. 1. Sehr dünnwandig. Von der ventralen Seite, aber etwas gedreht.

Fig. 8. Von der Greiffläche aus gesehenes 6. Glied einer linksseitigen Zähnnchenschere, zur Demonstration der Lagerungsbeziehungen von Zähnnchenreihe, Sperrzahn und Medianlinie. Gewöhnliches Verhalten.

Fig. 9. Wie Fig. 8 aber ein rechtsseitiges Stück. Hier besteht ausnahmsweise ein sehr auffallendes Verhalten der Dimension und Form des Sperrzahnes. (Auf die Wiedergabe der periodischen Zähnnchen wurde bei Fig. 8 und 9 kein Wert gelegt.)

Sämtliche Scheren bzw. deren Fragmente wurden ohne jede Schematisierung unter der Stativlupe etwa in doppelter linearer Vergrößerung abgezeichnet und dann bei der Reproduktion wieder auf $\frac{3}{2}$ verkleinert.

Untersuchungen über das Nervensystem der Siphonophoren.

Von

Dr. Theodor Schaeppi,
Arzt in Zürich.

Mit Tafel XXII—XXVIII und 11 Textfiguren.

Einleitung.

Nachdem bereits von CLAUS, KOROTNEFF und C. K. SCHNEIDER an verschiedenen Siphonophoren das Vorkommen von Ganglienzellen nachgewiesen worden war, mußte es von Interesse sein, eine Uebersicht über das gesamte Nervensystem dieser Tiere zu erhalten. Diese Aufgabe habe ich in den vorliegenden Untersuchungen zu lösen versucht. War es mir aber darum zu thun, das Nervensystem in seinem Zusammenhange mit den Muskeln, Epithelien und Sinneszellen zu eruieren, so mußten selbstverständlich auch die übrigen histologischen Verhältnisse der Siphonophoren genau berücksichtigt werden. Demgemäß behandelt vorliegende Arbeit die Histologie der Siphonophoren überhaupt, allerdings mit besonderer Berücksichtigung ihres Nervensystems.

Das Material zu diesen Untersuchungen verschaffte mir im Winter 1893/94 ein 6-monatlicher Aufenthalt in Neapel und Messina, der mir auf Fürsprache meines hochverehrten Lehrers Prof. HAECKEL in Jena durch ein Reisestipendium aus der PAUL v. RITTER'schen Stiftung ermöglicht wurde. Ich spreche sowohl hierfür wie auch für die gütige Ueberlassung eines Arbeitsplatzes am zoologischen Institut in Jena Herrn Prof. HAECKEL meinen wärmsten und innigsten Dank aus. Durch Uebernahme ander-

weiteren Untersuchungen erlitt vorliegende Arbeit häufige und lange Unterbrechungen, was neben einer unliebsamen Verschleppung doch wieder den Vorteil hatte, daß jeweilen bei der Wiederaufnahme der Arbeit manche Schwierigkeit fiel, manche zweifelhaften Befunde ihre endgiltige Aufklärung fanden.

Was die Methodik anbelangt, so habe ich hauptsächlich Macerationspräparate angefertigt, wobei ich mich der HERTWIG'schen und SCHNEIDER'schen Flüssigkeiten (Osmiumessigsäure-Gemische) bediente. Zur Färbung benutzte ich bei diesen Präparaten BEALE'sches und Pikrokarmin, vor allem aber und mit bestem Erfolge die langsame Färbung mit EHRLICH'schem Hämatoxylin, welches stets auch eine prächtige Plasmafärbung ergibt, die für die Verfolgung der nervösen Elemente ganz unentbehrlich ist. Zur Konservierung ausgestreckter Tiere wurden die LO BIANCO'schen Gemische verwandt; derartige ausgestreckt konservierte Tiere dienten mir nicht nur zur Einbettung und Herstellung von Schnittpräparaten, sondern vor allem zur Darstellung der verschiedenen Elemente in situ. Eine nachträgliche Maceration an dergleichen Präparaten gelang mir durch 24—36-stündiges Liegengelassen derselben in RANVIER'schen Drittelalkohol. Im übrigen verweise ich bezüglich der Technik auf den Text und die Figurenerklärung.

Stamm.

Mit Rücksicht auf das Verständnis der histologischen Details ist eine kurze Betrachtung der makroskopischen Verhältnisse, insbesondere der Architektonik des Stammes notwendig. In seinen Mitteilungen über Siphonophoren (Zoolog. Jahrb., Bd. 9) kommt C. CAMILLO SCHNEIDER ausführlich auf den Bauplan der Siphonophoren zu sprechen und bekämpft vor allem die bisherige Anschauung, nach welcher die Medianlinie des Stammes, an welcher die einzelnen Anhänge knospen, als Ventrallinie betrachtet wird. „Zunächst“, meint er, „muß es als unzulässig bezeichnet werden, einen Erscheinungszustand, der nur vorübergehend ist und auf Reizung hin durch gewaltsame Aktion der Stammmuskulatur zustande kommt, zur Bestimmung der Lagebeziehungen auszuwählen“, und zweitens müsse man bei dieser Frage von den einfachsten und phylogenetisch ältesten Formen ausgehen, als welche er die Calycophoren betrachtet. Sehen wir zu, in welcher Weise CAMILLO SCHNEIDER die Lagebeziehungen dorsal und ventral entwickelt; S. 613 heißt es: „Ganz ursprüng-

liche Verhältnisse treffen wir nur bei der einglockigen *Sphaeronectes*, von der es auch wahrscheinlich ist, daß die einzige vorhandene Deckglocke überhaupt die einzige ist, die gebildet wurde, also direkt die larvale. Betrachten wir nun eine ruhende *Sphaeronectes*, die so orientiert ist, daß der Saftbehälter der Deckglocke nach vorn, der Schwimmsack nach unten und ein wenig schräg nach hinten sieht — eine Haltung, die auch beim ruhigen Schwimmen gewahrt wird — daß ferner der gestreckte Stamm unter leicht bogiger Krümmung nach hinten aus der Schutzhöhle herabhängt, so zeigt sich der Stamm von seinem Anfang an, von der Vereinigungsstelle von Saftbehälter und Glockengefäß aus, auf der dorsalen Seite mit Knospen, die allmählich nach hinten zu fertigen Anhängen heranwachsen, bedeckt, während die ventrale Seite der Anhänge vollständig entbehrt. Wir entnehmen diesem Befund, der uns ein unzweifelhaft ursprüngliches Verhalten kennen lehrt, daß nicht, wie bis jetzt angenommen wurde, die Knospungslinie des Stammes ventral, vielmehr dorsal gelegen ist.“ Weiter heißt es auf S. 621: „Aber nur bei wenigen anderen *Calycophoren* beobachten wir, wie bei *Sphaeronectes*, die Anhänge in Wirklichkeit dorsal am gestreckten Stamm gelegen; vielmehr vollziehen sich bei allen zwei- und vielglockigen Formen Drehungen am Vorderende des Stammes, welche die Lageverhältnisse der Gruppen wesentlich beeinflussen. Ich muß an dieser Stelle kurz das Bild beschreiben, das eine jagende *Praja cymbiformis*, eine der einfachst gebauten und daher für uns besonders interessanten Siphonophoren, gewährt. Die beiden ungleich großen Deckglocken am Vorderende des Stammes liegen übereinander, und zwar die grössere stets zu unterst; wir sehen an ihnen vorn den Deckteil mit dem rudimentären Saftbehälter, hinten die Schwimmhöhle, deren regelmäßige Bewegungen zur Hauptsache die Lokomotion bewirken. Wo die beiden Saftbehälter und beiden Glockengefäße zusammenstoßen, beginnt der Stamm, an dem nur die ersten jüngsten Stammgruppen eng gedrängt stehen, während die übrigen in Abständen von 1 cm und mehr aufeinander folgen. Die allerersten Gruppen entspringen seitwärts am Stamm; aber noch innerhalb des Schutzraumes der Deckglocken rücken sie auf die Bauchseite, wo sie bis ans Stammende zu verfolgen sind.“ Wie aus diesen beiden Beispielen hervorgeht, beantwortet CAMILLO SCHNEIDER die Frage, was

dorsal und ventral ist, auf dem Wege, daß er den Stamm nach den Schwimmglocken, diese letzteren aber nach ihrer natürlichen Haltung „wie sie beim ruhigen Schwimmen gewahrt wird“, orientiert. Möchte auf dieses Vorgehen nicht vielleicht der von SCHNEIDER oben angeführte Vorwurf passen, daß man in dieser Frage keinen vorübergehenden Erscheinungszustand als Ausgangspunkt wählen dürfe? Ich habe bis jetzt nicht gewußt, daß (per analogiam) mein Kopf dorsal und mein Steiß ventral sitzt, und bin immer der Meinung gewesen, daß wir bei der Bestimmung dessen, was dorsal und ventral ist, von einer den Körper in zwei spiegelbildlich ungleiche Hälften teilenden Ebene ausgehen, welche senkrecht steht zu einer (Bilateralsymmetrie) oder mehreren (Radialsymmetrie) den Körper in spiegelbildlich gleiche Hälften teilenden Ebenen. Um nun an einem spiralgig oder schraubig aufgewundenen Tiere diese Ebenen anlegen zu können, ist es notwendig (re vera oder gedanklich), den Körper aus der torquierten in die gerade Haltung zu bringen. Thut man dies bei den Siphonophoren, so ist durch die Ansatzlinie der Knospen und eine ihr vis-à-vis am Stamme verlaufende Rinne oder Pigmentlinie (s. u.) eine Symmetrieebene gegeben, und damit ist auch durch eine zu ihr senkrechte Ebene die ventrale von der dorsalen Seite geschieden. Als ventrale Seite wurde nun die Ansatzlinie der Anhänge offenbar deshalb angenommen, weil die Freßpolypen und somit die Mundöffnungen auf dieser Seite des Stammes liegen. Ich glaube kaum, daß die Darstellung SCHNEIDER's, nach welcher ein homologes Organ, die Knospungszone, innerhalb ein und derselben Gattung bald ventral, bald dorsal auftreten soll, großen Beifall finden wird; ich meinerseits halte es mit dem bisherigen Orientierungsmodus.

Wir beginnen mit den Physophoriden und unter diesen mit *Halistemma rubrum* HUXLEY. Nach der Ansicht von CLAUS ist die Schwimmsäule, das Nectosom, dieser Siphonophore in einer Lambdaspirale d. i. rechtsseitig gewunden, der Nährkörper, das Siphosom, dagegen in einer Deltaspirale d. i. linksseitig gewunden. Letzteres ist richtig, ersteres nur zum Teil. Obwohl die Spiralwindungen mit Leichtigkeit schon am lebenden Tiere zu konstatieren sind, ist ihre sichere Verfolgung nur an im ausgestreckten Zustande abgetöteten Objekten möglich (vgl. Techn.). Nach schonender Entfernung der Stammanhänge treten uns die zur Orientierung der Spiralwindungen dienenden Linien: die ventrale und dorsale Mittellinie mit wünschenswerter Deutlich-

keit entgegen. Letztere hebt sich an Osmiumessigsäure-Präparaten durch ihre hellere Färbung von der Umgebung ab und wird durch das von KOROTNEFF und C. SCHNEIDER präparierte „Centralnervensystem“ repräsentiert; erstere, die ventrale Mittellinie ist durch die „halskrausenförmigen“ Erhebungen der äußeren Stammeswand markiert, die den Stammanhängen zum Ursprung dienen. Verfolgen wir nun die genannten Linien von der Stammspitze ab nach unten zu, so sehen wir dieselben in der That anfänglich in einer rechtsgewundenen Spirale um die Stammachse verlaufen, aber noch ehe wir die Mitte des Nectosoms erreicht haben, hört der spiraloge Verlauf auf und geht in eine nur leichte seitliche Exkursionen beschreibende Schlangenlinie über, die, wie leicht ersichtlich, dadurch zustande kommt, daß rechts- und linksseitige Spiralwindungen in rascher Folge einander ablösen, derart, daß die Windungen nicht Zeit finden, sich um die Achse des Stammes herumzulegen. Gegen das untere Ende des Nectosoms zu formiert sich aus der dorsalen und ventralen Schlangenlinie wiederum eine Spirale, aber nicht eine rechtsseitige, wie im oberen Stammabschnitt des Nectosoms, sondern eine linksseitige. Die Spiraldrehung des unteren Abschnittes des Nectosoms ist demnach nicht entgegengesetzt, sondern konform derjenigen des Siphosoms.

Die Uebergangsstelle des Nectosoms in das Siphosom ist auf Querschnitten in nebenstehender Textfig. 1 wiedergegeben. Wie wir aus ihr ersehen, geht die Dorsallinie des Nectosoms *Dn.* nicht in diejenige des Siphosoms *Ds.* über, sondern steht ihr vielmehr diametral gegenüber. Demnach müssen die Ventralseiten von Necto- und Siphosom einander berühren, was in der Weise geschieht, daß die Ansatzstelle der Schwimmglocken *Vn.* derjenigen der Bracteen, Polypen und Palponen *Vs.* gegenüberliegt. Die Dorsalseite des Nectosoms bildet in ihrer Fortsetzung auf das Siphosom dessen rechte Ventralseite, und umgekehrt wird die rechte Ventralseite des Nectosoms im

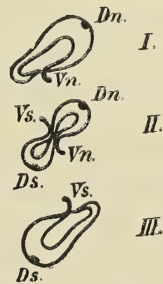


Fig. 1. Uebergangsstelle des Nectosoms auf das Siphosom von *Halistemma*. *Dn.* Dorsallinie des Nectosoms. *Ds.* Dorsallinie des Siphosoms. *Vn.* Ventrallinie des Nectosoms. *Vs.* Ventrallinie des Siphosoms.

weiteren Verlaufe zur Dorsalseite des Siphosoms. In der Mitte der Uebergangsstelle sind Nectosom und Siphosom auf eine kurze Strecke durch eine von ihrer gemeinsamen Ventralseite gebildete Scheidewand getrennt, während ober- und unterhalb dieser Stelle ihre Lumina miteinander kommunizieren.

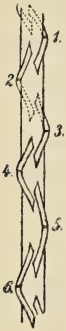


Fig. 2. Anheftungsmodus der Glockenträger von *Halistemma*.

Die Anheftungsweise der Schwimmglocken ist bisher nicht richtig angegeben worden. Nach der Ansicht der früheren Beobachter ist die biseriale Anordnung der Nectophoren von *Halistemma* lediglich eine Folge der Spiraldrehung des Stammes; aber schon aus dem oben erwähnten Umstande, daß die Mitte des Nectosoms keine Torsion aufweist, geht die Unrichtigkeit jener Ansicht hervor. Die nebenstehende Textfigur 2 erläutert den Anheftungsmodus der Schwimmglocken am Nectosom, und zwar an der Uebergangsstelle des rechtsseitig - spiralgigen, oberen (1—3) in den nicht torquierten mittleren (3—6) Stammabschnitt. Wie ersichtlich, erfolgt die Befestigung der Schwimmglocken an der

Ventralseite des Stammes mittelst langgestreckter, schmaler und niedriger Bänder, die derart in zwei Reihen angeordnet vom Nectosom sich erheben, daß jeweilen das obere Ende des einen Bandes dem unteren Ende des vorhergehenden gegenüber entspringt und die mit ihrer distalen Kante, in konkavem Bogen den Scheitel der Glocken in dorso-ventraler Richtung umfassend, mit der Exumbrella verwachsen. CLAUS u. a. haben diese Haftbänder als „halskrausenförmig gefaltete Erhebungen“ des Stammes beschrieben. Der Vergleich mit Halskrausen paßt indessen nur für das Aussehen der Bänder am völlig kontrahierten und der Schwimmglocken beraubten Nectosom, während er für die Verhältnisse am lebenden Tiere durchaus unzutreffend ist, da die Bänder stets gestreckt und niemals weder längs- noch quergefaltet sind. Ich benenne daher diese Bänder ein- für allemal „Glockenträger“. Wie nun die Textfigur leicht erhellt, ist die zweizeilige Anordnung der Schwimmglocken am mittleren, nicht torquierten Stammabschnitt eine Folge der zweizeiligen Anordnung der Glockenträger, indem alle linksseitigen nach links, alle rechtsseitigen nach rechts hin abgebogen (umgeklappt) sind; im Bereiche des oberen und unteren, torquierten Stammabschnittes kommt die biseriale An-

ordnung der Nectophoren dadurch zustande, daß jeder Glockenträger die halbe Peripherie der Stammachse umkreist, sodaß die Mitten zweier aufeinander folgender Schwimglocken, auf dieselbe Ebene bezogen, einander diametral gegenüberstehen (vergl. Fig. 1, 2 und 3). Da nun, wie bereits mitgeteilt, die distale Kante der Glockenträger den Scheitel der Glocken dorso-ventral umfaßt, so müßten demnach die Nectophoren am oberen und unteren Stammabschnitte in diagonale Stellung kommen, d. h. mit ihrer Transversalachse nicht senkrecht, sondern schräg zur Stammachse liegen. Diese Diagonalstellung wird indessen korrigiert durch eine spiraloge Drehung der Nectophoren selbst, und zwar ist diese Drehung jeweiligen derjenigen des Stammes und der Glockenträger entgegengesetzt, also im oberen Stammabschnitt eine linksseitige, im unteren eine rechtsseitige. Es fällt indessen sofort auf, daß diese Spiraldrehung der Nectophoren, die übrigens nur dem Scheitel der Glocken zukommt, weit weniger stark ausgesprochen erscheint als diejenige (die entgegengesetzte) des Stammes; wenn trotzdem die Transversalachse der Schwimmsacköffnung der Nectophoren senkrecht zur Stammachse steht, so hat dies seinen Grund darin, daß die Anheftungslinie der Glockenträger nicht genau in dorso-ventraler Richtung verläuft, sondern vielmehr in einem Winkel von ca. 20° zur Dorso-ventralebene steht.

Die Anheftung der Anhänge der Siphosoms von *Halistemma* geschieht derart, daß die Bracteen, zu 2 Reihen angeordnet, von der Ventralseite entspringen, wobei sie die Ursprünge der Polypen, Palponen und Gonaden zwischen sich fassen.

Die Architektonik des Stammes von *Halistemma* ist durchaus übereinstimmend mit derjenigen der übrigen *Anthemodinen* und mit geringen Modifikationen auch mit derjenigen der *Forskäliden*. Auch hier zeigt, entgegen der Angabe früherer Autoren, nur der obere Teil des Nectosoms eine rechtsspiraloge Drehung, während der mittlere Abschnitt desselben der Torsion entbehrt und der unterste Teil homodrom mit dem Siphosom gewunden erscheint. Ein wesentlicher Unterschied liegt aber in dem Uebergang des Nectosoms in das Siphosom. Während, wie wir eben gesehen haben, die Dorsalseite des Nectosoms von *Halistemma* in der Ventralseite des Siphosoms aufgeht (und dementsprechend die Ventralseite der ersteren in der Dorsalseite der letzteren), so trifft für die *Forskäliden* gerade das Gegenteil zu: Die Dorsalseite des Nectosoms geht unmittel-

bar über in die Dorsalseite des Siphosoms, die Ventralseite der ersteren in diejenige der letzteren. Demgemäß sehen wir auch sowohl die ventrale Knospungslinie als auch die durch das „Centralnervensystem“ der Autoren repräsentierte dorsale Mittellinie ohne Unterbrechung von der Schwimmsäule auf das Siphosom übergehen. Die Glockenträger sind in derselben Weise biserial angeordnet wie bei Halistemma, erscheinen aber wesentlich anders geformt, indem ihre Ansatzstelle in der Längsrichtung des Nectosoms viel schmaler, ihre Höhe aber, d. h. die Entfernung ihres distalen, abaxialen zum proximalen, axialen Rande

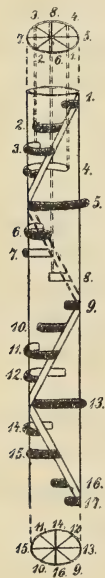


Fig. 3. Anheftungsmodus der Glockenträger von *Forskalia Leuckarti*.

viel bedeutender ist als an den Glockenträgern von *Halistemma* und der anderen *Anthemodinen*. Die nebenstehende Textfigur 3 zeigt schematisiert den Anheftungsmodus der Nectophoren von *Forskalia Leuckarti* und zwar wiederum an der Uebergangsstelle des oberen rechtsspiraligen (1—9) in den mittleren, unterquierten Stammabschnitt (9—17). Wie aus der Figur ersichtlich, sind die Nectophoren durch gesetzmäßige spirallige Drehungen der in 2 Zeilen entspringenden Glockenträger zu acht Längsreihen angeordnet. Die mit 1, 2, 3 und 4 bezeichneten Glockenträger sind rechtsspiralig um die Stammachse gedreht, wobei sie successive $\frac{1}{8}$, $\frac{2}{8}$, $\frac{3}{8}$ und $\frac{4}{8}$ Touren beschreiben; die mit 5, 6, 7 und 8 bezeichneten Glockenträger dagegen winden sich linksspiralig um die Stammachse herum und beschreiben dabei successive $\frac{4}{8}$, $\frac{3}{8}$, $\frac{2}{8}$ und $\frac{1}{8}$ Touren. Im nicht torquierten, mittleren Stammabschnitt verhalten sich die Glockenträger 9—13 analog den mit 1—5 bezifferten, die Glockenträger 14—16 aber sind im Gegensatze zu den Glockenträgern 6—8 nicht links- sondern rechtsspiralig gedreht. Zwei

Momente konnten in dem nebenstehenden Schema nicht ausgedrückt werden: 1) Die gleiche Länge aller Glockenträger, mögen sie nun $\frac{1}{8}$ oder $\frac{4}{8}$ Touren beschreiben; 2) die richtige Breite der Bänder und der damit verknüpfte Umstand, daß das obere Ende des einen Glockenträgers dem unteren Ende des vorhergehenden gegenübersteht, ganz so, wie dies bei *Halistemma* beschrieben wurde.

Die gleiche Länge der Glockenträger hat zur Folge, daß

diejenigen Schwimmglocken weiter von der Stammachse entfernt sind, deren Glockenträger nur $\frac{1}{8}$ Spiralwindung beschreiben, als diejenigen, deren Bänder $\frac{2}{8}$ — $\frac{4}{8}$ Touren zurücklegen. Daraus müßte auch ein ungleicher Abstand der Schwimmsacköffnung der einzelnen Schwimmglocken von der Stammachse resultieren, wenn diese Ungleichheit nicht durch eine verschiedene Länge des lamellosen Glockenstieles der einzelnen Nectophoren aufgehoben würde.

Ich habe mir nicht die Mühe gegeben, auch die Schwimmsäule der anderen Forskaliden auf ihre Architektonik zu untersuchen, da ich glaube, daß durch das angeführte Beispiel zur Genüge erhellt, wie die radiale Anordnung der Nectophoren um das Nectosoma zustande kommt. Ich will nur noch an dieser Stelle erwähnen, daß die Uebergangsstelle des Nectosoms auf das Siphosom bei *Forskalia Edwardsii* zu einer ansehnlichen, länglichen Blase angeschwollen ist, während dies bei *Forskalia Leuckarti* und *ophiura* nicht der Fall ist. — Bezüglich des Anheftungsmodus der Anhänge des Siphosoms der Forskaliden gilt dasselbe, was wir für die Anthemodinen angegeben haben. — Die Architektonik der Schwimmsäule von *Physophora* schließt sich gleichfalls eng an diejenige von *Halistemma* an. Hier wie dort sind die Glockenträger, die wiederum in zwei Reihen angeordnet sind, von langgestreckter, trapezförmiger Gestalt. Sie alternieren aber hier in der Weise, daß das obere Ende des einen (nicht dem unteren, wie bei *Halistemma* und *Forskalia*, sondern) der Mitte des vorhergehenden Glockenträgers gegenüber entspringt. Wie bei *Halistemma* resultiert auch hier die biserial Anordnung der Nectophoren im Bereiche des untorquierten Stammabschnittes aus dem Umstande, daß alle rechtsseitigen Glockenträger nach rechts, alle linksseitigen nach links umbiegen, im Bereiche des torquierten Abschnittes aber aus dem halbstammumfassenden Glockenträger (vergl. *Halistemma*). Es fällt aber sofort auf, daß nur der alleroberste Abschnitt des Nectosoms rechtsspiralig

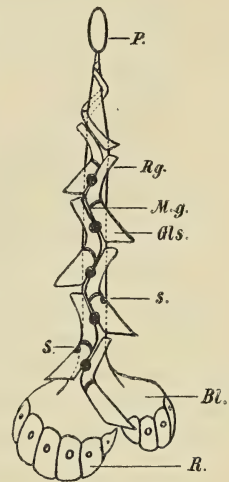


Fig. 4. Stamm von *Physophora* (halbschematisch). *P.* Pneumatophore. *Bl.* Blase. *R.* Rähmchen, Ansatz der Palponen. *Gt.* Glockenträger. *Mg.* Mediangefäß. *Rg.* Randgefäß. *A.* Ausschnitt für das „spindelförmige Organ“.

gewunden ist und daß im Gegensatz zu den Anthemodinen und Forskaliden eine linksseitige Spiralwindung des untersten Abschnittes fehlt. Allerdings ist stets wenigstens eine Andeutung einer linksspiraligen Torsion zu konstatieren, insofern nämlich das Ende der ventralen Medianlinie stets von rechts-oben nach links-unten, also im Sinne einer Deltaspirale verläuft (vergl. die Textfigur 4); demgemäß ist auch stets die unterste (älteste) Schwimmglocke eine linksseitige.

Das Siphosom von Physophora, welches bekanntlich zu einer voluminösen Blase aufgetrieben ist, zeigt wie bei allen Physonecten eine linksspiralige Torsion. Da dem gesamten Stamme von Physophora eine von ihrer Umgebung sich abhebende dorsale Mittellinie, wie sie den Anthemodinen und Forskaliden zukommt, völlig fehlt, so sind wir bei der Lösung der Frage, welches die dorsale und welches die ventrale Seite des Siphosoms sei, allein auf die ventrale Orientierungslinie angewiesen. Wenn es uns daher auch leicht ist, festzustellen, daß die Ventralseite des Siphosoms durch die den Palponen, Polypen und Gonophoren zum Ursprung dienende Außenseite und den peripheren Teil der Unterseite der Stammblase repräsentiert wird, so läßt sich von vornherein nicht entscheiden, ob die Oberseite oder der centrale Teil der Unterseite der Blase der Dorsalseite des Siphosoms der übrigen Physonecten entspricht. Da nun, wie ich der histologischen Beschreibung vorgreifend bemerken will, die Unterseite der Blase eine sehr stark entwickelte Muskulatur aufweist, während die Oberseite nur zarte Muskelfasern trägt, und da überall anderwärts die dorsale Seite durch den Besitz einer kräftigen Muskulatur, die Ventralseite dagegen durch den Mangel einer solchen ausgezeichnet ist, so stimme ich mit KOROTNEFF überein, welcher die Unterseite der Stammblase als Dorsalseite auffaßt. Die Oberseite der Blase dagegen ist nicht als der Ventralseite des Siphosoms angehörig aufzufassen, sondern repräsentiert vielmehr die Uebergangsstelle der Dorsalseite des Nectosoms in die Ventralseite des Siphosoms.

Unter den Calyconecten stehen die Polyphyiden bezüglich der Architektonik ihres Stammes den Physonecten am nächsten. CLAUS hat zuerst eine genauere Beschreibung und Abbildung des Necto- und Siphosoms von Hippopodius gegeben. Wie dieser Autor richtig bemerkt, ist entgegen der Anschauung von LEUCKART der Vegetationspunkt für die Necto-

phoren *a* von demjenigen des Siphosoms, *b* durch den deutlich entwickelten oberen Abschnitt des Nectosoms getrennt. Im Gegensatz hierzu läßt CAMILLO SCHNEIDER die Knospungsstelle beider Zonen „unmittelbar oder wenigstens ganz dicht nebeneinander“ liegen. Das Vorderende des Stammes liegt nach SCHNEIDER nicht am Vorderende des Tieres, sondern um die Nährzone zurückgeschlagen, da wo die älteste und größte Glocke sich befindet. Ich bin mit dieser Auffassung nicht einverstanden, sondern schließe mich der Darstellung von CHUN an (Ueber den Bau und die morphologische Auffassung der Siphonophoren, Breslau 1897). Nach der Ansicht dieses Autors ist der Stamm des Nectosoms von Hippopodius, im Grunde genommen, nur ein Scheinstamm (vergleichbar der scheinbaren Stammachse bei den wirtelförmigen Blütenständen mancher Phanerogamen), welcher dadurch zustande kommt, daß die älteren Glocken durch

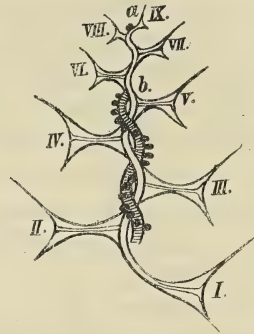


Fig. 5. Stamm von Hippopodius. *a* Knospungszone der Glocken. *b* Knospungszone der polypoiden Anhänge.

die nachfolgenden fortwährend nach abwärts gedrängt werden und die jüngeren Glocken an den später stielförmig sich ausziehenden Basalabschnitten der älteren sich ansetzen. Die vielglockige Schwimmsäule von Hippopodius ist von jeher derjenigen der Physophoriden an die Seite gestellt worden, und man ist daher immer versucht gewesen, die Physophoriden von Hippopodius-ähnlichen Formen abzuleiten, indessen spricht schon das Fehlen einer eigentlichen Stammachse gegen eine derartige Ableitung.

Wie C. SCHNEIDER richtig angiebt, ist das Siphosom von Hippopodius schraubig gedreht, aber im Gegensatze zu seiner Abbildung auf S. 625 und zu derjenigen von CHUN (S. 70) finde ich es an allen meinen Präparaten in einer Deltaspirale verlaufend, also ganz wie bei den Physophoriden. Auch der folgenden Darstellung SCHNEIDER's kann ich nicht beipflichten: „Die innige Verbindung von Drehschwimmzone und Nährzone hat eine Verflechtung beider Stammstücke zur Folge, indem das vordere dünnere Stück sich um das hintere aufs engste spiralig herum-schlingt und hierdurch auch letzteres in seinem Verlaufe beeinflusst. Es ergeben sich zwei Spiralen von gleicher Krümmungs-richtung, wenn wir die Verbindungsstelle beider Zonen als

Ausgangspunkt für die Drehung annehmen, wie es dem Wachstum des Tieres entsprechend geschehen muß. Dann windet sich die Nährzone in enger, flacher Spirale um eine angenommene imaginäre Achse, und der dünne Stamm der Schwimmzone wiederum umschlingt, sich eng dem Stamm der Nährzone anlegend, diesen in einer weiteren, viel stärker gekrümmten Spirale“. Im Gegensatze hierzu finde ich, daß das Nectosom (die Scheinachse) in entgegengesetzter Richtung gewunden ist wie das Siphosom, also in einer Lambdaspirale.

Die Glockenträger von *Hippopodius* sind lang und schmal, in ihrem Ursprunge und Glockenansatz wesentlich verbreitert und derart übereinander angeordnet, daß das obere Ende des einen direkt in das untere Ende des vorhergehenden übergeht, und daß, wie SCHNEIDER richtig bemerkt, zwischen je zwei opponierten Anhängen der Stamm sich um 180° um seine Achse dreht.

Betreffend die *Diphyiden* verweise ich auf die Darstellungen von CLAUS und SCHNEIDER, sowie die älteren vorzüglichen Abbildungen GEGENBAUR's (Beiträge zur näheren Kenntnis der Siphonophoren). Typisch ist, wie SCHNEIDER hervorhebt, bei allen *Calycophoriden* die Erscheinung, daß das Siphosom und Nectosom (soweit von einem solchen die Rede sein kann), von ihrem Verbindungspunkte aus in entgegengesetzter Richtung sich entwickeln. Was die Spiralwindungen des Siphosoms anbelangt, so finde ich dasselbe bei *Praya* und *Galeolaria* stets linksgewunden in Uebereinstimmung mit dem Verhalten des Siphosoms bei den *Physophoriden* und *Polyphyiden* (s. o.) und im Gegensatze zu der Angabe SCHNEIDER's, daß sich die Spiralwindungen bei diesen Tieren vielfach widersprechen. An dem einzigen Exemplare von *Stephanophyes* sup. CHUN, welches mir in toto zu konservieren nicht gelungen ist, konnte ich während des Lebens keine Spiralwindung beobachten.

Die histologische Struktur des Stammes der Siphonophoren ist von KOROTNEFF und CAM. SCHNEIDER untersucht und beschrieben worden. Letzterer unterwirft auf S. 406 bis 408 die Angaben KOROTNEFF's einer Kritik, welcher ich, soweit sie sich auf die Beschreibung der ektodermalen Epithelmuskelzellen bezieht, völlig beipflichten kann. Bei allen von mir untersuchten Siphonophoren fand ich die Epithelmuskelzellen in einfacher Lage vor und von derselben charakteristischen Form, wie sie SCHNEIDER für *Forskalia Edwardsii* angegeben, hat d. h.

mit zweierlei Fortsätzen behaftet, von denen die einen peripher und senkrecht zur Längsachse des Stammes verlaufen, die anderen centripetal vordringen und mit den Längsmuskeln des Stammes in Zusammenhang stehen. Bezüglich der nervösen Elemente aber, vor allem des von KOROTNEFF und SCHNEIDER prätendierten Centralnervensystems, bin ich zu wesentlich anderen Resultaten gekommen als die genannten beiden Autoren. Ich beginne die Beschreibung der histologischen Details mit den *Physonecten* und unter diesen mit *Forskalia Edwardsii*. Die Konfiguration des Stammquerschnittes ist durch KOROTNEFF bekannt geworden: Das den excentrisch (ventral) liegenden Centralkanal auskleidende Entoderm ist von dem Ektoderm durch eine mit radialen Leisten besetzte Stützlamelle geschieden, die ventral nur zart, dorsal aber außerordentlich entwickelt ist. Das Ektoderm enthält dreierlei Zellarten: 1) Epithelmuskelzellen, 2) Ganglienzellen und 3) die Zellen der interstitiellen Schichte. Die, wie oben erwähnt, durch ihre peripheren und centripetalen Ausläufer charakterisierten Epithelmuskelzellen sind von C. SCHNEIDER ausführlich und richtig beschrieben worden. Im folgenden Punkte kann ich ihm aber gar nicht beistimmen: „An den Seitenpartien des Stammes sind die peripheren Ausläufer fast immer gut ausgebildet; letztere sind bald einfach und gleichmäßig begrenzt, bald teilen sie sich in der wechselndsten Weise, bald gehen sie darin sogar so weit, daß sie der Zelle Formen verleihen, die diese einer Ganglienzelle täuschend ähnlich erscheinen lassen. Bei letzteren Gebilden mangeln centripetale Ausläufer häufig ganz; jedoch die stellenweise plumpe und unregelmäßige Ausbildung der horizontalen Fortsätze, vor allem aber die Zwischenformen, die von den gewöhnlichen Epithelzellen zu den ganglienzellenähnlich gestalteten überleiten, lassen eine Deutung dieser als nervöse Gebilde nur schwach begründet erscheinen.“ Auch ich habe diese „ganglienähnlichen“ Zellen gesehen, muß aber die Angaben SCHNEIDER's in manchen Punkten modifizieren. Erstens finden sich diese Gebilde nicht nur an den Seitenpartien des Stammes, sondern ebenso häufig auch dorsal. Zweitens verlaufen ihre peripheren Ausläufer stets entweder zwischen oder unter den benachbarten Zellen oder ihren Ausläufern, während ihnen SCHNEIDER in seinen Figuren 43 u. 44 eine ganz oberflächliche Lage giebt; die Zellen selbst liegen allerdings in demselben Niveau wie ihre Nachbarn. Drittens beschränkt sich das prätendierte Vorhanden-

sein von „Zwischenformen“ zwischen den gewöhnlichen und den ganglienähnlich gestalteten Epithelzellen auf die Thatsache, daß es zahlreiche Epithelmuskelzellen giebt, deren periphere Ausläufer gabelig verzweigt erscheinen, die sich aber durch ihre charakteristischen basalen Fortsätze, welche in Form und Charakter mit denen der übrigen Epithelmuskelzellen völlig übereinstimmen, als unzweifelhafte Epithelmuskelzellen kennzeichnen. Fehlen aber einer solchen „ganglienähnlichen“ Epithelzelle die für eine Epithelmuskelzelle doch sicherlich spezifischen basalen, mit den Muskeln in Verbindung stehenden Fortsätze, so geht doch daraus zur Genüge hervor, daß sie keine Epithelmuskelzelle sein kann, und es bleibt zunächst nichts anderes übrig, als sie entweder als Bindegewebs- oder kontraktile Faser- oder Ganglienzelle aufzufassen. Es ist uns weder bei Forskalia noch irgend einer anderen Siphonophore gelungen, diese gangliformen Zellen des Stammes im Zusammenhange mit Muskelfasern zur Darstellung zu bringen — mit Sinneszellen aber schon aus dem Grunde nicht, weil wir entgegen den Angaben KOROTNEFF's und in Uebereinstimmung mit denjenigen SCHNEIDER's bei keiner Siphonophore Sinneszellen am Stamme aufzufinden vermochten. Damit ist uns die Möglichkeit genommen, einen zwingenden Beweis für die nervöse Natur unserer Gebilde zu erbringen; wenn wir dieselben dennoch als Ganglienzellen aufzufassen geneigt sind, so geschieht dies aus folgenden Gründen: Wären unsere Zellen die Elemente eines Bindegewebes, so könnte es sich nur um diejenige Form handeln, welche KÖLLIKER (Handb. d. Gewebelehre, Bd. 1 S. 97) als einfache zellige Binde-substanz bezeichnet, da eine Intercellularsubstanz vollständig fehlt. Welche Funktion sollte aber einem derartigen, aus zerstreuten Zellen mit verzweigten Ausläufern bestehenden Bindegewebe zukommen? Eine stützende Funktion doch wohl nicht, denn dazu sind die Fasern zu zart; eine isolierende Funktion auch nicht, denn dazu sind die Fasern zu spärlich, und was sollte überdies gestützt und was isoliert werden?

Der Gedanke, daß es sich um kontraktile Faserzellen handeln könnte, ist naheliegend, da, wie übrigens auch KOROTNEFF (l. c. S. 351) annimmt, die peripheren Ausläufer der Epithelmuskelzellen wahrscheinlich kontraktil sind und daher als oberflächliche quere Muskulatur aufgefaßt werden können. Allein gegen jene Annahme spricht einmal der Charakter der Verzweigung: diese erfolgt nicht wie bei kontraktilen Faserzellen

bloß terminal und spitzwinklig, sondern oft in nächster Nähe des Zelleibes und unter beliebigem Winkel. Zweitens aber ist diese Annahme schon aus dem Grunde hinfällig, weil außer den bipolaren, einer Faserzelle unter Umständen ähnlichen, Ganglienzellen zahlreiche tripolare Zellen vorhanden sind, eine Thatsache, die von SCHNEIDER völlig übersehen wurde.

Wie verhalten sich nun unsere Ganglienzellen zu dem von KOROTNEFF und SCHNEIDER beschriebenen Centralnervensystem? KOROTNEFF hatte auf Querschnitten durch das Nectosom von *Halistemma* und *Forskalia* genau in der dorsalen Mittellinie unter dem Ektoderm liegende, eigentümliche Zellen beobachtet, die sich nach ihm von den umgebenden Epithelmuskelzellen durch ihre auffallende Größe und körnige Struktur unterschieden und die, von der Fläche gesehen, mit kurzen, seitlichen Fortsätzen versehen sind (vergl. die Fig. 38 u. 42 der Abbild. von KOROTNEFF) und in einer Reihe angeordnet hintereinander liegen. Auf Grund ihrer pseudopodialen Fortsätze hält KOROTNEFF diese Zellen für nervöser Natur und deutet sie in ihrer Gesamtheit als Gehirn der Siphonophoren. SCHNEIDER mißt dieser Zellreihe ebenfalls die Bedeutung eines nervösen Apparates bei, stützt sich dabei aber auf wesentlich andere Befunde als KOROTNEFF. Wir citieren den betreffenden Passus: „Für genannte Auffassung spricht die Anwesenheit von zum Teil ganz außerordentlich langen Ausläufern und die dunkle, gelblich-braune Färbung, wie sie die Zellen durch die Einwirkung der Osmiumessigsäure annehmen. Dagegen ist aber Verschiedenes anzuführen; so vor allem die plumpe, wechselnde Form der einkernigen Elemente; der Zusammenhang aller in der Längslinie der Reihe durch dicke Protoplasmabrücken und besonders die syncytienartige Ausbildung vieler Reihenglieder. Ohne daß die geringste Spur von Zellgrenzen wahrgenommen werden könnte, erscheint ein solches Glied als kompakte, in der Querrichtung des Stammes verlängerte Protoplasmamasse mit einer wechselnden Zahl an Kernen. Auch in den riesigen Ausläufern, die stets sehr scharf begrenzt und in dem Durchmesser wenig schwankend erscheinen, finden sich Kerne; es läßt sich aber auch hier das Territorium der einzelnen Zellen nicht im geringsten feststellen. Das Ganze gleicht demnach einem ungeheuren Protoplasmastrang, der im steten Wechsel bald plumpe einzellige, bald noch plumpere vielkernige Anschwellungen darstellt, die durch derbe Brücken verbunden sind. Und von diesem Riesensyncytium strahlen nach

rechts und links und unten kräftige Fortsätze, selbst mit Kernen versehen, aus, die den Stamm im Epithel umspinnen, sich spalten, zarte Aeste abgeben und jedenfalls mit anderen Elementen in Verbindung treten. Konstatieren konnte ich diese nicht; je mehr sich jedoch die Ausläufer ausziehen und verschmächtigen, desto mehr vermindert sich diese Regelmäßigkeit ihrer Begrenzung, und desto schwieriger hält es, sie von den Fortsätzen der Epithelzellen, die auch bunt in allen Richtungen, besonders bei den ganglienzellähnlichen ziehen, zu unterscheiden. Mit Sicherheit möglich ist es überhaupt nur dann, wenn die Länge des Gebildes sie nicht als zu Epithelzellen gehörig erweist.“ Gestützt auf diese Befunde hält SCHNEIDER diese Gebilde für Ganglienzellen, und da er entsprechende Bildungen bei Apolemia, deren Stammkontraktionen langsamer und gewöhnlich nur lokal erfolgen, vermißte, so deutet er dieselben als eine „Vereinigung nervöser Elemente zu einer für blitzschnelle Reizübermittlung geeigneten Leitbahn am Forskaliastamme“.

Weder KOROTNEFF noch SCHNEIDER haben die wahre Natur dieser dorsalen, subepithelialen Zellreihe erkannt. Die morphologischen Befunde des ersteren stimmen indessen, soweit sie sich auf Form und Lage der bewußten Gebilde beziehen, im großen und ganzen mit meinen eigenen Beobachtungen überein, während ich dagegen von SCHNEIDER's Angaben nur wenige acceptieren kann. Wie KOROTNEFF richtig angiebt, sind die Zellen, von der Fläche gesehen, von plumper, unregelmäßiger Gestalt und mit meist einfachen, seltener verzweigten, kurzen, quer zur Stammachse verlaufenden Ausläufern versehen. Niemals aber erreichen diese Fortsätze auch nur annähernd die Länge, die ihnen SCHNEIDER in Wort und Bild zumißt, und ebensowenig sind dieselben mit Kernen versehen. Auf den ersten Blick schienen auch mir die Zellen durch breite Plasmabrücken zu einem Syncytium miteinander verbunden zu sein, indessen konnte ich mich an mit EHRLICH'schem Hämatoxylin gefärbten Macerationspräparaten bald davon überzeugen, daß die einzelnen Zellen stets gut voneinander abgegrenzt sind und daß zwar nicht selten die pseudopodialen Fortsätze zweier benachbarter Zellen, niemals aber ihre Zellleiber selbst miteinander in Zusammenhang stehen. Was aber nach dem Sichtbarwerden der Zellgrenzen sofort auffällt, ist der Umstand, daß zahlreiche, aber keineswegs alle Zellen zwei Kerne besitzen. KOROTNEFF, welcher, wie es scheint, gleichfalls die einzelnen Zellen voneinander abzugrenzen vermochte,

hat diese Thatsache völlig übersehen. Auf Querschnitten durch den Stamm (vergl. Textfigur 6) sehen wir die fraglichen Zellen einen keilförmigen Raum ausfüllen, dessen Seiten durch die gabelige Teilung eines Radialseptums gebildet werden, das genau in der dorsalen Mittellinie liegt und sich von den übrigen Septen durch seine besondere Stärke auszeichnet, während die Basis durch die Grenze formiert wird, welche die Epithelmuskelzellen von den uns hier interessierenden Gebilden trennt. Innerhalb dieses keilförmigen Raumes sind unsere Zellen in zwei Etagen angeordnet: Die in der unteren Etage liegenden sind schmaler in der Längsrichtung des Stammes aber ausgedehnter als die über ihnen liegenden, ihre lateralen, pseudopodialen Fortsätze

Fig. 6.

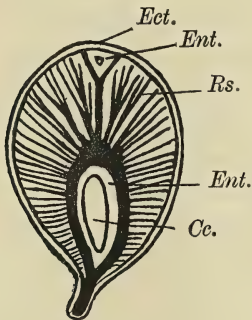


Fig. 6. Querschnitt durch das Siphosom von *Forskalia contorta* zwischen zwei Internodien. Ect. Ektoderm. Ent. Entoderm. Rs. Radialsepten der Stützlamelle. Ce. Centralkanal.

Fig. 7.

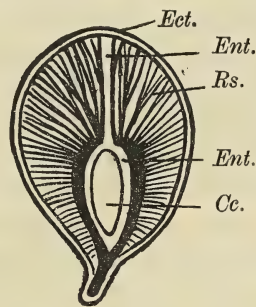


Fig. 7. Querschnitt durch das Siphosom von *Forskalia contorta* an der Stelle eines Internodiums. Ect. Ektoderm. Ent. Entoderm. Rs. Radialsepten der Stützlamelle. Ce. Centralkanal.

haben einen entsprechend den Gabelästen des Radialseptums schräg nach oben und außen ziehenden Verlauf; die Zellen der oberen Etage sind breiter und kürzer, daher plumper, ihre lateralen Fortsätze verlaufen horizontal, dicht unter den peripheren Ausläufern der Epithelmuskelzellen. Die eigentümliche Anordnung unserer Gebilde über der Gabelteilung eines Radialseptums und der Umstand, daß dieselben durch ihre hellere Färbung schon unter Lupenvergrößerung mit aller Deutlichkeit von der Umgebung abzugrenzen sind, gestattet an Macerationspräparaten mit Leichtigkeit ihre Isolation, so daß es unschwer möglich ist, die von der Flächenansicht und von Querschnitten gewonnenen Bilder durch Seitenansicht zu vervollständigen.

Die Natur und Herkunft unserer Zellen ergibt sich nun sogleich aus Querschnittserien durch das Siphosom. Bekanntlich zeichnet sich das letztere bei *Forskalia* durch eine regelmäßige Gliederung aus, und wir beobachten nun an der Grenze zweier aufeinander folgender Glieder (vergl. Textfigur 7), daß das oben erwähnte, über einer Gabelung die dorsale Zellreihe tragende Radialseptum von oben bis unten in zwei Lamellen sich spaltet, die, in parallelem Verlaufe zur Stützlamelle hinunterziehend, einen schmalen Zwischenraum zwischen sich lassen, in welchen jenes dorsale Gebilde sich fortsetzt. Zwischen dem Ursprunge der beiden Lamellen zeigt sich uns nun aber der überraschende Befund, daß die Stützlamelle auf eine kurze Strecke hin durchbrochen ist, so daß demnach der von den Lamellen begrenzte Zwischenraum oder Kanal in direkter Kommunikation mit dem Centralkanal des Stammes steht, woraus hinwiederum folgt, daß die jenen Kanal auskleidenden, von der dorsalen Zellreihe ableitbaren Zellen an dieser Stelle in direktem Zusammenhang stehen mit dem den Centralkanal auskleidenden Entoderm. Und in der That erweist schon ein flüchtiger Vergleich der Entodermzellen mit denen des dorsalen Zellenstranges zur Evidenz ihre morphologische Gleichwertigkeit. Das von KOROTNEFF und SCHNEIDER beschriebene Centralnervensystem ist demnach nichts anderes als eine Fortsetzung des Entoderms des Centralkanals. Am Siphosom erfolgt der Durchbruch dieser Entodermkanäle, wie oben angedeutet, an der Grenze zwischen zwei benachbarten Gliedern, am ungegliederten Nectosom dagegen am oberen und unteren Ende, dem Vegetationspunkte der Nectophoren und demjenigen der polyptoiden Anhänge gegenüber. KOROTNEFF hat diese Entodermkanäle zwar richtig erkannt und beschrieben, aber ihren Zusammenhang mit dem „Centralnervensystem“ übersehen. Ich citiere hier diesen Autor um des besseren Verständnisses meiner eigenen Darstellungen willen: „Wenn wir einen Längsschnitt durch den Stamm parallel zur Längsachse und der Ventralfläche machen, so bekommen wir ein Bild der inneren Struktur; wir erblicken nämlich Querschnitte besonderer Kanäle, welche quere Abzweigungen des Hauptkanals des Stammes sind, sich nach der dorsalen Anschwellung wenden und hier blind endigen. Diese wahrscheinlich als Nährkanäle anzusehenden Bildungen lassen sich nach dem Volumen in große und kleine unterscheiden und verteilen sich ganz regelmäßig. Auf einen großen Kanal

folgen 7 oder 8 kleine. Diese Anordnung verursacht eine vollständige Segmentierung des Stammes.“ Es ist hieraus ersichtlich, daß die von mir oben beschriebenen an den Internodien liegenden Kanäle nur diesen großen Querkanälen KOROTNEFF's entsprechen, die die Segmentierung des Stammes bedingen. Die kleinen Querkanäle KOROTNEFF's habe ich ebenfalls beobachtet; es sind dies nichts anderes als enge, kurze und spitz zulaufende Aussackungen des Centralkanals in seiner dorsalen Mittellinie. Da nach unserer Beschreibung der entodermale Zellenstrang basal und lateral durch das gabelig geteilte Radialseptum von der Umgebung abgegrenzt ist, während er nach oben hin unmittelbar an das ektodermale Epithel stößt, so geht daraus hervor, daß an dieser Stelle Entoderm und Ektoderm ohne Vermittelung einer Stützlamelle aneinander grenzen. Diese Thatsache verdient um so mehr unsere Beachtung, als ein analoges Verhalten bei den übrigen Cnidariern meines Wissens nirgends beobachtet wurde, bei den Siphonophoren aber, wie ich vorwegnehmend bemerken will, noch an anderen Stellen des Stammes, an den Schwimglocken, Deckstücken und Nesselknöpfen zu konstatieren ist.

Nachdem wir die morphologische Bedeutung des dorsalen Zellstranges klargelegt haben, tritt die Frage nach dem funktionellen Werte desselben an uns heran; da wir indessen auch am Stamme der meisten übrigen Siphonophoren gleiche oder ähnliche Gebilde vorfinden, so wollen wir die Beantwortung dieser Frage auf den Schluß dieses Kapitels versparen.

Es erübrigt uns noch, auf die Zellen der interstitiellen Schichte einzugehen. KOROTNEFF und SCHNEIDER lassen dieselben unerwähnt. Sowohl auf Querschnitten als auch nach Abpinselung des Epithels an Macerationspräparaten beobachtet man zahlreiche in wechselnder Höhe zwischen den Radialsepten der Stützlamelle liegende kleine Zellen, die in ihrer Gesamtheit die interstitielle Schichte des Stammektoderms repräsentieren. Fast der ganze Leib dieser Zellen wird von dem in der Richtung der Radialsepten abgeplatteten Kerne eingenommen, nur an den näher dem Epithel gelegenen ist ein deutlicher Plasmaleib zu finden. Stets sind die Zellen durch einen feinen basalen Fortsatz mit der Stützlamelle oder der Basis der Radialsepten verbunden, der um so länger und um so deutlicher entwickelt ist, je näher die Zellen dem Ektodermepithel liegen. Obwohl es mir bei *Forskalia* infolge der geringen Größe aller Elemente nicht mög-

lich gewesen ist, eine Entwicklung der interstitiellen Zellen zu denen des Ektodermepithels näher zu begründen, so lassen die weiter unten angegebenen Verhältnisse am Stamme von Physophora nicht den geringsten Zweifel darüber aufkommen, daß die interstitielle Schicht die embryonalen Stadien der Ektodermzellen repräsentiert. Da nun im Ektoderm des Stammes Nesselzellen völlig fehlen, so ergibt sich daraus, daß die interstitiellen Zellen lediglich embryonale Epithelmuskelzellen sind — ein Nachschub von Ganglienzellen ist wohl ausgeschlossen — und wir haben demnach die Frage zu lösen, ob das Ektoderm infolge des fortwährenden Nachschubes neuer Epithelmuskelzellen unbegrenztes numerisches Wachstum aufweist, oder ob die interstitiellen Zellen nur zum Ersatze abgestoßener oder rückgebildeter Epithelmuskelzellen verwandt werden. Um mit der letzteren Eventualität zu beginnen, so habe ich bei keiner Siphonophore weder am Stamme noch irgendwo während des Lebens eine Loslösung von Epithelmuskelzellen beobachtet, wohl aber begegnet man überall im Ektoderm und, wie ich vorwegnehmend bemerken will, auch im Entoderm bald zwischen den Zellen, bald in den Zellen eingeschlossenen kleinen und größeren, sich mit sämtlichen Kernfärbungsmitteln intensiv tingierenden Kernchen und Kügelchen, die ganz entschieden auf einen Zerfall von Kernen resp. Zellen hindeuten. Wir werden später anläßlich der Beschreibung der Exumbrella der Nectophoren den Nachweis erbringen, daß die Kerne der entladenen Cnidoblasten einem Resorptionsprozeß unterliegen, woraus sich aber ergibt, daß eine Rückbildung epithelialer Elemente bei den Siphonophoren eine allgemein zu beobachtende Thatsache ist. Eine analoge Erscheinung ist uns übrigens durch KOROTNEFF von Hydra her bekannt, deren Ektodermzellen nach Angabe dieses Autors im Frühjahr einer fettigen Entartung anheimfallen und durch die Abkömmlinge der interstitiellen Schichten ersetzt werden. Da nur eine Rückbildung der Zellen, nicht aber eine solche der zugehörigen Muskelfasern statthat, so müßte man erwarten, daß diese letzteren völlig ohne Verbindung mit Epithelzellen bleiben würden. Dies ist indessen nicht der Fall, da, wie wir später bei Beschreibung des Stammes von Physophora sehen werden, die basalen Fortsätze nicht nur mit einer, sondern unzweifelhaft mit mehreren Muskelfasern in Verbindung stehen.

Sind wir nun einerseits durch die angeführten Thatsachen

wohl berechtigt, einen Ersatz rückgebildeter Epithelmuskelzellen durch die interstitielle Schicht anzunehmen, so wage ich andererseits nicht zu entscheiden, ob nicht außer der bloßen Substitution auch ein Zuwachs des Ektoderms durch die interstitiellen Zellen bedingt ist, ob mit anderen Worten ein unbegrenztes numerisches Wachstum des Ektoderms statthat. Die außerordentlich wechselnde Größe der geschlechtsreifen Tiere einerseits — ich habe im Hafen von Messina geschlechtsreife unverletzte *Forskaliae Edwardsii* von $1' - 2\frac{1}{2}$ m Länge im ausgestreckten Zustande gefunden — andererseits der Umstand, daß diese Größenunterschiede, soviel ich beurteilen kann, lediglich auf numerischem und nicht auf hypertrophischem Wachstum der Zellen der betreffenden Individuen beruhen, läßt uns die Eventualität eines unbegrenzten Wachstumes nicht unwahrscheinlich erscheinen. Wir werden übrigens im Verlaufe unserer Abhandlung noch mehrfach Thatsachen begegnen, die in hohem Grade für ein unbegrenztes Wachstum sprechen. Mehr noch als den Physophoriden scheint den Diphyiden ein unbegrenztes Wachstum (Längenwachstum) beschieden zu sein, doch müssen wir auch hier diese Frage durchaus offen lassen. Ihre Lösung wird schwierig sein, da sie nur durch die umfangreichsten biologischen Untersuchungen ermöglicht wird.

Wir haben bei unserer bisherigen Beschreibung des Ektoderms im Anschluß an die Angaben von SCHNEIDER und KOROTNEFF lediglich die Seitenteile und den Rücken des Stammes im Auge gehabt. Die zwischen den Ansatzlinien der Glockenträger liegende Ventralseite des Nectosoms zeigt nun aber wesentlich andere Verhältnisse. Die nach dem Ursprung der Glockenträger zu immer niedriger werdenden Radialsepten der Stützlamelle sind auf der Ventralseite völlig verschwunden, und ebenso fehlt hier die Muskulatur. Das Ektoderm ist niedrig und besteht aus kleinen, dichtgedrängten, unregelmäßig umgrenzten Zellen, an denen weder periphere noch basale Ausläufer differenziert sind, wie wir sie oben als typische Merkmale der Epithelmuskelzellen der Rücken- und Seitenfläche des Stammes kennen gelernt haben. Zwischen diesen „indifferenten“ Zellen sind nun zahlreiche mit reich verzweigten, zarten und regelmäßigen Ausläufern versehene Zellelemente eingestreut, die sich außer durch diese ihre Gestalt durch ihre dunklere Färbung und Bräunung an Osmiumpräparaten und ihren großen, bläschenförmigen Nucleolus auszeichnen. Aus

denselben Gründen, aus welchen wir die „ganglienähnlichen“ Zellen der Rückenseite des Nectosoms als nervöse Elemente angesprochen haben, halten wir auch die vorliegenden Gebilde für Ganglienzellen. Da die „indifferenten“ Zellen der Fortsätze entbehren, so lassen sich die Ausläufer dieser bald bi-, bald tripolaren Ganglienzellen mit großer Deutlichkeit über weite Strecken hin verfolgen, und es gelingt unschwer, sowohl ihren Zusammenhang untereinander als auch mit den gleich zu beschreibenden Ganglien auf der Ventralseite der Glockenträger nachzuweisen.

Nesselzellen fehlen auch auf der Ventralseite völlig. Schon unter Lupenvergrößerung bemerkt man nun in regelmäßigen Abständen genau in der ventralen Medianlinie auftretende kleine, rundliche Knötchen, die stets in der Mitte zwischen zwei aufeinander folgenden Glockenträgern liegen. Viel deutlicher als bei Forskalia sind diese Knötchen bei Halistemma und vor allem bei Physophora zu beobachten (vergl. Textfig. 3). Von der Fläche gesehen, erscheinen diese Knötchen als dichte Anhäufungen kleiner, indifferenter Epithelzellen, auf Querschnitten aber bemerken wir die auffallende Thatsache, daß die Stützlammelle unter der Kuppe des Knötchens durchbrochen ist, so daß Entoderm und Ektoderm einander direkt berühren.

Die morphologische Bedeutung dieser Knötchen wird uns sofort klar, wenn wir die Ventralfläche des Siphosoms ins Auge fassen. Wir haben oben gesehen, daß die Anhänge des Siphosoms derart angeordnet sind, daß die Bracteen zu zwei Reihen formiert, die Polypen, Palponen und Gonaden zwischen sich fassen. Wie die Schwimglocken, so sind auch die Bracteen entsprechend ihrer morphologischen Bedeutung als rückgebildete Schwimglocken ¹⁾ durch den Glockenträgern homologe Bracteenträger dem Stamme angefügt, die in ihrem histologischen Bau völlig mit den Glockenträgern übereinstimmen. Bei einer Vergleichung des Siphosoms mit dem Nectosom ergibt sich demnach, daß die zwischen den beiden Glockenträgerreihen liegenden Knötchen ihrer Lage nach den zwischen den beiden Bracteenträgerreihen sprossenden polypoiden Anhängen entsprechen, und es drängt sich uns sogleich die Frage auf, ob nicht am Ende eine Homologie zwischen den

1) Ueber die Auffassung CAMILLO SCHNEIDER's, daß die Bracteen modifizierte Polypen sind, s. die treffenden Bemerkungen von CHUN S. 74.

Knötchen und den polypoiden Stammanhängen besteht. Die Bejahung dieser Frage ergibt sich aus der Untersuchung über die Knospung dieser letzteren. ALBERT LANG hat in seinen Untersuchungen: „Ueber die Knospung bei Hydra und einigen Hydropolyphen“ (Zeitschr. f. wissenschaftl. Zoologie, Bd. 54, S. 365), die wertvolle Entdeckung gemacht, daß die Bildung der Knospe bei den Hydroiden nicht in einer einfachen Ausstülpung der gesamten Seitenwand des Muttertieres beruht, wie man bisher allgemein angenommen hatte, sondern vielmehr durch eine Wucherung des Ektoderms allein zustande kommt, in deren Folge eine Auflösung der Stützlammelle, eine Auswanderung von Ektodermzellen und eine Konstituierung dieser letzteren zum Entoderm der Knospe beobachtet wird. Die Angaben LANG's sind von BRÄM („Ueber die Knospung bei mehrschichtigen Tieren, insbesondere bei Hydroiden“, Biol. Centralbl., Bd. 14, S. 140) bestritten, von CHUN dagegen für die Knospung bei Medusen (Zoolog. Anz., Bd. 16) bestätigt worden. Bezüglich der Siphonophoren bin ich in der Lage, die Befunde LANG's in ihrem vollen Umfange zu bestätigen und werde an anderem Orte hierüber Näheres berichten. Was uns an dieser Stelle interessiert, ist die auffallende Uebereinstimmung, welche die jugendlichen Knospen des Siphosoms mit jenen oben beschriebenen Knötchen des Nectosoms zeigen: Beide charakterisieren sich als eine ektodermale Wucherung, in deren Bereiche die Stützlammelle fehlt. Wir sind demnach wohl berechtigt, die betreffenden Knötchen morphologisch als in ihrer Entwicklung stehen gebliebene Knospen aufzufassen, und da, wie wir an dieser Stelle erwähnen wollen, dem mit polypoiden Anhängen (Palponen) versehenen Nectosom von *Apolemia uvaria* diese Knötchen völlig fehlen, während sie ausnahmslos allen übrigen von mir untersuchten Physophoriden zukommen, so liegt auf der Hand, daß die Knötchen nicht etwa als Knospen von Nectophoren, sondern als Knospen polypoider Anhänge zu betrachten sind.

Ueber die physiologische Bedeutung der Knötchen werden wir uns weiter unten verbreiten (S. 519). Das Ektoderm der Glockenträger schließt sich in seinem Habitus eng an dasjenige der Ventralseite des Stammes an. Dementsprechend besteht es aus einer flachen Epithellage, deren Zellen von unregelmäßiger, länglicher Form sind und keine peripheren Fortsätze aufweisen. Die Zellen sind noch flacher als diejenigen

der Ventralseite des Stammes erscheinen dafür, von der Fläche gesehen, um so größer und ihre Kerne weiter auseinandergerückt. Während aber dort eine Muskulatur fehlt, kommt den Glockenträgern eine solche zu, freilich nicht eine Längsmuskulatur, wie den Seiten und dem Rücken des Stammes, sondern vielmehr eine zur Stamm-Muskulatur senkrecht verlaufende, vom axialen zum abaxialen Rande der Glockenträger ziehende Muskelfaserung, deren Kontraktion demnach eine Annäherung der Schwimmglocken an den Stamm zur Folge hat. Entsprechend diesem Faserverlauf sind auch die Epithelzellen mit ihrer Längsachse quer zur Stammachse gestellt. Nessel- und Sinneszellen fehlen wie anderwärts am Stamme, wohl aber ist das Epithel der Glockenträger reich an Ganglienzellen, die infolge der flächenhaften Ausbreitung der Epithelzellen schon an Situpräparaten überaus deutlich von den übrigen Elementen sich abheben. Ihre nervöse Natur ergibt sich unmittelbar aus ihrem Zusammenhang mit den von uns als Ganglienzellen beschriebenen Zellen des Stammes: Der auf der Dorsalseite der Glockenträger ausgebreitete Ganglienplexus steht nämlich in Verbindung mit den Ganglien der Rücken- und Seitenfläche des Stammes, der auf der Ventralseite der Glockenträger liegende Plexus dagegen mit dem oben beschriebenen auf der ventralen Mittellinie des Stammes vorhandenen Gangliengeflecht. Wie die Glocken am Nectosom vermittelt der Glockenträger haften, so sind auch die Bracteen oder Deckblätter durch ähnliche Muskellamellen, die Bracteenträger, mit dem Siphosom verbunden. Der histologische Bau dieser Bracteenträger ist völlig gleich demjenigen der Glockenträger mit Ausnahme des Verlaufes des Mediangefäßes, das in den Bracteen an den unteren Rand derselben gerückt erscheint. Ich kann daher auf die Beschreibung der Glockenträger verweisen und hebe nur dies hervor, daß überall sowohl bei den Physophoriden als auch bei den Diphyiden die Bracteenträger im Ektoderm stets deutlich ausgeprägte Ganglienzellen aufweisen.

Die Stützlamelle des Stammes von *Forskalia* ist in ihrem anatomischen Verhalten bereits von KOROTNEFF, CLAUS, SCHNEIDER und von mir selbst (s. o.) beschrieben worden; bezüglich ihres feineren Baues verweise ich auf die Befunde an *Physophora*.

Das aus ein- bis zweikernigen Zellen bestehende *Entoderm* kleidet nicht nur den Centralkanal des Stammes aus, sondern

setzt sich ventral auch in die Glockenträger fort. Jeder Glockenträger ist nämlich von einem Gefäße durchzogen, welches in der Mitte der Ansatzlinie des Glockenträgers aus dem Centralkanal entspringt, gerade nach der Peripherie hinzieht und daselbst in ein Gefäß, welches zum Teil von dem peripheren Saume des Glockenträgers, zum Teil von dem Scheitel der an diesem letzteren befestigten Schwimmglocke gebildet wird (vergl. Textfig. 4). Beim Abreißen der Glocken verbleibt die eine Hälfte des Lumens dieses Gefäßes an der Peripherie des Glockenträgers, die andere an der Exumbrella der Schwimmglocke haften und bildet daselbst die von den früheren Autoren beschriebenen Mantelgefäße. Am intakten Tiere erscheint das Stielgefäß der Schwimmglocken als unmittelbare Fortsetzung des medianen Gefäßes der Glockenträger, insofern ihre Einmündungsstellen in das periphere Glockenträgergefäß (Mantelgefäß der Autoren) einander unmittelbar gegenüber liegen.

Ganz dieselben histologischen Verhältnisse wie Forskalia zeigt der Stamm der Anthemodinen (*Halistemma* und *Agalmopsis*), dagegen treffen wir bei *Physophora* teils Abweichungen, teils Erweiterung der bisherigen Befunde. Schon makroskopisch fällt der Mangel einer besonderen Pigmentierung der dorsalen Mittellinie auf, wie wir dieselbe bei allen Forskaliden und Anthemodinen vorgefunden und als Fortsetzung des Entoderms unter das dorsale Ektodermepithel erkannt haben. Längs- und Querschnitte lehren uns, daß weder Querkanäle noch dorsales Entoderm vorhanden sind, und daß demnach KOROTNEFF recht hat, wenn er schreibt: „Von einem Centralnervensystem ist keine Spur vorhanden, und die ganze Peripherie des Stammes ist eiförmig gebaut.“ Das Ektoderm ist im übrigen völlig analog gebaut demjenigen der Forskaliden und Anthemodinen, neben den charakteristischen Epithelmuskelzellen findet man spärliche Ganglienzellen. Die basalen Fortsätze sind vielfach zerschlitzt und lassen sich an gut macerierten Präparaten stellenweise im Zusammenhange mit den Muskelfasern darstellen. Es zeigt sich dabei, daß eine Epithelzelle mittelst ihrer basalen Fortsätze nicht nur mit einer, sondern mehreren Muskelfibrillen in Zusammenhang steht. Es kann demnach eine einzige Zelle mehreren Muskelfasern motorische Impulse erteilen, und umgekehrt ein und dieselbe Muskelfaser von verschiedenen Zellen her motorische Impulse erhalten. Sinneszellen konnte ich im Gegensatz zu KOROTNEFF außer an der blasenförmigen Stammerweiterung

nirgends am Stamme vorfinden. Die Zellen der interstitiellen Schicht sind äußerst zahlreich und daher auch schon von früheren Autoren (CLAUS und KOROTNEFF) gesehen worden; letzterer beschreibt sie irrtümlicherweise als Mesoderm: „Die in der Tiefe des Ektoderms liegenden Zellen sind den gleichen von Rhizophysa zu identifizieren und als wahre Mesoderm-elemente anzusehen.“ Die unmittelbar über der Stützlamelle, aber ganz in der Tiefe zwischen dem Radialseptum liegenden interstitiellen Zellen zeigen zahlreiche Stadien amitotischer Kernteilung, durch welche der fortwährende Nachschub von Epithelzellen gesichert ist. Anfänglich sind diese Zellen sehr klein, erst allmählich vergrößert sich ihr protoplasmatischer Teil, indem zuerst die Anlage der Muskelfibrillen, sodann der basale Fortsatz auftritt, der um so länger wird, je weiter sich die Zelle von der Stützlamelle entfernt und nach der Peripherie wandert (vergl. die von den Palponen entnommenen Figuren 49 und 50), erst zuletzt treten dann die peripheren Fortsätze auf.

Die Radialsepten der Stützlamelle sind im Vergleich zu denjenigen der übrigen Physophoriden sehr zart und sind nur selten einfach, sondern fast immer unweit von ihrem Ursprunge ab baumförmig verästelt. Gegen die Zartheit der Septen kontrastiert die außerordentliche Mächtigkeit des centralen Teiles der Stützlamelle, wie dies in gleichem Maße bei den übrigen Physophoriden nirgends zu beobachten ist. Es ist klar, daß infolge dieser vorwiegend centralen Anordnung seiner Stützelemente der Stamm von Physophora in höherem Grade auf Zugfestigkeit eingerichtet ist als derjenige der Forskaliden oder Anthemodinen etc. Die Zweckmäßigkeit dieser Anordnung ist einleuchtend, wenn wir bedenken, daß die Masse des Siphosoms von Physophora relativ schwerer ist, also einen größeren Zug auf das Nectosom ausübt, als das Siphosom einer Agalmide, Forskalide oder Apolemide, welches infolge der zahlreichen Deckglocken ein relativ geringeres spezifisches Gewicht besitzt.

Die Stützlamelle ist keineswegs ein homogenes Gebilde; schon CLAUS unterscheidet darin „aus verdichteter Substanz der hyalinen Stützlage gebildete Fibrillenzüge“ (Ueber Halistemma tergustin.). Auch CAMILLO SCHNEIDER tritt für eine fibrilläre Struktur der Stützlamelle ein: „In allen bis jetzt untersuchten Lamellen gelang es, oft mit überraschender Deutlichkeit (Pneumatophore von Apolemia, Kamm der Velellascheide), Fasersysteme nachzuweisen; wir werden deshalb wohl nicht fehlgehen, wenn

wir sie ganz allgemein voraussetzen. Und für diese Voraussetzung liefert uns sofort der Befund an den Aufsätzen der *Carmarina* die Lösung der Frage nach der Abstammung der Fasern in der Lamelle. Meiner Ansicht nach ergibt sich unzweifelhaft, daß jene vom Protoplasma der Zellen sich herleiten, daß sie Linen sind.“ In der Stützlamelle der Luftflasche von *Apolesia* beobachtete SCHNEIDER zwei Fasersysteme, eine äußere Längs- und innere Ringfaserschicht; im Stamm der *Apolesia* kommt nach demselben Autor noch ein System radialer, in den Septen verlaufender Fasern vor. Außer den Faserzügen konstatiert SCHNEIDER ferner das Vorhandensein einer die Fasern verkittenden homogenen Bindemasse. Ich bin in der Lage, alle diese Befunde SCHNEIDER's zu bestätigen und außerdem zu ergänzen¹⁾.

Mit SCHNEIDER unterscheiden wir am Physophorastamme drei Fasersysteme: Ring-, Längs- und Radialfasern. Das Verhalten der einzelnen Systeme ist folgendes: Die Ringfasern finden sich durch die ganze Dicke der Stützlamelle vor, in vorwiegendem Maße aber nach innen — dem Centralkanal — zu; die Längsfasern treten gleichfalls auf dem ganzen Querschnitte der Lamelle auf, zeigen aber ihre vorwiegende Entwicklung in der Peripherie. Dadurch, daß zu äußerst fast nur Längsfasern, zu innerst fast nur Ringfasern sich vorfinden, erklärt es sich, daß hierdurch an Macerationspräparaten — SCHNEIDER hat nur solche untersucht — eine äußere Längsfaserschicht von einer inneren Ringfaserschicht streng sich zu sondern scheint. Die Radialfasern bauen — wie SCHNEIDER angiebt — zum Teil die Septen auf, zum Teil treten sie aber auch zwischen dem Ursprunge der Septen auf. Die ersteren zeigen ein verschiedenes Verhalten, wir beobachten nämlich 1) Fasern, die nach längerem oder kürzerem Verlaufe umbiegen und als Cirkularfasern im inneren oder peripheren Teile der Stützlamelle weiterlaufen, 2) Fasern, die, in tangentialer Richtung umbiegend, zu Längsfasern der Außen- und Innenschicht der Lamelle werden, und 3) Fasern, welche die ganze Dicke der Lamelle durchsetzen und so eine direkte Verbindung zwischen Entoderm- und Ektodermzellen her-

1) Außer an Macerationspräparaten sind die Fasersysteme mit außerordentlicher Deutlichkeit an Schnittpräparaten zu studieren, die mit Sublimat-Eisessig fixiert und mit Fuchsin oder EHRLICH-BIONDI-HEIDENHAIN-Mischung gefärbt worden sind.

stellen. Analog diesen letzteren verhalten sich die Radialfasern, die zwischen dem Ursprunge der Septen auftreten. Schon E. HAECKEL hat in seiner Monographie der Geryoniden die Vermutung ausgesprochen, daß die ektodermalen und entodermalen Zellen durch die Stützlamelle hindurch miteinander in direkter Verbindung stehen, eine Vermutung, die seither nur noch von JICKELI unterstützt worden ist. Mit wünschenswerter Deutlichkeit ist dieser direkte Konnex von Entoderm und Ektoderm nicht nur am Stamme, sondern auch an den Palponen von Physophora zu beobachten.

Im Entoderm des Stammes treffen wir außer den ein- bis zweikernigen Epithelmuskelzellen auch Ganglienzellen an, die sich von den ektodermalen Ganglienzellen durch ihre plumpere Form und ihre relativ zarteren Fortsätze unterscheiden. Wir werden bei Besprechung des Entoderms der Palponen ausführlicher auf den Habitus der entodermalen Ganglienzellen zu sprechen kommen.

Sowohl die Glockenträger als auch die blasenförmige Erweiterung des Stammes von Physophora erheischen eine besondere Besprechung. Die Radialsepten der Stützlamelle, die über dem Dorsum des Stammes ihre höchste Höhe erreichen, werden gegen die Ventralseite zu immer niedriger und verschwinden zuletzt vollständig an der Ursprungsstelle der Glockenträger, um hier einem anderen Systeme von Septen Platz zu machen, welche quer zur Stammachse von der proximalen zur distalen Peripherie der Glockenträger verlaufen. Im Gegensatz zu den schmalen und hohen Stammsepten sind die Quersepten der Glockenträger breit und niedrig, also leistenförmig, ganz so wie diejenigen der Pneumatophore (s. u.). Mit dem Auftreten querer Septen geht die Ausbildung querer Muskelfasern Hand in Hand. Die Quermuskulatur steht zum Teil in direktem Zusammenhang mit der Längsmuskulatur des Stammes, indem an der Ursprungsstelle der Glockenträger ein Teil der Stammfasern, in rechtem Winkel umbiegend, in die Quermuskulatur der Glockenträger ausstrahlt; zum Teil aber gehen die Quermuskelfasern ihrerseits in ursprünglicher Richtung noch eine Strecke weit auf den Stamm über, wobei sie unter den Stammfasern hindurchziehen. Besonders stark ist die Quermuskulatur über dem oberen und unteren, etwas ausgezogenen Ende der Glockenträger entwickelt, während sie dagegen über der Mitte etwas zurücktritt. An Präparaten, an denen der Scheitel der Schwimglocken im

Zusammenhänge mit den Glockenträgern belassen wird, kann man sich dann überzeugen, daß die Quermuskulatur an der Exumbrella sich anheftet. Hieraus ist ersichtlich, daß ihre Kontraktion nicht nur die Glockenträger, sondern auch die Schwimmglocken direkt beeinflußt: erstens verkürzen sich hierbei die Glockenträger wodurch die Schwimmglocken dem Stamme genähert werden, welche Wirkung noch unterstützt wird durch den direkten Ansatz der Fasern an die Exumbrella der Glocken, zweitens kann aus ihrer Aktion auch eine Stellungsänderung der Schwimmglocken resultieren, je nachdem sich nur die Muskulatur der Ventralseite oder Dorsalseite, oder des oberen oder unteren Zipfels der Glockenträger kontrahiert, wodurch die Schwimmsacköffnung nach links oder rechts, nach unten oder oben gewendet wird.

Das Ektoderm der Glockenträger ist über den mittleren Partien flach; gegen die Ränder nimmt es an Höhe zu und zeigt an der distalen Peripherie auf der Ventralseite der Glockenträger dicht unterhalb des medianen Gefäßes eine eigentümliche Anschwellung, die nach der Exumbrella der Schwimmglocken zu bogenförmig ausgeschnitten ist. In diesen bogenförmigen Ausschnitt legt sich das „spindelförmige Organ“ des Scheitels der Glocken, das wir bei Besprechung der Schwimmglocken des näheren kennen lernen werden und das, wie ich hier vorwegnehmend bemerken will, aus einer spindelförmigen Anhäufung von Epithel- und Ganglienzellen besteht. Epithel- und Ganglienzellen sind die einzigen Bestandteile des Ektoderms der Glockenträger; wie am Stamme, so fehlen auch hier sowohl Nessel- als Sinneszellen. Die überaus zahlreichen Ganglienzellen der Glockenträger sind bald bi-, bald tripolar, und nicht selten finden sich noch solche en T (RANVIER). Ihre Fortsätze sind an Osmiumpräparaten außerordentlich leicht zu verfolgen, und ich habe meine besondere Aufmerksamkeit darauf gerichtet, ob an der Stelle, wo das „spindelförmige Organ“ der Glocken an den oben beschriebenen Epithelwulst der Glockenträger stößt, ein direkter Zusammenhang von Ganglienzellen der Glocken und Glockenträger vorhanden sei; ich muß nach meinen Befunden diese Frage verneinen und bin der Ansicht, daß lediglich ein Kontakt zwischen den nervösen Elementen der Glocken und denen des Stammes resp. der Glockenträger besteht.

Auch auf der Rückseite der Glockenträger findet sich an der distalen Peripherie ein kleiner Epithelwulst vor, der im

Gegensätze zu demjenigen der Ventralseite oberhalb des Eintrittes des medianen Gefäßes in das Randgefäß liegt. Auf Querschnitten durch Präparate, an denen Schwimmglocken und Glockenträger im Zusammenhange miteinander sind, zeigt sich, daß an dieser Stelle das Randgefäß etwas erweitert und leicht gegen den Stamm hin ausgebuchtet ist und daß die Stützlamelle über dieser Erweiterung von einer spaltförmigen Lücke durchbrochen ist. Indem die von den Rändern dieser Lücke sich erhebenden Epithelzellen sich gegeneinander neigen und miteinander verkleben, bilden sie eine Art Pfropf, durch welchen das Lumen des Randgefäßes von der Außenwelt abgeschlossen wird. Auf die physiologische Bedeutung dieser eigentümlichen Einrichtung werden wir weiter unten zu sprechen kommen (S. 519).

Die Entodermzellen der Glockenträgerkanäle senden parallele Bündel von Fasern in die Stützlamelle aus, die in weiterer oder kürzerer Entfernung sich mit den Fasern der Septen verbinden, indem sie distalwärts und axialwärts in dieselben umbiegen. Wie im Centralkanal, so ist auch in den Glockenträgerkanälen eine entodermale Muskulatur vorhanden, deren Aktion man ganz deutlich am lebenden Tiere beobachten kann, und in Uebereinstimmung mit diesem Befunde konnte ich auch an Macerationspräparaten das Vorhandensein von Ganglienzellen innerhalb der Kanäle konstatieren, die in ihrem Habitus in Nichts von denen des Centralkanales abweichen.

Die histologischen Details der Stammblase sind von KOROTNEFF ausführlicher beschrieben worden, wir betrachten zuerst ihre Oberseite. KOROTNEFF giebt an, daß Muskelfibrillen auf der Oberseite vollständig fehlen. Dies ist nicht richtig. Eine Muskulatur ist auch hier vorhanden, aber ihre Elemente sind sehr zart, so daß ich sie nur an meinen Glycerinpräparaten mit voller Sicherheit nachweisen kann. Nach den dem Ansätze der Palponen dienenden Rähmchen (der Ausdruck stammt von CLAUS) hin nimmt die Zartheit der Fibrillen zu, während nach der Eintrittsstelle des Stammes in die Blase zu die Fasern derber und deutlicher erkennbar werden und auf diese Weise einen allmählichen Uebergang zur Stamm-Muskulatur bilden. Wahrscheinlich hat KOROTNEFF gerade die den Rähmchen benachbarten Stellen der Stammblase untersucht, wo allerdings die Muskelfibrillen so fein sind, daß sie nur an solchen Präparaten deutlich zu erkennen sind, an denen das Epithel von der Stützlamelle abgelöst wurde. Der Verlauf der Muskelfasern ist ein radiärer, vom Stammein-

tritt in die Blase nach der Peripherie dieser letzteren tendierend. Diese radiäre Anordnung ist bedingt durch das Verhalten der Stützlamelle resp. ihrer Septen. Die Radialsepten des Stammes laufen nämlich bei ihrem Uebergang auf die Blase nach allen Seiten radienförmig auseinander, wobei sie rasch an Höhe abnehmen und wie an der Pneumatophore (siehe unten) flache breite Leisten bilden, um endlich gegen die Rähmchen der Blase zu ganz zu verstreichen.

Das Verhalten der Stützlamelle ist maßgebend für die Gestalt und Anordnung der Epithelzellen. Je niedriger die Septen werden, um so mehr treten die basalen Fortsätze der Epithelzellen zurück, die peripheren Fortsätze verschwinden nach dem Eintritt des Stammes in die Blase sofort, die Zellen werden niedriger oder breiter und erhalten polygonale Gestalt (siehe Fig. 42), ihr Protoplasma zeigt eigentümlich netzförmigen Bau. Nur ganz in der Nähe der Rähmchen werden die Zellen wieder höher und schmaler, wodurch ihre Kerne dichter gedrängt erscheinen. Während am Stamme Nesselzellen fehlen, treten solche auf der Blasenoberseite in großer Anzahl auf. Es fällt sofort auf, daß sie stets in Reihen angeordnet sind und daß die Richtung dieser Reihen derjenigen der Radialsepten entspricht (siehe oben). Da, wo diese Reihen auftreten, sind stets in der Tiefe zwischen den Septenleisten einige interstitielle Zellen zu treffen, die also hier an der Blase nicht nur Epithelzellen, sondern vor allem auch Nesselzellen zu ersetzen haben. Außer diesen kleinen, in Fig. 42 abgebildeten Cnidoblasten finden sich noch große, mächtige Nesselzellen von der Form und Größe, wie sie an den Nesselknöpfen vorkommen, an der Peripherie der Blase vor.

Unsere besondere Aufmerksamkeit verdienen nun aber die nervösen Elemente der Stammblasenoberseite. „Als ich die Blase von Physophora zu untersuchen begann“, bemerkt KOROTNEFF, „erstaunte ich über den außerordentlichen Reichtum an Nerven. Man konnte wohl denken, man habe es mit einem Gehirn zu thun. Die Ganglienzellen und Nerven bilden ein dichtes Geflecht, das in der Tiefe des Ektoderms ausgespannt ist.“ Die Ganglien sind meist bi- und tripolar, seltener quadripolar; mehr als 4 Achsenfortsätze konnte ich nirgends auffinden. Ueber das feinere histologische Verhalten der Zellen und Fasern berichtet KOROTNEFF folgendes (S. 244): „Jede Nervenfasern besteht aus einem ganzen Bündel außerordentlich zarter Fibrillen, die von

körnigem Plasma umgeben sind. Möglicherweise lassen sich diese Fibrillenbündel als Achsencylinder und das Plasma als Markscheide auffassen. Die Plasmascheide ist nicht gleichmäßig verteilt, sondern an einigen Stellen spindelförmig angehäuft. Die Nervenfasern können sich verzweigen, und an solchen Stellen sieht man am besten die Beziehung der Plasmascheide zum Nervenbündel. Dieses teilt sich in 2 oder 3 primitive Bündel, und an der Teilungsstelle ist das Plasma angehäuft und hat eine körnige Beschaffenheit. Bei dem Abgehen der Nervenfasern von der Zelle ist die Faser plasmareich, aber an der Endverzweigung scheint die Plasmascheide ganz zu verschwinden.“ So weit stimmen meine Befunde mit denen KOROTNEFF's überein. Fig. 56 stellt eine Ganglienzelle von der Oberseite der Stammblase dar; die feinkörnige Plasmascheide überzieht als dünne Schicht die Zelle und ihre Fasern. Bezüglich des Verhaltens der Fibrillen zu den Zellen bin ich zu anderen Resultaten gekommen als KOROTNEFF. Dieser Autor schreibt: „Die Zelle dient nicht als Unterbrechungsort für die Fibrillen, diese ziehen sich längs der Zelle hin, aber in einer etwas anderen Weise, als es bei den höheren Tierformen vorkommt. Bei diesen lösen sich, wenn die Fasern eine Zelle erreichen, die sie konstituierenden Fibrillen auf, setzen ihren Verlauf auf der Peripherie der Nervenzelle fort und vereinigen sich am entgegengesetzten Pole wiederum, um eine der ersteren ganz gleiche Nervenfasern zusammenzusetzen (?); bei den Siphonophoren dagegen zersetzen sich die Nervenfibrillen in der Zelle nicht, sondern behalten die gemeinsame Bündelform bei und legen sich gewöhnlich einer Seite der Zelle so an, daß diese einen Anhang der Faser selbst bildet.“ Auf Grund seiner Darstellung vergleicht KOROTNEFF diese Zellen den SCHWANNschen Zellen. Da der Zelleib der Ganglien fast ganz zurücktritt gegenüber dem Kern und den Zellausläufern, so müssen wir fürs erste von einem Verhalten der Fibrillen zu den Kernen — statt zu den Zellen — sprechen. Dieses Verhalten ist nun ein ganz verschiedenes, und wir können folgende Fälle beobachten: 1) Der Kern ist derart in die Kontinuität zweier oder mehrerer Fasern eingeschaltet, daß er eine Unterbrechung der Fasern bildet (vergl. Fig. 56). 2) Nur ein Teil der Fasern findet eine Unterbrechung, der andere Teil geht ununterbrochen an der Peripherie des Kernes vorbei und zwar a) auf beiden Seiten des Kernes (Fig. 71) oder b) nur auf einer (Fig. 70). Dieser letztere Fall ist sehr häufig an der Stammblase zu beobachten und ent-

spricht offenbar dem von KOROTNEFF oben beschriebenen. Ich bemerke aber ausdrücklich, daß niemals die Zelle (oder der Kern) nur einen seitlichen Anhang der Faser bildet, wie KOROTNEFF will, sondern stets finden eine Anzahl Fibrillen ihre Unterbrechung durch den Kern. Der Kern zeigt überall eine schöne Chromatinnetzstruktur; eine Faserung innerhalb des Kernes konnte ich nirgends nachweisen. Ein eigentümliches Verhalten zeigen die Fibrillen an den Teilungsstellen der Nervenfasern, wie dies in Fig. 56 dargestellt ist. Es findet nämlich hier eine allseitige Durchkreuzung der Fibrillen statt, jedoch überwiegt der Anteil der ungekreuzten denjenigen der gekreuzten Fibrillen.

Die Lage des Nervenplexus ist, wie oben angegeben, eine subepitheliale, indessen liegen die Ganglienzellen fast durchweg in der Tiefe zwischen den Epithelzellen, und auch die Nervenfasern verlaufen mit Vorliebe intercellulär, seltener subcellulär. Schon dieser Umstand bedingt es, daß die Elemente des Plexus selbst an Situpräparaten überaus deutlich zu erkennen sind, noch leichter aber wird uns die Untersuchung dieses Nervengeflechtes dadurch, daß sowohl die Zellen als auch die Nerven von einem schmalen hellen Saum umgeben sind, der nichts anderes ist als der Ausdruck eines pericellulären Lymphraumes, wie er uns von den Ganglienzellen der Wirbeltiere her bekannt ist. Wir werden später anlässlich der Beschreibung der Schwimglocken des näheren auf diese Lymphräume zu sprechen kommen.

Die Unterseite der Stammbhase ist von einer Schicht von Epithelmuskelzellen bedeckt, deren derbe Muskelfasern sofort in die Augen springen und bereits von KOROTNEFF erwähnt werden, der indessen über ihren Verlauf nichts aussagt. Im Gegensatz zu den radial verlaufenden Fasern der Oberseite ist die Muskulatur der Unterseite ringförmig angeordnet, d. h. die Fasern laufen parallel zur Peripherie der Blase, wobei sie die Ansatzstellen der Polypen und Fangfugen etc. von innen und außen bogenförmig umfassen. Die Epithelzellen sind wie auf der Unterseite niedrig, flach, polygonal. Nesselzellen fehlen völlig. Auch hier fällt der ganz außerordentliche Reichtum an Ganglienzellen und Nerven auf, und ich stimme der Angabe KOROTNEFF's bei, daß die Nerven hier mehr einen bestimmteren Verlauf zeigen und zu Bündeln von 2, 3 und mehr Fasern parallel nebeneinander herlaufen. Bezüglich des feineren Baues der Ganglien und des Verhaltens der Fibrillen zu den Zellen verweise ich auf die Darstellung der Ganglien der Oberseite

(vergl. auch Fig. 70 und 71). Eine Erscheinung, die wir später bei den Ganglien der Glocken ausführlich erwähnen werden, ist das Auftreten von kleinen Vakuolen in der Nähe des Kernes an der Eintrittsstelle der Nerven (Fig. 71). Auch hier ist der pericelluläre Lymphraum zu erkennen, wenn auch weniger deutlich als auf der Oberseite der Blase.

Die außerordentliche Deutlichkeit, mit welcher das Nerven-geflecht auf beiden Seiten der Blase zu verfolgen ist, erlaubt uns nun auch hier zum erstenmal, den Zusammenhang der Nerven mit den Muskeln zu eruieren. KOROTNEFF berichtet darüber folgendes: „Hier (auf der Unterseite der Blase) giebt es wirklich eine unmittelbare Beziehung der Nervenfasern zu den Muskelfibrillen, und diese ist, was dabei das Wichtigste ist, ganz gleich der bei Halistemma, mit anderen Worten: die Nervenfaser endet mit einem Hügelchen auf der Muskelfibrille.“ Ich bin zu wesentlich anderen Befunden gekommen. Wie oben gezeigt und bereits von KOROTNEFF erwähnt wurde, sind die Ganglienzellen und -fasern von einer in der Mitte der Zellen breiteren, längs der Nerven dagegen schmälere Protoplasmascheide umgeben. Man beobachtet nun im Verlaufe der Nerven von Zeit zu Zeit bald kleine, bald kegelförmige, bald flachere (Fig. 55 und 70) Protoplasmaanschwellungen, von deren Spitze überaus zarte Fäserchen in rechtem Winkel von den Nerven abgehen. Diese Protoplasmahögelchen sind nicht zu verwechseln mit den Plasmaanschwellungen an den Teilungsstellen der Nervenfasern, die schon bei schwacher Vergrößerung sichtbar sind und sich durch ihre grobkörnige Beschaffenheit auszeichnen. Verfolgt man nun die genannten Fäserchen unter starker Vergrößerung, so zeigt sich, daß dieselben nach kurzem Verlaufe am Basalteil der Epithelmuskelzellen endigen. Eine Endigung der Nerven an den Muskelfasern selbst kommt weder hier noch — wie ich vorwegnehmend bemerken will — anderswo bei den Siphonophoren vor. Ueber die Bedeutung dieser Befunde siehe die Schlußbemerkungen. Da diese charakteristische Endigung der Nervenfibrillen an den Epithelmuskelzellen noch schöner als an der Stammbhase an den Palponen dargestellt werden kann, so verweise ich hier auf die dortigen Ausführungen und die entsprechenden Figuren (Fig. 51 und 55).

Ober- und Unterseite der Blase stehen durch die zwischen

den Rähmchen verlaufenden Rinnen miteinander in Verbindung. Die radiale Muskulatur der Oberseite strömt in diese Rinnen hinein, um, auf der Unterseite angekommen, nach beiden Seiten umzubiegen und zur Ringmuskulatur zu werden (S. 515). Der Zusammenhang des Plexus der Ober- und Unterseite ist bereits von KOROTNEFF richtig erkannt worden: „Die Rähmchen der Blase sind voneinander vermittelt Rinnen geschieden, in deren Boden bereits CLAUS Zellen gesehen hat, die in zarten Fasern auslaufen, eine unverkennbare Ähnlichkeit mit Ganglienzellen haben und sehr an die multipolaren Zellen der Subumbrella der Acalephen erinnern. Diese von CLAUS ausgesprochene Vermutung kann ich völlig bestätigen.“

Das Ektoderm der zwischen den Rähmchen ausgespannten Blasenwand besteht aus großen, flachen, sich wenig tingierenden Zellen, deren zugehörige Muskulatur quer d. h. von einer Längsseite des Rähmchens zur anderen verläuft. Weder Nessel- noch Ganglienzellen konnte ich hier auffinden.

Das Entoderm der Blase unterscheidet sich histologisch nicht von demjenigen des Centralkanal (siehe S. 510). Erwähnung verdient nur das Verhalten der Muskulatur. Diese ist bekanntlich am Stamme ringförmig angeordnet; beim Uebergang auf die Blase aber geht sie in radiale Richtung über und behält diesen Verlauf bei, sowohl auf der Innenseite der Rähmchen als auch auf der Unterseite der Blase. In den Rähmchen verläuft sie demnach von oben nach unten, auf der Unterseite der Blase von der Peripherie zum Centrum.

Unter den Calycophoriden habe ich den Stamm von *Praya maxima* untersucht. Er zeigt so große Uebereinstimmung mit demjenigen von *Apolesia uvaria*, daß ich den Stamm beider zugleich besprechen will. Schon bei Lupenvergrößerung zeigt der Stamm dieser Formen eine dorsale und ventrale Rinne. Die erstere ist von KOROTNEFF als „Nervenrinne“ bezeichnet und mit dem „Centralnervensystem“ der Anthemodinen homologisiert worden. Wir sahen nun oben, daß dies vermeintliche Nervensystem nicht anderes als eine Fortsetzung des Entoderms auf die Dorsalseite des Stammes ist, die an den Internodien des

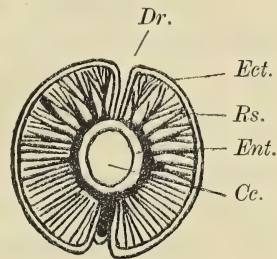


Fig. 8. Querschnitt durch den Stamm von *Praya maxima*. *Ect.* Ektoderm. *Rs.* Radialsepten der Stützellemelle. *Ent.* Entoderm. *Cc.* Centralkanal. *Dr.* Dorsalrinne.

Siphosoms und am oberen und unteren Ende des Nectosoms durch eine Unterbrechung der Stützlamelle zustande kommt. Diesem Befunde entsprechend, ist auch die sogen. „Nervenrinne“ von *Apolesia* und *Praya* keineswegs ein Nervensystem, sondern sie ist eine Einrichtung von gleicher physiologischer Bedeutung, wie der dorsale Entodermkanal der *Anthemodinen*: Diese dorsale Rinne kommt dadurch zustande, daß diese Radialsepten in der dorsalen Mittellinie einen bis auf die Stützlamelle gehenden, breiteren Zwischenraum oder Kanal zwischen sich lassen, welcher von ektodermalem Epithel ausgekleidet ist. Es fällt nun sofort auf, daß die den Boden der Rinne bildende Stützlamelle an dieser Stelle besonders dünn ist, während sie sonst überall die Dicke der Septen bedeutend übertrifft und an den Internodien, d. h. den Knospungsstellen des Stammes, ist sie auf eine kurze Strecke hin durchbrochen, so daß daselbst Ektoderm und Entoderm einander direkt berühren.

Es ist nun hier der Ort, auf die mutmaßliche physiologische Bedeutung dieser Einrichtung einzugehen — ich sage die mutmaßliche, denn direkte Beobachtung und Experimente können uns hierüber keinen Aufschluß geben; wir müssen uns vielmehr mit der einfachen Ueberlegung behelfen. Eine ruhig im Wasser ausgebreitete Siphonophore (z. B. *Forskalia*) vollführt, wie dies meines Wissens v. KÖLLIKER zuerst erwähnt hat, fortwährend mit ihren Freßpolypen saugende oder pumpende Bewegungen aus, die, wie genannter Autor sicherlich mit Recht betont, nicht auf das Nahrungsbedürfnis, sondern auf das Atembedürfnis des Tieres (oder der Kolonie) zurückzuführen sind¹⁾. Durch diese Bewegungen wird nämlich fortwährend frisches Wasser in den Centralkanal und von hier in die einzelnen Organe (Personen) der Kolonie gepumpt. Da nun aber selbstverständlich nur ein gewisses Quantum Wasser in der Gesamtheit der Gastrovaskulärräume Platz hat, so muß auch für den nötigen Abfluß des Wassers gesorgt sein. Dieser Abfluß wird nun am Siphosom ermöglicht durch die oben beschriebenen Lücken in der Stützlamelle des Stammes an Stelle der Internodien, am Nectosom

1) Die Entodermalatmung (Darmatmung) steht jedenfalls bei den Cnidarien nicht hinter der Hautatmung zurück; auch bei den Medusen und Hydropolypen habe ich häufig dergleichen rhythmische, pumpende Bewegungen beobachtet.

aber 1) durch die auf S. 504 beschriebenen Knötchen, in deren Grund die Stützlamelle durchbrochen ist, und 2) durch jene Oeffnungen des Randgefäßes der Glockenträger, die auf S. 512 erwähnt werden. Es leuchtet ohne weiteres ein, daß durch die Pumpbewegungen einerseits und das Abfließen des Wassers andererseits eine Cirkulation des letzteren zustande kommt, wodurch eben eine Atmung ermöglicht wird. Wahrscheinlich haben aber alle die genannten Abflußöffnungen noch einen anderen Zweck. Bekanntlich antworten die Siphonophoren auf Reize hin durch blitzschnelle Kontraktionen des Stammes und seiner Anhänge, die, wenn Reiz und Kontraktion einen gewissen Grad erreicht haben, zur Abstoßung vereinzelter Personen (oder Organe, Glocken, Polypen, Palponen etc.) führen. Die Ursache dieser Selbstamputationen ist klar: wenn Ring- und Längsmuskulatur sich gleichzeitig kontrahieren, wird der Gastrovaskularraum verkleinert, und das in ihm befindliche Wasser wird infolge seiner Inkompressibilität an den *locis minoris resistentiae* d. h. den Ansatzstellen der Anhänge die Stützlamelle sprengen und so zur Abstoßung der Anhänge führen. Vielleicht spielen nun die genannten Abflußöffnungen die Rolle von Ventilen, und verhindern so bei schwächeren Kontraktionen durch Ermöglichung des Abfließens die für die Kolonie so verhängnisvollen Amputationen. Mit dieser Ueberlegung würde die Thatsache harmonieren, daß der dorsale Entodermkanal gerade den sensibelsten Formen — den Forskaliden und Anthemodinen — zukommt, während er den weniger empfindlichen Formen — Physophora, Apolemia und den Calyconecten — fehlt.

Bezüglich der histologischen Details des Stammes von Apolemia und Praya verweise ich auf die Beschreibung der Physophoriden: Die Epithelmuskelzellen haben überall die charakteristischen basalen und peripheren Fortsätze. Letztere sind hier besonders ausgebildet und fallen sofort dadurch auf, daß sich in ihnen glatte Muskelfasern gebildet haben — analog, wie sich in den basalen Fortsätzen die Längsmuskeln ausscheiden. Diese von den peripheren Fortsätzen ausgeschiedenen Muskelfasern haben cirkulären Verlauf und bilden so in ihrer Gesamtheit eine starke ektodermale Ringmuskulatur. Die Epithelzellen sind bei den Diphyiden (Praya) breiter und höher als bei den Physophoriden. Von der Fläche gesehen, erscheinen sie von netzförmigem oder unregelmäßig vakuolisiertem

Bau, so daß sie an Drüsenzellen erinnern. Möglich, daß sie die Fähigkeit haben, Schleim abzusondern. Nesselzellen finden sich zerstreut über den Stamm von *Apolemia* und denjenigen von *Praya*, vor allem aber interessiert uns auch hier das Vorkommen von Ganglienzellen, die man am besten in situ zur Darstellung bringen kann, wenn man mittelst einer feinen Augenschere möglichst dünne Tangentialschnitte durch den Stamm macht. Besonders eignen sich hierzu die Stellen, wo die Bracteenträger entspringen, man sieht dann an günstigen Präparaten deutlich den Zusammenhang der Ganglien des Stammes mit denjenigen über den Bracteenträgern.

Schwimmglocken.

Als Ausgangsobjekt mögen uns die Schwimmglocken von *Physophora hydrostatica* dienen. Das exumbrellare Epithel bildet über dem Schirmrande einen ringförmigen Wulst (Fig. 1), welcher seine größte Breite zu beiden Seiten der Schwimmsacköffnung besitzt und von hier aus auf der unteren Glockenseite allmählich gegen die Medianlinie zu abnimmt, während er dagegen auf der Oberseite zuerst plötzlich sich verschmälert, um sodann gegen die Mitte zu an Breite wieder zuzunehmen. Auf Querschnitten (vergl. Fig. 1) erscheint dieser Epithelwulst als hohes, nach dem Volum wie nach der Exumbrella zu allmählich abfallendes Zellpolster, welches seine größte Höhe über der Mitte der Ober- und Unterseite der Glocke erreicht. Von der Fläche betrachtet, zeigt der Epithelwulst oder — wie wir ihn von nun an nennen wollen — Randwulst einen eigentümlichen, netzartigen oder vakuolisierten Bau, der durch hohe, cylindrische oder prismatische Zellen zustande kommt, die neben einem großen Kerne und wenig wandständigem, körnigem Plasma eine große, helle, centrale Vakuole enthalten und ihrer Natur nach offenbar als Drüsenzellen aufzufassen sind (Fig. 2). Zwischen diesen Zellen, zumeist in den Ecken, in denen mehrere derselben zusammenstoßen, liegen oberflächlich teils Epithel-, teils kleine Nesselzellen (Fig. 2 *pt.*), in der Tiefe dagegen deren Jugendformen, mit anderen Worten die Zellen einer interstitiellen Schicht, und zwischen beiden Schichten die Elemente eines Nervengeflechtes (Fig. 3). Nach dem exumbrellaren Rande hin treten die Drüsenzellen allmählich zurück und verschwinden zuletzt vollständig

indem sie einen schmalen Saum übrig lassen, der lediglich von Epithel-, Nessel- und Ganglienzellen eingenommen wird (Fig. 5). Die Epithelzellen sind durch ihre basalen, meist einfachen, seltener geteilten Fortsätze charakterisiert, deren Länge selbstverständlich von der Lage der betreffenden Zellen im Randwulste abhängig ist: Die längsten Fortsätze besitzen die Zellen auf der größten Höhe des Wulstes, die kürzesten die am Rande gelegenen Zellen. Durch ihre basalen Fortsätze stehen die Epithelzellen außer mit der Stützlamelle mit einem System zarter Muskelfasern in Zusammenhang, die in der Längsrichtung der Glocke, also vom Scheitel gegen das Velum zu, verlaufen. Diese Muskelfaserung, welche nach der exumbrellaren Peripherie des Randwulstes hin immer zarter wird und über diesen hinaus nur noch als äußerst feine Streifung bis zum Scheitel der Glocke zu verfolgen ist, nimmt umgekehrt nach dem Velum zu an Stärke bedeutend zu und bildet in ihrer Fortsetzung auf die Unterseite (Außen-seite) des Velums die bekannte Radialmuskulatur des letzteren. Genau so wie an den Polypen, Palponen und dem Stamm findet sich also auch über den Glocken eine ektodermale Längsmuskulatur. Entsprechend der stärkeren Entwicklung der Radialmuskulatur des Velums zu beiden Seiten der Schwimmsacköffnung ist auch ihre Fortsetzung auf die Exumbrella über den Seitenpartien des Randwulstes am deutlichsten ausgebildet, was wiederum zur Folge hat, daß an diesen Stellen die zugehörigen Epithelzellen am dichtesten gehäuft sind und ihr Charakter als Epithelmuskelzellen am schärfsten hervortritt (Fig. 4). Auch über dem Scheitel der Glocke, nach der Eintrittsstelle des medianen Glockenträgergefäßes hin zeigt die erwähnte, als feine subepitheliale Streifung imponierende Muskelfaserung eine stärkere Ausbildung und erscheint hier als unmittelbare Fortsetzung der ektodermalen Muskulatur der Glockenträger (vergl. S. 511). Schon CAMILLO SCHNEIDER (l. c. S. 410) hat jene subepitheliale Streifung an der Exumbrella erkannt und mit Recht hervorgehoben, daß dieselbe von der darunter liegenden Streifung der Stützlamelle auseinanderzuhalten ist, dagegen erwähnt er nicht ihren kontinuierlichen Zusammenhang mit der Radialmuskulatur des Velums einer- und der Muskulatur des Glockenträgers andererseits.

Sowohl im Bereiche des Randwulstes als auch über der Ansatzstelle und der exumbrellaren Peripherie des Velums liegt unter dem Epithel noch ein zweites Muskelfasersystem, dessen Fasern im

großen und ganzen circulären Verlauf innehalten und über der Radialmuskulatur gelegen sind. In den von den Drüsenzellen besetzten Partien des Randwulstes ist der circuläre Verlauf der Fasern mehr oder weniger verwischt (Fig. 3), um so deutlicher aber tritt er über dem Ansätze des Velums und an der exumbrellaren Peripherie hervor (Fig. 5, Taf. XXIII). Ueber der Mitte des Randwulstes ist die Ringmuskulatur am stärksten ausgebildet, während sie nach dem Velum und der Exumbrella zu abnimmt. Die topographische Lage der Cirkulärfasern zwischen Epithel und Radialmuskulatur bedingt es, daß sie nur selten einen gestreckten Verlauf zeigen, sondern meist in mehr oder weniger starken Windungen sich zwischen den Drüsen- und Epithelzellen resp. deren basalen Fortsätzen hindurchwinden. Dieser gewundene Verlauf, verbunden mit der Zartheit der Fasern, giebt ihnen auf den ersten Blick das Aussehen von Nervenfasern, und sicherlich wäre eine derartige Auffassung um so naheliegender, als einmal, wie bereits oben erwähnt und gleich ausführlicher behandelt werden soll, zahlreiche Ganglienzellen zwischen Epithel und Radialmuskulatur eingestreut sind, sodann aber die ringförmige Anordnung der Fasern und ihre Lage über dem Schirmrande an ein Homologon des äußeren Nervenringes der Medusen denken ließe. Indessen ist es bei genauerem Zusehen nicht schwierig zu zeigen, daß die besprochenen Fasern nicht nervöser, sondern muskulärer Natur sind. Dafür spricht einmal die Tatsache, daß die Fasern keine seitlichen Verzweigungen abgeben, vor allem aber ihr eigentümliches Verhalten an der exumbrellaren Peripherie des Randwulstes. Fig. 5 stellt einen Abschnitt derselben auf der Unterseite der Schwimmglocke dar. Wir ersehen daraus, wie ein Teil der Cirkulärfasern, in radialer Richtung umbiegend, in die Radiärfaserung der Exumbrella austrahlt, wobei die Fasern zu Büscheln vereinigt erscheinen und häufig durch bogenförmige Anastomosen miteinander verbunden sind. Zugleich erfahren wir an dieser Stelle auch die Herkunft der Cirkulärfasern: Es zeigt sich nämlich, daß sie ebenso wie die radialen Muskelfasern integrierende Bestandteile (oder Ausscheidungen) der Epithelzellen sind. Nähern wir uns nun auf der Unterseite der Glocke, von den Seiten her kommend, der Mitte zu, so bemerken wir, wie die Zahl der auf die Exumbrella umbiegenden Cirkulärfasern zunimmt und wie dieselben in der Medianlinie einem mit breiter Basis aus dem Randwulst entspringenden Muskelfaserstrang Ursprung geben, der in gerader

Richtung auf der Exumbrella zur Ansatzstelle der Glockenträger verläuft (vergl. Fig. 6) und auf seinem ganzen Wege von Ganglienzellen und Nervenfasern begleitet wird. Ein ähnliches Verhalten wie auf der Unterseite weisen die Cirkulärfasern auch auf der Oberseite der Schwimglocken auf, indem sie auch hier einen medianen Muskelfaserstrang bilden, der aber viel mächtiger ist und schon nach kurzem Verlaufe in zwei nach oben ziehende divergierende Stränge sich spaltet. Von diesem Faserstrang abgesehen findet man auf der Oberseite sonst nirgends ein Ausstrahlen der Ringfasern auf die Exumbrella. Was schließlich die Seitenpartien des Randwulstes anbelangt, so hat zwar auch hier ein Umbiegen der Cirkulärfasern in die radiale Richtung statt, indessen laufen die Fasern nicht peripherwärts nach der Exumbrella, sondern vielmehr nach innen gegen das Velum zu und bilden auf diese Weise eine Verstärkung der Radialmuskulatur des Velums (vergl. Fig. 4).

Die Wirkungsweise der exumbrellaren Muskulatur erhellt aus ihrer Anordnung. Dadurch, daß die Radialfasern des Velums sich auf die Exumbrella fortsetzen, tritt bei ihrer Kontraktion d. i. bei der Diastole der Glocken eine Verkürzung der Exumbrella, und zwar vornehmlich ihres unteren Teiles ein, die in Folge der konischen Gestalt dieses Abschnittes einer Erweiterung der Ansatzstelle des Velums gleichkommt. Es wird demnach die bei der Diastole eintretende Erweiterung der Schwimmsacköffnung in doppelter Weise bewerkstelligt: Einmal durch die Verschmälerung des Velums und zweitens durch die Erweiterung des ihm zum Ansatz dienenden Ringes. Der Zweck dieser Einrichtung leuchtet ein. Es wird dadurch bei der Diastole eine promptere Füllung ermöglicht. Die beiden medianen Muskelfaserstränge haben offenbar die Aufgabe, die Stellung der Schwimmsacköffnung und damit die Ausflußrichtung des Wassers bei der Systole zu regulieren. Bei Kontraktion des oberen Stranges z. B. wird die Schwimmsacköffnung vertikal gestellt, wodurch ein mehr seitlicher Ausfluß des Wassers bedingt wird u. s. w. Die Ringmuskulatur endlich unterstützt selbstverständlich die Verengerung der Schwimmsacköffnung bei der Systole.

Unsere besondere Beachtung verdienen die nervösen Elemente der Exumbrella. Wir haben bereits oben erwähnt, daß in der Tiefe des Randwulstes ein Nervengeflecht ausgebreitet ist

(s. Fig. 3). Die Ganglienzellen dieses Plexus sind meist tri- und quadripolar, seltener bipolar und heben sich durch ihre Tinktion an Osmiumsäurepräparaten leicht ab von den sie umgebenden interstitiellen Zellen. Leicht kenntlich sind sie aber auch durch ihre deutlich zu verfolgenden Fortsätze, die außer durch ihre Ramifikation durch dunklere Färbung von den Ringmuskelfasern sich unterscheiden. Während es in den von den Drüsenzellen besetzten Partien des Randwulstes nur an jungen Objekten möglich ist, die Ganglienzellen in situ durch das Epithel hindurch zu erkennen, treten diese an den Rändern des Wulstes stets sehr deutlich hervor und erweisen sich hier im Zusammenhang stehend mit einem die Unterseite des Velums — also die Radialmuskulatur — versorgenden Nervengeflechte (Fig. 8) einerseits und einem das untere Drittel der Exumbrella einnehmenden Plexus andererseits (Fig. 3, 1, 2). In ihrer Gesamtheit bilden demnach alle diese Ganglien und Nerven einen einheitlichen, die Außenseite des Velums und die Exumbrella versorgenden Nervenplexus, der zwar im Randwulste am dichtesten ist, in der Anordnung seiner Elemente aber überall denselben Charakter zeigt: Nirgends kommt es zu einem gesetzmäßigen, parallelen Verlaufe der Fasern, nirgends daher zur Bildung eines exumbrellaren Nervenringes, wie wir ihn von den Medusen her kennen.

In der Verbreitung dieses exumbrellaren Nervengeflechtes sowohl als auch im Bau des Epithels zeigen sich wesentliche Differenzen zwischen Ober- und Unterseite der Glocke. Bei Betrachtung dieser letzteren fällt uns zuvörderst jener oben erwähnte mediane Muskelfaserstrang (Fig. 9) in die Augen, der, aus dem Randwulste aufsteigend, nach dem Scheitel der Glocke verläuft und auf seinem ganzen Verlaufe von Ganglienzellen und Fasern begleitet wird. Der Strang besteht durchweg aus gestreckt und parallel verlaufenden Muskelfasern ausgenommen an der Basis des Stranges, wo die Fasern in cirkulärer Richtung umbiegen (vergl. Fig. 6), und am Scheitel der Glocke, wo einzelne Fasern zuweilen bogenförmig nach außen sich wenden, um bald einfach, bald besenreisartig in feinste Fibrillen gespalten, nach kurzem Verlaufe zu endigen. In die verbreiterte Basis des Stranges (Fig. 6) treten sehr zahlreiche Muskelfasern ein, in seinem weiteren Verlaufe aber ist ihre Zahl eine sehr geringe

(3—4). Die Kerne der Faserzellen sind bedeutend kleiner als diejenigen des exumbrellaren Epithels und ähneln durch ihre Spindelform und ihre dunklere Färbung in hohem Grade bipolaren Ganglienzellen, von denen sie sich daher nur durch ihre helleren, derberen und unverzweigten (oder nur terminal gespaltenen) Fasern unterscheiden. Freilich kann auch vielerorts dieses Kriterium im Stich lassen, falls die Fasern und ihre zugehörigen Kerne sehr zusammengedrängt sind, und es nicht gelingt, durch leichten Druck oder durch Klopfen auf das Deckgläschen die einzelnen Elemente des Stranges zu isolieren. Wo diese Isolierung gelingt, kann man sich mit Leichtigkeit davon überzeugen, daß außer tri- und multipolaren Ganglienzellen, die ja ohne weiteres durch ihre Form von den Muskelfaserzellen abstechen, auch bipolare Ganglienzellen im Verlaufe des Muskelstranges vorkommen, die mit den tri- und multipolaren in Verbindung stehen. Ganglien- und Faserzellen zeichnen sich nun auf den ersten Blick durch ihre eigentümliche Anordnung aus, indem sie nämlich in weiten, ziemlich gleichen Abständen, zu kleineren Zellhäufchen oder Gruppen vereint, in der Kontinuität des Stranges liegen (vergl. Fig. 9). Infolge dieses typischen Verhaltens erinnert das ganze Gebilde an eine durch lange Internodien ausgezeichnete Ganglienkette eines Articulaten. Auf dem Scheitel der Glocken endigt der Faserstrang in Form einer spindelförmigen Anschwellung, die durch ein aus dicht gedrängten Zellen formiertes Polster gebildet wird, in welchem Epithel- und Ganglienzellen erst nach ihrer Isolierung als solche zu erkennen sind. Wir haben bereits oben auf S. 511 dieses „spindelförmige Organ“, wie wir das Gebilde nennen wollen, erwähnt und gesehen, daß dasselbe in einen entsprechenden Ausschnitt am Rande der ventralen Seite des Glockenträgers zu liegen kommt (vergl. Textfig. 4). Da dieser Ausschnitt sowohl an den rechts- wie linksseitigen Glockenträgern ventral und unterhalb des Mediangefäßes sich befindet, so folgt daraus, daß an den rechtsseitigen Glocken das spindelförmige Organ links, an den linksseitigen rechts vom Eintrittsorte des medianen Glockenträgergefäßes in das sog. Stielgefäß (d. i. das vom Scheitel nach dem Schwimmsack ziehende Gefäß) der Glocken liegen muß. Wie gleich erörtert werden soll, ist das spindelförmige Organ die einzige Stelle am Glockenscheitel, die Ganglienzellen enthält, und es ist hieraus ersichtlich, daß genanntes Organ den

Zusammenhang des Nervensystems des Stammes mit demjenigen der Glocken vermittelt.

Die Ganglienzellen des Faserstranges stehen nun, wie Fig. 9 zeigt, nach beiden Seiten hin mit denjenigen des exumbrellaren Nervengeflechtes in Verbindung. Dieses letztere erstreckt sich indessen nicht bis zum Scheitel, sondern nur über die untere Hälfte der Unterseite der Glocken. Ein Vergleich der Fig. 9 und 8 welche diesen Plexus in seinen medialen und lateralen Partien darstellen, lehrt uns, daß sowohl der Charakter des Epithels, als auch der Verlauf der Nervenfasern beiderorts ein verschiedener ist. Median fehlen Nesselzellen vollständig, und die Fasern haben einen auffallend gestreckten Verlauf, lateral dagegen sind zahlreiche Cnidoblasten in das Epithel eingestreut, die nach den Seiten der Glocke zu immer zahlreicher werden, und die Ganglienfasern verlaufen ganz unregelmäßig und in vielfachen Windungen. Das Epithel ist ein flaches Plattenepithel, dessen Zellgrenzen an ausgewachsenen Glocken völlig unsichtbar sind. Es ist mir auch nicht gelungen, dieselben durch Silberimprägnation sichtbar zu machen ¹⁾. Die Ganglienzellen liegen überall vorwiegend in der Tiefe zwischen den Epithelzellen, während ihre Fortsätze dagegen ebenso regelmäßig subcellular verlaufen.

Die außerordentliche Flachheit und Durchsichtigkeit des Epithels ermöglicht uns nun hier, die nervösen Elemente einer genaueren histologischen Analyse zu unterziehen. Die Ganglienzellen der Exumbrella sind noch ärmer an Protoplasma als diejenigen am Stamme und an den Palponen, der Kern nimmt sozusagen die ganze Zelle ein, die Fortsätze sind außerordentlich zart, viel zarter als beispielsweise diejenigen der Tastpolypen. Eine eigentümliche und fast konstante Erscheinung ist nun das Auftreten von Vakuolen im Innern der Ganglienzellen. Wie die Figg. 59 u. 60 deutlich zeigen, entstehen diese

1) Durch einen eigentümlichen Zufall konnte ich dagegen an ausgewachsenen Glocken von *Forskalia* und *Halistemma* den Verlauf der Zellgrenzen dieses Epithels erkennen, indem an einigen Exemplaren eine eigentümliche Micrococcusart in den Zwischenzellräumen des Glockenepithels schmarotzte, wodurch die Zellgrenzen leicht sichtbar gemacht wurden und wie Imprägnationspräparate aussahen. Wie sich an diesen Präparaten zeigte, sind die Zellgrenzen nicht gerade, sondern mehr oder weniger stark geschlängelt, wie dies an den Oberzellen eines Blattes zu sehen ist.

Vakuolen im Innern des Kernes, zumeist in der Einzahl, seltener zu zwei oder mehreren. Anfänglich sind diese Vakuolen sehr klein, später nehmen sie an Größe zu und gelangen unter die Oberfläche des Kernes. Schließlich wachsen sie derart, daß der Kern völlig auf eine Seite gedrückt wird und der Vakuole in ähnlicher Weise aufsitzt, wie die Kerne der Cnidoblasten den Nesselkapseln (Fig. 62 u. 67). Man beachte aber, daß bis anhier die Vakuole immer noch innerhalb des Kernes gelegen ist, wie aus den beiden Figuren deutlich zu ersehen ist: Die Vakuole ist von der Kernmembran und einer dünnen Schicht von Kernsubstanz umgeben, die eine weitmaschige Netzstruktur aufweist. Man trifft nun aber zuweilen Ganglien an (Fig. 63 u. 64), aus deren Form zu ersehen ist, daß sie unzweifelhaft eine Vakuole besessen haben, die aber durch Platzen in den pericellulären Lymphraum sich ergossen hat. Dieser pericelluläre Lymphraum, der uns schon von der Stammbhase her bekannt ist, läßt sich hier an den Schwimmglocken mit besonderer Deutlichkeit sowohl längs der Zellen als der Nerven verfolgen. Am schärfsten tritt er da hervor, wo zufällig eine Faser unter einem Epithelkern durchläuft (vergl. Fig. 69). Die Anfangsstadien der Vakuolen erinnern ganz an die von SACK beschriebenen intranukleären Vakuolen der Fettzellen (Arch. f. mikr. Anatomie, Bd. 46), hier handelt es sich indessen mit Bestimmtheit um Flüssigkeitsvakuolen und nicht um Fetttropfen. Ich kenne in der Litteratur kein anderes Beispiel von Vakuolen in entwickelten Ganglienzellen, wohl aber sind Vakuolen beschrieben worden in sich entwickelnden Ganglien, den Neuroblasten der Wirbeltiere, und zwar durch VIGNAL (Archiv. de physiol. normale et patholog., 1884) und R. BURCKHARDT (Archiv für mikrosk. Anatomie, Bd. 34). Beide Autoren behandeln die Entwicklung der Neuroblasten und geben an, daß für dieselben eigentümliche Vakuolen charakteristisch seien. Während VIGNAL dieselben dem Plasma zurechnet, spricht sich BURCKHARDT dafür aus, daß sie dem Kerne angehören: Sie liegen immer dem Kern an und greifen in denselben ein; das Kernnetz erstreckt sich über die Vakuolen (vergl. hierzu meine Fig. 62 u. 67). Gewöhnlich enthält der Kern nur eine Vakuole, seltener deren zwei. „Was die rätselhaften Bläschen zu bedeuten haben“, sagt BURCKHARDT, „ist möglicherweise zu verstehen, wenn einmal die außerordentlich komplizierten Formveränderungen denen der Kern der Neuroblasten unterliegt, im Zusammenhang untersucht würden.“

Durch meine Untersuchungen ist wenigstens so viel festgestellt, daß die Vakuolen zum pericellulären Lymphraume Beziehungen haben, indem sie sich in denselben ergießen. Die Vermutung liegt daher nahe, daß diese Lymphräume gerade durch diesen Ausscheidungsprozeß entstehen, wissen wir doch, daß die flüssigen Intercellularsubstanzen oder Zwischenflüssigkeiten (Blut, Lymphe etc.) überhaupt in ihrer Entstehung auf Zellen dieser oder jener Art zurückgeführt werden müssen.

Eine zweite auffallende Erscheinung im Nervengeflechte der *Exumbrella* ist das Vorkommen amitotischer Teilung von Ganglienzellen. Die Figg. 65—68, die ich aus der großen Zahl alle Stufen der Teilung darstellender Bilder herausgegriffen habe, illustrieren deutlich diesen Vorgang. Am häufigsten findet die Teilung in der Weise statt, daß der Kern sich sanduhrförmig einschnürt und die Einschnürungsstelle immer länger und dünner wird (Figg. 65 u. 66), bis die beiden Tochterkerne sich getrennt haben. Einen selteneren Teilungsmodus zeigt Fig. 67: die Tochterkerne rücken bei der Teilung nicht auseinander; auch nach vollkommener Teilung können dieselben nebeneinander liegen, wie dies in Fig. 68 dargestellt ist. Dieser Teilungsprozeß hat nun keineswegs etwa nur an den jüngsten Glocken oder nur an jugendlichen Individuen statt, sondern ebenso häufig an den ältesten Nectophoren völlig ausgewachsener Tiere. Es handelt sich also — ich betone dies ausdrücklich — nicht um einen ontogenetischen Prozeß, sondern um einen Vorgang, der sich auch im Leben des ausgewachsenen geschlechtsreifen Tieres abspielt. Da ich nun nirgends Andeutungen einer Rückbildung von Ganglienzellen angetroffen, so erhellt daraus, daß die Bedeutung dieser Teilungen nicht etwa in einem Ersatz zu Grunde gegangener Elemente liegen kann — es deutet vielmehr auch diese Thatsache darauf hin, daß den Siphonophoren ein unbegrenztes Wachstum zukommt (vergl. S. 503) ¹). Meines Wissens sind Teilungen von Ganglienzellen bisher nirgends beobachtet worden; nur APOLANT beschreibt eine amitotische Kernteilung in den sympathischen Ganglien der Katze, die jedoch nicht zur Teilung der Ganglienzellen, sondern nur zur Mehrkernigkeit derselben führt (Archiv f. mikroskop. Anatomie, Bd. 37).

1) Ich bin mir wohl bewußt, daß es hierbei unlogisch ist, von „ausgewachsenen“ Tieren zu reden; aus praktischen Gründen behalte ich jedoch diesen Ausdruck bei.

Die Ausläufer der Ganglienzellen der Exumbrella sind außerordentlich zart im Vergleich zu denjenigen an der Stammbhase und den Palponen. Sie sind aber — auch ihre feinsten Verzweigungen — stets deutlich zu verfolgen, dank des sie begleitenden Lymphraumes, der indessen, wie ich hier nachholen will, an den Ganglienzellen in der Regel etwas erweitert ist. Auch hier ist über den Fasern eine protoplasmatische Scheide bemerkbar (vergl. S. 514), jedoch ist dieselbe so außerordentlich dünn, daß sie nur mit Sicherheit in der Nähe der Ganglienzellen und an den Teilungsstellen der Fasern zu erkennen ist. An den letzteren bildet sie freilich manchmal sogar auffallend mächtige Anschwellungen (vergl. Fig. 69), die zum Teil auf längere Strecken die Ausläufer begleiten können (in derselben Figur links). Wie Macerationspräparate zeigen, zerfallen die Nerven in zahlreiche feinste Fibrillen (Fig. 8), die infolge der Einwirkung der Essigsäure starke Schlingelungen und Quellungen aufweisen, an mit FLEMMING'scher Lösung konservierten Präparaten dagegen erscheinen die Fasern homogen. Ganz wie an der Stammbhase finden wir auch hier von Zeit zu Zeit feinste Fäserchen von den Nerven abgehen (von einem Plasmahügelchen entspringend) und nach kurzem Verlaufe endigen. Diese Endigung hat auch hier mit Bestimmtheit nicht etwa an den als feine Streifen eben noch erkennbaren Muskelfibrillen der Exumbrella statt. Bei stärkster Vergrößerung bekommt man vielmehr den Eindruck, daß die Fäserchen in einem äußerst zarten Netzwerk aufgehen, das den Epithelzellen angehört. Wir werden bei den Palponen sehen, daß diese Auffassung zweifellos richtig ist (vergl. Fig. 72). Bezüglich des Verhaltens der Nervenfibrillen zu den Ganglienzellen verweise ich auf die Ausführungen auf S. 514 und die Figg. 64 u. 67, aus denen ohne weiteres ersichtlich ist, daß häufig nur ein Teil der Fasern durch den Kern unterbrochen wird.

Wenden wir uns nunmehr zur Oberseite der Exumbrella. In erster Linie beanspruchen auch hier jene oben erwähnten, mit gemeinsamer Basis aus dem Randwulst entspringenden Muskelfaserstränge (S. 523) unser Interesse. Die Elemente dieser Stränge gleichen völlig denjenigen des auf der Unterseite gelegenen Faserstranges, nur sieht man hier die Fasern häufiger seitwärts umbiegen und besenreisartig sich verästeln. Ein wesentlicher Unterschied liegt aber in der Anordnung der Faserzellen und der diese begleitenden Ganglienzellen,

indem beide nämlich völlig unregelmäßig und dicht gedrängt in der Kontinuität des Stranges liegen, ohne Internodien zu bilden, wie am Muskelfaserstrang der Unterseite (vergl. Fig. 10 u. 12). Im großen und ganzen erscheinen die Faserzellen der Oberseite etwas derber, und sie sind schon aus diesem Grunde leichter von den Ganglien mit ihren zarten Fortsätzen zu unterscheiden. Um zu zeigen, daß die Faserzellen, die ja, wie oben erwähnt, auf den ersten Blick an bipolare Ganglienzellen erinnern, in der That Muskelzellen sind, bilde ich in Fig. 43 einen ganz ähnlich gebauten Strang ab, der auf der Außenseite der Nesselknöpfe liegt, und dessen Fasern so breit und derb sind, daß sie ohne weiteres als Muskelbildungen erkannt werden. Während nun im Verlaufe des Muskelstranges der Oberseite und in unmittelbarer Nähe desselben Ganglienzellen in reicher Anzahl vorkommen, konnte ich in einiger Entfernung von demselben keine solchen mit Sicherheit auffinden. Wir haben bereits oben erwähnt, daß auf der Unterseite der Glocken lateralwärts die Nesselzellen immer häufiger werden, und haben hier nur hinzuzufügen, daß in dieser Beziehung ein allmählicher Uebergang im histologischen Bau der Unterseite zu demjenigen der Oberseite statthat. Auch in den Verlauf des Faserstranges sind zahlreiche Cnidoblasten eingestreut. Der Umstand, daß gerade die Oberseite so reich an Nesselzellen ist, leuchtet ein, wenn wir die Glocken in situ am Stamme betrachten. Die Differenzierung des Ektoderms in einfache Epithelzellen und Nesselzellen, die schon in den frühesten Stadien beginnt, wird naturgemäß an denjenigen Stellen in den Hintergrund treten, die den Einflüssen der Außenwelt weniger ausgesetzt sind. Dies ist nun an der obersten, zuletzt ausgebildeten Glocke auf ihrer Unterseite der Fall, welche von Anfang an der Oberseite der nächst unteren dicht aufliegt, während ihre Oberseite lange Zeit in ihrer weitaus größten Ausdehnung frei bleibt. Zudem ist die Anordnung der Glocken am Stamme derart, daß auch die Oberseite der älteren Schwimglocken stets nur zur Hälfte von der Unterseite der nächst oberen bedeckt ist, während die Unterseite stets völlig den Einflüssen der Außenwelt entzogen ist. Sehr deutlich ist auf der Oberseite — wie ich beiläufig bemerken will — das Schicksal der verbrauchten (explodierten) Cnidoblasten zu eruieren. Man sieht alle Stadien regressiver Metamorphose an diesen Zellen, die sich vor allem durch Karyolyse einleitet. Die Epithelzellen der Oberseite sind nicht wie diejenigen der Unterseite indifferenten

Charakters, sondern zeigen einen unregelmäßig vakuolisierten Bau und gehen, wie dies nach ihrer Tinktion zu ersehen, offenbar schleimige Metamorphose ein. Dem fortwährenden Verbrauche von Nessel- und Schleimzellen entsprechend, findet man zahlreiche amitotische Teilungen, die für den nötigen Nachschub sorgen.

Betrachten wir nunmehr die histologischen Verhältnisse auf der Subumbrella. An der Ansatzstelle des Velums, dem Randwulst gegenüber und innen vom Ringkanal verläuft unter dem Epithel ein schmaler, aber deutlich ausgeprägter Nervenring (Fig. 11). Im Gegensatz zum subumbrellaren Nervenringe der Medusen, welche aus überaus zahlreichen, teils groben, teils zartesten Fasern zusammengesetzt ist, besteht derjenige von Physophora — und der Siphonophoren überhaupt — nur aus wenigen fast parallel nebeneinander verlaufenden, ziemlich derben Fasern, in deren Kontinuität teils bipolare, seltener tripolare und quadripolare Ganglienzellen eingeschaltet sind. Die einzelnen Nerven stehen miteinander in Verbindung, teils direkt durch Anastomosen, die von einer Faser zur andern ziehen, teils indirekt durch Fasern, die von einer Ganglienzelle zu einem benachbarten Nerven laufen. Die Stelle, welcher der Nervenring aufliegt, ist frei von Muskulatur, indem die velare und subumbrellare Muskulatur daselbst einen schmalen freien Zwischenraum zwischen sich lassen. Der Nervenring liegt demgemäß direkt der Stützlamelle auf. Diese letztere ist an dieser Stelle von außerordentlicher Zartheit und läßt nach Abpinselung der beiderseitigen Epithelien nirgends Lücken oder größere Poren erkennen, welche etwa dazu bestimmt wären, den Nervenring mit dem exumbrellaren Nervengeflecht verbindenden Fasern den Durchtritt zu gestatten. Dennoch möchte ich keineswegs, wie dies C. SCHNEIDER für die Medusen gethan, die Existenz solcher Kommunikationsfasern in Abrede stellen, da es durch die Zartheit der vorliegenden Objekte leicht erklärlich ist, daß auch bei schonendster Maceration zarteste Fibrillen weggerissen werden können, oder daß feinste Poren übersehen werden. Ich bin im Gegenteil nach Durchsicht von Präparaten, bei denen nur das subumbrellare Epithel entfernt worden war, während der exumbrellare Randwulst in situ belassen wurde, zu der Ansicht geneigt, daß in der That ein Zusammenhang zwischen Nervenring und exumbrellarem Plexus vorhanden ist, indem ich nämlich hier und da vereinzelte — niemals aber, wie dies die Gebrüder

HERTWIG bei den Medusen sahen, zu Bündeln vereinigte — Nervenfasern durch die Stützlamelle hindurch verfolgen zu können glaubte.

Sowohl nach dem Velum als auch nach der Subumbrella hin giebt der Nervenring Fasern ab, die sich bald verzweigen und infolge ihrer Zartheit und der relativen Undurchsichtigkeit des subumbrellaren Epithels nur auf kurze Strecken hin zu verfolgen sind. Als ich an die Untersuchung der Subumbrella herantrat, erwartete ich ohne weiteres über dem mächtigen, quergestreiften Muskelstratum einen entsprechend deutlich entwickelten Nervenplexus zu finden. Meine Erwartung hat sich nicht erfüllt; ich habe Dutzende von Subumbrellen von Physophora auf das genaueste nach Ganglienzellen durchmustert und habe niemals solche aufgefunden, und um Wiederholungen zu vermeiden, will ich gleich hier bemerken, daß sowohl die übrigen Physophoriden als auch die Calycophoriden denselben Mangel nervöser Elemente in der Subumbrella aufweisen. Schon CHUN hatte bei Diphyes vergeblich nach Ganglienzellen in der Subumbrella gesucht und bemerkt hierüber (Zoolog. Anzeiger, 1882, No. 117): „Dagegen ist es mir auf keine Weise gelungen, Ganglienzellen über der quergestreiften Muskulatur der Schwimmglocken von Diphyes aufzufinden, einer Stelle also, wo man sie zuerst vermuten möchte.“ Diese auffallende Thatsache, daß die Subumbrella der Siphonophoren, von dem subumbrellaren Nervenring abgesehen, weder Ganglien noch Nerven enthält, scheint mir bezüglich der Rolle, die das Nervensystem bei seinem ersten Auftreten in der Tierreihe spielt, einen bedeutsamen Fingerzeig abzugeben, und ich werde daher in den Schlußbemerkungen des näheren hierauf eintreten.

Die Epithelmuskelzellen der Subumbrella verdienen unsere besondere Beachtung. In ihrer Gesamtheit bilden sie ein flaches Plattenepithel, das durch eine verhältnismäßig dünne Stützlamelle von der Gefäß- oder Cathamalplatte geschieden ist (Fig. 46). Die Zellen sind unregelmäßig polygonal, ihre Ecken häufig in kurze oder lange Spitzen ausgezogen, die mit den ausgezogenen Ecken benachbarter Zellen sich treffen. Von der Fläche gesehen, zeigen sie ein körniges Endoplasma und einen schmalen Randsaum hyalinen Exoplasmas. Schon hierdurch lassen sich die Zellgrenzen außerordentlich leicht verfolgen, noch ein zweiter Umstand aber unterstützt diese leichte Abgrenzung: Wie ein Blick

auf Fig. 47 lehrt, die eine durch Maceration isolierte Zelle von der Seite darstellt, zeigen die Zellen auf ihrer Oberfläche eine Verdichtung des Protoplasmas, eine Art Cuticula, die ich aus sogleich zu erörternden Gründen Deckplatte nennen will. Unter dieser Deckplatte erscheint das Exoplasma in längere und kürzere zarte Fortsätze ausgezogen, durch die zweifelsohne eine direkte Kommunikation zwischen benachbarten Zellen vermittelt wird. Beobachtet man nun das Epithel unter starker Vergrößerung zunächst bei hoher Einstellung, so sieht man deutlich die Grenzlinien der Deckplatten, bei tiefer Einstellung dagegen verschwinden diese Konturen, und an ihrer Stelle erscheinen mehr oder weniger breite helle Säume, die nichts anderes sind als Intercellulärlücken oder intercelluläre Lymphräume. Das ganze Bild erinnert so sehr an die von Kolossow gegebene Beschreibung der Struktur des Pleuroperitonealepithels (Arch. f. mikrosk. Anatomie, Bd. 42), daß ich zur besseren Illustration dieser Verhältnisse diesen Autor citieren will: „Bei der Untersuchung der Präparate des Pleuroperitonealendothels, das mit Osmiumsäure nach dieser Methode behandelt wurde, ist es leicht, sich davon zu überzeugen, daß jede Zelle aus zwei verschiedenen Teilen aufgebaut ist: einem oberflächlichen, der das Aussehen eines sehr dünnen, homogenen Blättchens hat, und einem tieferen, welcher aus einem anscheinend schwach körnigen Plasma gebildet wird, in welchem der Zellkern mit einem oder zwei Kernkörperchen excentrisch liegt. Diese beiden übereinander geschichteten Teile sind aufs innigste miteinander verbunden und bilden zusammen ein unzertrennliches Ganze, ein Zellindividuum. Sie unterscheiden sich scharf durch ihre Färbung voneinander: der erste Teil, welchen ich Deckplatte nenne, nimmt bei der Desoxydation der Osmiumsäure eine blaßgraue Farbe an, der zweite protoplasmatische Teil färbt sich dagegen mehr oder minder intensiv schwarz Der tiefere Teil jeder Zelle, welcher das Protoplasma im strengen Sinne ist, verbindet sich mit dem entsprechenden protoplasmatischen Teile der benachbarten Elemente durch zahlreiche kurze feine Fortsätze, während der oberflächliche Teil, die Deckplatte, welche als metamorphosiertes Protoplasma, als eine Zugabe der Zelle, anzusehen ist, nicht mit eben solchen Deckplatten der benachbarten Zellen verbunden ist, sondern dieselben mit seinen Rändern auf der Oberfläche nur dicht berührt. Auf solche Weise erscheinen die Strukturelemente des Epithels an der freien Ober-

fläche voneinander abgesondert, tiefer abwärts aber anastomosieren sie mittelst zahlreicher protoplasmatischer Fortsätze, an welchen Stellen die Substanz der einen Zelle in die der anderen ohne Unterbrechung sich fortsetzt.“ Dieser letzte Satz hat seine völlige Giltigkeit auch für das Epithel der Subumbrella.

Wie aus Fig. 46 und 47 ersichtlich ist, weisen die Epithelzellen sowohl von der Seite gesehen, als auch im Durchschnitte eine eigentümliche Streifung auf, die durch abwechselnd nebeneinander liegende hellere und dunklere Plasmaschichten formiert wird. Die dunklen Streifen gehen am Grunde der Zelle direkt in die Muskelfasersubstanz über, während die hellen zwischen den Muskeln hindurch zur Stützlamelle ziehen (Fig. 46). Da die dunkleren Streifen doppelt lichtbrechend sind und in ihrem Verlaufe völlig den Muskelfasern entsprechen, so werden wir nicht fehlgehen in der Annahme, daß diese dunklen Schichten Kontraktilität besitzen und die Aufgabe haben, während der Verkürzung der Muskelfasern auch den in der Richtung der Fasern verlaufenden Durchmesser der Zellen zu verkürzen.

Der Kern der Zellen ist von außerordentlich wechselnder Form, bald oval, bald vollkommen gelappt, derart, daß zwischen den einzelnen Lappen oft nur ganz dünne Brücken ausgespannt sind; ja, es kann sogar zu Zweiteilungen kommen, die aber niemals von einer Teilung des Zelleibes gefolgt sind.

Der Zusammenhang der Epithelmuskelzellen mit den Muskelfasern ist ein außerordentlich inniger, und man kann sich leicht davon überzeugen, daß die einzelne Zelle zu keiner von den unter ihr durchlaufenden Fasern in engerer Beziehung steht als zu den anderen. Es kann demnach ein und dieselbe Zelle mehrerer Muskelfasern motorische Impulse erteilen, und umgekehrt kann aber auch eine einzelne Muskelfaser von mehreren Zellen erregt werden, da sie unter mehreren Zellen hindurchläuft. Durch die oben erwähnten Anastomosen der Epithelzellen untereinander wird das Abhängigkeitsverhältnis von Faser und Zelle noch komplizierter. Wie die Untersuchung ganz jugendlicher Nectophoren lehrt (etwa von 2 mm Größe), ist dieses Verhältnis von Zellen und Fasern keineswegs ein ursprüngliches, sondern erst sekundär im Laufe der Entwicklung sich ausbildendes. Man kann nämlich in jenen Jugendstadien an Macerationspräparaten mit Leichtigkeit konstatieren, daß die Epithelzellen nur je mit einer Faser zusammenhängen. Die Zellen sind anfänglich rundlich und besitzen einen basalen Fort-

satz, der sich nach zwei direkt entgegengesetzten Richtungen immer mehr verlängert und an seinem Grunde die Muskelfaser zur Ausscheidung bringt. Ich will gleich hier vorwegnehmen, daß dieses ursprüngliche Verhältnis bei den Diphyiden bestehen bleibt. Außer den Epithelmuskelzellen findet sich nun in der Subumbrella noch eine andere Art von Zellen vor. Untersucht man nämlich die den Radialkanälen benachbarten Partien der Subumbrella, so stößt man von Zeit zu Zeit auf kleine, intensiv gefärbte, meist spindelförmige Zellen, die in der Tiefe zwischen den Epithelzellen liegen und 1—2 deutliche Ausläufer aufweisen. Infolge ihrer Gestalt täuschen diese Zellen auf den ersten Blick Ganglienzellen vor und ich hielt sie auch anfänglich für solche, bis mich weitere Untersuchungen anders belehrten. Man sieht nämlich bei mühevoller und geduldiger Durchmusterung zahlreicher Subumbrellen alle Uebergangsformen von diesen gangliiformen Zellen zu Epithelmuskelzellen, so daß kein Zweifel obwalten kann, daß die fraglichen Elemente die Rolle von interstitiellen Zellen spielen, d. h. daß sie den Nachschub neuer Epithelien zu vermitteln haben — von einer interstitiellen Schicht, wie am Stamme, ist hier freilich nicht die Rede. Die Figg. 73—75 erläutern diesen Prozeß. Die interstitiellen Zellen teilen sich amitotisch, und die Tochterzellen rücken nach der Teilung auseinander, wobei sie jedoch durch eine stets deutlich ausgeprägte Plasmabrücke miteinander verbunden bleiben (Fig. 73). Während die eine der Tochterzellen als interstitielle Zelle fortexistiert, um sich später wieder von neuem zu teilen, entwickelt sich die andere allmählich zur Epithelmuskelzelle (Fig. 74), indem sie sich nach und nach mit einer immer mächtigeren Plasmahülle umgiebt. Merkwürdigerweise bleibt die interstitielle Zelle mit der sich entwickelnden Epithelmuskelzelle bis zu deren völliger Ausbildung durch die oben erwähnte Plasmabrücke in Verbindung, die sich natürlich dementsprechend bedeutend verlängert. Oft sieht man dann Bilder, wie in Fig. 75 dargestellt ist: Epithel- und interstitielle Zelle sind durch einen längeren Plasmastrang verbunden, der unter einer die beiden Zellen trennenden Epithelzelle hindurchläuft. Man kann sich das Zustandekommen solcher Bilder nur dann erklären, wenn man annimmt, daß entweder eine Wanderung der einen der beiden Zellen (wahrscheinlich der interstitiellen) statthat oder daß die Epithelmuskelzellen selbst ihren Ort verändern können. Das letztere scheint mir ausgeschlossen zu sein, für nicht unwahrscheinlich halte ich dagegen das Vorkommen

einer amöboiden Bewegung der Epithelmuskelzellen derart, daß nicht Ortsveränderung, sondern bloße Formveränderung durch dieselbe vermittelt wird. Bekanntlich kommt eine derartige amöboide Bewegung an den Ektodermzellen der Polypen vor, wie dies schon ältere Autoren bei *Forskalia* gesehen und ich selbst auch bei *Halistemma* und *Agalmopsis* beobachtet habe. Die außerordentlich wechselnde Form der Epithelmuskelzellen und ihre oft zu längeren Fortsätzen ausgezogenen Ecken ließen diese Vermutung in mir aufkommen. Da ich nirgends Andeutungen einer regressiven Metamorphose der Epithelmuskelzellen fand, obwohl ich meine besondere Aufmerksamkeit hierauf richtete, so spricht das Vorhandensein von interstitiellen Zellen wiederum für ein unbegrenztes Wachstum der Siphonophoren.

Bezüglich der feineren histologischen Details der quergestreiften Muskelfasern verweise ich auf die Schilderung der Muskulatur von *Sublavia* (*Galeolaria*), da sie dort zur schönsten und stärksten Ausbildung gelangen. Nur über den Verlauf der Muskelfasern von *Physophora* will ich an dieser Stelle Bericht erstatten. Die in den Lehrbüchern verbreitete Angabe, daß die Muskulatur im Bereiche der Schwimmsackhöhle quer verlaufe, ist nicht völlig richtig; vielmehr findet etwa von der Mitte der Subumbrella an ein Umbiegen der von beiden Seiten nach der Mittellinie zu verlaufenden Muskelfasern nach dem Scheitel des Schwimmsackes hin statt, in der Weise, wie dies Fig. 58 schematisch wiedergiebt. Ein Blick auf die Figur läßt sofort die physiologische Bedeutung dieses charakteristischen Faserverlaufes erkennen, in dem durch diesen letzteren eine allseitige und gleichmäßige Verengerung der Schwimmsackhöhle ermöglicht wird.

Es erübrigt uns noch, auf das Entoderm der Schwimglocken einzutreten. Wie in den Gefäßen der Glocken- und Bracteenträgern (s. oben), so zeigt sich auch in denjenigen der Schwimglocken eine deutlichere Ringfaserung ausgebildet, die eine Verengerung des Lumens der Glockenkanäle ermöglicht. Zwischen den Kanälen breitet sich das Entoderm bekanntlich flächenförmig zur Cathammal- oder Gefäßplatte aus. Die Zellen dieser Platte fallen auf durch ihre eigentümlich welligen Begrenzungslinien, die an die Oberhaut von Pflanzen erinnern. Auch hier sind die Zellen durch deutlich ausgebildete Inter-cellullarräume voneinander geschieden, die wiederum von feinsten Plasmabrücken durchspannt werden. Ganglienzellen habe ich im Entoderm der Glocken von *Physophora* nirgends aufgefunden.

Es läßt sich von vornherein erwarten, daß der histologische Befund an den Schwimmglocken von *Physophora* auch im großen und ganzen für die übrigen *Physophoridae* Geltung hat und dies trifft auch in der That zu, wenn auch in Folge der Kleinheit und Subtilität des Materials nicht überall die histologischen Details mit derselben Deutlichkeit zu erkennen sind, wie es bei *Physophora* der Fall ist. Sowohl in der äußeren Gestalt der Schwimmglocken als auch in deren histologischem Bau schließt sich *Halistemma rubrum* am engsten an *Physophora* an. Der den Schirmrand einnehmende Epithelwulst erreicht im allgemeinen nur geringe Dimensionen; nur über dem Ursprung der Radialkanäle aus dem Ringkanal schwillt er zu größerer Höhe und Breite an und bildet lateral zwei keulenförmige Wülste, die von CLAUS (Ueber *Halistemma sergestinum*) Seitenzapfen genannt worden sind. (VOGT hat dieselben am lebenden Tiere irrtümlich für Reservoirs der Seitenkanäle gehalten; vergl. die Siphonophoren von Nizza, S. 65.) Die Drüsenzellen des Wulstes sind von außerordentlicher Größe und erscheinen als hohe prismatische Säulen. In den Seitenzapfen fallen vor allem die großen ovalen Cnidoblasten auf, wie wir sie im Nesselwulst der Polypen vorfinden. Wie VOGT richtig angiebt, zeichnet sich die nach der Schwimmsacköffnung hin gelegene Peripherie der Seitenzapfen an jüngeren Schwimmglocken durch lebhafteste Pigmentation aus, die an älteren Glocken wieder verschwindet. Das Pigment ist äußerst säure-empfindlich und wird, wie sich an mit Sublimat fixierten Objekten erkennen läßt, von den die großen Cnidoblasten umgebenden Zellen abgeschieden. Kleine Nesselzellen von der Form, wie wir sie von *Physophora* her kennen, fehlen im Randwulst selbst, bilden aber an seiner exumbrellaren Peripherie einen Kranz, von welchem an den Seiten und auf der Oberseite der Schwimmglocken 6 über den Kanten der Exumbrella verlaufende Nesselzellreihen abgehen. Die Radialmuskulatur der Exumbrella ist nur auf der Unterseite des Velums gut entwickelt, während sie schon unter dem Randwulst so außerordentlich zart wird, daß sie nur als feinste Streifung erkennbar ist. Die Ringmuskelfasern dagegen sind im Randwulste recht deutlich ausgeprägt. Ihre Fasern zeigen hier einen viel gestreckteren Verlauf als bei *Physophora*, sie sind aber verhältnismäßig spärlicher und liegen daher weiter auseinander. Ganglienzellen finden sich in reichlicher Anzahl im Randwulste, sie sind namentlich an den Rändern desselben schon in situ deutlich zu erkennen.

Wie bei *Physophora* biegen auch hier die Ringfasern in der Mitte der Ober- und Unterseite nach der Exumbrella um und treten daselbst zur Bildung je eines Muskelfaserstranges zusammen. Derjenige der Oberseite ist in Fig. 12 dargestellt. Die Zellen sind so dicht gedrängt, daß erst nach ihrer Abpinselung die unterliegenden zarten Fasern zu sehen sind. Der Strang ist von Ganglienzellen begleitet, die mit solchen außerhalb desselben auf der Exumbrella in Verbindung stehen. Interessant ist hier das Vorkommen von Ganglien *en T* (RANVIER) siehe Fig. 12 *GenT.* d. h. unipolaren Ganglien, deren Fortsatz sich in 2 divergierende Aeste spaltet. Der Faserstrang der Unterseite ist wie bei *Physophora* charakterisiert durch die Bildung von Internodien. Es fällt sofort auf, daß zu beiden Seiten des Stranges nichts von einem exumbrellaren Ganglienplexus zu sehen ist, wie wir ihn bei *Physophora* fanden, demgemäß besteht der Strang lediglich aus bipolaren Zellen, und es ist daher die Frage hier viel schwieriger zu entscheiden, ob der ganze Strang nur aus Faserzellen gebildet werde oder ob er auch von bipolaren Ganglienzellen begleitet sei. Ich kann nach Durchsicht zahlreicher Präparate mit Sicherheit angeben, daß der letztere Fall zutrifft: Erstens ist an der Ursprungsstelle des Faserstranges die Beobachtung zu machen, daß von den Ganglien des Randwulstes Nervenfasern in den Strang eintreten (Fig. 6) und daselbst mit Zellen desselben in Verbindung stehen, und zweitens zeigt eine genaue Analyse der Zellhäufchen des Stranges, daß sie aus zweierlei Elementen bestehen. Die einen Zellen sind ziemlich lang, blaß, und ihre Fasern erscheinen heller und ganz zart gekörnt, die anderen, an Zahl zurücktretenden Zellen sind klein, stark tingirt, und ihre Fasern sind homogener und dunkler; erstere sind Faser-, letztere Ganglienzellen. Die Häufchen bestehen meistens aus 3 Zellen und man sieht dann gewöhnlich 2 Epithelzellen zu beiden Seiten einer Ganglienzelle gelagert. Das exumbrellare Epithel ist im ganzen viel einförmiger als dasjenige von *Physophora* und besteht aus flachen Plattenepithelzellen und spärlichen Cnidoblasten. Nur in Begleitung der Nesselzellreihen findet man anders geartete Elemente, die durch ihren Reichtum an Vacuolen sich sofort als Drüsenzellen kundgeben. Die histologischen Verhältnisse der Subumbrella, vor allem die Lage und Anordnung der subumbrellaren Nervenringe stimmen völlig mit denjenigen von *Physophora* überein und dies hat — wie ich, um Wiederholungen

zu vermeiden, an dieser Stelle bemerken will — auch für alle übrigen Physophoriden seine Geltung.

Unter diesen letzteren verdienen nur noch 2 Formen unser besonderes Interesse, *Forskalia Leuckarti* und *Forskalia Edwardsii* die beide durch ihre eigentümlichen Pigmentflecke unsere Aufmerksamkeit erregen. Derjenige von *LEUCKARTI* gehört dem Entoderm an. *LEUCKART* (Zur näheren Kenntnis d. Siphonoph. von Nizza) beschreibt ihn folgendermaßen: „Bevor das Stielgefäß an den Schwimmsack herantritt wird es von einem brennend roten Pigmentfleck umlagert der fast eine Linie im Durchmesser hat und eine rundliche Scheibe darstellt, die mit der Richtung der Höhenachse zusammenfällt“. Diese Scheibe kommt dadurch zustande, daß die sonst flachen Entodermzellen des Gefäßes an dieser Stelle plötzlich in dorsoventraler Richtung sich strecken. Das Pigment besteht aus kleinen rundlichen Körnchen, die die Zellen der Scheibe vollständig erfüllen. Es ist äusserst leichtlöslich in Säuren und Alkohol; über seine chemische Natur konnte ich nichts eruieren. Der Pigmentfleck von *Forskalia Edwardsii* liegt ektodermal. Die äußere Form des Pigmentfleckes und seine Lage am Schwimmrande über der Eintrittsstelle des oberen Radialkanals in den Ringkanal erhellt aus den Figuren 14 u. 24. Erstere stellt ihn, von der Fläche gesehen, letztere im sagittalen Durchschnitt dar. In beiden Figuren fallen die den Pigmentablagerungen aufliegenden Kerne auf und man erkennt sogleich, daß jedes der einzelnen den Pigmentkörper zusammensetzenden „birnförmigen Stücke“, wie sie *KÖLLIKER* (Die Schwimmpolypen von Messina) nannte, eine Zelle repräsentiert. Noch deutlicher zeigt sich dies an Macerationspräparaten (Figg. 15—18). Die Gestalt der einzelnen Pigmentzellen ist weniger birnförmig als unregelmäßig prismatisch. Die größte Höhe erreichen sie über der Mitte des Pigmentfleckes, während sie nach den Rändern zu niedriger werden. Wie Figur 15 u. 16 zeigt, ist die der Stützlamelle aufliegende Basis der Zellen durch kürzere oder längere Fortsätze ausgezeichnet. Fast der ganze Zellleib, mit Ausnahme der basalen Fortsätze, wird von der harten, brüchigen, chitinartigen Pigmentablagerung eingenommen. Der Kern liegt stets näher dem distalen Ende der Zelle, bald neben (Figg. 15 u. 18), bald über (Figg. 16 u. 17) der Pigmentablagerung, häufig in einer Nische desselben, wie dies Fig. 17 darstellt. Die der Peripherie des Pigmentkörpers angehörenden Zellen (Figg. 15 u. 18) fallen sofort dadurch auf, daß die Pig-

mentablagerung bedeutend zurücktritt und einen größeren Teil der Zelle freiläßt, der von einem körnigen Plasma erfüllt ist und durch das Auftreten größerer und kleinerer heller Vakuolen charakterisiert ist. Vergleicht man diese Zellen mit den ihnen unmittelbar benachbarten Drüsenzellen des Randwulstes, so springt sofort ihre Aehnlichkeit in die Augen, die um so frappanter wird, je jüngere Schwimmglocken wir untersuchen, und es läßt sich an letzteren mit Leichtigkeit konstatieren, daß die Pigmentzellen lediglich umgewandelte Drüsenzellen sind. Fig. 19 stellt eine Drüsenzelle aus der unmittelbaren Umgebung des Pigmentkörpers einer jüngeren Schwimmglocke dar, Fig. 20 eine Pigmentzelle aus der Peripherie des Pigmentkörpers, in deren basalem Teile bereits die Abscheidung des Pigmentes in Form unregelmäßiger rundlicher Ballen stattgefunden hat, während der distale Teil noch mit dem grobkörnigen vakuolenreichen Plasma erfüllt ist, das den Drüsenzellen eigen ist (Figg. 20—22). Diese letzteren sind bei den Forskaliden von außerordentlicher Länge und ragen wie kurze Tentakel vom Schirmrand empor. Am lebenden Objekte kann man leicht die merkwürdige Thatsache beobachten, daß diese Drüsenzellen — vorab die zu Büscheln vereinigten Drüsenzellen von *Forskalia Leuckarti* (Fig. 23) langsame, aber deutliche Bewegungen, Nutationen, ausführen, so daß ihre Aehnlichkeit mit Tentakeln dadurch noch erhöht wird. Die Figuren 21 u. 22 stellen solche Drüsenzellen von *Forskalia Edwardsii* dar. Die basalen Fortsätze sind stets gut ausgebildet und verlaufen in radialer Richtung dem Verlaufe der Radialmuskulatur entsprechend. Neben dem körnigen, sich mit Osmiumsäure eigentümlich bräunlich tingierenden Plasma fallen die großen hellen Vakuolen auf, die aus einer schleimigen Masse bestehen und, wie Figg. 14 u. 21 zeigen, zeitweise nach außen geworfen werden.

Welches ist nun die physiologische Bedeutung der beschriebenen Pigmentflecke? Was zunächst denjenigen von *Forskalia Edwardsii* anbelangt, so liegt im Vergleich mit den Medusen der Gedanke nahe, daß es sich um ein Sinnesorgan handeln könnte, und ich habe auch meine besondere Aufmerksamkeit darauf gerichtet, ob ein Zusammenhang der Pigmentzellen mit den Ganglienzellen des Randwulstes zu beobachten sei. Ich kann mit Bestimmtheit versichern, daß von einem solchen

Zusammenhang nicht die Rede ist. Ein Sinnesepithel in der Umgebung des Pigmentfleckes fehlt gleichfalls vollständig, wir haben also entschieden kein Sinnesorgan vor uns. Vergleicht man nun die Pigmentflecken zahlreicher ausgewachsener Glocken miteinander, so fällt sofort der verschiedene Habitus derselben auf, der dadurch bedingt ist, daß eine überaus wechselnde Anzahl von Pigmentzellen den Fleck konstatieren: Oft sind nur wenige, 10—15 Zellen vorhanden, die dann durch ihre besondere Größe auffallen, oft dagegen mehr denn 50 kleinere und schlankere Zellen zum Pigmentfleck vereinigt. Es spricht dieser Umstand wohl am ehesten dafür, daß es sich um ein Ausscheidungsprodukt (Exkretionsprodukt) handelt, wie denn ja die chitinartigen Substanzen in der niederen Tierreihe (Anneliden, Arthropoden) häufig die Rolle von Exkretionsprodukten spielen. Noch ein anderer Umstand spricht für unsere Auffassung: Ganz ähnlich gebaute Pigmentflecke wie bei *Forskalia Edwardsii* findet man bei *Lilyopsis rosea* und zwar auf den einander zugekehrten Seiten der beiden Schwimmglocken, also von der Außenwelt abgewendet. Die Pigmentflecke (rot) sind hier gleichfalls aus (meist nur 2—3) modifizierten Drüsenzellen zusammengesetzt, die von einem Haufen indifferenter Epithelzellen umgeben sind, und es fällt sofort auf, daß hier auch die Zahl der Pigmentflecke eine wechselnde ist. Sinnesorgane dürften bei ein und derselben Tierart schwerlich in wechselnder Anzahl vorkommen! Der entodermale Pigmentfleck von *Forskalia Leuckartii* ist seiner physiologischen Bedeutung nach wohl auf gleiche Linie zu stellen mit dem entodermalen Pigmentfleck der *Pneumasophore*. Ich verweise daher auf den Abschnitt *Pneumasophore*.

Die Exumbrella der Forskaliden ist noch viel einfacher gebaut als diejenige von *Halistemma*, insofern der exumbrellare Ganglienplexus lediglich auf den Randwulst und die Unterseite des Velums beschränkt ist. Zu beiden Seiten der Glocke von *Forskalia Leuckartii* finden sich zwei schon unter Lupenvergrößerung leicht sichtbare ovale Warzen, die durch eine Anhäufung von Drüsenzellen zustande kommen, diese Drüsenzellen haben ganz das Aussehen derjenigen, die wir bei *Halistemma* im Verlaufe der Nesselzellreihen vorfanden. An der Exumbrella von *Forskalia Edwardsii* sind noch eigentümliche tentakelartige Ausstülpungen der Gallerte erwähnenswert, auf deren Spitze eine oder mehrere Nesselzellen sitzen.

Unter den *Calycophoriden* wenden wir uns zunächst

Hippopodius gleba zu. Wie aus den Textfiguren 9 und 10 ersichtlich und schon von LEUCKART angegeben wurde, fehlt dieser Siphonophore ein eigentliches Velum; doch wird ein solches dadurch vorgetäuscht, daß die Peripherie des subumbrellaren Ektoderms und der Cathammalplatte als freier Saum in die Schwimmsackhöhle hineinragt (Fig. 10). Es zeigt sich demnach hier die auffallende Erscheinung, daß das Entoderm (die Cathammalplatte) direkt der Außenwelt zugewendet ist. Subumbrellares Ektoderm und Cathammalplatte sind im mitt-

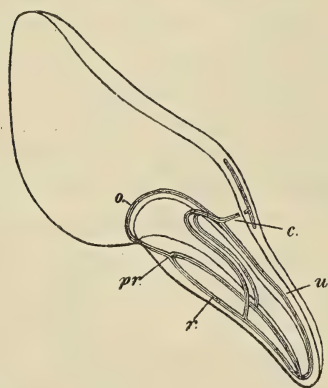


Fig. 9.

Fig. 9. Schematische Darstellung der Gefäße der Schwimglocke von *Hippopodius gleba*. *C.* Centralgefäß (Stielgefäß). *r.* Ringkanal. *u.* unteres Radialgefäß. *o.* oberes Radialgefäß. *pr.* Pseudovelum.

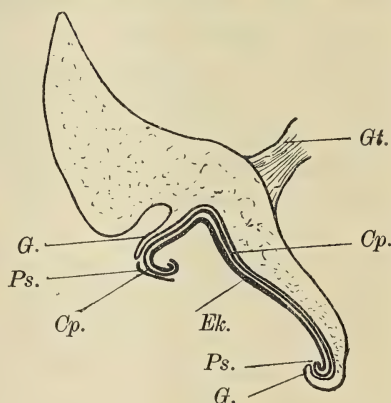


Fig. 10.

Fig. 10. Durchschnitt durch die Glocke von *Hippopodius gleba*. *Gt.* Glockenträger. *Cp.* Cathammalplatte. *Ek.* subumbrellares Ektoderm. *Ps.* Pseudovelum. *G.* Gallertsaum.

leren Teil außerordentlich flach und nur durch eine dünne zarte Stützlamelle geschieden; eine Muskulatur fehlt bei beiden; ja nicht einmal eine Streifung als Andeutung einer solchen ist hier vorhanden. In der Peripherie dagegen, die durch einen in Fig. 10 dargestellten Gallertsaum teilweise überdacht ist und in dem als Pseudovelum frei hervorragende Teile ist in beiden Blättern eine kräftige Muskulatur entwickelt: Die ektodermale quergestreifte Muskulatur verläuft ringförmig und ist besonders stark ausgebildet gegen den freien Rand des Pseudovelums, während sie gegen den Glockenscheitel hin schwächer wird und aus dem ringförmigen Verlauf bogenförmig in radiale Richtung übergeht. Die Muskulatur der Cathammalplatte dagegen ist radial angeordnet und reicht etwas weiter nach dem Glockenscheitel als die ektodermale, wo

sie in Form von kegelförmigen Bündeln endigt. Aus Fig. 9 ist der Verlauf der Schwimmsackgefäße ersichtlich: Da das Velum fehlt, erscheint das Ringgefäß an den freien Rand der Subumbrella gerückt. Das untere Radialgefäß löst sich, wie zuerst LEUCKART angegeben, an den oberen, jüngeren Glocken in ein Capillarnetz auf und zwar erscheint dieses um so ausgehnter, je jünger die Glocken sind. Wie schon CHUN (Sitz-Berichte der Kgl. Preuß. Akademie der Wissenschaft., 31. Jahrg.) erwähnt, zeigen die Entodermzellen dieses Capillarnetzes alle Stadien amitotischer Kernteilung, die aber ohne Zellteilung verläuft und nur eine Brut von Kernen hervorbringt. Zwischen den Entodermzellen bemerkt man hie und da kleinere, mit kurzen Fortsätzen behaftete Zellen, die ich anfänglich ihrer Form halber für Ganglien ansprach, die aber, wie genaue Untersuchungen lehrten, nichts anderes als interstitielle Zellen sind, die einen Nachschub neuer Entodermelemente vermitteln. Wir werden dergleichen entodermalen interstitiellen Zellen, wie ich hier vorwegnehmend bemerken will, noch späterhin an den Palponen und Polypen begegnen. Das Ektoderm der Exumbrella ist neben flachen Plattenepithelzellen durch kleine, eigentümlich geformte an Cnidoblasten erinnernde Zellen ausgezeichnet, die einen kleinen, dunkel tingierten Kern besitzen, der einer dünnen Kapsel aufsitzt. Der Inhalt der Kapsel ist indessen kein Cnidocil, sondern ein mucinähnliches, oft vakuolisirtes Plasma, das an zahlreichen Stellen teilweise aus der Kapsel herausgestoßen erscheint. Ich halte diese Elemente für modifizierte Cnidoblasten und vermute, daß sie die Träger der Phosphoreszenz sind, die an Hippopodius gleba im Dunkeln so außerordentlich schön zu beobachten ist. Ein Randwulst, wie wir ihn bei den Physophoriden kennen gelernt, fehlt hier völlig und ebensowenig ist von radialen und cirkulären Muskelfasern über der Exumbrella etwas zu sehen. Mit dem Fehlen der cirkulären Fasern harmoniert der Mangel eines Muskelfaserstranges auf der Ober- und Unterseite. Was uns aber vor allem interessiert, ist die Tatsache, daß bei Hippopodius weder ein exumbrellarer Ganglienplexus noch ein subumbrellarer Nervenring vorkommt. Die Schwimglocke dieser Siphonophore ermangelte also vollständig eines Nervensystems.

Unter den Diphyiden habe ich die Glocken von Praya und Lilyopsis einerseits und Ahyla und Galeolaria andererseits untersucht. CHUN hat in seiner jüngst erschienenen Schrift

(Ueber den Bau und die morphologische Auffassung der Siphonophoren) die beiden erstgenannten Formen als *opposite*, die letztgenannten als *superposite* Diphyiden bezeichnet, welche Nomenklatur mir sehr glücklich gewählt zu sein scheint (vergl. die Schlußbemerkungen). Sowohl *opposite* als *superposite* Diphyiden besitzen einen Randwulst, der indessen bei weitem nicht so hoch und so ausgedehnt ist, wie bei den Physophoriden. Ring- und Radialmuskelfasern sind unter dem Wulste überall deutlich zu sehen, während aber die *Oppositen* einen aus den Ringmuskelfasern aufsteigenden Faserstrang auf der Unterseite der Schwimglocke besitzen, fehlt ein solcher den *Superpositen*. Es ist dies um so auffallender, als die letzteren eine viel mächtigere Ringfaserschicht besitzen als die *Oppositen*. Diese Ringfaserschicht hat bereits CHUN bei *Ahyla* gesehen und sie für einen *exumbrellaren* Nervenring angesprochen. Eine solche Auffassung liegt in der That sehr nahe, da die den Ringfasern angehörenden Zellen ganz wie an den Fasersträngen der Physophoriden spindelförmige Gestalt annehmen, und wir haben ja bereits oben gesehen, mit welchen Schwierigkeiten die Unterscheidung dieser Faserzellen von den bipolaren Ganglien verbunden ist. Es unterliegt aber keinem Zweifel, daß diese Ringfasern bei *Ahyla* muskulöser Natur sind und der Ringmuskelschicht der Physophoriden entsprechen. Sowohl bei *Ahyla* als auch bei *Galeolaria* konnte ich mit Sicherheit tripolare Ganglienzellen im Randwulste nachweisen, bei *Praya* und *Lilyopsis* ist mir dies dagegen trotz aller Mühe nicht gelungen. Doch zweifle ich nicht, daß auch diesen Formen ein *exumbrellarer* Randplexus zukommt, weil ich in ihrem oben erwähnten Faserstrang neben den Faserzellen auch hie und da eine Ganglienzelle erkennen zu können glaube. Von Randwulst und Faserstrang abgesehen, kommen auf der *Exumbrella* nirgends nervöse Elemente vor. Einen *subumbrellaren* Nervenring fand ich bei keiner der untersuchten Diphyiden vor, und da die histologischen Verhältnisse der *Subumbrella* sowohl bei *Praya* und *Galeolaria* als auch besonders bei *Lilyopsis* relativ leicht zu übersehen sind, so darf ich mit Sicherheit annehmen, daß den Diphyiden ein Nervenring fehlt. Bei letztgenannter Form müßte die Erkennung eines solchen leicht sein, da das *Velum* auf der Unterseite der Glocke fehlt und eine halbmondförmige Platte bildet, die ihre größte Breite in der Mitte der Oberseite hat. Die *exumbrellaren* Pigmentflecke dieser Siphonophore habe ich

bereits oben beschrieben und erwähne an dieser Stelle nur noch die eigentümlichen Drüsenzellen, die über dem Schirmrande von *Lilyopsis* zerstreut liegen. Es sind flaschenförmige, an ihrem Grunde blasig aufgetriebene Gebilde mit glasig durchsichtigem Inhalt, der an manchen Stellen aus der Oeffnung der Flasche heraustritt, wie wir dies bei *Forskalia Edwardsii* gesehen.

Es erübrigt nun noch auf die feineren histologischen Details der quergestreiften Muskulatur einzugehen. Da diese am schönsten bei den Diphyiden, den trefflichsten Schwimmern unter den Siphonophoren, entwickelt ist, haben wir ihre Besprechung bis dahin verschoben. Die stärkste Ausbildung zeigt diese Muskulatur bei *Galeolaria*, was bei der Größe der Schwimglocken und der ganz erstaunlichen Schnelligkeit, mit der sie sich fortbewegt, nicht verwundern darf. Wir halten uns daher in unserer Beschreibung vorzüglich an diese Siphonophore. CAMILLO SCHNEIDER erblickt das Wesen der Querstreifung darin, daß in regelmäßigen Abständen dickere Stellen der Fasern mit dünneren abwechseln, so daß die ganze Faser die Gestalt einer Perlschnur besitzt. „Der Lichtkontrast, wie er sich aus der ungleichen Beleuchtung der verschiedenen Abschnitte ergibt, läßt die Fasern und Bänder quergestreift erscheinen. Hebt man oder senkt man den Tubus, so sieht man die vorher dunklen Querlinien, die gleichmäßig über die ganze Muskulatur hinziehen, hell, und umgekehrt die erst helleren dunkel. Auch an der Breitseite der Bänder kommt die perlschnurartige Substanzverteilung zum Ausdruck, denn man sieht die Bänder entsprechend den Verdickungen deutlich ausgebuchtet.“ Ich bin bei meinen Untersuchungen zu völlig entgegengesetzten Resultaten gekommen als C. SCHNEIDER. Fig. 44 stellt eine Muskelfaser von *Galeolaria* bei stärkster Vergrößerung in der Seitenansicht dar, und man ersieht sofort, daß die Faser (oder das Band) sowohl im Bereiche der helleren als auch der dunkleren Streifen durchaus von derselben Dimension ist. Zweifellos ist die Angabe SCHNEIDER's richtig, daß mit veränderter Einstellung des Tubus eine Umkehrung des Lichtkontrastes des hellen und dunklen Streifens stattfindet, aber zugleich tritt auch eine Umkehrung des Dimensionsunterschiedes auf, d. h. ein und derselbe Streifen, der bei gewisser Einstellung dunkel und schmaler als die ihn begrenzenden Streifen erscheint, nimmt sich bei veränderter Einstellung heller und breiter als die umgebenden aus. Der Helligkeitsumschlag ist indessen, wie ich ausdrücklich betonen

muß, nur ein relativer, mit anderen Worten: Diejenigen Streifen, die bei einer Einstellung, die uns den Kontrast der Querbinden am schärfsten erkennen läßt, hell erscheinen, verändern bei veränderter Einstellung ihre Helligkeit nur wenig, erscheinen aber relativ dunkler den vorerst dunkel gewesenen Streifen gegenüber, die nunmehr hell lichtglänzend geworden sind. Diese Thatsache beweist evident, daß der Lichtkontrast der Streifen durch eine Verschiedenheit in der Substanz derselben bedingt ist. Der Helligkeitsumschlag erklärt sich leicht als einfache Beugungs-

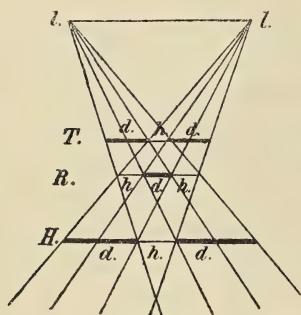


Fig. 11.

und Interferenzerscheinung, wie die nebenstehende Figur illustriert, in welcher *U* die leuchtende Fläche — den Spiegel — *h* die hellen, *d* die dunkeln Stellen bezeichnen und *RH* und *T* die Verteilung von Helligkeit und Dunkelheit bei richtiger, hoher und tiefer Einstellung wiedergeben. In Uebereinstimmung mit dem Verhalten der quergestreiften Muskulatur bei höheren Tieren zeigen die dunkeln Streifen die Erscheinung

der doppelten Lichtbrechung. Wie aus Fig. 44 ersichtlich ist, weisen die Muskelbänder eine feine, aber stets deutlich erkennbare Längsstreifung auf, die uns ihre Zusammensetzung aus einzelnen Fibrillen kundgibt. Im Bereiche der Längsstreifen treten häufig Spalten auf, die zuweilen einen gebrochenen Verlauf zeigen, wie Figg. 44 u. 45 darstellen; es erklärt sich dies daraus, daß auch die anisotropen Stellen Prädilektionsorte für Brüche der Faser repräsentieren. Wie SCHNEIDER richtig angibt, fehlt den Enden der Muskelfasern die Querstreifung, sie bestehen aus isotroper Substanz.

Die quergestreiften Muskelfasern der Diphyiden, besonders von Galeolaria, fallen gegenüber denjenigen der Physophoriden durch ihre Kürze und Höhe auf. Auf Querschnitten zeigen sie am oberen Rande eine Rinne, in welcher der Kern liegt. Die Epithelzellen zeigen hier noch das ursprüngliche Verhalten, indem eine jede nur mit einer Muskelfaser in Verbindung steht. An Macerationspräparaten ergibt sich nun aber der interessante Befund, daß die basalen Teile der Epithelzellen durch feine und gröbere Anastomosen mit einander in Kommunikation stehen, so daß demnach auch hier, wenn auch nur indirekt, eine einzelne Zelle mehreren Fasern motorische Impulse zu geben vermag.

Figurenerklärung.

Tafel XXII.

Fig. 1. Querschnitt durch den Randwulst von Physophora. *Rw* Randwulst, *Exe* exumbrellares Epithel, *Sue* subumbrellares Epithel, *G* Gallerte, *Rk* Ringkanal, *V* Velum, *Dr* Drüsen des Randwulstes, *Nr* Nervenring.

Fig. 2. Randwulst von Physophora von der Fläche gesehen bei hoher Einstellung. *Nz* Nesselzellen, *Dz* Drüsenzellen, *Cf* Cirkulärfasern.

Fig. 3. Randwulst von Physophora von der Fläche gesehen bei tiefer Einstellung. *Rf* Radialfasern, *Cf* Cirkulärfasern, *Iz* Interstitielle Zellen, *Gz* Ganglienzellen.

Fig. 4. Die Seitenpartien des Randwulstes von Physophora von der Fläche gesehen. *Rf* Radialfasern, *Cf* Cirkulärfasern.

Fig. 5. Exumbrellare Peripherie des Randwulstes von Physophora. *Cf* Cirkulärfasern, *Gz* Ganglienzellen.

Fig. 6. Ursprungsstelle des Faserstranges der Unterseite von Forskalia contorta. *Cf* Cirkulärfasern, *Rf* Radialfasern, *Gz* Ganglienzellen, *Fst* Faserstrang, *Nr* Nervenring der Subumbrella.

Fig. 7. Exumbrellares Epithel des Velums von Physophora von der subumbrellaren Seite her gesehen. *Exe* exumbrellares Epithel, *Rf* Radialfasern des Velums, *Sue* subumbrellares Epithel, zum Teil weggepinselt, *Gz* Ganglienzellen.

Fig. 8. Partie aus dem exumbrellaren Nervengeflecht. *Gz* Ganglienzellen, *Nz* Nesselzellen.

Tafel XXIII.

Fig. 9. Faserstrang der Unterseite der Schwimglocken von Physophora. *Fst* Faserstrang, *Fz* Faserzellen, *Gz* Ganglienzellen.

Fig. 10. Faserstrang der Oberseite der Schwimglocken von Physophora. *Fst* Faserstrang, *Gz* Ganglienzellen, *Fz* Faserzellen.

Fig. 11. Subumbrellarer Nervenring von *Physophora*. *Nr* Nervenring, *Sue* subumbrellares Epithel.

Fig. 12. Faserstrang der Oberseite der Schwimmglocken von *Halistemma rubrum*. *Gz* Ganglienzellen, *S. enT* RANVIER'sche Ganglien, *Fst* Faserstrang.

Tafel XXIV.

Fig. 14. Pigmentfleck *Pgk* von *Forskalia Edwardsi* von der Fläche gesehen. *Dz* Drüsenzellen, *Fst* Faserstrang der Oberseite.

Fig. 15—18. Isolierte Pigmentzellen. *Pg* Pigment, *N* Nische für den Kern, *V* Vakuolen, *Bf* basale Fortsätze.

Fig. 19. Drüsenzelle aus der unmittelbaren Umgebung des Pigmentfleckes, *Bf* Basalfortsatz.

Fig. 20. Pigmentzelle aus der Peripherie des Pigmentfleckes einer jugendlichen Schwimmglocke. *Pg* Pigmentablagerung.

Fig. 21 und 22. Drüsenzellen in weiterer Entfernung vom Pigmentfleck. *V* Vakuolen, *Bf* basale Fortsätze.

Fig. 23. Querschnitt durch den Randwulst der Oberseite der Schwimmglocke von *Forskalia Leukarti*. *G* Gallerte, *Sue* subumbrellares Epithel, *Rk* Ringkanal, *Exe* exumbrellares Epithel, *V* Velum, *Dz* Drüsenzellen.

Fig. 24. Querschnitt durch den Pigmentkörper von *Forskalia Edwardsi*. *V* Velum, *Rk* Ringkanal, *Exe* exumbrellares Epithel, *Sue* subumbrellares Epithel, *G* Gallerte, *Pgk* Pigmentkörper.

Fig. 25. Abschnitt aus der Genitalschwimmglocke von *Physophora*. *Rk* Radialkanal, *Gz* Ganglienzellen.

Fig. 26. Ganglienplexus des Ektoderms der Pneumatophore von *Physophora hydrostatica*. *Gz* Ganglienzellen.

Tafel XXV.

Fig. 27—29. Nesselzellen des Nesselwulstes der Polypen von *Physophora* im Längsschnitt.

Fig. 30. Entoderm der Palponen von *Physophora*. *Enz* Indifferente Entodermzellen, *Dz* entodermale Drüsenzellen, *Iz* Interstitielle Zellen, *Gz* Ganglienzellen, *Dz'* Gerüstzellen.

Fig. 31. Querschnitt durch das Ektoderm der Palponen von *Physophora*. *Gz* Ganglienzellen.

Fig. 32. Querschnitt durch das Entoderm der Palponen von *Physophora*. *St* Stützlamelle, *Rs* Radialsepten, *Iz* Interstitielle Zelle des Ektoderms, *Dz'* Gerüstzelle, *Gz* Ganglienzelle.

Fig. 33. Entoderm der Palponen von *Forskalia Edwardsii*, *Gz* Ganglienzelle.

Fig. 34 u. 35. Ektoderm der Palponen von *Forskalia Edwardsii*, *Gz* Ganglienzellen, *Nz* Nesselzellen, *Dz* Drüsenzellen.

Fig. 36. Entoderm der Palponen von *Halistemma rubrum*. *Dz* Drüsenzelle, *Dz'* Gerüstzelle.

Tafel XXVI.

Fig. 37. Ektoderm der Palponen von *Halistemma rubrum*. *Gz* Ganglienzelle.

Fig. 38. Entoderm der Spitze der Palponen von *Forskalia Edwardsii*. *L* Löcher in der Stützlamelle, *Fl* Flimmerorgane der Entodermzellen.

Fig. 39. Ektoderm der Spitze der Palponen von *Forskalia Edwardsii*. *L* Löcher in der Stützlamelle, *Pg* Pigmentschollen. Die Ektodermzellen sind fast alle weggepinselt.

Fig. 40. Ektoderm der Palponen von *Apolemia uvaria*. *Nz* Nesselzelle, *Gz* Ganglienzelle.

Fig. 41. Entoderm der Palponen von *Apolemia*. *Dz* Drüsenzellen, *Bgz* bindegewebige Entodermzellen.

Fig. 42. Ektoderm der Oberseite der Stammbhase von *Physophora*. *Nz* Nesselzellen, *Nf* Nervenfasern.

Fig. 44. Quergestreifte Muskelfasern von *Diphyes quadricalcis*.

Fig. 45. Dasselbe in Verbindung mit den Epithelzellen, *Dk* Deckplatte der Epithelzellen, *Mf* Muskelfasern.

Tafel XXVII.

Fig. 43. Faserstrang *Fst* aus dem Ektoderm des Involucrum der Nesselknöpfe von *Physophora*. *Dz* Drüsenzellen, *Fz* Faserzellen.

Fig. 46. Querschnitt durch die Subumbrella von *Physophora*. *Cpl* Cathammalplatte, *St* Stützlamelle, *Sue* subumbrellares Epithel.

Fig. 47. Isolierte subumbrellare Epithelzelle von *Physophora*. *Dk* Deckplatte, *Expl* Exoplasma, *Endpl* Endoplasma, *Bf* Basalfortsätze.

Fig. 48. Glatte Muskelfasern *Mf* aus dem Palpon von *Physophora* von oben gesehen; ihr anliegend eine interstitielle Zelle *Iz*, *Pls* Plasmasaum.

Fig. 49. Glatte Muskelfaser *Mf* aus dem Palpon von *Physophora* von der Seite gesehen; ihr anliegend eine interstitielle Zelle *Iz*, *Mf* Muskelfaser der interstitiellen Zelle.

Fig. 50. Interstitielle Zelle *Iz* in Zusammenhang mit ihrer Muskelfaser *Mf*. Daneben ausgebildete Muskelfaser. Die Muskelfasern von oben gesehen.

Fig. 51. Endigungsweise der Nervenfasern am Basalfortsatz der Epithelzelle. Palpon der *Physophora*. *Bf* Basalfortsatz der Epithelmuskelzelle, *Mf* Muskelfaser, *Nf* Nervenfaser, *Ef* Endfaser, *Pls* Plasmasaum der Muskelfaser.

Fig. 52. Epithelmuskelzelle aus einem jungen Palpon von *Physophora*. *Mf* Muskelfaser, *Bf* Basalfortsätze, *V* Vakuole.

Fig. 53 u. 54. Epithelmuskelzellen mit netzförmigem Plasmagerüst, ihrer Funktion nach Drüsenzellen. *Bf* Basalfortsätze.

Fig. 55 u. 56. Ganglienzellen aus dem Ektoderm der Palponen und dem Ektoderm der Stammbhase (Oberseite) von *Physophora*. *Pls* Plasmasaum, *Ef* Endfaser.

Fig. 57. Entodermzelle aus der Spitze vom Palpon von *Forskalia Edwardsii*. *Fl* Flimmerorgane.

Fig. 58. Anlage der Muskulatur in der Schwimmglocke der Physophoriden.

Tafel XXVIII.

Fig. 59—69. Ganglienzellen aus dem exumbrellaren Nervengeflechte von *Physophora*.

Fig. 70 u. 71. Ganglienzellen aus dem Plexus der Unterseite der Stammbhase. *Pls* Plasmasaum, *Ef* Endfaser.

Fig. 72. Partie aus dem ektodermalen Nervengeflechte der Basalplatte der Palponen von *Physophora*.

Fig. 73—75. Bildungsweise der subumbrellaren Epithelzellen aus den interstitiellen Zellen der Subumbrella.

Die Verwitterungsprodukte des Magnesiaglimmers und der Zusammenhang zwischen chemischer Zusammensetzung und optischem Achsenwinkel der Glimmer.

Von

E. Zschimmer in Jena.

(Mitteilung aus dem Großherzogl. Sächs. mineralogischen Institut.)

Mit 17 Figuren im Text.

I. Die Verwitterungsprodukte des Magnesiaglimmers.

Einleitung.

Auf Anregung meines hochverehrten Lehrers, Herrn Prof. Dr. LINCK, unternahm ich es, die Vorgänge bei der Verwitterung des Biotit in chemischer und physikalischer Richtung zu untersuchen und die Beschaffenheit der Zersetzungsprodukte festzustellen.

Bei der Verwitterung wird der Biotit gebleicht und geht in silberglänzende, gewöhnlich dem Muscovit vergleichene Plättchen über, die ZIRKEL¹⁾, wie folgt, beschreibt:

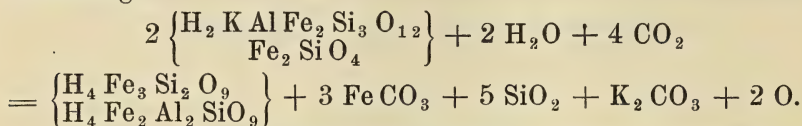
„Bei der Umwandlung des Glimmers handelt es sich einerseits um eine bloße Bleichung, welche vorwiegend nur auf einer Auslaugung des Eisengehalts zu beruhen scheint, andererseits um eine Entstehung von Chlorit und begleitenden Substanzen. Im ersteren Falle geht das Braun von dem Rande aus in Grün über, welches dann allmählich durch ganz blasse Töne zu Silbergrau werden kann Bei diesem Prozeß bleiben, wenigstens lange Zeit hindurch, die optischen Eigenschaften erhalten, nur der Pleochroismus erleidet natürlich eine merkliche Abschwächung Ein solcher sekundär gebleichter Biotit darf selbstverständlich nicht mit Muscovit verwechselt werden.“

ROSENBUSCH²⁾ charakterisiert den Verlauf und das Endresultat der Umwandlung in folgender Weise: „Die Verwitterung

1) Lehrbuch der Petrographie, Leipzig 1893, Bd. I, S. 335.

2) Elemente der Gesteinlehre, Stuttgart 1898, S. 72 und 465.

nimmt dem Lepidomelan den fast metallischen Glanz auf der Spaltfläche und die elastische Biegsamkeit und führt ihn über in weichen grünen Chlorit von grünlich-grauem Strich, oft unter gleichzeitiger Bildung von Karbonaten und Pistazit. Geht man von einer Normalformel des Lepidomelan aus, so wäre dieser Verwitterungsvorgang schematisch etwa darzustellen durch die Gleichung:



Sofort mit beginnender Verwitterung scheidet sich Eisenoxydhydrat in großer Menge aus und überzieht und durchdringt alle Gemengteile des Gesteins Der Biotit selbst behält seine Gestalt, wird aber mehr oder weniger vollständig gebleicht und muscovitähnlich oder talkähnlich. Die Verwechselung mit Talk ist um so leichter, als das Mineral sich wie dieser fettig anfühlt.“

Eine ebenfalls recht typische Schilderung des Bleichungsprozesses will ich nicht verfehlen hier noch wiederzugeben. Bei der Beschreibung des „Brander Gneißes“ erwähnt A. SAUER ¹⁾ folgendes über die Verwitterungserscheinungen:

„Die großen Differenzen der Glimmeranalysen insbesondere in der Menge des Eisenoxyduls dürften es erklären, daß diese Biotite in verschiedenen Teilen des Gebietes sich überaus verschieden gegen die Verwitterung verhalten, bald auffällig schnell ausbleichen, bald in bereits zersetztem Gneißgrus ihre rabenschwarze Färbung bewahren Meist nimmt der Biotit bei eintretender Verwitterung eine grünliche Färbung an, unter gleichzeitiger Ausscheidung von Rutil, zuletzt nimmt er eine silberglänzende Farbe an und ist dann kaum von ursprünglichem Muscovit zu unterscheiden.“

Die Angaben über die Verwitterung des Glimmers scheinen demnach nach zwei Richtungen hin auseinanderzugehen, indem nämlich die einen von Chloritisierung, die anderen von Bleichung reden, ohne daß diese Vorgänge je einer genaueren Untersuchung unterworfen worden wären.

Diese Untersuchung ist es nun, welche ich im folgenden durchzuführen suche.

1) Erläuterungen zur geologischen Specialkarte von Sachsen, Sekt. Brand, S. 6.

Physikalische Untersuchung.

Das Material zu nachfolgenden Untersuchungen bildet der Biotit des Granitits vom Schneidemüllerskopf bei Ilmenau im Thüringer Wald. In dem dicht an der Straße von Manebach nach Stützerbach gelegenen Steinbruche war sowohl frisches als in der Verwitterung begriffenes Material leicht zu sammeln.

Das frische Gestein ist ziemlich grobkörnig. Rabenschwarzer Biotit und fleischroter Orthoklas neben grauem Plagioklas treten gegenüber dem spärlicher vorhandenen Quarz als Hauptgemengteile hervor. Die Dicke der Glimmerkrystalle beträgt meist 3 mm bei einem Durchmesser von 2—3 mm. Sie lassen sich leicht aus dem Gestein isolieren und sind ziemlich spröde.

Durch die Verwitterung wird das Gestein aufgelockert und zerbröckelt vollkommen zu gröberem und feinstem Grus. Dabei nimmt der Biotit eine rotbraune oder tombakbraune Färbung an; letztere behält er auch noch im feinsten Grus, sofern derselbe am Gehänge und besonders an feuchten, vor Wärme und direktem Sonnenlicht geschützten Stellen lagert. Die vollständig gebleichten, messinggelb oder silberweiß erscheinenden Glimmerplättchen finden sich nur in der bröckeligen Kruste von losen der Sonnenhitze ausgesetzten Granitblöcken.

Die mikroskopische Untersuchung von 3 Schliften verschieden zersetzten Gesteins zeigt, daß primärer Muscovit vollkommen fehlt.

Die Biotitkrystalle des frischen Granits sind nach der Basis gut begrenzt. Sie schließen reichliche Mengen Magneteisen ein; daneben blutrote Eisenglanzplättchen auf den Spaltrissen und nur sehr vereinzelt auch Rutilnadeln. Der Pleochroismus in Schnitten senkrecht zu $OP\{001\}$ ist sehr stark: parallel zur Spaltungsfläche dunkelgrün, senkrecht dazu gelblich-braun.

Mit fortschreitender Zersetzung häufen sich die Rutilnadeln. Der Eisenglanz erscheint in einzelnen Fetzen, mit Magneteisen verwachsen, auf den Spaltrissen. Zuweilen tritt als Neubildungsprodukt ein chloritähnliches Mineral auf. Der Pleochroismus in Schnitten senkrecht zur Basis wird dunkelbraun parallel zur Spaltrichtung — gelbbraun normal zur Spaltrichtung.

In noch stärker verwittertem Gestein ist der Glimmer aufgeblättert und stark verbogen. Der lebhafte Pleochroismus verschwindet; die senkrecht zu $OP\{001\}$ schwingenden Strahlen sind farblos-gelblich, die parallel zur Basis schwingenden Strahlen

hellbraun. Dickere und dünnere Rutilnadeln treten in großer Menge auf. Ebenso sind kleine Magneteisenpartikel unregelmäßig (staubartig) in den Krystallen verteilt. Neben Flocken und Wolken von Eisenoxydhydrat sind selten noch Reste von Eisenglanz zu beobachten. Oefter finden sich stark pleochroitische chloritische Produkte in paralleler Verwachsung mit den Glimmerlamellen.

Die Analyse des frischen Gesteins ergab folgende Resultate

	Prozente	Molek.-Prop.
Si O ₂	62,408	10350
Al ₂ O ₃	16,791	1646
Fe ₂ O ₃	4,540	284
Mg O	2,440	606
Ca O	5,388	964
Fe O	0,259	36
K ₂ O	2,643	281
Na ₂ O	3,732	602
H ₂ O	0,796	442
CO ₂	1,566	355
	100,536	

Der vorliegende Granit vom Schneidemüllerskopf stimmt mit dem von H. R. MÜLLER¹⁾ untersuchten Granit vom Langebachsgrund (NO und O vom Schneidemüllerskopf) überein.

MÜLLER hat den frischen Biotit bereits näher untersucht und giebt folgende Beschreibung desselben²⁾:

„Der Glimmer besitzt eine Härte von 2,5 und eine Dichte von 3,01. Nach dem Erhitzen nimmt er eine messinggelbe Farbe an, und man bemerkt an ihm sowohl vor- wie nachher schwachen Magnetismus; vor dem Lötrohr schmilzt er an den Kanten zu einem schwarzen Glase. Das Glühlicht ist gelbroth und nach Auslöschung der gelben Flamme schwach violett. Das höchst fein zerriebene Pulver reagiert schwach alkalisch, und es konnten in der wäßrigen Lösung mittels eines größeren Spektroskops Kalium, Natrium sowie Lithium nachgewiesen werden. Außer den bei der quantitativen Zusammensetzung angegebenen Bestandteilen wurden noch Spuren von Titansäure, Phosphorsäure und Mangan gefunden, die jedoch vielmehr von Einschlüssen im Glimmer herrühren, als daß sie dem Glimmer selbst angehörten.“

1) „Die Granite des Langebachsgrundes bei Ilmenau.“ Diss. Jena 1882.

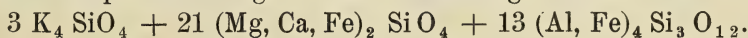
2) l. c. S. 20.

Die Analyse des Biotits ergab nach MÜLLER folgende Zusammensetzung:

	Prozente	Molek.-Prop.
SiO ₂	38,79	63 445
Fe ₂ O ₃	23,45	14 674
Al ₂ O ₃	8,25	8 088
FeO	10,68	14 854
CaO	0,88	1 574
MgO	8,50	21 092
K ₂ O	4,92	4 254
H ₂ O	4,10	22 778
	<u>99,57</u>	

Aus dieser Analyse¹⁾ versucht MÜLLER eine Formel zu berechnen und kommt dabei zu folgendem Resultat:

„Was die Stellung dieses Glimmers anbelangt, so ist wegen des hohen Gehaltes an Magnesia Grund genug vorhanden, ihn als Magnesiaglimmer anzusehen, er könnte indessen aber auch wegen des daneben reichlich auftretenden Eisenoxyduls als ein Uebergang zu den Eisenglimmern betrachtet werden. Nach den von TSCHERMAK aufgestellten Formeln ließ sich vorliegender Glimmer nicht berechnen.“ Einer analogen Formel von RAMMELSBURG entsprechend ergibt die Berechnung MÜLLER's:



Es bedarf wohl kaum der Bemerkung, daß obige Analyse keine Glimmeranalyse, sondern die eines Gemenges von Glimmer und Einschlüssen im wesentlichen oxydischer Eisenerze darstellt und somit nicht ohne weiteres als Grundlage für die Berechnung einer Formel dienen kann. Wir sehen daher zunächst von der näheren Diskussion ab und kommen erst später darauf zurück.

Bei der Untersuchung der Umwandlungsvorgänge in den Glimmern ging ich von der Annahme aus, daß die Glimmerplättchen von gleichem specifischen Gewicht auch physikalisch und chemisch nahezu gleiche Umwandlungsstadien darstellen. Es erschien daher am einfachsten, zur Untersuchung der Aenderung der physikalischen Konstanten sowie der chemischen Zusammensetzung die Gesamtmasse des frischen und zersetzten Biotits nach dem specifischen Gewicht in einzelne Portionen innerhalb möglichst enger Grenzen zu trennen, um geeignetes Material für die Untersuchung zu erlangen.

1) l. c. S. 21.

Fernerhin erschien es geboten, um möglichst homogenes Material zu bekommen, den Glimmer möglichst zu zerkleinern und andererseits zur genaueren optischen Untersuchung recht große Spaltplättchen von kontinuierlich abnehmendem specifischen Gewicht herzustellen.

Zur Gewinnung größerer Mengen reinen Glimmers ist der Umstand von Vorteil, daß Glimmer in trockenem Zustande nur sehr schwer zu feinem Pulver verrieben werden kann. Es bewährte sich daher folgendes Trennungsverfahren am besten: Das bis auf Graupenkorngroße zerkleinerte Gestein wurde mit THOULET'scher Lösung in zwei Portionen getrennt, von denen die eine aus glimmerreichem Material bestand. Dieses wurde feiner zerstoßen und nochmals getrennt. Das damit gewonnene, stark glimmerhaltige Produkt wurde in einer flachen, fast ebenen, großen Reibschale mit breitem Pistill so weit verrieben, bis bei häufigem Absieben alle Partikel durch ein Sieb von 0,37 mm Maschenweite gingen.

Danach war Glimmer von Feldspat oder Quarz getrennt und bis auf ihn fast alles zu feinem Pulver zerrieben. Durch Abschlemmen und nachherige Trennung mit THOULET'scher Lösung erhält man den reinen Glimmer, gemengt mit Magnet-eisen, welches durch Ueberrollen über Glanzpapier und Ausziehen mit dem Magneten leicht entfernt wird.

Aus 3 kg Granit wurden auf diese Weise 250 g reinen Glimmers gewonnen.

Die physikalische Untersuchung erstreckte sich auf die Bestimmung folgender Konstanten:

Specifisches Gewicht, Brechungsindices, Absorption, Lage der optischen Achsenebene, optischer Achsenwinkel, Dispersion der optischen Achsen.

Das specifische Gewicht wurde in THOULET'scher, zum Teil auch in KLEIN'scher Lösung, mit der WESTPHAL'schen Wage bestimmt.

Die Dispersion der optischen Achsen ließ sich am besten bei gewöhnlichem Gaslicht im Mikroskop bei starker Vergrößerung beobachten.

Zur Bestimmung der Brechungsindices bietet sich als die bequemste und zugleich für Glimmer genaueste Methode die Messung der Grenzwinkel der totalen Reflexion. Hierbei ist es von vornherein ausgeschlossen, von stark absorbierten Strahlen die Grenzwinkel zu messen, da bei diesen eine allmähliche

Abnahme der Lichtintensität des reflektierten Strahlenkegels die Beobachtung der Grenzkurven unmöglich macht. Es bleibt die Messung der Brechungsindices daher auf die schwächer absorbierten Strahlen beschränkt.

Von den zur Messung dienenden Instrumenten stand mir ein Krystallrefraktometer neuester Konstruktion nach ABBE-PULFRICH zur Verfügung, dessen Anwendbarkeit noch möglich ist bei Flächen von etwa 1 qmm Größe, sofern sie gut plan sind¹⁾. Es kam daher in erster Linie darauf an, Präparate mit möglichst planen Flächen und von entsprechender Größe zu erhalten. Wie schon die mikroskopische Untersuchung der Krystalle im Gesteinsdünnschliff vermuten läßt, ist dies aber mit großen Schwierigkeiten verknüpft. Die direkte Benutzung von Spaltplättchen ist ausgeschlossen, da die Krystalle in der Basis wellenförmig gekrümmt sind. Schleifen und Polieren mit Smirgel und Wasser oder auch nur mit Wasser auf der Glasplatte führt eher zur Zerstörung der Krystalle als zur Erzeugung planer Flächen — infolge der hervorstehenden Feldspat- und Quarz- etc.-Einschlüsse. Nur durch sehr vorsichtiges trockenes Schleifen auf einer matten, ebenen Glasplatte und leichtes Polieren auf Leder mit Pariser Rot gelangte ich nach oft wiederholten Versuchen zum Ziel (von etwa 60 Plättchen gelang es, 7 brauchbare Präparate herzustellen).

Aus dem Grenzwinkel i der totalen Reflexion und dem Brechungsexponenten N der Halbkugel des ABBE-PULFRICH'schen Krystallrefraktometers berechnet sich der Brechungsexponent n der untersuchten Platte nach der Formel:

$$n = N \sin i^2).$$

Zur Bestimmung der Hauptbrechungsindices doppelbrechender Krystalle stellte man nach dem bisher üblichen Verfahren auf die Umkehrlagen der Grenzkurven ein und erhielt somit an allen Krystallflächen die Hauptbrechungsindices, bei zweiachsigen im allgemeinen noch einen zweiten mittleren Wert neben α , β , γ .

Durch dieses Verfahren erscheint aber die Möglichkeit der Anwendung des Krystallrefraktometers in doppelter Hinsicht beschränkt.

Einmal ist es, beiläufig bemerkt, nur möglich, Brechungs-

1) Vergl. EPPLER, GROTH's Zeitschr., Bd. XXX, S. 122, 1898.

2) CZAPSKI, „Krystallrefraktometer nach ABBE.“ Zeitschr. für Instrumentenkunde, 1890, S. 250.

indices zu messen, die kleiner sind als diejenigen der zwischen Krystallfläche und Halbkugel befindlichen Flüssigkeiten. Daher wird die oberste Umkehrlage einer Grenzkurve oft nicht mehr zu beobachten sein, da sie über der Grenzkurve der Grenzflüssigkeit liegt. Aber zwischen dieser oberen Umkehrlage und der tiefsten ist meist noch ein gutes Stück der Grenzkurve zu messen.

Ferner sind die Umkehrlagen bei weniger guten und besonders bei kleinen Platten schwer aufzufinden und genau einzustellen, während es bei weitem weniger Schwierigkeiten macht, eine beliebige Stelle der Grenzkurve scharf einzustellen, da man nur das Fernrohr und die Blende zu bewegen hat.

Beide Umstände, insbesondere aber der letztere, legten den Versuch nahe, aus Messungen von Grenzwinkeln zwischen den Umkehrlagen die Hauptbrechungsindices zu berechnen. Inwiefern dies möglich ist, erkennen wir am besten aus der Betrachtung der Beziehungen zwischen den gemessenen Grenzwinkeln der totalen Reflexion und den gesuchten Brechungsindices¹⁾.

Da bei Krystallen die Wellenfront im allgemeinen nicht senkrecht zum Strahl steht, so ist zwischen Strahl und Wellennormale, zwischen Strahlengeschwindigkeit und Normalengeschwindigkeit, insbesondere bei den Erscheinungen der totalen Reflexion wohl zu unterscheiden.

Die Normalengeschwindigkeit ist es, welche wir aus dem reciproken Wert $\frac{1}{n}$ des Brechungsexponenten erhalten, und nur dann, wenn Strahl und Normale zusammenfallen, ist $\frac{1}{n}$ zugleich die Strahlengeschwindigkeit.

Die Normalengeschwindigkeit ist es daher auch, welche wir durch die Messung der Grenzwinkel nach der Formel

$$n = N \sin i$$

als reciproken Wert von n bekommen.

Aber diese Normale, deren Geschwindigkeit wir durch den Grenzwinkel der totalen Reflexion messen, fällt (im allgemeinen) nicht in die untersuchte Krystallfläche²⁾!

1) Vergl. LIEBISCH, Phys. Krystallographie, 1. Aufl. 1891, S. 415 ff., und LIEBISCH, Neues Jahrb., 1885, Bd. II, S. 181 ff.

2) Vergl. LIEBISCH, Neues Jahrb. f. Min. etc., 1885, S. 181 ff.

Ebensowenig fällt auch der Radius der Indexfläche¹⁾, welchen wir direkt messen, in die Grenzebene: die gemessenen Werte von n haben also für die Richtungen in der untersuchten Platte gar keine direkte Bedeutung — ausgenommen zwei Werte einer Grenzkurve, nämlich die Umkehrlagen. Die Werte $n = N \sin i$ in den Umkehrlagen geben die Normalengeschwindigkeiten in der Durchschnittsrichtung von Platte und Einfallsebene: Strahl und Normale fallen beim Maximum und Minimum des Grenzwinkels zusammen und liegen beide in der Grenzebene.

Daraus folgt aber, daß an beliebigen Krystallflächen die Messung auf die direkte Beobachtung der Grenzwinkel in den Umkehrlagen beschränkt bleiben muß, denn alle gemessenen Zwischenwerte würden für die zu untersuchende Fläche selbst keine Bedeutung, jedenfalls zur Berechnung keine praktische Bedeutung haben.

Sobald aber die Grenzebene der totalen Reflexion eine Symmetrieebene der Indexfläche wird, dann tritt der specielle Fall ein, daß alle Wellennormalen, deren Geschwindigkeiten durch die Werte $n = N \sin i$ bestimmt sind, in der Krystallfläche selbst liegen und mit den Radien der Indexfläche in der Grenzebene zusammenfallen.

Da die Schnittkurven in den Symmetrieebenen der Indexfläche aber Ellipsen sind, so folgt, daß die an optischen Symmetrieebenen gemessenen Werte, $n = N \sin i$, sich wie Radien einer Ellipse verhalten, deren Achsen je zwei Hauptbrechungsindices sind.

Messen wir also auf optischen Symmetrieebenen beliebige Radien der Schnittellipsen der Indexfläche, so müssen sich daraus die Hauptbrechungsindices, d. h. die Achsen der Ellipse, berechnen lassen.

Um die Berechnung jedoch möglichst zu vereinfachen, messen wir drei beliebige, aber je um 45° voneinander entfernt liegende Grenzwinkel. Die gemessenen Werte der Brechungsindices seien N_0, N_1, N_2 , die gesuchten Hauptbrechungsindices A, B. Setzt man dann:

$\frac{1}{N_0^2} = n_0; \frac{1}{N_1^2} = n_1; \frac{1}{N_2^2} = n_2; \text{ und } \frac{1}{A^2} = a; \frac{1}{B^2} = b,$
so folgt:

$$\frac{a}{b} = \frac{1}{2} \left\{ n_0 + n_2 \pm \sqrt{(n_0 + n_2 - 2n_1)^2 + (n_0 - n_2)^2} \right\}$$

1) d. h. der Fläche, deren Radien die Brechungsindices direkt angeben.

Da diese Formel meines Wissens nicht bekannt ist, so gebe ich nachstehend die Ableitung derselben an.

Die Mittelpunktsungleichung der Ellipse in rechtwinkligen Koordinaten ist, wenn A zur X-Achse, B zur Y-Achse gewählt wird,

$$\frac{x^2}{A^2} + \frac{y^2}{B^2} = ax^2 + by^2 = 1,$$

unter Beibehaltung der oben eingeführten Bezeichnung.

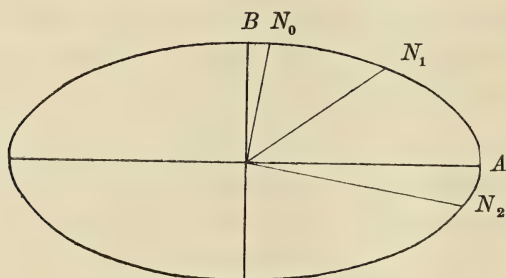


Fig. 1. Zur Berechnung der Formel für die Hauptbrechungsindices.

Sind die Winkel:

$N_0 : B = \varphi_0$; $N_1 : B = \varphi_1$; $N_2 : B = \varphi_2$ (Fig. 1),
so lautet die Ellipsengleichung für den Endpunkt von N_0 :

$$\sin^2 \varphi_0 = \frac{n_0 - b}{a - b}; \quad (\text{I})$$

ebenso für N_2 :

$$\sin^2 \varphi_2 = \frac{n_2 - b}{a - b} = \cos^2 \varphi_0, \quad (\text{II})$$

da $\varphi_2 - \varphi_0 = 90^\circ$.

Endlich für den Punkt N_1 ist die Ellipsengleichung:

$$\sin^2 \varphi_1 = \frac{n_1 - b}{a - b} = \sin^2 (\varphi_0 + 45^\circ),$$

oder weiter entwickelt:

$$\sin \varphi_0 \cos \varphi_0 = \frac{n_1 - b - \frac{1}{2}(a - b)}{a - b} \quad (\text{III})$$

Aus (I) + (II) folgt:

$$a - b = n_0 + n_2 - 2b \quad (\text{IV})$$

Aus (I) $\times$ (II) = (III)² folgt:

$$b = \frac{n_0 + n_2}{2} - \frac{1}{2} \sqrt{(n_0 + n_2 - 2n_1)^2 + (n_0 - n_2)^2} \quad (\text{V}).$$

Beide Gleichungen (IV) und (V) führen aber zu der oben gegebenen Formel.

Nach dieser Formel, deren Ausrechnung übrigens weit komplizierter erscheint, als sie ist, erhält man demnach aus einem beliebigen Grenzwinkel und zwei davon um 45° bzw. 90° entfernt liegenden Werten die Hauptbrechungsindices. Inwieweit die berechneten Werte mit den direkt gemessenen Hauptwerten übereinstimmen, soll zunächst an einer Quarzplatte parallel zur optischen Achse und einer Barytplatte parallel einer Symmetrieebene — oP{001} — untersucht werden.

Die Resultate der Messungen, sowie die Angabe der gemessenen und berechneten Brechungsindices sind im folgenden zusammengestellt. Alle Messungen gelten für Na-Licht.

Quarz $\parallel \infty R \{10 \bar{1} 0\}$

I. Gemessene Brechungsindices.

Azimut	Grenzwinkel der totalen Reflexion	Brechungsindices
0°	$55^\circ 13\frac{1}{2}'$	$1,5527 = \varepsilon$
90°	$54^\circ 45\frac{1}{2}'$	$1,5439 = \omega$
30°	$55^\circ 5'$	$1,5501 = N_0$
75°	$54^\circ 47'$	$1,5444 = N_1$
120°	$54^\circ 52'$	$1,5460 = N_2$
60°	$54^\circ 51\frac{1}{2}'$	$1,5458 = N_3$
105°	$54^\circ 46\frac{1}{2}'$	$1,5442 = N_4$
150°	$55^\circ 6\frac{1}{2}'$	$1,5505 = N_5$

II. ω berechnet.

	berechnet	gemessen	Differenz
Aus $N_0 N_1 N_2$	1,5437	1,5439	— 0,0002
Aus $N_3 N_4 N_5$	1,5436	1,5439	— 0,0003

III. ε berechnet.

	berechnet	gemessen	Differenz
Aus $N_0 N_1 N_2$	1,5522	1,5527	— 0,0005
Aus $N_3 N_4 N_5$	1,5527	1,5527	+ 0

Baryt $\parallel \text{oP} \{001\}$.

I. Gemessene Brechungsindices.

Azimut	Grenzwinkel der totalen Reflexion	Brechungsindices
0°	$60^\circ 42'$	$1,6485 = \gamma$
90°	$60^\circ 2'$	$1,6377 = \beta$
30°	$60^\circ 29'$	$1,6450 = N_0$
75°	$60^\circ 3\frac{1}{2}'$	$1,6381 = N_1$
120°	$60^\circ 13'$	$1,6407 = N_2$
60°	$60^\circ 10\frac{1}{2}'$	$1,6400 = N_3$
105°	$60^\circ 5'$	$1,6385 = N_4$
150°	$60^\circ 32'$	$1,6458 = N_5$

II. β berechnet.

	berechnet	gemessen	Differenz
Aus $N_0 N_1 N_2$	1,6376	1,6377	— 0,0001
Aus $N_3 N_4 N_5$	1,6377	1,6377	+ 0

III. γ berechnet.

	berechnet	gemessen	Differenz
Aus $N_0 N_1 N_2$	1,6481	1,6485	— 0,0004
Aus $N_3 N_4 N_5$	1,6482	1,6485	— 0,0003

Um die Fehlergrenzen des Instruments zu erkennen, vergleicht man am besten die Messungen am Quarz mit den sehr genau bekannten Brechungsindices¹⁾, wie sie von RUDBERG bestimmt sind:

	RUDBERG	ZSCHIMMER	Differenz
ω	1,5442	1,5439	— 0,0003
ε	1,5533	1,5527	— 0,0006

Da beim Baryt der optische Achsenwinkel sehr schwankend und damit auch die Brechungsindices nicht konstant sind, so kann eine Vergleichung der letzteren nur beiläufig von Wert sein. Nachstehend sind meine Werte mit den von HEUSSER²⁾ gemessenen zusammengestellt:

	HEUSSER	ZSCHIMMER	Differenz
β	1,6375	1,6377	+ 0,0002
γ	1,6480	1,6485	+ 0,0005

Man ersieht also aus der Vergleichung der Differenzen, daß die direkt gemessenen Werte ebenso genau sind (auf 3 Decimalen), wie die berechneten Hauptbrechungsindices — vorausgesetzt natürlich genaue Orientierung der Grenzebene. Letztere Bedingung war beim Baryt gut erfüllt; es betrug die Neigung der angeschliffenen Basis zur natürlichen Spaltfläche des Prismas:

$$(001) : (110) = 89^{\circ} 50'.$$

Beim Quarz ergab die Betrachtung des optischen Mittelbildes ebenfalls genaue Orientierung der angeschliffenen optischen Symmetrieebene.

Zur Messung des optischen Achsenwinkels war ich genötigt eine mikroskopische Methode zu wählen, da die Plättchen nur 0,3—1 mm Durchmesser haben.

Bezeichnet nun d den halben Abstand der Achsenpole in beliebigem Maß, Ea den halben scheinbaren Achsenwinkel in Luft und k eine von der Beschaffenheit des Linsensystems abhängige Konstante — „MALLARD'sche Konstante“ — so gilt, wie zuerst von ABBE³⁾ nachgewiesen und weiterhin von MALLARD⁴⁾ für den hier speciell vorliegenden Zweck gezeigt wurde, die Beziehung:

$$\sin Ea = k \cdot d.$$

1) GROTH, Phys. Krystallographie, 3. Aufl., 1894, S. 456.

2) Ebenda, S. 297.

3) „On the estimation of aperture in the microscope“. Journal of the Royal microscop. Society, 9th March 1881, p. 395. — „Ueber die Bedingungen des Aplanismus der Linsensysteme“. CARL's Rep. d. Exp.-Phys., Bd. XVI, 1881, S. 303.

4) Bull. Soc. minér., T. V, 1882, p. 77.

Um das Achsenbild zu erzeugen, benutzte ich ein starkes Objektiv (Brennw. 1,86 mm; num. Apertur 0,74) nebst entsprechendem Kondensor (num. Apertur 1,4) und ein für mikroskopische Achsenwinkelmessungen von Herrn Dr. S. CZAPSKI¹⁾ neu konstruiertes Okular, über dessen Konstruktion ich Herrn Dr. CZAPSKI nachfolgende Mitteilung verdanke: „Der Apparat ist eine Art Achsenbilder-Okular (Fig. 2). Er besteht aus einem in den Tubus des Mikroskops einsetzbaren — und gegen Drehungen in der üblichen Weise durch ein in den oberen Tubusrand eingreifendes Stiftchen gesicherten — etwa 9 cm langen Rohr, das an seinem unteren Ende eine in Hülse verschiebbare AMICI-BERTRAND'sche Linse, darüber in der festen Hülse einen Analysator A und über diesem wiederum eine kleine Irisblende I enthält. Letztere ist mittels des oben aus dem Tubus herausragenden Knöpfchens k zu manipulieren. (Die Bewegung des Knöpfchens wird auf den Mechanismus der Iris durch ein in das Hauptrohr eingestecktes Hilfsrohr übertragen).“

„In eine tellerförmige Ausdehnung T am oberen Ende des Rohres läßt sich die Meßvorrichtung nebst Okular einstecken und darin mit mäßiger Reibung drehen, so daß die Messungen in jedem Azimut ausgeführt werden können.“

„Die Meßvorrichtung ist ein dem vorliegenden Zweck entsprechend vereinfachtes Okularschraubenmikrometer. In einem parallelepipedischen Kasten K ist ein Faden mittels Zahn und Trieb (Knopf K , Fig. 2,₁) beweglich. Seine Lage wird an einer mit Nonius versehenen Teilung M auf 0,05 mm genau abgelesen. Diese Ablesung von außen hat sich als merklich vorteilhafter erwiesen als die unmittelbare Ablesung an einer im Gesichtsfeld des Okulars angebrachten Mikrometerskala, wie sie anfänglich angewendet wurde.“

„In den Kasten K ist von oben eine Schiebehülse S eingesetzt, die in ihrem oberen Teil von einem kurzen weiteren Rohr R umgeben ist. In erstere wird das — beiläufig ziemlich starke — Okular O (Fig. 2,₁) eingesetzt und behufs Einstellung auf den Meßfaden verschoben. Das kurze weitere Rohr R giebt

1) Herrn Dr. CZAPSKI gestatte ich mir an dieser Stelle für die in zuvorkommendster Weise gewährte Unterstützung verbindlichsten Dank auszusprechen.

einer nach Entfernung des Okulars dort aufzusetzenden Lupe *L* Halt“ (Fig. 2₂).

„Diese Lupe, nach dem Typus der BRÜCKE'schen, mit positiver Vorder- und negativer Augenlinse, hat einen so großen

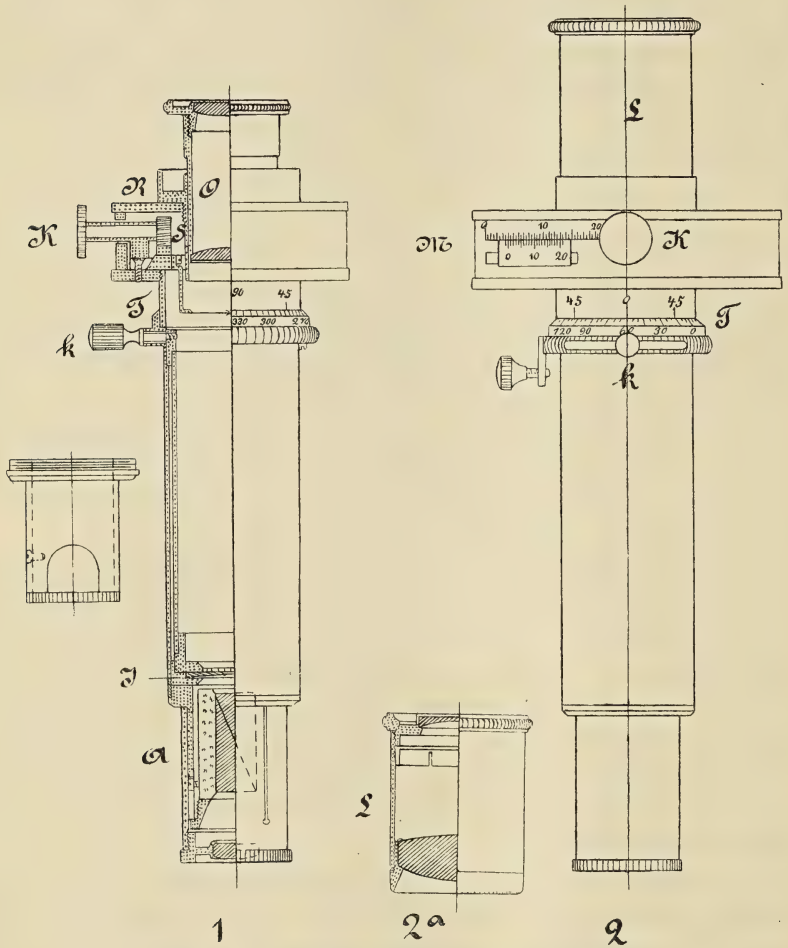


Fig. 2. Axenbilderokular nach CZAPSKI.

Fokalabstand, daß sie, an der angegebenen Stelle aufgesetzt, ein deutliches Bild der Iris *I* und des in ihr enthaltenen Krystallbildes giebt.“

„Eine nähere Erläuterung des Zwecks dieser Einrichtung und der Vorzüge, die sie nach meiner Ansicht vor der von

F. BECKE vorgeschlagenen Meßvorrichtung darbietet, gebe ich in einem der nächsten Hefte der Zeitschrift für Krystallographie. CZAPSKI.“

Die MALLARD'sche Konstante

$$k = \frac{\sin Ea}{d}$$

wurde durch Messung von 2 Ea im Achsenwinkelapparat und d im Mikroskop an 5 Platten bestimmt. Es ergab sich dabei für Na-Licht folgendes Resultat:

Substanz	Ea	d in mm	k
Kalialpeter	3° 47'	0,125	0,5279
Sanidin (Eifel)	13° 0'	0,463	0,4859
Aragonit	15° 24'	0,500	0,5311
Borax	29° 22'	0,925	0,5302
Bittersalz	39° 5'	1,213	0,5197

Daraus erhält man im Mittel:

$$k = 0,519.$$

Berechnet man damit die Achsenwinkel zurück, so folgt:

d	2 Ea berechnet	2 Ea gemessen	Differenz
0,125	7° 26'	7° 34'	— 0° 48'
0,463	27° 48'	26° 0'	+ 1° 48'
0,500	30° 4'	30° 48'	— 0° 44'
0,925	57° 22'	58° 44'	— 1° 22'
1,213	78° 2'	78° 10'	— 0° 8'

Bei unscharfen Achsenbildern kann die Abweichung demnach bis gegen 2° betragen und dürfte somit nicht viel größer sein, als bei direkten Messungen im Achsenwinkelapparat.

Unter Anwendung der S. 556 ff. beschriebenen Methoden habe ich an 13 Spaltplättchen die nachfolgend zusammengestellten Resultate erhalten.

Bezüglich der Bestimmung der Brechungsindices möchte ich nur bemerken, daß bei der geringen Abweichung der ersten Bisectrix von der Normalen auf oP des Glimmers bei Messung der Grenzwinkel auf dieser Fläche die Genauigkeit der oben beschriebenen Beobachtungsmethode keine Beschränkung erfährt.

Die Beobachtungen der Lage der optischen Achsenebene wurden unter Zuhilfenahme von Schlagfiguren sorgfältigst wiederholt und nachgeprüft.

Spezif. D Gewicht	Brechungsindices (Na-Licht)			Scheinbarer optischer Achsenwinkel in Luft (Na-Licht) 2 Ea	Lage der optischen Achsenebene	Farbe im		Einschlüsse
	α	β	γ			durchfallen- den Licht	reflektierten Licht	
3,068	1,590	absorbiert	?	13° 36' $\rho < \nu$	?	dunkelgrün	pechschwarz	Eisenglanz, etwas Magnet Eisen.
3,060	1,591			16° 24' $\rho < \nu$	∞ P ∞	"	"	desgl.
3,039	1,590			17° 10' Disp.?	∞ P ∞	grün	dunkelbraun	Magnet Eisen, vereinzelt Eisenglanz.
3,017	1,592			23° 10' $\rho < \nu$	∞ P ∞	"	dunkelbraun	Magnet Eisen, Eisenhydroxyd.
2,864	?			24° 46' $\rho < \nu$	∞ P ∞	grünlich- hellbraun	bronze farbig	Vereinzelt grobe, breite Rutinadeln.
2,837	?	?	?	30° 6' $\rho < \nu$	?	"	gelbbraun- bronzefarbig	Magnet Eisen, Eisenhydroxyd, Rutil in reichlicher Menge.
2,800	?	?	?	30° 6' $\rho < \nu$	∞ P ∞	blaß-grün- lich-braun	bronzefarbig messinggelb	desgl.
2,749	1,576	1,587	1,617	?	?	"	"	Reichliche Mengen breiter und feiner Rutinadeln. Etwas Magnet Eisen und Eisenhydroxyd.
2,740	?	?	?	30° 6' Disp.?	?	grünlich- hellbraun	grau- silberweiß	Reichliche Mengen Rutinadeln.
2,726	?	?	?	21° 44' Disp.?	∞ P ∞	braungelb	hellbraun-	Eisenglanz. Rutil sehr vereinzelt.
2,684	1,579	1,613	1,613 ber. 1,618 gem.	1) 18° 42' $\rho < \nu$	∞ P ∞	hellbraun	bronze farbig	Magnet Eisen, etwas Eisenglanz, ver- einzelt breite Rutinadeln.
2,672	?	?	?	20° 56' $\rho < \nu$	∞ P ∞	gelbbraun	bronzefarbig	Eisenglanz, etwas Magnet Eisen.
2,622	1,577	1,606	1,606 ber. 1,627 gem.	2) 17° 10' Disp.?	∞ P ∞	braungelb	dunkel- messinggelb hellbraun- bronzefarbig	Vereinzelt größere Rutinadeln.

1) 2 Va = 11° 24'.

2) 2 Va = 10° 40'.

Aus Ea und dem mittleren Brechungsexponenten β wurde der wahre optische Achsenwinkel 2 Va berechnet. Aus diesem Werte wurde dann mit Hilfe von α (kleinster Brechungsindex) und β der größte Brechungsindex γ zurückberechnet.

Bei der oben gegebenen Zusammenstellung sind alle Daten nach dem spezifischen Gewicht angeordnet. Mit dieser Anordnung läßt sich jedoch noch nicht viel thun hinsichtlich der Erkenntnis des Zusammenhanges von chemischer Umwandlung und Aenderung der physikalischen Konstanten, sie kann nur die Bedeutung einer ersten Uebersicht haben: denn zweifellos wird das spezifische Gewicht des Glimmers durch die Einschlüsse ganz bedeutend verändert und zwar wohl stets erhöht. Während reiner Biotit im spezifischen Gewicht zwischen 2,8—3,2 schwankt, haben die Einschlüsse — Rutil 4,2—4,6, Eisenglanz 4,5—5,3 und Magneteisen 4,9—5,2 — alle viel höheres Gewicht, als der Glimmer.

Den sichersten Anhalt für die Beurteilung des Grades der Zersetzung dürfte wohl die Farbe der Glimmerplättchen bieten, und daran zeigt sich eben, daß in der Anordnung nach dem spezifischen Gewicht, je nach der Menge und Art der Einschlüsse, sehr stark zersetzte Plättchen vor frischeren vorausgehen. Ich lenke auf diesen Punkt die Aufmerksamkeit besonders deshalb, weil davon die richtige Deutung aller Resultate, namentlich der analytischen Untersuchung abhängt.

Die Vergleichung der optischen Achsenwinkel und der Farbe der Plättchen zeigt auf den ersten Blick, daß mit zunehmender Bleichung der optische Achsenwinkel vergrößert wird. Demnach dürften sich, nach Farbe und Achsenwinkel geordnet, die Glimmerplättchen noch am besten in der natürlichen Reihenfolge der Umwandlung darstellen. Man wird aber auch sogleich bemerken, daß dies nicht ohne weiteres geschehen darf, da auffallenderweise bei einigen Glimmern in mittlerem Stadium der Zersetzung die optischen Achsen bald parallel, bald senkrecht zur Symmetrieebene liegen und dabei doch naheliegende Werte des optischen Achsenwinkels gemessen worden sind. Man muß die Glimmer erster Art daher aus der Reihe ausscheiden und neben die übrigen Plättchen an die entsprechende Stelle setzen.

Ich stelle nun im folgenden die Resultate in der eben bezeichneten Reihenfolge zusammen:

Glimmer II. Art.

Farbe im reflektierten Licht	Farbe im durchfallenden Licht	2 Ea	2 Va	α	β	γ	D
pechschwarz	dunkelgrün	—	—	1,590	absorbiert		3,068
"	"	13° 36'	—	1,591	"		3,060
"	grün	16° 24'	—	1,590	"		3,039
dunkelbraun	"	17° 10'	—	1,592	"		3,017
hellbraun-bronzefarbig	braungelb	17° 10'	10° 40'	1,577	1,606	1,627 gem. 1,606 ber.	2,622
dunkelbraun-bronzefarbig	grünlich-hellbraun	23° 10'	—	—	—	—	2,864
gelbbraun-bronzefarbig	"	24° 46'	—	—	—	—	2,837
messinggelb	blaß-grünlich-braun	30° 6'	—	—	—	—	2,800
"	"	—	—	1,576	1,587	1,617	2,749
grau-silberweiß	grünlich-hellbraun	30° 6'	—	—	—	—	2,740

Glimmer I. Art.

Farbe im reflektierten Licht	Farbe im durchfallenden Licht	2 Ea	2 Va	α	β	γ	D
dunkelbraun-bronzefarbig	hellbraun	18° 42'	11° 24'	1,579	1,613	1,618 gem. 1,613 ber.	2,684
dunkel-messinggelb	gelbbraun	20° 56'	—	—	—	—	2,672
hellbraun-bronzefarbig	braungelb	21° 44'	—	—	—	—	2,726

Aus unserer Zusammenstellung erhalten wir nun folgendes Bild der Umwandlungsvorgänge bei der Bleichung des frischen Biotits, soweit sich dieselben auf die physikalischen Eigenschaften beziehen:

1) Das spezifische Gewicht des Glimmers nimmt allmählich ab. Die äußersten Grenzen — wenn wir die Einschlüsse berücksichtigen — sind etwa:

D = 3,0 für den frischen Biotit,

D = 2,6 für den gebleichten Glimmer.

2) Die Farbe wandelt sich etwa nach folgender Skala um:

pechschwarz,
dunkelbraun,
dunkelbraun-bronzefarbig,
hellbraun-bronzefarbig,
gelbbraun-bronzefarbig,
dunkel-messinggelb,
messinggelb,
grau-silberweiß.

3) Die Farbe der parallel zur Spaltungsrichtung schwingenden Strahlen geht von Dunkelgrün allmählich in braune und gelbliche Töne über, der Pleochroismus und die Absorption werden also schwächer.

4) Der optische Achsenwinkel wird mit zunehmender Bleichung vergrößert; er wächst von etwa

$$2\text{ Ea} = 13^\circ \text{ für frischen Glimmer bis}$$

$$2\text{ Ea} = 30^\circ \text{ für gebleichten Glimmer}$$

und hat sich demnach um ca. 17° geändert.

5) Die Stärke der Lichtbrechung nimmt ab, wie schon der Glanz der Glimmerplättchen deutlich zeigt. Und zwar nehmen alle 3 Hauptbrechungsindices ab, doch, wie es scheint, β stärker als γ , so daß der Achsenwinkel größer wird. Wie die zurückberechneten Werte von γ zeigen, ist die Genauigkeit der Messung wohl nur auf 2 Decimalen anzunehmen. Dementsprechend wären die beobachteten Grenzwerte der Lichtbrechung etwa folgende:

α	Differenz	β	Differenz	γ	Differenz
1,59	} 0,01	1,61	} 0,02	1,63	} 0,01
1,58		1,59		1,62	

6) Von besonderem Interesse ist aber die Lage der optischen Achsenebene. Wie wir sehen, steht diese nicht mit der Aenderung der optischen Konstanten in Beziehung, sonst müßte ja der optische Achsenwinkel über ein gewisses Maximum hinaus wieder abnehmen, zu Null werden, um dann bei stetig fortschreitender chemischer Veränderung des Glimmers in der Ebene senkrecht zu $\{010\}$ von neuem zu wachsen. Da dieses aber nicht der Fall ist, sondern vielmehr äußerlich gleich stark zersetzte Glimmer mit nahezu gleichen optischen Konstanten entgegengesetzte Lage der optischen Achsenebene zeigen, so schließe ich daraus auf eine durch die Verschiedenheit der physikalischen Verhältnisse (Wärme, Licht, Konzentration der Lösungen etc.) bedingte Verschiedenheit in der vor sich gehenden Aenderung der Krystallstruktur des Glimmers.

Wie ich später zeigen werde, beruht die Verschiedenheit der Lage der optischen Achsen überhaupt nicht in chemischer Verschiedenheit der Glimmer I. und II. Art, sondern, wie ich annehme, in Verschiedenheit der Krystallstruktur. Dadurch wird es aber wahrscheinlich, daß auch bei der Umwandlung des Biotits gleichzeitig beide Modifikationen entstehen

können: Je nach den physikalischen Umständen behält der Glimmer II. Art seine ursprüngliche Krystallstruktur, oder er lagert sich um und liefert damit Glimmer I. Art.

Ob in der eben geschilderten Umwandlung des Biotits ein Bildungsprozeß zu erblicken ist, dessen Endprodukte noch Glimmer — sei es II. oder I. Art — zu nennen sind, darüber kann erst die chemische Untersuchung Aufschluß geben. Hier kann nur das Resultat der physikalischen Untersuchung dahin zusammengefaßt werden, daß durch den Vorgang der Bleichung aus dem Biotit Produkte entstehen, deren optische Eigenschaften sich im Sinne einer Umwandlung des Biotits in ein dem Kaliglimmer ähnliches Mineral geändert haben.

Chemische Untersuchung.

1. Mikroskopische Beschaffenheit der analysierten Proben.

Die Gesamtmasse des aus dem Granitit vom Schneidmüllerskopf gewonnenen Biotits wurde in Portionen getrennt, welche je etwa 0,01—0,03 im spezifischen Gewicht differierten, und daraus die Proben für die Analyse gewählt, wie aus nachstehender Uebersicht zu ersehen ist:

Specif. Gewicht	Differenz	Nr. der Analyse
3,101	0,027	I
3,074	0,060	—
3,014	0,020	II
2,994	0,051	—
2,943	0,016	III
2,927	0,063	—
2,864	0,020	IV
2,844	0,020	—
2,820	0,010	V
2,810	0,017	—
2,793	0,022	VI
2,771		

Das Material zu den Analysen I—VI wurde mikroskopisch untersucht, und zwar wurden bestimmt: der optische Achsenwinkel, die Lage der optischen Achsen und ihre Dispersion, ferner die Einschlüsse und das Mischungsverhältnis der in den Portionen vorhandenen verschiedenen Arten von Plättchen. Letzteres wurde, annähernd wenigstens, ermittelt durch Abzählen gut gemischter

Proben von etwa 60—80 Plättchen. Das Resultat der mikroskopischen Untersuchung ist im Folgenden zusammengestellt.

Die optischen Achsenwinkel sind nach der S. 562 ff. beschriebenen Methode bei gewöhnlichem Gaslicht gemessen.

I.

$$D = 3,101-3,074.$$

Gemenge von:

- a) 45 % Glimmerplättchen mit Einschlüssen von Magnet-
eisen und Eisenglanz;
- b) 55 % einschluffreien Glimmerplättchen.

Glimmer II. Art. Dispersion $\varrho < \nu$.

2 Ea	Einschlüsse
30° 4'	Sehr reich an Magneteisen und Eisenglanz.
28° 32'	" " " " "
22° 28'	Geringe Menge von " " "
20° 44'	Einschluffrei.
21° 42'	"
17° 56'	"

Mittelwerte des optischen Achsenwinkels:

a) Einschlufführend 2 Ea = 27° 1'

b) Einschluffrei 2 Ea = 21° 47'.

Der Glimmer ist pechschwarz, zum Teil dunkelbraun-bronze-farbig, im durchfallenden Licht dunkelgrün gefärbt und zeigt starken Glasglanz. Die Farbe des Pulvers ist rötlich-grau.

II.

$$D = 3,014-2,994.$$

Gemenge von:

- a) 57 % Glimmer mit Magneteisen und Eisenhydroxyd
(Eisenglanz, Rutil);
- b) 43 % einschluffreiem Glimmer.

Glimmer II. Art. Dispersion $\varrho < \nu$.

2 Ea	Einschlüsse
28° 32'	Viel Magneteisen und Eisenglanz.
25° 28'	" " " und Eisenhydroxyd.
22° 28'	" " " " "
11° 56'	Magneteisen, Eisenhydroxyd, Rutil.
25° 30'	Einschluffrei (vereinzelt Rutil und Eisenglanz).
23° 58'	" " " " "
19° 26'	" " " " "

Mittelwerte des optischen Achsenwinkels:

a) Einschlußführend $2Ea = 22^{\circ} 28'$

b) Einschlußfrei $2Ea = 22^{\circ} 58'$.

Die Glimmerplättchen sind braunschwarz, zum Teil dunkel-bronzefarbig, im durchfallenden Licht moosgrün oder gelblich-braun und zeigen Glasglanz. Das Pulver ist hell bräunlich-grau.

III.

$$D = 2,943 - 2,927.$$

Gemenge von:

a) 40 % Glimmer mit Magneteisen, Eisenhydroxyd (und Rutil);

b) 50 % einschlußfreiem Glimmer (mit Rutil);

c) 10 % Chlorit¹⁾.

Glimmer II. Art. Dispersion $\varrho < \nu$.

2 Ea	Einschlüsse
17° 10'	Sehr viel Magneteisen und Eisenhydroxyd.
17° 56'	Magneteisen und Eisenhydroxyd (Rutil).
23° 12'	„ „ „
28° 32'	Eisenglanz, Rutil.
30° 4'	Magneteisen und Eisenhydroxyd (Rutil).
28° 32'	Einschlußfrei.
31° 38'	„ (mit Rutil).
40° 4'	„

Mittelwerte des optischen Achsenwinkels:

a) Einschlußführend $2Ea = 23^{\circ} 23'$

b) Einschlußfrei (mit Rutil) $2Ea = 33^{\circ} 25'$.

Die Farbe der Plättchen ist bräunlich-dunkelgrau, im durchfallenden Licht grünlich-braun, gelblich-braun oder blass gelblich-grün; der Glanz ist ziemlich stark (Perlmutterglanz), die Farbe des Pulvers gelblich-bräunlichgrau.

IV.

$$D = 2,864 - 2,844.$$

Gemenge von:

a) 47 % Glimmer mit Eisenglanz, Eisenhydroxyd und Rutil;

1) Mit Sicherheit nicht zu bestimmen; ich schließe aus der intensiv blaugrünen Farbe (gegenüber den mehr bräunlich gefärbten Glimmern), daß Chlorit vorliegt.

b) 24 °/o einschlußfreiem Glimmer;

c) 2 °/o Chlorit¹⁾.Glimmer II. Art. Dispersion $\varrho < \nu$.

2 Ea	Einschlüsse
39° 26'	Reichliche Mengen Rutilnadeln, Eisenglanz.
28° 32'	" " " Eisenhydroxyd.
28° 32'	Eisenglanz, Eisenhydroxyd, Rutil.
28° 32'	Einschlußfrei.
27° 0'	" (etwas Eisenglanz).
25° 30'	"

Mittelwerte des optischen Achsenwinkels:

a) Einschlußführend 2 Ea = 32° 10'

b) Einschlußfrei 2 Ea = 27° 2'.

Die Plättchen sind dunkel silbergrau-bräunlich gefärbt, im durchfallenden Licht hellbraun, gelblich-braun oder blaß grünlich und zeigen metallartigen Glanz. Das Pulver ist dunkel gelblich-grau gefärbt.

V.

$$D = 2,810 - 2,820.$$

Glimmer mit Rutil, Eisenglanz und Eisenhydroxyd.

Glimmer II. Art. Dispersion $\varrho < \nu$.

2 Ea	Einschlüsse
39° 26'	Viel Rutil; Eisenglanz und Eisenhydroxyd.
37° 50'	" " " " "
37° 50'	" " " " "
31° 38'	" " " " "
27° 0'	Fast einschlußfrei.
25° 30'	Viel Rutil; Eisenglanz und Eisenhydroxyd.

Mittelwert des optischen Achsenwinkels:

a) Einschlußführend 2 Ea = 34° 27'

b) Einschlußfrei 2 Ea = 27° 0'.

Die Plättchen sind bräunlich-silbergrau gefärbt, im durchfallenden Licht gelblich-braun oder blaß grünlich und zeigen metallartigen Glanz. Das Pulver ist hell gelblich-grau gefärbt.

In dieser Portion fand ich zum ersten Male einen Glimmer I. Art und zwar nur ein Plättchen, welches mit Sicherheit die

1) Vergl. die Anmerk. S. 572.

Lage der optischen Achsen senkrecht zur Symmetrieebene erkennen ließ, und dessen Achsenwinkel zu

$$2Ea = 22^{\circ} 28'$$

gemessen wurde ($\varrho < \nu$). Wenngleich die Auffindung mehrerer solcher Plättchen I. Art durch die Schwierigkeit, die Lage der optischen Achsen mit Sicherheit zu bestimmen, beschränkt ist, so darf man doch wohl schließen, daß sich Glimmer I. Art nur sehr vereinzelt in dieser Portion vorfinden.

VI.

$$D = 2,793 - 2,771.$$

Glimmer mit Rutil, Eisenglanz und Eisenhydroxyd.

Glimmer II. Art. Dispersion $\varrho < \nu$.

2 Ea	Einschlüsse
41° 2'	Viel Rutilnadeln, Eisenhydroxyd.
39° 26'	" " " "
36° 18'	Reichliche Menge dicker und dünnerer Rutilnadeln, Eisenglanz und wenig Eisenhydroxyd.
36° 18'	Reichliche Mengen dicker und dünnerer Rutilnadeln (sehr vereinzelt Eisenglanz und Eisenhydroxyd).
33° 10'	Reichliche Mengen dicker und dünnerer Rutilnadeln, Eisenglanz und wenig Eisenhydroxyd.
27° 44'	Fast einschlußfrei (etwas Eisenhydroxyd).
27° 0'	Viel Rutil, etwas Eisenglanz.

Mittelwert des optischen Achsenwinkels:

$$2Ea = 34^{\circ} 25'.$$

Die Plättchen sind hell silbergrau, im durchfallenden Licht blaß grünlich-braun oder blaß gelblich-grün bis farblos und zeigen metallartigen Glanz. Die Farbe des Pulvers ist licht gelblich-grau.

Auch bei dieser Portion ließ sich an einem fast einschlußfreien Plättchen mit Sicherheit die Lage der optischen Achsenebene senkrecht zur Symmetrieebene nachweisen. Der optische Achsenwinkel dieses Glimmers I. Art wurde gemessen zu

$$2Ea = 27^{\circ} 0',$$

die Dispersion ist $\varrho < \nu$.

Um nun eine Uebersicht über das optische Verhalten der in den analysierten Portionen I—VI enthaltenen Glimmerplättchen zu bekommen, stelle ich die gewonnenen Resultate im folgenden kurz zusammen:

No.	Specif. Gewicht im Mittel	2 Ea der einschlußfreien Plättchen im Mittel		2 Ea der einschluß- führenden Plättchen im Mittel		Glanz	Farbe		Farbe des Pulvers
		II. Art	I. Art	II. Art	I. Art		im reflektierten Licht	im durchfallenden Licht	
I.	3,09	21° 47'	—	27° 1'	—	starker Glasglanz	pechschwarz, dunkelbraun- bronzefarbig	dunkelgrün	rötlich-grau
II.	3,00	22° 58'	—	22° 28'	—	Glasglanz	braun- schwarz, dunkel bronzefarbig	moosgrün, gelblich-braun	hell bräunlich-grau
III.	2,94	33° 25'	—	23° 23'	—	Perlmutter- glanz	bräunlich, dunkelgrau	grünlich-braun, gelblich-braun, blaß gelblich-grün	gelblich bräunlich-grau
IV.	2,85	27° 2'	—	32° 10'	—	metallartiger Glanz	dunkel bräunlich- silbergrau	hellbraun, gelblich-braun, blaß grünlich	dunkel gelblich-grau
V.	2,82	27° 0'	22° 28'	34° 27'	—	"	bräunlich, silbergrau	gelblich-braun blaß grünlich	hell gelblich-grau
VI.	2,78	—	27° 0'	34° 25'	—		hell silbergrau	blaß grünlich-braun, blaß gelblich-grün bis farblos	licht gelblich-grau

Vergleichen wir die Mittelwerte der optischen Achsenwinkel, so zeigt sich eine Zunahme mit abnehmendem specifischen Gewicht. Nur die beiden ersten Portionen folgen dieser Gesetzmäßigkeit nicht, ebenso weichen auch die Glimmer I. Art in Portion V und VI davon beträchtlich ab. Vergleicht man aber bei I und II die an homogenen Plättchen gemessenen Werte, so erscheint es wahrscheinlich, daß für I der optische Achsenwinkel doch geringer ist als für II, insbesondere da ja die Differenz von ca. 2° — wie oben S. 565 gezeigt wurde — schon durch Beobachtungsfehler allein bedingt sein kann. Von dieser Abweichung abgesehen, führt die mikroskopische Untersuchung der Glimmerplättchen in den analysierten Portionen also zu demselben Resultat wie die genauere physikalische Untersuchung der oben S. 566 ff. beschriebenen Plättchen.

b) Analytische Resultate:

Die qualitative Analyse des untersuchten Glimmers ergab, wie auch MÜLLER¹⁾ konstatiert hat, die Abwesenheit von Fluor. Alle Portionen enthalten außer den wesentlichen Bestandteilen des Glimmers noch Titansäure und Mangan in geringen Mengen.

Der Gang der Analyse war der bei Silicaten übliche. Das Wasser wurde nach der SIPÖCZ'schen Methode²⁾, das Eisenoxydul in der mit FH im Kohlensäurestrom aufgeschlossenen Probe bestimmt.

	I	Analyse von MÜLLER	II	III	IV	V	VI
Specifisches Gewicht im Mittel	3,09	3,01	3,00	2,94	2,85	2,82	2,78
	%	%	%	%	%	%	%
Si O ₂	32,746	38,79	35,382	35,693	33,930	35,880	36,873
Al ₂ O ₃	14,786	8,25	15,628	17,849	16,018	18,878	21,210
Fe ₂ O ₃	23,535	23,45	16,265	18,614	17,750	14,974	11,965
Mg O	10,250	8,50	12,303	11,826	13,529	13,660	12,339
Ca O	3,086	0,88	1,592	2,222	1,851	1,338	1,784
Fe O	5,355	10,68	8,064	4,640	3,685	3,686	3,633
K ₂ O	4,299	4,92	5,342	3,271	3,294	2,249	2,364
Na ₂ O	—	—	0,218	0,394	—	—	—
H ₂ O	3,792	4,10	5,381	5,816	7,801	7,734	7,636
Ti O ₂	1,852	—	0,807	0,144	1,227	1,247	1,611
Summe	99,701	99,57	100,982	100,469	99,085	99,646	99,415

1) l. c. S. 12.

2) Sitzungsber. der K. K. Akademie Wien, Bd. LXXVI, Heft 1, S. 51

Molekularproportionen:

	I	Analyse von MÜLLER	II	III	IV	V	VI
Specifisches Gewicht im Mittel	3,09	3,01	3,00	2,94	2,85	2,82	2,78
Si O ₂	54 305	63 445	58 675	59 193	56 267	59 502	61 149
Al ₂ O ₃	14 499	8 088	15 318	17 499	15 704	18 508	20 794
Fe ₂ O ₃	14 728	14 674	10 177	11 657	11 108	9 370	7 487
Mg O	25 434	21 092	30 529	29 345	33 571	33 895	30 617
Ca O	5 521	1 574	2 848	3 975	3 311	2 394	3 191
Fe O	7 448	14 854	11 216	5 808	5 125	5 127	5 053
K ₂ O	4 573	5 234	5 683	3 480	3 504	2 393	2 573
Na ₂ O	—	—	352	636	—	—	—
H ₂ O	21 067	22 778	29 894	32 311	43 339	42 966	42 423
Ti O ₂	2 317	—	807	180	1 535	1 560	2 016

Wenn wir nun versuchen, die oben zusammengestellten Analysen auf bestimmte Formeln zu berechnen, so sind folgende Umstände wohl zu beachten:

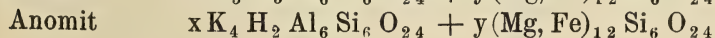
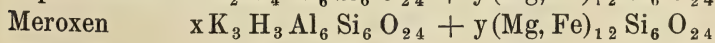
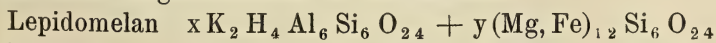
1) Jede unserer Analysen giebt die chemische Zusammensetzung eines Gemenges verschiedener Mineralien, resp. von deren Zersetzungsprodukten an. Im wesentlichen kommen hier in Frage: Glimmer in verschiedenen Stadien der Zersetzung und Einschlüsse von Magneteisen, Eisenglanz, Eisenhydroxyd und Rutil.

2) Eine Formel für den frischen Biotit — wenn sie nicht rein empirisch sein soll — setzt die Annahme bestimmter Formen der darin enthaltenen Silicate voraus. Da nun die TSCHERMAK'sche Theorie wohl immer noch die anschaulichste Vorstellung über die Zusammensetzung und die Beziehungen der Glimmerminerale giebt, so halte ich mich zunächst an die von TSCHERMAK gegebene Biotitformel, nach welcher der Biotit aus den beiden Silicaten $K = (K, H) Al Si O_4$ und $M = (Mg, Fe)_2 Si O_4$ besteht.

TSCHERMAK nimmt an, daß in dem K-Silicat nur die Verhältnisse:

$$H : K = 2 : 1, 1 : 1, 1 : 2$$

bestehen und für die verschiedenen Glimmerarten charakteristisch sind. Insbesondere unterscheiden sich danach die von TSCHERMAK angenommenen Biotitarten:



Der von mir untersuchte Biotit — ein Glimmer II. Art — müßte also entweder Meroxen oder Lepidomelan sein oder, wenn wir mit GROTH¹⁾ die Existenz von Uebergangsgliedern der K-Silicate annehmen, eine Mischung der beiden Glimmerarten darstellen. Was die Zersetzungsprodukte des frischen Biotits angeht, so steht nach der Theorie zu erwarten, daß sich die Silicate K und M resp. ihr Verbindungsverhältnis in bestimmter Weise verändern werden. Da dieser Prozeß aber allmählich vor sich geht, so können wir natürlich nicht erwarten, Formeln mit einfachen rationalen Verhältniszahlen zu erhalten, abgesehen davon, daß in jeder Portion ein Gemenge von reinen Glimmern verschiedener Zusammensetzung vorliegt.

Unter diesen Gesichtspunkten versuche ich nun die Resultate der Analysen darzustellen, jedoch ist noch über die Berechnung folgendes zu bemerken:

Die untersuchten Glimmer schließen Eisenglanz, Eisenhydroxyd und Magneteisen ein, daher ist es unumgänglich, wenigstens angenähert das Verhältnis der eingeschlossenen Mengen zum reinen Glimmer zu bestimmen. Zu diesem Zwecke wurden etwa 50—60 einschlußführende Plättchen jeder Portion mikroskopisch untersucht und die Mengenverhältnisse abgeschätzt. Das Mittel aus den so gefundenen Mischungsprozenten ist in nachfolgender Berechnung angegeben.

Bezüglich der Titansäure wurde angenommen, daß dieselbe für SiO_2 eintritt, wenn Rutileinschlüsse fehlen, anderenfalls wurde die Gesamtmenge als Rutil in Anrechnung gebracht.

I.

$$D = 3,09.$$

Das analysierte Material bildet ein Gemenge von ca. 45 Proz. Glimmer mit Eisenglanz, Eisenhydroxyd und Magnetit neben ca. 55 Proz. einschlußfreiem Glimmer. In den einschlußführenden Plättchen ist Magneteisen nur in minimalen Mengen vorhanden, dagegen erscheinen die Plättchen mit Eisenglanz (und etwas Eisenhydroxyd) so reichlich erfüllt, daß anzunehmen ist, der Gehalt an Eisenoxyd in dieser Form betrage 50 Proz. Daraus ist aber zu schließen, daß sich in den analysierten Sub-

1) Tab. Uebersicht der Mineralien, 1898, S. 129, Anm.

stanzen ca. 20 Proz. Fe_2O_3 in Form von freiem Eisenoxyd resp. -hydroxyd befinden.

Die Berechnung geht davon aus, daß alle Kieselsäure und, bei Abwesenheit von Rutil, auch die TiO_2 im Glimmer enthalten ist. Im übrigen sind diejenigen Gemengteile, welche bei den einzelnen Silicaten als Ausgangspunkt für die Rechnung gedient haben, durch ein Sternchen (*) kenntlich gemacht.

In Molekularproportionen:

	$\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2$	Al_2O_3	$\text{MgO} + \text{CaO}$	FeO	K_2O	H_2O	Fe_2O_3
Gefunden	56 622	14 499	30 955	7 448	4 573	21 067	14 728
$(\text{K}, \text{H})_6 \text{Al}_6 \text{Si}_6 \text{O}_{24}$	28 998	* 14 499	—	—	4 573	9 926	—
$(\text{Mg}, \text{Ca})_2 \text{SiO}_4$	15 477,5	—	* 30 955	—	—	—	—
$\text{Fe}_2 \text{SiO}_4$	3 724	—	—	* 7 448	—	—	—
$\text{H}_6 \text{Fe}_6 \text{Si}_6 \text{O}_{24}$	* 8 422,5	—	—	—	—	4 211	4 211
Summe	56 622	14 499	30 955	7 448	4 573	14 137	4 211
Rest	0	0	0	0	0	6 930	10 517

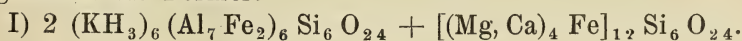
Nach dieser Berechnung bleiben also übrig:

16,806 Proz. Fe_2O_3

1,247 „ H_2O

in Form von Eisenglanz und Eisenhydroxyd. Wenn wir das spezifische Gewicht des Eisenglanzes zu 5 annehmen, so würde sich für den analysierten Glimmer ohne Eisenglanz der durchschnittliche Wert $D = 2,9$ ergeben.

Für dieses Gemenge aber ergibt die obige Berechnung angenähert die Formel:



Analyse von MÜLLER.

$D = 3,01.$

Da MÜLLER¹⁾ Angaben über Natur und Menge der Einschlüsse in dem von ihm untersuchten Materiale nicht macht, so ist man mit der Berechnung der Analyse vor eine recht schwierige Aufgabe gestellt. Der hohe Gehalt an Kieselsäure deutet auf Quarz-Einschlüsse, während der vergleichsweise große Gehalt an FeO , wie ich hier vorgreifend erwähne, auf einen frischen Biotit, und doch wieder das reichlich vorhandene Eisen

1) l. c. S. 20.

oxyd auf Eisenglanz als Einschlußmineral hindeutet. Wenn ich daher nachstehend eine Berechnung der Analyse versuche, so bin ich mir wohl bewußt, daß das Silicat $H_6 Fe_6 Si_6 O_{24}$ wohl etwas zu hoch, der Gehalt an Eisenglanz dagegen zu niedrig bestimmt sein wird.

In Molekularproportionen:

	Si O ₂	Al ₂ O ₃	Mg O + Ca O	Fe O	K ₂ O	H ₂ O	Fe ₂ O ₃
Gefunden	63 445	8 088	22 666	14 854	5 234	22 778	14 674
(K, H) ₆ Al ₆ Si ₆ O ₂₄	16 176	* 8 088	—	—	5 234	2 854	—
(Mg, Ca) ₃ Si ₃ O ₉	11 333	—	* 22 666	—	—	—	—
H ₆ Fe ₆ Si ₆ O ₂₄	25 696	—	—	—	—	* 12 848	12 848
Fe ₂ Si ₂ O ₆	7 427	—	—	* 14 854	—	—	—
Summe	60 632	8 088	22 666	14 854	5 234	15 702	12 848
Rest	2 813	0	0	0	0	7 076	1 826

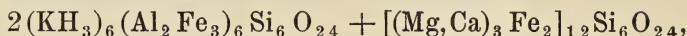
Vorstehende Berechnung, bei welcher

1,696 Proz. Si O₂ als Quarz,

2,918 „ Fe₂ O₃ } als Eisenglanz, Eisenhydroxyd

1,273 „ H₂ O } und Wasser

auszuscheiden sind, ergibt also die Formel:



welche, unter Berücksichtigung des oben über die Beschaffenheit des frischen Glimmers und die Menge des Eisenoxys Gesagten zu Gunsten des Kaliums in dem Muscovitmolekül zu verbessern wäre und damit der Formel des Lepidomelans:



nahekommt. Würde man letztere annehmen, so blieben als Rest:

7,953 Proz. Si O₂ als Quarz,

11,282 „ Fe₂ O₃ } als Eisenglanz und Eisenhydroxyd.

2,216 „ H₂ O

II.

$$D = 3,00.$$

Das analysierte Material besteht aus ca. 57 Proz. Glimmer mit Eisenglanz, Eisenhydroxyd und sehr wenig Magnetit neben 43 Proz. einschlußfreiem Glimmer. In den einschlußführenden Plättchen sind etwa 25 Proz. Eisenglanz und Eisenhydroxyd ent-

halten, so daß nach dieser Schätzung in der gesamten Portion ca. 14 Proz. solcher Einschlüsse anzunehmen sind, also weniger als in No. I.

In Molekularproportionen:

	SiO ₂ + TiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO + CaO	FeO	K ₂ O + Na ₂ O	H ₂ O	Fe ₂ O ₃
Gefunden	59 482	15 318	33 377	11 216	6 035	29 894	10 177
(K, H) ₆ Al ₆ Si ₆ O ₂₄	30 636	* 15 318	—	—	6 035	9 283	—
(Mg, Ca) ₂ SiO ₄	16 688,5	—	* 33 377	—	—	—	—
Fe ₂ SiO ₄	5 608	—	—	* 11 216	—	—	—
H ₆ Fe ₆ Si ₆ O ₂₄	* 6 549,5	—	—	—	—	3 275	3 275
Summe	59 482	15 318	33 377	11 216	6 035	12 588	3 275
Rest	0	0	0	0	0	17 336	6 902

Die vorstehende Berechnung ergibt einen Rest von
11,030 Proz. Fe₂O₃ } als Eisenglanz, Eisenhydroxyd
3,120 „ H₂O } und Wasser

und führt zu der Formel:

(II) 1,668 (K₂H₄)₆(Al₉Fe₂)₆Si₆O₂₄ + [(Mg, Ca)₃Fe]₁₂Si₆O₂₄.

III.

$$D = 2,94.$$

Diese Portion bildet ein Gemenge von 40 Proz. Glimmer mit Eisenglanz, Eisenhydroxyd und sehr wenig Magnetit nebst Rutil und von 60 Proz. einschlußfreiem Glimmer. Die Menge der Einschlüsse von Eisenglanz und Eisenhydroxyd beträgt etwa 33 Proz. der einschlußführenden Plättchen, also ca. 13 Proz. des analysierten Materials, während Magnetit nur sehr vereinzelt erscheint.

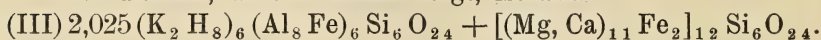
In Molekularproportionen:

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO + CaO	FeO	K ₂ O + Na ₂ O	H ₂ O	Fe ₂ O ₃
Gefunden	59 193	17 499	33 320	5 808	4 116	32 311	11 657
(K, H) ₆ Al ₆ Si ₆ O ₂₄	34 998	* 17 499	—	—	4 116	13 383	—
(Mg, Ca) ₂ SiO ₄	16 660	—	* 33 320	—	—	—	—
Fe ₂ SiO ₄	2 904	—	—	* 5 808	—	—	—
H ₆ Fe ₆ Si ₆ O ₂₄	* 4 631	—	—	—	—	2 315	2 315
Summe	59 193	17 499	33 320	5 808	4 116	15 698	2 315
Rest	0	0	0	0	0	16 613	9 342

Nach vorstehender Berechnung sind als Einschlüsse vorhanden:

0,144 Proz. TiO_2 Rutil
 14,917 „ Fe_2O_3 } als Eisenglanz, Eisenhydroxyd
 2,984 „ H_2O } und Wasser.

Die Formel, welche daraus folgt, ist aber:



IV.

$$D = 2,85.$$

Das Material bildet ein Gemenge von 74 Proz. Glimmer mit Eisenglanz, Eisenhydroxyd und Rutil neben 26 Proz. einschlußfreiem Glimmer. In den einschlußführenden Plättchen war die Menge der Einschlüsse auf etwa 20 Proz. zu schätzen, wonach sich für die gesamte Portion ca. 15 Proz. Eisenglanz und Eisenhydroxyd ergeben würden.

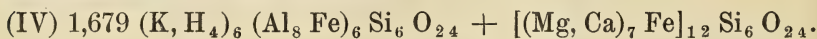
In Molekularproportionen:

	SiO_2	Al_2O_3	$\text{MgO} + \text{CaO}$	FeO	K_2O	H_2O	Fe_2O_3
Gefunden	56 267	15 704	36 882	5 125	3 504	43 339	11 108
$(\text{K}, \text{H})_6 \text{Al}_8 \text{Si}_6 \text{O}_{24}$	31 408	* 15 704	—	—	3 504	12 200	—
$(\text{Mg}, \text{Ca})_2 \text{SiO}_4$	18 441	—	* 36 882	—	—	—	—
$\text{Fe}_2 \text{SiO}_4$	2 562,5	—	—	5 125	—	—	—
$\text{H}_6 \text{Fe}_6 \text{Si}_6 \text{O}_{24}$	* 3 855,5	—	—	—	—	1 927,8	1 927,8
Summe	56 267	15 704	36 882	5 125	3 504	14 128	1 928
Rest	0	0	0	0	0	29 211	9 180

Nach obiger Berechnung bleibt ein Rest von

1,227 Proz. TiO_2 als Rutil
 14,670 „ Fe_2O_3 } als Eisenglanz, Eisenhydroxyd
 5,258 „ H_2O } und Wasser

und sie führt zu der Formel:



V.

$$D = 2,82.$$

In dieser Portion sind einschlußfreie Glimmerplättchen sehr selten, das Material besteht zum größten Teil aus Glimmer mit ca. 10 Proz. Eisenglanz und Eisenhydroxyd.

In Molekularproportionen:

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO + CaO	FeO	K ₂ O	H ₂ O	Fe ₂ O ₃
Gefunden	59 502	18 508	36 289	5 127	2 393	42 966	9 370
(K, H) ₆ Al ₆ Si ₆ O ₂₄	37 016	* 18 508	—	—	2 393	16 115	—
(Mg, Ca) ₂ SiO ₄	18 144,5	—	* 36 289	—	—	—	—
Fe ₂ SiO ₄	2 563,5	—	—	* 5 127	—	—	—
H ₆ Fe ₆ Si ₆ O ₂₄	1 778	—	—	—	—	839	839
Summe	59 502	18 508	36 289	5 127	2 393	16 954	839
Rest	0	0	0	0	0	26 012	8 531

Nach vorstehender Berechnung enthält der Glimmer

1,247 Proz. TiO₂ als Rutil

13,407 „ Fe₂O₃ } als Eisenglanz, Eisenhydroxyd

4,682 „ H₂O } und Wasser

und die Formel lautet:

(V) 1,873 (K H₇)₆ (Al₂₂ Fe)₆ Si₆ O₂₄ + [(Mg, Ca)₇ Fe]₁₂ Si₆ O₂₄.

VI.

$$D = 2,78.$$

Diese spezifisch leichteste Portion enthält keinen einschlußfreien Glimmer, sondern besteht aus einem Glimmer mit ca. 10 Proz. Eisenglanz und Eisenhydroxyd.

In Molekularproportionen:

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	MgO + CaO	FeO	K ₂ O	H ₂ O	Fe ₂ O ₃
Gefunden	61 149	20 794	33 808	5 053	2 573	42 423	7 487
(K, H) ₆ Al ₆ Si ₆ O ₂₄	41 588	* 20 794	—	—	2 573	18 221	—
(Mg, Ca) ₂ SiO ₄	16 904	—	* 33 808	—	—	—	—
Fe ₂ SiO ₄	2 526,5	—	—	* 5 053	—	—	—
H ₆ Fe ₆ Si ₆ O ₂₄	130,5	—	—	—	—	65	65
Summe	61 149	20 794	33 808	5 053	2 573	18 286	65
Rest	0	0	0	0	0	24 137	7 422

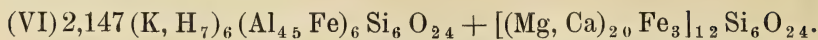
Wie oben stehende Berechnung zeigt, bleiben

1,611 Proz. TiO₂ als Rutil

11,861 „ Fe₂O₃ } als Eisenglanz, Eisenhydroxyd

4,345 „ H₂O } und Wasser

und lautet die Formel:



Die Resultate der Berechnung sind nun in nachfolgender Uebersicht zusammengefaßt, und zwar zunächst angeordnet mit abnehmendem specifischen Gewicht:

No.	D	Formel		In Form von Einschlüssen
		K-Silicat	M-Silicat	
Analyse von MÜLLER	I 3,09	$2 (K H_3)_6 (Al_7 Fe_2)_6 Si_6 O_{24}$	$[(Mg, Ca)_4 Fe]_{12} Si_6 O_{24}$	$\left\{ \begin{array}{l} 16,806 \text{ Proz. } Fe_2 O_3 \\ 1,247 \text{ „ } H_2 O \end{array} \right.$
	3,01	$1,674 (K_2 H_4)_6 (Al Fe)_6 Si_6 O_{24}$	$[(Mg, Ca)_3 Fe_2]_{12} Si_6 O_{24}$	$\left\{ \begin{array}{l} 7,153 \text{ „ } Si O_2 \\ 11,282 \text{ „ } Fe_2 O_3 \\ 2,216 \text{ „ } H_2 O \end{array} \right.$
	II 3,00	$1,668 (K_2 H_4)_6 (Al_9 Fe_2)_6 Si_6 O_{24}$	$[(Mg, Ca)_8 Fe]_{12} Si_6 O_{24}$	$\left\{ \begin{array}{l} 11,030 \text{ „ } Fe_2 O_3 \\ 3,120 \text{ „ } H_2 O \end{array} \right.$
III	2,94	$2,025 (K, H_4)_6 (Al_8 Fe)_6 Si_6 O_{24}$	$[(Mg, Ca)_{11} Fe_2]_{12} Si_6 O_{24}$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,144 \text{ „ } Ti O_2 \\ 14,917 \text{ „ } Fe_2 O_3 \\ 2,809 \text{ „ } H_2 O \end{array} \right.$
IV	2,85	$1,679 (K, H_4)_6 (Al_8 Fe)_6 Si_6 O_{24}$	$[(Mg, Ca)_7 Fe]_{12} Si_6 O_{24}$	$\left\{ \begin{array}{l} 1,227 \text{ „ } Ti O_2 \\ 14,670 \text{ „ } Fe_2 O_3 \\ 5,258 \text{ „ } H_2 O \end{array} \right.$
V	2,82	$1,873 (K, H_7)_6 (Al_{22} Fe)_6 Si_6 O_{24}$	$[(Mg, Ca)_7 Fe]_{12} Si_6 O_{24}$	$\left\{ \begin{array}{l} 1,247 \text{ „ } Ti O_2 \\ 13,407 \text{ „ } Fe_2 O_3 \\ 4,682 \text{ „ } H_2 O \end{array} \right.$
VI	2,78	$2,147 (K H_7)_6 (Al_{45} Fe)_6 Si_6 O_{24}$	$[(Mg, Ca)_{20} Fe_3]_{12} Si_6 O_{24}$	$\left\{ \begin{array}{l} 1,611 \text{ „ } Ti O_2 \\ 11,861 \text{ „ } Fe_2 O_3 \\ 4,345 \text{ „ } H_2 O \end{array} \right.$

Durch die optische und mikroskopische Untersuchung wurde schon gezeigt, daß die Dichte des Glimmers mit zunehmender Veränderung seiner ursprünglichen Eigenschaften abnimmt, und mit dieser Abnahme der Dichte ist auch, wie die vorstehende Uebersicht erkennen läßt, die chemische Veränderung im großen und ganzen verknüpft. Da die Werte für D aber nicht das mittlere specifische Gewicht des in den analysierten Portionen befindlichen reinen Glimmers sein können, weil beträchtliche Mengen anderer Mineralien, namentlich von Eisenglanz, eingeschlossen werden, so können diese Werte auch nicht ohne weiteres den Grad der Zersetzung bestimmen. Das wahre specifische Gewicht läßt sich aber aus den Werten D annähernd berechnen, sobald die Dichte Δ der hauptsächlich eingeschlossenen Körper bekannt ist. Denn wenn p % an Einschlüssen vom specifischen

Gewicht Δ vorhanden sind und $(100-p)$ % reiner Glimmer von der mittleren Dichte x , so hat man die Beziehung

$$\frac{100}{D} = \frac{p}{\Delta} + \frac{100-p}{x}$$

woraus folgt:

$$x = \frac{\Delta \cdot D (100-p)}{\Delta \cdot 100 - p \cdot D}$$

Da nun das Wasser größtenteils als hygroskopisch anzunehmen ist und somit hauptsächlich Eisenglanz, von der mittleren Dichte $\Delta = 5$ ca., das spezifische Gewicht verändert, so berechnen wir nach obiger Formel die mittlere Dichte x des reinen Glimmers der Portionen unter der Voraussetzung, daß nur p % Fe_2O_3 als Eisenglanz eingeschlossen sind.

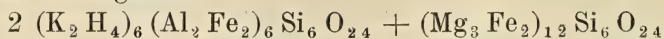
Nach den so berechneten wahren mittleren spezifischen Gewichten sind nun in nachfolgender Tabelle die Formeln nochmals angeordnet:

No.	D be- rechnet	D ge- funden	Formel		Ein- schlüsse von Fe_2O_3 %
			K-Silicat	M-Silicat	
Analyse von MÜLLER	2,87	3,01	$1,674 (\text{K}_2\text{H}_4)_6 (\text{Al}_2\text{Fe}_2)_6 \text{Si}_6 \text{O}_{24}$	$[(\text{Mg}, \text{Ca})_8 \text{Fe}_2]_{12} \text{Si}_6 \text{O}_{24}$	11,282
II	2,86	3,00	$1,668 (\text{K}_2\text{H}_4)_6 (\text{Al}_2\text{Fe}_2)_6 \text{Si}_6 \text{O}_{24}$	$[(\text{Mg}, \text{Ca})_6 \text{Fe}_2]_{12} \text{Si}_6 \text{O}_{24}$	11,030
I	2,87	3,09	$2 (\text{K}_2\text{H}_4)_6 (\text{Al}_7\text{Fe}_2)_6 \text{Si}_6 \text{O}_{24}$	$[(\text{Mg}, \text{Ca})_8 \text{Fe}_2]_{12} \text{Si}_6 \text{O}_{24}$	16,806
III	2,73	2,94	$2,025 (\text{K}_2\text{H}_8)_6 (\text{Al}_{16}\text{Fe}_2)_6 \text{Si}_6 \text{O}_{24}$	$[(\text{Mg}, \text{Ca})_{11} \text{Fe}_2]_{12} \text{Si}_6 \text{O}_{24}$	14,917
IV	2,65	2,85	$1,679 (\text{K}_2\text{H}_8)_6 (\text{Al}_{16}\text{Fe}_2)_6 \text{Si}_6 \text{O}_{24}$	$[(\text{Mg}, \text{Ca})_{14} \text{Fe}_2]_{12} \text{Si}_6 \text{O}_{24}$	14,670
V	2,64	2,82	$1,873 (\text{K}_2\text{H}_{14})_6 (\text{Al}_{44}\text{Fe}_2)_6 \text{Si}_6 \text{O}_{24}$	$[(\text{Mg}, \text{Ca})_{14} \text{Fe}_2]_{12} \text{Si}_6 \text{O}_{24}$	13,407
VI	2,62	2,78	$2,147 (\text{K}_2\text{H}_{14})_6 (\text{Al}_{90}\text{Fe}_2)_6 \text{Si}_6 \text{O}_{24}$	$[(\text{Mg}, \text{Ca})_{13,3} \text{Fe}_2]_{12} \text{Si}_6 \text{O}_{24}$	11,861

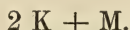
Die berechneten spezifischen Gewichte dürften mit einer Unsicherheit von 0,01 wohl behaftet sein, und daher kann der Glimmer No. II auch zwischen No. I und den von MÜLLER untersuchten Biotit gestellt werden, ohne daß damit die Anordnung nach abnehmendem spezifischen Gewicht gestört wird.

Da die Reihenfolge nach abnehmender Dichte nun diejenige ist, welche der Aufeinanderfolge der Zersetzungsstadien am wahrscheinlichsten entspricht, so giebt die obige Tabelle ein Bild von den bei der Bleichung des frischen Biotits vor sich gehenden chemischen Prozessen.

Der vollkommen frische Glimmer ist aller Wahrscheinlichkeit nach ein Lepidomelan, der das Muscovitsilicat K und Olivinsilicat M im Verhältniß 2 : 1 gebunden enthält, während Thonerde zur Hälfte durch Eisenoxyd und Magnesia im Verhältniß 3 : 2 durch Eisenoxydul vertreten ist. Die ursprünglich vorliegende Verbindung läßt sich demnach wohl durch folgende Formel wiedergeben:



und lautet in der TSCHERMAK'schen abgekürzten Bezeichnungsweise:



Die Tabelle zeigt nun auf das deutlichste, daß dieses Verhältniß im wesentlichsten dasselbe bleibt; selbst bei dem am stärksten zersetzten Glimmer No. VI ist es immer noch 2,141 : 1, also fast 2 : 1. Wenn auch Schwankungen zwischen 1,67 : 1 und 2,37 : 1 vorhanden sind, so können diese das Resultat im allgemeinen nicht ändern, denn die Berechnung kann nicht vollständige Sicherheit gewähren, weil einerseits die vorhandenen Einschlüsse und andererseits die chemische Verschiedenheit des analysierten Gemenges von Glimmern in verschiedenen Zersetzungsstadien die richtige Deutung der Analysen erschweren.

Die chemische Veränderung des Glimmers vollzieht sich also je innerhalb der Moleküle K und M und zwar in folgender Weise:

1) Das Kalium nimmt zu Gunsten des Wasserstoffs in dem Muscovitsilicat ab, jedoch scheint es, als ob die Verbindung dieser beiden Radikale einer Aenderung ihres ursprünglichen Verbindungsverhältnisses noch den relativ größten Widerstand entgegengesetzt: denn erst in dem dritten Glimmer der obigen Reihe steigt der Quotient H : K auf 6 : 2, dann tritt Erhöhung auf 7 : 2 bis 8 : 2 ein, und nur am Ende der Reihe findet eine starke Zunahme auf 14 : 2 statt.

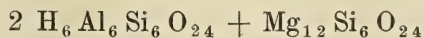
2) Das Eisenoxyd, welches in dem frischen Biotit die Thonerde zur Hälfte ersetzt, tritt sehr bald aus der Verbindung K aus. Wenn in dem Glimmer No. II das Verhältniß von $\text{Al}_2 \text{O}_3 : \text{Fe}_2 \text{O}_3$ schon den Wert 9 : 2 annimmt, während es in dem folgenden Silicat noch 7 : 2 ist, so möchte ich diese Unregelmäßigkeit dem Umstande zuschreiben, daß für No. II das

Verhältnis $K : M = 1,67 : 1$ zu Ungunsten des Eisenoxyds etwas zu niedrig gefunden wurde. Im übrigen erkennt man aber aus der Tabelle, daß Fe_2O_3 in dem K-Silicat allmählich abnimmt und zuletzt fast vollständig verschwindet.

Wie die Einschlüsse von Fe_2O_3 in der obigen Uebersicht zeigen, krystallisiert das frei gewordene Eisenoxyd zunächst als Eisenglanz aus; da nun fortwährend neue Mengen von Eisenoxyd ausgeschieden werden, dieses aber nur allmählich hydratisiert und fortgeführt wird, so ist eine Anhäufung des Eisenglanzes in den mittleren Gliedern der Reihe und danach erfolgende Abnahme desselben wohl verständlich.

3) Aehnlich wie das Eisenoxyd verhält sich auch das Eisenoxydul in dem M-Silicat. Es tritt allmählich aus der Verbindung aus, allerdings nicht so leicht, wie jenes. Dieser Umstand deutet darauf hin, daß die Verbindung von Magnesia und Eisenoxydul in dem Olivinsilicat M nur verhältnismäßig schwer gelöst wird, und auch zuletzt noch bestehen bleibt, wenn das Eisenoxyd schon fast vollkommen aus dem K-Silicat ausgetreten ist.

Das Endergebnis vorstehender Betrachtung ist somit: Der Biotit wird durch die Bleichung **nicht** zu Muscovit umgewandelt, sondern vorher wie nachher bleibt die Verbindung eines Thonerdesilicats K mit einem thonerdefreien Silicat M bestehen. Dagegen vollzieht sich innerhalb dieser beiden Silicate ein Umwandlungsprozeß, der so aufzufassen ist, daß die Verbindung $(K, H)_6 \overset{m}{\text{Fe}}_6 \text{Si}_6 \text{O}_{24}$ aus dem K-Molekül ausgelaugt, und daß das Kalium des Thonerdesilicats durch Wasserstoff ersetzt wird, während gleichzeitig aus dem Olivinmolekül M die Verbindung $\overset{m}{\text{Fe}}_2 \text{SiO}_4$ allmählich verschwindet. Von diesen Prozessen vollziehen sich die beiden ersteren schneller als der letztere, und zum Schluß bleibt ein Silicat von der Formel



zurück. Alle Uebergangsglieder von diesem letzten Produkt der chemischen Umwandlung bis zum frischen Biotit lassen sich demnach so auffassen, daß der Wasserstoff dieser Verbindung durch Kalium, die Thonerde durch Eisenoxyd und die Magnesia durch Eisenoxydul vertreten werden, ohne daß die Struktur des Glimmermoleküls verändert wird.

Durch dieses Resultat dürfte die TSCHERMAK'sche Theorie von neuem gestützt werden — sofern sie sich auf Biotit bezieht. Im übrigen gewinnt man aus den obigen Untersuchungen wohl die Auffassung, daß die Silicate K und M tatsächlich in fester, ja sogar in festerer Verbindung stehen als ihre konstituierenden Bestandteile, und daß, ebenso wie das ganze Biotitmolekül, auch die Silicate K und M ihre Struktur bei der Umwandlung unveränderlich beibehalten.

II. Zusammenhang zwischen chemischer Zusammensetzung und optischem Achsenwinkel der Glimmer.

Die Thatsache, daß der optische Achsenwinkel und das spezifische Gewicht der Glimmer innerhalb weiter Grenzen variieren können, dürfte sich wohl in erster Linie durch die ebenfalls sehr verschiedene chemische Zusammensetzung erklären. Insbesondere legt die Beobachtung, daß Magnesiaglimmer im allgemeinen sehr kleinen, Alkaliglimmer dagegen sehr großen Achsenwinkel zeigen, den Gedanken nahe, daß die Größe des optischen Achsenwinkels geradezu eine Funktion der chemischen Zusammensetzung sei.

Dagegen läßt das Verhalten des Anomits einerseits und der Lepidolithe zweiter Art¹⁾ andererseits wohl schließen, daß die Lage der optischen Achsenebene eine durch die chemische Zusammensetzung allein nicht zu erklärende Eigenschaft sei. HINTZE²⁾ wendet sich daher gegen die Abtrennung des Anomits als selbständiges Glied von den Biotiten zweiter Art, indem er bemerkt: „Auch der Anomit kann nicht als selbständiges Glied abgetrennt werden; die „anomale“ Lage der optischen Achsen ist schwerlich von einer wesentlichen chemischen Verschiedenheit abhängig.“ Gerade deshalb erscheint mir aber die Vereinigung

1) SCHARIZER, GROTH's Zeitschrift, Bd. XII, S. 5; Bd. XIII, S. 464. — BAUER, POGGEND. Annalen, 1869, S. 138, 364.

2) Handbuch der Mineralogie, Leipzig 1897, Bd. II, S. 532.

des Anomits mit den übrigen Biotiten nicht zulässig, denn da keine chemische Verschiedenheit besteht, so muß als die Ursache der anomalen Lage der optischen Achsen doch wohl eine Verschiedenheit in der Krystallstruktur angenommen werden. Die Anomite und die Biotite zweiter Art würden sich demnach verhalten wie zwei Reihen dimorpher Substanzen.

Um nun eine etwa vorhandene gesetzmäßige Beziehung zwischen dem optischen Achsenwinkel und den an der chemischen Zusammensetzung der Glimmer beteiligten Elementen aufzudecken, wurde eine graphische Darstellung der Molekularproportionen und der zugehörigen Werte des optischen Achsenwinkels für jedes einzelne Element entworfen. Diese zeigte aber, daß hauptsächlich drei Gruppen von Elementen von wesentlichem Einfluß auf die Größenänderung der optischen Achsenwinkel sind:

- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1) Die Alkalien nebst Fluor | } wirken vergrößernd auf |
| 2) Eisenoxydul (inkl. Mn O) | |
| 3) Magnesia (inkl. Ca O, Sr O, Ba O) | } wirken verkleinernd auf den optischen Achsenwinkel. |

Somit handelt es sich um die Abhängigkeit einer physikalischen Konstanten von den drei Variablen:

- 1) $\{K_2 O + Na_2 O + Li_2 O + Fl\} = K.$
- 2) $\{Fe O + Mn O\} = Fe.$
- 3) $\{Mg O + Ca O + Sr O + Ba O\} = Mg.$

Es erschien daher zweckmäßig, die neuerdings von LANG¹⁾ und danach von BECKE²⁾ mit Vorteil benutzte graphische Darstellung auf die vorliegenden Verhältnisse zu übertragen.

Die Darstellung aller möglichen Verhältnisse dreier variabler Größen H, K, L durch bestimmte Punkte in der Ebene geschieht hiernach in folgender Weise: Man trägt auf zwei Höhenlinien des gleichseitigen Dreieckes nach den Ecken hin vom Schwerpunkt aus die Größen

1) TSCHERMAK's Mitteilungen, Bd. XIII, S. 160.

2) F. BECKE, Gesteine der Columbretes. TSCHERMAK's Mitteil., Bd. XVI, S. 155 ff., 308 ff., 1896.

$$a = \frac{H-L}{H+K+L} \quad \text{und} \quad b = \frac{K-L}{H+K+L}$$

als Koordinaten der Punkte auf, die ein bestimmtes Verhältnis $H : K : L$ graphisch darstellen sollen. Als positiv zählt man die Strecken a und b vom Schwerpunkt aus nach den Ecken hin (Fig. 3).

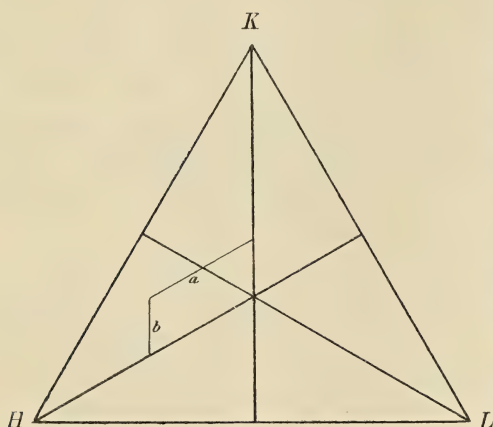


Fig. 3. Erläuterung der graphischen Darstellung der Beziehung zwischen $2Ea$ und der chemischen Zusammensetzung.

Setzen wir also an Stelle H, K, L die Molekularproportionen für Alkali + Fluor, Eisenoxydul und Magnesia, so ergibt sich folgendes Dreieck:

In den Eckpunkten stehen Analysen, die nur je eine der drei Elementgruppen enthalten. Im Schwerpunkt stehen die Analysen, welche gleich viel von den dreien enthalten. Endlich liegen die Analysen, denen eine Gruppe fehlt, auf den drei Seiten des Dreieckes verteilt (Fig. 3).

Wenngleich schon der erste Versuch einer graphischen Darstellung des vorliegenden Analysenmaterials¹⁾ im großen und ganzen eine gesetzmäßige Beziehung erkennen ließ, so zeigten sich doch bei einigen Glimmern ungewöhnlich große Abweichungen im Achsenwinkel.

Da bei ihren Analysen aber stets kein Eisenoxydul angegeben war, so wurde angenommen, daß die Abweichungen auf die fehlende Bestimmung von FeO zurückzuführen sei: ausgehend von der Thonerde und Magnesia, wurde daher FeO für den Rest

1) Aus HINTZE, Handbuch der Mineralogie, Leipzig 1897, Bd. II, TSCHERMAK, Sitzungsber. d. K. K. Akad. d. Wissensch., Abt. II, Bd. LXXVI, Juli 1877, S. 47 und GROTH's Zeitschrift entnommen

der Kieselsäure als Fe_2SiO_4 berechnet ¹⁾. In einem Falle ²⁾, wo FeO zu hoch war, wurde diejenige Menge, welche nicht an den Rest der Kieselsäure gebunden sein konnte, abgezogen — unter der Annahme, daß Einschlüsse von Magneteisen den hohen Eisengehalt bedingten.

So ließen sich die augenfällig starken Unregelmäßigkeiten beseitigen, und mit Hilfe der graphischen Darstellung ergab sich ein gesetzmäßiger Zusammenhang zwischen dem optischen Achsenwinkel und der chemischen Zusammensetzung der Glimmer.

Die Uebersicht über das aus der Litteratur benutzte Material geben die nachfolgenden Tabellen. Sie enthalten die Angabe der Molekularproportionen der Analysen nebst zugehörigen Bestimmungen des specifischen Gewichts, des scheinbaren optischen Achsenwinkels in Luft und der Dispersion. Fernerhin sind die zur graphischen Darstellung erforderlichen Größen:

$$\text{K} = \text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O} + \text{Li}_2\text{O},$$

$$\text{Fe} = \text{FeO} + \text{MnO},$$

$$\text{Mg} = \text{MgO} + \text{CaO} + \text{SrO} + \text{BaO},$$

$$f = \frac{\text{Fe—Mg}}{\text{K} + \text{Fe} + \text{Mg}},$$

$$k = \frac{\text{K—Mg}}{\text{K} + \text{Fe} + \text{Mg}},$$

nebst Angabe der zugehörigen Achsenwinkel zusammengestellt.

Alle Daten sind angeordnet nach steigendem Achsenwinkel und zwar in drei Gruppen: 1) Glimmer erster Art (No. 1—19), 2) Glimmer zweiter Art (No. 20—28) und 3) Glimmer mit kleinem Winkel ohne Angabe der Lage der optischen Achsen (No. 29—41).

1) No. 39 in den folgenden Tabellen, braunschwarzer Glimmer mit kleinem Achsenwinkel.

2) Diese Berechnung kann auf Genauigkeit dann allerdings keinen Anspruch erheben, da nicht bekannt ist, wie viel Fe_2O_3 die Thonerde vertritt.

Litteratur- angabe, Analysen- No.	Name	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	FeO	K ₂ O	Na ₂ O	Li ₂ O	Fl	H ₂ O	Specif. Gewicht	Schein- barer Achsen- winkel in Luft	Dis- per- sion	$\frac{D}{N}$
Tsch. 6	Biotit (Anomit), Monroe, U. S. A.	67 678	16 147	1 352	52 307	8 234	9 585	2 500	—	Spur	12 167	2,846	12° 40'	$\rho > \nu$	1
" 5	Biotit (Anomit), Baikalsee	66 334	16 941	451	59 330	6 787	9 117	2 371	—	8 263	7 611	2,87	14° 12' (Mittel)	$\rho > \nu$	2
HINTZE 25	Muscovit (Pykno- phyllit), Aspang, Oesterr.	81 078	28 794	1 489	6 625 2 236 CaO	709	6 936	5 387	—	—	25 712	2,796	25° 6'	?	3
" 92	Muscovit, Nord Carolina, U. S. A.	75 290	33 000	1 477	4 615	—	3 543	2 274	—	3 632	30 333	?	35°	?	4
" 17	Muscovit, Freiberg i. S.	77 512	31 922	970	5 707	911	11 032	—	—	—	19 722	?	38 ¹ / ₂ °	?	5
" 45	Muscovit (Phengit), Graubünden	79 137	25 451	1 101	5 707	9 110	10 830	2 742	—	—	19 000	2,873 —2,916	52°	$\rho > \nu$	6
" 56	Muscovit (Marga- rodit), Dublin, Irland	72 089	30 804	4 631	2 804 2 469 CaO	—	11 393	2 323	—	—	30 167	?	53° 8'	?	7
" 54	Muscovit (Marga- rodit), Schottland	75 338	29 069	5 213	4 218 1 413 CaO	— 30 MnO	7 383	3 661	—	—	29 389	2,825	67° 5'	?	8
" 93	Muscovit (Chrom- glimmer), Montgomery Cty, Maryland U. S. A.	70 000	33 873	645	7 767 841 CaO	—	9 745	1 323	—	—	37 612	?	68° 16'	?	9

Tsch. I	Muscovit (Damou- rit), Bengalen	75 572	36 000	595	943 376 CaO	1 780	9 372	1 000	633	790	28 056	2,831	68° 54'	ρ	γ	10
HINTZE 87	Muscovit, Ouro Preto, Süd-Amerika	77 113	?	?	1 985	—	8 404	2 097	—	—	26 111	2,78	69—70°	ρ	γ	11
"	Muscovit (Marga- rodit), Wicklow, Irland	74 145	30 520	2 998	2 233 1 950 CaO	—	10 542	2 048	—	—	34 556	2,793	70° 4'	?		12
"	Muscovit, Meran, Tirol	75 092	36 853	—	422 161 CaO	1 641	10 979	1 936	—	—	22 889	2,93	ca. 72° (berech- net aus 46° 14', in Oel)	?		13
"	Muscovit, Schüttenhofen, Böhmen	72 420	35 981	1 370	— 358 CaO	765 353 MnO	9 117	—	1 233	—	30 556	2,835	70° 58'	?		14
"	Muscovit, Rubis- law,	71 444	32 216	131	819 1 914 CaO	3 839 339 MnO	9 660	1 371	—	—	50 666	?	72° 15'	?		15
"	Muscovit (Marga- rodit), Wicklow, Irland	74 028	29 589	2 935	1 787	—	13 191	—	—	—	29 550	?	72° 18'	?		16
"	Muscovit, Schüttenhofen, Böhmen	73 100	36 118	397	— 323 CaO	1 029 353 MnO	11 808	339	1 233	1 000	34 168	2,854	73° 52'	?		17
"	Muscovit, Massachusetts U. S. A.	77 976	36 108	300	645	— 1 483 MnO	10 425	484 (Na ₂ O + Li ₂ O)	?	2 737	21 666	2,859	75° 0'	?		18
"	Muscovit, Connecticut U. S. A.	73 282	32 049	2 972	—	5 424	8 516	952	700	4 895	21 389	2,898	75° 38'	?		19

Mg = MgO + CaO + SrO + BaO	Fe = FeO + MnO	K = K ₂ O + Na ₂ O + Li ₂ O + Fl	f = Fe—Mg K + Fe + Mg	k = K—Mg K + Fe + Mg	Schein- barer Achsen- winkel in Luft	No.
52,307	8,234	12,085	— 60,683	— 55,381	12° 40'	1
59,330	6,787	19,751	— 61,190	— 46,093	14° 12' (Mittel)	2
8,861	0,709	12,323	— 38,103	+ 16,182	25° 6'	3
4,651	—	9,449	— 32,814	+ 34,370	35°	4
4,753	1,280	11,032	— 20,351	+ 36,794	38 ¹ / ₂ °	5
5,707	9,110	13,572	+ 11,986	+ 27,768	52°	6
5,293	—	13,716	—	—	53° 8'	7
	5,855 berechnet		+ 2,262 berechnet	+ 33,880 berechnet		
5,631	0,0300	11,044	—	—	67° 5'	8
	—		+ 17,780	+ 19,950		
	10,425 berechnet		berechnet	berechnet		
8,608	—	11,068	— 43,748	+ 12,502	68° 16'	9
1,319	1,780	11,162	+ 3,233	+ 69,021	68° 54'	10
1,985	—	10,501	— 15,898	+ 68,205	69°—70°	11
4,183	—	12,590	—	—	70° 4'	12
	5,870 berechnet		+ 7,450 berechnet	+ 37,130 berechnet		
0,583	1,641	12,915	+ 6,990	+ 81,282	ca. 72° (berechnet aus 46° 14' in Oel)	13
0,358	1,118	10,350	+ 6,428	+ 84,492	70° 58'	14
2,733	4,178	11,031	+ 8,054	+ 46,249	72° 15'	15
1,787	—	13,191	— 11,931	+ 76,140	72° 18'	16
0,223	1,382	14,380	+ 7,250	+ 88,562	73° 52'	17
0,645	1,483	13,646	+ 5,313	+ 82,420	75° 0'	18
—	5,424	15,063	+ 26,475	+ 73,524	75° 38'	19

Zu S. 595.

Mg = MgO + CaO + SrO + BaO	Fe = FeO + MnO	K = K ₂ O + Na ₂ O + Li ₂ O + Fl	f = Fe—Mg K + Fe + Mg	k = K—Mg K + Fe + Mg	Schein- barer Achsen- winkel in Luft	No.
64,890	5,730	8,725	— 74,560	— 70,790	0—4°	20
55,790	11,760	13,761	— 54,710	— 51,750	7° 51'	21
67,490	1,878	32,832	— 64,200	— 33,910	15° rot.	22
40,550	20,510	9,493	— 28,400	— 44,020	20°	23
—	18,620	64,527	+ 22,390	+ 77,600	50° 25'	24
1,886	11,540	40,680	+ 17,840	+ 71,700	55—60°	25
					55 ¹ / ₂ ° Mittel	
—	1,293	86,693	+ 1,469	+ 98,530	67° 19'	26
5,657	—	11,060	— 33,840	+ 32,320	68° 35'	27
—	2,370	63,125	+ 3,619	+ 96,380	84° 1'	28

Litteratur- angabe	Name	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	FeO	K ₂ O	Na ₂ O	Li ₂ O	Fl	H ₂ O	Specif. Gewicht	Schein- barer Achsen- winkel in Luft	Dis- per- sion	$\frac{D}{N}$
HINTZE 44	Biotit (Meroxen), Moravica, Ung.	66 600	15 480	1 583	6 489	5 730	8 128	597	—	—	19 889	2,75	0—4°	$\rho < \nu$	20
Tsch. 9	Biotit (Meroxen), Vesuv	65 173	16 618	300	54 320 1 467 CaO	10 930 833 MnO	8 287	790	—	4 684	22 334	2,86	7° 51'	$\rho < \nu$	21
"	Biotit (Phlogopit), Pennsylvania	72 023	13 490	100	67 490	1 878	8 575	2 097	—	22 160	5 111	2,779	15° rot.	$\rho < \nu$	22
"	Biotit (Meroxen), Tschebarkul, Sibirien	63 831	14 147	3 404	40 550	20 510	8 638	855	—	Spur	4 944	3,004	20°	$\rho < \nu$	23
"	Zinnwaldit Zinnwald	76 070	22 058	413	—	16 150 2 472 MnO	11 130	677	10 930	41 790	5 056	?	50° 25'	$\rho > \nu$	24
HINTZE 12	Zinnwaldit (Kryo- phyllit) Rockport, Mass.	88 656	16 441	1 223	1 886	11 100 438 MnO	13 990	—	13 530	13 160	—	2,909	55—60° 57 1/2° Mittel	?	25
"	Zinnwaldit (Poly- lithionit) Grönland	98 485	12 324	—	—	1 293	5 713	12 310	30 140	38 530	—	2,81	67° 19'	?	26
76 G. Z. VII 17	Muscovit (Fuchsit), Syssert, Ural	76 567	29 127	1 270 2 309 Cr ₂ O ₃	5 657	—	11 060	—	—	—	30 111 (flüchtige Restand- teile)	2,88	68° 35'	$\rho > \nu$ (II. Art?)	27
HINTZE 9 G. Z. IX 253	Lepidolith. Schüttenhofen, Böhmen	81 690	24 775	—	—	1 168 1 201 MnO	14 730	565	17 930	29 900	9 778	2,81	Na: 84° 1' Rot.: 83° 16'	$\rho < \nu$	28

Literatur- angabe	Name	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	FeO	K ₂ O	Na ₂ O	Li ₂ O	Fl	H ₂ O	Specif. Gewicht	Scheinbarer Achsen- winkel in Luft	Dispersion	No.
HINTZE 38	Glimmer von Elbenstock („Protolithionit“ SANDB.)	64 743	23 099	3 817	2 407 1 395 CaO	17 246	9 053	1 145	11 300	—	18 055	2,98	vollkommen einachsig	?	29
” 80	„Haughtonit“ (Schoftland)	59 154	17 598	4 499	3 722 2 504 CaO	25 118 2 825 MnO	9 862	6 145	—	—	17 778	3,13	nahezu ein- achsig	?	30
” 111	Manganophyll (Schweden)	68 590	15 706	2 916	32 928 7 641 MnO	12 160	3 371	—	—	25 790	25 667	?	”	?	31
” 11	„Pseudobiotit“ KNOP. (Kaiserstuhl)	59 369	14 284	7 021	59 851	—	3 085	—	—	—	55 777	?	angenhärt einachsig	?	32
” 12	” (St. Laurence New York U. S. A.)	59 900	15 471	6 558	53 305	—	3 085	—	—	—	63 890	?	”	?	33
” 153	Biotit (St. Laurence New York U. S. A.)	74 310	10 657	—	71 712	431	8 936	613	267	—	35 445	2,791— 2,793	klein, manche Stücke scheinbar einachsig	?	34
” 10	„Barybiotit“ KNOP. (Kaiserstuhl)	59 420	18 451	1 646	70 321 455 SrO 4 468 BaO	—	6 670	1 629	—	—	—	2,97	nur wenig deform. Kreuz	?	35
” 124	Phlogopit (Bengalen)	63 183	14 291	—	58 486 642 BaO	9 082	9 479	5 548	—	—	2 722	?	Öffnung kaum wahr- nehmbar	?	36
” 127	„Siderophyllit“, verändert (Colorado)	56 733	16 206	12 609	3 325 859 BaO	19 798 1 285 MnO	6 915	2 306	—	421	25 222	?	äußerst kleiner Winkel	?	37
” 13	Biotit (Vogesen)	68 325	12 127	3 774	47 220 2 916 CaO	8 840	8 447	2 065	733	5 579	16 111	?	kleiner Winkel	?	38
” 3	Biotit (Baden) (braunschwarz)	55 721	14 706	3 123	28 834 6 011 CaO	26 829 1 776 ber.	8 010	823	—	—	25 445	?	”	?	39
” 6	Biotit (Baden)	62 461	18 422	4 055	24 119	21 251	9 500	3 096	—	—	12 945	3,042	”	?	40
” 14	Biotit, Weller (Elsäß)	60 713	14 961	3 198	41 712 4 848 CaO	11 572	7 413	—	—	1 052	27 501	?	ziemlich kleiner Winkel	?	41

Mg = MgO + CaO + SrO + BaO	Fe = FeO + MnO	K = K ₂ O + Na ₂ O + Li ₂ O + Fl	f = Fe—Mg K + Fe + Mg	k = K—Mg K + Fe + Mg	Scheinbarer Achsen- winkel in in Luft	α°
3,802	17,246	10,198	+ 43,030	+ 20,470	vollkommen	29
6,226	27,943	16,007	+ 43,280	+ 19,490	einachsigt nahezu ein- achsigt	30
32,928	7,641	15,531	— 45,070	— 31,010	„	31
59,851	—	3,085	— 95,100	— 90,200	angenhärtet einachsigt	32
53,305	—	3,085	— 94,530	— 89,060	„	33
71,712	0,431	9,549	— 89,290	— 76,080	klein, manche Stücke scheinbar einachsigt	34
75,244	—	8,299	— 90,070	— 80,130	nur wenig deform. Kreuz	35
59,128	9,082	15,027	— 60,120	— 52,980	Oeffnung kaum wahr- nehmbar	36
4,184	21,083	9,221	+ 49,000	+ 14,610	äußerst kleiner Winkel	37
50,136	8,840	10,512	— 59,430	— 57,020	kleiner Winkel	38
34,845	26,829 17,760 ber.	8,833	— — 27 809 berechnet	— — 42,338 berechnet	„	39
24,119	21,251	12,596	— 4,948	— 19,880	„	40
46,560	11,572	7,413	— 53,380	— 59,730	ziemlich kleiner Winkel	41

Die nach den oben zusammengestellten Daten erhaltene graphische Darstellung (Fig. 4—14c) zeigt nun: 1) den Einfluß der Elementgruppen $\{K_2O + Na_2O + Li_2O\}$ (Fig. 4 u. 9), $\{Fl\}$ (Fig. 5 u. 10), $\{FeO + MnO\}$ (Fig. 6 u. 11), $\{MgO + CaO + SrO + BaO\}$ (Fig. 7 u. 12), ferner $\{K_2O + Na_2O + Li_2O\} + \{Fl\}$ (Fig. 8 u. 13) auf die Größe des optischen Achsenwinkels; 2) die Abhängigkeit der Größe des optischen Achsenwinkels von der chemischen Zusammensetzung als Funktion der drei Variablen: $K = \{K_2O + Na_2O + Li_2O\}$, $Fe = \{FeO + MnO\}$, $Mg = \{MgO + CaO + SrO + BaO\}$ (Fig. 14a—14c).

Wir wenden uns nun im folgenden zur Besprechung der graphischen Darstellung dieser Verhältnisse.

A. Einfluß der einzelnen Elemente auf die Größe des optischen Achsenwinkels.

Nehmen wir das oben schon erwähnte Resultat, so müßte mit steigendem Achsenwinkel eine Zunahme von K und Fe und eine Abnahme von Mg zu erwarten sein. Um die Bestätigung dieser Gesetzmäßigkeit aus der vorliegenden graphischen Darstellung zu erkennen, muß man aber wohl beachten, daß die Wirkung der drei Gruppen K, Fe, Mg durchaus nicht äquivalent zu sein braucht, und daß andererseits auch der absolute Wert der Größen K, Fe, Mg für die hervorgebrachte Aenderung des optischen Achsenwinkels insofern von Bedeutung sein kann, als eine einfache Proportionalität nicht zu bestehen braucht und die ersten eintretenden Moleküle von K, Fe oder Mg eine größere oder geringere Einwirkung auf den Achsenwinkel ausüben als die späteren. Demnach können bei steigendem Achsenwinkel sehr wohl alle drei Elementgruppen zunehmen; ja es kann ein Element, welches vergrößernd wirkt, sogar fallen, wenn dafür ein entgegengesetzt wirkendes stark abnimmt oder ein im gleichen Sinne wirkendes eine starke Zunahme zeigt.

Mit Berücksichtigung dieser Beziehungen ergibt nun die Betrachtung der Kurven für die Glimmer II. Art, welche weniger kompliziert sind, Folgendes (Fig. 4–8):

Wenn wir die Kurven im einzelnen betrachten, so scheint es mit der gesetzmäßigen Beziehung zwischen dem optischen Achsenwinkel und den wesentlich wirksamen Elementgruppen recht schlecht bestellt zu sein, denn alle Kurven verlaufen im Zickzack. In der That beweist dies aber — nach den vorhergehenden Bemerkungen — zunächst nichts gegen das Bestehen eines gesetzmäßigen Zusammenhanges, nur ist derselbe nicht so einfach, wie man geneigt ist anzunehmen (vergl. S. 599 ff.). Werfen wir einen Blick auf die Kurve für K_2O (Fig. 4), so begegnen wir sogleich einer bemerkenswerten Erscheinung: wir finden eine auffällige Unstetigkeit der Kurve da, wo die Achsenwinkel der Zinnwaldite und eines Chromglimmers¹⁾ eingetragen sind; dasselbe erkennen wir auch an der Kurve für Fluor (Fig. 5) und dementsprechend an der Kurve für $K_2O + Fl$ (Fig. 8). Das Gemeinsame in dem unregelmäßigen Verlauf dieser

1) Lage der optischen Achsenebene nach HINTZE, Handbuch d. Min., Leipzig 1897, Bd. II, S. 626, Analyse LXXVI, wahrscheinlich II. Art wegen der starken geneigten Dispersion.

drei Kurven ist aber ein übermäßig starkes Anwachsen des $K_2O + Fl$ -Gehaltes gegenüber den Werten des scheinbaren Achsenwinkels. Betrachten wir zugleich auch die Kurve für MgO (Fig. 7), so zeigt sich gleichfalls an der Stelle, wo Zinnwaldite und Chromglimmer stehen, die stärkste Unstetigkeit: ein neuer Beweis für das anomale Verhalten dieser beiden Glimmerarten gegenüber den anderen Glimmern II. Art. Hieraus und sicherer noch aus den später zu betrachtenden Figuren (14a—14c)

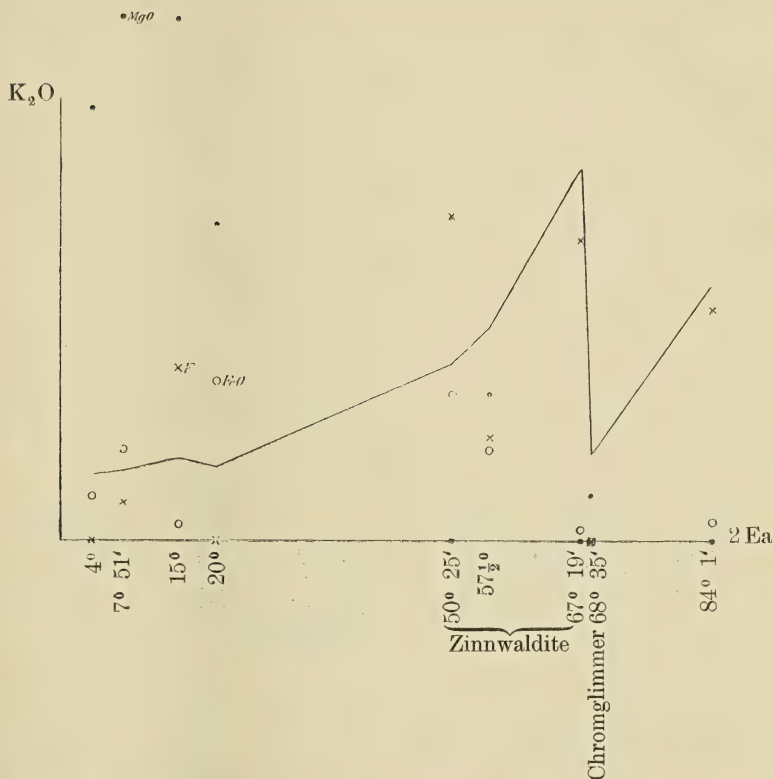


Fig. 4. Glimmer II. Art: Beziehung zwischen K_2O -Gehalt und optischem Achsenwinkel.

läßt sich schließen, daß Zinnwaldite und Chromglimmer überhaupt nicht in die Reihe der übrigen Glimmer II. Art hineingehören und daher auch vorläufig von der näheren Betrachtung auszuschließen sind.

Verfolgen wir jetzt den Verlauf der einzelnen Kurven, so gelangen wir zu nachstehenden Resultaten:

1) Der Kaligehalt (Fig. 4) steigt mit wachsendem Achsenwinkel, jedoch zwischen 15° und 20° fällt er wieder. Ganz

ebenso steht es mit dem Fluorgehalt (Fig. 5), nur sinkt derselbe zwischen 15° und 20° noch stärker. Dementsprechend verhält es sich natürlich mit dem Gehalt an $K_2O + Fl$ (Fig. 8) in derselben Weise.

2) Mit dem MgO -Gehalt (Fig. 7) nimmt der optische Achsenwinkel dagegen ab. Wir finden die niedrigsten Werte desselben bei hohem Magnesiagehalt und umgekehrt. In dem

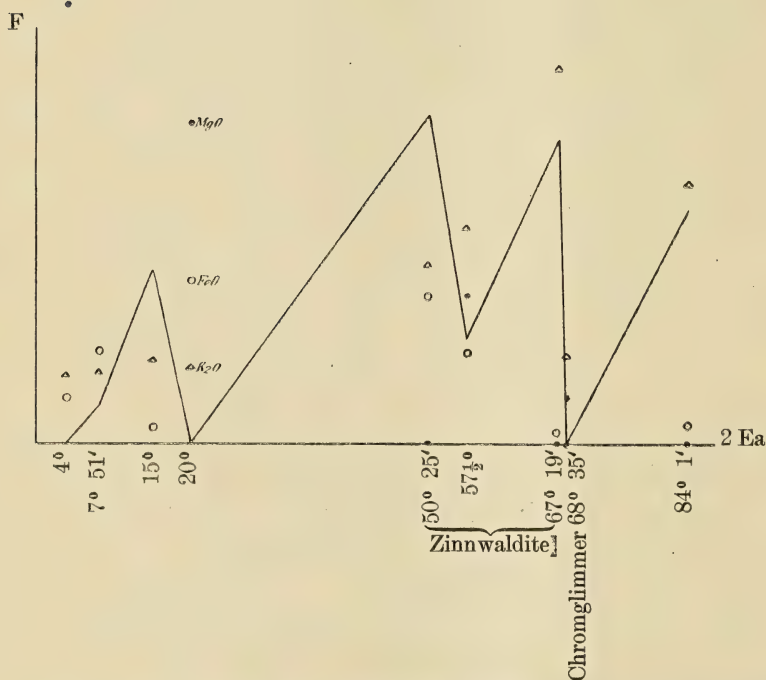


Fig. 5. Glimmer II. Art: Beziehung zwischen F-Gehalt und optischem Achsenwinkel.

Intervall 4° — $7^{\circ} 51'$ steigt die Kurve allerdings mit wachsendem Achsenwinkel, und zwischen 15° und 20° findet ein sehr starkes Fallen statt bei nur geringer Erhöhung von 2 Ea.

3) Die Kurve für Eisenoxydul (Fig. 6) zeigt abwechselnd Steigen und Fallen mit wachsendem Achsenwinkel: bald folgt sie dem Kalium und Fluor, bald verläuft sie im entgegengesetzten Sinne.

Gerade die zuletzt besprochene Kurve für FeO zeigt, daß wir ohne die gleichzeitige Berücksichtigung aller Kurven zusammen zu keinem Resultat gelangen werden.

Vergleichen wir daher zunächst die Kurven für $K_2O + Fl$ und MgO (Fig. 8 u. 7), so erkennen wir an der Stelle, wo $K_2O + Fl$ stark fallen, eine noch stärkere Abnahme der



Fig. 6. Glimmer II. Art: Beziehung zwischen FeO-Gehalt und optischem Achsenwinkel.

Magnesia, während der optische Achsenwinkel sich um ein Gerings vergrößert hat — von 15° bis 20° . Wir erblicken hierin nur die Bestätigung der im übrigen geltenden Beziehung, daß der optische Achsenwinkel dem Gehalt an $K_2O + Fl$ proportional, dem Gehalt an MgO dagegen umgekehrt proportional ist, indem wir die Vergrößerung von 2 Ea trotz des Fallens beider Kurven der stärkeren Wirksamkeit der Magnesia gegenüber dem Kali zuschreiben.

Wenn nun zwischen 4° und $7^{\circ} 51'$ $K_2O + Fl$ zwar steigt, dafür aber auch der Magnesiagehalt zunimmt, so läßt sich wohl schließen, daß FeO , welches beträchtlich zunimmt, die Vergrößerung des Achsenwinkels bedingte. Andererseits, wenn zwischen $7^{\circ} 51'$ und 15° $K_2O + Fl$ sehr stark wachsen und dazu MgO noch abnimmt, so ist die nur geringe Zunahme des

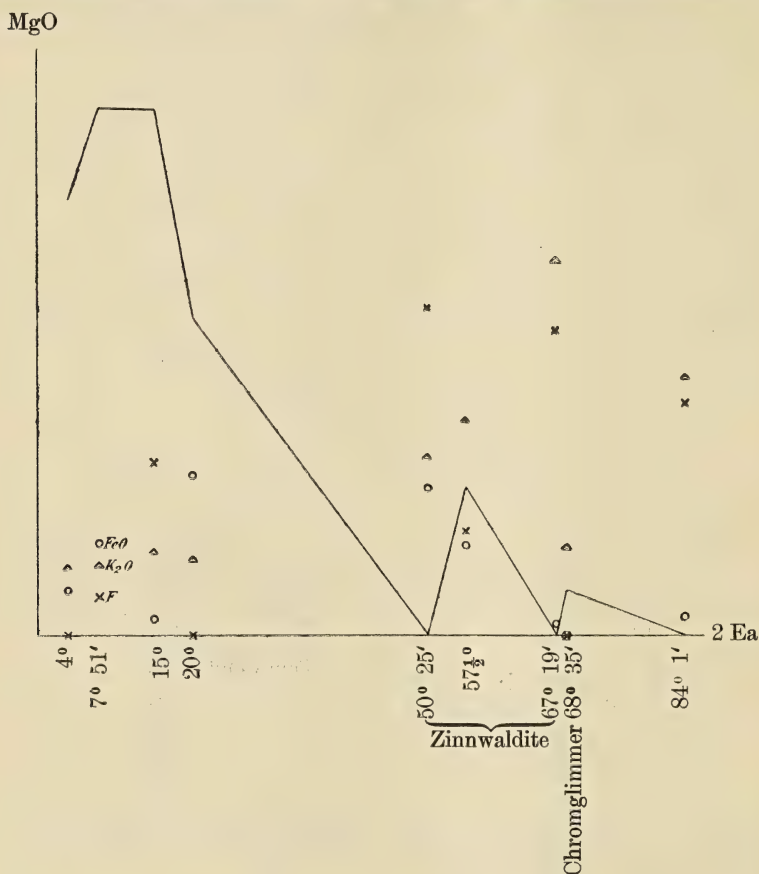


Fig. 7. Glimmer II. Art: Beziehung zwischen MgO -Gehalt und optischem Achsenwinkel.

Achsenwinkels wohl auf Rechnung der Abnahme des FeO -Gehaltes zu schreiben, d. h. der optische Achsenwinkel wächst proportional dem FeO -Gehalt und sinkt daher, wenn dieser abnimmt. Fernerhin bemerken wir, daß zwischen 15° und 20° FeO stark wächst. Vorher, bei der Vergleichung von $K_2O + Fl$ und MgO allein, welche ja beide fallen, haben wir die trotzdem stattfindende Vergrößerung des optischen Achsenwinkels einer

stärkeren Wirksamkeit des MgO zugeschrieben, — jetzt erkennen wir aber, daß es wohl hauptsächlich der wachsende Eisenoxyd-
gehalt ist, welcher den Achsenwinkel vergrößert.

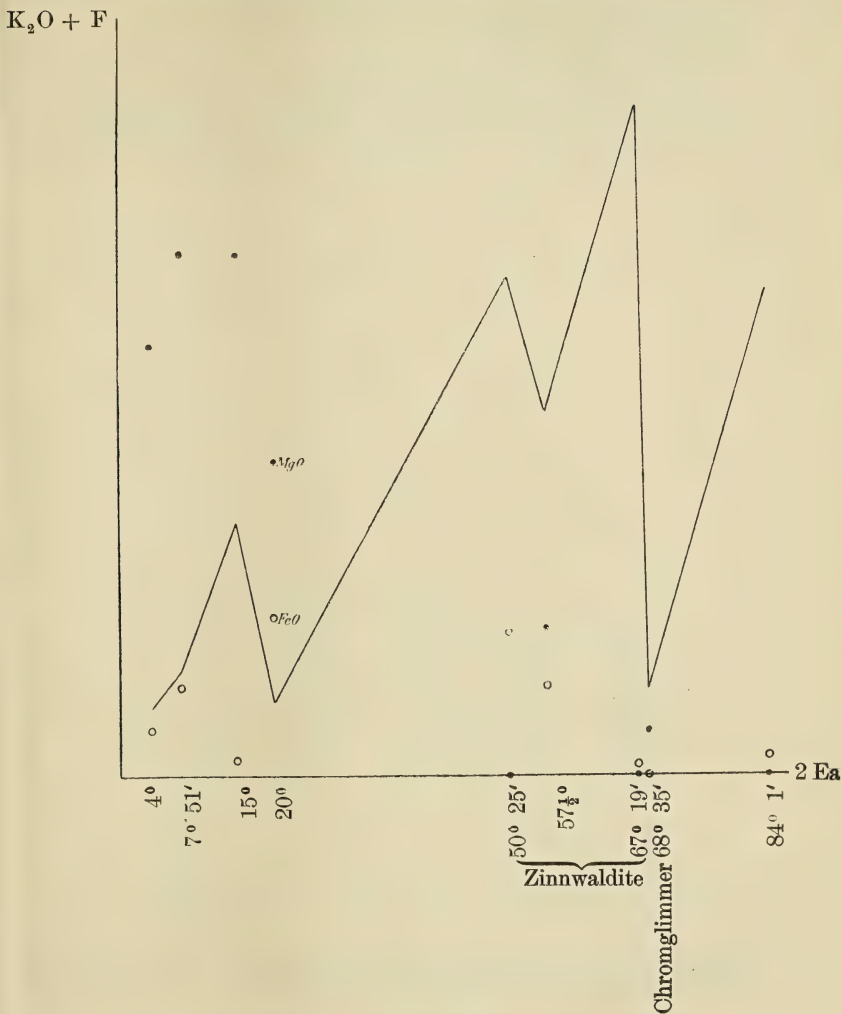


Fig. 8. Glimmer II. Art: Beziehung zwischen (K₂O + F)-Gehalt und optischem Achsenwinkel.

Betrachten wir endlich noch den Glimmer mit dem höchsten Achsenwinkel (84° 1'), so zeigt sich deutlich, daß dieser seinen großen Achsenwinkel dem hohen Gehalt an K₂O + F und dem Fehlen von MgO verdankt.

Aus alledem ergibt sich also das Resultat, daß der optische Achsenwinkel proportional dem Gehalt an $K_2O + Fl$ sowie FeO , aber umgekehrt proportional dem Gehalt an MgO zunimmt.

Wir wenden uns nun zu den Kurven für die Glimmer I. Art (Fig. 9–13).

Aus der Betrachtung der einzelnen Kurven können wir hier nur das eine ersehen, daß zu keinem der Elemente, für sich ge-

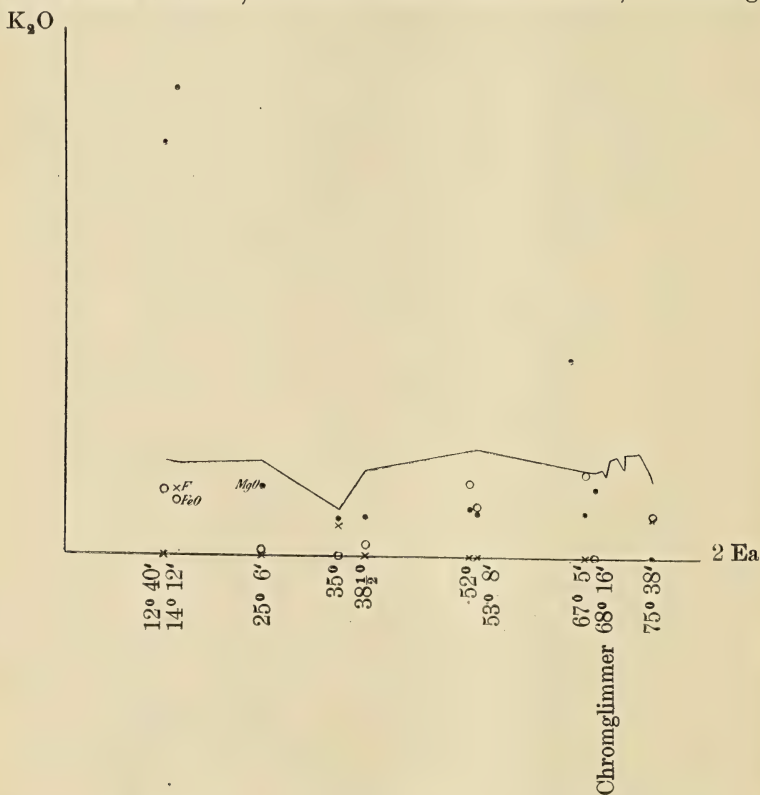


Fig. 9. Glimmer I. Art: Beziehung zwischen K_2O -Gehalt und optischem Achsenwinkel.

nommen, der optische Achsenwinkel in deutlich zu erkennender gesetzmäßiger Beziehung steht: ausgenommen vielleicht die Kurve der Magnesia, welche uns den ersten Anhaltspunkt in dieser Richtung giebt. Wir erkennen an dieser Kurve (Fig. 12), daß auch bei den Glimmern I. Art der optische Achsenwinkel umgekehrt proportional dem MgO -Gehalt zunimmt. Daher ist es wohl naheliegend, anzunehmen, daß auch zum $K_2O + Fl$ -Gehalt und zu FeO der Achsenwinkel in der-

selben Beziehung steht, wie bei den Glimmern II. Art, und daraufhin die Kurven aller Elemente zu vergleichen:

Zwischen $12^{\circ} 40'$ und $14^{\circ} 12'$ steigt $K_2O + Fl$ stark, aber FeO fällt, und MgO wächst.

Dies beweist aber nichts gegen die Annahme, daß mit FeO der Achsenwinkel steigt und mit MgO fällt, denn es kann ja der Einfluß von $K_2O + Fl$ oder vielmehr von Fl allein (da K_2O

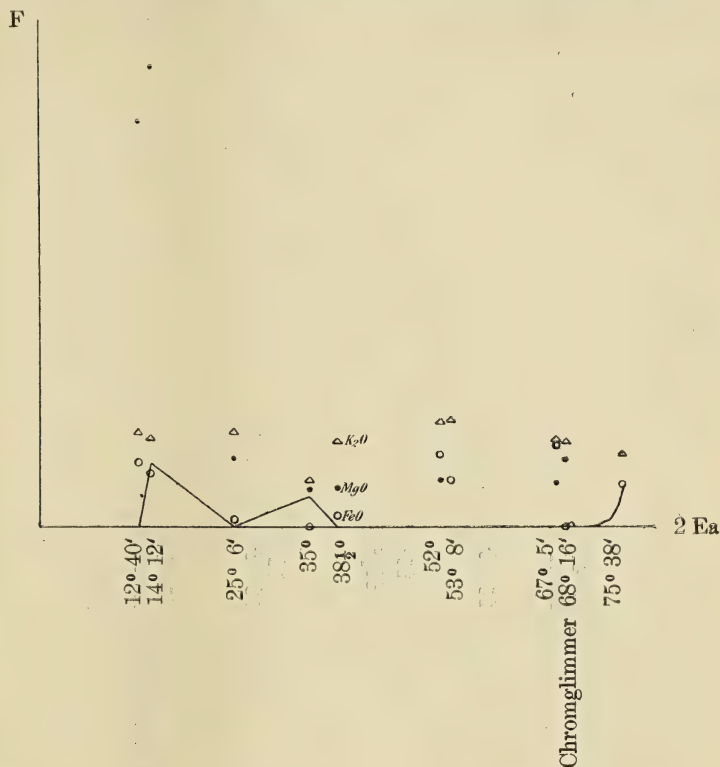


Fig. 10. Glimmer I. Art: Beziehung zwischen F-Gehalt und optischem Achsenwinkel.

selbst etwas sinkt) so stark sein, daß die entgegengesetzte Wirkung von MgO und dem fallenden FeO übertroffen wird.

Während der Achsenwinkel von $14^{\circ} 12'$ bis $25^{\circ} 6'$ zunimmt, fallen $K_2O + Fl$ und FeO . Wenn trotzdem der Achsenwinkel vergrößert wird, so liegt dies an der auffallend starken Abnahme des MgO -Gehaltes; auch von $25^{\circ} 6'$ bis 35° fallen $K_2O + Fl$ und FeO , aber es fällt auch MgO beträchtlich: daher kann wohl $2Ea$ immer noch steigen, weil MgO stärker wirkt, oder aber, wie vorher, weil das steigende Fl trotz

fallenden K_2O und FeO den Achsenwinkel vergrößert. Von 35° — $38\frac{1}{2}^\circ$ steigen $K_2O + Fl$ und FeO und fast unmerklich auch MgO , ebenso von $38\frac{1}{2}^\circ$ — $53^\circ 8'$: daraus erkennen wir wiederum die Bestätigung der oben gemachten Erfahrung, daß $K_2O + Fl$ und FeO den Achsenwinkel vergrößern.

Von $53^\circ 8'$ an bis zum höchsten Wert des Achsenwinkels bei $75^\circ 38'$ werden die Kurven sehr unstetig, doch läßt der allgemeine Verlauf der $K_2O + Fl$ - und der MgO -Kurve wohl

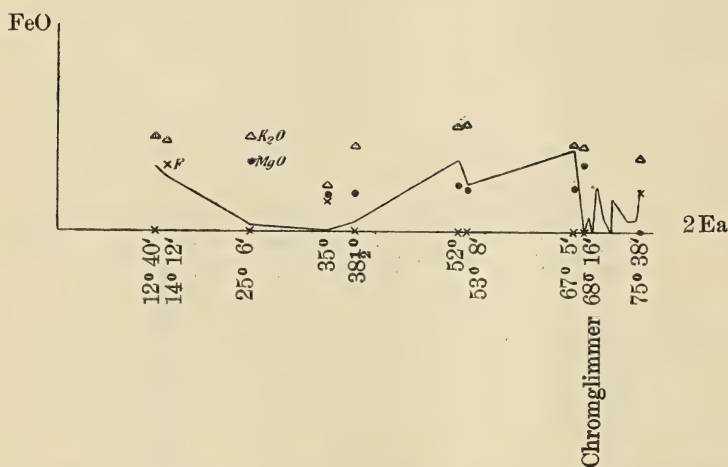


Fig. 11. Glimmer I. Art: Beziehung zwischen FeO -Gehalt und optischem Achsenwinkel.

noch deutlich erkennen, was wir im übrigen schon konstatiert haben: daß auch bei den Glimmern I. Art der optische Achsenwinkel proportional dem Gehalt an $K_2O + Fl$ sowie FeO und umgekehrt proportional dem Gehalt an MgO zunimmt.

Die Wirkung des Eisenoxyduls auf die Aenderung des optischen Achsenwinkels wurde schon von TSCHERMAK ¹⁾ hervor-

1) Sitzber. d. K. K. Akad. d. Wiss., II. Abt., Bd. LXXVI, Juli 1877, S. 47.

gehoben. TSCHERMAK giebt nachfolgende Uebersicht der Glimmergruppe, wo + f Zunahme und — f Abnahme des Eisenoxyduls mit steigendem Achsenwinkel bedeutet:

I. Art.	II. Art.
Anomit + f	Meroxen — f
Lepidolith	Lepidomelan
Muscovit + f	Phlogopit — f
Paragonit	Zinnwaldit + f

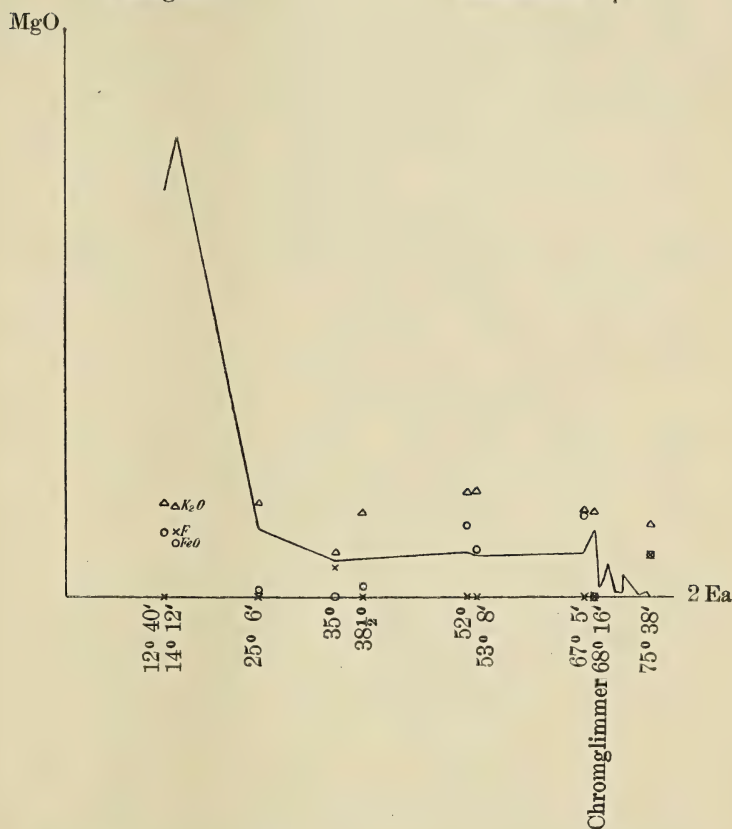


Fig. 12. Glimmer I. Art: Beziehung zwischen MgO-Gehalt und optischem Achsenwinkel.

Wir ersehen daraus für Glimmer I. Art dasselbe Resultat, wie es die oben besprochenen Kurven ergeben, — das entgegengesetzte bei Glimmern II. Art, ausgenommen den Zinnwaldit. Man darf aber aus der Betrachtung des Eisenoxydulgehalts allein nicht auf die entgegengesetzte Wirkung desselben schließen, da es doch unwahrscheinlich ist, daß alle anderen Elemente wirkungslos sind.

B. Der optische Achsenwinkel als Funktion der chemischen Zusammensetzung der Glimmer.

Was zunächst die Ausführung der oben (S. 589 ff.) beschriebenen graphischen Darstellung anbetrifft, so wurden die Glimmer I. Art, II. Art und solche mit kleinen Winkeln ohne bestimmte Angabe und mit fraglicher Orientierung der Achsenebene getrennt in Fig. 14a—14c dargestellt. Bei den letztgenannten Glimmern ist die Kurve der Glimmer II. Art

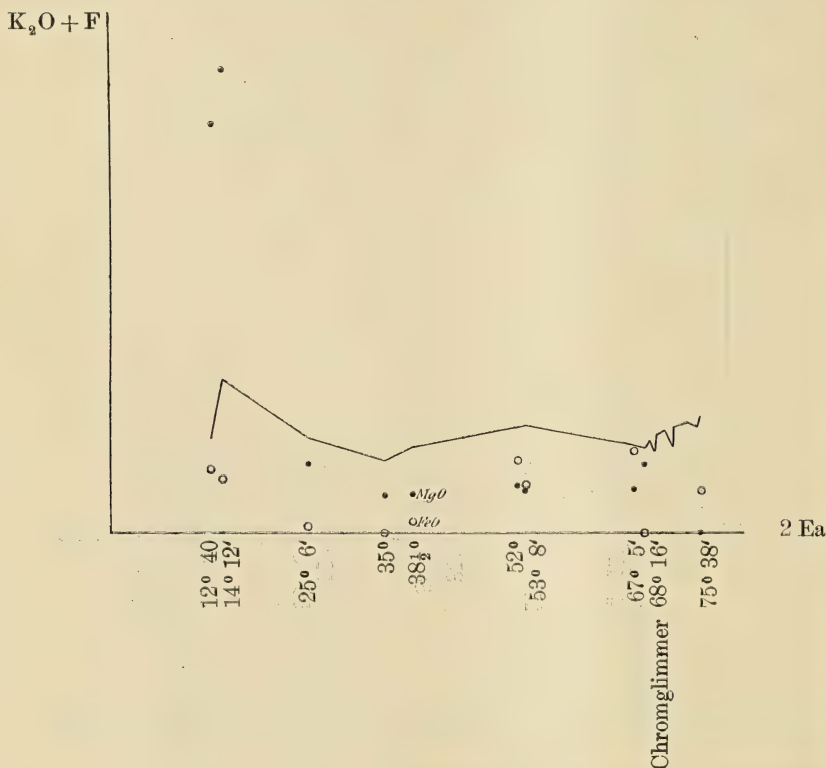


Fig. 13. Glimmer I. Art: Beziehung zwischen $(K_2O + F)$ -Gehalt und optischem Achsenwinkel.

eingezeichnet, da sie mit diesen wohl zumeist übereinstimmen dürften. In den Figuren steht die K-Fe-Linie vertikal, so daß die Analysenpunkte mit abnehmendem MgO - und wachsendem K_2O - FeO -Gehalt von links nach rechts vorrücken. Ueber dem Dreieck erscheinen auf der horizontalen Linie die Vertikalprojektionen der Analysenpunkte, deren Abscissen, von der Mg -

Ecke aus, gemessen $= \frac{3}{2} \frac{K + Fe}{K + Fe + Mg}$ sind. Senkrecht dazu auf der Ordinate sind die scheinbaren optischen Achsenwinkel aufgetragen und durch eine Kurve verbunden, welche somit den scheinbaren optischen Achsenwinkel $2Ea$ als Funktion jenes Quotienten darstellt.

Von einer graphischen Darstellung der Abhängigkeit der gemessenen Achsenwinkel von der chemischen Zusammensetzung wird man aber — welcher Art sie auch sei — eine vollkommene Regelmäßigkeit nicht erwarten dürfen, sie wird vielmehr ein nur angenähert richtiges Bild der thatsächlichen Verhältnisse geben können: denn Glimmerkrystalle sind fast immer mechanisch und optisch wie auch chemisch inhomogen¹⁾. Bei den in der Litteratur vorliegenden Daten wird darauf aber zumeist nicht genügend Rücksicht genommen: man analysiert eine größere Menge von Krystallen oder einen großen Glimmerkrystall, bestimmt aber oft nur an einem einzigen Spaltplättchen die optischen Konstanten. Nur dann aber könnte eine vollkommene Uebereinstimmung der Theorie mit den Beobachtungsergebnissen stattfinden, wenn die so gemessenen Achsenwinkel etc. dem analysierten Material wirklich an allen Stellen entsprechen würden. Wenn wir diesen Mangel vieler Beobachtungen berücksichtigen, so ergeben sich aus der graphischen Darstellung (Fig. 14a—14c) folgende Resultate:

1) Im allgemeinen nähern sich bei allen Glimmern die Analysenpunkte innerhalb des Dreiecks der K-Fe-Linie mit steigendem Achsenwinkel. In welchem Verhältnis die Achsenwinkel mit wachsender Annäherung an die K-Fe-Linie steigen, zeigt das „Vertikalbild“ über dem Dreieck. Da die hier von der Mg-Ecke aus abgetragenen Abscissen $= \frac{3}{2} \frac{K + Fe}{K + Fe + Mg}$ sind, so ergibt sich als allgemeiner analytischer Ausdruck für die Abhängigkeit des scheinbaren optischen Achsenwinkels $2Ea$ von der chemischen Zusammensetzung:

$$2Ea = f \left\{ \frac{K + Fe}{K + Fe + Mg} \right\}.$$

Damit dürfen wir uns wohl begnügen, da unsere Daten ja nur angenäherte Richtigkeit haben.

1) Ganz abgesehen von den Einschlüssen, die oft mit dem Glimmer zusammen analysiert werden.

2) Die Vergleichung der Kurven für Glimmer I. und II.

Art zeigt, daß bei nahezu gleichem Verhältnis $\frac{K + Fe}{K + Fe + Mg}$

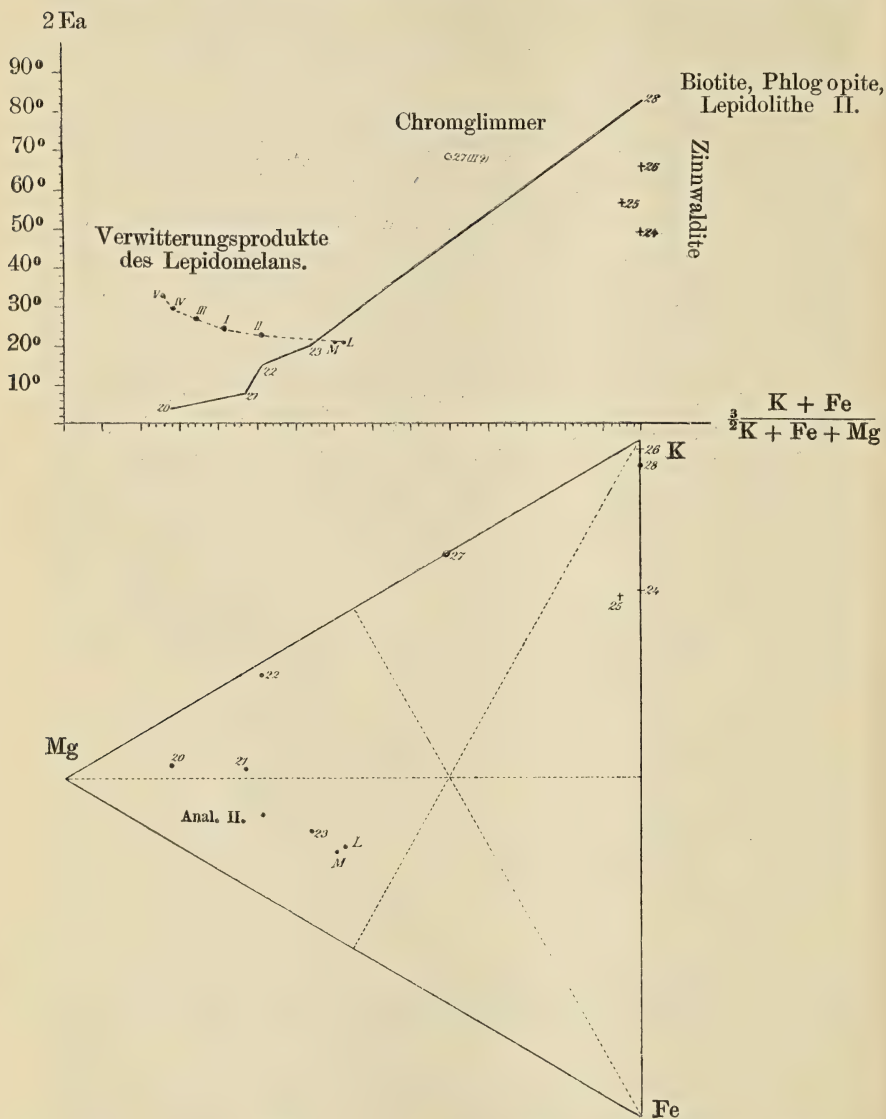


Fig. 14a. Glimmer II. Art: Abhängigkeit des optischen Achsenwinkels von der chemischen Zusammensetzung.

die Achsenwinkel auch annähernd gleiche Werte haben: die Lage der optischen Achsen ist durch dieses Verhältnis d. h. durch die wesentlichen Bestandteile der chemischen Zu-

sammensetzung somit nicht bestimmt. Wir bedürfen also zur Erklärung der wechselnden Lage der optischen Achsenebene einer anderen, nicht in chemischer Verschiedenheit beruhenden

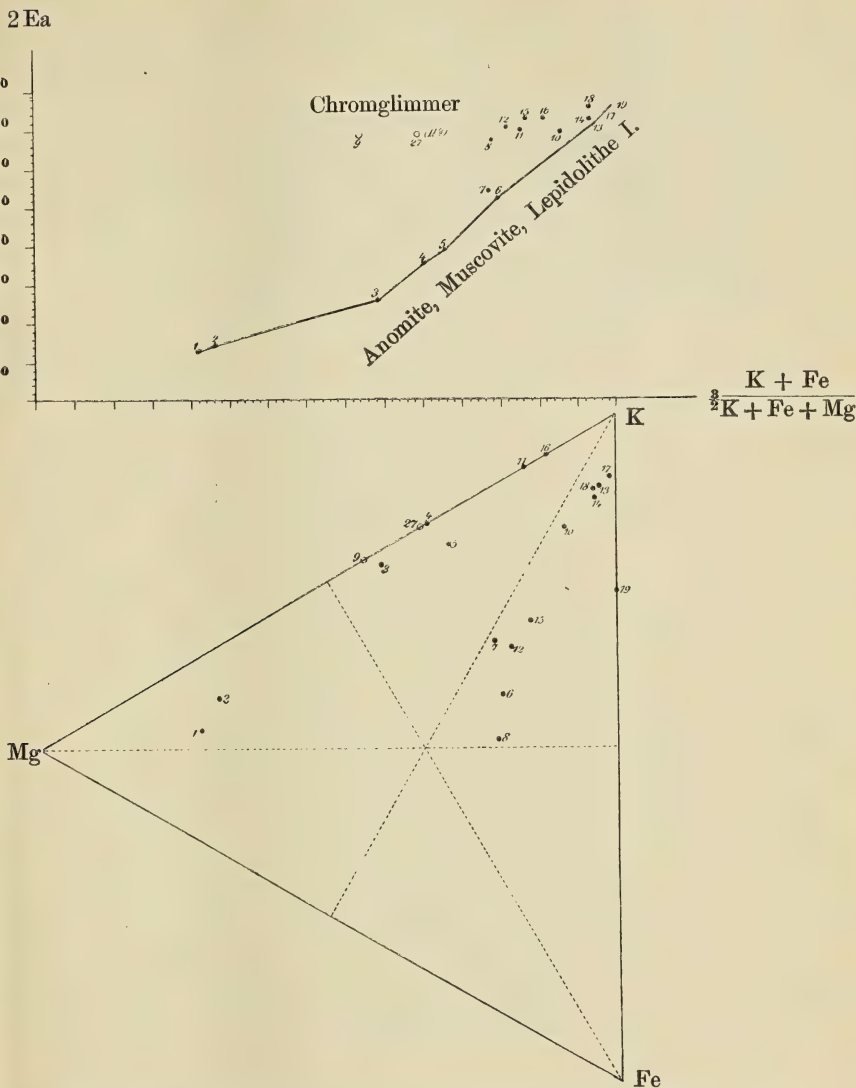


Fig. 14b. Glimmer I. Art: Abhängigkeit des optischen Achsenwinkels von der chemischen Zusammensetzung.

Ursache, und ich nehme daher an, daß die Glimmer I. und II. Art sich verhalten wie zwei Reihen dimorpher Verbindungen.

3) Unter den Glimmern II. Art zeigen die Zinnwal-
dite¹⁾ so starke Abweichungen im Achsenwinkel, daß ihre

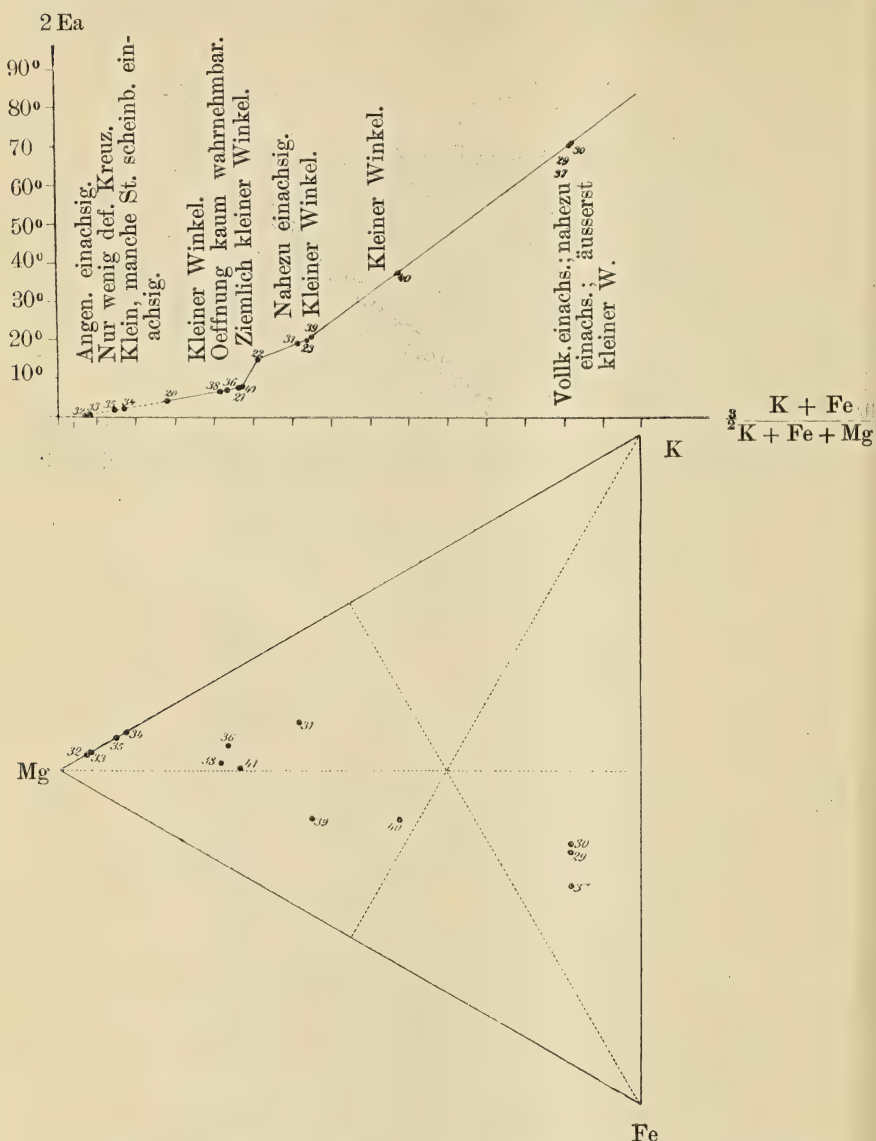


Fig. 14c. Glimmer mit kleinem Achsenwinkel: Abhängigkeit des optischen Achsenwinkels von der chemischen Zusammensetzung.

Zugehörigkeit zur Reihe der Biotite, Phlogopite und Lepidolithe zweiter Art wohl ausgeschlossen erscheint. Da nun der Zinn-

1) Vergl. Fig. 14 a.

waldit nach den Beobachtungen von BAUMHAUER ¹⁾ und WILK ²⁾ auch Aetzfiguren zeigt, die wesentlich verschieden sind von denen des Biotits und Muscovits, und zwar von triklinem Charakter, so dürfte die Annahme, daß der Zinnwaldit triklin krystallisiert, das abweichende optische Verhalten am einfachsten erklären.

4) In der Darstellung der Glimmer mit kleinem Achsenwinkel und fraglicher Lage der optischen Achsenebene wurden die Analysenpunkte auf die Kurve der Glimmer II. Art, zu denen sie wohl meist zu rechnen sind, projiziert.

Entsprechend den allerdings unbestimmten Angaben über die Größe des Achsenwinkels nehmen auch diese Glimmer im allgemeinen die von der Theorie verlangte Stellung ein (Fig. 14 c).

Ausgenommen sind jedoch drei Glimmer (No. 29, 30, 37 auf Fig. 14 c), welche sehr hohen Achsenwinkel haben müßten und dennoch als fast einachsige beschrieben sind. Was zunächst das abnorme Verhalten des Glimmers No. 37 — veränderter „Siderophyllit“, Colorado — anbetrifft, so findet es vielleicht seine Erklärung darin, daß dieser an Magnesia arme Glimmer kein eigentlicher Biotit, sondern ein schon mehr dem Zinnwaldit genäherter Eisenglimmer ist. Diese Annahme gewinnt an Wahrscheinlichkeit, wenn man das Verhalten von No. 29 — „Protolithionit“ von Eibenstock — in Betracht zieht.

Dieser von SANDBERGER ³⁾ in genetische Beziehung zum Zinnwaldit gebrachte Glimmer wird von SCHRÖDER ⁴⁾ zwischen TSCHERMAK's Anomite und Zinnwaldite oder zu den Lithion-Eisenglimmern von Rammelsberg gestellt. Auch in unserer graphischen Darstellung zeigt er ein dem Zinnwaldit entsprechendes Verhalten (vergl. S. 612), d. h. der optische Achsenwinkel befolgt nicht die Gesetzmäßigkeit der übrigen Glimmer II. Art. Wenn endlich noch der zum „Haughtonit“ (Hedde) gehörige schottische Glimmer No. 30 der Erklärung seines abnormen Verhaltens bedarf, so steht wohl auch für diesen Glimmer der

1) Neues Jahrb. f. Min. etc., 1876, S. 1.

2) GROTH's Zeitschr., Bd. VII, S. 187.

3) GROTH's Zeitschr., Bd. XIII, S. 409: Zinnwaldit entsteht aus Protolithionit durch Zersetzung desselben.

4) Erläut. Sekt. Eibenstock, Bl. 145, 1884, S. 6.

Annahme nichts im Wege, daß er ebenso wie die beiden vorigen zu den magnesiumarmen Eisenglimmern gehört und daher das optische Verhalten des Zinnwaldits zeigt.

5) Wenn sich am Ende der Kurve für Glimmer I. Art die Abweichungen häufen, so kann dies keine wesentliche Bedeutung haben, da einerseits die Kurve ja eine willkürliche Verbindung bestimmter Punkte darstellt und daher vielen Werten noch näher gebracht werden könnte, und da andererseits solche Abweichungen bei der Inhomogenität des untersuchten Materials von vornherein zu erwarten sind.

Dagegen stehen zwei Chromglimmer weitab von den übrigen Glimmern, und einer von ihnen mit fraglicher Lage der Achsenebene würde auch in die Kurve der Glimmer zweiter Art nicht passen ¹⁾. Daraus scheint nun hervorzugehen, daß die Chromglimmer außerhalb der Reihe der übrigen Glimmer I. oder II. Art stehen, d. h. von diesen, gleich dem Zinnwaldit, k r y s t a l l o g r a p h i s c h verschieden sind.

Aus den oben besprochenen Beziehungen zwischen dem optischen Verhalten und der chemischen Zusammensetzung ergeben sich aber auch Gesichtspunkte für die naturgemäße Systematik der Glimmergruppe, deren Durchführung freilich die Berücksichtigung aller geometrischen und physikalischen Eigenschaften dieser Mineralien erfordern würde. Indem ich hiervon Abstand nehme, gebe ich nachstehend die aus meinen Untersuchungen folgende Gliederung der Glimmergruppe:

I. Monokline Glimmer.

Reihe der Glimmer erster Art	Chemische Zusammensetzung	Reihe der Glimmer zweiter Art
Anomit	Magnesia- Eisenglimmer	{ Lepidomelan Meroxen Phlogopit
Muscovit } Paragonit } Lepidolith }	Alkaliglimmer	Lepidolith

II. Triklone Glimmer.

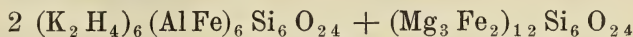
Eisenglimmer (Eisenmagnesia- glimmer)	Zinnwaldit
---	------------

1) Vergl. Fig. 14 b.

Die Chromglimmer gehören zu keiner dieser beiden Gruppen von Glimmern, doch dürfte ihre Zugehörigkeit zu den eigentlichen Glimmermineralien wohl kaum zweifelhaft sein.

III. Zusammenhang zwischen chemischer Zusammensetzung und optischem Achsenwinkel bei den Verwitterungsprodukten des Magnesiaglimmers.

Es entsteht nunmehr die Frage, welche Stellung dem frischesten Glimmer des von MÜLLER und von mir untersuchten Vorkommens in der graphischen Darstellung der Glimmer zweiter Art zukommt, und ob der theoretisch anzunehmende frische Lepidomelan



in die Reihe der Glimmer zweiter Art hineinpaßt. Außerdem dürfte es auch von Interesse sein, die Abhängigkeit des optischen Achsenwinkels von der chemischen Zusammensetzung der gesamten Reihe des frischen und durch die Verwitterung gebleichten Lepidomelans in derselben Weise graphisch darzustellen. Daher gebe ich zunächst in nachstehender Tabelle die Werte für Mg, Fe, K und f, k, nach steigendem Achsenwinkel geordnet, an:

Mg = MgO + CaO	Fe = FeO	K = K ₂ O + Na ₂ O	f = Fe—Mg K + Fe + Mg	k = K—Mg K + Fe + Mg	Schein- barer Achsen- winkel in Luft	Analyse No.
22,666	14,854	5,234	— 18,280	— 40,780	?	Analyse von MÜLLER
33,377	11,216	6,035	— 43,772	— 54,019	22° 43'	II
30,955	7,448	4,573	— 54,698	— 61,389	24° 24'	I
33,320	5,808	4,116	— 63,620	— 67,532	28° 24'	III
36,882	5,125	3,504	— 69,778	— 73,003	29° 36'	IV
36,289	5,127	2,393	— 70,986	— 77,215	33° 12'	V
33,808	5,053	2,573	— 69,402	— 75,386	34° 25'	VI
25,981	17,381	7,242	— 16,995	— 37,032	?	frischer Lepido- melan

In der That stellt sich nun durch die graphische Darstellung eine gesetzmäßige Beziehung zwischen dem optischen Achsenwinkel und der chemischen Zusammensetzung des frischen Lepidomelans und seiner Verwitterungsprodukte heraus, und es ergibt die Betrachtung der Fig. 15 und 14a folgende Resultate:

ab. In welcher Weise die Abnahme erfolgt, zeigt nachstehende Tabelle für die Differenzen der Werte f und k :

Analyse No.	Differenzen der Werte f .	Differenz der Werte k .
frischer Lepidomelan	+ 1,285	+ 3,748
Analyse von MÜLLER	+ 25,492	+ 14,000
II	+ 10,926	+ 7,370
I	+ 8,922	+ 6,143
III	+ 6,158	+ 5,471
IV	+ 1,208	+ 4,212
V	— 1,584	— 1,829
VI		

Die Tabelle zeigt, daß im allgemeinen beim Beginn der Verwitterung die Abnahme der Werte f schneller erfolgt als die Abnahme der Werte k , während am Ende des Prozesses k stärker abnimmt als f . Mit anderen Worten: Anfangs tritt bei der Verwitterung das Eisenoxydul schneller aus, gegen das Ende des Prozesses das Kali. Unregelmäßiges Verhalten zeigen nur die Analysenpunkte der MÜLLER'schen Analyse und meiner Analyse VI. Zu letzterer war leider nicht genügend Material zu erhalten, alle Bestimmungen sind an einem Minimum von Substanz ausgeführt und daher weniger zuverlässig als die der übrigen Analysen. Immerhin lassen die Differenzen zwischen IV und VI und auch zwischen V und VI noch deutlich erkennen daß zum Schlusse das Kali schneller abnimmt als FeO .

Vergleichen wir ferner die Quotienten

$$f : k = (\text{Fe—Mg}) : (\text{K—Mg})$$

in nachfolgender Uebersicht bei gleicher Reihenfolge der Analysen wie oben:

Analyse No.	$\frac{f}{k} = \frac{\text{Fe—Mg}}{\text{K—Mg}}$	Analyse No.	$\frac{f}{k} = \frac{\text{Fe—Mg}}{\text{K—Mg}}$
Frischer Lepidomelan	0,459	III	0,942
Analyse von MÜLLER	0,448	IV	0,956
II	0,810	V	0,919
I	0,891	VI	0,921

so sehen wir, daß durch die Verwitterung das Verhältnis (Fe—Mg) : (K—Mg) dem Werte 1 : 1 nahegebracht wird, die Verbindungslinie der Analysenpunkte nähert sich daher asymptotisch der Höhenlinie durch die Mg-Ecke des Dreiecks.

2) Fig. 15 zeigt weiterhin, wenn man das Vertikalbild betrachtet, daß der optische Achsenwinkel der frischen und zersetzten Glimmer eine Funktion des Quotienten

$$(K + Fe) : (K + Fe + Mg)$$

ist. Er wächst aber nicht wie bei der Reihe der frischen Glimmer II. Art der optische Achsenwinkel mit zunehmenden Werten dieses Quotienten, sondern er nimmt proportional

$\frac{K + Fe}{K + Fe + Mg}$ ab. Der analytische Ausdruck für diese gesetzmäßige Beziehung ist daher

$$2 Ea = f \left\{ \frac{1}{(K + Fe) : (K + Fe + Mg)} \right\}$$

oder:

$$2 Ea = f \left\{ \frac{K + Fe + Mg}{K + Fe} \right\}.$$

Wenn der Punkt No. VI außerhalb der Kurve liegt, so darf dies aus den oben schon erörterten Gründen nicht befremden, der entsprechende Analysenpunkt innerhalb des Dreiecks ist eben nicht genau genug bestimmt.

3) Da der optische Achsenwinkel des von MÜLLER untersuchten Glimmers und des frischen Lepidomelans nicht bekannt ist, so habe ich die Kurve Fig. 15 nach ihrem wahrscheinlichen Verlauf rekonstruiert und entnehme der graphischen Darstellung die Werte

$$2 Ea = 20^{\circ} - 21^{\circ} \text{ ca.}$$

für beide Glimmer. Die in Fig. 14a übertragene Kurve zeigt nun, daß der so ermittelte Näherungswert für 2 Ea in die Kurve der Glimmer II. Art wohl hineinpaßt, während mit zunehmender Zersetzung die Punkte sich immer weiter von der Kurve entfernen.

4) Durch dieses Resultat vermehren sich aber die Gründe, welche die Unregelmäßigkeiten in dem Verlauf der Kurven für die Glimmer II. und I. Art erklären, um einen — vielleicht um den bedeutungsvollsten: denn geringer noch als die Möglichkeit, vollkommen homogenes Material optisch und chemisch zu untersuchen, ist die Garantie für vollkommene Frische. Besonders für die Glimmer I. Art (Fig. 14 b) dürfte dieser Um-

stand von Bedeutung sein und uns am besten erklären, warum am Ende der Kurve so viele Punkte zum Teil recht beträchtlich abweichen und zwar immer nach der Seite hin, wohin bei eintretender Zersetzung die Punkte wandern.

Resultate.

Faßt man nochmals kurz die Resultate der vorliegenden Arbeit zusammen, so ergibt sich mit Bezug auf den ersten Teil der Arbeit:

1) Die Umwandlung des Magnesiaglimmers, welche man als Ausbleichung bezeichnet, ist ein Vorgang, der niemals Produkte liefert, die mit Kaliglimmer identisch sind;

2) die Bleichung beruht vielmehr zuvörderst in einer Ausscheidung des Eisenoxyds, erst späterhin in einer Ausscheidung des Eisenoxyduls;

3) neben diesen Eisenausscheidungen geht auch das Kalium verloren und wird durch Wasserstoff ersetzt; und zwar tritt anfangs Eisenoxydul, gegen das Ende des Verwitterungsprozesses Kali schneller aus der Verbindung aus;

4) mit fortschreitender Bleichung findet eine Abnahme des specifischen Gewichts statt;

5) ebenfalls mit fortschreitender Bleichung und abnehmendem specifischen Gewicht verschwindet die Absorption und der Pleochroismus, während damit eine Zunahme des optischen Achsenwinkels und Abnahme der Hauptbrechungsindices Hand in Hand gehen, wobei es auch vorkommen kann, daß neben den Glimmern II. Art Glimmer I. Art entstehen.

Mit Bezug auf den zweiten Teil aber wurden folgende Resultate erlangt:

6) Kali, Fluor und Eisenoxydul wirken vergrößernd auf den optischen Achsenwinkel, Magnesia dagegen verkleinernd. Im großen und ganzen erscheint der optische Achsenwinkel nach der Formel:

$$2Ea = f \left\{ \frac{(K_2O + F) + FeO}{(K_2O + F) + FeO + MgO} \right\}$$

von der chemischen Zusammensetzung abhängig;

7) Zinnwaldite und Chromglimmer zeigen ein anomales Verhalten und dürften vermutlich andere Krystallstruktur besitzen

Aus dem dritten Teil endlich ersieht man folgendes:

8) Die optischen Achsenwinkel des frischen Biotits und seiner Verwitterungsprodukte stehen ebenfalls zur chemischen Zusammensetzung in gesetzmäßiger Beziehung, die sich durch die Formel:

$$2Ea = f \left\{ \frac{(K_2O + F) + FeO + MgO}{(K_2O + F) + FeO} \right\}$$

allgemein ausdrücken läßt;

9) da dieser Ausdruck dem sub 6 genannten reciprok ist, so nimmt in der graphischen Darstellung jener gesetzmäßigen Beziehungen die Kurve für die Verwitterungsprodukte des Magnesiaglimmers entgegengesetzten Verlauf wie die Kurve für die Glimmer II. Art;

10) die Abweichungen der gemessenen Werte des Achsenwinkels von den durch die Beziehung

$$2Ea = f \left\{ \frac{(K_2O + F) + FeO}{(K_2O + F) + FeO + MgO} \right\}$$

theoretisch ermittelten Werten sind hauptsächlich durch bereits eingetretene Verwitterung der untersuchten Glimmer zu erklären.

Jahresbericht
der
Medizinisch-naturwissenschaftlichen Gesellschaft
zu Jena

für das Jahr 1898 erstattet von

F. Skutsch,
d. Z. I. Vorsitzenden.

I. Sitzungen.

Es fanden im Jahre 1898 14 Gesamtsitzungen und 13 Sitzungen der Sektion für Heilkunde statt. In den Gesamtsitzungen wurden 16 Vorträge und Demonstrationen gehalten, in der Sektion für Heilkunde 35.

A. Gesamtsitzungen.

1. Sitzung, am 14. Januar.

Herr CZAPSKI: Ueber stereoskopische Mikroskope.

2. Sitzung, am 28. Januar.

Herr WALTHER: Ueber die Temperaturen von Sand und Felsen in der Wüste.

3. Sitzung, am 11. Februar.

Herr BINSWANGER: Cirkulation im Schädelinneren.

„ FÜRBRINGER: Demonstration von Schmetterlingen.

4. Sitzung, am 25. Februar.

Herr K. K. MÜLLER: Aus den Akten der 1793 gegründeten Naturforschenden Gesellschaft zu Jena.

5. Sitzung, am 6. Mai.

Herr BIEDERMANN: Zur Physiologie der Verdauung.

6. Sitzung, am 20. Mai.

Herr LINCK: Ueber Meteorsteine.

7. Sitzung, am 10. Juni.

Herr HAECKEL: Ueber Rädertiere und Radlarven.

8. Sitzung, am 1. Juli.

Herr BRAUS: Die Extremitätentheorie.

9. Sitzung, am 15. Juli.

Herr STRAUBEL: Zeeman'sches Phänomen.

„ STEUER: Einige Muschelkalk-Ammoniten.

10. Sitzung, am 29. Juli.

Herr WINKLER: Ueber Doppelsterne.

11. Sitzung, am 4. November.

Herr BIEDERMANN: Ueber Celluloseverdauung.

12. Sitzung, am 18. November.

Herr HAECKEL: Ueber die Primaten-Ahnen des Menschen.

13. Sitzung, am 2. Dezember.

Herr ZSIGMONDY: Ueber wäßrige Lösungen metallischen Goldes.

14. Sitzung, am 16. Dezember.

Herr DUDEN: Ueber einige Erscheinungen aus dem Gebiete der Elektrochemie.

B. Sitzungen der Sektion für Heilkunde.

1. Sitzung, am 6. Januar.

Herr GRAF: Demonstration zweier Fälle von Darmtumoren mit Ileus.

„ SCHUDT: Demonstrationen: Darmcarcinom; Stenosen im Dünndarm.

„ STRUBELL: Ueber lokalen Scharlach.

2. Sitzung, am 20. Januar.

Herr GUMPRECHT: Heftpflasterkompressionsverband hydropischer Stichstellen.

„ RIEDEL: Ueber subphrenische Abscesse.

„ FALK: Wiederholte Laparotomie bei Extrauterinschwangerschaft.

3. Sitzung, am 3. Februar.

Herr SCHULTZE: Axendrehung des Uterus.

„ WAGENMANN: Demonstrationen: Metastatisches Carcinom der Ader- bzw. Netzhaut; Keratoconus; exstirpierter Cysticercus des Auges.

„ MARQUARDSEN: Todesfall nach Ekzem.

4. Sitzung, am 3. März.

Herr HERTEL: Augenmuskellähmungen.

„ STRUBELL: Diabetes insipidus.

5. Sitzung, am 12. Mai.

Herr GÄRTNER: Die Aerztevereine in Thüringen.

6. Sitzung, am 18. Mai.

- Herr BINSWANGER: Haematomyelie.
 „ STRUBELL: Seltene Masernkomplifikation.
 „ GUMPRECHT: Die Jodreaktion im Sperma.

7. Sitzung, am 17. Juni.

- Herr WARDA: Akromegalie.
 „ KRAUSE: Kleine epileptische Anfälle.
 „ MATTHES: Ileus als Typhus-Komplikation.

8. Sitzung, am 7. Juli.

- Herr KREHL: Progressive Paralyse im Kindesalter.
 „ BINSWANGER: Krankenvorstellung.
 „ WAGENMANN: Hereditäre Sehnervenatrophie.

9. Sitzung, am 22. Juli.

- Herr STINTZING: Demonstration eines Falles von Milzbrand.
 „ SCHULZ: Ueber krystallisiertes Eiweiß.
 „ SKUTSCH: Exstirpation eines großen Lipoms der Nierenkapsel und des myomatösen Uterus.

10. Sitzung, am 27. Oktober.

- Herr KÖHLER: Ueber Pemphigus acutus.
 „ MATTHES: Multiples Myelom.
 „ GUMPRECHT: Historisches über Hydropsbehandlung.

11. Sitzung, am 10. November.

- Herr FALK: Metastase eines Ovarial-Teratoms auf dem Peritoneum.
 „ BINSWANGER: Krankenvorstellung.
 „ STINTZING: Krankenvorstellung.

12. Sitzung, am 24. November.

- Herr HERTEL: Erkrankungen des Thränensackes.
 „ SKUTSCH: a) Narkosenlähmung.
 b) Hydrocele muliebris.

13. Sitzung, am 8. Dezember.

- Herr HARTMANN: Krankenvorstellung.
 „ KÖHLER: Krankenvorstellung.
 „ ZIEHEN: Ueber Sensibilitätsprüfungen.

II. Bibliothekarischer Bericht.

Zu den Gesellschaften, Redaktionen u. s. w., mit denen die Gesellschaft im Jahre 1897 Tauschverkehr unterhielt, kamen im Jahre 1898 neu hinzu zwei:

- 1) Museu Paulista, S. Paulo.
- 2) Archives de zoologie expérimentale, Paris.

Von der unter 1) aufgeführten Anstalt wurden auch die früheren Veröffentlichungen erworben.

In 2 Fällen schweben noch die Verhandlungen über Tausch.

Der Tauschverkehr umfaßt also gegenwärtig 95 Gesellschaften und Redaktionen, da der zeitweilig unterbrochene Verkehr mit einigen Gesellschaften wieder aufgenommen wurde.

Außerdem ging eine Anzahl von periodischen Veröffentlichungen und einzelnen Schriften teils als Geschenk, teils mit der Bitte um Tausch ein, ohne daß auf letztere eingegangen werden konnte.

Die Gesellschaft spricht für alle Schenkungen ihren Dank aus. Die Eingänge wurden, den Satzungen entsprechend, der Universitätsbibliothek überwiesen.

Es stellte sich demnach im Jahre 1898 die Liste der Gesellschaften und Redaktionen, deren Veröffentlichungen die Medizinisch-naturwissenschaftliche Gesellschaft teils im Tauschverkehr, teils als Geschenk erhielt, folgendermaßen:

Ort:	Name der Gesellschaft oder der Redaktion:	Schriften:
Deutsches Reich.		
1) Berlin	Deutsche Chemische Gesellschaft	Centralblatt.
2) "	Medizinische Gesellschaft	Verhandlungen.
3) "	Gesellschaft naturf. Freunde	Sitzungsberichte.
4) Bonn	Naturhistor. Verein d. Rheinlande	Verhandlungen.
5) "	Niederrhein. Gesellschaft f. Natur- u. Heilkunde	Sitzungsberichte.
6) Breslau	Schlesische Gesellschaft f. vater- ländische Kultur	Jahresberichte.
7) Danzig	Naturforschende Gesellschaft	Schriften.
8) Frankfurt a. M.	Senkenberg. naturf. Gesellsch.	Abhandlungen.
9) "	" " "	Berichte.
10) "	" " "	Kataloge.
11) Freiburg i. B.	Naturforschende Gesellschaft	Berichte.
12) Gießen	Zoologische Jahrbücher, Abt. für Systematik etc.	
13) "	" " " Abt. für Ontogenie etc.	
14) Halle	Kaiserl. Leopold.-Carol. Akademie der Naturforscher	Verhandlungen.
15) "	" "	Katalog der Bi- bliothek.
16) "	" "	Repertorium.
17) "	Naturforschende Gesellschaft	Abhandlungen.
18) "	Thüringisch-Sächsischer Natur- wissenschaftlicher Verein	Zeitschrift.
19) "	" "	Bericht.
20) Hamburg	Naturwissenschaftlicher Verein	Abhandlungen.
21) "	" "	Verhandlungen.
22) Heidelberg	" Morphologisches Jahrbuch.	
23) { Helgoland	Biologische Anstalt	Veröffentlichun- gen.
24) { Kiel	Wiss. Kommission z. Untersuch. d. deutschen Meere	
25) Kassel	Botanisches Centralblatt.	
26) "	Verein für Naturkunde	Berichte.

Ort: Name der Gesellschaft Schriften:
oder der Redaktion:

- | | | | |
|-----|------------------|--|------------------------------------|
| 27) | Königsberg i. P. | Physikal.-ökonomische Gesellsch. | Schriften. |
| 28) | München | K. B. Akademie d. Wissensch.,
Math.-physik. Klasse | Abhandlungen.
Sitzungsberichte. |
| 29) | " | " | " |
| 30) | Münster | Westf. Provinzial-Verein f. Wis-
senschaft u. Kunst | Jahresbericht. |
| 31) | Wiesbaden | Nassauischer Verein f. Naturkunde | Jahrbücher. |
| 32) | Würzburg | Physikalisch-mediz. Gesellschaft | Sitzungsberichte. |
| 33) | " | " " " | Verhandlungen. |

Oesterreich-Ungarn.

- | | | | |
|-----|----------|---|--------------------------------------|
| 34) | Budapest | Ungar. Naturw. Gesellschaft | Math.-nat. Be-
richte. |
| 35) | " | " " " | Einzelschriften. |
| 36) | Graz | Naturw. Verein f. Steiermark | Mitteilungen. |
| 37) | Krakau | Akademie der Wissenschaften | Anzeiger. |
| 38) | Prag | K. Böhmisches Gesellschaft der
Wissenschaften | Sitzungsberichte.
Jahresberichte. |
| 39) | " | " " " | " |
| 40) | Triest | Società Adriatica di Scienze Natur. | Bullettino. |
| 41) | Wien | Kais. Akad. der Wissenschaften,
Math.-naturw. Klasse | Denkschriften. |
| 42) | " | " " " | Sitzungsberichte. |
| 43) | " | " " " | Anzeiger. |
| 44) | " | K. K. Geologische Reichsanstalt | Jahrbuch. |
| 45) | " | " " " | Verhandlungen. |
| 46) | " | " " " | Abhandlungen. |
| 47) | " | K. K. Zoolog.-botan. Gesellsch. | Verhandlungen. |

Schweiz.

- | | | | |
|-----|------|--|----------------|
| 48) | Bern | Schweizer. Naturf. Gesellsch. | Denkschriften. |
| 49) | " | " " " | Verhandlungen. |
| 50) | " | " " " | Compte Rendu. |
| 51) | " | Naturforschende Gesellschaft | Mitteilungen. |
| 52) | Genf | Institut National Genevois | Bulletin. |
| 53) | " | " " " | Mémoires. |
| 54) | " | Société de Physique et d'Histoire
naturelle | Mémoires. |

Italien.

- | | | | |
|-----|---------|--|-----------------|
| 55) | Bologna | Accademia delle Scienze dell'
Istituto di Bologna | Memorie. |
| 56) | " | " " " | Rendiconti. |
| 57) | Florenz | Società Botanica Italiana | Nuovo Giornale. |
| 58) | " | " " " | Bullettino. |
| 59) | Mailand | Società Italiana di Scienze Naturali | Atti. |
| 60) | " | " " " | Memorie. |
| 61) | Messina | R. Accademia Peloritana | Atti. |

Ort:	Name der Gesellschaft oder der Redaktion:	Schriften:
62) Neapel	R. Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche	Atti.
63) "	" "	Rendiconti.
64) "	Zoologische Station	Mittheilungen.
65) Padua	R. Stazione Bacologica	Pubblicazioni.
66) Pisa	Società Toscana di Scienze Naturali	Atti.
67) "	" "	Processi verbali.
68) Rom	Laboratorio di anatomia normale	Ricerche.
69) Turin	Archives Italiennes de Biologie.	
70) "	Archivio per le Scienze Mediche.	
71) "	R. Accademia delle Scienze	Memorie.
72) "	" "	Atti.
73) "	" "	Osservazioni meteorologiche.
Frankreich.		
74) Caen	Société Linnéenne de Normandie	Bulletin
75) "	" "	Mémoires.
76) Marseille	Musée d'Histoire natur. (Zoologie)	Annales.
77) "	Faculté des Sciences	Annales.
78) "	Annales de l'Institut	Colonial.
79) Paris	Musée d'Histoire naturelle	Archives.
80) "	" "	Bulletins.
81) "	L'Année Biologique.	
82) "	Société de Biologie	Comptes Rendus.
83) "	Société zoologique de France	Mémoires.
84) "	" "	Bulletin.
85) "	Archives de Zoologie expérimentale.	
Belgien.		
86) Brüssel	Académie R. des Sciences, des Lettres et des Beaux Arts	Bulletins.
87) "	" "	Mémoires.
88) "	" "	Mém. couronnés (8 °).
89) "	" "	Mém. couronnés (4 °).
90) "	" "	Annuaire.
91) "	Société entomologique	Annales.
92) "	" "	Mémoires.
93) Löwen	La Cellule.	
94) Lüttich	Archives de Biologie.	
Holland.		
95) Amsterdam	K. Akademie van Wetenschappen, Wis- en natuurkundige Afdeeling	Verhandelingen.
96) "	" "	Verslagen.
97) "	" "	Jaarboek.
98) 's Gravenhage	K. Natuurkundige Vereeniging in Nederlandsch-Indie	Tijdschrift.

Ort:	Name der Gesellschaft oder der Redaktion:	Schriften:
99) Haarlem	Musée Teyler	Archives.
100) Leiden	Nederlandsche Dierkundige Ver- eeniging	Tijdschrift.
Luxemburg.		
101) Luxemburg	Institut Grand Ducal, Sect. d. Sciences natur. et math.	Publications.
Großbritannien.		
102) Cambridge	Philosophical Society	Transactions.
103) "	"	Proceedings.
104) Edinburgh	Royal Society	Transactions.
105) "	"	Proceedings.
106) "	R. Physical Society	Proceedings.
107) London	Linnean Society	Transactions.
108) "	"	Journal.
109) "	R. Microscopical Society	Journal.
110) "	Royal Society	Philosoph. Trans- actions.
111) "	"	Proceedings.
112) "	"	Year Book.
113) "	Zoological Society	Transactions.
114) "	"	Proceedings.
115) "	Annals and Magazine of Natural History.	
116) Oxford	Quarterly Journal of Microscopical Science.	
Dänemark.		
117) Kopenhagen	K. Danske Videnskab. Selskab	Skrifter.
118) "	" " " "	Oversigt.
Norwegen.		
119) Christiania	Norske Medicinske Selskab	Forhandlinger.
120) "	" " "	Norsk Magazin.
Schweden.		
121) Göteborg	K. Vetenskaps och Vitterhets Samhälle	Handlingar.
122) Stockholm	Nordiskt Medicinskt Arkiv.	
123) "	Svenska Läkare Sällskap	Hygiea.
124) "	" " "	Förhandlingar.
125) "	K. Svenska Vetenskaps-Akademie	Handlingar.
126) "	" " "	Bihang.
127) "	" " "	Öfversigt.
128) "	" " "	Lefnadstecknin- gar.
129) Upsala	Kongl. Vetenskaps-societet	Nova Acta.
130) "	Universität	Bulletin of the Geolog. Instit.
131) "	"	Läkare Förenings Förhandlingar.

Ort:	Name der Gesellschaft oder der Redaktion:	Schriften:
Rußland.		
132) Helsingfors	Finska Vetenskaps Societet	Acta.
133) "	" " "	Ofversigt.
134) "	" " "	Bidrag till Kännedom of Finnlands Natur och Folk.
135) "	" " "	Observations météorolog.
136) Moskau	Société Impériale des Naturalistes	Bulletin.
137) St. Petersburg	Comité géologique	Mémoires.
138) "	" "	Bulletin.
139) "	Akademie der Wissenschaften	Bulletin.
Rumänien.		
140) Jassy	Société des Médecins et des Naturalistes	Bulletin.
Nordamerika.		
I. Canada.		
141) Montreal	Royal Society of Canada	Proceedings.
142) Ottawa	Geolog. and Nat. History Survey of Canada	Reports.
II. Vereinigte Staaten.		
143) Boston	Society of Natural History	Memoirs.
144) "	" " "	Proceedings.
145) "	" " "	Occasional Papers.
146) Cambridge	Mus. of Comparative Zoölogy	Memoirs.
147) "	" " "	Annual Report.
148) "	" " "	Bulletins.
149) St. Louis	Missouri Botanical Garden	Annual Report.
150) Meridan	Scientific Association	Proceedings and Transactions.
151) New Haven	Connecticut Academy of Arts and Sciences	Transactions.
152) "	The American Journal of Science.	
153) Philadelphia	Journal of Comparative Medicine.	
154) "	Academy of Natural Sciences	Proceedings.
155) "	The American Naturalist.	
156) Washington	U. S. National Museum	Bulletins.
157) "	" " "	Special Bulletins.
158) "	" " "	Proceedings.
159) "	Smithsonian Institution	Report.
160) "	U. S. Geological Survey	Bulletins.
161) "	" " "	Annual Reports.
162) "	" " "	Monographs.

Ort:	Name der Gesellschaft oder der Redaktion:	Schriften:
------	--	------------

Südamerika.

I. Chile.

163)	Santiago	Deutscher wissensch. Verein	Verhandlungen.
164)	"	Société scientifique du Chili	Actes.
165)	"	Instituto de Higiene	Revista.
166)	"	" " "	Boletin.
167)	"	" " "	Sesiones.

II. Argentinien.

168)	Córdoba	Academia Nacional de Ciencias	Boletin.
------	---------	-------------------------------	----------

III. Brasilien.

169)	Rio de Janeiro	Museu Nacional	Revista.
170)	S. Paulo	Museu Paulista	Revista.

Australien.

171)	Melbourne	Royal Society of Victoria	Proceedings.
172)	"	" " " " "	Transactions.
173)	Sydney	Royal Society of New South Wales	Journal and Proceedings.
174)	"	Linnean " " "	Proceedings.

Japan.

175)	Tokio	College of Science, Imperial University	Journal.
176)	"	Medizinische Fakultät der K. Universität	Mitteilungen.

Von den Schriften der Gesellschaft erschienen im Jahre 1898:

1) Jenaische Zeitschrift, Bd. XXXI oder N. F. Bd. XXIV Heft 3 u. 4 und Bd. XXXII oder N. F. Bd. XXV, Heft 1—4 komplet.

2) Denkschriften: SEMON, Forschungsreisen, Heft 12, 13, 14 oder Denkschriften, Bd. VIII 4, Bd. VI 2, u. Bd. IV 2.

III. Kassenbericht.

Der Kassenbericht wurde in der Sitzung vom 16. Dezember von Herrn THOMAE geprüft und für richtig befunden. Die Einnahme betrug 6099 Mark 82 Pf., die Ausgaben beliefen sich auf 6090 Mark 35 Pf., bleibt ein Barvorrat von 9 Mark 47 Pf.

IV. Vorstand, Tauschkommission, Mitglieder.

Den Vorstand der Gesellschaft bildeten im Jahre 1898:

FELIX SKUTSCH, I. Vorsitzender,
 ERNST HAECKEL, II. Vorsitzender,
 MAX FÜRBRINGER, Redakteur der Zeitschrift,
 KARL KONRAD MÜLLER, Bibliothekar.

Die Tauschkommission wurde gebildet von dem Vorstand und den Herren GUSTAV FISCHER, ERNST STAHL, ADOLF WINKELMANN.

Zum I. Vorsitzenden für das Jahr 1899 wurde in der Schlußsitzung vom 16. Dezember

Herr SCHOTT

gewählt. Die übrigen Vorstandsmitglieder und die Herren der Tauschkommission wurden wiedergewählt.

Die Gesellschaft hatte den Tod eines Mitgliedes, des Professor Dr. SCHILLBACH, zu beklagen.

Im Jahre 1898 schieden infolge Wegganges von Jena aus der Gesellschaft aus:

Prof. Dr. KÜKENTHAL,
Dr. STEGMANN,
Dr. STRAUB.

Neu aufgenommen wurden:

Dr. KRAUSE,	Dr. MARQUARDSEN,	Dr. HILLMANN,
Dr. DANSAUER,	Dr. STRUBELL,	Dr. F. N. SCHULZ,
Dr. BERGER,	Dr. FALK,	Dr. HERTEL,
Dr. STEUER,	Dr. GRAF,	Prof. Dr. ZIEGLER.

Von diesen schied Dr. MARQUARDSEN durch Weggang von Jena wieder aus.

Die Mitgliederzahl beträgt somit am Ende des Jahres 1898: 93.

Mitgliederverzeichnis.

Frühere Ehrenmitglieder waren die Herren:

	Jahr der Ernennung
KARL SCHIMPER († 1867)	1855
DIETRICH GEORG KIESER († 1862)	1855
LOUIS SORET († 1890)	1864
ALBERT VON BEZOLD († 1868)	1866
THOMAS HUXLEY († 1895)	1867
MATTHIAS JACOB SCHLEIDEN († 1881)	1878
OSKAR SCHMIDT († 1886)	1878
CHARLES DARWIN († 1882)	1878
FRANZ VON RIED († 1895)	1892

I. Ehrenmitglieder.

1) CARL GEGENBAUR, Heidelberg	1873
2) OTTOMAR DOMRICH, Meiningen	1892
3) ERNST HAECKEL, Jena (1861)	1894
4) BERNHARD SIGISMUND SCHULTZE (1858)	1897

II. Ordentliche Mitglieder.

	Jahr der Aufnahme.
1) Prof. Dr. ERNST ABBE	Jena 1863
2) Prof. Dr. FELIX AUERBACH	" 1889
3) Prof. Dr. KARL VON BARDELEBEN, Hofrat	" 1873
4) Dr. HANS BERGER, Assistenzarzt	" 1898
5) Prof. Dr. WILHELM BIEDERMANN, Hofrat	" 1888

	Jahr der Aufnahme.
6) Prof. Dr. OTTO BINSWANGER, Hofrat	Jena 1882
7) Dr. FRITZ BOCKELMANN, prakt. Arzt, Sanitätsrat	Rudolstadt 1875
8) Dr. HERMANN BRAUS, Privatdozent, Assistent a. d. anat. Anstalt	Jena 1894
9) Dr. FRIEDR. BUCHBINDER, Gymnasialprof. a. D.	" 1889
10) WILHELM BUTZ, Realschuldirektor a. D.	" 1892
11) Dr. SIEGFRIED CZAPSKI	" 1885
12) Dr. FRITZ DANSAUER, Assistenzarzt	" 1898
13) Prof. Dr. BERTHOLD DELBRÜCK	" 1885
14) Prof. Dr. WILHELM DETMER	" 1875
15) Dr. PAUL DUDEN, Privatdozent	" 1894
16) Dr. HEINRICH EGGELING, Geh. Staatsrat, Univ.- Kurator	" 1887
17) Dr. GUSTAV EICHHORN, prakt. Arzt	" 1891
18) Prof. Dr. HERMANN ENGELHARDT, Med.-Rat	" 1888
19) Dr. OTTO FALK, Assistenzarzt	" 1898
20) Dr. GUSTAV FISCHER, Verlagsbuchhändler	" 1885
21) Prof. Dr. GOTTLÖB FREGE	" 1874
22) Prof. Dr. MAX FÜRBRINGER, Geh. Hofrat	" 1888
23) Dr. CHRISTIAN GÄNGE, Privatdozent	" 1875
24) Prof. Dr. AUGUST GÄRTNER, Geh. Hofrat	" 1886
25) Dr. WALTHER GEBHARDT	" 1897
26) Dr. ERNST GIESE, prakt. Arzt	" 1893
27) Prof. Dr. GEORG GÖTZ, Geh. Hofrat	" 1889
28) Dr. KARL GRAF, prakt. Arzt	" 1898
29) Dr. FERDINAND GUMPRECHT, Privatdozent	" 1892
30) Dr. ERNST HERTEL, Privatdozent	" 1898
31) Dr. HEINRICH HILLMANN, Assistenzarzt	" 1898
32) GUSTAV JONAS, Apotheker	" 1890
33) Prof. Dr. JOHANNES KESSEL	" 1886
34) Prof. Dr. OTTO KNOPF	" 1889
35) Dr. E. KNORR	" 1897
36) Prof. Dr. LUDWIG KNORR	" 1889
37) RUDOLF KOCH, Bankier	" 1893
38) WILHELM KOCH, Bankier	" 1893
39) Dr. KARL KOLESCH, Gymnasiallehrer	" 1891
40) Dr. KARL KRAUSE, Hausarzt d. psychiatr. Klinik	" 1898
41) Prof. Dr. LUDOLF KREHL	" 1892
42) Dr. O. KÜNNEMANN, Medizinalassessor	" 1895
43) Prof. Dr. GOTTLÖB LINCK	" 1894
44) Dr. HEINRICH LÖNS, Assistenzarzt	" 1897
45) HERMANN MASER, Rechtsanwalt	" 1893
46) C. MATTHES, Apotheker, Rentier	" 1896
47) Prof. Dr. MAX MATTHES	" 1891
48) Prof. Dr. WILHELM MÜLLER, Geh. Hofrat	" 1865
49) Dr. KARL KONRAD MÜLLER, Direktor d. Univ.-Bibl.	" 1891

	Jahr der Aufnahme.
50) Dr. MAX PAULY	Jena 1897
51) Dr. EMIL PFEIFFER, Fabrikdirektor a. D.	" 1887
52) Prof. Dr. THEODOR PFEIFFER	" 1892
53) ERNST PILTZ, Institutslehrer	" 1893
54) GOTTH. PRÜSSING, Fabrikdirektor	" 1890
55) Dr. KARL PULFRICH	" 1891
56) Prof. Dr. FRITZ REGEL	" 1882
57) Prof. Dr. BERNHARD RIEDEL, Geh. Med.-Rat	" 1889
58) Dr. PAUL RIEDEL	" 1893
59) Dr. FRITZ RÖMER, Assistent am zool. Institut	" 1893
60) Prof. Dr. ROSENTHAL	" 1897
61) Dr. LEO SACHSE, Gymnasialprofessor a. D.	" 1876
62) Prof. Dr. HERMANN SCHÄFFER, Hofrat	" 1855
63) Dr. KARL SCHMIDT, Apotheker	" 1897
64) Dr. OTTO SCHOTT, Fabrikdirektor	" 1882
65) Dr. MORITZ SCHULTESS, Stabsarzt	" 1896
66) PAUL SCHULTZE, Oberinspektor	" 1879
67) Dr. FRIEDRICH SCHULZ, Privatdozent	" 1898
68) Prof. Dr. MORITZ SEIDEL, Geh. Medizinalrat	" 1864
69) Prof. Dr. SETTEGAST	" 1896
70) Dr. LUCAS SIEBERT, prakt. Arzt	" 1881
71) Prof. Dr. FELIX SKUTSCH	" 1884
72) Prof. Dr. ERNST STAHL	" 1881
73) Dr. ALEXANDER STEUER, Privatdozent	" 1898
74) Prof. Dr. RODERICH STINTZING, Hofrat	" 1890
75) Dr. HEINRICH STÖY, Privatdozent, Institutsdirektor	" 1877
76) Dr. RUDOLF STRAUBEL, Privatdozent	" 1894
77) Dr. ALEXANDER STRUBELL, Assistenzarzt	" 1898
78) Dr. R. TEUSCHER, Arzt, Privatgelehrter	" 1873
79) Prof. Dr. JOHANNES THOMAE, Geh. Hofrat	" 1879
80) Prof. Dr. AUGUST THON, Geh. Justizrat	" 1896
81) Prof. Dr. MAX VERWORN	" 1891
82) AUGUST VOGT, Landkammerrat	" 1897
83) Prof. Dr. AUGUST WAGENMANN	" 1892
84) Prof. Dr. JOHANNES WALTHER	" 1886
85) Dr. WEINERT, prakt. Arzt	" 1897
86) FRIEDRICH WIEGMANN, Apotheker	" 1893
87) Prof. Dr. ADOLF WINKELMANN, Geh. Hofrat	" 1886
88) Dr. WILHELM WINKLER, Privatgelehrter	" 1887
89) Prof. Dr. ADOLF WITZEL	" 1893
90) Prof. Dr. LUDWIG WOLFF	" 1892
91) Prof. Dr. HEINR. ERNST ZIEGLER	" 1898
92) Prof. Dr. THEODOR ZIEHEN	" 1886
93) Dr. RICHARD ZSIGMONDY	" 1897

Fig. 1.

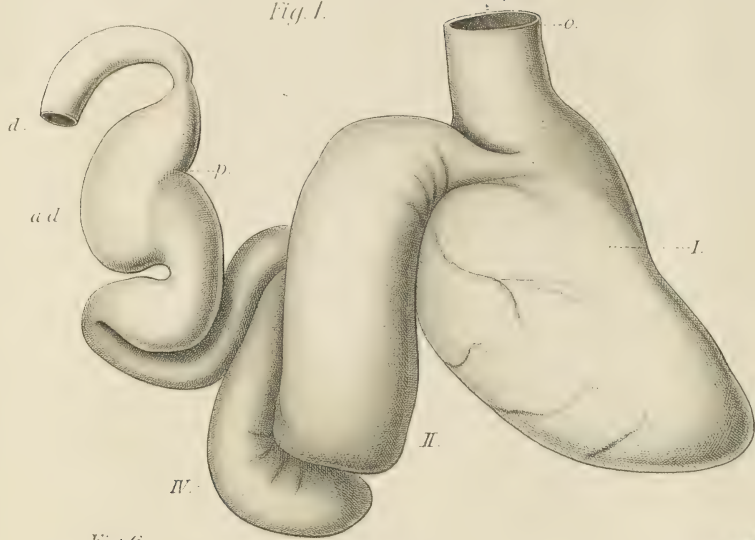


Fig. 2.



Fig. 13.

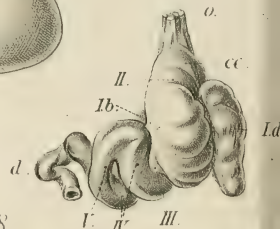


Fig. 6.

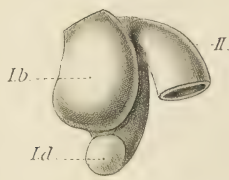


Fig. 7.

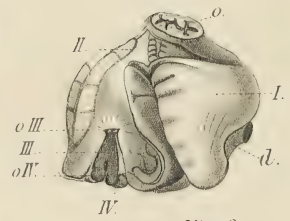


Fig. 8.



Fig. 10.

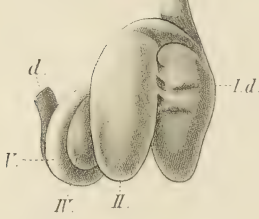


Fig. 9.



Fig. 11.

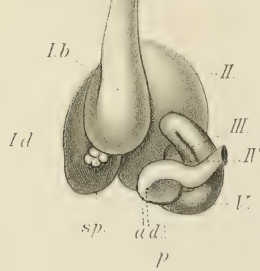


Fig. 12.

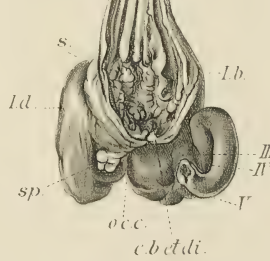






Fig. 24.

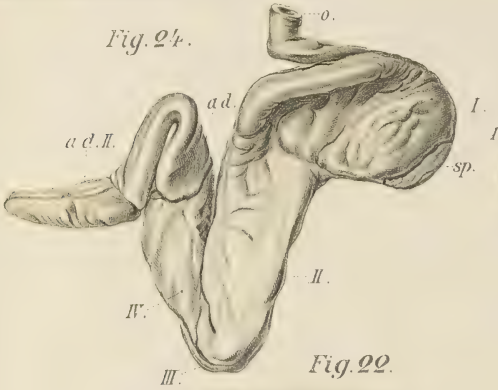


Fig. 25.

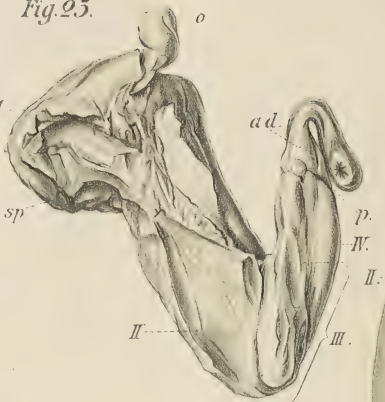
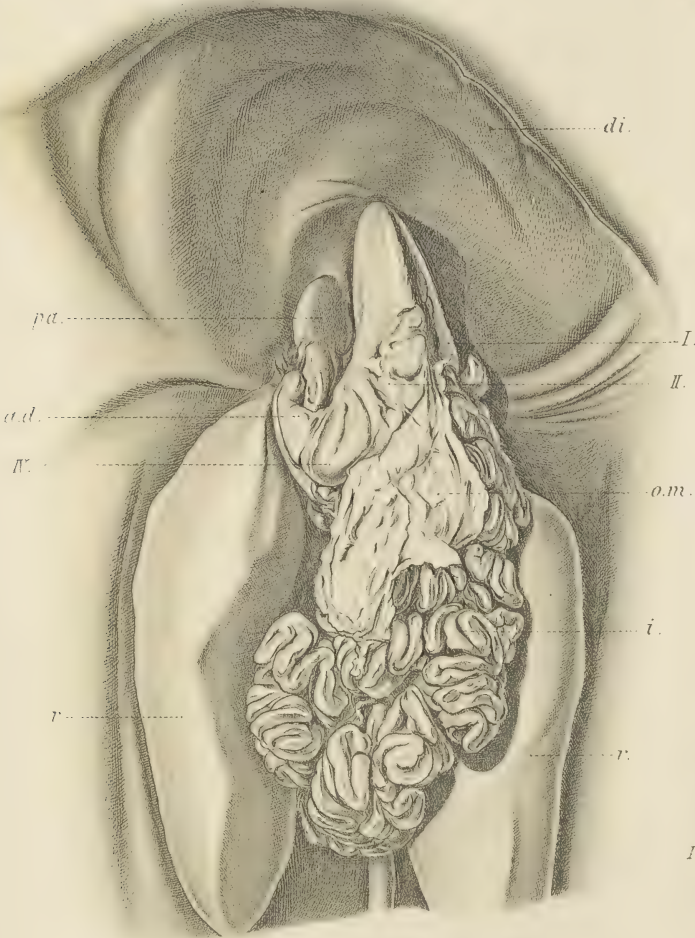


Fig. 22.



G. III.

III.

G. III.

IV.

Fig. 31.

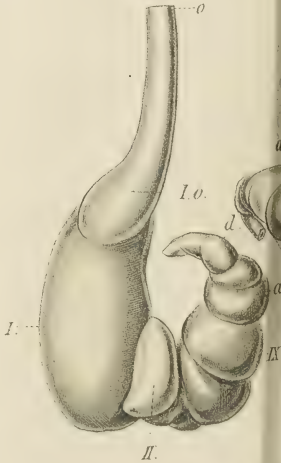


Fig. 27.

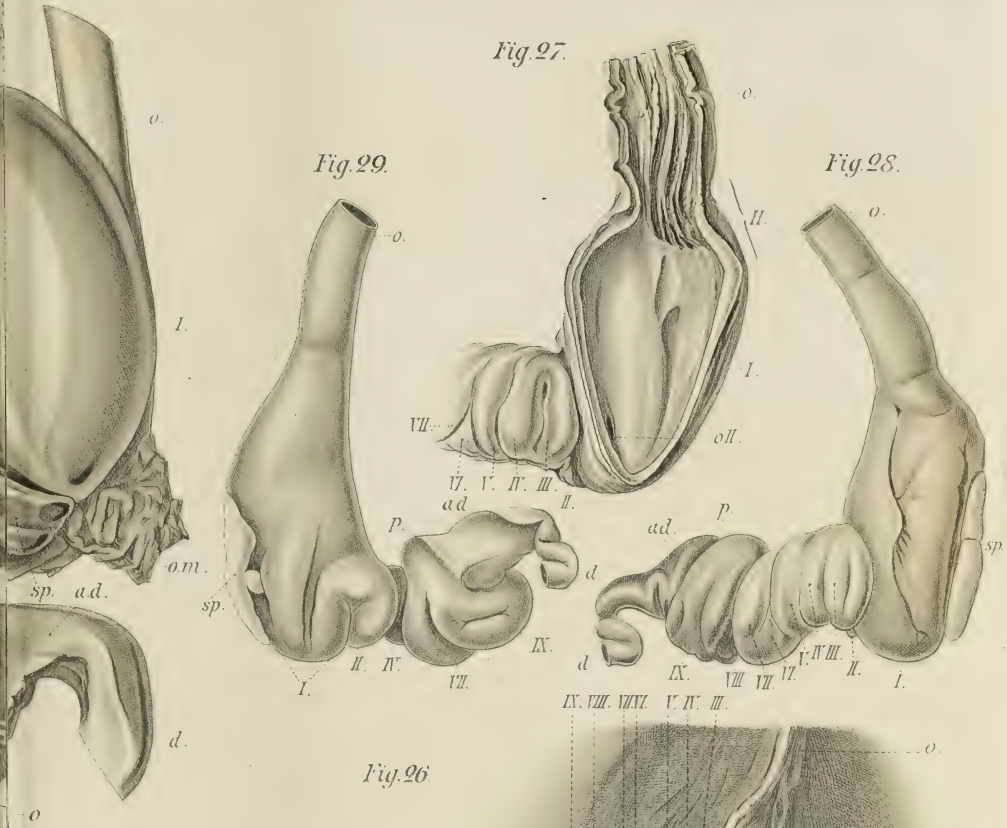


Fig. 26

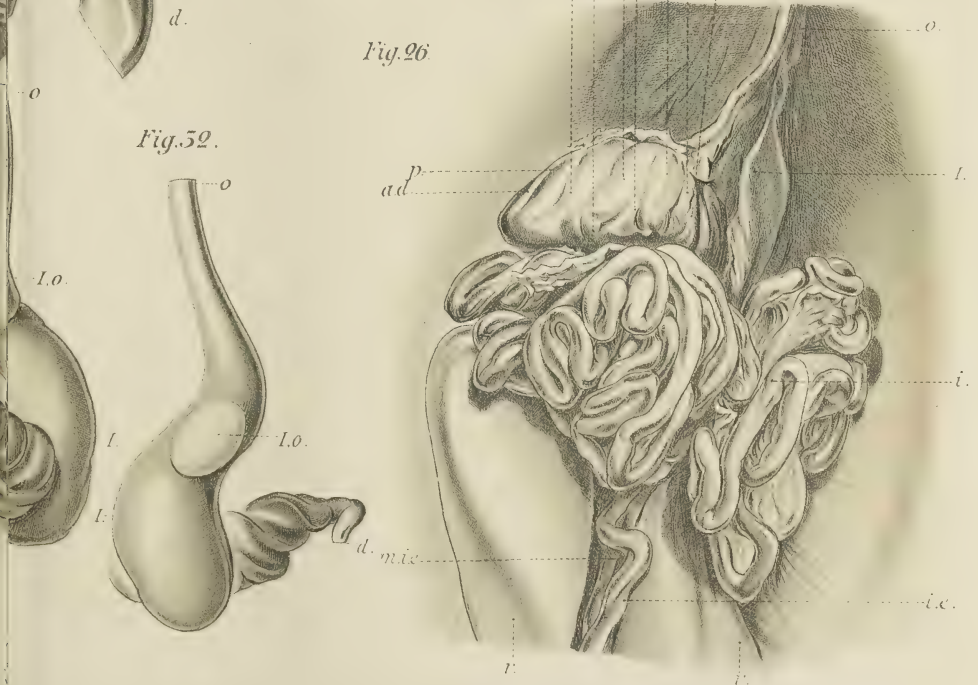


Fig. 24.

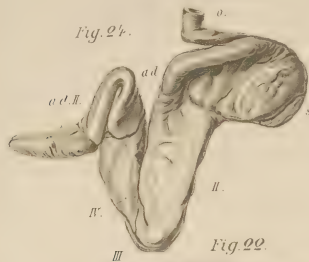


Fig. 22.

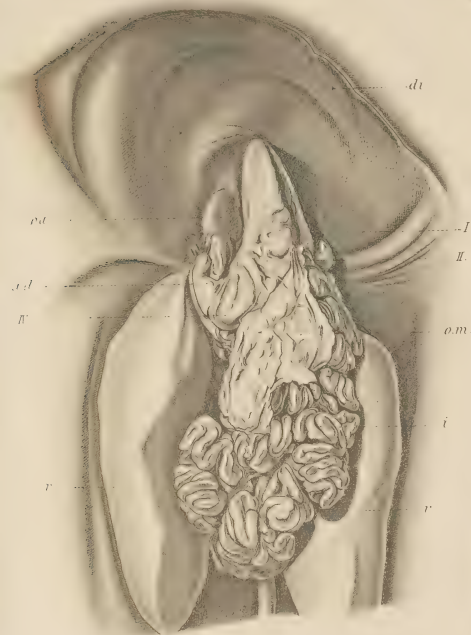


Fig. 25.

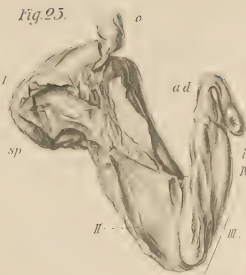


Fig. 26.

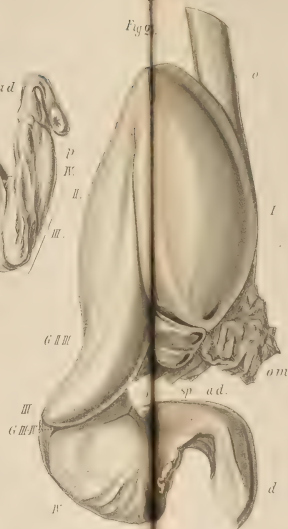


Fig. 31.

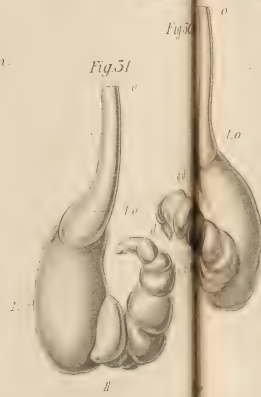


Fig. 52.



Fig. 27.

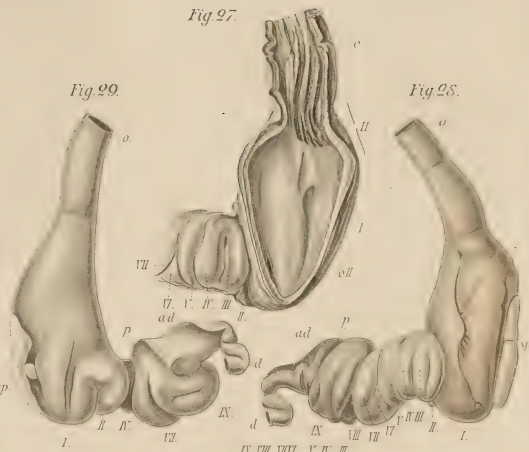


Fig. 29.

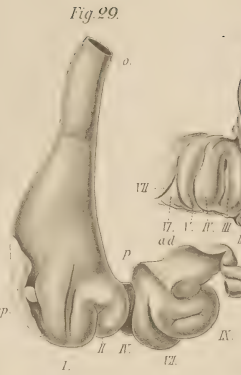


Fig. 28.

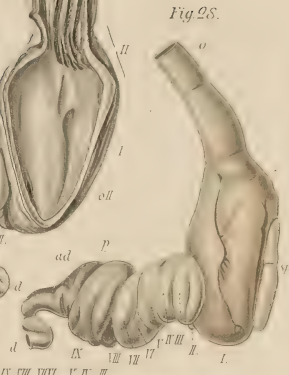


Fig. 26.



Fig. 1.



Fig. 5.

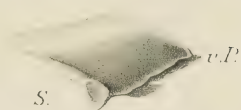


Fig. 6.



Fig. 10.

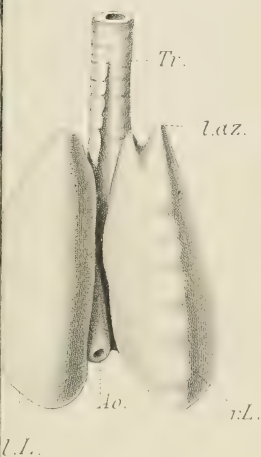


Fig. 11.

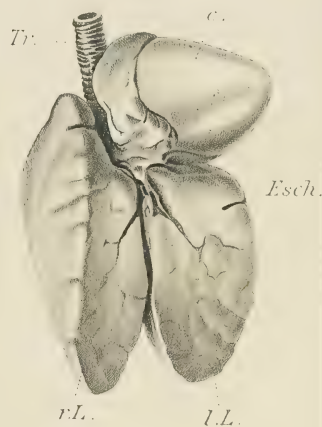
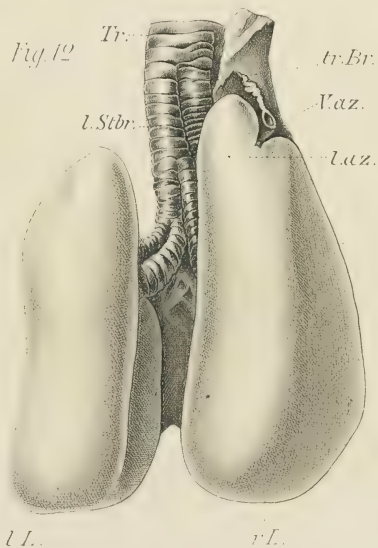


Fig. 12.



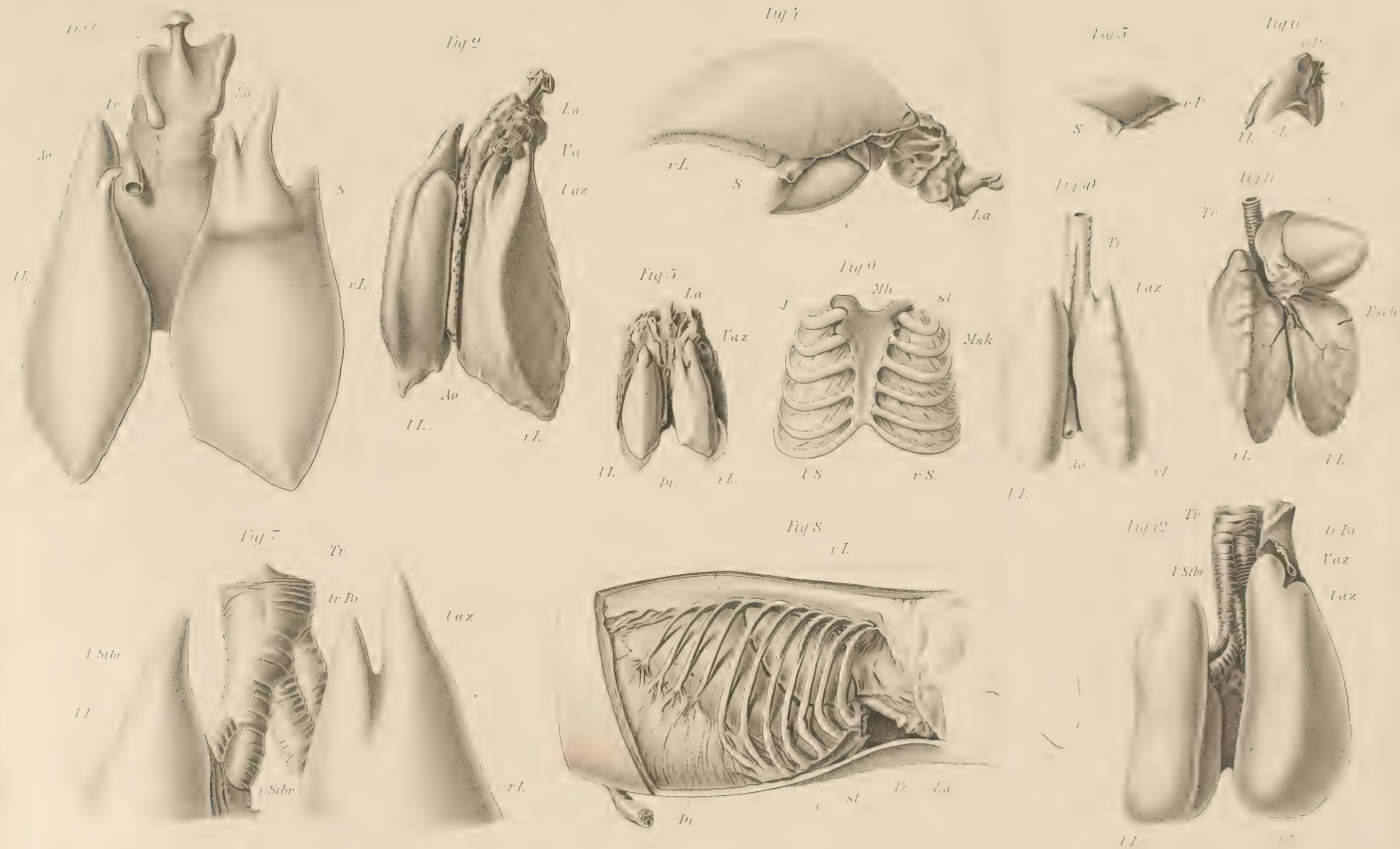


Fig. 16.

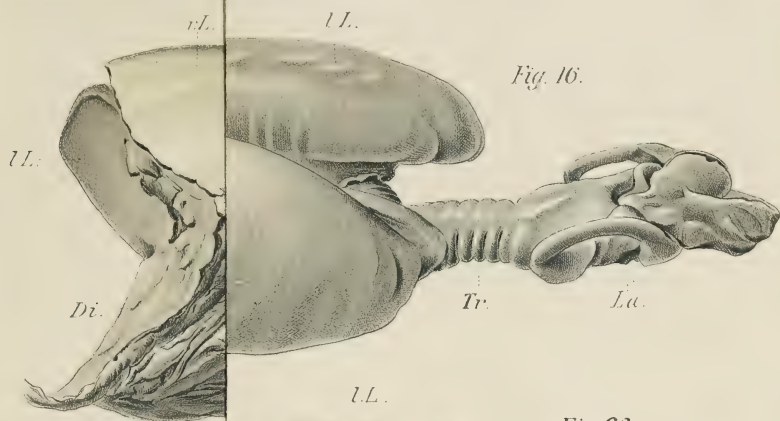


Fig. 20.

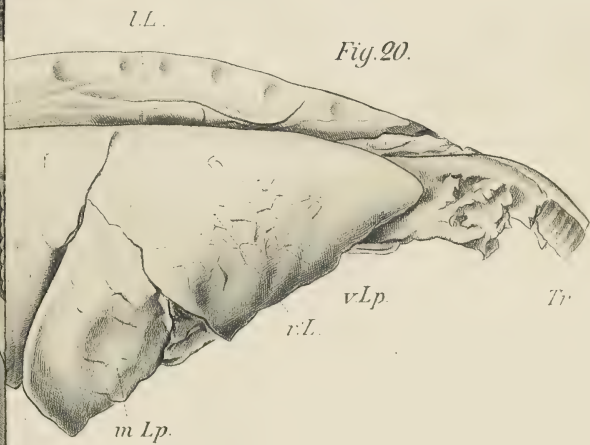
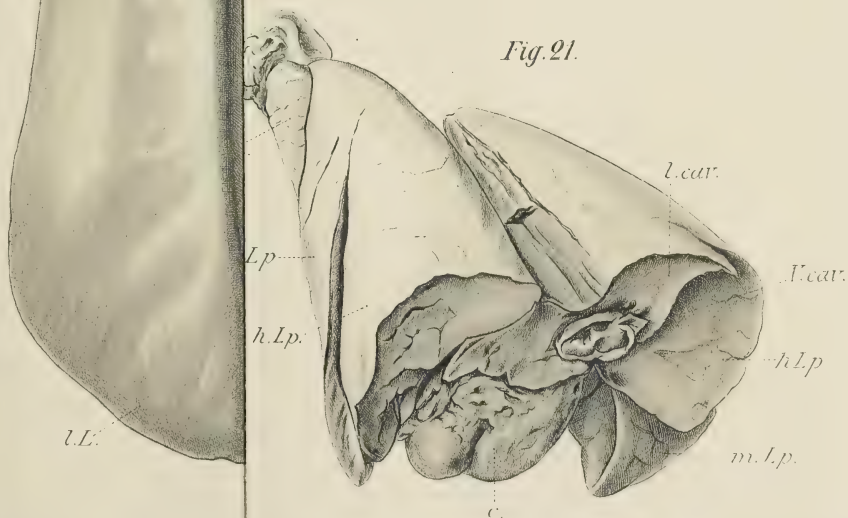


Fig. 21.



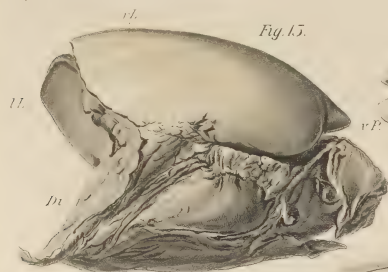


Fig. 15.

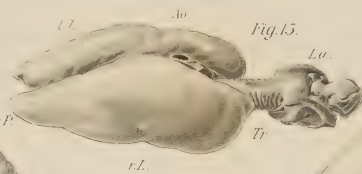


Fig. 16.

Fig. 17.

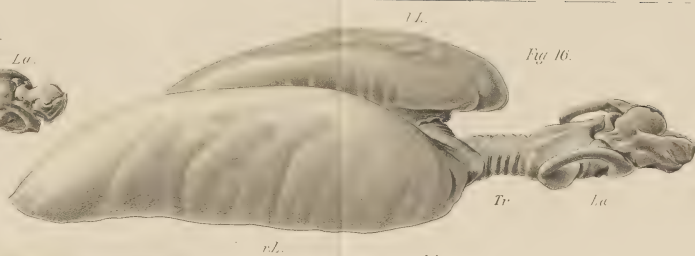


Fig. 18.

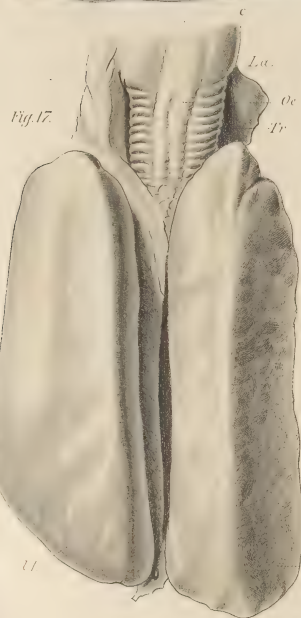


Fig. 19.

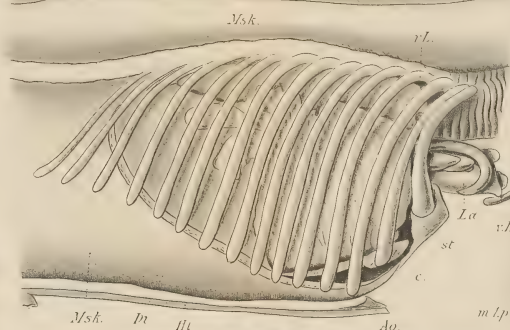


Fig. 20.



Fig. 21.

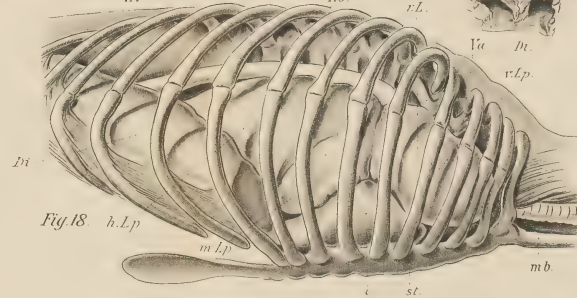


Fig. 22.

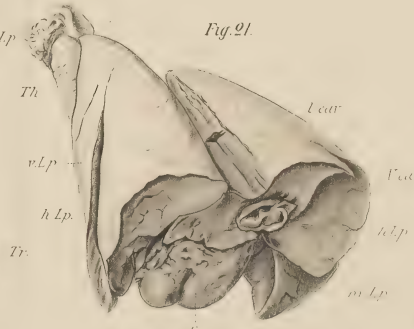


Fig. 23.

Fig. 24.



Tr.

Ap.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

1V.

2V.

3V.

4V.

5V.

Fig. 25.

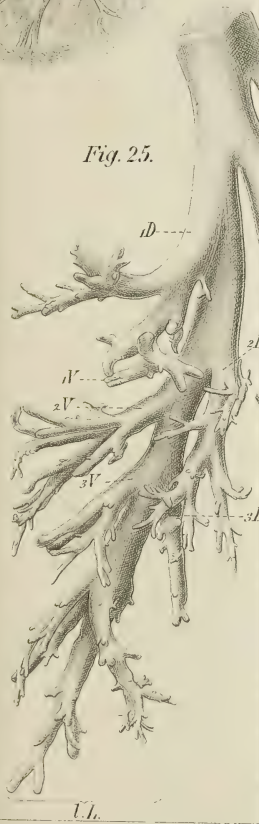


Fig. 38.



Fig. 33.

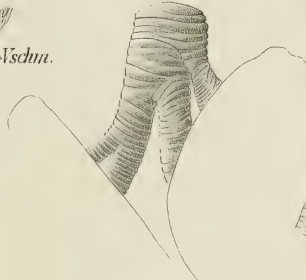


Fig. 34.



Fig. 31.

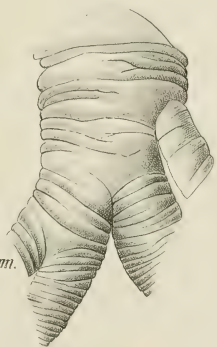


Fig. 32.

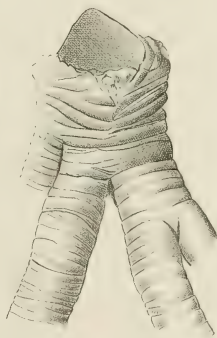




Fig. 39

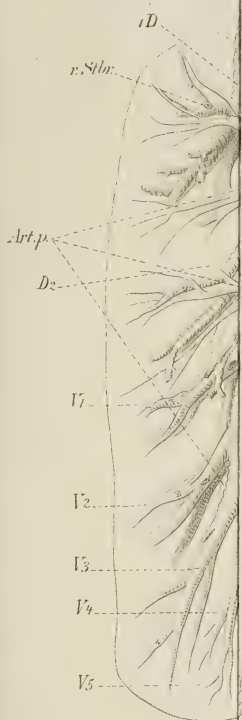


Fig. 41

