

1051

# HANDBUCH DER VERGLEICHENDEN PHYSIOLOGIE

BEARBEITET VON

E. BABÁK (BRÜNN), S. BAGLIONI (ROM), W. BIEDERMANN (JENA),  
R. DU BOIS-REYMOND (BERLIN), F. BOTTAZZI (NEAPEL), E. v. BRÜCKE  
(INNSBRUCK), R. BURIAN (BELGRAD), R. EHRENBURG (GÖTTINGEN),  
L. FREDERICQ (LÜTTICH), R. F. FUCHS (BRESLAU), S. GARTEN (LEIPZIG),  
E. GODLEWSKI (KRAKAU), C. v. HESS (MÜNCHEN), J. LOEB (NEW-YORK),  
E. MANGOLD (FREIBURG), A. NOLL (JENA), O. POLIMANTI (PERUGIA),  
H. PRZIBRAM (WIEN), G. QUAGLIARIELLO (NEAPEL), J. STROHL  
(ZÜRICH), R. TIGERSTEDT (HELSINGFORS), O. WEISS (KÖNIGSBERG),  
H. WINTERSTEIN (ROSTOCK)

HERAUSGEGEBEN VON

HANS WINTERSTEIN  
IN ROSTOCK

ERSTER BAND  
PHYSIOLOGIE DER KÖRPERSÄFTE  
PHYSIOLOGIE DER ATMUNG

*Zweite Hälfte*

MIT 250 ABBILDUNGEN IM TEXT



JENA  
VERLAG VON GUSTAV FISCHER  
1921

# Inhalt des I. Bandes, 2. Hälfte.

	Seite
<b>Die physikalisch-chemischen Erscheinungen der Atmung.</b> Von	
<b>Hans Winterstein</b> , Rostock. Mit 68 Abbildungen im Text . . .	1
Einleitung: Die respiratorischen Medien . . . . .	1
A. Das Wasser als respiratorisches Medium . . . . .	1
1. Der Sauerstoffhaushalt des Wassers . . . . .	2
2. Der Kohlensäurehaushalt des Wassers . . . . .	10
B. Die Luft als respiratorisches Medium . . . . .	15
Anhang: Das Verhalten unter Wasser befindlicher Gasansammlungen . .	17
Literatur . . . . .	18
<b>Spezieller Teil.</b>	
I. Pflanzen . . . . .	21
1. Der Gasaustausch mit dem äußeren respiratorischen Medium . . .	21
a) Mit Spaltöffnungen versehene Pflanzen . . . . .	21
b) Submerse Pflanzen . . . . .	25
2. Der Durchtritt der Gase durch die Zellwände . . . . .	27
3. Die innere Atmosphäre der Pflanzen . . . . .	33
4. Sauerstoff-Speicherung . . . . .	37
Literatur . . . . .	38
II. Protozoen . . . . .	40
Respiratorische Bedeutung des Chlorophylls . . . . .	40
Gassekretion bei Protozoen . . . . .	41
Literatur . . . . .	42
III. Poriferen und Cölenteraten . . . . .	42
Schwimmblyse der Siphonophoren . . . . .	43
Respiratorische Bedeutung der Farbstoffe und des Chlorophylls . .	49
Literatur . . . . .	50
IV. Echinodermen . . . . .	51
1. Asteroideen . . . . .	53
2. Ophiurideen . . . . .	54
3. Crinoideen . . . . .	54
4. Echinoideen . . . . .	55
5. Holothuriodeen . . . . .	57
Respiratorische Bedeutung der Farbstoffe . . . . .	61
Literatur . . . . .	62

Auch bei pflanzlichen Protisten (z. B. Phycochromaceen) ist das Auftreten von Gasvakuolen im Dienste hydrostatischer Funktionen festgestellt (KLEBAHN, 6).

### Literatur.

#### Protozoen.

1. Engelmann, Th. W., Beiträge zur Physiologie des Protoplasmas. Pflügers Arch., Bd. 2 (1869), p. 307.
2. — Ueber Gasentwicklung im Protoplasma lebender Protozoen. Zool. Anz., Bd. 1 (1878), p. 152.
3. — Ueber Licht- und Farbenperzeption niederster Organismen. Pflügers Arch., Bd. 29 (1882), p. 387.
4. — Ueber tierisches Chlorophyll. Ebenda, Bd. 32 (1883), p. 80.
5. Entz, G., Zur Gasentwicklung im Protoplasma lebender Protozoen. Zool. Anz., Bd. 1 (1878), p. 248.
6. Klebahn, H., Gasvakuolen, ein Bestandteil der Zellen der wasserblütebildenden Phycochromaceen. Flora, Bd. 80 (1895), p. 241.
7. Perty, M., Zur Kenntnis kleinster Lebensformen. Berlin 1852, p. 184 (zit. nach Entz, 5).

### III. Poriferen und Cölenteraten.

Auch bei den Poriferen und Cölenteraten sind eigene Respirationsorgane nicht zur Ausbildung gelangt. Bei den ersteren sorgt der Flüssigkeitsstrom, der, durch die Tätigkeit der Geißelkammern in Bewegung gehalten, in zahllosen feinen Kanälen kontinuierlich den ganzen Körper durchsetzt, für Ernährung und Ausscheidung ebenso wie für den Gasaustausch; bei den zweiten wird dieser durch die Zartheit des gesamten Organismus oder wenigstens die seiner Anhänge, besonders der Tentakel, ermöglicht. Hierzu kommt auch hier die Flüssigkeitsströmung, die teils durch die Fortbewegung des Tieres, teils durch den Schlag von Wimpern erhalten, die Leibeshöhle und oft in viel verzweigten Kanälen den ganzen Körper des Tieres oder den ganzen Tierstock durchdringt (s. Atmungsmechanik). Die Bedingungen für die Gasdiffusion werden um so günstiger sein, je zarter der Organismus gebaut ist. So beobachtete WINTERSTEIN (26), daß kleine Medusen ihre Lebenstätigkeit erst bei niedrigerem Sauerstoffdruck einstellen als größere, während der Intensität des Atmungsbedürfnisses nach das Gegenteil zu erwarten wäre, da auch bei den wirbellosen Tieren die kleineren Individuen einen stärkeren Gaswechsel besitzen.

Ueber das Verhalten von Aktinien bei Absinken des  $O_2$ -Gehaltes des Wassers hat PIÉRON (20) einige interessante Beobachtungen angestellt: Nach ihm wäre das Verhalten ein ganz verschiedenes, je nachdem ob die Tiere in einem offenen oder in einem völlig mit Wasser erfüllten und gegen Luft abgeschlossenen Gefäße gehalten werden. Im ersteren Falle sah er bei Absinken des  $O_2$ -Gehaltes *Tealia felina* sich umdrehen und den Fuß an der Oberfläche des Wassers ausbreiten, offenbar um durch die zarte Bodeckung desselben zu atmen; dieses Verhalten, das nur bei  $O_2$ -Mangel zu beobachten war, ließ sich mitunter auch an *Actinia equina* feststellen. Meist jedoch kriecht diese an der Gefäßwand empor, entweder, wenn die Luft feucht ist, völlig aus dem Wasser heraus, oder — und dies am häufigsten — so, daß sie zur Hälfte an der Luft und zur Hälfte im Wasser ist. In dieser Stellung vermögen die Aktinien unter Bedingungen am Leben zu bleiben, unter welchen die am Boden be-

findlichen Tiere zugrunde gehen. Sehr bemerkenswert ist die Beobachtung PIÉRONs, daß die Aktinien in dieser Stellung aufhören den Sauerstoff des Wassers zu atmen, ihn vielmehr fast ausschließlich der Luft entnehmen, obwohl sie sonst den Sauerstoff des Wassers noch zu verwerten vermögen, wenn der Gehalt an solchem weniger als 2 mg pro Liter beträgt. So enthielt z. B. Wasser mit einem anfänglichen  $O_2$ -Gehalt von 8 mg pro Liter, in welchem zwei Aktinien in der oben geschilderten Stellung (also zur Hälfte an der Luft) sich befanden, 14 Tage später noch  $5\frac{1}{2}$  mg, während das gleiche Wasser mit zwei Aktinien am Boden des Gefäßes nach 48 Stunden nur mehr 2 mg pro Liter enthielt. Es war also im ersten Falle die  $O_2$ -Aufnahme fast zur Gänze aus der Luft erfolgt, eine Beweis wie sehr viel günstiger die Bedingungen der  $O_2$ -Zufuhr an der Luft sind als im Wasser.

In einem luftdicht verschlossenen Gefäß hingegen, in welchem die Luftatmung unmöglich ist, würden die Aktinien nach PIÉRON ihre Tentakel einziehen, sich zusammenballen und eine isolierende Schleimhülle sezernieren. In diesem Zustande vermögen sie selbst bei stark vermindertem  $O_2$ -Druck der Asphyxie lange Zeit zu widerstehen. Entfaltung und Einziehung der Tentakel würde nach PIÉRON in hohem Maße von dem  $O_2$ -Gehalt des Wassers abhängig sein. Bei Absinken desselben unter 7 mg pro Liter würden die Aktinien meist geschlossen bleiben. In einem mit grünen Wasserpflanzen (Ulven) besetzten Gefäß konnte PIÉRON an Aktinien einen von der Belichtung abhängigen Rhythmus des Öffnens und Schließens beobachten, der, da die Tiere durch das Licht als solches nicht beeinflusst würden, von den Änderungen des Sauerstoffgehaltes herrühren müßte. Bei Tage (also höherem  $O_2$ -Gehalt) wurden die Tentakel ausgestreckt, und in der Nacht wieder eingezogen; an sonnenhellen Tagen erfolgte die Öffnung früher und die Schließung später als bei bedecktem Himmel. Allein diese letzteren Angaben, bzw. deren Deutung, die in Gegensatz zu allen stehen würden, was wir sonst an Tieren beobachten, die wohl durchwegs bei Absinken des  $O_2$ -Gehaltes ihre respiratorische Oberfläche möglichst zu vergrößern suchen, sind recht unglaublich. Tatsächlich würde nach BOHN (2) das Licht als solches einen sehr großen Einfluß auf den Zustand der Aktinien ausüben, und bei Ausschaltung dieser Fehlerquelle konnte er feststellen, daß sie auch in einem sehr  $O_2$ -armen Wasser ( $O_2$ -Gehalt von 2—1 mg pro Liter) noch vollkommen ausgestreckt bleiben.

### Schwimmbase der Siphonophoren.

Bei einer Klasse der Cölenteraten findet sich ein Organ, dem von einigen Autoren auch eine respiratorische Bedeutung zugeschrieben wurde, und das jedenfalls mit den Erscheinungen des Gasaustausches in so innigem Zusammenhange steht, daß seine Besprechung hier angezeigt erscheint. Es ist dies die *Pneumatophore* oder *Schwimmbase*, welche alle Siphonophoren besitzen, mit Ausnahme der Calycophoren, deren hydrostatischer Apparat statt von einer Luftblase von einem Oeltropfen dargestellt wird. Die wesentliche Funktion der Schwimmbase ist also ebenso wie bei den Fischen zweifellos eine hydrostatische und hat uns daher nicht weiter zu beschäftigen. Uns interessiert hier nur die Frage nach dem Zu-



standekommen dieser Gasansammlung, sowie nach ihrer etwaigen respiratorischen Bedeutung.

Die Schwimmblasen der meisten Siphonophoren ist vollständig geschlossen, nur bei wenigen Arten besitzt sie eine oder mehrere Oeffnungen, durch welche der Schwimmblaseninhalt an der Oberfläche des Wassers mit der äußeren Luft in Verbindung treten kann. Die geschlossenen Pneumatophoren sind meist sehr klein, so daß eine Untersuchung ihres Gasgehaltes bisher nicht vorgenommen wurde. Da aber, wie in der Einleitung dargelegt wurde (vgl. p. 18), eine Gasansammlung unter Wasser durch Diffusionsprozesse allein überhaupt nicht erfolgen kann, so ergibt sich ohne weiteres, daß das in den geschlossenen Pneumatophoren enthaltene Gas das Produkt einer Sekretion sein muß. Tatsächlich findet sich in dem unteren als Lufttrichter bezeichneten Teil der Schwimmblase ein drüsiges Epithel ektodermalen Ursprungs, das von den Zoologen allgemein als „Gasdrüse“ gedeutet wird; allerdings ist diese Auffassung nur morphologisch und nicht experimentell begründet<sup>1)</sup>.

Diese Gasdrüse findet sich nicht nur in den geschlossenen Pneumatophoren, sondern auch in solchen, welche einen Luftpokus besitzen; dies ist z. B. bei den Physaliden der Fall, deren Gasdrüse zum Teil sogar eine besonders starke Ausbildung zeigt (Fig. 4), die nach CHUN (5) mit der bedeutenden Größe der Pneumatophore in Zusammenhang steht. Der durch einen Sphinkter verschließbare Luftpokus, der sich bei *Rhizophasa* und *Physalia* findet, würde nach CHUN lediglich für den (von verschiedenen Autoren direkt beobachteten) Austritt der durch die Gasdrüse sezernierten Gase bestimmt sein. Eine Einfuhr von Luft durch den Porus würde wegen der Dünnwandigkeit der leicht kollabierenden Pneumatophore einen komplizierten Schluckakt zur Voraussetzung haben.

Andere Beobachtungen sprechen jedoch zugunsten einer direkten Aufnahme von atmosphärischer Luft in die Schwimmblase der Physaliden. QUATREFAGES (21) sah eine *Physalia* ihre Schwimmblase spontan völlig entleeren; sie blieb an der Oberfläche und nach  $\frac{1}{4}$  Stunde war die Blase wieder vollständig gefüllt. Eine so rasche Wiederfüllung könnte nach ihm nur durch Aufnahme atmosphärischer Luft erfolgen. Der Mechanismus dieser Füllung würde darin bestehen, daß die knorpelig-elastische Wand der Schwimmblase (die Wand des oberen Teiles der Pneumatophore, die sogenannte Luftflasche, besteht meist aus einer chitartigen Substanz) nach deren durch Muskelkontraktion erfolgter Entleerung wieder ihre gewöhnliche Form anzunehmen trachtet und so, wie ein vorher zusammengedrückter Gummiball, Luft ansaugt. QUATREFAGES glaubte, daß diese abwechselnde Füllung und Entleerung der Schwimmblase einen wahren Atmungsvorgang darstellte. Er sammelte das in der Schwimmblase enthaltene Gas und ließ es analysieren. Die Analyse (ausgeführt an drei Gasproben von 45, 72 und 58,5 ccm) ergab 17,22—17,78 Proz. O<sub>2</sub> und den Rest N<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> wurde keine gefunden. QUATREFAGES glaubte in dem Ergebnis dieser Analyse eine Bestätigung seiner Ansicht sehen zu dürfen, weil der O<sub>2</sub>-Gehalt ca. 3,3 Proz. geringer war als der der

1) Bei Agalmidenlarven würde nach WOLTERECK (28) die primäre Gasentwicklung durch Auflösung (?) embryonaler Zellen erfolgen und erst die sekundär die Flasche erfüllende Gasmenge von der „Gasdrüse“ sezerniert werden.

atmosphärischen Luft. Das Fehlen der Kohlensäure erklärte er dadurch, daß das Gas über Wasser aufgefangen worden war.

In neuerer Zeit haben SCHLOESING und RICHARD (22) Analysen der Schwimmblasengase von *Physalia* ausgeführt. RICHARD fand

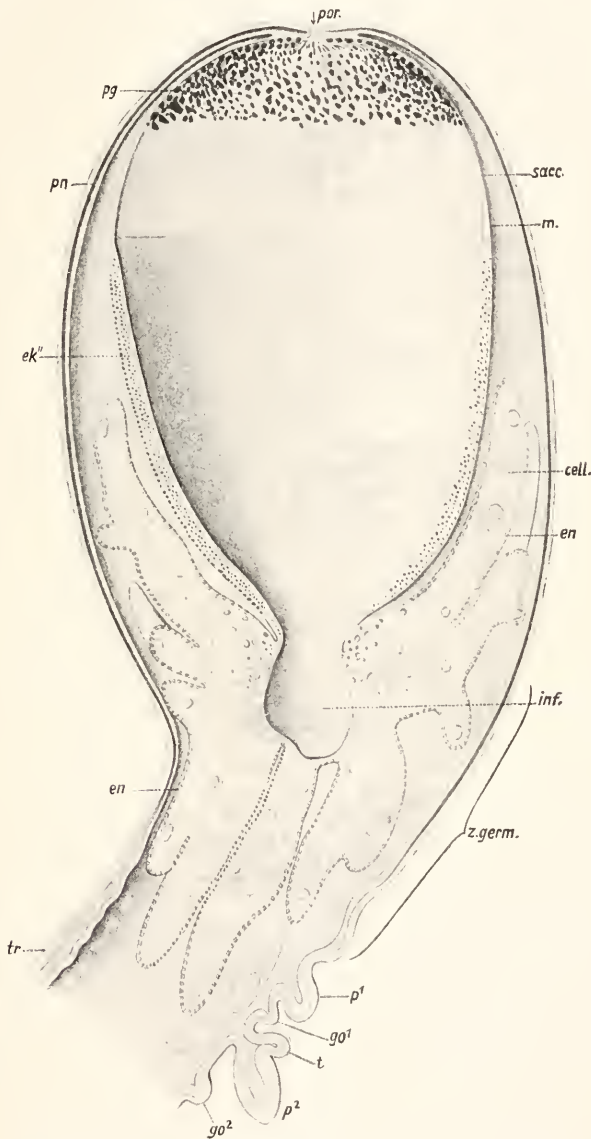


Fig. 4. Halbschematische, aus einer Längsschnittserie rekonstruierte Darstellung des Baues einer mittelgroßen Pneumatophore von *Rhizophysa filiformis*; ca. 20-fach vergr. nach CHUN (7). *por* Luftporus; *pg* pigmentierte Region des Luftsackes; *pn* Luftschirm; *ek''* Gasdrüse (sekundäres Ektoderm); *en* Entoderm; *tr* Stamm; *go¹ go²* Knospen für die Gonophorentrauben; *t* Tentakel; *p* Magenschlauch; *z.germ.* Keimzone auf der Ventralfläche der Pneumatophore; *inf* Lufttrichter; *cell* kolbenförmige Riesenzellen; *m* oberer Rand der Gasdrüse; *sacc* Luftsack.

$\text{CO}_2 : \text{O} : \text{O}_2 : 12,2 ; \text{N}_2 : 87,8$  Proz. In einer späteren Untersuchung fanden die beiden Autoren als Mittelwerte einer größeren Zahl von Proben  $\text{CO}_2 : 1,7 ; \text{O}_2 : 15,1 ; \text{N}_2 (+ \text{Argon}) : 83,2$  Proz. Sie untersuchten auch den Gehalt an Argon und fanden das Verhältnis  $\text{A} : \text{A} + \text{N} = 1,18$  Proz., das gleiche wie in der Luft. Doch bemerken die Autoren mit Recht, daß auch diese letztere Beobachtung nicht mit Notwendigkeit die Aufnahme atmosphärischer Luft beweist, da das Vorhandensein des gleichen Argongehaltes wie in der Atmosphäre auch durch Diffusion erklärbar ist. Die Annahme einer echten respiratorischen Funktion der Physalidenschwimmbase erscheint jedenfalls nicht hinreichend begründet, wenn auch die Möglichkeit ihrer Beteiligung am Gasaustausch besonders in Anbetracht des verminderten  $\text{O}_2$ -Gehaltes zugegeben werden muß.

Eine Abgabe von Gas aus der Pneumatophore wurde außer bei *Rhizophysa* und *Physalia* auch bei *Physophora* beobachtet. KEFERSTEIN und EHLERS (15) haben eine solche Entleerung der Schwimmbase sowohl spontan wie fast regelmäßig auf mechanische Reizung hin auftreten sehen, und HAECKEL (13) hat diese von anderen bestrittene Beobachtung zu wiederholten Malen bestätigen können. *Physophora* besitzt keinen Luftpore im oberen mit der Wasserfläche in Berührung tretenden Teile des Luftsackes und der Weg, auf welchem diese Abgabe von Luft erfolgt, ist strittig. Während KEFERSTEIN und EHLERS, sowie HAECKEL und später SCHNEIDER (23) das Bestehen eines natürlichen Luftweges im unteren Teile des Lufttrichters annehmen, stellt CHUN (7, 9) das Vorhandensein eines solchen entschieden in Abrede. Nach ihm müßte infolge einer plötzlichen Kontraktion erst eine Zerreißung der zarten Wand des Lufttrichters eintreten, damit eine Ausstoßung von Luft erfolgen könne, ein Vorgang, der angesichts der beobachteten Regelmäßigkeit der reflektorischen Luftabgabe recht befremdlich erschiene. Wie dem auch sei, jedenfalls ist sicher, daß eine Aufnahme von atmosphärischer Luft bei *Physophora* völlig ausgeschlossen ist. Um so bemerkenswerter ist daher die Angabe von KEFERSTEIN und EHLERS, daß das Volumen der ausgestoßenen Luft häufig das des ganzen Luftsackes übertrifft, die Luft in der Schwimmbase also unter beträchtlichem Drucke stehen muß, und daß der nach der Entleerung etwas geschrumpfte Luftsack in kürzester Zeit wieder ganz straff wird. Selbst wenn man also ein Ansaugen der im Wasser gelösten Gase durch die elastische Kraft der chitinösen Luftsackwand annehmen wollte, so ist doch das Vorhandensein eines Ueberdruckes in der Schwimmbase, wie er durch das Volumen der ausgetriebenen Luft bewiesen wird, nur durch einen Sekretionsvorgang erklärbar.

An Agalmidenlarven hat WOLTERECK (28) die merkwürdige Beobachtung gemacht, daß bei ungenügender Durchlüftung der Kulturgläser die Ausbildung aller die Oberfläche der Larven vergrößernden Organe unterbleibt, die der Pneumatophore dagegen eine Verstärkung erfährt, mitunter sogar statt einer zwei oder noch mehr zur Entwicklung kommen. Da es sich aber um völlig abgeschlossene Gebilde handelt, muß der naheliegende Gedanke, hierin eine Beziehung zur Atmungsfunktion zu suchen, wohl zurückgewiesen werden.

Besondere Eigentümlichkeiten bieten die Chondrophoriden (von CHUN als Tracheophysen bezeichnet) dar. Ihre Schwimmbase besteht aus einer zentralen Kammer, um die herum konzentrisch eine Reihe ringförmiger Kammern gelagert ist, die ebenso wie die zentrale durch schnursteinförmige Öffnungen („Stigmata“) mit der atmosphärischen Luft in Verbindung treten können. Nach unten zu gehen von den Luftkammern feine mit Luft erfüllte chitinige Röhren („Tracheen“) ab, die sich mehrfach gabeln und sich in dem Gewebe

der zentralen Drüse (früher als „Leber“ bezeichnet!) mit silberglänzenden Büscheln verästeln; bei *Veleva* sind 8, bei *Porpita* eine große Zahl solcher Tracheen vorhanden (Fig. 5).

CHUN (6) hat bei beiden Arten eigentümliche Bewegungen beschrieben. Er sah, daß etwa zweimal in der Minute sämtliche Tentakel unter gleichzeitiger Kontraktion der Freßpolypen nach abwärts geschlagen und die dem Wasser zugekehrte Fläche der Scheibe gegen die Pneumatophore gepreßt wird. Durch diese rhythmischen Bewegungen würden die zahlreichen Luftröhren zusammengedrückt und die in ihnen enthaltene Luft würde in die Kammern getrieben,

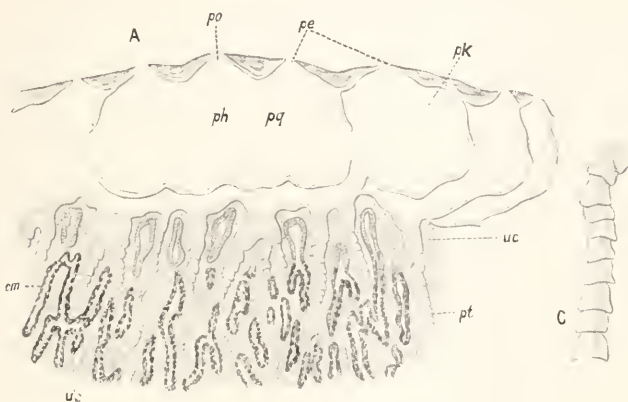
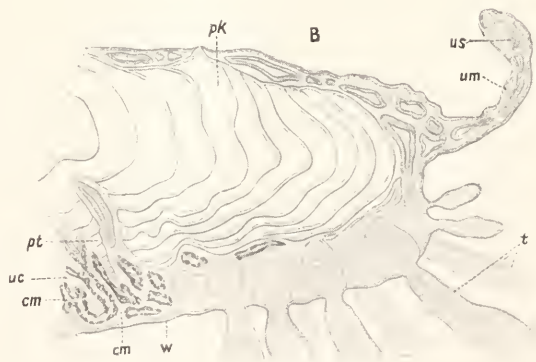


Fig. 5. *Porpita pectanthis* nach HAECKEL (14). A Vertikalschnitt durch das Zentrum der Umbrella; B durch den peripheren Teil derselben; C Stück einer einzelnen Trachee; A und B 20-fach; C 300-fach vergr. *po* Zentralstigma; *pe* periphere Stigmata; *pk* konzentrische Ringkammern; *ph* zentrale Kammer; *pg* Radialkammer; *uc* Zentraldrüse („Leber“, nach HAECKEL „Gasdrüse“, in welcher öfters Luftblasen zu sehen sein sollen); *pt* Trachee; *cm* Lebergefäß; *w* Subumbrella; *t* Tentakeln; *um* Limbus der Umbrella; *us* Schleimdrüse des Umbrellarandes.



um von hier durch die Luftöffnungen nach außen zu gelangen; bei der Rückkehr in die Ruhelage würden die elastischen Röhren sich wieder mit Luft füllen. Diese regelmäßigen Bewegungen würden eine Luftatmung darstellen und die wegen ihrer äußeren Ähnlichkeit mit den entsprechenden Einrichtungen der Tracheaten als Stigmata und Tracheen bezeichneten Organteile würden auch funktionell tatsächlich solche repräsentieren. Diese Auffassung hat CHUN (8)



auch in neuerer Zeit wieder vertreten. Eine Gasdrüse würde nach CHUN den Tracheophysen vollkommen abgehen. Demgegenüber kam HAECKEL (14, p. 13 u. 29—30) zu der Schlußfolgerung, daß auch bei diesen Siphonophoren die Schwimmblase keine atmosphärische Luft, sondern sezerniertes Gas enthält, welches keine respiratorische, sondern lediglich hydrostatische Funktionen zu erfüllen hat. Die Sekretion würde in dem kompakten äußeren Parenchym der sogenannten „Leber“ erfolgen, in welchem HAECKEL wiederholt das Vorhandensein von Luftbläschen beobachten konnte, und die „Tracheen“ würden lediglich Kanäle darstellen, welche die sezernierte Luft in die Kammern leiten. Auch nach SCHNEIDER (23) hat der von CHUN beschriebene Vorgang mit der Atmung nichts zu tun. Es sei weder regelmäßige Kontraktion der Polypen wahrnehmbar, noch könnte sie ein Auspressen der starrwandigen Chitinröhrchen und ein Austreten von Luft bewirken, wie sich durch Herbeiführung dieses Vorganges an unter Wasser gehaltenen Exemplaren von *Veella* und *Porpita* ergebe; das Abwärtsschlagen der Tentakeln sei ein der Fortbewegung dienender Vorgang und das in der Schwimmblase enthaltene Gas sei das Produkt der Sekretionstätigkeit bestimmter Zellen der sogenannten Tracheen, welche in ihrer Gesamtheit eine modifizierte Gasdrüse darstellen. WOLTERECK (27) dagegen, der neuerdings die Entwicklung von *Veella* genauer erforscht hat, gibt an, daß die Larven in einem bestimmten Stadium an die Oberfläche kommen und statt des Wassers, welches die Flasche bis dahin erfüllt, Luft aufsaugen. Doch ist aus seiner Mitteilung nicht klar ersichtlich, ob sich diese Angabe auf direkte Beobachtungen gründet.

Die Ausbildung eines eigenen Luftatmungsorganes bei einer isolierten Gruppe der Cölenteraten, für die eine besondere Veranlassung nicht ersichtlich ist, hat wohl nicht viel Wahrscheinlichkeit für sich; eine exakte Entscheidung aber ist auch hier natürlich nur auf experimentellem Wege möglich. Ueberhaupt wären die Pneumatophoren der Chondrophoriden und noch mehr jene der Physaliden, welche einen gewaltigen Umfang erreichen können (beobachtete doch HAECKEL [14, p. 253] bei der Schwimmblase von *Caravella*, der größten hierhergehörigen Art, eine Länge von 20—30 und eine größte Breite von 8—10 cm!), ein sehr geeignetes Objekt zum Studium des Mechanismus der Gassekretion.

Der Vollständigkeit halber sei im Anschluß hieran erwähnt, daß BETHE (1) an Medusen Anzeichen einer Kohlensäuresekretion gefunden zu haben glaubt. Er beobachtete nämlich, daß durch Neutralrot orange gefärbte Medusen ihre Färbung auch im Seewasser beibehalten, in welchem durch Zusatz von Salzsäure soviel Kohlensäure freigemacht war, daß es bei Zusatz von Neutralrot sich kirschrot färbte. Er schloß aus dieser Verschiedenheit der Färbung, daß unter diesen Bedingungen der  $\text{CO}_2$ -Druck außerhalb größer sein müsse als in der Meduse und die  $\text{CO}_2$ -Ausscheidung demgemäß nur durch einen Sekretionsvorgang erfolgen könne. Daß diese Schlußfolgerung nicht bindend ist, hat BETHE selbst zugestanden. Denn FRIEDENTHAL (10), der Schöpfer dieser Methodik der Reaktionsbestimmung, hat mit größtem Nachdruck hervorgehoben, daß aus der Färbung der Indikatoren ein Schluß auf die Reaktion nur in Flüssigkeiten, nicht aber in Geweben zulässig ist. Daß es sich in diesem Falle zweifellos um eine besondere Bindung des Farbstoffes durch das Medusengewebe handelt, geht aus BETHES eigenen Beobachtungen hervor, denn er fand, daß die Medusen dem Wasser allen Farbstoff entziehen und ihre Färbung

auch in reinem Wasser lange Zeit festhalten; dadurch ist wohl der an sich höchst unwahrscheinlichen Annahme einer Undurchgängigkeit der fast nur aus Wasser bestehenden Medusengewebe für Kohlensäure (!) jede Grundlage entzogen.

### Respiratorische Bedeutung der Farbstoffe und des Chlorophylls.

Ein großer Teil der Schwämme wie der Hohltiere ist bekanntlich durch eine überaus lebhaftes Färbung ausgezeichnet. Unter den sie bedingenden Farbstoffen finden sich auch solche, die unter dem Einfluß des Sauerstoffs eine Veränderung erfahren. So hat SCHULZE (24) an *Aplysina aerophoba* eine Farbenänderung beschrieben, welche darin besteht, daß an Gewebsschnitten die normale schwefelgelbe Farbe überall dort, wo Luft Zutritt hat, durch grünlich-blau in preußisch-blau übergeht. KRUKENBERG (16) hat diese Beobachtung nachgeprüft und bestätigt. Nach ihm würde jedoch am lebenden Tier der Farbstoff (der übrigens durch  $H_2S$  noch viel rascher blaugefärbt werden soll als durch  $O_2$ !) nicht angegriffen werden, daher auch keine respiratorische Bedeutung besitzen, sondern durch das Vorhandensein anderer unbekannter Stoffe von größerer  $O_2$ -Affinität vor der Oxydation geschützt werden (?).

Bei verschiedenen Cölenteraten, besonders Aktinien, finden sich Farbstoffe der Hämatinreihe (vgl. v. FÜRTH, 11, p. 514), doch ist auch hier nichts Sicheres über eine etwaige respiratorische Bedeutung derselben (wie sie z. B. von MAC MURRAY [18] angenommen wird) bekannt. Viele roten Farbstoffe gehören zu der Gruppe der Lipochrome. MEREJKOWSKI (19), der sie alle mit dem als Tetronerythrin bezeichneten roten Farbstoff des Crustaceenblutes identifiziert, hat ihnen eine respiratorische Bedeutung zugeschrieben. Zugunsten dieser Ansicht hat er verschiedene Gründe angeführt, z. B. daß der rote Farbstoff sich vorwiegend an der Oberfläche der Tiere in den Organen der Haut findet, die mit dem Sauerstoff des Wassers in Berührung kommen, dagegen niemals im Inneren, daß gerade die sesshaften Tiere, wie Spongien und Actinien damit versehen sind, während er den freilebenden fehlt, daß ferner diejenigen Cölenteraten, welche „gelbe Zellen“ (parasitäre Algen) enthalten, die sie mit Sauerstoff versorgen können, kein oder nur wenig „Tetronerythrin“ aufweisen u. a. m. Die chemische Untersuchung des roten Crustaceenlipochroms hat, wie wir sehen werden, keine Anhaltspunkte für eine respiratorische Funktion desselben ergeben, und auch die von MEREJKOWSKI angeführten Gründe können wohl kaum als ausreichend angesehen werden. Was speziell den letzten Punkt anlangt, so hat v. FÜRTH (11, p. 516) wohl mit Recht darauf hingewiesen, daß hier eine Verwechselung von Ursache und Wirkung vorliegen dürfte, und daß nicht der rote Farbstoff dort fehlt, wo parasitäre Algen vorhanden sind, sondern umgekehrt die rot pigmentierten Tiere für die Ansiedelung der auf Lichtzutritt angewiesenen Algen ungeeignet sind.

Viele Cölenteraten führen, wie schon erwähnt, parasitäre Algen (Zoochlorellen und Zooxanthellen). Es ist klar, daß der  $CO_2$ -assimilierende Farbstoff derselben für den Gaswechsel des Wirtes hier ebenso eine Bedeutung gewinnen kann, wie wir dies bei den Protozoen gesehen haben (vgl. p. 40f.). Der Nachweis, daß die algenhaltigen Hohltiere im Licht  $O_2$  produzieren können, ist schon