

# Copyright ©

---

Es gilt deutsches Urheberrecht.

Die Schrift darf zum eigenen Gebrauch kostenfrei heruntergeladen, konsumiert, gespeichert oder ausgedruckt, aber nicht im Internet bereitgestellt oder an Außenstehende weitergegeben werden ohne die schriftliche Einwilligung des Urheberrechtinhabers. Es ist nicht gestattet, Kopien oder gedruckte Fassungen der freien Onlineversion zu veräußern.

German copyright law applies.

The work or content may be downloaded, consumed, stored or printed for your own use but it may not be distributed via the internet or passed on to external parties without the formal permission of the copyright holders. It is prohibited to take money for copies or printed versions of the free online version.

# KIELER MEERESFORSCHUNGEN

Institut für Meereskunde der Universität Kiel

Herausgegeben vom Direktor G. WÜST

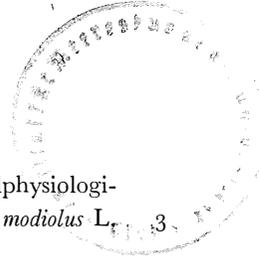
unter Mitwirkung von A. REMANE (Zoologisches Institut),  
C. HOFFMANN, C. SCHLIEPER und R. KÄNDLER (Institut für Meereskunde)

Band XIV

1958

Heft 1

## Inhalt



- SCHLIEPER, C., R. KOWALSKI und P. ERMAN: Beitrag zur ökologisch-zellphysiologischen Charakterisierung des borealen Lamellibranchiers *Modiolus modiolus* L. . . . . 3
- SCHWENKE, Heinz: Über die Salzgehaltsresistenz einiger Rotalgen der Kieler Bucht . . . . . 11
- KESSELER, Hanswerner: Eine mikrokryoskopische Methode zur Bestimmung des Turgors von Meeresalgen . . . . . 23
- SCHLIEPER, C. und R. KOWALSKI: Ein zellulärer Regulationsmechanismus für erhöhte Kiemerventilation nach Anoxybiose bei *Mytilus edulis* L. . . . . 42
- ROTHAUWE, Hans-Werner: Die Sauerstoffbestimmung in See- und Süßwasser mit Hilfe der Quecksilbertropfelektrode und ihre Anwendung bei physiologischen Untersuchungen . . . . . 48
- GERLACH, Sebastian Adam: Die Nematodenfauna der sublitoralen Region in der Kieler Bucht . . . . . 64
- MARCUS, Eveline und Ernst: Opisthobranchia aus dem Schill von Helgoland . . . . . 91
- SIEWING, Rolf: *Ingolfiella ruffoi* nov. spec., eine neue Ingolfiellide aus dem Grundwasser der Peruanischen Küste . . . . . 97
- Kleine Mitteilung betr. Forschungskutter . . . . . 103

Druck: Schmidt & Klaunig, Kiel

## Beitrag zur ökologisch-zellphysiologischen Charakterisierung des borealen Lamellibranchiers *Modiolus modiolus* L.<sup>1)</sup>

Von C. SCHLIEPER, R. KOWALSKI und P. ERMAN

### 1. Einleitung

Es ist allgemein bekannt, daß das ökologische Verhalten einer an bestimmte Standorte gebundenen Art vielfach nur auf Grund besonderer physiologischer Eigentümlichkeiten zustande kommt. Es ist weiterhin durchaus wahrscheinlich, daß manche derartige ökologisch-physiologische Charaktere letzten Endes in artspezifischen besonderen Eigenschaften der Zellen und des Protoplasmas fundiert sind. Im folgenden sollen diese — wohl weit verbreiteten — Beziehungen zwischen dem ökologischen und zellphysiologischen Verhalten einmal an dem Beispiel eines an salzreiches, kaltes und strömendes Meerwasser angepaßten marinen Lamellibranchiers, nämlich der Pferdemoschel *Modiolus modiolus* L. (syn. *Volsella modiolus*), analysiert werden.

Um die besonderen ökologisch-zellphysiologischen Eigenschaften von *Modiolus modiolus* L. eindeutig herauszustellen, wurden daneben zum Vergleich jeweils die entsprechenden Leistungen bei der gewöhnlichen Miesmuschel *Mytilus edulis* L. gemessen. Beide Arten sind auch deshalb vergleichbar, weil sie derselben Familie der Mytilidae angehören.

Die Versuchstiere wurden bei einem Besuch der an der Westküste von Schweden am Ausgang des Gullmar-Fjords gelegenen Zoologischen Station Kristineberg gedredht. Wir brachten sie dann mit dem Forschungskutter „Südfall“ des Institutes für Meereskunde der Universität Kiel in einem regulierbaren Kühlschrank bei 10°C in Meerwasser (30‰ Salzgehalt) des Fundortes nach Kiel und untersuchten sie dort im Laboratorium. Vor Beginn der eigentlichen Messungen waren sämtliche Versuchstiere 14 Tage lang ohne Fütterung an Meerwasser von 30‰ S und 10°C angepaßt worden. —

Ich möchte auch an dieser Stelle dem Direktor von Kristinebergs Zoologiska Station, Herrn Kollegen Dr. GUNNAR GUSTAFSON, und seinen Mitarbeitern für die überaus freundliche Aufnahme in Kristineberg und die bereitwillige Hilfe bei der Beschaffung des Tiermaterials verbindlichsten Dank sagen.

### 2. Das ökologische Verhalten von *Modiolus modiolus* L.

Die Pferdemoschel, auch Große Miesmuschel genannte Art *Modiolus modiolus* L. ist der gewöhnlichen Miesmuschel *Mytilus edulis* L. sehr ähnlich. Sie wird jedoch größer und schwerer. Während die Schalen von *Mytilus* etwa 8—10 cm lang werden, erreichen die Schalen von *Modiolus* Längen bis zu 14 cm. Dabei soll *Modiolus* ein Alter von 20—22 Jahren erreichen. Auch die Form der Schalen beider Muscheln stimmt nicht ganz überein. Die buckelartigen Schalenwirbel von *Modiolus* liegen nicht wie bei *Mytilus* an der Spitze der Schalen, sondern etwas hinter dem schmalen Vorderende (s. Abb. 1). Die Außenhaut der Schalen ist braun und bei jungen Exemplaren dicht mit starken

<sup>1)</sup> Herrn Professor Dr. ADOLF REMANE in dankbarer Verbundenheit zu seinem 60. Geburtstag gewidmet (von C. SCHLIEPER).

Conchinhaaren bedeckt. Im Gegensatz zur Miesmuschel ist der Mantel frei von eingelagerten Gonaden und Reservestoffen.

Auch tiergeographisch und ökologisch unterscheidet sich *Modiolus* von *Mytilus*. Während die Miesmuschel fast kosmopolitisch in temperierten und warmen Meeren vorkommt, aber in der hohen Arktis fehlt (HAAS 1926), hat die Pferdemoschel ein mehr boreales zirkumpolares Verbreitungsareal. Nach ZIEGELMEIER (1957) ist sie an der europäischen Atlantikküste vom Weißen Meer bis zur Loiremündung, an der amerikanischen Ostküste vor Labrador bis Carolina und an der pazifischen Küste vom Bering-See bis California verbreitet. In der westlichen Ostsee finden wir sie im Kattegat, in den Belten und im Eingang des Sundes (THORSON 1946). Auch im nördlichen Teil der Kieler Bucht kommen nach JAECKEL (1952) in tieferem Wasser noch einzelne junge Exemplare vor. Ein weiteres Vordringen in der Ostsee ist *Modiolus* im Gegensatz zu *Mytilus* nicht möglich, da sie geringere Salzkonzentrationen nicht verträgt. Die untere Verbreitungsgrenze von *Modiolus* liegt wohl bei 25—20<sup>0</sup>/<sub>00</sub> S, während *Mytilus* an der finnischen Küste noch in Brackwasser von 5—6<sup>0</sup>/<sub>00</sub> Salzgehalt fortpflanzungsfähig ist.

Im Kattegat findet sich *Modiolus* an den dänischen und schwedischen Küsten in 15—40 m Tiefe in kaltem stark strömendem Wasser auf Hartboden und Felsen als Charaktertier einer zur Epifauna des Meeresbodens gehörenden Assoziation, zu der unter anderen besonders folgende Arten zählen: *Solaster papposus*, *Alcyonium digitatum*, *Balanus crenatus*, *Ophiothrix fragilis*, *Pomatoceros triqueter* u. a. (THORSON 1950). An einzelnen Stellen bildet sie dichte Bänke. GISLEN (1930) beschreibt im Außenteil des Gullmar-Fjords vor Kristineberg in einer 15 m tiefen Rinne in stark strömendem Meerwasser eine *Modiolus*-Bank, die fast ausschließlich aus dicht beieinander stehenden, mit den breiten Schalenenden nach oben gerichteten Pferdemoscheln bestand. *Mytilus* bevorzugt demgegenüber, auch im Kattegat und im Außengebiet des Gullmar-Fjords, das flache wärmere Wasser und bildet dort in 0—15 m Tiefe die bekannten Miesmuschel-Bänke.

Zusammenfassend läßt sich also feststellen, wie auch THORSON (1950, S. 55) hervorhebt, daß *Modiolus modiolus* im Vergleich zu *Mytilus edulis* tieferes Wasser mit höheren Salzkonzentrationen und niedrigeren Wassertemperaturen braucht, sowie stärkere Strömung am Standort bevorzugt.

### 3. Die osmotische Resistenz der isolierten Kiemen

Wie oben bereits erwähnt, ist *Modiolus* im Vergleich zu *Mytilus* in ihrem ökologischen Verhalten mehr stenohalin. Die untere Salzgehalts-Verbreitungsgrenze wird für *Modiolus* wahrscheinlich etwa bei 25—20<sup>0</sup>/<sub>00</sub> S. liegen gegenüber etwa 5<sup>0</sup>/<sub>00</sub> S. bei *Mytilus*. Allerdings ist für die Verbreitung einer Muschel nicht nur die osmotische Resistenz der erwachsenen Individuen, sondern die sämtlicher Lebensstadien und insbesondere auch die Abhängigkeit der Fortpflanzungsfähigkeit von dem Salzgehalt des Außenmediums maßgebend. Die Ökologen unterscheiden aus diesem Grunde zwischen vegetativer und reproduktiver Euryhalinie bzw. Stenohalinie. Die Tatsache, daß von *Modiolus* im nördlichen Teil der Kieler Bucht noch junge Individuen vorkommen, ist möglicherweise durch eine verschiedene Verdünnungstoleranz der jungen und alten Individuen von *Modiolus* zu erklären.

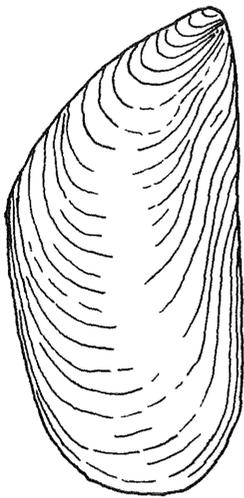
Um die zellphysiologischen Unterschiede in der osmotischen Resistenz von *Modiolus* und *Mytilus* zu analysieren, haben wir die Kiemenstücke von lang an 10°C und Meerwasser von 30<sup>0</sup>/<sub>00</sub> Salzgehalt angepaßten Muscheln untersucht. Bereits bei der Stand-

---

Legende zu der nebenstehenden Abbildung 1 (Tafel 1)  
Zwei Schalenhälften von *Modiolus modiolus* und *Mytilus edulis* aus dem Gullmar-Fjord.

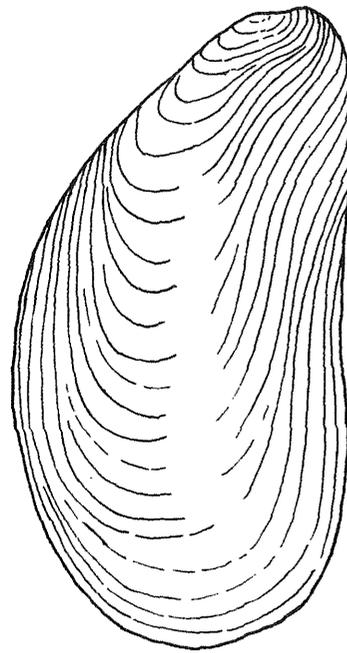
Abb. 1:

*Mytilus edulis L.*



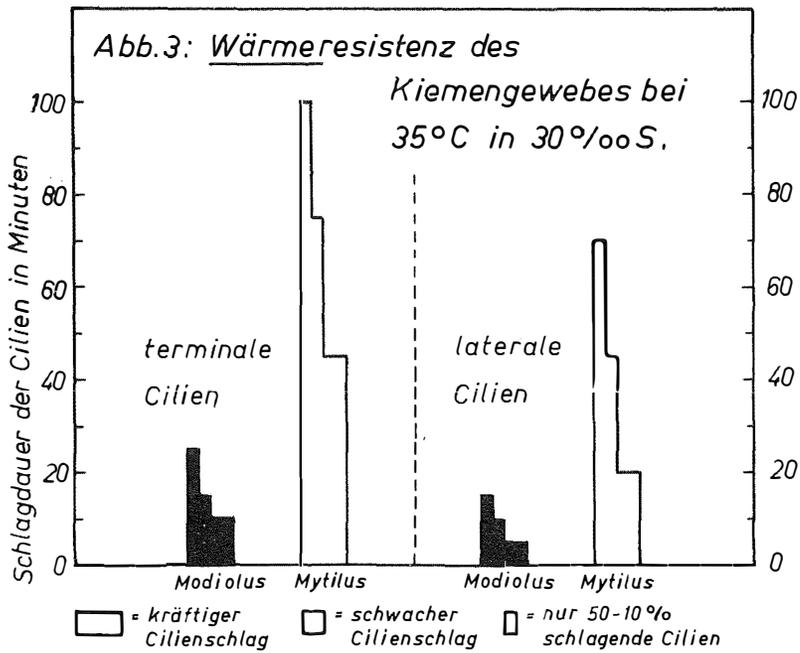
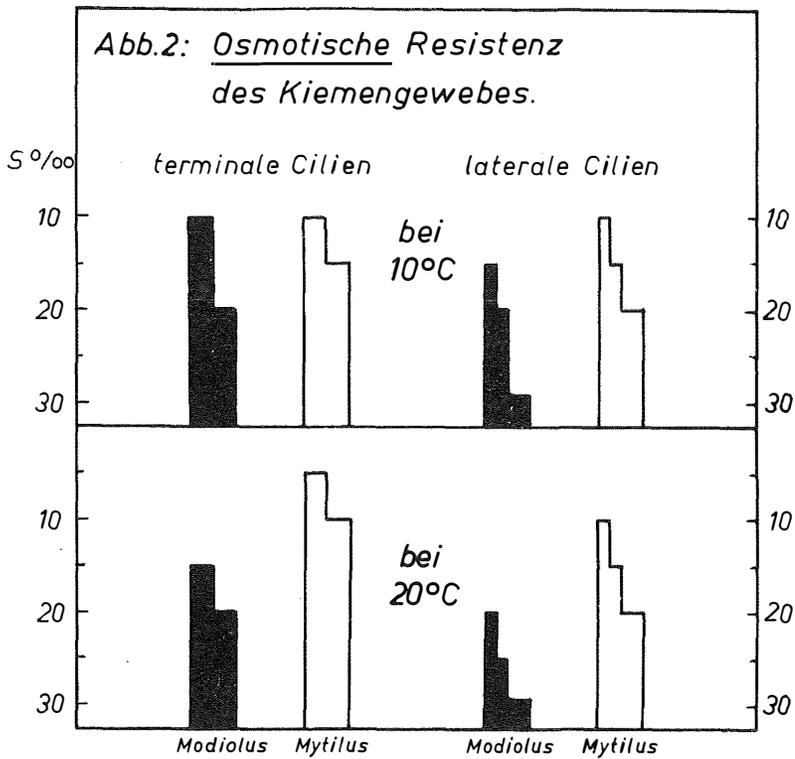
aus 1m Tiefe

*Modiolus modiolus L.*



aus 15m Tiefe

Exemplare aus dem Gullmar Fjord



Tafel 2

orttemperatur von *Modiolus* (10°C) waren Unterschiede feststellbar. Besonders die Schlagintensität der empfindlichen und für die Wasserstromerzeugung wichtigen lateralen Cilien zeigte nach dreitägigem Aufenthalt der Kiemenstücke in den verschiedenen Salinitäten (in Meerwasser verdünnt mit aqua dest.) deutliche Unterschiede. Schon bei 25‰ S. war die mechanische Aktivität des Schlages dieser Cilien stark abgeschwächt und bei 15‰ S. schlugen zahlreiche laterale Cilien überhaupt nicht mehr (s. Abb. 2.) Die Unterschiede in der Aktivität der resistenteren Cilien waren allerdings wesentlich geringer. Immerhin schlugen die terminalen Cilien normal nur noch in 20‰ Salzgehalt, der ja auch nach der Verbreitung von *Modiolus* als untere Salzgehaltsgrenze angenommen werden kann. In 15‰ S. war der Schlag der terminalen Cilien bereits deutlich abgeschwächt.

Demgegenüber sind die Unterschiede in der osmotischen Resistenz des Kiemen Gewebes bei 20°C noch größer (vergl. Abb. 2). Wahrscheinlich spielt hier die verschiedene Wärmeresistenz von *Modiolus* und *Mytilus* bereits eine gewisse Rolle, d. h. die mehr kaltstenotherme Pferdemoschel ist bei 20°C empfindlicher gegenüber einer Herabsetzung der intrazellulären osmotischen Konzentration. Aus diesem Grunde schlagen wohl die lateralen Cilien bei 20°C bereits nach einer Herabsetzung der Salzkonzentration von 30 auf 25‰ deutlich langsamer.

Die festgestellten Unterschiede in der zellulären osmotischen Resistenz von *Modiolus* und *Mytilus* ermöglichen allerdings keine Aussagen über das Ausmaß etwa vorhandener individueller Adaptationsfähigkeiten in langfristigen, über unseren Versuchszeitraum (drei Tage) hinausgehenden Experimenten. Bei *Mytilus* kann man wohl annehmen, daß neben der relativ hohen genetisch fixierten osmotischen Resistenz noch ein beträchtlicher individueller Adaptationsspielraum vorhanden ist, der sich allerdings nur in langfristigen Gewöhnungsversuchen bemerkbar machen würde.

#### 4. Die Wärmeresistenz der isolierten Kiemen

Es ist von vornherein wahrscheinlich, daß sich eine ausschließlich im kalten Tiefenwasser vorkommende Muschel im Vergleich zu einer an das Oberflächenwasser gebundenen Art in unseren Breiten auch physiologisch weniger eurytherm und relativ mehr kaltstenotherm verhält. Wir waren deshalb von vornherein überzeugt, daß auch die isolierten Kiemen von *Modiolus* und *Mytilus* entsprechende Unterschiede in der Wärmeresistenz aufweisen würden. Bei der experimentellen Prüfung mußte allerdings darauf geachtet werden, daß nur Gewebestücke von Muscheln aus gleichem Salzgehalt miteinander verglichen wurden, da bei poikilosmotischen Arten die Wärmeresistenz des Gewebes um so geringer ist, je niedriger der Salzgehalt des Außenmediums ist (SCHLIEPER und KOWALSKI 1956). Außerdem war es aber notwendig, nur Muscheln zu untersuchen, welche langfristig vorher an die gleiche Ausgangstemperatur angepaßt

---

##### Legende zu der nebenstehenden Abbildung 2 (Tafel 2)

Vergleich der osmotischen Resistenz des isolierten Kiemen Gewebes von *Mytilus edulis* L. (Kristineberg und List) und *Modiolus modiolus* L. (Kristineberg) bei 10° und 20°C. Als Maß der osmotischen Resistenz diente die Schlagintensität der terminalen und lateralen Kiemencilien. Die Versuchstiere waren vorher an Meerwasser von 30‰ S und 10°C lang angepaßt worden, Versuchsdauer jeweils drei Tage. Schalenlänge von *Mytilus* 64—69 mm, von *Modiolus* 108—110 mm.

##### Legende zu der nebenstehenden Abbildung 3 (Tafel 2)

Vergleich der Wärmeresistenz des isolierten Kiemen Gewebes von *Mytilus edulis* L. (Kristineberg) und *Modiolus modiolus* L. (Kristineberg) in Meerwasser von 30‰ Salzgehalt. Als Maß der Wärmeresistenz diente die Schlagdauer der lateralen und terminalen Kiemencilien bei 35°C. Die Versuchstiere waren vorher an Meerwasser von 30‰ S und 10°C lang angepaßt worden. Schalenlänge von *Mytilus* 48 mm, von *Modiolus* 47 mm.

worden waren, um die Mitwirkung einer individuellen Temperaturadaptation auszuschalten. Aus diesem Grunde haben wir die benutzten *Modiolus*- und *Mytilus*-Muscheln vor Versuchsbeginn langfristig in dem gleichen Meerwasser von 30<sup>0</sup>/<sub>00</sub> Salzgehalt und 10°C (etwa der Standorttemperatur von *Modiolus* an der Fundstelle) angepaßt. Die erhaltenen Unterschiede in der Wärmeresistenz der untersuchten Kiemenstücke beruhen also auf erblichen zellphysiologischen Merkmalen.

Die Wärmeresistenz wurde an der Schlagdauer der lateralen und terminalen Kiemenzilien bei 35°C gemessen. Wie Abb. 3 zeigt, war sie bei *Modiolus* wesentlich geringer als bei *Mytilus*, im Durchschnitt etwa 1/4 der bei *Mytilus* gefundenen Größe. Dieses trifft allerdings nur für Kiemenstücke von gleichgroßen, etwa 5 cm langen Muscheln zu. Allgemein scheint die Wärmeresistenz mit der Größe der Muscheln etwas abzunehmen (s. Tab. 1). Demzufolge muß die Wärmeresistenz ausgewachsener *Modiolus*-Exemplare noch geringer als die vergleichbarer, d.h. ausgewachsener, *Mytilus*-Exemplare sein.

Tabelle 1

Vergleich der Hitzeresistenz kleiner und großer Exemplare von *Modiolus modiolus* L. (KRISTINEBERG) in Meerwasser von 30<sup>0</sup>/<sub>00</sub> S. — Schlagdauer der lateralen und terminalen Kiemenzilien bei 35°C.

Schlagintensität Minuten	Schalenlänge 47 mm		Schalenlänge 123 mm	
	lat. Cil.	term. Cil.	lat. Cil.	term. Cil.
kräftig . . . . .	5	10	1	5
schwach . . . . .	5	10	—	10
sehr schwach . . . . .	5	5	4	5
insgesamt . . . . .	15	25	5	20

Die Experimente zeigen also einwandfrei, daß auch die Unterschiede in der ökologischen Wärmeresistenz von *Modiolus* und *Mytilus* zellphysiologisch fundiert sind. Das bedeutet wohl, daß die Stabilität der Zellkolloide bei *Modiolus* geringer ist als bei *Mytilus*. Ob dieser Unterschied durch einen größeren Wassergehalt und höheren „Quellungsgrad“ des *Modiolus*gewebes verursacht wird oder andere Gründe hat, haben wir nicht untersucht.

### 5. Die Cilienaktivität der isolierten Kiemen

Die Ventilation der Muschelkiemen (die Geschwindigkeit des Atemwasserstromes) und die Menge der filtrierte Nahrungspartikel hängt von der Aktivität des Cilien-

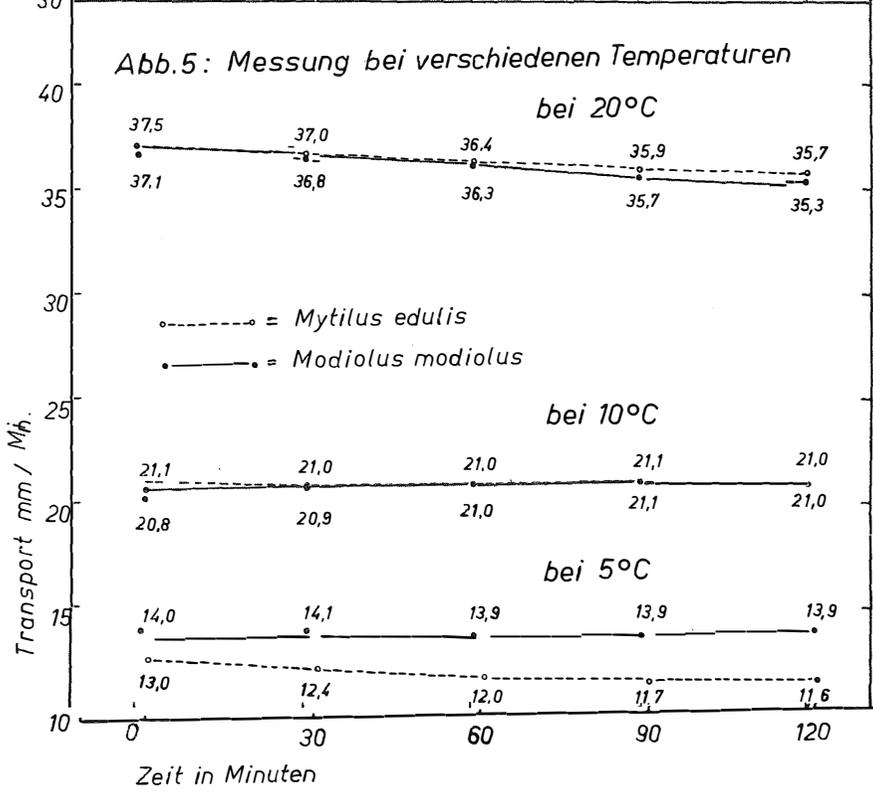
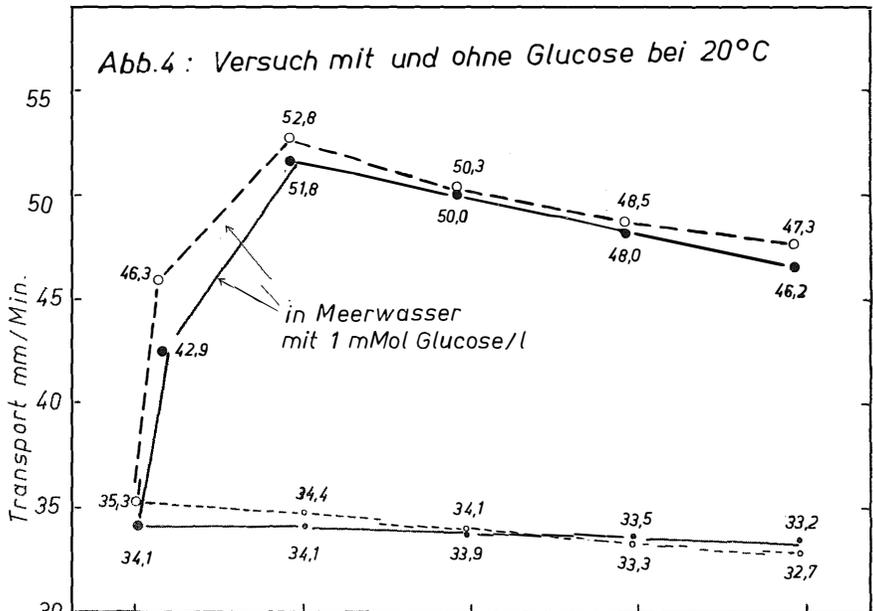
Legende zu der nebenstehenden Abbildung 4 (Tafel 3)

Vergleich der Aktivität der frontalen Kiemenzilien von *Modiolus modiolus* L. (Kristineberg) und *Mytilus edulis* L. (List) in reinem Meerwasser von 30<sup>0</sup>/<sub>00</sub> S und nach Zusatz von 1 mMol Glucose/l., in beiden Fällen bei 20°C. Die Versuchstiere waren vorher langfristig an Meerwasser von 30<sup>0</sup>/<sub>00</sub> S und 10°C angepaßt worden. Schalenlänge von *Modiolus* etwa 10 cm und von *Mytilus* 7—8 cm.

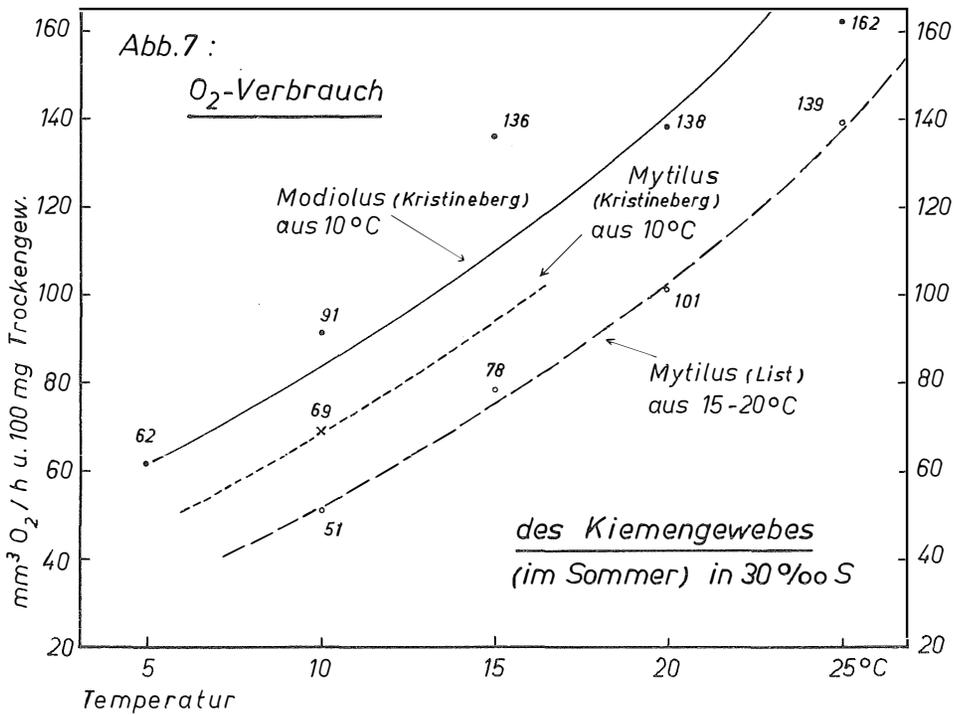
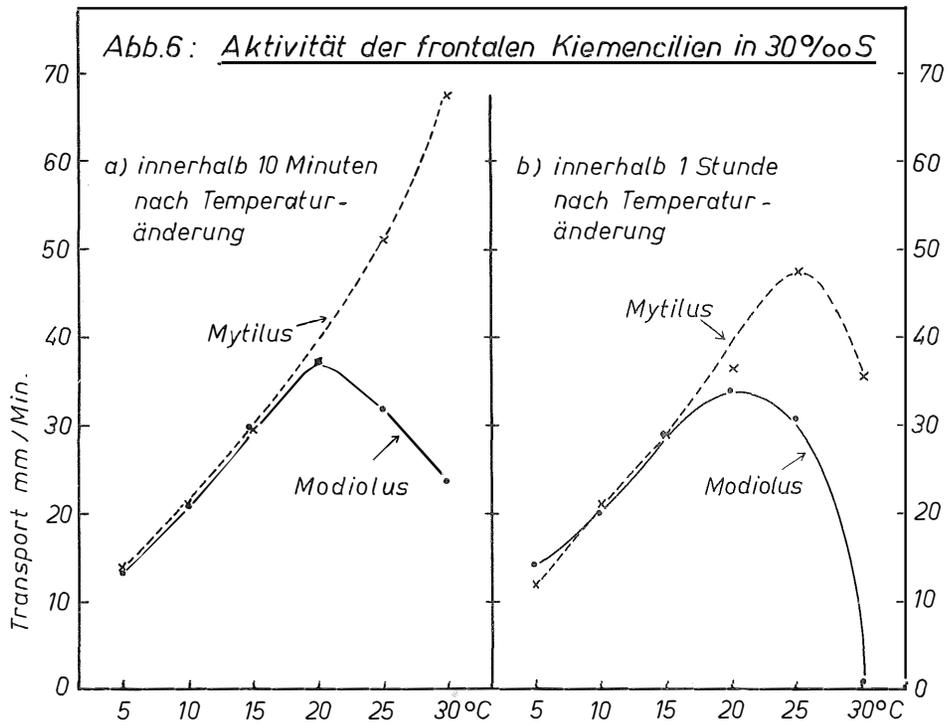
Legende zu der nebenstehenden Abbildung 5 (Tafel 3)

Vergleich der Aktivität der frontalen Kiemenzilien von *Modiolus modiolus* L. (Kristineberg) und *Mytilus edulis* L. (Kristineberg) in Meerwasser von 30<sup>0</sup>/<sub>00</sub> S bei 5, 10 und 20°C. Isolierte Kiemenstücke von Muscheln, die langfristig an Meerwasser von 30<sup>0</sup>/<sub>00</sub> S und 10°C vor Versuchsbeginn angepaßt worden waren. Schalenlänge von *Modiolus* und *Mytilus* bei 10° und 20°C 47—48 mm, bei 5°C *Modiolus* = 74 mm und *Mytilus* = 49 mm

*Aktivität der frontalen Kiemencilien in 30‰ S*



Tafel 3



Tafel 4

schlages der Kiemen ab. Es werden also die Atmung (der Gasaustausch) und der Nahrungserwerb von diesem Faktor beeinflusst. Man darf vielleicht voraussetzen, daß beide Muschelarten, *Modiolus modiolus* und *Mytilus edulis*, unter den für sie typischen Standortbedingungen in dieser Beziehung das gleiche leisten. Unterschiede werden sich in erster Linie bei stark veränderten, von der Norm abweichenden Milieubedingungen feststellen lassen.

Da *Modiolus* kaum in verdünntes Meerwasser vordringt, haben wir den Einfluß des Salzgehaltes im Außenmedium auf die Cilienaktivität der isolierten Kiemen vorerst nicht untersucht. Dagegen haben wir eingehend die Cilienaktivität des Gewebes mit und ohne Nahrungszufuhr und bei verschiedener Wassertemperatur studiert. Als Maß der Cilienaktivität wurde die Fortbewegungsgeschwindigkeit eines auf die horizontale Kiemenfläche gelegten Staniolplättchens von etwa 1 mm im Quadrat gemessen. Auf diese Weise konnte mit Hilfe der Stoppuhr leicht wiederholt die mechanische Aktivität (Transportgeschwindigkeit in mm pro Minute) bestimmt werden. Jeder von uns angegebene Aktivitätswert ist ein Mittelwert von 10 Einzelbestimmungen.

Die Cilienaktivität der isolierten Kiemen in reinem Meerwasser ist als Arbeitsleistung eines hungernden Gewebes aufzufassen, da in den Kiemenzellen selbst eine nennenswerte Speicherung von Reservestoffen nicht vorhanden ist.

Wir haben zunächst die Cilienaktivität bei 20°C untersucht. Sie stimmt bei *Modiolus* und *Mytilus* unter diesen Umständen erstaunlicherweise sowohl beim hungernden Gewebe (Untersuchung der isolierten Kiemen in reinem Meerwasser) wie auch bei Zuführung von Zellnahrungsstoffen (z. B. in Meerwasser mit 1 m Mol Glucose pro Liter) überein (s. Abb. 4). Die Transportgeschwindigkeit der frontalen Kiemencilien betrug bei großen Muscheln (*Modiolus* von etwa 100 mm und *Mytilus* von 70—80 mm Schalenlänge) 34 mm/Minute und stieg nach Zusatz von 1 m Mol/l Glucose auf 50 mm/Minute, das bedeutet etwa eine Steigerung auf 148% (gemessen jeweils eine Stunde nach der Isolierung des betreffenden Kiemenblattes).

Bei kleineren Muscheln ist die Cilienaktivität etwas größer. Sie beträgt bei 47—48 mm langen Exemplaren übereinstimmend bei beiden Arten etwa 36,3—36,4 mm/Minute. Das bedeutet, daß die Schlagintensität der frontalen Cilien bei etwa 5 cm langen Exemplaren von *Modiolus* um 7% höher als bei doppelt so großen, 10 cm langen Muscheln ist.

Auch bei einer Wassertemperatur von 10°C (der Standorttemperatur der untersuchten *Modiolus*-Exemplare während des Sommers) zeigt die Aktivität der frontalen Kiemencilien von *Modiolus* und *Mytilus* keine nennenswerten Unterschiede (s. Abb. 5).- Etwas verschieden verhalten sich diese beiden Arten jedoch in kaltem Meerwasser von nur 5°C. In diesem Falle erscheint *Modiolus* als Kaltwassermuschel überlegen (vgl.

---

Legende zu der nebenstehenden Abbildung 6 (Tafel 4)

- a) Vergleich der Temperaturabhängigkeit der Cilienaktivität (frontale Kiemencilien) bei isolierten Kiemenstücken von *Modiolus modiolus* L. (Kristineberg) und *Mytilus edulis* L. (Kristineberg). Die Versuchstiere waren vorher langfristig an Meerwasser von 30‰ S und 10°C angepaßt worden. Schalenlänge von *Modiolus* 48—69 mm und von *Mytilus* 47—98 mm. Messung der Aktivitäten innerhalb von 10 Minuten nach Überführung aus der Vorbehandlungstemperatur (10°C) in die jeweilige Versuchstemperatur.
- b) Derselbe Versuch wie in Abb. 6a, jedoch Messung der Aktivitäten eine Stunde nach Überführung aus der Vorbehandlungstemperatur (10°C) in die jeweilige Versuchstemperatur.

Legende zu der nebenstehenden Abbildung 7 (Tafel 4)

Vergleich des Sauerstoffverbrauches des isolierten Kiemengewebes von *Modiolus modiolus* L. (Kristineberg) und *Mytilus edulis* L. (Kristineberg und List). Die Muscheln waren vor Versuchsbeginn langfristig an Meerwasser von 30‰ S und 10°C angepaßt worden. Schalenlängen von *Modiolus* 90 bis 126 mm, von *Mytilus* 50—60 mm. — Die Werte für *Mytilus edulis* L. (List) sind einer Arbeit von SCHLIEPER (1955) entnommen.

Abb. 5). Allerdings ist der Unterschied nicht groß; er beträgt aber immerhin bei den von uns untersuchten Muscheln nach einstündigem Aufenthalt in 5°C etwa 16% und nach zwei Stunden 20%. Leider reichte unser Material nicht aus, um noch weitere Versuche bei niedrigen Temperaturen, zwischen 0° und 5°C durchzuführen. Wir wollen diese Frage, ebenso wie die der Kälteresistenz bei längerer Einwirkung von niederen Temperaturen, später an einem größeren Material ausführlich untersuchen.

Deutlich ist auch der Unterschied in der Schlagintensität der frontalen Kiemencilien bei Temperaturen, welche 20°C übersteigen, da *Modiolus* wesentlich wärmeempfindlicher ist als *Mytilus* (vgl. Abschnitt 5). Während das *Mytilus*-Gewebe bei 25°C noch gut überlebte und entsprechend der VANT'HOFFSchen Regel durch eine stark erhöhte Cilienaktivität reagierte, war das *Modiolus*-Gewebe in 25°C warmem Meerwasser bereits nach wenigen Minuten geschädigt. Die Schlagintensität der frontalen Kiemencilien war bei *Modiolus* dann geringer als in Meerwasser von 20°C (s. Abb. 6). In 30°C warmem Meerwasser überlebte jedoch auch das Gewebe der untersuchten *Mytilus*-Exemplare nur kurze Zeit. Nach einer Stunde bei 30°C nahm auch bei dieser Art die Schlagintensität der Kiemencilien stark ab, während allerdings das *Modiolus*gewebe in der Regel zu diesem Zeitpunkt bereits abgestorben war.

### 7. Die Stoffwechselintensität der isolierten Kiemen

Vieles spricht dafür, daß die artspezifisch festgelegte Stoffwechselintensität von *Modiolus modiolus* bei der gleichen Temperatur höher ist als die von *Mytilus edulis*. Seit SPÄRK (1936) wissen wir, daß unter verwandten Muschelarten diejenige mit der nördlichsten Verbreitung den relativ höchsten Sauerstoffverbrauch hat. Aus diesem Grunde hat beispielsweise die arktische Spezies *Modiolaria laevigata* in grönländischen Gewässern bei 5°C etwa den gleichen Sauerstoffverbrauch wie *Mytilus edulis* aus dem dänischen Meeresgebiet bei 10°C. Wahrscheinlich kann man verallgemeinernd schließen, daß auch eine Art wie *Modiolus modiolus* aus kaltem Bodenwasser bei der gleichen niedrigen Temperatur einen höheren Sauerstoffverbrauch besitzt als die verwandte *Mytilus edulis* aus dem wärmeren Oberflächenwasser derselben geographischen (temperierten) Region. Verstärkend, in der gleichen Richtung wirkend, kommt vielleicht noch die Tatsache hinzu, daß *Modiolus* im Gegensatz zu *Mytilus* stark strömendes Wasser bevorzugt.

Einen gewissen Hinweis darauf, daß möglicherweise *Modiolus* aus Kristineberg in kaltem Wasser einen intensiveren Stoffwechsel als *Mytilus* vom gleichen Fundort und bei derselben Wassertemperatur besitzt, gibt vielleicht schon die oben erwähnte Beobachtung, nach welcher die Aktivität der frontalen Kiemencilien von *Modiolus* die derjenigen von *Mytilus* bei 5°C übertrifft (s. Abb. 5).

Tabelle 2

Der Sauerstoffverbrauch des isolierten Kiemengewebes von *Modiolus modiolus* L. (Kristineberg) und *Mytilus edulis* L. (Kristineberg) in mm<sup>3</sup> O<sub>2</sub> pro Stunde und 100 mg Trockengewicht

	Versuchs- Temperatur •C	Schalenslänge der Muscheln mm	Zahl der Einzelwerte	Mittelwerte
<i>Modiolus modiolus</i> L.	5	107—112	18	62 ± 1
	10	90—117	29	91 ± 2
	15	107—110	20	136 ± 4
	20	104—126	18	138 ± 4
	25	108—112	20	162 ± 6
<i>Mytilus edulis</i> L. . .	10	56—59	12	69 ± 4

Wir haben dementsprechend den Sauerstoffverbrauch zahlreicher Kiemenstücke von *Modiolus* und *Mytilus* bei verschiedenen Temperaturen mit Hilfe einer modernen Warburg-Apparatur manometrisch gemessen (s. Abb. 7 und Tab. 2). Die auf das gleiche Trockengewicht bezogene Gewebeatmung von *Modiolus* aus Kristineberg übertrifft nach unseren Befunden bei 10°C einwandfrei den entsprechenden Wert bei *Mytilus* vom gleichen Fundort. Wie aus den Angaben in Tabelle 2 hervorgeht, waren die zugehörigen Muscheln verschieden groß, die *Modiolus*-Exemplare 90—117 mm und die *Mytilus*-Exemplare 56—59 mm lang. Würde nur der Größenunterschied wirksam gewesen sein, so hätte man erwarten müssen, daß der Sauerstoffverbrauch der Kiemen bei den kleineren Miesmuscheln den der Kiemen der größeren *Modiolus*-Exemplare etwas übertraf. Dieser Faktor würde also in der entgegengesetzten Richtung wirken. Um so sicherer ist unser Schluß, daß die Gewebeatmung der Kaltwassermuschel *Modiolus* höher ist als die von der an wärmeres Meerwasser angepaßten *Mytilus*.

Bei den festgestellten Unterschieden muß es sich wohl um genetisch fixierte artspezifische Merkmale handeln, da die untersuchten Individuen ja vor den Messungen an die gleiche Temperatur (10°C) adaptiert waren. Wir können also in diesem Falle auch nichts über das Ausmaß einer eventuell bei *Modiolus* in gewissem Maße vorhandenen individuellen Adaptationsfähigkeit aussagen. Bei *Mytilus* spielt eine derartige individuelle Adaptation an die jeweilige jahreszeitliche Außentemperatur sicher eine gewisse Rolle, wie SCHLIEPER (1955) nachgewiesen hat. Aus diesem Grunde ist ja der Sauerstoffverbrauch des Kiemengewebes der Nordsee-Miesmuschel (List) im Winter bei 10°C etwa 20% höher als im Sommer bei der gleichen Temperatur.

Vergleicht man die im Sommer bei Nordsee-Miesmuscheln (List) von SCHLIEPER (1955) erhaltenen Werte mit den von uns an *Mytilus* aus Kristineberg gemessenen, so muß man feststellen, daß sie bei allen untersuchten Temperaturen relativ niedriger sind. Die Ursache dieser Erscheinung ist wohl darin zu sehen, daß die betreffenden Miesmuscheln vor Versuchsbeginn an wärmeres Wasser (15—20°C) adaptiert waren; möglicherweise spielen aber auch Rassenunterschiede in diesem Fall eine gewisse Rolle.

## 8. Zusammenfassung

Die boreale Pferdemoschel *Modiolus modiolus* L. braucht im Vergleich zu der mit ihr verwandten, fast kosmopolitisch verbreiteten Miesmuschel *Mytilus edulis* L. höhere Salzkonzentrationen im Außenmedium und niedrigere Wassertemperaturen, sie bevorzugt außerdem stärkere Strömungen am Standort.

Es sollte festgestellt werden, ob und wie weit sich das verschiedene ökologische Verhalten der beiden Muschelarten auch zellphysiologisch auswirkt.

Untersucht wurden eine Anzahl Pferdemoscheln und Miesmuscheln, welche bei einem Besuch der am Ausgang des Gullmar Fjords gelegenen Zoologischen Station Kristineberg aus 15 m bzw. 1 m Wassertiefe nach Kiel gebracht worden waren. Vor der Untersuchung waren die Muscheln etwa 14 Tage an Meerwasser von 30‰ Salzgehalt und 10°C angepaßt worden.

Soweit als möglich wurden jeweils die isolierten Kiemenblätter bzw. einzelne Kiemenstücke gleichgroßer Muscheln miteinander verglichen.

Die osmotische Resistenz der isolierten Kiemen von *Modiolus* war bei 10° und 20°C geringer als die derjenigen von *Mytilus*.

Auch die Wärmeresistenz der *Modiolus*kiemen war (bei 35°C) beträchtlich kleiner als die der *Mytilus*kiemen.

Dagegen stimmte die Aktivität der frontalen Kiemencilien beider Muschelarten in reinem Meerwasser und in Meerwasser mit Zusatz von Glucose bei 20° und

10°C annähernd überein. Nur bei 5°C war die Schlagleistung der Kiemencilien von *Modiolus* derjenigen von *Mytilus* überlegen.

Bei stufenweiser Erhöhung der Wassertemperatur waren die erhaltenen Temperatur-Aktivitäts-Kurven der frontalen Kiemencilien von *Modiolus* und *Mytilus* insofern verschieden, als der Umkehrpunkt der *Modiolus*-Kurven bereits bei 20°C, dagegen derjenige der *Mytilus*-Kurven (nach einstündiger Temperatureinwirkung) bei 25°C lag.

Die auf das gleiche Trockengewicht bezogene Gewebeatmung der *Modiolus*-Kiemencilien übertraf bei 10°C wesentlich den entsprechenden Wert der *Mytilus*-Kiemencilien. Das *Modiolus*-Gewebe hat also eine genetisch festgelegte, relativ höhere Stoffwechselintensität.

Das Ausmaß der Untersuchungen war durch die geringe Anzahl der zur Verfügung stehenden Muscheln begrenzt. Die Ergebnisse beweisen jedoch bereits eindeutig das Vorliegen enger Beziehungen zwischen dem verschiedenen ökologischen und dem zellphysiologischen Verhalten der beiden Muschelarten.

Die Durchführung der Untersuchung wurde durch eine Sachbeihilfe von seiten der Deutschen Forschungsgemeinschaft mit ermöglicht.

#### 9. Literaturverzeichnis

- BIEBL, R.: Trockenresistenz und osmotische Empfindlichkeit der Meeresalgen verschieden tiefer Standorte. *Jahrb. f. wiss. Botanik* 86, 350—386, 1938. — BIEBL, R.: Über die Temperaturreistenz von Meeresalgen verschiedener Klimazonen und verschieden tiefer Standorte. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 88, 389—420, 1939. — BIEBL, R.: Zellphysiologisch-ökologische Untersuchungen an *Enteromorpha clathrata* (ROTH) GREVILLE. *Ber. Bot. Ges.* Vol. 69, H. 2, 75—86, 1956. — GISLEN, T.: Epibioses of the Gullmar Fjord I and II. *Kristinebergs Zoologiska Station 1877—1927*. Nr. 3, 1—123; Nr. 4, 1—380, 1930. — HAAS, F.: „Lamellibranchia“. *Tierwelt der Nord- und Ostsee*. Grimpe & Wagler. Bd. IX, d, 1—96, 1928. — JAECKEL, S.: Zur Ökologie der Molluskenfauna in der westlichen Ostsee. *Schriften d. Naturwiss. Ver. Schleswig-Holstein*, 26, 18—50, 1952. — SCHLIEPER, C.: Über die physiologischen Wirkungen des Brackwassers (Nach Versuchen an der Miesmuschel *Mytilus edulis*). *Kieler Meeresforschungen* 11, 22—33, 1955. SCHLIEPER, C. u. R. KOWALSKI: Über den Einfluß des Mediums auf die thermische und osmotische Resistenz des Kiemengewebes der Miesmuschel *Mytilus edulis* L. *Kieler Meeresforschungen* 12, 37—45, 1956. — SCHLIEPER, C. und R. KOWALSKI: Weitere Beobachtungen zur ökologischen Physiologie der Miesmuschel *Mytilus edulis* L. *Kieler Meeresforschungen* 13, 3—10, 1957. — SCHLIEPER, C.: Comparative study of *Asterias rubens* and *Mytilus edulis* from the North Sea (30°/00 S) and the western Baltic Sea (15°/00 S). *Coll. Int. Biol. Mar., Station Biologique de Roscoff* (1956). *Ann. Biol.* 33, 117—127, 1957. — SPÄRCK, R.: On the relation between metabolism and temperature in some marine lamellibranchs and its zoogeographical significance. *Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Biol. Medd.* XIII, 5, 1—27, 16 figs. København, 1936. SPÄRCK, R.: The importance of metabolism in the distribution of marine animals. *Coll. Int. Biol. Mar., Station Biologique de Roscoff* (1956). *Ann. Biol.* 33, 233—239, 1957. — THORSON, G.: Reproduction and larval development of danish marine bottom invertebrates. *Med. Komm. Dan. Fisk. og Havundersøg.* 4, 1—523, 1946. — THORSON, G.: „Havets Dyreliv“ in *Vort Lands Dyreliv*, 1950, 37—75, Gyldendal, Kopenhagen. — ZIEGELMEIER, E.: Die Muscheln (Bivalvia) der deutschen Meeresgebiete (Systematik und Bestimmung der heimischen Arten nach ihren Schalenmerkmalen). *Helgoländer Wiss. Meeresunters.* 6, 1—51, 1957.