

# Die Muschelvergiftung als biologisches Problem auf Grund der neueren diesbezüglichen Ursachenforschung.

VON LADISLAUS V. HARANGHY, Klausenburg (Ungarn).<sup>1)</sup>

Mit 41 Abbildungen im Text.

Aus der Biolog. Anstalt auf Helgoland und der Zweigstation des Kgl. Ungar. Staatlichen Hygienischen Institutes zu Baja (Ungarn).

## Inhalt.

	Seite
<b>A. Frühere Untersuchungen.</b>	
1. Miesmuschelvergiftungen . . . . .	280
2. Durch Austern und andere Muscheln verursachte Vergiftungen . . . . .	281
3. Vorkommen des Muschelgiftes in Krebsen und Seesternen . . . . .	281
4. Chemische Eigenschaften und toxikologische Wirkung des Muschelgiftes . . . . .	282
5. Hypothesen über die Muschelvergiftung . . . . .	285
<b>B. Eigene Beobachtungen über Muscheln der Deutschen Bucht.</b>	
1. Allgemeine Bemerkungen über den Fundort der giftigen Muscheln . . . . .	292
2. Untersuchungen über Giftwirkung der gesammelten Muscheln . . . . .	295
3. Untersuchungen der Giftwirkung des <i>Carcinus</i> und <i>Asterias</i> . . . . .	308
4. Äußere Eigenschaften der gesammelten Muscheln . . . . .	309
5. Erscheinungen an der Innenfläche der Muschelschalen . . . . .	316
6. Eigenschaften und histologisches Bild der Weichteile . . . . .	318
7. Deutung der äußeren Eigenschaften . . . . .	321
8. Deutung der Erscheinungen an der Innenfläche der Muschelschalen . . . . .	325
<b>C. Versuche über die Sedimentation von Muscheln.</b>	
1. Bedeutung der Versuche im Rahmen des Problems . . . . .	328
2. Die Methodik . . . . .	328
3. Die Ergebnisse von Versuchen mit Normaltieren . . . . .	330
4. Die Ergebnisse von Versuchen mit mangelhaft entwickelten Tieren . . . . .	339
<b>D. Versuche zum Hervorrufen des Giftigwerdens der Muscheln . . . . .</b>	<b>343</b>
<b>E. Beziehungen zwischen dem Giftigwerden der Muscheln und den Verhältnissen des Lebensraumes . . . . .</b>	<b>347</b>
<b>Zusammenfassung . . . . .</b>	<b>350</b>
<b>Schriftenverzeichnis . . . . .</b>	<b>351</b>

## A. Frühere Untersuchungen.

Es ist seit langem bekannt, dass der Genuß von Muscheln mitunter schädliche Folgen nach sich ziehen kann und besonders die Miesmuschel schwere Vergiftungen auszulösen vermag. Aber man konnte über die Muschelvergiftung lange Zeit kein klares

<sup>1)</sup> Diese Arbeit wurde mit Unterstützung des im Rahmen des deutsch-ungarischen Kulturabkommens erworbenen Humboldt-Stipendiums durchgeführt. Die Untersuchungen wurden durch die weitgehende Unterstützung und die wertvollen Ratschläge von Prof. Dr. A. HAGMEIER, dem Direktor der Biologischen Anstalt auf Helgoland und von Dr. H. HERTLING, Kustos für Zoologie, ermöglicht. Die hydrologischen Daten wurden mir durch das Marschenbauamt Heide, Forschungsabteilung Büsum, gütigst zur Verfügung gestellt. Die an den Austern erfolgten Untersuchungen sind der liebenswürdigen Mithilfe Dr. B. HAVINGA's, die Miesmuscheluntersuchungen von Varna dem Entgegenkommen von Dr. H. CASPERS zu verdanken. Beim Durchsehen des Textes sind mir Dr. J. HENSCHEL und Frä. Dr. A. STIER freundlicherweise behilflich gewesen. Den hier genannten Forschern, sowie auch allen Mitgliedern der Biolog. Anstalt auf Helgoland, die mir in jeder Hinsicht weitgehende Hilfe geleistet haben, spreche ich an dieser Stelle meinen innigsten Dank aus.

Bild gewinnen, weil anfangs die durch faulende oder infizierte Muscheln verursachten Lebensmittelvergiftungen und die nach Verzehrung von frischen Muscheln auftretenden Erkrankungen ohne Unterschied unter dem Begriff der Muschelvergiftung zusammengefaßt wurden. Heute werden die als Folge des Genusses von Muscheln auftretenden Übel sowohl in Bezug auf die auslösende Ursache, als betreffs des Ablaufs der Krankheit in drei, von einander vollkommen getrennte Gruppen eingeteilt, nämlich 1. in die durch den Genuß von Muscheln hervorgerufenen Überempfindlichkeitszustände, 2. in die Lebensmittelvergiftungen, bzw. Infektionskrankheiten, welche durch faulende oder infizierte Muscheln verursacht wurden, schließlich 3. in die nach Genuß von frischen Muscheln entstandenen paralytischen Muschelvergiftungen. Die nach Genuß von Muscheln auftretenden Überempfindlichkeitszustände, die Besprechung der Lebensmittel- und Infektionskrankheiten, fallen nicht in den Rahmen dieser Abhandlung, wir werden uns hier nur mit den paralytischen Muschelvergiftungen befassen.

### 1. Miesmuschelvergiftungen.

Die ersten Beschreibungen der Miesmuschelvergiftung stammen noch aus dem XVIII. Jahrhundert. HARLEM erwähnt im Jahre 1762, DE COSTA 1778 die paralytische Muschelvergiftung und das im Jahre 1787 veröffentlichte polizeiärztliche Handbuch von FRAN gibt Verhaltensmaßregeln zur Vermeidung oder Vergiftungen an. Eine genauere Beschreibung der Vergiftungen geben erst D. BURROWS und FORBES SYLVIVS, die auch richtig feststellen, daß die giftigen Muscheln gekocht nicht unschädlich werden und daß die Vergiftung auch von ganz frischen Muscheln herrühren kann. Nachdem aber mehrere Autoren als Krankheitsbild der Vergiftung die durch faulende oder infizierte Muscheln hervorgerufenen Erkrankungen beschrieben hatten, wurde die Möglichkeit einer durch frische Muscheln hervorgerufenen Vergiftung nicht bakteriellen Ursprunges bezweifelt. Im Jahre 1885 wurden aber in Wilhelmshaven derartige Muschelvergiftungen beobachtet, die mit Gewißheit bestätigten, daß in gewissen Fällen auch frische Muscheln als selbständiges Krankheitsbild bestehende, rasch ablaufende schwere Vergiftungen hervorrufen können. Es wurde nämlich am 17. Oktober am erwähnten Orte aus einem abgeschlossenen Teil des Kriegshafens ein kleines Schiff herausgezogen und mehrere haben von den am Schiffsboden anhaftenden Miesmuscheln in gekochtem Zustand gegessen. Im Laufe der Nacht erkrankten 19 Personen u. zw. 4 tödlich, 10 schwer und 5 leichter. Bei jenen die viele Muscheln gegessen haben, zeigten sich sofort nach der Mahlzeit schwere Vergiftungssymptome. Die weniger von den Muscheln gegessen haben erkrankten erst nach Stunden. Die Vergiftung nahm mit Trockenheitsempfindungen in der Kehle ihren Anfang, bald meldeten sich stechende, brennende Gefühle an den Gliedmaßen, welche von Froschschütteln abgelöst wurden, worauf eine Lähmung der Glieder eintrat. Die Lähmung wurde durch Schwitzen, Beklommenheitsgefühle und Sprachstörungen begleitet; der Tod erfolgte in den einzelnen Fällen nach  $\frac{3}{4}$ —5 Stunden, bei vollem Bewußtsein, unter Atembeschwerden. Die Vergiftungserscheinungen und die Giftmuscheln wurden von SCHMIDTMANN, WOLFF, SALKOWSKY, VIRCHOW, BRIEGER, LOHMEYER, SCHNEIDER, MARTENS, SCHULZE, MÖBIUS, KOBELT und anderen untersucht.

Man stellte fest, daß die giftigen Muscheln ausschließlich in dem durch Schleusen abgeschlossenen Teil des Wilhelmshavener Hafens zu finden waren. Dieser Teil des Hafens bildete ein stehendes Wasser, frisches Wasser gelangte nur dann in die Bucht, wenn den Kriegsschiffen die Schleusen geöffnet wurden. Das Wasser der Bucht war jedoch vor Verunreinigungen geschützt und die Marinemannschaft durfte nur die Aborte am Ufer benutzen. Die Untersuchungen zeigten, daß bereits der Genuß von 5—6 Miesmuscheln schwere Vergiftungssymptome auslöste. Bei Mäusen erfolgte einige Minuten nach subcutaner Injizierung entsprechender Menge Muschelextraktes die Lähmung der Hinterbeine, bald breitete sich die Lähmung weiter aus und das Tier starb bei vollkommener Lähmung unter großen Atembeschwerden binnen einigen Minuten ab.

Die Vergiftungen von Wilhelmshaven haben daher den Beweis erbracht, daß die Lähmungsform der Muschelvergiftungen ein selbständiges Krankheitsbild darstellt, welches von den Erkrankungen durch faulende und infizierte Muscheln und von den Überempfindlichkeitszuständen gegenüber Muscheln völlig abgesondert zu behandeln ist. Solche Vergiftungen sind wohl sehr selten, aber es sind den Wilhelmshavener Vergiftungen ähnliche massenhafte Vergiftungen auch seither beobachtet worden.

Schon am 30. September 1888 sind in Wilhelmshaven 3 neue Vergiftungsfälle vorgekommen und einer der Vergifteten ist bereits nach 6 Stunden gestorben. Im selben Jahre wurden noch in Liverpool Vergiftungen beobachtet. Im Jahre 1890 aß in Dublin eine Familie (die Mutter, 5 Kinder und die Dienstmagd) Miesmuscheln und 20 Minuten nach der Mahlzeit traten schon die Vergiftungserscheinungen auf. Von der Familie blieben ein einziges Kind und die Dienstmagd am Leben. Im Jahre 1901 starb in Christiania ein Matrose an Muschelvergiftung und später sammelte eine 7 Personen zählende Familie an derselben Stelle Muscheln nach deren Genuß 6 Familienmitglieder erkrankten und eine Person starb unter schweren Vergiftungssymptomen. Die Vergiftungen hat THESEN sehr eingehend untersucht und festgestellt, daß auch hier im Innern des abgeschlossenen Hafens die giftigen Muscheln zu finden waren, jedoch die aus dem freien Meer gefangenen sich als ungiftig erwiesen haben. Die Zahl der Vergiftungen ist in Anbetracht des sehr bedeutenden Muschelgenusses verhältnismäßig wirklich gering. DODGSON (1928) hält das Vorkommen der paralytischen Vergiftungen in 8—10 Fällen für bewiesen. Die von DODGSON aufgezählten gruppenweisen Muschelvergiftungen sind in Wilhelmshaven, Oslo, Dublin, Tralee (Irland), Liverpool, Hartlepool, Leith (England)

vorgekommen und es ist auffallend, daß die Vergiftungen auf die nördliche Hälfte Europas fallen, wogegen in den Mittelmeerländern trotz des bedeutenden Muschelgenusses paralytische Muschelvergiftungen anscheinend nur ausnahmsweise vorkommen. In letzter Zeit wurden aus Amerika nicht zu bezweifelnde Muschelvergiftungen beschrieben. Nach MEYER sind 1927 in Kalifornien viele Vergiftungen vorgekommen, von welchen 6 Fälle mit dem Tod endeten.

Im Jahre 1938 sind laut bezüglicher Mitteilung von Prof. G. GILSON in Brügge charakteristische Muschelvergiftungen vorgekommen, von welchen in 4 Fällen der Tod eintrat. Durch die Miesmuschel verursachte paralytische Vergiftungen sind daher auch in der jüngsten Vergangenheit beobachtet worden und es ist erklärlich, daß in den Ländern, wo der Genuß der Miesmuschel allgemein verbreitet ist, die Ursache der Giftigkeit der Muscheln ein vielfach besprochenes und den Gegenstand zahlreicher Untersuchungen bildendes Problem geworden ist, wie unmittelbar nach den Vergiftungen von Wilhelmshaven.

## 2. Durch Austern und andere Muscheln verursachte Vergiftungen.

Ob die paralytische Muschelvergiftung auch nach Verzehrung von Austern vorkommt, darüber besitzen wir — zumindest Europa betreffend — keine derartig verlässliche Angaben, wie über die Muschelvergiftungen von Wilhelmshaven.

Eine nach Genuß von Austern eingetretene Muschelvergiftung wird bereits vom Jahre 1821 erwähnt, doch stammt die erste genaue Beschreibung von BROSCHE vom Jahre 1896. Laut dieser hatte ein Offizier im Jahre 1895 in Wien angeblich verdorbene Austern gegessen und war am folgenden Tag unter schweren Vergiftungserscheinungen gestorben. Das Krankheitsbild der Vergiftungen wich jedoch von jenen der lähmenden Muschelvergiftung in vielen Beziehungen ab und erinnerte vielmehr an den Botulismus. Unter den weiteren Angaben ist es gleich schwer zu entscheiden, wieweit die Fälle der paralytischen Muschelvergiftung vorliegen und wieweit sie als gewöhnliche Lebensmittelvergiftung infolge des Genusses von faulenden Muscheln aufzufassen seien. Das ist der Grund, weshalb in ihren diesbezüglichen Arbeiten THESEN (1901) und BUCHHOLZ (1912) überhaupt nicht als bewiesen annehmen wollen, daß nach Genuß von gekochten oder gebratenen Austern lähmende Muschelvergiftungen jemals beobachtet worden sind.

Gemäß meinen in Neapel vorgenommenen Untersuchungen enthielten die aus der Bucht von Mergellina stammenden Exemplare von *Ostrea plicata* Giftspuren und so kann die theoretische Möglichkeit nicht ausgeschlossen werden, daß nach dem Genuß von Austern auch in Europa die paralytische Muschelvergiftung vorkommen kann. Es scheint aber die Möglichkeit der paralytischen Austernvergiftung in Europa recht gering zu sein, wahrscheinlich aus dem Grunde, da auf den Austernbänken die für die Giftbildung günstigen Umstände nicht zur Geltung kommen; unter den die Giftentwicklung fördernden Verhältnissen, z. B.: in abgeschlossenen Häfen mit stagnierendem Wasser, reichen die Bedingungen für das Gedeihen der Austern nicht aus.

Der Volksglaube hält einzelne Muscheln, so z. B. laut HAAS die Art *Anomia ephippium* von vornherein für giftig. Die sich mit der Biologie der Muscheln befassenden Fachwerke zählen ebenfalls außer der Miesmuschel und Auster mehrere Muschelarten auf, nach deren Genuß angeblich Vergiftungen auftraten. Als solche werden die Genera *Venus*, *Cardium*, *Donax*, *Arca noë* usw. erwähnt. Die von mir in Helgoland untersuchten Exemplare von *Anomia ephippium* enthielten nicht einmal Spuren des Giftes und an den aus der Bucht von Mergellina stammenden *Venus*-Exemplaren war das Gift auch in der geringsten Menge nicht nachweisbar, obwohl zu gleicher Zeit *Mytilus minimus* und *Ostrea plicata* Giftspuren aufwiesen. Genauere Beschreibungen über die durch *Venus*, *Cardium* und die übrigen erwähnten Muscheln angeblich hervorgerufenen Vergiftungen liegen uns nicht vor und es ist sehr schwer zu entscheiden, wieweit die allgemeine Bezeichnung Vergiftung einem einfachen, durch Muschelleiweiß ausgelösten Überempfindlichkeitszustand oder einer gewöhnlichen Lebensmittelvergiftung, eventuell einer durch die Muschel vermittelten Infektionskrankheit entspricht. Daher kann das Vorkommen von durch die erwähnten Muscheln verursachten paralytischen Vergiftungen — zumindest in Europa — vorderhand nur als eine theoretische Möglichkeit angesehen werden und jedenfalls wird neben den Miesmuschelvergiftungen die praktische Bedeutung der durch die übrigen Muscheln hervorgerufenen paralytischen Vergiftungen als verschwindend gering zu betrachten, bzw. einzelne Muscheln betreffend auch zu bezweifeln sein, ob sie überhaupt imstande sind, paralytische Muschelvergiftungen hervorzurufen.

## 3. Vorkommen des Muschelgiftes in Krebsen und Seesternen.

Im Gegensatz zu den obigen ist von drei, im System von den Muscheln weit entfernt stehenden Tieren mit Gewißheit bewiesen worden, daß sie unter gewissen Umständen Muschelgift enthalten können und zwar sind diese der Seestern *Asterias rubens*, der Krebs

*Emerita analoga* und die Garnelen. Überdies kann das paralytisch wirkende Muschelgift laut meinen Helgoländer Untersuchungen ausnahmsweise auch in einer vierten Tierart, in *Carcinus maenas* vorkommen. Von obigen Tieren wird über die für den menschlichen Genuß ausschließlich in Betracht kommenden Garnelen von WOLFF in seiner Arbeit über die Muschelvergiftungen bemerkt, daß diese Tiere in Deutschland, Holland und Frankreich mitunter Massenvergiftungen verursachten. Die durch die rasch faulenden, schwer zu konservierenden Garnelen bewirkten Lebensmittelvergiftungen sind wohl bekannt, aber die paralytischen Muschelvergiftungen stehen mit diesen Erkrankungen in gar keinem Zusammenhang. Genaue klinische Beschreibungen über paralytische Garnelenvergiftungen sind mir nicht bekannt und obwohl auf Grund des Gesagten die Möglichkeit der paralytischen Garneelenvergiftung nicht ausgeschlossen erscheint, muß dieses Krankheitsbild als eine große Seltenheit betrachtet werden und dasselbe ist mit Bestimmtheit bis heute nicht nachgewiesen worden. Unter diesem Gesichtspunkt ist jener Feststellung von WOLFF Beachtung zu schenken, daß sich die Giftwirkung der Garneelen sogar im abgeschlossenen Hafenteil von Wilhelmshaven bedeutend geringer als die jener Muscheln erwies, demgemäß hätte nur die Verzehrung einer verhältnismäßig großen Menge der in dem abgeschlossenen Hafenteil gefischten Garnelen die Vergiftung auszulösen vermocht. Überdies ist die Giftwirkung auch bei den Garnelen keine ständige Erscheinung. In Aquarien mit reinem Wasser haben auch die Wilhelmshavener stark giftigen Muscheln nach einer bestimmten Zeit ihre Giftwirkung eingebüßt, und so ist es erklärlich, daß die nicht an bestimmte Orte gebundenen und nur in größeren Wassergebieten und in großen Massen gefischten Garnelen tatsächlich nur unter ganz besonderen Ausnahmebedingungen klinisch erkennbare, paralytische Vergiftungen bewirken können.

#### 4. Chemische Eigenschaften und toxikologische Wirkung des Muschelgiftes.

WOLFF, SALKOWSKY, SCHMIDTMANN, BRIEGER und andere trachteten, den Wirkungsstoff der giftigen Muscheln durch zahlreiche eingehende Untersuchungen zu bestimmen. Sie stellten fest, daß das Gift das stundenlange Kochen in saurem Medium verträgt, jedoch im alkalischen Medium rasch zerstört wird. Deshalb rät SALKOWSKY, die zum allgemeinen Verbrauch bestimmten Muscheln mit Soda zu kochen und das Siedewasser wegzugießen. Die saure Lösung kann ohne ihre Wirksamkeit zu verlieren bis zum Trocknen eingedampft und der Rest während der Dauer von 7 Minuten auf 110° erhitzt werden. Das Gift geht nicht in den Wasserdunst über. Es ist in Aether und Alkohol löslich und kann vom Muschelkörper mit wenig Salzsäure enthaltendem Alkohol oder Wasser gut extrahiert werden. SALKOWSKY hat zur Bereitung des wässrigen und des alkoholischen Extraktes getrennte Verfahren bekanntgemacht und festgestellt, daß unter den vier von ihm hergestellten Extrakten der unmittelbar bereitete alkoholische Extrakt der wirksamste sei.

Im Zusammenhang mit den Osloer Vergiftungen beschreibt THESEN nach BRIEGER ein gut anwendbares und auch von mir durchweg benütztes Verfahren zur Herstellung von Muschelgiftextrakten. Sein Verfahren ist das folgende: der aus der Muschelschale abgetrennte und abgewogene Weichkörper wird auf 1—2 Minuten in siedendes Wasser geworfen. Man verreibt die erstarrten Weichteile (am zweckmäßigsten mit chemisch reinem Quarzsand) und nimmt eine Verdünnung mit der zehnfachen Menge destillierten Wassers vor, wobei einige ccm verdünnte Salzsäure beigegeben werden (nach meinen Versuchen ist die Verdünnung von  $\frac{1}{10}$  n Salzsäure in einem Verhältnis von 2—5<sup>o</sup> zweckmäßig, je nachdem die Flüssigkeit mit Lackmuspapier kontrolliert, sich ausgesprochen sauer verhält). Drei Stunden lang hält man die Lösung in einem mit Watte verschlossenen Kolben in siedendem Wasserbad, filtriert sie darauf durch Watte und dampft sie danach im Wasserbad auf ihr ursprüngliches Volumen ein. Dann wird die dünne, sirupartige Flüssigkeit mit doppelter Menge 96%igen Alkohols verdünnt. Nach Zugabe von Alkohol ergibt sich zumeist ein reichlicher Niederschlag, zu dessen Ausscheidung die Flüssigkeit 30 Minuten lang in einem hohen Meßkolben stehen gelassen und dann filtriert wird (oft ist das Zentrifugieren zweckmäßiger). Aus der vollkommen rein filtrierten Flüssigkeit wird der Alkohol im Wasserbad verdunstet und der Rest mit destilliertem Wasser derart verdünnt, daß das Gewicht der Lösung  $\frac{1}{3}$  des Weichteilgewichtes der Muschel entspricht. Sollte die Lösung nach der Verdünnung trübe geworden sein, so filtriert man dieselbe wiederholt oder man zentrifugiert sie sorgfältig, wobei die Reaktion auf Säure eingestellt wird. Bemerkte sei, daß es zweckmäßig ist, die Reaktion während des ganzen Vorganges zu kontrollieren, nachdem in der bereits erwähnten Weise das Alkalisichwerden der Reaktion die Zerstörung des Giftes mit sich bringt. Da die Bakterien das Gift rasch zersetzen, muß der Extrakt vor der Verwahrung mit 1—2 Tropfen Chloroform konserviert werden und es ist zweckmäßig, denselben in geschmolzenen Röhrchen zu verwahren. In saurem Medium kann das Gift mit Chloroform konserviert an kühlem Orte auch ein Jahr lang aufbewahrt werden und die Wirkungskraft bleibt unverändert. SALKOWSKY stellte fest, daß der alkoholische Extrakt der giftigen

Muscheln von dunkel goldgelber Farbe sei, dagegen ist der Extrakt der ungiftigen Muscheln blaßgelb. Mit einigen Tropfen Salpetersäure erwärmt, gibt der Extrakt der Giftmuschel eine grasgrüne Reaktion. Die Reaktion wird insbesondere dann augenscheinlich, wenn einer trüben alkoholischen Lösung soviel absoluter Alkohol beigegeben wird, bis die Lösung sich vollkommen klärt. Die Probe scheint jedoch an größere Giftmengen oder an einem dauernd bestehenden Zustand des Tieres, eventuell an irgend einen pathologischen Vorgang in der Leber gebunden zu sein (WOLFF, SCHMIDTMANN), da sich die Reaktion nicht immer positiv zeigt und Tiere, die für kurze Zeit in ein die Giftentwicklung förderndes Milieu gebracht wurden und giftig geworden sind, diese Farbreaktion nicht aufweisen. So fehlte dies nach der Beschreibung von LINDNER bei den in der geschlossenen Bucht von Wilhelmshaven in kurzer Zeit giftig gemachten Tieren, aber auch ich selbst habe diese Beobachtung bei den in der Bucht von Mergellina lebenden Giftspuren aufweisenden Muscheln nicht wahrgenommen. Ferner fehlte sie bei *Mytilus minimus*, welche ich in Neapel und Helgoland nachträglich schwer giftig gemacht hatte. Dagegen zeigte sich die Reaktion sehr stark bei den von der Süderpiep-Tonne stammenden giftigen Muscheln und meine Aufmerksamkeit wurde auf die Giftigkeit derselben in erster Linie gerade durch die sehr auffallende Salpetersäure-Probe gelenkt.

Eine genaue chemische Bestimmung des Giftstoffes selbst ist noch bis heute nicht erfolgt. BRIEGER gedachte das Muschelgift mit dem von ihm Mytilotoxin benannten Stoff zu identifizieren, die späteren Forscher konnten aber seine Annahme nicht bestätigen. MEYER und MÜLLER halten für wahrscheinlich, daß das Gift eine Quarternärammoniumbase sei. Mehrere Daten lassen darauf schließen, daß das Gift Histamin oder eine demselben verwandte chemische Verbindung darstellt. Von diesem Gesichtspunkt aus sind insbesondere jene jüngst vorgenommenen Untersuchungen von Interesse, welche in der Deutung des anaphylaktischen Schocks die Histamintheorie in den Vordergrund rücken und annehmen, daß das Histamin jener Stoff sei, welcher den anaphylaktischen Schock auslöst. Bekanntlich führten zur Begründung der Lehre der Anaphylaxie — eines der wichtigsten Probleme der Immunitätslehre — jene Versuche von RICHEL, die er mit giftigen Extrakten von *Mytilus edulis* und Actinien ausführte. Nach seinen Untersuchungen ist in den giftigen Exemplaren von *Mytilus edulis* ein dem Actinien-Gifte ähnlicher Stoff vorhanden, den er Mytilocongestin benannte. Die Einspritzung der Substanz macht das Tier überempfindlich, die wiederholte Injizierung löst den Schock aus. Die Besprechung der Bedeutung von RICHEL's Versuchen, die zur Aufstellung des Begriffes der Anaphylaxie führten, erstreckt sich weit über den Rahmen dieser Arbeit, umso mehr, da, wie ich später zeigen werde, in RICHEL's Versuchen die Giftwirkung und die richtigen Erscheinungen der Anaphylaxie sich in komplizierter Weise verwickelten, zumal das Muschelleiweiß eine starke anaphylaktische Wirkung besitzt und in dem durch RICHEL beschriebenen Schock möglicherweise sowohl die anaphylaktischen als auch die toxischen Erscheinungen zur Geltung kommen und das Verhältnis des Mytilocongestin zum Muschelgift mit Gewißheit noch heute nicht klargelegt ist. Es sei jedoch wiederholt betont, daß die modernen chemischen Forschungen betreffs der Substanz des Muschelgiftes und die auf Basis der grundlegenden Versuche von RICHEL begonnenen Anaphylaxie-Untersuchungen neuerdings nach weiten Wegen in der Histamintheorie zusammentrafen und nach meinen Untersuchungen in Neapel stellen RICHEL's Versuche auch heute noch sozusagen das einzige Verfahren zum Nachweis von Spuren des Muschelgiftes dar.

In reinem Zustande wurde das Muschelgift im Jahre 1935 von MÜLLER hergestellt. Er, ferner KELLAWAY, PRINZMETAL, SOMMER und LEAKE stellten fest, daß das Gift ein zentral und peripherisch wirkendes Neurotoxin darstellt. Die zentrale Wirkung des Giftes berührt hauptsächlich die respiratorischen und cardio-vascularen Zentren und große Dosen des Giftes verursachen infolge Einwirkung auf das Atmungszentrum den fast sofortigen Tod. Das Gift lähmt peripherisch die motorischen und sensorischen Nervenendapparate. Die Curare-Wirkung kommt vor allem an den Nervenendigungen, schwächer an den Nervengeflechten und noch schwächer an den Muskeln selbst zur Geltung. Durch das Gift wird die Herzfähigkeit bei Kaninchen, Hunden, Fröschen vorerst gefördert, dann gehemmt. Das reine Gift wird vom Magen-Darmkanal langsam resorbiert und durch die Nieren ausgeschieden. Tiere zeigen sich gegen dieses Gift in verschiedenem Grade empfindlich. Kaninchen und Mäuse weisen große Empfindlichkeit auf, Frösche sterben aber erst ab, wenn ihnen ungefähr das 15-fache der Kaninchen-Dosis verabreicht wird. Als Letaldosis wird im allgemeinen eine Menge betrachtet, welche die intraperitoneal injizierte Maus von 20 g Körpergewicht in 10—20 Minuten tötet. Von dem alkoholischen Extrakt der Wilhelmshavener Muscheln hat eine Menge von 1.2 ccm (mit 1.125 g Muschelkörpergehalt) ein 900 g schweres Kaninchen getötet. THESEN, der mit dem wässrigen Extrakt der aus Oslo stammenden Muscheln arbeitete, fand, daß 0.01—0.02 ccm wässrige Stammlösung (mit 0.001—0.002 mg organischem Gehalt) die Maus, 0.5 ccm Stammlösung (mit 0.04—0.05 mg organischem Stoffgehalt) die Ratte und 3.5 ccm Stammlösung (mit 0.10—0.30 mg organischem Stoffgehalt) das Kaninchen tötete. Nach den neuen Angaben von PRINZMETAL, SOMMER, LEAKE beträgt die Letaldosis des isolierten Giftes bei Mäusen je nach Reinheit der Präparate 0.02—1 mg.

Das Bild der Vergiftung durch den nach THESEN's Verfahren hergestellten Muschel-extrakt beobachtete ich an Mäusen mit 20 g Körpergewicht wie folgt: Nach Einspritzung doppelter, dreifacher Menge der Letaldosis verendete das Tier unter heftigen Atem-beschwerden in Begleitung von 1—2 Zuckungen in ein — anderthalb Minuten. Wurde die Letaldosis injiziert, so verhielt sich das Tier nach einigen Minuten unruhig, sträubte die Haare (Abb. 1. Fig. links oben), nach weiteren 1—2 Minuten erlahmten die Hinter-beine, bald schleppte sich das Tier unruhig mit wurmartiger Bewegung weiter, wobei die lahmen Beine ausgestreckt blieben (Abb 1. Fig. rechts oben). Bald konnte das Tier den Kopf nicht aufrecht halten, derselbe sinkt ihm zur Seite. Gleichzeitig wurden auch die Vorderbeine lahm, das Tier ist nicht imstande sich aufzurichten, sondern streckt sich flach hin (Abb. 1. Fig. links unten). Das Atmen wird allmählich anstrengender und schwieriger.

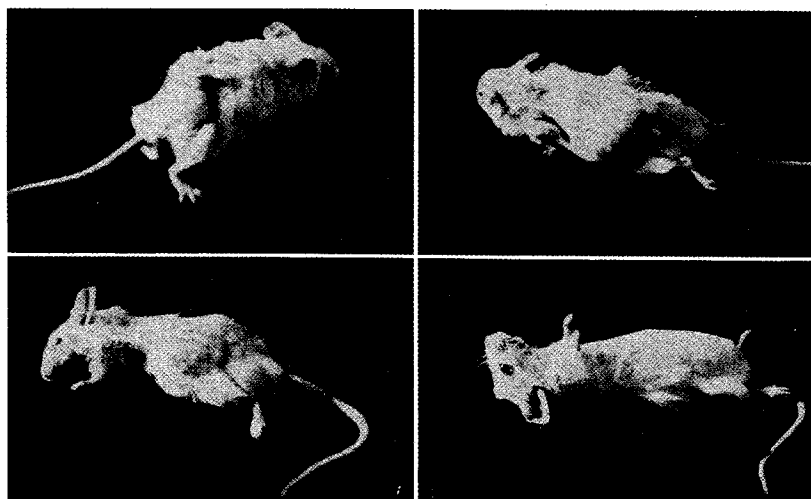


Abb. 1. Mit dem Extrakt giftiger Muscheln geimpfte weiße Maus in verschiedenen Stadien der Vergiftung.

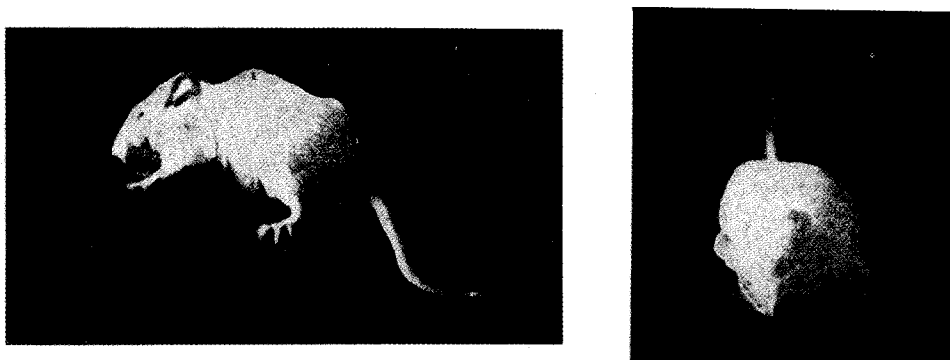


Abb. 2. Halbseitige Lähmung bei einer weißen Maus nach überwundener Muschelvergiftung.

Es kommt vor, daß das Versuchstier unterdessen zappelnde Bewegungen ausführt (sich umherschleudert) und sich oft auf den Rücken wendet (Abb. 1. Fig. rechts unten), jedoch gehören richtige klonische Krämpfe zu den Seltenheiten. Schließlich bleiben die Bewegungen ganz aus und nur das heftige, starke Atemholen gilt noch als Lebenszeichen. Binnen 1—2 Minuten hören auch die Atembewegungen meistens auf, die Herz-tätigkeit bleibt aber in der Regel noch 1—2 Minuten lang bestehen. Speichelrinnen kommt während der Ver-giftung nicht vor, aber die Entleerung der Blase erfolgt fast in jedem Falle. Die ganze Vergiftung führt in der Regel in 10—20 Minuten zum Tode. Das bewegungslos auf dem Rücken liegende, heftig atmende Tier kann auch nach stundenlanger Bewußtlosigkeit aus-nahmsweise zu sich kommen. Diese Erscheinung kann besonders nach geringerer Giftmenge

oder nach Verabreichung eines weniger wirksamen Giftextraktes, oder bei Tieren vorkommen, die mit giftigen Muscheln gefüttert worden sind. Solche Tiere können auch wieder gesund werden, oft bleiben aber Lähmungen von peripherischem oder zentralen Charakter zurück und in letzterem Falle gehen die Tiere infolge Krankheitskomplikationen in 2—4 Wochen ein. Abb. 2. zeigt einen solchen haemiplegischen Zustand 21 Tage nach der Vergiftung. Das Tier konnte, wie besonders am unteren Bild sichtbar, sich nicht aufrichten, sondern schlich, auf die Seite gewendet, weiter. Bei Ratten und Kaninchen ist das Vergiftungsbild im Wesentlichen identisch, es zeigt nur insoweit eine Abweichung, als beim Kaninchen dem Verenden eine oft stundenlang währende Bewußtlosigkeit vorangeht. Von Ratten werden verhältnismäßig viele Tiere geheilt und ich habe weder bei Kaninchen noch bei Ratten den Eintritt einer dauernden Lähmung nach der Vergiftung jemals beobachtet.

### 5. Hypothesen über die Muschelvergiftung.

Zur Erklärung der Giftwirkung der Muscheln entwickelten sich im Laufe der Zeit verschiedene Ansichten, die bis heute noch nicht zur Übereinstimmung gelangten. Die ersten Autoren schrieben das Gift den in der Muschel lebenden kleinen Krebsen oder den an der Muschel anhaftenden Seesternen bzw. gar den Eiern der Seesterne zu. Die ersten genauen biologischen Forschungen haben diese Behauptungen naturgemäß bald widerlegt.

Die Untersuchungen im Zusammenhang mit den Wilhelmshavener Vergiftungsfällen zeigten, daß die Giftwirkung der Muscheln eine periodische Entwicklung sei. Die stärkste Giftwirkung wiesen die Muscheln von Oktober bis Dezember auf, dagegen hat sich die Giftwirkung in den Monaten Januar-Februar wesentlich vermindert. Gelegentlich der Vergiftungen von Oslo fand THESEN die Muscheln Ende Mai und Mitte Juni giftig, dagegen waren vom 22. Juni bis 16. September an denselben Stellen kaum oder überhaupt keine giftigen Muscheln zu finden. Nach MEYER kommen in Kalifornien vom Dezember bis März giftige Muscheln überhaupt nicht vor. Daher ist in der Giftwirkung der Muscheln eine gewisse Periodizität zu beobachten und so lag die Annahme nicht fern, daß das Gift ähnlich dem Fischgift Fugu ein Produkt der Geschlechtsdrüsen sei. Der Gedanke ist fast ebenso alt wie die Forschungen über die Muschelvergiftung. Die Vermehrung der Austern geht im Mittelländischen Meer und an den Küsten von Frankreich zu Beginn des Frühjahrs vor sich und das Schwärmen der in der Mantelhöhle befindlichen Larven erfolgt vom Mai bis Ende Juni. Der Volksglaube hielt die Austern mit Eiern für giftig und im XVIII. Jahrhundert meinte man, daß ein großer Teil der Muttertiere nach dem Ausschwärmen der Larven erkrankt. FRANK beschreibt auch im Jahre 1787 die Eigenartigkeiten der im Sommer auffindbaren kranken Tiere und bemerkt, daß diese von bläulicher Farbe und ungewöhnlich locker und weich seien. Dieser Glaube hatte die französischen Behörden bewogen, im Jahre 1732 eine Verfügung zu treffen, wonach in Paris vom Mai bis September Muscheln zu verkaufen verboten sei. Kurz darauf wurden in Spanien ähnliche Vorkehrungen getroffen und allmählich bürgerte sich auch hier die Ansicht ein, daß Austern nur in den Monaten mit „r“ genossen werden dürfen. Die Regulierung des Muschelverkaufs im Sommer war ohne Zweifel eine zweckmäßige Maßnahme, weil die Gefahr der Fäulnis, die Gefahr von Lebensmittelvergiftungen und Typhusinfektionen im Sommer am größten ist. Der Grundgedanke der Maßregel jedoch, daß die Muschelvergiftung mit der Funktion der Geschlechtsdrüsen, mit der Fortpflanzung der Muscheln im Zusammenhang stünde, erscheint mehr und mehr unwahrscheinlich. Es genügt zu bemerken, daß in Wilhelmshaven die Muscheln von Oktober bis Dezember, also nicht während der Fortpflanzungszeit, am giftigsten geworden sind. WOLFF hat außerdem festgestellt, daß zur gleichen Zeit ein großer Teil der giftigen Tiere einen unentwickelten Eierstock, bzw. Hoden besaß und die Giftwirkung an die Leber gebunden war, zumal die Geschlechtsdrüsen kein Gift enthielten. F. WHEDON'S eingehende Untersuchungen zeigten, daß zwischen der Giftwirkung und der Fortpflanzung der *Mytilus californianus* gar kein Zusammenhang besteht. Nach meinen Beobachtungen in Neapel waren die Giftspuren in der Bucht von Mergellina an den jungen, geschlechtlich ganz unreifen *Mytilus minimus*-Exemplaren (Abb. 21. Fig. 4. u. 5.) gerade so nachweisbar, wie an den geschlechtsreifen Tieren. Bei den später zu behandelnden Muscheln von der Süderpiep-Tonne war die Giftwirkung der jungen, geschlechtlich vollkommen unreifen, ganz winzigen (Abb. 8. Reihe rechts) Muscheln jener der größten geschlechtsreifen Exemplare ähnlich, d. h. man kann behaupten, daß die Entfaltung der Giftwirkung von der Geschlechtsfunktion unabhängig und das Muschelgift nicht das Produkt der Geschlechtsdrüsen ist.

Im Zusammenhang mit den in Irland in Tralee beobachteten Vergiftungen kam CRUMPE auf den Gedanken, daß die giftige Muschel einer selbständigen Art entspricht und benannte sie *Mytilus venenosus*. Im Anschluß an die Wilhelmshavener Vergiftungen fand diese Ansicht in LOHMEYER einen neuen Anhänger. Er glaubte nämlich an den Giftmuscheln von Wilhelmshaven besondere morphologische Merkmale entdeckt zu haben und schloß daraus auf eine neue Art oder zumindest eine neue Varietät, *Mytilus edulis* var. *striatus*, wie er sie nannte. Er findet, daß „die durchscheinende, leichtere, zerbrechlichere, mit glatter, glänzender hornartiger Oberhaut bedeckte Schale und die auffällige Streifung resp. Zeichnung und Färbung und breite Gestalt der jüngeren Tiere die für Abart die hauptsächlichsten und charakteristischen Merkmale sind“. Außerdem beschrieb er auch Unterschiede in der Färbung des Weichkörpers. Die giftigen Muscheln besitzen nach ihm gelb-orangerote Färbung, während die ungiftigen von mehr rahmgelbem oder blasserem Farbton sind. Auch andere Forscher vertreten ähnliche Ansichten. POLI sonderte ohne Rücksicht auf ihre Giftigkeit die mehr blaßgelbe Schalen besitzenden Miesmuscheln unter dem Namen *Mytilus flavus*, jene mit gestreiften Schalen als *Mytilus sagittatus* von *Mytilus edulis* schon von vornherein ab. KOBELT findet eine gewisse Verwandtschaft im Aussehen der Wilhelmshavener Giftmuscheln mit einer an den atlantischen Küsten von England lebenden *Mytilus*-rasse, die dort als *Mytilus pellucidus* PENNANT beschrieben ist. Er macht darauf aufmerksam, daß nach Aussagen englischer Schiffskapitäne auch diese Varietät wegen Verdacht der Giftigkeit von der Bevölkerung nicht gegessen wird. Andererseits macht er auch darauf aufmerksam, daß die charakteristische breitere Form der Giftmuscheln an eine im Mittelmeer heimische Muschelform erinnert und hält es, wie übrigens auch LOHMEYER, für möglich, daß die Giftmuscheln durch Kriegsschiffe nach Wilhelmshaven eingeschleppt worden sind.

SCHMIDTMANN, einer der ersten Beschreiber der Vergiftungen, gibt ebenfalls an, daß die Schale der Giftmuscheln dünner, zerbrechlicher und von lichterer Farbe ist als jene der ungiftigen Muscheln. Nach LINDNER sind die Wilhelmshavener Giftmuscheln flach, auffallend leicht, die Schale papierdünn, durchsichtig, gestreift und ihre Oberfläche glänzend und äußerst zerbrechlich. Dazu bemerkt LINDNER noch, daß die giftigen Tiere einen unangenehmen Fäulnisgeruch haben.

Die Beschreibung dieser morphologischen Abweichung giftiger Tiere veranlaßte viele Autoren zu weiteren Nachforschungen. Diese Untersuchungen haben im allgemeinen LOHMEYER'S Ansicht, daß die Giftmuscheln als selbständige Varietät oder gar Art aufzufassen seien, verworfen. MARTENS, MÖBIUS, SCHNEIDER, SCHULZE haben sogar überhaupt keinen morphologischen Unterschied zwischen den giftigen und ungiftigen Muscheln gelten lassen. MÖBIUS lenkte die Aufmerksamkeit auf Grund seiner Beobachtungen in der Nordsee, Ostsee und im Mittelmeer dahin, „daß die Miesmuschel ein im hohen Grade euryhalines und eurythermes Tier ist, d. h. große Schwankungen im Salzgehalte und in der Temperatur des Wassers verträgt und sich daher sehr verschiedenen Lebensumständen durch Abänderung der Form, Größe, Dicke und Farbe seiner Schale anpaßt“. Nach ihm sind „die lichten Strahlen der Schalen ein Zeichen ihres jugendlichen Alters“ und die Farbe des Mantels hängt von der Geschlechtstätigkeit ab. So besteht für ihn zwischen diesen Merkmalen und der Giftwirkung der Muscheln überhaupt kein Zusammenhang.

Den richtigen Zusammenhang aber zwischen den morphologischen Merkmalen und der Giftigkeit der Muscheln erkannte bereits, wie gerade in dieser Arbeit gezeigt werden kann, VIRCHOW. Er faßte seine Meinung in Bezug auf die morphologischen Eigenschaften der Giftmuscheln zuerst darin zusammen, daß, obwohl „die Anlage für die Streifung unzweifelhaft bei allen Muscheln vorhanden ist“, wenn die giftigen und ungiftigen Muscheln nebeneinander liegen, „die giftigen in Masse einen anderen Anblick gewähren“. Später schrieb er über dieselbe Frage folgendes: „Die giftigen Miesmuscheln zeigen sehr häufig gewisse Veränderungen, welche eine geringere Energie der Bildungsvorgänge anzeigen. Sie sind weniger pigmentiert, die Schalen sind weniger stark, sie entwickeln sich nicht in der vollen Gestalt und Größe, sie werden mehr breit, sie scheinen ein langsames Wachstum zu haben, also kurz gesagt, sie haben etwas Atrophisches an sich.“ Dann haben WOLFF, VIRCHOW und SCHMIDTMANN zeigen können, daß giftige Muscheln in Aquarien mit reinem Wasser nach einiger Zeit ihre Giftwirkung verlieren, wogegen ungiftige Tiere, im Dock von Wilhelmshaven untergebracht, nach einer gewissen Zeit giftig werden. Daran scheiterte natürlich die Auffassung über das Vorhandensein einer selbständigen giftigen Muschelart vollständig. Es blieb aber die Frage offen, wieweit die an den Giftmuscheln wahrnehmbaren Formabweichungen und Wachstumsstörungen mit den Vergiftung bewirkenden Faktoren im Zusammenhang stehen oder inwiefern sie als zufällige, unwesentliche Begleiterscheinungen angesehen werden dürfen. Auf die eingehende Besprechung dieser letzten Frage werden wir noch anläßlich der Behandlung der später zu beschreibenden giftigen Muscheln von der Süderpiep-Tonne zurückkommen.

Nachdem klargelegt wurde, daß die giftigen Muscheln nicht als selbständige Art angesehen werden können, tauchte die Meinung auf, daß die Muscheln die giftigen Stoffe aus dem Meerwasser aufnehmen. Bereits die allerersten Vergiftungen erweckten den Verdacht, daß die Muscheln von jenen Gegenständen, welchen sie anhaften, z. B. vom Kupferbeschlag des Schiffsbodens, von Metalltonnen, metallische Gifte wie Kupfer, Blei usw. in sich aufnehmen. WOLFF und THESEN wiesen jedoch nach, daß für die Entwicklung der Giftwirkung der Umstand, welchen Gegenständen, Schiffsböden, Holzpfählen oder



Steinen die Muscheln anhaften, keine Rolle spielt, da die Tiere an den erwähnten Stellen gleich giftig sein können. THESEN warf also, wie bereits bemerkt, den Gedanken auf, ob die Giftstoffe nicht vom umgebenden Seewasser in das Innere der giftigen Muscheln gelangen. Daß die Muscheln im Wasser gelöste Gifte Strychnin, Curare, in sich aufnehmen, hat er durch Versuche nachgewiesen und gefunden, daß das Gift aus dem Körper des Tieres später wieder verschwindet. Entweder scheiden daher die Muscheln das Gift aus, oder es wird zu einer unschädlichen Verbindung umgewandelt. Es sei allerdings bemerkt, daß THESEN's Versuche nicht in jeder Hinsicht als vollwertig anzusehen sind. Er selbst berichtet über seine Versuche folgendes: „Somit ist es mir gelungen nachzuweisen, daß Muscheln in Aquarien nicht allein Curare und Strychnin aufnehmen können, sondern auch paralyisierendes Muschelgift und auf diese Weise sehr giftig werden, ohne daß sie selbst irgend ein äußeres Zeichen von Vergiftung darbieten“. In seinen Versuchen „rief der Extrakt nach Verlauf von 2 Tagen deutliche Paresen hervor“ und die Muscheln wurden nach 5—6 Tagen schwer giftig. Aus dem Versuchsprotokoll geht es aber klar hervor, daß das Wasser des Versuchsaquariums in Fäulnis übergang und es ist fraglich, ob die Muscheln nicht infolge des faulenden Wassers, der Vermehrung der Bakterien und der schlechten Oxydationsverhältnisse giftig geworden sind, so wie in meinen Versuchen in Neapel. Dabei gelang es nicht im Seewasser an jenen Stellen, wo die giftigen Tiere zu finden waren, das Gift nachzuweisen und WOLFF stellte fest, daß selbst das Wasser des Fundortes der Wilhelmshavener Giftmuscheln 100 literweise eingedampft und sogar in großer Menge auf einmal injiziert bei den Versuchstieren irgend eine Giftwirkung nicht zustande brachte. THESEN weist wohl mit Recht darauf hin, daß dieser Umstand an und für sich gegen die Aufnahme der im Wasser löslichen Giftstoffe noch keinen sicheren Beweis liefert, weil der Nachweis des Giftes aus dem Seewasser infolge der starken Verdünnung recht erschwert sein kann, wogegen die Muscheln in ihrem Körper sehr geringe Mengen des Giftes in bedeutenden Mengen anzuhäufen vermögen. Es ist aber zu beachten, daß das klinische Bild der Muschelvergiftung von den in Betracht kommenden, durch präformierte Gifte, wie Kupfer, Arsen, Blei usw. hervorgerufenen Vergiftungssymptomen ganz abweicht. Dabei wurden bei den chemischen Untersuchungen im Muschelkörper solche Gifte nur in äußerst geringen, verschwindend kleinen Mengen nachgewiesen, so, daß wie z. B. DODGSON berechnete, unter Berücksichtigung des Arsengehaltes der Muscheln 435—580 Liter Miesmuscheln verzehrt werden müßten, um eine schwere Arsenvergiftung zu bewirken. Daher dürfte es unwahrscheinlich sein, daß die giftigen Muscheln gelöste, präformierte Gifte vom Seewasser in sich aufnehmen und die Entwicklung der Giftwirkung ist wohl in anderen Ursachen zu suchen. Bemerkt sei, daß die Fischer im Gegensatz zu Obigem die Giftwirkung der Muscheln an vielen Orten auch heute noch dem Umstand zuschreiben, daß die Muscheln am Kupferbeschlag des Schiffsbodens oder an mit Minium frisch angestrichenen Tonnen anhaften. Von den Helgoländer und Schleswig-Holsteiner Fischern habe ich auch selbst oft gehört, daß es gefährlich sei, die von den Tonnen abgetrennten Miesmuscheln zu essen, da unter denselben verhältnismäßig viele giftig seien und die Giftwirkung davon herrühre, daß die Tiere von der Tonnenoberfläche metallische Gifte in sich aufnehmen. Daß unter den der Tonne anhaftenden mangelhaft entwickelten Tieren tatsächlich giftige vorkommen können, haben die von Tonne F aus Süder-Piep stammenden Giftmuscheln mit Bestimmtheit bewiesen und bestätigen damit gewiß die Richtigkeit der alten Erfahrung der Fischerleute. Aber diese Untersuchungen wiesen auch nach, daß die Giftwirkung der an der Tonne befindlichen Muscheln nicht mit der Metallsubstanz der Tonne in Verbindung gebracht werden kann, sondern die Ursache des Giftigwerdens im Organismus der Muschel selbst zu suchen ist.

Im Anschluß an die Wilhelmshavener Vergiftungen lag auch die Erwägung jener Möglichkeit auf der Hand, daß das Muschelgift ein Fäulnisgift sei, welches vom stark verunreinigten Wasser in das Innere der Muschel gelangt, eventuell sich in dem Muschelkörper selbst bildet. Durch LINDNER's Beobachtung, der anlässlich der im Jahre 1888 beobachteten Wilhelmshavener Vergiftungen an den Giftmuscheln einen unangenehmen Fäulnisgeruch wahrnehmen konnte, wurde diese Vermutung noch gestützt. WOLFF und VIRCHOW wiesen aber mit Gewißheit nach, daß das Muschelgift kein Fäulnisgift sei und später stellten THESEN und andere auch das zweifellos fest, daß frische Giftmuscheln Anzeichen der Fäulnis nicht aufweisen. Da es aber sehr auffallend war, daß die Giftmuscheln von Wilhelmshaven ausschließlich im Dock mit stagnierendem Wasser lebten, wo auch die Verunreinigung sehr bedeutend war und das Wasser Schwefelwasserstoff enthielt, sprach WOLFF von der Möglichkeit, „daß das Gift unter Mitwirkung von Bakterien gebildet wird“. VIRCHOW versuchte auch die in Betracht kommenden Bakterien zu isolieren, aber

diese Untersuchungen waren nicht von Erfolg begleitet. Später beschrieb LEWIN eine Bakterienart, welche seiner Ansicht nach durch Erkrankung der Muschel die Giftbildung auslösen dürfte, er suchte aber die unmittelbare Ursache der Giftbildung bereits in der Erkrankung der Muschel. Demgegenüber gelangte IVO BANDI im Jahre 1912 zur Feststellung, daß die Muscheln Bakterien in sich aufnehmen und verdauen und einerseits das durch die Bakterien ausgeschiedene Gift, andererseits die vom aufgelösten Bakterienkörper frei gewordenen Stoffe bei Verzehrung der Muschel giftig wirken und daß „nicht nur Fälle von Infektionen, sondern auch die Vergiftungserscheinungen, welche nach dem Genuß roher und frischer Mollusken auftreten, ausschließlich bakteriellen Ursprungs seien“. Aber das Muschelgift ist sowohl in Bezug auf die toxikologische Wirkung, als auch auf seine außerordentliche Widerstandsfähigkeit von den Bakteriengiften im wesentlichen verschieden. Außerdem ging die Giftwirkung der Muscheln nicht parallel mit der Verunreinigung des Wassers, z. B. in Oslo, wo die Verunreinigung der geschlossenen Bucht im Juli und August am größten war und die Zahl der Bakterien am meisten anstieg, ist die Giftwirkung der Muscheln um diese Zeit gesunken. Überdies haben meine Untersuchungen in Neapel auch bewiesen, daß „die Verdauung der Bakterien nur dann in bedeutendem Ausmaße erfolgt, wenn die Muschel unter günstigen oder nicht übermäßig schlechten Oxydationsbedingungen lebt und beträchtliche Mengen von anderen Nahrungsstoffen ihr nicht zur Verfügung stehen“. Dies bedeutet, daß auf Grund des Besprochenen das Muschelgift nicht einfach als Giftstoff der das Wasser verunreinigenden Bakterien aufgefaßt werden darf und daß in der Entwicklung der Giftbildung außer den Bakterien auch andere Faktoren eine Rolle spielen werden.

In jüngster Zeit gaben insbesondere amerikanische Forscher der Ansicht Ausdruck, daß das Muschelgift von den durch die Muschel aufgenommenen giftigen Planktonen, hauptsächlich vom *Gonyaulax* herrührt. Das Herkommen des Muschelgiftes von giftigen Planktonen hat eigentlich zuerst LINDNER noch im Jahre 1888 anlässlich des Vergiftungsfalles II. von Wilhelmshaven behauptet. Er bemerkt, daß „bei vielen Giftmuscheln der ganze Mantel besonders an der Innenfläche der Schalen mit Myriaden von eingekapselten Infusorien, Amöben und Gregarinen ähnlichen Formen besetzt war, unter denen sich auch coccidienartige Mikroben befanden“. Später schreibt er über Rhizopoden und Sporozoen und gelangt zur Feststellung, daß die Zerbrechlichkeit und die Streifung der Muschelschalen als eine „durch niederste tierische Parasiten hervorgerufene Atrophie anzusehen sei“ und die Muscheln werden dann giftig, wenn unter den in den Muschelkörper geratenden Mikroorganismen sich giftbildende Organismen befinden. Seiner Aussage nach waren an den Fundorten der Giftmuscheln zahlreiche „Monaden“, dagegen fand er solche ebendort im offenen Meer nicht. LINDNERS Meinung konnte allgemeine Anerkennung schon deshalb nicht erlangen, da man über die als giftig bezeichneten Planktonen aus seinen Arbeiten kaum mehr erfährt, als daß sie den einzelligen Tieren angehören. Experimentelle Untersuchungen, die seine Behauptung hätten stützen können, führte er nicht aus. So ist seine Auffassung bald in Vergessenheit geraten. Im Jahre 1932 veröffentlichte jedoch SOMMER eine äußerst interessante Beobachtung. Er fand nämlich anlässlich der im Jahre 1932 in Kalifornien vorgekommenen Vergiftungen, daß der im Sande lebende Krebs *Emerita analoga*, welcher sich mit Planktonorganismen ernährt, zur selben Zeit, als die Miesmuscheln Vergiftungen verursachten, ebenfalls giftig geworden war. Nach seinen Untersuchungen war das Gift auch im Sande nachweisbar.

Daß zugleich mit den Miesmuscheln auch andere Tiere giftig werden können, haben die Untersuchungen von WOLFF schon früher bewiesen. WOLFF zeigte nämlich, daß im selben Hafenteil, wo die giftigen Muscheln lebten, die Seesterne und sogar die Garnelen sich die Giftwirkung aneigneten. Soweit die Giftwirkung der Muscheln abnahm, verringerte sich auch jene der Seesterne. Was die Erklärung der Vergiftungsfähigkeit der Seesterne anbelangt, so nimmt er die Möglichkeit an, daß das Gift von den verzehrten Muscheln in die Seesterne gelangt. Es ist bekannt, daß der Seestern *Asterias rubens* an vielen Orten ausschließlich auf Muschelnahrung angewiesen und daß das dieser Lebensweise angepaßte Tier der ärgste Verwüster der Muschelbänke ist. Dies scheint WOLFF's Annahme in jeder Hinsicht zu stützen. Überdies haben meine später zu erörternden Versuche klargelegt, daß ungiftige Seesterne nach Verzehrung von Giftmuscheln sich stark giftig erweisen. Das bedeutet, daß das Gift der Seesterne von den Muscheln herkommt. HAVINGA, der sich mit der Ernährung der Garnelen befaßte, behauptet, daß die Garnelen mit Vorliebe tierische Nahrung verzehren; im Magen sind hauptsächlich winzige Krebse und Wurmüberreste zu sehen, selten schlucken sie Schlamm, „es werden als Nahrung noch kleine Schnecken und Muscheln erwähnt“. Da im Sinne der obigen Angaben die Gar-

nelen außer Muscheln auch viel anderes verzehren, erklärt es sich, daß ihre Giftwirkung bedeutend geringer ist als die der Muscheln und Seesterne. Dennoch dürfte in Anbetracht des Gesagten die Giftwirkung dieser Tiere ähnlich den Seesternen mit der Verzehrung von Muscheln zu erklären sein und geradeso wird auch meine Beobachtung verständlich, daß die in eine große Masse von Giftmuscheln eingeschlossenen *Carcinus*-Krebse sich als giftig erwiesen haben. Die Art *Emerita analoga* ernährt sich jedoch, wie bereits erwähnt, von Planktonorganismen und eine derartige Erklärung der Giftwirkung würde auf Schwierigkeiten stoßen.

Mit der Giftigkeit von einzelnen Planktonten hat man sich schon früher befaßt und besonders im Zusammenhang mit den Peridineen bemerkt, daß, falls sie sich stark vermehren, die Seetiere massenhaft absterben. Nach LINDEMANN „machen die Peridineen mit den Bacillariaceen die Hauptmasse der Ernährung des Meeres aus“. Wie er sagt, trifft man auf offener See häufig „meilenweite Flecken von gefärbtem Oberflächenwasser, rotes oder gelbes Wasser“, dessen Ursache nicht die schwefelhaltigen Quellen des Grundes sind, wie man das früher annahm, sondern die außergewöhnliche Vermehrung von Peridineen. Es kommt sodann vor, daß die Peridineen (wie z. B. *Gonyaulax*) in großen Massen absterben „so, daß ihre Zersetzungsprodukte das Wasser mit Gift anreichern, dann tritt meist ebenfalls ein großes Sterben aller möglichen Meerestiere ein“. LINDEMANN beobachtete bei Rostock ein durch *Heterocapsa* und *Glenodinium* verursachtes massenhaftes Eingehen von Fischen. KOFOID beschrieb im Jahre 1907 in Kalifornien im Golf von San Pedro anlässlich des durch *Gonyaulax polyedra* verursachten „roten Wassers“ das massenhafte Absterben der verschiedensten Seetiere und bemerkte, daß nicht alle Tiere in gleicher Weise zum Opfer fielen, da nebst mehreren anderen die Strandkrebse wie *Hyppa (Emerita) analoga* und *Cancer antennarius* unbeschädigt blieben. Bringt aber LINDEMANN das Zugrundegehen der Tiere mit den Zersetzungsprodukten der absterbenden Peridineen in Zusammenhang, so vermutet KOFOID, daß *Gonyaulax* Gift bildet. Eine derartige Vermehrung der Peridineen, daß diese mikroskopischen Planktonten in abgeschlossenen Buchten schon den äußeren Anblick des Wassers ändern, bleibt aller Wahrscheinlichkeit nach auf die Oxydationsverhältnisse nicht ohne Einfluß und eine starke Verschlechterung derselben wird auch für die Peridineen selbst von großem Nachteil sein, so, daß ihrer Vermehrung bald ein Ende bereitet wird. In geschlossenen Buchten wird aber gewiß auch der Nahrungsmangel der weiteren Vermehrung Schranken setzen und es ist vollkommen erklärlich, daß bei Wirkung der obigen zwei Faktoren ein rasches Ansteigen der Anzahl der Peridineen bald durch eine gleichartige Senkung derselben abgelöst wird. Die aus den in riesigen Massen absterbender Organismen herstammenden Zersetzungsprodukte schädigen die schon durch den Sauerstoffmangel ohnehin schwer leidenden Seetiere empfindlich und das kann ihr massenweises Eingehen verursachen. Bei diesen Vorgängen ist es daher ganz überflüssig, an eine besondere Giftabsonderung zu denken und die Erscheinung darf keinesfalls als ein Beweis der Giftwirkung der Peridineen angesehen werden. KOFOID, einer der besten Kenner der Peridineen, beschrieb bei Untersuchung der Dinoflagellaten von San-Francisco zwei neue Arten, namentlich *Gonyaulax catenella* und *Gonyaulax acatenella*. Er und F. WHEDON stellten fest, daß in der Nähe von San-Francisco diese Peridineen im Plankton vorherrschen, und daß dieselben im Magen und Darm der giftigen Muscheln und des Krebses *Emerita analoga* ebenfalls in großer Menge zu finden sind. So dachte man daran, daß sie bei der Entwicklung der Giftigkeit „eine Rolle spielen können“. Anfangs haben sich die Autoren in Bezug auf den Zusammenhang zwischen Anwesenheit von *Gonyaulax* und der Entfaltung der Giftwirkung mit Vorbehalt geäußert und sprachen nur über Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit, später aber, nach fortgesetzten Forschungen, haben sie zusammen mit H. SOMMER und K. F. MEYER im Jahre 1936 auf dem Mikrobiologischen Kongreß zu London ihre Untersuchungen dahin gehend zusammengefaßt: „Das Muschelgift ist während des Sommers für wenige Tage in gefährlichen Beträgen vorhanden. Nur wenn Meerwasser, welches eine große Menge von *Gonyaulax catenella* enthält, an die Tiere verfüttert wurde, nahm deren Giftigkeit zu. Das Gift konnte direkt aus dem Plankton extrahiert werden, ähnliches mag für Europa gelten“. KOFOID und Mitarbeiter erklären daher die Giftwirkung in einer recht einfachen Weise durch die Gegenwart von giftigen Planktonten und es ist eben durch die Einfachheit dieser Auffassung erklärlich, daß dieselbe in den Fachkreisen umso eher verbreitet wurde, als gegen die Richtigkeit der Beobachtungen der von ihren hervorragenden Peridineenforschungen wohl bekannteren obigen Autoren kein Einwand erhoben werden kann. An manchen Orten wünschte man diese Auffassung auch in der Praxis in der Weise zu verwerten, daß im Hinblick auf das Leuchtvermögen von *Gonyaulax*-Arten in den Zeiträumen, wo das charakteristische Leuchten

des Meeres einsetzte, der Muschelgenuß eingestellt wurde. SOMMER hatte schon vorausgehend die Untersuchung der Giftwirkung des an den Kalifornischen Küsten häufigen Krebses *Emerita* empfohlen, weil die Giftwirkung dieses Tieres jene Periode anzeigt, wo auch die Miesmuscheln giftig werden. Unzweifelhaft haben die Beobachtungen von KOFOID und Mitarbeiter betreffs der Muschelvergiftungen sehr interessante und wertvolle Angaben ans Tageslicht gebracht, bei Übersicht sämtlicher auf die Giftwirkung der Muscheln bezughabender Daten gelangt man jedoch zur Feststellung, daß auch diese Untersuchungen die Frage nicht nach jeder Richtung restlos erklären. Die aus den Beobachtungen der genannten Autoren sich ergebenden Folgerungen stehen mit unseren bisherigen Feststellungen nicht ganz im Einklange. Es ist nämlich schwer anzunehmen, daß es hervorragenden Forschern, wie MÖBIUS, WOLFF, SCHULZE, VIRCHOW, THESEN und anderen nicht aufgefallen wäre, daß der Magen und Darm der Muscheln mit Peridineen oder mit anderen einzelligen Lebewesen voll ausgefüllt sei. Handelte es sich um eine derartige Erscheinung, so hat das auch LINDNER gesehen, dessen diesbezügliche ungewisse Beschreibung klar zeigt, daß er den obigen Forschern ähnliche protistologische Kenntnisse nicht besaß. Überdies haben die vorangehend erwähnten Forscher im Wasser des giftigen Hafenteiles, auch falls es in großer Menge eingedampft wurde, Giftstoffe nicht nachweisen können und im Wasser ein massenhaftes Vorhandensein von Peridineen zumindest nicht beschrieben. Ich selbst konnte im Magen der von der Süderpiep-Tonne stammenden Giftmuscheln auch durch mikroskopische Untersuchung Peridineen nicht nachweisen und aus den Giftspuren zeigenden Muscheln von Neapel haben die Peridineen ebenfalls gefehlt. Setzt man außerdem voraus, daß die Giftigkeit der Muscheln durch die mit der Nahrung aufgenommenen Peridineen hervorgerufen wird, deren Gift vom Plankton unmittelbar extrahiert werden kann, wird auch das schwer zu verstehen sein, weshalb WOLFF 2—3 Wochen, SCHMIDTMANN im Berliner Aquarium 3—4 Monate brauchte, damit die Muscheln im frischen Wasser ihre Giftigkeit verlieren, wozu am offenen Meer (LINDNER's Mitteilung) nur einige Tage nötig sind, und warum es demgegenüber bei WOLFF 2—3 Wochen dauerte, bei SCHMIDTMANN (laut Mitteilung von LINDNER) nur 24 Stunden, bis die Muscheln in dem Hafen mit gift-haltigem Wasser giftig geworden sind.

Die außerordentliche Seltenheit der Muschelvergiftungen in Europa und deren Beschränkung auf das nördliche Wassergebiet kann auch nicht einfach durch die Gegenwart von giftigen Peridineen erklärt werden. Spielen doch z. B. bei den vom Adriatischen Meer unter den Namen „Mare sporco“ oder „Malattia del mare“ beschriebenen Erscheinungen, beim Schleimigwerden des Meeres, wie STEUER 1903 und CORI 1905 beobachteten, in erster Linie eine aufleuchtende *Gonyaulax*-Art, nach Beobachtung von GARÁDI im Jahre 1905 wieder manchmal Ceratien und Peridineen die Hauptrolle und trotz der außerordentlich großen Vermehrung der Peridineen hat man Vergiftungen am Adriatischen Meer noch niemals verzeichnet, obwohl die Küstenbevölkerung dem Muschelgenuß nicht abgeneigt ist. Nach Bericht von H. CASPERS sind die Peridineen im Schwarzen Meer in der Nähe von Varna sehr häufig und die Miesmuscheln ein beliebtes Nahrungsmittel. Trotzdem kommen paralytische Muschelvergiftungen nicht vor. Weshalb unter verschiedenen Muschelarten die Giftwirkung eben besonders nach Genuß der Miesmuschel auftritt, kann durch die Gegenwart von giftigen Planktonten gleichfalls nicht in erforderlicher Weise erklärt werden und es sind SALKOWSKY's, LOHMEYER's und meine Beobachtungen ebenso wenig verständlich, daß nämlich unter einer großen Menge von ungiftigen Muscheln auch Giftspuren aufweisende oder wenig giftige Tiere vorkommen. In meinen später zu beschreibenden in Neapel vorgenommenen Untersuchungen, wo die Giftwirkung zunahm, bzw. die Muscheln giftig geworden sind, konnte von der Anwesenheit von giftigen Planktonten keine Rede sein. KOFOID's und seiner Mitarbeiter wertvolle Beobachtungen sind daher spezielle Fälle der Entstehung des Muschelgiftes unter den kalifornischen Verhältnissen, zu deren Erklärung jedoch weitere Untersuchungen erforderlich erscheinen. Die auf Grund dieser Beobachtungen gemachten allgemeinen Feststellungen haben die Aetiologie der Giftwirkung der Muscheln noch nicht bis auf den Grund klargelegt. Die Anschauungen wieder, welche die Theorie von KOFOID und seinen Mitarbeitern nicht nur auf die Muschelvergiftungen, sondern auch auf andere ähnliche Erscheinungen auszubreiten suchten, haben nicht einmal mehr die feste biologische Grundlage beibehalten und können im höchsten Grade als hypothetisch bezeichnet werden.

Es genügt von diesem Standpunkt aus darauf hinzuweisen, daß eine Auffassung vertreten wurde, wonach die durch die Aale verzehrten giftigen Planktonten die Haffkrankheit auslösen sollten. Diese Forscher nehmen als Ursache dieser in vielen Hinsichten noch ungeklärten Erkrankung einen angeblichen *Peridineen*-Giftstoff an, welcher über ein vermittelndes Wirtstier in den menschlichen Organismus gelangte. Nach dieser

Meinung häufe sich das Gift der Planktontiere in solcher Menge in den Geweben des Aales an, daß das Verzehren des giftigen Fisches diese von der Muschelvergiftung so sehr verschiedene Erkrankung hervorriefe. Zur Annahme des Vorhandenseins eines derartigen präformierten, gegen äußere Einwirkungen widerstandsfähigen, und verschiedene Krankheitsbilder zeigenden überaus starken Giftes, besonders bei den Lebewesen, welche „mit den Bacillariaceen die Hauptmasse der Ernährung des Meeres ausmachen“ besitzen wir heute noch keinen sicheren Anhaltspunkt.

Nachdem es nicht gelungen ist, anlässlich der Wilhelmshavener Vergiftungen im Wasser präformiertes Gift nachzuweisen, dachten mehrere Forscher, daß sich das Gift im Zusammenhang mit Stoffwechselerkrankungen der Muschel bildet, eventuell mit Funktionsstörungen der Leber verbunden ist. WOLFF's eingehenden Untersuchungen gemäß ist das Gift in erster Linie an die Leber gebunden. Im November und Dezember des Jahres 1885 konnte bei den in dem Wilhelmshavener Hafen gefundenen Muscheln das Gift nur in der Leber nachgewiesen werden, dagegen war das Gift bei den Tieren vom Januar und Februar des Jahres 1886 außer in der Leber auch in den anderen Weichteilen nachweisbar, aber auch in diesen Fällen erwies sich die Leber am giftigsten. Durch seine Untersuchungen gelangte WOLFF zur Ansicht, das Gift dürfte sich wahrscheinlich in der Leber bilden, obwohl er die Möglichkeit nicht ausschloß, daß die Leber das Gift nur aufspeichert und daß das Gift „unter Mitwirkung von Bakterien“ gebildet wird. Die Untersuchungen von SALKOWSKY führten ihn ebenfalls zur Meinung, daß das Muschelgift in der Leber seinen Sitz hat. Nach seinen schon erwähnten Versuchen weicht der alkoholische Extrakt der giftigen Tiere von jenem der normalen in der Farbe ab und gibt mit Salpetersäure in der Hitze eine charakteristische Farbreaktion. Wie bereits zitiert, behauptet VIRCHOW, daß die giftigen Tiere „eine geringere Energie der Bildungsvorgänge anzeigen, also kurz gesagt sie haben etwas Atrophisches an sich“. Er hat daher auch selbst die giftigen Muscheln für mangelhaft entwickelte, kranke Tiere angesehen.

SCHMIDTMANN hat die giftigen Muscheln ebenfalls als pathologisch aufgefaßt und von diesen festgestellt, daß ihre Schale dünn, zerbrechlich und blaß ist. Die Tiere hatten einen unangenehmen Geruch und die „Leber war tief verändert“. Auch andere Forscher haben die auf die Erkrankung hinweisenden Symptome der giftigen Tiere an den Weichteilen beschrieben und nach einigen ist das Fleisch mehr locker, mehr schleimig, andere stellten wieder fest, daß das Fleisch „etwas heller ist und einen Ton ins gelbliche hat“. LINDNER beschreibt den Mantel als auffallend fettreich. Nach der Aussage von mehreren Autoren ist „der Geruch und Geschmack widerlich süßlich, an Fleischbrühe erinnernd und das Kochwasser der giftigen Muscheln ist bläulich (das der gesunden gelblich). LINDNER bezeichnet den Geruch der Tiere als widerlichen Fäufnisgeruch, „ähnlich dem Geruch, wie er nicht selten in der Nähe der Watten wahrgenommen wird“. Wie bereits erwähnt, haben VIRCHOW und WOLFF festgestellt, daß die in frisches Wasser gesetzten Muscheln ihre Giftwirkung in 2—3 Wochen verlieren. SCHMIDTMANN hat anlässlich der i. J. 1885 vorgekommenen Erkrankungen gefunden, daß bei den im Berliner Aquarium gehaltenen Tieren die Giftwirkung erst nach Verlauf von 3—4 Monaten verschwand, wogegen nach LINDNER's Angaben die Muscheln an der offenen See die Vergiftungsfähigkeit schon nach einigen Tagen eingebüßt haben. WOLFF's Untersuchungen zeigten auch, daß bei den 3 Wochen lang im Filtrierpapier gehaltenen Hungertieren die Giftwirkung bedeutend abnahm und sogar die 3—4 fache Dosis des Giftextraktes nur einen Teil der Versuchstiere tötete. WOLFF, VIRCHOW und SCHMIDTMANN haben dagegen auch festgestellt, daß gesunde Muscheln in dem geschlossenen Hafenteil, dem Fundort der Giftmuscheln von 1885 untergebracht, 2—3 Wochen zum Giftigwerden brauchten, während nach LINDNER Angaben die an den Fundort der Giftmuscheln von 1888 gesetzten Tiere schon nach 24 Stunden „eminent giftig“ geworden sind. Dementsprechend erfolgt die Entstehung und das Verschwinden des Giftes in Abhängigkeit vom Zustand des Tieres oder von äußeren Faktoren in recht verschiedenen Zeiträumen, was wieder nur dann verständlich erscheint, wenn das Gift nicht als aus dem Wasser aufgenommenes Gift angesehen, sondern als Produkt des tierischen Organismus aufgefaßt wird. Auf Grund der angeführten Tatsachen wird es erklärlich erscheinen, daß nach den Wilhelmshavener Vergiftungsfällen, wie THESEN sagt: „die allgemeine Annahme war, daß das Gift als ein pathologisches Stoffwechselprodukt der Muschel aufzufassen sei“. In Anbetracht seiner Untersuchungen, die ergaben, daß giftige Tiere keine histologisch faßbaren Veränderungen aufweisen, und daß die Eigenschaften giftiger und gesunder Tiere sich voneinander nicht unterscheiden, nahm THESEN gegen obige Ansicht scharf Stellung. Abgesehen von den an der Schale und an den Weichteilen wahrnehmbaren Besonderheiten — auf deren Erörterung wir noch später zurückkommen, — hat auch THESEN selbst auf eine mit den giftigen Muscheln verbundene eigentümliche Erscheinung hingewiesen, daß nämlich die Ratten die giftigen Muscheln in irgend einer Weise erkennen und nicht fressen.

Diese von THESEN schon 1902 erwähnte Erscheinung habe ich in Neapel auch selbst beobachtet. Die im Käfig untergebrachten ungiftigen Muscheln wurden von den Ratten rasch aufgefressen. Auch die von den Schalen abgetrennten giftigen Muscheln umgaben die Ratten sofort, ohne jedoch anzubeißen. Daß dieses Verhalten der Ratten mit irgend einem Geruch zusammenhängt, beweisen jene meiner in Neapel ausgeführten Versuche, die zeigten, daß, falls die Nase der Ratten mit Kokain eingerieben, d. h. unempfindlich gemacht wurde, sie auch die Giftmuscheln verzehrten und bei ihnen bald die schweren Symptome der Muschelvergiftung auftraten. Die giftigen Muscheln besitzen daher doch irgend einen besonderen Geruch, nur ist dieser Geruch nicht immer so stark, daß auch wir ihn empfinden können. Interessant ist in dieser Hinsicht auch LINDNER's Beobachtung, daß „der Geruch der giftig gemachten Miesmuschel zwar auch widerlich, jedoch bei weitem

nicht so penetrant ist, wie bei den ursprünglich giftigen Tieren“. Es scheint also, daß die auf die Giftwirkung hinweisenden Zeichen nur bei Tieren, die länger unter für die Giftigkeit günstigen Verhältnissen leben, zur Geltung kommen. Überdies ist es aus der allgemeinen Pathologie bekannt, daß nicht alle Stoffwechselstörungen in dem äußeren Zustand des Organismus oder in der Änderung der anatomischen Struktur von einzelnen Organen zum Ausdruck kommen und so spricht bei den Muscheln weder das Fehlen von äußerlichen Abweichungen, noch das negative Ergebnis der histologischen Untersuchungen an und für sich gegen die Voraussetzung einer Stoffwechselstörung und schließt das Entstehen eines pathologischen Stoffwechselproduktes nicht aus. Es ist daher begreiflich, daß gegenüber von THESEN'S Ansicht die Auffassung der Mehrheit der Wilhelmshavener Forscher von mehreren auch viel später angenommen wurde. Im Anschluß an die kalifornischen Vergiftungen vom Jahre 1927 gelangte MEYER neuerlich zur Feststellung, daß es sich bei den giftigen Muscheln um eine Stoffwechselerkrankung handelt, welche wahrscheinlich zur Bildung eines einer Quarternärammoniumbase entsprechenden pathologischen Stoffes führt, ohne dabei die äußeren Merkmale der Muscheln zu ändern. Meine Untersuchungen im Jahre 1936 in Neapel lassen ebenfalls die Folgerung zu, daß das Entstehen des Muschelgiftes mit dem ungünstigen Gasstoffwechsel und mit der ungünstigen Ernährung im Zusammenhang steht, d. h. es ist schließlich ein Ergebnis der pathologischen Lebenserscheinungen der Muschel. Die Bedingungen der Entstehung des Muschelgiftes wurden aber auch durch diese jüngsten Untersuchungen nicht in jeder Hinsicht geklärt und es blieben insbesondere eben die Beobachtungen von MEYER ungeklärt, der anlässlich der kalifornischen Vergiftungen feststellte, daß die giftigen Muscheln weder unter schlechten Oxydationsverhältnissen lebten, noch in stark verunreinigtem Wasser gewesen sind und trotzdem in einigen Tagen giftig wurden.

## B. Eigene Beobachtungen über Muscheln der Deutschen Bucht.

### 1. Allgemeine Bemerkungen über den Fundort der giftigen Muscheln.

Im Zusammenhang mit den Wilhelmshavener Vergiftungen gelangten die Forscher (CRUMPE und PERMEWANS früheren Beobachtungen entsprechend) zur Feststellung, daß die giftigen Muscheln in abgeschlossenen, stagnierenden Wassergebieten leben. Nach Beobachtung von CRUMPE lebten die giftigen Muscheln von Tralee in einem schmalen Fjord, welcher von der offenen See durch eine Schleuse abgesondert war. Den Fundort der Wilhelmshavener Muscheln bildete ein geschlossenes Dock, ein langes, schmales Bassin mit zwei Schleusen. WOLFF'S Untersuchungen zeigten, daß sowohl die Muscheln als auch die Seesterne „im Hafembassin“ dort am giftigsten waren „wo die Stagnation am größten, nahezu vollkommen war“. Die Giftwirkung „nimmt etwas ab, je mehr man sich dem Vorhafen nähert, wo der Wasserwechsel beim Öffnen und Schließen der Schleusen etwas größer ist“. WOLFF hebt jedoch in seinen Untersuchungen hervor, daß Wilhelmshaven kanalisiert ist, und daß alle Kloaken weit außerhalb des Hafens münden. Das Wasser an den giftigen Stellen aber hat er doch stark verunreinigt, sowie schwefelwasserstoffhaltig gefunden“. SCHMIDTMANN unternahm seit 1885 im Wilhelmshavener Dock monatlich Untersuchungen, von welchen LINDNER sagt: „Gewöhnlich entsprach der Grad der Muschelgiftigkeit im Hafenvasser dem Grade seiner Stagnation. Auffallend war es, daß in dem nach Süden gelegenen Handelshafen, in welchem See- und Süßwasser sich mischen, eine giftbildende Wirkung des Wassers auf die Muscheltiere bisher niemals zur Wahrnehmung gekommen war“

Die von THESEN aus Oslo beschriebenen giftigen Muscheln stammten ebenfalls aus einem geschlossenen Hafenteil. THESEN bekam nur aus solchen Hafenteilen Giftmuscheln, deren Wasser stagnierte, doch bestand seiner Feststellung nach zwischen der Verunreinigung und der Giftwirkung kein bestimmter Zusammenhang. Übrigens waren in den von DODGSON als bestimmt paralytische Muschelvergiftung anerkannten Fällen die Muscheln fast alle aus geschlossenen Häfen stammende, sogenannte Dockmuscheln und so konnte man mit Recht daran denken, daß in der Entstehung der Giftwirkung die Stagnation des Wassers irgend eine Rolle spielt. Da jedoch zwischen der Stagnation des Wassers und der Giftwirkung der Muscheln der Zusammenhang nicht immer deutlich erscheint und trotz der fortgeschrittenen Stagnation des Wassers die Muscheln nicht immer giftig werden, sei mir gestattet, bloß auf meine Untersuchungen in Neapel hinzuweisen. Im Jahre 1936 waren in dem Mergellina benannten Teil des Golfes von Neapel nach meinen Untersuchungen Giftspuren enthaltende Exemplare von *Mytilus minimus* und *Ostrea plicata* zu finden. Genannter Golfteil, von seichtem Wasser und durch die dort stationierten Fischerbarken stark verunreinigt, wird nach Osten zu durch einen schmalen Landstreifen begrenzt, nach Norden zu steht aber die Bucht durch ein breites Tor offen. Der den Verunreinigungen ausgesetzte Buchtteil bildet dementsprechend wohl kein offenes Wassergebiet, derselbe steht aber durch einen breiten Eingang mit dem Wasser der großen Bucht in steter Ver-

bindung und es sind darin trotzdem Giftspuren enthaltende Muscheln zu finden. Dagegen ist die Austernzucht des Lago del Fusaro in der Nähe von Baja bei Neapel durch einen schmalen Landstreifen vom offenen Meer vollständig getrennt. Der Teich ist nur durch schmale Kanäle mit dem Meer verbunden, die darin lebenden Muscheln weisen trotzdem keine Giftwirkung auf. Ein ähnlicher Fall liegt bei den Miesmuscheln und Austern aus Taranto vor. Die berühmte Austern- und Miesmuschelzucht befindet sich im Mare Piccolo. Diese tiefe Bucht steht im ganzen durch zwei schmale Kanäle mit dem offenen Meer in Verbindung. Im Innern der Bucht sind die Verhältnisse noch ungünstiger, da, während sich am Fusaro-See größere Ansiedlungen nicht befinden, die Stadt Taranto mit ca. 55000 Einwohnern unmittelbar an der Innenseite des Mare Piccolo liegt und hier befindet sich einer der größten Kriegshäfen Italiens. Also der Umstand allein, daß die giftigen Muscheln an abgeschlossenen, mehr oder weniger verunreinigten Stellen leben, die von der Strömung des Wassers abgesperrt sind, erklärt im Sinne des Beschriebenen die Entstehung der Giftwirkung noch nicht.

Anlässlich der kalifornischen Vergiftungsfälle wurde auch der Gedanke aufgeworfen, daß die zu Vergiftungen führende Änderung des Stoffwechsels von *Mytilus californianus* wenigstens zum Teil vom Trockenliegen bei Ebbe herrührte. Richtig ist aber die Behauptung von H. HEATH, daß dieser Umstand bei Entstehung des Giftes keine Rolle spielen kann, denn es ist ja in Kalifornien das Sammeln und der Genuß der nach Ebbe zurückgebliebenen sogenannten Ebbemuscheln außerordentlich verbreitet und Vergiftungen kommen doch sehr selten vor. Außerdem haben auch die bereits erwähnten Versuche von WOLFF bewiesen, daß bei in Filtrierpapier eingewickelten, trocken gehaltenen Hungertieren die Giftwirkung nicht steigt, sondern abnimmt. Das Verständlichmachen des Zusammenhangs zwischen der Stagnierung des Wassers und der Giftwirkung wird nach einzelnen Angaben auch dadurch erschwert, daß die giftigen Muscheln nicht nur in verunreinigten Häfen mit geschlossenem Wasser vorkommen, sondern zusammen mit gesunden Tieren auch dort, wo von einer Stagnierung des Wassers nicht gesprochen werden kann. So bemerkt z. B. SALKOWSKY bereits im Anschluß an die Wilhelmshavener Vergiftungen, daß „an einem Ort, wo kein Grund für die Annahme vorhanden war, daß die Muscheln giftig wären, man unter diesen dennoch einzelne gefunden hat, die für Kaninchen tödlichen Alkoholextrakt lieferten, doch waren die letalen Dosen in dem Falle weit größer“. Zu gleicher Zeit machte WOLFF die Feststellung, daß ein Teil der von der Insel Wangeroog stammenden Muscheln, zwar in geringerem Maße, sich doch als giftig erwies, aber es befanden sich unter diesen Muscheln auch solche, von deren Extrakt auch sehr große Dosen eine Vergiftung nicht auslösten. LOHMEYER hat indessen beobachtet, „daß man auch nicht selten unter den Muscheln, welche sich an Seetonnen oder Strauchwerk angeheftet haben, giftverdächtige Exemplare findet“. THESEN bemerkt, mit den Osloer Vergiftungen beschäftigt, ebenfalls, daß auch unter ungiftigen Muscheln einige Exemplare zu finden sind, deren Extrakt zwar nur in bedeutend größeren Dosen, aber doch Giftwirkung auslöst. Und MEYER stellt wieder im Zusammenhang mit den im Jahre 1927 beobachteten kalifornischen Vergiftungen fest, daß die giftigen Muscheln weder in geschlossenen Bassins noch in verunreinigten Häfen lebten und während der Ebbe für längere Zeit nicht trocken lagen und dachte deswegen daran, daß die in wenigen Tagen entstandene Stoffwechselstörung mit der Ernährung oder mit der Geschlechtstätigkeit im Zusammenhang stehen dürfte. Zusammenfassend kann also festgestellt werden, daß die giftigen Muscheln zwar größtenteils in stagnierenden Gewässern, in verunreinigten Häfen zu finden sind, daß aber auch Daten dafür vorhanden sind, daß in offenen Wassergebieten und unter gesunden Muscheln giftige Muscheln ebenfalls vorkommen können. Vom Standpunkt der Ursachenforschung des Muschelgiftes besitzt eben letztere Feststellung große Bedeutung, da, wenn sich das Vorkommen der Giftmuscheln nicht auf verunreinigte, geschlossene Wassergebiete beschränkt, das Entstehen der Giftwirkung nicht ausschließlich mit diesen Faktoren erklärt werden kann.

Zur Entscheidung der Frage habe ich in der Nähe von Helgoland an der Schleswig-Holsteiner Küste die an den an Abb. 3 mit gekreuzten Kreisen bezeichneten Stellen gesammelten Miesmuscheln untersucht und in erster Linie klarzustellen versucht, ob am offenen Wassergebiet unter ungiftigen Muscheln auch giftige vorkommen. Die wichtigeren Angaben über die Fundorte der untersuchten Muscheln, ferner die wesentlichen Eigenschaften der Tiere sind in Tabelle 1 angeführt. Die Daten zeigen, daß die gesammelten Muscheln sowohl in Hinsicht auf Form und Farbe, als auch die Dicke betreffend ein ziemlich wechselreiches Bild boten. Unter durchweg olivgrünen oder olivbraunen Muscheln befanden sich blaßgrün gelbe oder blaßbraune Tiere und die Schale der ganz winzigen

Exemplare war oft vollkommen farblos. Dabei waren an der Schalenoberfläche von vielen Muscheln ausgesprochene, mehr oder minder breite, meistens radiäre Streifen sichtbar. Überdies erwies sich die Schale einzelner Muscheln als außerordentlich dünn, durchscheinend und zerbrechlich, wogegen die Oberhaut (das Periostrakum) im Gegensatz zu den festchaligen, nicht durchscheinenden Tieren, wo die Oberhaut dünn und matt war, ziemlich glänzend erschien. Es waren aber nicht nur in Farbe und Dicke der Schalen Abweichungen zu vermerken, sondern die Muscheln wichen auch in der Form von einander ab, indem neben der ausgesprochenen länglichen Muschelform auch eine deutlich breite Form in größerer Anzahl vorhanden war. Schließlich konnten auch Abweichungen im Zustand der Innenfläche der Muschelschale in der Farbe und im Entwicklungsgrad des Mantels festgestellt werden.

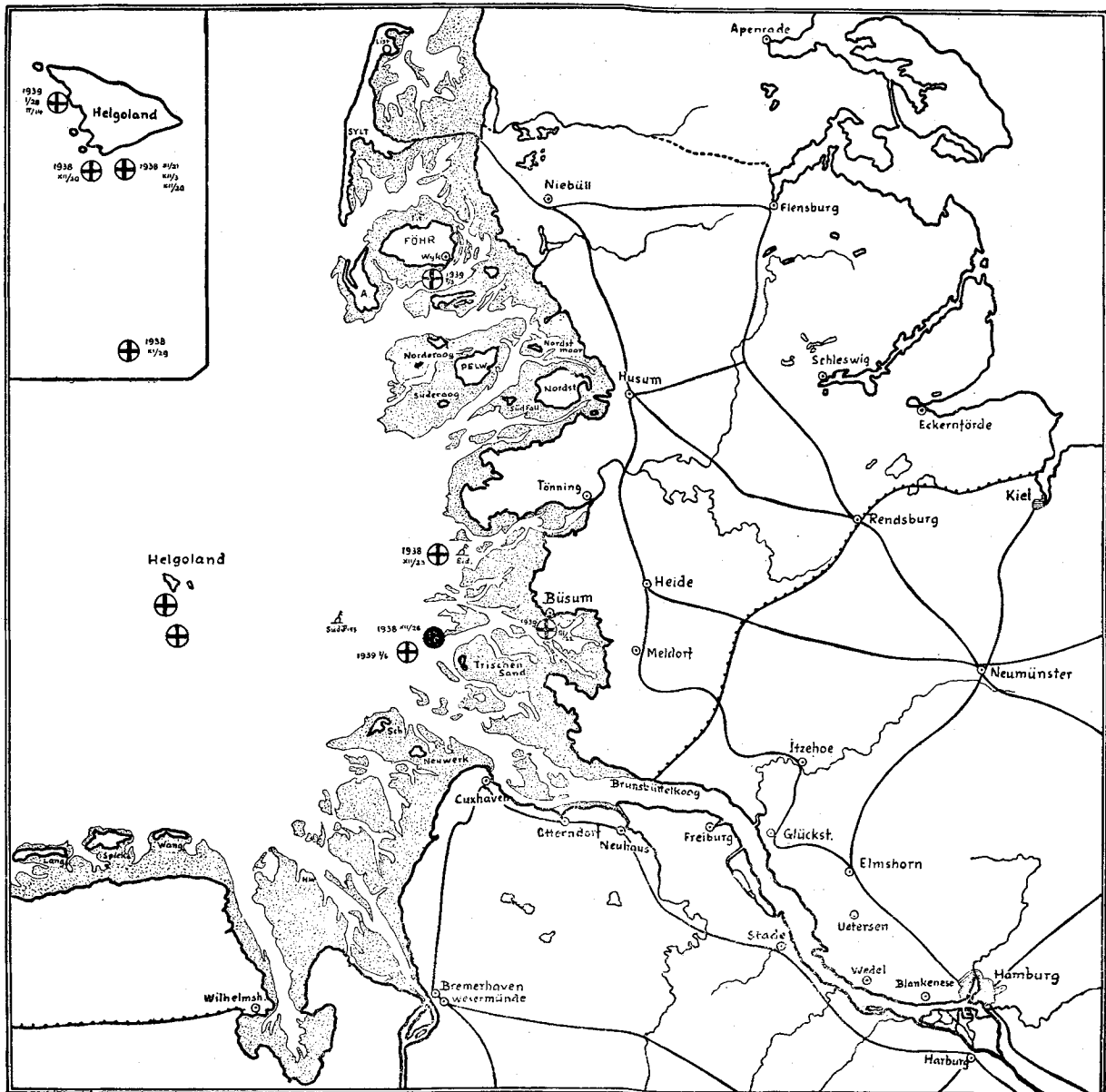


Abb. 3. Karte Schleswig-Holsteins und der Deutschen Bucht. Gekreuzte Kreise: Fundort der Muscheln mit Angabe des Zeitpunktes des Sammelns. Schwarzer Kreis: Fundort der giftigen Muscheln mit Angabe des Fangtages. (Die dichtpunktierten Teile zeigen das Watt an.)



## 2. Untersuchungen über die Giftwirkung der gesammelten Muscheln.

Wie schon angeführt, hat man bei den Wilhelmshavener giftigen Muscheln gewisse Formabweichungen im Verhältnis zu normalen Tieren beschrieben und mehrere von diesen Merkmalen waren an den von mir untersuchten Muscheln ebenfalls feststellbar. Es genügt in dieser Hinsicht die Streifung, Durchsichtigkeit, Zerbrechlichkeit und die breite Form der Muscheln zu erwähnen, Eigenschaften, die sich an einzelnen Fundorten außerordentlich charakteristisch zeigten. Den Daten in der Tabelle entsprechend kamen solche Tiere an gewissen Stellen, z. B. längs der Insel Helgoland nur vereinzelt vor, wogegen an anderen Stellen, wo sie einen bedeutenden Teil der Muscheln ausmachten, sich unter ihnen auch Tiere mit anderen Merkmalen befanden, nämlich auch dunkelfarbige Exemplare mit dicker Schale. Die Frage daher, ob die auf Grund der Formabweichung als giftig zu erachtenden Muscheln auch wirklich giftig gewesen sind, kann nur dann richtig entschieden werden, wenn man mit den von verschiedenen Fundorten stammenden Muscheln nicht nur in ihrer Gesamtheit (20—30 Tiere auf einmal) sondern auch mit jedem einzelnen Tier Versuche anstellt und die Tiere zu den Versuchen derart auswählt, daß die Untersuchungen auf die am selben Ort vorkommenden und verschiedene Schalenmerkmale aufweisenden Tiere gleichmäßig erstreckt werden. Da ich bei diesen Forschungen nicht nur größere Giftmengen zu entdecken suchte, sondern bemüht war, womöglich auch Spuren des Giftes nachzuweisen, habe ich zu meinen Untersuchungen nicht nur den Muschelextrakt nach THESEN bereitet, sondern auch RICHEL'S Versuche ausgeführt.

Die Muschelextrakte stellte ich in der auf Seite 282 dieser Arbeit beschriebenen Weise nach THESEN'S Verfahren her und habe ihre Giftwirkung an Mäusen von ungefähr 20 g Körpergewicht, ferner an etwa 150 g schweren Ratten und schließlich an etwa 1 kg schweren Kaninchen ausgeprobt. Vorerst bereitete ich aus einer Gesamtmenge von 100 g der Weichteile der von verschiedenen Orten stammenden Muscheln Extrakte, dann stellte ich zur Untersuchung der Frage, ob unter den ungiftigen Tieren giftige zu finden seien, aus 10—14 Exemplaren an verschiedenen Fundorten gesammelter Muscheln separat Extrakte her. Da von verschiedenen Fundstellen meistens nur kleinere, oft nur 8—10—12 g schwere Tiere zur Verfügung standen, war die Menge der aus den einzelnen Tieren hergestellten Extrakte naturgemäß beschränkt und machte 1.5—2 ccm, höchstens 3—3.5 ccm aus. Deshalb ging ich bei Bestimmung der Letaldosis des Giftes derart vor, daß, falls 100 g Gesamtmenge der zu untersuchenden Muschelkörper keine Giftwirkung auslöste, ich vorerst den weißen Mäusen 1 ccm des Extraktes intraperitoneal injizierte. Zeigte sich am Tier binnen 5 Minuten keine Giftwirkung, so spritzte ich nach 5 Minuten wieder 1 ccm ein und wenn auch dann nicht Symptome der Vergiftung auftraten, erhielt das Tier nach weiteren 5 Minuten den Rest auf einmal. Sofern auch nach den darauf folgenden 10 Minuten Zeichen der Vergiftung nicht wahrnehmbar gewesen sind, hielt ich die Muschel für ungiftig. Ging das Versuchstier nach 10—20 Minuten nach der Injektion von 1 ccm des Muschelextraktes ein, so injizierte ich 0.5 ccm. Abgesehen von den Muscheln von der Süderpiep-Tonne kam eine geringere Menge Extraktes — u. zw. 0.01 ccm — nur in einem einzigen Falle zur Anwendung, doch hatte diese keine Giftwirkung mehr zur Folge. Bei den Tieren von der Süderpiep-Tonne, wo 100 g Gesamtmenge der Muscheln schon in Dosen von 0.01—0.02 ccm schwere Vergiftungen auslöste, habe ich die Untersuchung der Giftwirkung mit 0.01 ccm des Extraktes begonnen. In Fällen, wo die injizierte Maus 20 Minuten nach obiger Menge am Leben blieb, habe ich einem zweiten Versuchstier 0.02 ccm, falls auch dieses nicht verendete, einem weiteren 0.04 ccm injiziert, dann die Einspritzung von 0.06 ccm versucht. Diese Menge überlebte aber bloß ein einziges Tier, bei welchem auch die Einspritzung von 0.08, bzw. 0.1 ccm an die Reihe kam. In Fällen, wo 0.01 ccm des Muschelextraktes das rasche Absterben des Tieres herbeiführte, habe ich Versuche auch mit Einspritzung von 0.005 ccm des verdünnten Extraktes angestellt, doch tötete diese Menge in 6 solchen Versuchen kein einziges Tier.

Bei Tieren, wo eine Giftwirkung nach Injizierung der zur Verfügung stehenden Gesamtmenge der nach THESEN hergestellten Extrakte nicht eintrat, stellte ich die Überempfindlichkeitsprobe nach RICHEL an. In diesen Versuchen ging ich nach RICHEL'S Prinzip derart vor, daß ich die mit der nicht letalen Dosis der Süderpieper Muscheln injizierten Tiere nach Verlauf von 3 Wochen mit einer größeren Menge des Extraktes der zu untersuchenden Muscheln in der Voraussetzung behandelte, daß an den durch das Gift überempfindlich gemachten Versuchstieren, -- falls die zu untersuchende Muschel Giftspuren enthielt, -- nach wiederholter Einspritzung das charakteristische Vergiftungsbild zum Vorschein kommen muß. RICHEL fand nämlich, wie bereits erwähnt, daß die Tiere nach

Tabelle 1.  
Fundorte, wichtige Eigenschaften der Muscheln

Nr.	Fangtag	Fundort der Muscheln	Dauer des Ausliegens der Tonne	Tiefe des Wassers m	Begleitende Arten		Größengruppen		Untersuchte Stückzahl
					Menge	untersucht von	Durchschnittsgewicht g	Anteil an der Gesamtmenge	
1.	1938 21. Nov.	Helgoland. Schwarze spitze Tonne, außerhalb der Landungsbrücke ungefähr 200 m weit vom südöstlichen Ufer	andert-halb Jahre	5	<i>Nereis pelagica</i> L. (vereinzelte junge Exemplare)	K. Meunier (Helgoland)	24—28 6—12 2—5 erbsengroß hanfkorn-groß	$\frac{1}{2}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{4}$	100
2.	1938 3. Dez.	desgl.	desgl.	dies.	dies.	ders.	24—26 6—8 2—4 erbsengroß hanfkorn-groß	$\frac{1}{4}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{2}$	100
3.	1938 20. Dez.	desgl.	desgl.	dies.	dies.	ders.	25—26 6—7 erbsengroß hanfkorn-groß	$\frac{1}{10}$ $\frac{1}{10}$ $\frac{4}{5}$	100
4.	1938 30. Dez.	Helgoland. Hafenklotz im Marinehafen	desgl.	—	<i>Emplectonema</i> (sehr zahlreich) <i>Hyale prevosti</i> Milne Edwards (zahlreich) <i>Sagartia</i> (vereinzelte Exemplare)	Friedrich (Kiel) H. Hertling (Helgoland)	20—25 8—14 3—4	$\frac{1}{2}$ $\frac{1}{4}$ $\frac{1}{4}$	200
5.	1939 28. Jan.	Helgoland. Versuchsteich der Anstalt an der Südwestküste	—	1,5	—	—	25—40 6—8 1—3	21 St. 130 St. ca. 300 St.	100
6.	1939 14. Febr.	desgl.	—	dies.	—	—	20—25	58 St.	50
7.	1938 29. Nov.	Helgoland. Hog-Stein-Anseglungstonne ungefähr 2 Seemeilen weit vom südöstlichen Ufer	andert-halb Jahre	22	<i>Nereis pelagica</i> L. (vereinzelte junge Exemplare) <i>Emplectonema</i> (vereinzelte Exemplare)	K. Meunier (Helgoland) Friedrich (Kiel)	24—26 8—14 2—4 erbsengroß hanfkorn-groß	$\frac{1}{8}$ $\frac{1}{8}$ $\frac{3}{4}$	100
8.	1939 3. Jan.	Tonne 6 Norderaue (bei Wyk auf Föhr)	ca. 9 Monate	15	<i>Carcinus maenas</i> (zahlreiche ganz kleine Exemplare) <i>Porcellana longicornis</i> (3 Stück) <i>Balanus</i> (sehr zahlreich)	H. Hertling (Helgoland)	12—16 8—11 2—6	$\frac{1}{4}$ $\frac{1}{2}$ $\frac{1}{4}$	200

## und verschiedene Angaben über dieselben.

Nr.	Beschreibung der Schalen der Tiere	Farbe und Dicke des Mantels	Farbe der Leber	Inhalt des Magens und Darmes	Zustand des Kristallstieles
1.	Länge verhältnismäßig größer als die Höhe. Die Schale ist fest, nicht durchsichtig. Oberhaut ist matt, dünn. Die meisten Tiere sind dunkel ölbraun, ohne Streifung, es finden sich jedoch vereinzelt blaß-gelblich-grüne, stark gestreifte Exemplare. Die ganz kleinen Tiere sind gelblichbraun, oft gestreift, unter ihnen einige dunkelbraune, oder im Gegensatz hierzu blaßgelbe, kaum gestreifte Tiere. Die Innenfläche sämtlicher untersuchter Tiere mit Perlmutterglanz. Die Zahl der Tiere mit deformierten Schalen ist gering.	blaß-gelb oder weißlichgelb, mitteldick	meistens braun	Detritus und zahlreiche Diatomeen	bei sämtlichen untersuchten Tieren vorhanden
2.					
3.					
4.	Länge verhältnismäßig größer als die Höhe. Die Schale ist fest, nicht durchsichtig. Oberhaut ist matt, dünn. Die Tiere sind ölbraun, oder fast schwarz, nur vereinzelt blaß-braune, oder blaß-grüne, gestreifte Tiere. Unter den Tieren mit einem Gewicht von 3—4 g mehrere grünlichgelbe, gestreifte Exemplare. Die Innenfläche sämtlicher untersuchter Tiere mit Perlmutterglanz. Die Zahl der Tiere mit deformierten Schalen ist gering.	blaß-gelb, mitteldick, bei Tieren über 20 g manchmal rotgelb	braun, oder grünlichbraun	Detritus, Algen und zahlreiche Diatomeen	
5.	Ausgesprochen lange Formen mit dunkel olivgrüner oder schwarzer Schale. Die Schale ist fest, dick, schwer, undurchsichtig, ohne Streifung. Die Oberhaut ist matt, dünn, bei manchen Tieren fleckenweise abgeschunden. Die Innenfläche sämtlicher untersuchter Tiere mit Perlmutterglanz. Mehrere Tiere mit deformierten Schalen.	blaßgelb, oder ockergelb, bei großen Exemplaren ausgesprochen rotgelb, dick oder mitteldick	grünlichbraun	Detritus, Algen und spärliche Diatomeen	
6.		blaß-gelb oder ockergelb, mitteldick	dass.	dass.	
7.	Wie bei den Tieren Nr. 1, mit dem Unterschiede, daß unter den großen Tieren in bedeutend vermehrter Zahl blaß-gelblich-grüne, stark gestreifte Tiere anzutreffen sind und zwar so viele, daß auf je 6—8 dunkle Tiere ein blasses, gestreiftes Tier fällt.	blaß-gelb oder weißlichgelb, mitteldick	meistens braun	Detritus und zahlreiche Diatomeen	bei sämtlichen untersuchten Tieren vorhanden
8.	Länge wechselnd, bei vielen Tieren ist die Länge verhältnismäßig größer als die Höhe, andererseits kommt bei anderen Tieren ein gegensätzliches Verhalten vor. Die Schale ist meistens zerbrechlich, durchsichtig, dünn, die Tiere verbleiben an der Oberfläche des Wassers, es kommen jedoch auch Tiere mit dicker und undurchsichtiger Schale vor, die im Wasser untertauchen. Oberhaut ist meistens matt, dünn, aber bei mehreren	meistens blaß-gelb, bei manchen Tieren graugelb, im allgemeinen mitteldick	braun, oder blaß-braun	Detritus, spärliche Algen und Diatomeen	bei sämtlichen untersuchten Tieren vorhanden

Fortsetzung von Tabelle 1.

Nr.	Fangtag	Fundort der Muscheln	Dauer des Aus- liegens der Tonne	Tiefe des Was- sers m	Begleitende Arten		Größengruppen		Unter- suchte Stück- zahl
					Menge	untersucht von	Durch- schnitts- Gewicht g	Anteil an der Gesamt- menge	
9.	1938 23. Dez.	Schleswig-Hol- steinische Küste Eider Tonne 2	ca. 9 Mo- nate	10	<i>Sagartia</i> (ver- einzelte Exem- plare)	Friedrich (Kiel)* H. Hertling (Helgoland)	16—19	$\frac{1}{4}$	150
					<i>Emplectonema</i> (sehr zahlreich) <i>Cancer pagurus</i> (viele ganz kleine Exem- plare) <i>Balanus</i> (sehr zahlreich)		8—13 2—3 erbsengroß reiskorn- groß, hanf- korngroß		
10.	1939 6. Jan.	Schleswig-Hol- steinische Küste Hackfeld Tonne (Wrack des Schiffes M. Hackfeld) Tiere, die an der Außenseite der Tonne haften	ca. 9 Mo- nate	8.5	<i>Jassa pulchella</i> Leach (sehr zahlreich) <i>Harmothoë</i> <i>sarsi</i> Kinberg (vereinzelte Exemplare) <i>Cancer pagurus</i> (1 Stück mit einem Durch- messer von 3 cm und viele ganz kleine Exem- plare)	H. Hertling (Helgoland) K. Meunier (Helgoland) H. Hertling (Helgoland)	8—12 5—6	$\frac{1}{2}$ $\frac{1}{2}$	100
11.	„	Schleswig-Hol- steinische Küste Tiere, die im Inneren der nach unten zu offenen Tonne haften	desgl.	dies.	<i>Jassa pulchella</i> (Leach) (sehr zahlreich) <i>Cancer pagurus</i> (ganz kleine Exemplare)	H. Hertling (Helgoland)	6—10 2—5	$\frac{1}{3}$ $\frac{2}{3}$	100
12.	1939 22. März	Büsum Watt. Ein ca. 50 m von der Hafen- mauer entfer- ter Klotz	—	—	—	—	15—22	30 St.	30

Nr.	Beschreibung der Schalen der Tiere	Farbe und Dicke des Mantels	Farbe der Leber	Inhalt des Magens und Darmes	Zustand des Kristallstieles
9.	<p>Tieren ziemlich derb und glänzend. ca. <math>\frac{3}{4}</math> der Tiere sind grünlichgelb, stark gestreift, ca. <math>\frac{1}{4}</math> ist blasser, oder dunkler ölbraunfarben, fast ohne Streifung. Innenfläche im allgemeinen mit Perlmutterglanz, braune Flecke an der Innenfläche nur bei 1—2 Tieren, jedoch vereinzelte Tiere mit kreideweißer Innenfläche. Mehrere Tiere mit deformierten Schalen.</p> <p>Länge wechselnd, bei vielen Tieren ist die Länge verhältnismäßig größer als die Höhe, andererseits kommt bei anderen Tieren ein gegensätzliches Verhalten vor. Die Schale ist meistens fest, nicht durchsichtig, jedoch bei ca. <math>\frac{1}{3}</math> der Tiere dünn, zerbrechlich. Oberhaut ist meistens matt, dünn, aber bei einigen Tieren ziemlich derb und glänzend. Ca. <math>\frac{2}{3}</math> der Tiere, besonders jene mit einem Gewicht unter 10 g sind gelblichbraun, oder grünlichgelb, deutlich gestreift. Die übrigen Tiere sind dunkel-ölbraun, manchmal fast schwarz. Die kleinen Tiere sind gelblichbraun, oder blaß-grünlichgelb mit weniger deutlicher Streifung, vereinzelte sehr kleine Tiere mit farbloser Schale. Die Innenfläche im allgemeinen mit Perlmutterglanz, vereinzelte Tiere jedoch mit kreideweißer Innenfläche. Bei manchen Tieren kommt braune Fleckung der Innenfläche vor, auch mehrere Tiere mit deformierten Schalen.</p>	<p>grauweiß, oder blaßgelb, mitteldick, bei einigen Tieren dünn</p>	<p>braun, oder grün</p>	<p>Detritus, Algen und Diatomeen</p>	<p>bei fast allen untersuchten Tieren vorhanden</p>
10.	<p>Länge ist stark schwankend. Im allgemeinen jedoch größer als die Höhe. Die Schale der Tiere ist meistens fest, bei manchen Tieren ist dieselbe jedoch zerbrechlich, durchsichtig. Oberhaut ist meistens matt, dünn. Ca. <math>\frac{1}{3}</math> der Tiere sind dunkel-ölbraun. Ca. <math>\frac{2}{3}</math> blaß-olivgrün mit deutlicher Streifung. Innenfläche überall mit Perlmutterglanz, ohne braune Flecken, vereinzelte Tiere mit deformierten Schalen.</p>	<p>blaß-gelb, mitteldick</p>	<p>grünlichbraun</p>	<p>Detritus, Algen und Diatomeen</p>	<p>bei sämtlichen untersuchten Tieren vorhanden</p>
11.	<p>Länge bei dem überwiegenden Teile der Tiere geringer als die Höhe, Die Schalen meistens leicht, zerbrechlich, durchsichtig. Oberhaut ist meistens mäßig verdickt, manchmal etwas glänzend, bei mehreren Tieren ist die Oberhaut fleckenweise abgeschunden. Nur wenige dunkelschalige Tiere, die meisten Tiere sind blaß, olivgrün, deutlich gestreift, ein kleiner Teil blaßgelblichbraun mit geringerer Streifung. Ca. <math>\frac{2}{3}</math> der Tiere mit kreideweißer Innenfläche, <math>\frac{1}{3}</math> mit Perlmutterglanz. Bei mehreren Tieren braune Flecke an der Innenfläche. Verhältnismäßig viel Tiere mit deformierten Schalen.</p>	<p>blaßgelb, oder weißlichgelb, mitteldick, bei einigen Tieren häutchenartig</p>	<p>grünlichbraun, oder blaß-braun</p>	<p>Detritus, Algen und Diatomeen. Bei mehreren Tieren leerer Magen</p>	<p>fehlt bei fast der Hälfte der untersuchten Tiere</p>
12.	<p>Die Länge ist stark schwankend, im allgemeinen jedoch größer als die Höhe. Die Schale im allgemeinen fest, nicht durchsichtig. Oberhaut ist matt, dünn. 11 St. sind dunkelölbraun, die übrigen grünlich-</p>	<p>blaß-ockergelb, mitteldick</p>	<p>braun</p>	<p>Detritus, bei 11 Tieren leerer Magen</p>	<p>nur bei 3 Tieren vorhanden</p>

Fortsetzung von Tabelle 1.

Nr.	Fangtag	Fundort der Muscheln	Dauer des Aus- liegens der Tonne	Tiefe des Was- sers m	Begleitende Arten		Größengruppen		Unter- suchte Stück- zahl
					Menge	untersucht von	Durch- schnitts- Gewicht g	Anteil an der Gesamt- menge	
13.	1938 28. Dez.	Schleswig-Hol- steinische Küste Süder-Piep	9 Mo- nate	10	<i>Carcinus mae- nas</i> (4 Stück in der Größe einer Mark und viele ganz klei- ne Exemplare)	H. Hertling (Helgoland)	8—12 2—5 erbsengroß reiskorn- groß, hanf- korngroß	$\frac{1}{3}$ $\frac{1}{3}$ $\frac{1}{3}$	200

Einspritzung des Giftstoffes der Miesmuschel, von ihm Mytilocongestin benannt, überempfindlich werden, wodurch auch geringe Mengen des Giftes, die sonst pathologische Symptome überhaupt nicht auslösen, schwere Vergiftungen hervorrufen. Das Wesentliche in RICHET'S Versuchen ist bis heute nicht in allen Einzelheiten ins Reine gebracht und die Identität, bzw. das Verhältnis des Mytilocongestin zum Mytilusgift nicht aufgedeckt. Es wird eben durch den Umstand erschwert in den Versuchen klarzusehen, daß das Congestin einen Organextrakt darstellt, „in welchem die toxische und die ungiftige aber anaphylaktische Wirkung, sei es in einer einzigen chemischen Verbindung (Toxalbumin) oder als Gemisch von mehreren toxischen und nicht toxischen Stoffen, mit einander kombiniert sind“. (PREISZ). Wie es auch um die theoretische Auslegung von RICHET'S Versuch stehen mag, haben meine Versuche in Neapel bestätigt, daß Spuren des Mytilusgiftes mit Hilfe dieses Versuchs gut nachweisbar sind. Zuerst führte ich Versuche in Neapel in der Weise aus, daß ich  $\frac{1}{3}$  der wirksamen Dosis des Extraktes der Giftmuscheln 20 g schweren Mäusen injizierte und das von der Vergiftung geheilte Tier nach 3 Wochen mit dem Extrakt der zu untersuchenden Muschel behandelte. Wenn die zu untersuchende Muschel Gift enthielt, zeigte das Versuchstier 1—2—3 Minuten nach der zweiten Einspritzung heftige Unruhe, streckte sich nach taumelnder, wurmartiger Bewegung von einigen Minuten mit erlahmten Beinen flach hin und verendete nach 2—3 Minuten unter dauernder schwerer Dispnoë. Bei Mäusen spricht die rasche Entwicklung der Symptome, das Ausbleiben einzelner Erscheinungen, wie z. B. Krämpfe des Tränenrinnens schon an sich gegen die Annahme eines einfachen anaphylaktischen Schocks. Es unterliegt aber keinem Zweifel, daß man in RICHET'S Versuchen auch mit der anaphylaktischen Wirkung des nicht giftigen Muscheleiweisses zu rechnen hat und so dürften bei Anwendung obiger Methodik betreffs der Bewertung der Versuchsergebnisse gewisse Bedenken berechtigt erscheinen. Nach meinen Versuchen in Neapel löst der aus den Weichteilen der Muscheln ohne Kochen einfach mit Kochsalz hergestellte Extrakt nach wiederholter Einspritzung den typischen, mit starken Tränenfluß und mit Krämpfen begleiteten anaphylaktischen Schock aus und bei den gegen Muscheleiweiss desensibilisierten Tieren kann der durch das Gift hervorgerufene = Überempfindlichkeitszustand auch weiterhin durch das bereits

Nr.	Beschreibung der Schalen der Tiere	Farbe und Dicke des Mantels	Farbe der Leber	Inhalt des Magens und Darmes	Zustand des Kristallstieles
13.	gelb, mit deutlicher Streifung. Innenfläche der Schale mit Ausnahme von 4 Fällen kreideweiß. (Die in der letzten Stunde der Ebbe gesammelten Tiere lagen am Trocknen.) Bei 3 Tieren war auf der Innenfläche eine braune Verfärbung zu beobachten. Tiere mit deformierten Schalen waren nicht zu finden. Länge ist stark schwankend, im allgemeinen jedoch wesentlich geringer als die Höhe. Die Schalen sind sehr dünn, zerbrechlich und verhältnismäßig sehr durchsichtig. Läßt man die Tiere auf den Tisch fallen, so geben sie einen äußerst hohlen Ton. Die Tiere verbleiben schwimmend auf der Oberfläche des Wassers. Oberhaut derb, glänzend, wie lackiert. Der größere Teil der Tiere ist blaß-gelblichgrün, stark gestreift, der kleinere Teil gelblichbraun, mit geringer Streifung, oder fast streifenlos. Tiere mit dunkler Schale sind nicht anzutreffen. Die kleinsten Tiere sind fast sämtlich farblos, an der Innenfläche der Schalen ist bei den meisten Muscheln eine kreideweiße Verfärbung zu beobachten bei des Glanzes der Innenfläche. Bei verhältnismäßig zahlreichen Muscheln rostbraune Flecke und mancherorts kleine Lücken in der Perlmutter-schicht. Zahlreiche Tiere mit deformierten Schalen.	meistens grau-weiß, häutchen-artig, sehr dünn	blaß-braun, oder grau	Detritus und Diatomeen. Bei 14 Tieren leerer Magen	fehlt bei fast allen untersuchten Tieren

angeführte Vergiftungsbild nachgewiesen werden. Das bedeutet, daß der Versuch von RICHET nicht eine einfache, an das Muscheleiweiß gebundene anaphylaktische Wirkung darstellt. Daß in den Versuchen die durch das Gift verursachte Überempfindlichkeits-Reaktion das mittels Muscheleiweiß hervorgerufene anaphylaktische Bild nicht zur Entfaltung kommen läßt, kann einerseits in der Bereitungsweise des Muschelextraktes seine Erklärung finden, wobei das Muscheleiweiß eine bedeutende Umwandlung erleidet, andererseits kann es durch die sogenannte Konkurrenz der Antigene erklärt werden, derzufolge das mehr aktive Antigen die Wirkung des weniger aktiven unterdrückt. Wenn man nämlich zwei, jede für sich separat sensibilisierende Antigene zu gleicher Zeit einspritzt, entwickelt sich die Überempfindlichkeit möglicherweise nur gegen eines derselben und so betrachtet man jenes als mehr aktiv. Mit Rücksicht auf diese Erscheinung habe ich gefunden, daß das in meinen Helgoländer Untersuchungen anfangs angewendete Verfahren einer Modifikation bedarf. Es kann nämlich die Möglichkeit angenommen werden, daß, wenn die Giftspuren in der Muschel zu gering sind, die das Antigen des Muscheleiweiß die spezifische Reaktion des Muschelgiftes unterdrückt und eine einfache anaphylaktische Erscheinung zum Vorschein kommen läßt. Das Muschelgift zeigt gegen Erhitzen eine hochgradige Resistenz und kann im eingetrockneten Zustand auf 110° während der Dauer von 2 Minuten erhitzt gehalten werden. So scheint der Gedanke nahe zu liegen, daß der anaphylaktogenen Wirkung des Eiweißes durch das Erhitzen auf 110° vorgebeugt werden kann und die Sensibilisierung mit erhitztem Gift vorzunehmen sei. Aber im Versuch nach RICHET kombiniert sich wie bereits erwähnt, die toxische und die anaphylaktische Wirkung, — sei es in Form einer chem. Verbindung als Toxalbumin oder als Gemisch der toxischen und atoxischen Stoffe. Diesem Umstand soll es zugeschrieben werden, daß es mir mit dem überhitzten Gift nicht gelang, den RICHET'schen Versuch auszuführen, d. h. das zu weit gehende Denaturieren der Muscheleiweiße vereitelte den Versuch. Es soll daher ein Verfahren gefunden werden, mit dessen Hilfe nebst möglichster Beibehaltung des Charakters der an das Gift gebundenen Eiweißstoffe die größere Aktivität des Giftes auch dort gesichert werden kann, wo dessen Aktivität infolge seiner geringen Menge zweifelhaft erscheint. Deshalb wandte ich folgendes

Verfahren an: Aus den geöffneten Muscheln habe ich den Eingeweidesack nach Entfernung des Fußes, des Byssus und der Kiemen, mit chem. reinem Quarzsand verrieben und den Brei mit einer fünffachen Menge destillierten Wassers verdünnt, welchem ich soviel  $\frac{1}{10}$  n Salzsäure beigab, bis die Reaktion mit Lackmus ausgesprochen sauer wurde. Die Flüssigkeit hielt ich 6 Stunden lang in einem mit Watte verpropften Kolben im Wasserbad auf  $56^{\circ}$  und habe die Reaktion bei oftmaligem Schütteln stündlich kontrolliert. Bei Abnahme der Reaktion habe ich die Flüssigkeit erneut mit Salzsäure eingesäuert. Nach 6 Stunden wurde die Flüssigkeit filtriert und 3 Stunden auf Zimmertemperatur gehalten. Während dieser Zeit bildete sich ein Niederschlag. Dann zentrifugierte ich die Flüssigkeit und verschloß sie in einem eingeschmolzenen Glasröhrchen. Vor Gebrauch ließ ich die Flüssigkeit im PROSCAUER'schen Vacuum-Destillier-Apparat so eindunsten, daß die zum Injizieren verwendete Menge ungefähr  $\frac{1}{10}$  des Gewichts der Weichteile der Muschel entsprach, dann habe ich die Lösung aus einer Mikrobürette unmittelbar vor der Einspritzung mit  $\frac{1}{10}$  n Natriumcarbonatlösung neutralisiert. Mit den derart hergestellten Extrakten führte ich die Versuche so aus, daß ich ungefähr 20 g schweren Mäusen ein drittel der Giftdosis der in vorangehender Weise bereiteten Extrakte der giftigen Muscheln intraperitoneal injizierte und habe dann nach 21 Tagen die Tiere mit subcutaner Injektion des Extraktes von bestimmt ungiftigen Muscheln (aus Helgoland stammende Tiere mit dunkler, dicker Schale) vorerst mit 1 mg, nach einer Stunde 3 mg, nach zwei Stunden 6 mg, nach fünf Stunden 12 mg desensibilisiert. Das somit vorbereitete Tier impfte ich nach Ablauf von 3 Stunden mit der ganzen Menge des Extraktes der zu untersuchenden Muschel intraperitoneal und beobachtete es ständig. Durch obiges Vorgehen suchte ich einerseits die Aenderung des Charakters der ans Gift gebundenen Eiweißstoffe zu umgehen, andererseits im Wege der vor dem Auslösungsversuch vorgenommenen Desensibilisierung, der anaphylaktischen Wirkung des Muscheleiweißes vorzubeugen und habe die Aktivität des Muschelgiftes gesichert. Die Reaktion erachtete ich dann als positiv, wenn das Tier spätestens 4 Minuten nach der Einspritzung beginnend, binnen 3—4 Minuten unter Lähmung der Gliedmaßen und Atembeschwerden verendete und deutliche Krämpfe oder Tränenrinnen nicht auftraten. Starke Positivität habe ich bei den Versuchen angenommen, wo das Tier bei rasch eintretenden Atembeschwerden und Lähmungen schon binnen 1—2 Minuten einging. Schwach nannte ich die Reaktion falls das Absterben des Tieres erst in 8—10 Minuten erfolgte. Traten in den RICHEL'schen Versuchen die typischen Lähmungen und Atembeschwerden auf, so gingen in meinen Versuchen nach 10 Minuten sämtliche Tiere ein. Ueber die Versuche mit den nach THESEN's Verfahren hergestellten Extrakten und über die Ergebnisse der RICHEL'schen Versuche gibt Tabelle 2 Aufschluß. Darin sind auch die wichtigeren Eigenschaften der giftigen Tiere angeführt und bei den mit THESEN's Extrakt ausgeführten Versuchen ist auch die Letaldosis vermerkt. Diese Tabelle zeigt, daß längs der Insel Helgoland keine giftigen Muscheln zu finden waren u. zw. weder an den in der Nähe der Ufer verankerten Tonnen, noch am Hafenklotz, auch nicht im geschlossenen Becken des Versuchsteiches; ebenso fehlten die giftigen Muscheln an der ungefähr 2 Seemeilen von der Küste entfernten Hog-Stein Anseglungstone. Dagegen konnte man mittels des RICHEL'schen Versuches von 100 Tieren bei dreien Giftspuren nachweisen usw. in zwei Tieren, die von der vom Ufer 200 m entfernten schwarzen Spitz-Tonne stammten und in einem Tier vom Hafenklotz. Die Helgoländer Untersuchungen verwiesen daher auf den Umstand, daß Giftspuren enthaltende Tiere ausnahmsweise auch an Seegebieten vorkommen können, wo von einer Stagnierung des Wassers nicht gesprochen werden kann. Diese Erscheinung wurde durch die Untersuchungen an der Schleswig-Holsteinischen Nordseeküste noch augenscheinlicher. Es zeigte sich, daß in der Norderaue von 40 untersuchten Tieren der Tonne 6 vier Giftspuren aufwiesen und unter den Tieren der Eider Tonne zwei, nicht nur daß in fünf Exemplaren Giftspuren entdeckt wurden, sondern der Extrakt von zweien in einer Dose von 1 ccm schon tödliche Giftwirkung an der 20 g schweren Maus ausübte. Noch interessanter schien aber die Untersuchung der Tiere, die, an einer das Wrack des Schiffes „Maria Hackfeld“ bezeichnenden Blink-Tonne anhafteten. An den äußeren Teilen der Tonne saßen viele Muscheln, es war aber auch eine große Anzahl derselben in der nach unten zu geöffneten Röhre der Tonne zu finden. Unter den außerhalb befindlichen Tieren fand ich von 30 untersuchten Muscheln nur eine giftig, in zweien waren Giftspuren nachweisbar, wogegen von den inwendig anhaftenden Tieren 4 giftig befunden wurden und in 18 Exemplaren die Giftspuren bestimmt nachweisbar waren. Es dürfte der großen Menge von Giftspuren tragenden Tieren zugeschrieben werden, daß der aus 20 solchen Muscheln zugleich hergestellte Extrakt im RICHEL'schen Versuch ein stark positives Ergebnis herbeiführte. Der nach THESEN hergestellte Extrakt aus der



gleichen Anzahl ebensolcher Tiere löste dagegen in Dosen von 10 ccm intraperitoneal eingespritzt nur eine kurze Zeit währende Unruhe und beschleunigtes Atmen aus, ohne, daß typische Lähmungen zur Entfaltung gekommen wären. Der Versuch zeigt daher augenscheinlich, daß die Auffindung von eventuell giftigen Muscheln unter ungiftigen nur dann erhofft werden kann, wenn aus den einzelnen Tieren Extrakte bereitet werden, da doch von den Muscheln aus dem Inneren der „Hackfeld“-Tonne, wie gesagt, 4 giftig befunden wurden und der Extrakt von 20 Muscheln in ihrer Gesamtheit dennoch keine bestimmte Giftwirkung zeigte. — Während der aus einer großen Anzahl von obigen Fundorten stammenden Muscheln zugleich hergestellte Extrakt — abgesehen von der vorher erwähnten recht schwachen Reaktion — so gut wie keine Giftwirkung zustandebrachte, haben die von Tonne „F“ im Süder-Piep gesammelten Muscheln sowohl in ihrer Gesamtheit als auch einzeln eine außerordentlich starke Giftwirkung entfaltet. Der nach THESEN aus 20 Muscheln hergestellte Extrakt hat nämlich in einer Dosis von 0.02 ccm der 20 g schweren Maus injiziert, das Versuchstier in durchschnittlich 5 Minuten getötet. Der aus reis- oder hanfkorngroßen, ganz winzigen Muscheln bereite Extrakt hat in ähnlicher Menge den Tod des Versuchstieres herbeigeführt und dadurch klar gezeigt, daß zwischen geschlechtsunreifen und geschlechtsreifen Tieren in dieser Richtung kein wesentlicher Unterschied besteht. Der Extrakt tötete die 150 g schwere weiße Ratte intraperitoneal in einer Dosis von 0.8 ccm injiziert in 15 Minuten. Das 1 kg schwere Kaninchen verendete nach Injizierung der Letaldosis 2.5 ccm schon in 6 Minuten. Die Giftwirkung der frischen Muscheln an den vorher erwähnten Versuchstieren durch Füttern auszuprobieren, war mir leider nicht möglich.

Bei Herstellung von Extrakten einzelner Muscheln von der Süder-Piep-Tonne gelangte ich zum Ergebnis, daß unter 30 Muscheln von 16 die Letaldosis mit dem aus den übrigen Muscheln zugleich hergestellten Extrakt identisch war. Bei 6 Muscheln ist die Giftwirkung stärker, dagegen bei 8 geringer als dies gewesen und die Giftdosis stieg unter den letzteren bei einem Tier auf 0.1 ccm an, was zu bedeuten hat, das betrifft die Giftwirkung auch unter den stark giftigen Muscheln verhältnismäßig große Schwankungen wahrnehmbar sind, aber unter dieser Probe kein einziges ungiftiges Exemplar zu finden war. Meine auf die von verschiedenen Fundorten gesammelten Muscheln bezüglichen Untersuchungen können dahin zusammengefaßt werden, daß an den an offenen Seegebieten liegenden Tonnen sich schwer giftige Muscheln befinden können und einzelne in geringerem Grade giftige Muscheln sogar an solchen Tonnen einmal am Hafenklotz vorkommen können, wo sich sonst die Hauptmasse der Muscheln aus ungiftigen Tieren zusammensetzt. Das Vorkommen von giftigen Muscheln ist daher nicht an Buchten mit abgeschlossenem Wasser gebunden und in geringerem Grade giftige oder Giftspuren aufweisende Tiere können sich auch unter ungiftigen Muscheln befinden.

In meinen Untersuchungen konnte auch festgestellt werden, daß im Versuchsteich der Anstalt auf Helgoland, welcher vom offenen Meer durch die Schutzmauer getrennt ist und bei dem der Wasseraustausch nur bei Flut möglich ist, zum Zeitpunkt der Untersuchungen keine giftigen Muscheln waren, d. h. es hat sich auch hier bestätigt, daß an den von der offenen See abgeschlossenen Stellen die Muscheln auch in der Nordsee nicht unbedingt giftig werden. Die an geschlossenen Wassergebieten lebenden Muscheln betreffend gaben jene Versuche ein interessanteres Ergebnis, die ich an den im Aquarium meines Arbeitsraumes gehaltenen Muscheln anstellte. Ein Teil der am 21. und 29. November und am 3. und 20. Dezember gesammelten Tiere wurde zwecks weiterer Untersuchung in dem breiten, niedrigen Becken mit steter Wasserzuleitung im Laboratorium zurückbehalten. Das Becken war mit Muscheln ständig überfüllt und die früher gebrachten Tiere trachteten an die Oberfläche des Wassers zu gelangen, sodaß schließlich der breite Rand des Beckens mit aus dem Wasser herausragenden, freistehenden Miesmuscheln bedeckt war. Aus diesen, vom Wasser mindestens 1—1½ Monate hindurch herausstehenden Muscheln bereitete ich Extrakte u. z. aus 20 Tieren im Gesamt und ebenfalls aus je 20 Tieren einzeln und habe sie laut RICHER'S Versuch auf Giftspuren geprüft. Bei allen diesen Untersuchungen war das Gift auch in Spuren nicht nachweisbar und daher haben meine Beobachtungen jene früheren Wahrnehmungen bestätigt, daß das Trockenliegen der Muscheln an und für sich die Giftigkeit nicht hervorruft und so können die bei Ebbe, d. h. der von mir beobachteten Zeit gegenüber nur eine verschwindend kurze Frist freiliegenden Muscheln einzig aus diesem Grunde nicht giftig geworden sein. Darüber, daß die giftigen Muscheln, wie das WOLFF feststellte, längere Zeit trocken gelassen ihre Giftwirkung mehr oder weniger einbüßen, gelang es mir keinerlei Feststellungen zu machen,

Tabelle 2.  
Ergebnisse der Untersuchungen

Fundort der Muscheln	Zahl der untersuchten Exemplare	Art der Untersuchung	Gesamtgewicht	Schalengewicht	Weichteilgewicht
			g	g	g
Helgoland. Schwarze spitze Tonne	30	Bereitung d. Extraktes nach Thesen	—	—	—
Helgoland. Hafenklotz im Marinehafen	20	" " "	—	—	—
Helgoland. Versuchsteich der Anstalt	10	" " "	—	—	—
Helgoland. Hog-Stein Ansegelungstonne	40	" " "	—	—	—
Helgoland. Schwarze spitze Tonne	30	Richet'scher Versuch	25,6	11,4	9,8
" " "		" " "	20,3	8,5	7,6
Helgoland. Hafenklotz im Marinehafen	20	" " "	23,5	10,8	9,5
Helgoland. Versuchsteich der Anstalt	10	Bereitung d. Extraktes nach Thesen	—	—	—
Helgoland. Hog-Stein Ansegelungstonne	40	" " "	—	—	—
Wyk auf Föhr. Tonne 6	40	" " "	—	—	—
" " "	40	Richet'scher Versuch	15,8	5,9	5,6
" " "		" " "	12,8	4,8	4,8
" " "	40	" " "	16,1	5,7	5,3
" " "		" " "	14,6	5,4	5,—
Schleswig-Holst. Küste. Eider-Tonne 2	40	Bereitung d. Extraktes nach Thesen	18,9	6,8	6,5
" " "		" " "	16,2	5,5	5,3
" " "	40	Richet'scher Versuch	16,8	5,8	4,5
" " "		" " "	17,7	5,9	5,8
" " "	40	" " "	12,9	4,1	3,—
" " "		" " "	13,1	4,5	2,9
" " "	40	" " "	12,8	3,8	3,1
" " "		" " "	12,8	3,8	3,1
„Hackfeld“-Tonne. Außen anhaftende Tiere	30	Bereitung d. Extraktes nach Thesen	11,8	5,—	4,1
" " "	30	Richet'scher Versuch	12,1	3,8	2,9
" " "		" " "	11,—	3,1	3,2
„Hackfeld“-Tonne. Innen anhaftend. Tiere	30	Bereitung d. Extraktes nach Thesen	9,8	3,3	3,1
" " "		" " "	9,6	3,—	2,8
" " "	30	" " "	10,1	2,8	2,9
" " "		" " "	9,5	3,2	2,4
" " "	30	Richet'scher Versuch	8,8	2,7	2,4
" " "		" " "	10,—	2,8	2,3
" " "	30	" " "	9,6	2,9	2,—
" " "		" " "	9,5	2,4	2,—
" " "	30	" " "	8,1	2,—	1,8
" " "		" " "	9,3	2,9	2,9
" " "	30	" " "	8,8	2,7	2,6
" " "		" " "	8,8	3,2	2,7
" " "	30	" " "	9,3	2,8	2,5

## über Giftwirkung der Muscheln.

Die Eigenschaften der giftigen Tiere						Ergebnisse der Untersuchungen	
Länge- und Höhequotienten	Länge- und Dickequotienten	Haupteigenschaften der Muschelschalen	Zustand der Innenfläche der Muschelschale	Deformation der Muschelschale	Kristallstiel	Tödliche Dosis des Muschel-extraktes cm <sup>3</sup>	Ergebnisse des Richet-schen Ver-suches
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
1,98	2,18	blaß-grüngelb, gestreift dünn	mit Perl-mutterglanz	fehlt	vorhanden	—	positiv
2,02	2,30	„ „	„	mäßig	„	—	schwach positiv
1,68	2,45	gelblichbraun, kaum gestreift, sehr dünn	etwas matt	fehlt	„	—	positiv
—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—
1,88	2,18	blaß-grüngelb, gestreift, sehr dünn	mit Perl-mutterglanz	fehlt	vorhanden	—	positiv
2,08	2,72	gelblichbraun, gestreift, sehr dünn	„	„	„	—	stark positiv
2,17	2,65	blaß-grüngelb gestreift, dünn	„	„	„	—	positiv
1,73	2,03	„ „	„	„	„	—	positiv
1,82	2,30	blaß-grüngelb, stark gestreift, dünn	„	„	„	1	positiv
1,52	1,99	gelblichbraun, kaum gestreift, sehr dünn	kreideweiß	stark	„	1	—
2,21	2,93	blaß-olivgrün, gestreift, dünn	kreideweiß mit braunen Flecken	„	„	—	positiv
1,88	2,10	blaßgrüngelb, stark gestreift, dünn	mit Perl-mutterglanz	fehlt	„	—	positiv
1,96	2,26	gelblichbraun, gestreift, dünn	etwas matt	mäßig	„	—	positiv
2,08	2,25	gelblichgrün, stark gestreift, mitteldick	mit Perl-mutterglanz	fehlt	„	—	schwach positiv
1,89	2,18	blaß-grüngelb, stark gestreift, dünn	„	„	„	—	positiv
2,10	2,20	grüngelb, stark gestreift, mitteldick	„	stark	„	1	—
1,91	2,17	blaß-olivgrün, gestreift, dünn	„	fehlt	„	—	positiv
1,93	2,45	„ „	„	„	„	—	positiv
2,18	2,28	blaß-grüngelb, gestreift, dünn	kreideweiß mit braunen Flecken	„	fehlt	1	—
2,03	2,65	„ „	kreideweiß	„	„	1	—
1,68	1,88	blaß-ölbrown, kaum gestreift, sehr dünn	„	stark	„	0,5	—
2,05	2,52	grüngelb, stark gestreift, sehr dünn	mit Perl-mutterglanz	„	vorhanden	1	—
1,88	2,17	blaß-grüngelb, gestreift, dünn	„	mäßig	fehlt	—	positiv
1,93	2,28	„ „	kreideweiß mit braunen Flecken	fehlt	„	—	schwach positiv
2,—	2,39	„ „	„	„	vorhanden	—	positiv
1,96	2,17	„ „	kreideweiß	stark	fehlt	—	schwach positiv
1,9	2,26	„ „	mit Perl-mutterglanz	mäßig	vorhanden	—	positiv
1,92	2,28	blaß-grüngelb, stark gestreift, sehr dünn	kreideweiß	fehlt	fehlt	—	schwach positiv
1,93	2,10	„ „	„	„	„	—	positiv
1,91	2,28	blaß-grüngelb, gestreift, dünn	kreideweiß	mäßig	fehlt	—	positiv
2,—	2,35	„ „	„	fehlt	„	—	stark positiv

Fortsetzung von Tabelle 2.

Fundort der Muscheln	Zahl der untersuchten Exemplare	Art der Untersuchung	Gesamtgewicht	Schalengewicht	Weichteilgewicht
			g	g	g
Jackfeld"-Tonne. Innen anhaft. Tiere	30	Richet'scher Versuch	10,3	3,3	3,1
" " "		" "	8,9	2,6	2,6
" " "		" "	9,8	3,1	2,9
" " "		" "	9,4	2,7	2,5
" " "		" "	9,9	2,7	2,8
" " "		" "	8,8	2,9	2,4
" " "		" "	9,5	3,6	2,9
" " "		" "	10,2	2,9	2,5
" " "		" "	10,—	3,2	2,8
Schleswig-Holst. Küste. Süder-Piep. Tonne F.		30	Bereitung d. Extraktes nach Thesen	10,5	2,4
" " "	" " "		9,7 <sup>1</sup>	1,8	2,6
" " "	" " "		9,6	2,—	2,6
" " "	" " "		11,3	2,5	2,3
" " "	" " "		11,6	2,8	2,3
" " "	" " "		11,—	2,7	2,4
" " "	" " "		9,4	2,4	2,9
" " "	" " "		10,5	2,6	3,3
" " "	" " "		11,4	2,4	2,4
" " "	" " "		11,8	3,—	2,8
" " "	" " "		8,2	2,2	2,3
" " "	" " "		8,7	2,—	2,3
" " "	" " "		8,5	2,3	2,3
" " "	" " "		8,2	2,1	2,3
" " "	" " "		8,—	2,2	2,2
" " "	" " "		8,8	2,1	2,1
" " "	" " "		8,5	1,9	2,3
" " "	" " "		8,9	2,—	2,1
" " "	" " "		8,4	2,1	2,2
" " "	" " "		8,5	2,1	2,2
" " "	" " "	8,9	1,9	2,2	
" " "	" " "	8,2	1,9	2,—	
" " "	" " "	8,7	2,—	2,1	
" " "	" " "	8,7	1,8	2,2	

Die Eigenschaften der giftigen Tiere						Ergebnisse der Untersuchungen	
Länge- und Höhe-quotienten	Länge- und Dicke-quotienten	Haupteigenschaften der Muschelschalen	Zustand der Innenfläche der Muschel-schale	Deformation der Muschel-schale	Kristallstiel	Tödliche Dosis des Muschel-extraktes cm <sup>3</sup>	Ergebnisse des Richet-schen Ver-suches
1,93 1,91	2,43 2,19	blaß-grüngelb, gestreift, dünn blaß-ölbrown, gestreift, sehr dünn	kreideweiß "	fehlt mäßig	vorhanden fehlt		schwach positiv
1,92 1,90	2,28 2,35	blaß-grüngelb, gestreift, dünn " "	" mit Perl-mutterglanz kreideweiß mit braunen Flecken	stark "	" vorhanden		stark positiv schwach positiv
1,89	2,61	blaß-grüngelb, stark gestreift, sehr dünn	kreideweiß mit braunen Flecken	mäßig	fehlt		positiv positiv
1,94 1,95	2,25 2,23	blaß-grüngelb, gestreift, dünn " "	" kreideweiß	fehlt mäßig	" "		schwach positiv
1,91 1,89	2,28 2,33	" " blaß-ölbrown, stark gestreift, dünn	mit Perl-mutterglanz mit Perl-mutterglanz und braunen Flecken	stark mäßig	" "		stark positiv
2,02	2,38	blaß-grüngelb, stark gestreift, sehr dünn	kreideweiß	fehlt	"	0,02	
1,73 1,74	2,48 2,88	" " " "	" kreideweiß mit braunen Flecken	mäßig stark	" "	0,02 0,01	
1,88 1,95 2,03	2,26 1,99 2,38	" " " " " "	" " " mit Perl-mutterglanz und braunen Flecken	mäßig " " stark	" " "	0,02 0,01 0,02	
1,93 1,93	2,40 2,23	" " blaß-gelblichbraun, kaum ge- streift, sehr dünn	kreideweiß "	" fehlt	" "	0,02 0,04	
2,06	2,56	" "	kreideweiß mit braunen Flecken und Lücken in der Perlmutter- schicht	mäßig	"	0,01	
2,11 1,93	1,88 2,28	" " blaß-grüngelb, stark gestreift, sehr dünn	" kreideweiß	stark fehlt	" "	0,06 0,02	
1,95 1,99	2,40 2,—	" " blaß-gelblichbraun, gestreift, sehr dünn	" "	" stark	" "	0,02 0,01	
2,17 2,10	2,50 2,28	" " blaß-gelblichbraun, fast streifen- los, sehr dünn	" "	mäßig fehlt	" "	0,02 0,02	
1,74	1,98	" "	kreideweiß mit braunen Flecken und Lücken in der Perlmutter- schicht	"	"	0,04	
1,95 1,83	2,79 2,18	" " blaß-grüngelb, stark gestreift, sehr dünn	" "	stark fehlt	" "	0,02 0,02	
1,81 1,70 1,92 2,06	2,35 2,80 2,35 2,73	" " " " " " blaß-gelblichbraun, gestreift, sehr dünn	etwas matt kreideweiß " "	stark " " mäßig stark	" " " "	0,06 0,04 0,02 0,01	
1,78	2,60	blaß-gelblichbraun, fast streifen- los, sehr dünn	kreideweiß mit braunen Flecken	fehlt	"	0,06	
1,97	1,86	blaß gelblichbraun, gestreift, sehr dünn	"	stark	"	0,02	

Fortsetzung von Tabelle 2.

Fundort der Muscheln	Zahl der untersuchten Exemplare	Art der Untersuchung	Gesamtgewicht	Schalengewicht	Weichteilgewicht
			g	g	g
Schleswig-Holst. Küste. Süder-Piep-Tonne F.	30	Bereitung des Extraktes nach Thesen	8,8	1,9	2,2
" " "		" " "	8,4	2,1	2,2
" " "		" " "	9,1	2,1	2,1
" " "		" " "	9,2	1,9	2,2
" " "		" " "	8,9	2,—	1,9
" " "		" " "	8,6	2,—	2,2

da sämtliche Muscheln von der Süder-Piep-Tonne, die ich in Filtrierpapier eingewickelt trocken legte, in einigen Tagen eingingen.

Bei den giftigen Muscheln von der Süder-Piep-Tonne unterzog ich auch jene Frage einer Prüfung, ob die sich in der Muschelschale befindliche Schalenflüssigkeit giftige Planktonorganismen oder gelöste Giftstoffe enthält. Zu diesem Zwecke habe ich aus den geöffneten Giftmuscheln die Schalenflüssigkeit gesammelt und insgesamt 200 ccm derselben untersucht. Die Flüssigkeit wurde mit 2%  $\frac{1}{10}$  n Salzsäure angesäuert, 2 Stunden lang im Wasserbad gehalten, dann die auf 10 ccm eingedunstete Flüssigkeit mit 20 ccm Alkohol gemischt, filtriert und nachher auf 3 ccm eingedampft und mit Chloroform konserviert. Schließlich injizierte ich die Gesamtmenge einer 19 g schweren Maus, fand aber nicht die geringste Spur einer Giftwirkung. Entweder sind daher giftige Stoffe nicht in die Schalenflüssigkeit übergegangen, oder enthielt sie solche Stoffe nicht und folglich war auch dafür kein Anhaltspunkt vorhanden, daß das Gift auf dem Wege der Wasserströmung in den Organismus der Muschel gelangt wäre.

### 3. Untersuchungen über Giftwirkung des *Carcinus* und *Asterias*.

Mit den Giftmuscheln von der Süder-Piep-Tonne habe ich auch in der Richtung Untersuchungen vorgenommen, ob nach Verzehrung derselben andere Seetiere giftig werden. Die ersten diesbezüglichen Versuche führte ich an 4 zwischen die Süder-Piep-Muscheln eingeschlossenen *Carcinus maenas* von der Größe einer Silbermark aus. Diese Tiere nahmen in der Mitte der übereinander gehäuften Masse der Muscheln, tief zwischen dieselben eingeschlossen, wie in einem engem Nest Platz. Aus den Tieren stellte ich nach Tötung mit Alkohol und Entfernung des Rückenschildes und der Füße, ähnlich dem durch WOLFF bei den Garnelen angewendeten Verfahren folgende Extrakte her: die Bestandteile der vermahlenden Tiere habe ich mit gleicher Menge 3%-ige  $\frac{1}{10}$  n Salzsäure enthaltendem dest. Wasser verdünnt und — täglich öfter geschüttelt — 2 Tage lang bei Zimmertemperatur stehen gelassen. Dann hielt ich die Substanz während anderthalb Stunden in einem mit Watte zugestopften Kolben in siedendem Wasserbad, vermengte die filtrierte Flüssigkeit mit Alkohol im Verhältnis 1:3 und dampfte sie, noch einmal filtriert, in einer Porzellschale im Wasserbad auf Sirupdicke ein. Der Rest wurde mit 10 ccm dest. Wasser verrieben und auf Säurereaktion eingestellt, schließlich mit Chloroform konserviert. Die mit dem Extrakt nachträglich geimpfte 20 g schwere Maus verendete unter charakteristischen Lähmungssymptomen in 8 Minuten. Die Letaldosis des Extraktes betrug 0,08 ccm. Ein genauer Vergleich mit dem Muschelextrakt kann in Hinsicht auf die Giftwirkung schon deshalb nicht vorgenommen werden, da das Verhältnis und die Qualität der zur Herstellung benützten Weichteile bei den beiden Tieren sehr verschieden war. Die Giftwirkung der zwischen die Muscheln eingeschlossenen *Carcinus*-Exemplare kann am einfachsten in der Weise erklärt werden, daß die Krebse die Miesmuscheln gefressen haben. Laut HAVINGA dürfte dieser Krebs die kleineren Muscheln fressen und „die Muscheln müssen irgendwie eine Nahrungsquelle für die Krabbe bilden, denn man findet diese überall in großer Zahl wo Muscheln vorkommen.“ HAAS zählt die Krabben geradewegs zu den Verwüsterern der Muschelbänke, es kann daher mit Recht angenommen werden, daß die unter die Muscheln

Die Eigenschaften der giftigen Tiere						Ergebnisse der Untersuchungen	
Länge- und Höhequotienten	Länge- und Dickequotienten	Haupteigenschaften der Muschelschalen	Zustand der Innenfläche der Muschelschale	Deformation der Muschelschale	Kristallstiel	Tödliche Dosis des Muschel-extraktes cm <sup>2</sup>	Ergebnisse des Riche- schen Ver- suches
1,94	2,93	blau-gelblichbraun, gestreift, sehr dünn	kreideweiß	stark	fehlt	0,02	
2,11	2,28	blau-gelblichgrün, stark gestreift, sehr dünn	„	mäßig	„	0,02	
1,94	2,45	„	„	fehlt	„	0,1	
1,72	2,85	„	„	stark	„	0,06	
1,83	1,95	„	kreideweiß mit braunen Flecken	fehlt	„	0,02	
1,75	2,38	„	„	„	„	0,01	

eingeschlossenen Krebse, welche von anderen Nahrungsquellen auch sonst abgesperrt waren, die Muscheln verzehrten und somit giftig geworden sind.

Daß nach Verzehrung von giftigen Muscheln Seetiere tatsächlich giftig werden können, gelang mir, von den alten Erfahrungen WOLFF's ausgehend, an Seesternen nachzuweisen. Zu diesem Zweck habe ich im Aquarium der Muscheln von der Süder-Piep-Tonne 3 Stück *Asterias rubens* aus dem Institutsaquarium untergebracht. Diese 3 Tiere haben von den Muscheln einen Tag lang nicht gefressen, deshalb habe ich sie getötet, aus ihnen Extrakte bereitet und vom Institutsaquarium 3 neue Tiere verlangt. Von diesen haben sich zwei bereits im Laufe einer Stunde an je einer größeren Muschel niedergelassen; der dritte griff nach einigen Stunden ebenfalls eine größere Muschel an und nach 24 Stunden fand ich am Grunde des Bassins 11 Stück größtenteils ausgefressene Muschelschalen von ungefähr 8—10 g, wobei zwei Seesterne noch immer an je einer Muschel saßen. Die drei Seesterne habe ich dann auf 24 Stunden in ein keine Muscheln enthaltendes Aquarium mit reinem Wasser untergebracht und aus ihnen Extrakte hergestellt. Bei diesem Verfahren ging ich in der auch von WOLFF benutzten und im wesentlichen bereits vorher beschriebenen Weise vor, indem ich von den geöffneten Tieren sämtliche Weichteile, soweit dies möglich, auskratzte und mit Quarzsand zu einem feinem Brei zerrieb. Dann setzte ich die gleiche Menge von mit 3%  $\frac{1}{10}$  n Salzsäure gemischtem dest. Wasser zu und verfuhr im übrigen in der bereits beschriebenen Weise. Ebenso bereitete ich Extrakte aus zwei im Institutsaquarium lebenden Tieren, ferner von jenen drei Tieren, die unter den giftigen Muscheln gewesen waren, jedoch Muscheln nicht gefressen hatten. Der Extrakt jener Seesterne, die Giftmuscheln verzehrt hatten, tötete in 4 Minuten — in einer Dosis von 0.1 ccm unter charakteristischen paralytischen Vergiftungssymptomen — die 20.5 g schwere Maus, doch zeigten die Extrakte der übrigen zwei Tiergruppen überhaupt keine Giftwirkung. Ein Vergleich der Giftdosis mit jener des Muschelextraktes ist wegen der Verschiedenheit der zur Bereitung benützten Weichteile auch hier nicht möglich. Es kann aber trotzdem festgestellt werden, daß nach Verzehrung der Giftmuscheln die Seesterne auch selbst stark giftig geworden sind, wogegen die vom selben Aquarium stammenden Tiere, die keine Giftmuscheln verzehrten, sich als ungiftig erwiesen. Die Untersuchungen erbrachten daher den Beweis, daß das Gift der unter giftigen Muscheln lebenden Seesterne, die Giftwirkung zeigten, von der Verzehrung der Muscheln herrührt und es darf als wahrscheinlich angenommen werden, daß die unter die Süder-Piep-Muscheln eingeschlossenen Krebse in ähnlicher Weise giftig geworden sind.

#### 4. Außere Eigenschaften der gesammelten Muscheln.

Beim Ueberblick über die Eigenschaften der giftig befundenen Tiere fand ich, daß die giftigen Muscheln meistens unter den Tieren mit blasser, gestreifter, dünner Schale anzutreffen waren und zwar nicht nur unter den Muscheln von der Süder-Piep-Tonne, wo alle giftig gewesen sind, sondern auch dort, wo sich giftige unter ungiftigen Tieren befanden. Es wird daher von neuem der Gedanke aufgeworfen, ob nicht zwischen der Vergiftungsfähigkeit und den äußeren Merkmalen irgend ein Zusammenhang besteht. Um das zu beurteilen, suchte ich vor allem die Maße und Gewichte der gesammelten Muscheln

zu bestimmen und festzustellen, ob zwischen den giftigen und ungiftigen Tieren in dieser Hinsicht irgend eine Abweichung gefunden werden kann. Ich bestimmte an den in Tab. 3 aufgezählten Exemplaren der an verschiedenen Fundorten gesammelten Muscheln das Verhältnis der Länge und Höhe, bzw. der Länge und Dicke zu einander, der sogenannte Längen-Höhenquotient, bzw. Längen-Dickenquotient<sup>1)</sup>. Ueberdies habe ich einzelne Tiere nach gründlicher Reinigung der Schale auch gewogen und das Gewicht der Schale und der Weichteile einzeln bestimmt. Bei allen diesen Untersuchungen trachtete ich der Möglichkeit nach, die Daten von annähernd gleich schweren Tieren miteinander zu vergleichen und deshalb wurden nur die Ergebnisse der Mittelwerte der Messungen von einer größeren Anzahl ähnlich schwerer Tiere berücksichtigt, wobei ich die verschiedenen Gewichtsgruppen einzeln anführte. Die Ergebnisse der Messungen sind in Tab. 3 und 4 veranschaulicht. Aus den Daten von Tab. 3 geht hervor, daß bei den Helgoländer dunklen Tieren ohne Streifung der Längen-Höhenquotient bei vier Werten über 2,1 ansteigt, bei drei Werten 2,1 nahe stand, jedoch bei den an Helgoländer Tonnen gesammelten Tieren mit gestreifter Schale sich nur um ein wenig über den Wert von 2, 2,03, 2,01 erhob. Wie schon erwähnt, stellen die obigen Resultate Mittelwerte dar, bei deren Bestimmung verhältnismäßig große Schwankungen zu beobachten waren, da sich unter den Tieren Werte von 2,28, 2,36 und sogar 2,61 ebenso fanden, wie Werte von 1,98, ja sogar 1,84. Es ist im allgemeinen klar geworden, daß am gesammelten Material aus den obigen Maßen Schlüsse nur dann gezogen werden können, wenn Exemplare in entsprechend reichlicher Menge untersucht werden. Weil aber Helgoländer gestreifte Tiere in den untersuchten Gewichtsgruppen in größerer Anzahl als 20 bzw. 30 Stück nicht zur Verfügung standen, darf der Niedrigkeit des Längen-Höhenquotienten keine übertriebene Bedeutung zugemessen werden. Demgegenüber konnte ich bei den von Wyk-Tonne 6 und Eider-Tonne 2 stammenden Tieren, wo ich an einer größeren Anzahl von Muscheln Messungen vornahm, trotz starker Schwankung der Maßverhältnisse feststellen, daß an diesen Stellen mehr hohe als längliche Exemplare vorkamen. Die Messungen der an der Außenseite der „Hackfeld“-Tonne sitzenden Muscheln führten zu einem ähnlichen Ergebnis, auffallend war jedoch, daß in der nahezu ähnlichen Gewichtsgruppe der inwendig anhaftenden Tiere die Längen-Höhenquotienten ausgesprochen geringer (1,93 bzw. 1,92) gewesen sind. Es ist wohl wahr, daß die Anzahl der untersuchten Tiere verhältnismäßig gering (30 bzw. 60) war, aber diese Werte sind dennoch beachtenswert, weil bei den Tieren im Inneren der Tonne der Längen-Höhenquotient im allgemeinen bedeutend weniger Schwankungen zeigte als an den anderen Stellen und ein überwiegender Teil der Tiere schon auf den ersten Blick deutlich höher war. Bei den Tieren von der Süder-Piep-Tonne zeigte der Längen-Höhen-Quotient wohl wieder eine bedeutende Schwankung, doch boten die sich aus je 100 Messungen ergebenden Mittelwerte in jeder Gewichtsgruppe ein derartig einheitliches Bild (1,92 bzw. 1,91), daß bei den giftigen Tieren im Verhältnis zu den Helgoländer Muscheln der Längen-Höhenquotient als bedeutend verkürzt angesehen werden muß und die giftigen Tiere im allgemeinen als Tiere von hoher Form zu bezeichnen sind. Zum Vergleich der Längen-Höhen-Maße nahm ich in Tab. 3 meine in dem Biologischen Institut zu Neapel vorgenommenen Messungen auf, ferner die an den durch H. CASPERS aus Varna gesandten 25 verschieden großen Muscheln durchgeführten Bestimmungen. Wie aus der Tabelle ersichtlich, waren die Längen-Höhenquotienten all dieser Muscheln (1,76—1,90) bedeutend niedriger als jene der Helgoländer Tiere und standen jenen der giftigen Süder-Piep-Muscheln näher. Die Form der giftigen und der im Inneren der „Hackfeld“-Tonne sitzenden Muscheln wich daher erheblich von der der normalen Helgoländer Tiere ab und ähnelte mehr den Muscheln aus Neapel und Varna. Neben dem Längen-Höhenquotienten habe ich auch den Längen-Dickenquotienten bestimmt. Doch zeigten diese Messungen sowohl bei den Helgoländer als auch bei den Schleswig-Holsteiner Muscheln eine derart starke und unregelmäßige Schwankung, daß sie sich zum Vergleich der erhaltenen Werte überhaupt nicht eignen. Es ist höchstens soviel auffallend, daß bei den Tieren von der Süder-Piep-Tonne die Mittelwerte in allen drei Gewichtsgruppen auf die flachere Form hinwiesen.

Die Untersuchungen über das Verhältnis zwischen Gewicht der Schale und der Weichteile zeigten gegen die Vorangehenden ein viel einheitlicheres Bild. Die Ergebnisse

1) Als Länge wird der Abstand vom vorderen spitzen zum hinteren stumpfen Ende der Muschelschale bezeichnet, als Höhe der größte Abstand vom ventralen zum dorsalen Schalenrand und als Dicke (Breite) der Muschel der größte Transversaldurchmesser bei geschlossenen Schalenklappen (nach HAGMEIER und KÄNDLBR, 1927 Wiss. Meeresunters. NF. Abt. Helgoland Bd. 16, Abh. 6 u. a.).



Tabelle 3.

## Länge und Höhe sowie Länge- und Dickequotienten der Muscheln nach Fundort und Gewichtsgruppe geordnet.

Fundort der Muscheln	Zahl der untersuchten Exemplare	Gewicht der Muscheln Mittelwert in Gramm	Mittelwert des Länge- und Höhequotienten	Mittelwert des Länge- und Dickequotienten	Bemerkungen
Helgoland					
Schwarze spitze Tonne	100	20,73	2,12	2,18	Tiere mit dunkler Schale
" "	100	10,25	2,14	2,22	" " " "
" "	100	5,72	2,08	2,21	" " " "
Helgoland					
Hafenklotz in Marinehafen	50	8,85	2,14	2,26	" " " "
" " "	50	5,28	2,09	2,20	" " " "
Helgoland					
Hog-Stein Tonne	50	10,79	2,18	2,23	" " " "
" "	50	3,41	2,07	2,22	" " " "
Helgoland					
Verschiedene Tonnen	20	10,44	2,03	2,58	Tiere mit gestreifter Schale
" " "	30	5,19	2,01	2,24	" " " "
Wyk auf Föhr					
Tonne 6	100	14,15	2,02	2,31	
" "	100	8,38	1,98	2,27	
Schleswig-Holst. Küste					
Eider Tonne 2	100	10,52	1,99	2,24	
" "	100	5,36	1,96	2,19	
Schleswig-Holst. Küste					
„Hackfeld“ Tonne	60	11,28	2,01	2,20	Außen anhaftende Tiere
" "	30	5,83	1,98	2,25	" " " "
" "	60	9,73	1,93	2,13	Innen anhaftende Tiere
" "	30	3,76	1,92	2,20	" " " "
Büsum, Watt	30	v.wechselnd. Größe	2,04	2,24	" " " "
Schleswig-Holst. Küste					
Süder-Piep, Tonne F.	100	10,68	1,92	2,48	
" " "	100	8,59	1,91	2,35	
" " "	100	5,66	1,92	2,38	
Terranova/Sardinien	100	21,18	1,81	2,18	<i>Mytilus galloprovincialis</i>
Taranto	80	22,63	1,87	2,09	" " " "
Neapel	100	7,54	1,76	2,08	<i>Mytilus minimus</i>
Varna/Bulgarien	25	v.wechselnd. Größe	1,90	2,42	

sind in Tab. 4 zusammengefaßt. Dieselbe veranschaulicht die Werte von je 100 gemessenen Tieren jeder einzelnen Gewichtsgruppe der Helgoländer Muscheln mit dunkler Schale, ferner der giftigen Muscheln von der Süder-Piep-Tonne; von je 50 aus jeder einzelnen Gewichtsgruppe der von Tonne 6 aus der Nähe von Wyk auf Föhr stammenden Tiere, von je 20 der Tiere mit blasser Schale in Kolonne 1 und 2 und von je 30 Tieren in Kolonne 3 und 4, das heißt die Ergebnisse der Messungen an 700 ungiftigen und 400 giftigen Muscheln. Die Angaben der Tabelle lassen die Feststellung zu, daß bei den Helgoländer dunklen und lichten Exemplaren als auch bei den aus der Nähe von Wyk auf Föhr stammenden Tieren das Gewicht der Weichteile geringer ist als das der Schale und besonders bei den dunkelfarbigen Exemplaren ist dieser Unterschied ein recht bedeutender. Demgegenüber ist das Weichteilgewicht bei den Süderpieper Giftmuscheln ausgesprochen größer als das Schalengewicht, das heißt also, daß die Schalen außerordentlich leicht sind. Man könnte daher aus den Daten der Tabelle die falsche Folgerung ziehen, daß der Körper der giftigen Muscheln schwerer sei, als jener der ungiftigen, obwohl, wie bereits in Tab. 1 angeführt, der Mantel der Muscheln, dünn, häutchenartig war. Daß bei den giftigen Tieren tatsächlich nicht nur die Schale sondern auch der Körper leichter war als bei den Muscheln von Helgoland, kommt dann zum Ausdruck, wenn die Gewichtsverhältnisse von Tieren gleicher Größe verglichen werden. Diese Messungen stießen auf gewisse Schwierigkeiten, da die giftigen Muscheln eher zu den höheren, die Helgoländer dagegen

Tabelle 4.

mit dunkler, nicht gestreifter Schale	Helgoländer Tiere				Föhner Tiere				Giftige Süder-Pieper Tiere					
	mit gestreifter Schale		mit gestreifter Schale		mit gestreifter Schale		mit gestreifter Schale		mit gestreifter Schale		mit gestreifter Schale		mit gestreifter Schale	
	Gesamtgewicht	Schalengewicht	Weichteilgewicht	Gesamtgewicht	Schalengewicht	Weichteilgewicht	Gesamtgewicht	Schalengewicht	Weichteilgewicht	Gesamtgewicht	Schalengewicht	Weichteilgewicht	Gesamtgewicht	Schalengewicht
10,88	3,80	2,45	10,44	3,26	2,98	10,52	3,18	2,59	10,68	2,46	2,59	10,68	2,46	2,59
8,80	3,33	1,67	8,45	2,43	2,15	8,77	2,63	2,03	8,59	2,02	2,03	8,59	2,02	3,17
5,22	2,60	1,21	5,19	1,87	1,42	5,36	2,02	1,27	5,66	1,11	1,27	5,66	1,11	1,24
3,36	1,36	1,09	3,19	1,20	1,16	3,34	1,38	1,14	3,54	0,80	1,14	3,54	0,80	0,95

mehr zu den länglichen Tieren gehörten. Es ist daher verständlich, daß es mir nur gelang, 6 Tiere mit ganz ähnlichen Maßverhältnissen zu finden. Die Maße der Schalen dieser Muscheln und die Gewichtsangaben sind in Tab. 5 angegeben. Diese zeigt, daß bei den giftigen Muscheln sowohl das Gewicht der Schale als auch das der Weichteile geringer ist als jenes der normalen Tiere, aber die Gewichts-senkung der Weichteile erscheint von verhältnismäßig geringerem Ausmaß zu sein, als die der Schale. Daher sind die Zahlenangaben der Tab. 4, nach welchen das Weichteilgewicht der giftigen und nicht-giftigen Tiere ein ähnliches Verhalten aufweisen, ein Scheinergebnis. Einmal ist das Weichteilgewicht giftiger Tiere im Vergleich zu Tieren von gleichem Umfang, ein geringeres, und dann vermindert sich — mit Normaltieren verglichen — das Weichteilgewicht in relativ geringerem Grade als das Schalengewicht. Bei den in jeder Hinsicht atrophischen Tieren steht somit die Verminderung des Schalengewichtes im Vordergrund.

Das geringe Gewicht der Muschelschalen bei den giftigen Muscheln geht mit der Verdünnung der Schalen einher. Auf die Verdünnung der Schalen weist auch deren verhältnismäßig große Durchsichtigkeit. Dabei waren die Muschelschalen sehr zerbrechlich. Außerdem blieben die ins Wasser geworfenen Muscheln von der Süder-Pieper-Tonne fast ohne Ausnahme an der Wasseroberfläche und die an den Tisch angeschlagenen Muscheln klangen außerordentlich hohl. Das spezifische Gewicht der jungen Miesmuscheln ist auch bei normalen Tieren gering und es ist diesem Umstand zuzuschreiben, daß, falls eine große Menge von Muscheln ins Wasser geworfen wird, oft einzelne Tiere gefunden werden, die an der Oberfläche des Wassers bleiben und es kommt sogar vor, wie z. B. bei den in der Nähe von Wyk gesammelten Muscheln, daß der größte Teil an der Wasseroberfläche schwimmt. Der Umstand aber, daß die Giftmuscheln von der Süder-Pieper-Tonne fast ohne Ausnahme längere Zeit hindurch an der Oberfläche des Wassers blieben und einzelne sogar halb geöffnet, den Fuß 2—3 cm lang ausgestreckt, oben schwammen, darf für alle Fälle als eine außerordentliche Erscheinung angesehen werden. Es läßt die Folgerung zu, daß die Schale im Vergleich zum Volumen der Muschel unverhältnismäßig leicht und das Gewicht der Weichteile gering ist.

Außer den erwähnten Merkmalen zeigten sich bei den Süder-Pieper Muscheln auch in Form und Farbe der Schale solche Abweichungen, die darauf schließen ließen, daß im Aufbau der Schale noch andere Regelwidrigkeiten mitspielten. Von diesem Gesichtspunkt aus ist in erster Linie die bei den Wilhelmshavener Muscheln bereits betonte Eigenschaft, daß die Oberhaut (das Periostrakum) relativ dick und glänzend war, sehr auffallend. Eine ähnliche Erscheinung war bei anderen Muscheln, z. B. bei den aus der Nähe von Wyk, ferner bei von der Eider Tonne 2 stammenden einzelnen

Tabelle 5.

**Verhalten des Gewichtes von Muscheln mit gleichen Volumen aus Helgoland  
und von der Süder-Piep-Tonne.**

Helgoländer Tiere-							Giftige Süder-Piep-Tiere						
Länge	Höhe	Dicke	Ge- samtgew.	Schalen- gew.	Weich- teilgew.	Be- merkungen	Länge	Höhe	Dicke	Ge- samtgew.	Schalen- gew.	Weich- teilgew.	Be- merkungen
(in cm)			in g	in g	in g		(in cm)			in g	in g	in g	
5,5	2,8	2,5	10,25	3,98	2,38	Dunkles Tier ohne Streifg.	5,5	2,8	2,3	8,02	1,88	2,—	Blasses Tier mit starker Streifg.
5,6	2,6	2,3	11,08	4,18	2,85	dass.	5,7	2,6	2,3	8,23	2,02	2,13	dass.
5,-	2,4	2,2	8,98	3,01	2,58	Blasses Tier mit starker Streifg.	5,-	2,6	2,1	6,15	1,69	1,93	dass.
4,8	2,3	2,2	8,03	3,15	1,79	Dunkles Tier ohne Streifg.	4,8	2,4	2,-	4,98	1,08	1,33	dass.
4,5	2,-	1,9	6,65	2,83	1,76	dass.	4,5	2,2	1,8	4,15	0,98	1,18	dass.
4,-	1,8	1,8	6,17	2,75	1,36	dass.	4,1	1,9	1,8	3,93	0,88	0,92	dass.

Tieren zu beobachten. So einheitlich aber, wie bei den Süder-Pieper Tieren ist das sonst nirgends der Fall gewesen. Es verhielt sich auch um die blasser Farbe und Streifung der Muscheln ähnlich, die sich an einzelnen Tieren fast aller Fundorte feststellen ließen, doch zeigten sie sich an den Tieren von der Süder-Piep-Tonne am einheitlichsten. Die Süder-Pieper Muscheln können in dieser Beziehung in zwei Gruppen eingeteilt werden. Einzelne Tiere erschienen, — wie Abb. 4 zeigt, — im Vergleich zu den normalen Helgoländer Tieren (Abb. 4, Fig. 1) von sehr blasser, meistens hell gelblich-brauner Farbe (Abb. 4, Fig. 2—5) und an diesen außerordentlich dünnen, zerbrechlichen, durchscheinenden Muschelschalen war eine Streifung meist nur wenig sichtbar, obwohl manchmal unter ihnen auch stärker gestreifte Tiere vorkamen. Die zweite Gruppe der Tiere bildeten jene mit blaß grün-gelben Schalen, die im frischen Zustand eine blaß grasgrüne, oder eine dunklere, lebhaft grüne, sehr ausgeprägte Streifung zeigten (Abb. 5 und 6). Die Streifen gingen zumeist von der Wirbelspitze aus und verliefen die Schale entlang anfangs in einem schwachen Bogen, später fächerartig ausgebreitet. Es gab aber besonders unter den blaß gelbbraunen Exemplaren auch solche, bei denen die Streifung sich auf Stellen in der Nähe des Schalenrandes beschränkte (Abb. 4, Fig. 5). Ab und zu konnte neben den Längsstreifen auch eine mit dem Schalenrand parallel verlaufende konzentrische Streifung beobachtet werden. Während die radiären Streifen aber in der Regel in breiten Gruppen angeordnet waren oder als breite Bänder verliefen, bildeten die konzentrischen Streifen

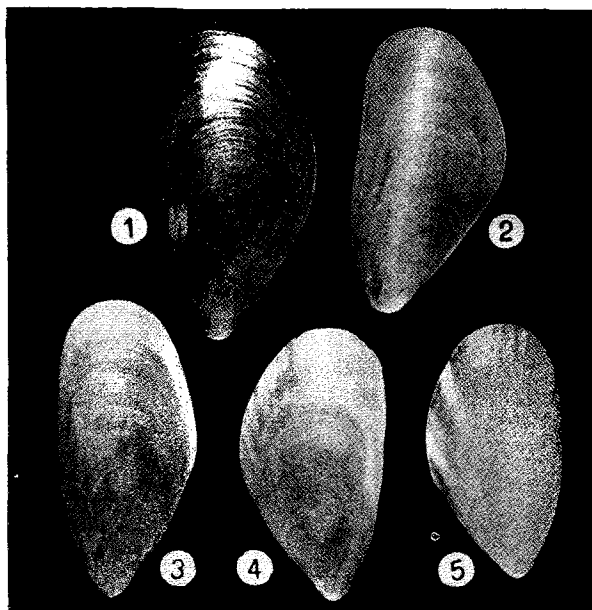


Abb. 4. Blaßbraune, streifenlose (Fig. 2), wenig gestreifte (Fig. 3 u. 4), teilweise gestreifte (Fig. 5) giftige Muscheln von der Süder-Piep-Tonne. Zum Vergleich ein dunkel-ölgrünes Tier aus Helgoland (Fig. 1). 1 cm = 1,12 cm in der Natur.

mehr schmale Linien (Abb. 7 Bild links unten und in der Mitte). Die Streifung war gewöhnlich auch in auffallendem Licht wahrnehmbar, sie zeigte sich aber insbesondere beim Durchleuchten der Muschel, also in durchfallendem Licht, sehr ausgeprägt (Abb. 7). Dabei verliefen die Streifen an der linken und rechten Schalenhälfte niemals symmetrisch und beide Schalenhälften boten sowohl hinsichtlich der Zahl der Streifen als auch in deren Anordnung, wie das schon LIST beobachtete, ein voneinander vollkommen abweichendes

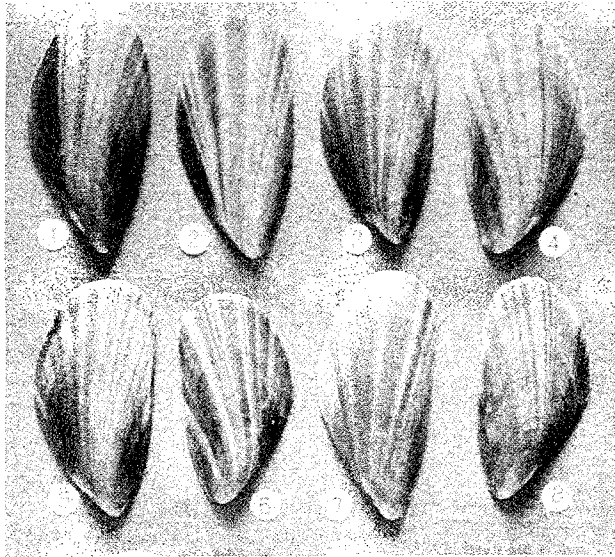


Abb. 5. Gestreifte Tiere von der Südier-Piep-Tonne. 1 cm = 1,32 cm in der Natur.

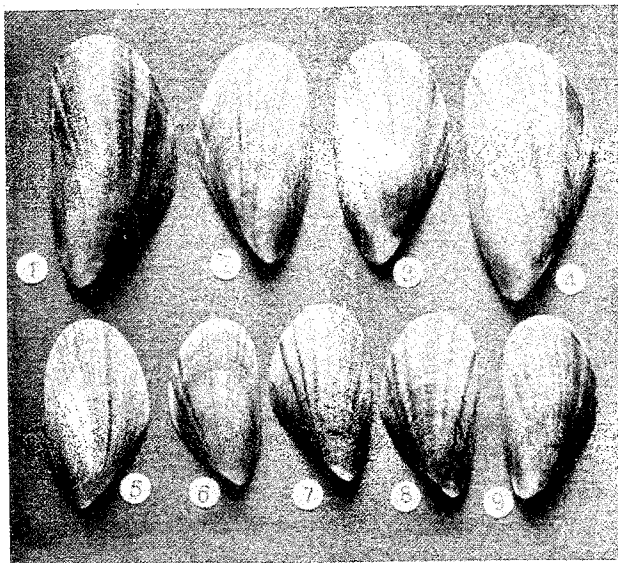


Abb. 6. Gestreifte Tiere von der Südier-Piep-Tonne. 1 cm = 1,32 cm in der Natur.

Bild. Gestreifte Tiere kamen also nicht nur unter den giftigen Muscheln, sondern auch anderswo vor. Während aber in Helgoland solche Tiere hauptsächlich unter den mittelgroßen und kleinen Muscheln zu finden waren, waren unter den Südier-Pieper Muscheln eben die größten Exemplare am stärksten gestreift, wogegen die Schale der ganz winzigen Tiere oft vollkommen farblos war und keine Streifung zeigte. An Abb. 8 sind links die aus Helgoland von der schwarzen Spitzen Tonne, in der Mitte die aus der Nähe von Wyk stammenden, rechts die giftigen Muscheln von der Südier-Pieper-Tonne dargestellt. Die mit photographierten Erbsenkörner bezeichnen unterhalb der Abbildung die Größe der Tiere. Das Bild zeigt von jedem der drei Orte je 3 aus der Hauptmasse der Muscheln ausgewählte charakteristische Exemplare von verschiedener Größe. Dementsprechend sind die Helgoländer Exemplare schon in ganz geringer Größe meistens von gelblich-brauner Farbe gewesen und die Streifung war erkennbar. An den größeren, jedoch die Erbsengröße noch weit nicht erreichenden Tieren erschien die Schale dunkelbraun und die Streifung war ausgeprägt. Bei den Tieren aus Wyk von ähnlicher Größe oder etwas größeren Exemplaren war die Schale meistens von einer lighterer Färbung, mit weniger deutlicher Streifung, dagegen war bei den giftigen Muscheln von der Südier-Pieper-Tonne die Schale der ganz winzigen und etwas größeren Tiere farblos oder von sehr blasser Farbe und zeigte keine Streifung. Beim Betupfen der Schale mit warmer, stark verdünnter Salzsäure ließ sich das Periostrakum ablösen. Es wurde dann sichtbar, daß die Streifen in der violetten Prismenschicht liegen und die dunkelvioletten Streifen

durch Durchscheinen des gelblichbraunen Periostrakums grün erscheinen. An den so behandelten Muscheln konnte aber auch festgestellt werden, daß die Prismenschicht der Muscheln von der Südier-Pieper-Tonne sowohl bei den großen als auch bei den kleinen Tieren bedeutend weniger pigmentiert als die der Helgoländer Tiere war, dagegen zeigte sich das Periostrakum bei den giftigen Tieren viel dicker als bei den Helgoländer Muscheln.

Während die Farbabstufung der Schale bei den Süder-Pieper Tieren gewöhnlich durch die starke Pigmentierung des Periostrakums verursacht wird, ist bei den Helgoländer Muscheln die dunkelviolette Prismenschicht vorherrschend. So wird es erklärlich, daß bei ganz winzigen giftigen Tieren, wo auch das Periostrakum noch ganz blaß ist, die Muschelschale fast farblos erscheint. Die größeren giftigen Tiere sind dagegen von gelblich-brauner Farbe und wenig gestreift, wenn die Prismenschicht schwächer pigmentiert ist, dagegen gelblich-grün und stark gestreift, wenn die Prismenschicht von mehr dunkler Färbung ist. Demgegenüber erscheint bei den Helgoländer Tieren die Pigmentierung der Prismenschicht bereits bei den kleinen Tieren ausgeprägt und so ist die Streifung auch schon an den kleinen (jungen) Exemplaren gut sichtbar. Später führt aber das allmähliche Dunklerwerden der Prismenschicht zum Verschwinden der Streifen und das Tier wird mit der Verfärbung des Periostrakums dunkel olivgrün oder schwarz und die Streifung ist nur beim Durchleuchten des Tieres erkennbar. Es scheint aber, daß bei den Süder-

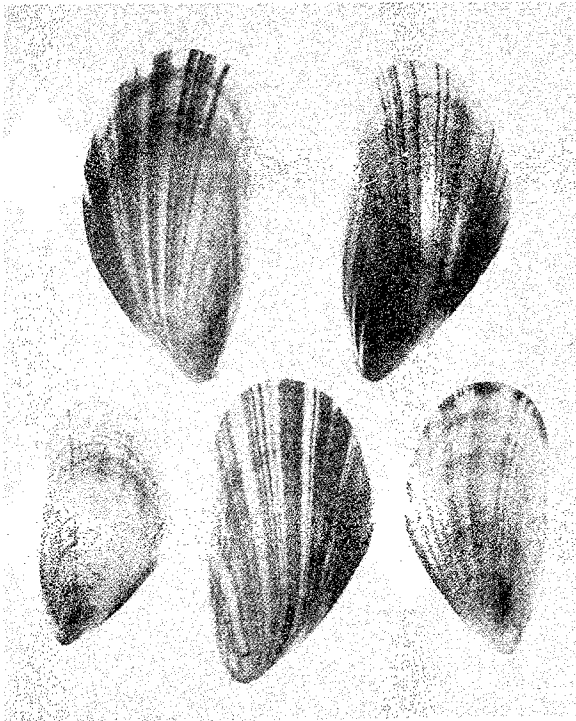


Abb. 7.



Abb. 8.

Abb. 7. Schalen von gestreiften Tieren von der Süder-Pieper-Tonne in durchfallendem Licht.

Abb. 8. Sehr junge Muscheln aus Helgoland (links), aus Wyk a./Föhr (in der Mitte), und von der Süder-Pieper-Tonne (rechts). Zur Beurteilung der Größenverhältnisse ist unten eine grüne Erbse abgebildet.

Pieper giftigen Muscheln die Schale nicht nur pigmentärmer, sondern auch kalkärmer ist. Es darf wohl diesem Umstand zugeschrieben werden, daß an den Schalen von verhältnismäßig vielen Tieren verschiedene Mißbildungen zu beobachten waren. Allein durch die Dünne der Schale wird diese Erscheinung nicht zur Genüge begründet, da doch Tiere mit dünner Schale auch an anderen Fundorten vorkamen und Mißbildungen an diesen Tieren doch nicht in so auffallend großer Anzahl auftraten wie bei den giftigen Tieren von der Süder-Pieper-Tonne. Die Mißbildungen zeigten sich vorerst darin, daß bei verhältnismäßig vielen Tieren die Wölbung der Schale unproportioniert erschien, indem, wie an Abb. 9 sichtbar, die eine Schalenhälfte gegenüber der anderen unregelmäßig flachgedrückt oder stärker gewölbt

war. Dagegen entstanden bei anderen Muscheln (Abb. 10) am Schalenrand Ausbuchtungen und an der Oberfläche leichte Eindrückungen, wobei die Muschel eine ungewohnt breite Form annahm. Einzelne Tiere waren hauptsächlich in der Längsrichtung gewachsen und, obwohl sie den Helgoländer Muscheln ähnlich sahen, nahm das Tier infolge Verdrehung der Längsachse eine mehr oder weniger entstellte Form an (Abb. 4, Fig. 2).



Abb. 9.

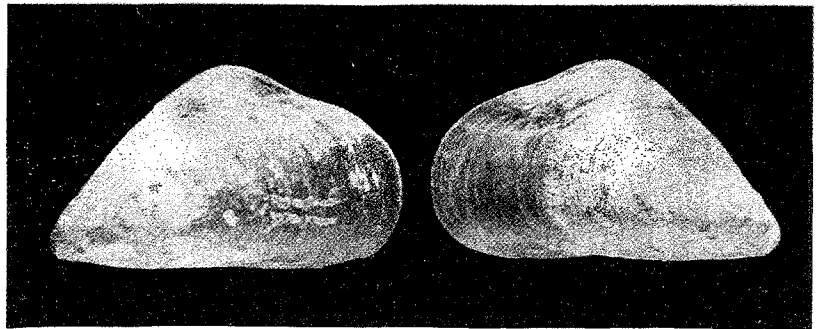


Abb. 10.

Abb. 9. Asymmetrie der Konvexität der Muschelschale bei einer giftigen Muschel von der Süder-Piep-Tonne (Seitenansicht).

Abb. 10. Giftige Muschel von der Süder-Piep-Tonne mit breitformter mißgestalteter Schale. 1 cm = 1,4 cm in der Natur.

##### 5. Erscheinungen an der Innenfläche der Muschelschalen.

An der Innenfläche der Schale der Süder-Pieper giftigen Muscheln waren aber Abweichungen sichtbar, die an Muscheln anderer Lokalitäten zwar auch vorkamen, jedoch in ähnlich charakteristischer Form nur an wenigen Orten. Vor allem ist in dieser Hinsicht die kreideweiße, matte Verfärbung der Innenfläche erwähnenswert. Wie bekannt, ist die Innenfläche der Muschelschale von durchscheinendem Perlmutterglanz. Am vorderen Ende der Helgoländer Muscheln ist die Innenfläche porzellanartig, rückwärts scheint aber die violette Prismenschicht durch die dünne Perlmutternschicht durch. Die Grenze der beiden Zonen ist unscharf, der allmählich dünner werdenden Prismenschicht entsprechend verschwommen (Abb. 11, Bild 1). Dagegen ist bei den Muscheln von der Süder-Piep-Tonne die Innenfläche vorn und in der Mitte kreideweiß, matt, glanzlos, der Perlmutterglanz ist vollkommen verschwunden, die Oberfläche dieser Zone ist oft etwas rau (Abb. 11, Fig. 2, 3, 5). Am hinteren Abschnitt der Muschel ist der Perlmutterglanz in einem schmälereu oder breiteren Rand vorhanden und die beiden Stellen sind meist scharf abgegrenzt (Abb. 11, Fig. 2), jedoch nicht durch eine gerade, sondern meistens durch eine gezackte Linie und die von der kreideweißen Verfärbung frei gelassenen kleinen Stellen sind näher oder weiter vom Rande entfernt auch im Inneren der Fläche zu finden. Die kreideweiße Verfärbung der Innenfläche konnte außer an den Süder-Pieper Muscheln noch an den Tieren, die im Inneren der „Hackfeld“-Tonne lebten, ferner an einer großen Anzahl der im Watt bei Büsum gesammelten Muscheln festgestellt werden, ab und zu kam dies aber auch an einzelnen Tieren von anderen Orten vor. Eine andere pathologische Erscheinung der Schaleninnenfläche, die ebenfalls hauptsächlich an den von der Süder-Piep-Tonne stammenden Muscheln, ganz vereinzelt an Muscheln anderer Fundorte beobachtet wurde, war die rostbraune Fleckung. Allerdings trat sie auch bei den Süder-Pieper-Tieren nur gelegentlich auf, während ja die kreideweiße Trübung der Perlmutternschicht bei allen Tieren dieses Fundortes beobachtet wurde. Diese Fleckung befand sich meistens innerhalb der kalkweißen Verfärbung, man fand aber auch Tiere, wo die

Flecken an einer sonst ganz unversehrten Stelle der Perlmutter-schicht vorkamen. Die rostbraune Fleckung ist im allgemeinen an beiden Schalenhälften anzutreffen, meist aber ungleich stark. Abb. 12 zeigt davon zwei Beispiele, bei denen die Fleckung eine recht ausgedehnte Form angenommen hat. Die charakteristische Stelle der Fleckung ist der Wirbel, oft jedoch ist dieselbe von hier aus nach vorn verschoben. Die Farbabstufung kann sich vom blassen Rötlichgelb bis zum dunklen Rostbraun erstrecken und die Oberfläche erscheint meistens stark marmoriert. Die Fläche wird oft durch eine bis zur Prismenschicht reichende und zuweilen auch in dieselbe eindringende Längsspalte durchfurcht. In Fällen, wo die Fleckung nicht so groß ist, zeigt sich an der Perlmutter-schicht nur eine Verfärbung, bei starker Fleckung (Fig. 2, Abb. 12) treten aber scharf begrenzte, durch weiße oder graue Linien getrennte Erhebungen von ungleichmäßiger, ovaler Form und unebener, oft rauher Oberfläche auf. Bei einzelnen Muscheln fehlt in der Mitte der rostbraunen Stelle (Abb. 13) an einer scharf abgegrenzten Stelle die Perlmutter-schicht völlig, dort kommt dann die violette Prismenschicht nach oben zu liegen. Diese Abweichung findet man sogar bei den Süder-Pieper Muscheln verhältnismäßig selten. Dieselbe kommt vermutlich dadurch zustande, daß die in der Mitte der rostbraunen Oberfläche vorhandene, oben erwähnte rauhe Erhebung abgestoßen oder aufgelöst wird. Während die rotbraune Verfärbung zu-meist an beiden Schalenhälften auftritt, — es kam jedoch auch eine sich auf eine Schalenhälfte beschränkende braune Verfärbung vor, — konnte ich das fleckenweise Fehlen der Perlmutter-schicht nur an einer Seite beobachten. Die Herstellung eines Querschliffes durch die veränderte Schalenzone führte zur Feststellung daß die rostbraune Verfärbung an der Grenze der Perlmutter- und der Prismenschicht beginnt und sich von dort aus über die freie Oberfläche der Perlmutter-schicht ausbreitet. Anfangs stellt das Gebiet im Schliff annähernd ein Dreieck dar, dessen Basis an der Grenze der Perlmutter- und Prismenschicht liegt, später breitet sich die Verfärbung gegen die Oberfläche zu flach aus und zugleich wird die Perlmutter-schicht an Kalksalzen ärmer. Sobald der Kalkmangel des Gebietes zunimmt, hebt sich die Perlmutter-schicht ab und schließlich wird der veränderte Teil abgestoßen oder aufgelöst, wodurch an der Perlmutter-schicht eine Lücke entsteht, ohne daß an der Prismenschicht eine sichtbare pathologische Veränderung entstünde. Bei histologischer Untersuchung der dekalzinierten Muschelschale zeigt sich, daß die Vorwölbung des an Kalksalzen ärmer gewordenen Schalengebietes durch das Anschwellen des Conchyolins herbeigeführt wird. Abb. 14 zeigt diese Veränderung. Es ist der Querschnitt der gegen die Innenfläche zu sich ausrundenden, anschwellenden Perlmutter-schicht sichtbar, die rostbraun verfärbt ist. Die Prismenschicht ist jedoch entfernt und die Innenfläche der Perlmutter-schicht liegt nach oben. Am Bilde kann beobachtet werden, daß die feine fibrilläre Struktur der Perlmutter-schicht nur an einem Teil des gegen die Prismenschicht zu liegenden Randes vorhanden ist, an anderen Stellen löste sich die feine fibrilläre Struktur auf, die Fibrillen zerbröckelten, die inter-fibrillären Spalten haben sich erweitert und es entstand an der Grenze der unversehrten und der veränderten Teile an der linken Seite des Schalengebietes (obere linke Ecke des Bildes) eine breite Spalte. Auffallend ist die stark färbbare dicke Fibrille, welche dieses Gebiet durchquert. Pilzfäden waren mikroskopisch nicht nachweisbar.

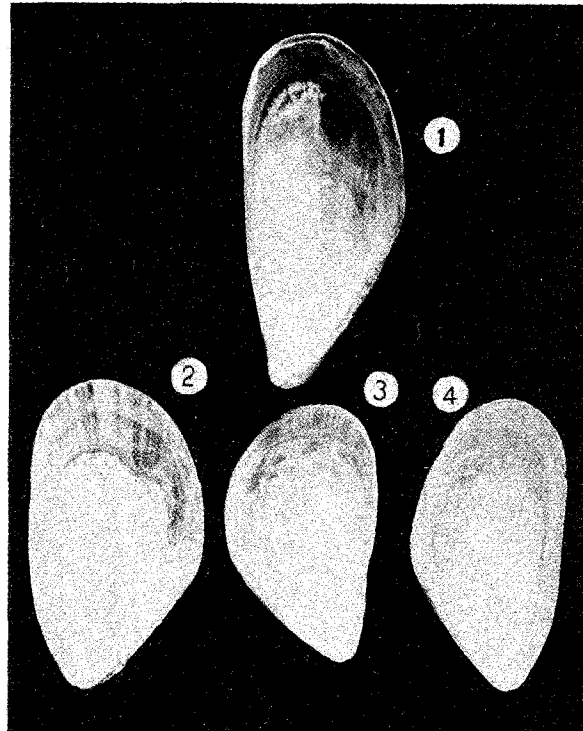


Abb. 11. Kreideweiße Verfärbung der Innenfläche von Schalen giftiger Muscheln von der Süder-Pieper-Tonne (Fig. 2—4). Figur 1 zeigt den Perlmutterglanz der Innenfläche der Schale eines Tieres aus Helgoland. 1 cm = 1,14 cm in der Natur.

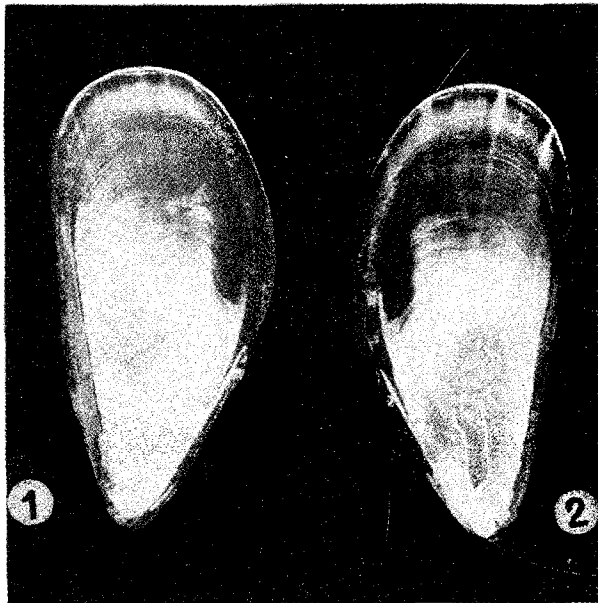


Abb. 12. Starke rostbraune Fleckung der Innenfläche an Schalen einer giftigen Muschel von der Süder-Piep-Tonne. 1 cm = 0,82 in der Natur.



Abb. 13. Lücke in der Perlmutter-schicht einer Muschel von der Süder-Piep-Tonne, zugleich rostbraune Flecken an der Innenfläche der Muschel.

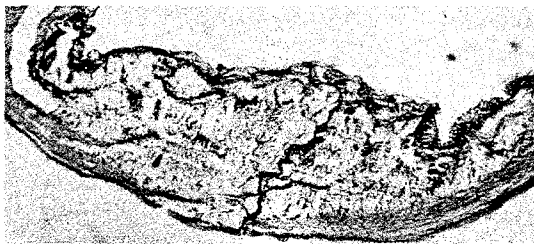


Abb. 14. Mikroskopisches Querschnittsbild des rostbraunen Fleckes der entkalkten Schale einer giftigen Muschel von der Süder-Piep-Tonne. Nur die von der Prismenschicht abgehobene Perlmutter-schicht ist sichtbar. Die Innenfläche der Perlmutter-schicht liegt nach oben. (Hämatoxylin-Eosinfärbung, Zeißapochromat 10, Okular 8  $\times$ ).

## 6. Eigenschaften und histologisches Bild der Weichteile.

Bei den von verschiedenen Fundorten stammenden Tieren habe ich naturgemäß nicht nur die Muschelschale sondern auch die Weichteile untersucht. Zwischen den Muscheln von der Süder-Piep-Tonne und Tieren von anderen Fundorten ergaben sich auch in dieser Beziehung Unterschiede. An den übrigen Orten zeigte der Mantel wohl verschiedene Farbabstufungen, doch schien er im allgemeinen mittelmäßig dick zu sein und war nur bei den Tieren der Eider-Tonne und der im Inneren der „Hackfeld“-Tonne lebenden Tieren zuweilen dünn. Dagegen war der Mantel beim größten Teil der Muscheln von der Süder-Piep-Tonne gräulich-weiß, häutchenartig und erwies sich als sehr dünn. Bei den Süder-Pieper-Tieren war auch das Verhalten des Kristallstiels auffallend. Während nämlich bei den Tieren der meisten Fundorte der Kristallstiel fast in allen untersuchten Exemplaren auffindbar war und nur bei fast der Hälfte der im Inneren der „Hackfeld“-Tonne und bei den am Watt bei Büsum zur Ebbezeit gesammelten Muscheln fehlte, konnte bei den Süder-Pieper Muscheln der Kristallstiel, von einigen Ausnahmen abgesehen, fast niemals entdeckt werden.

Die Muscheln von der Süder-Piep-Tonne habe ich auch einer histologischen Untersuchung unterzogen und besonders den Mantel und die Leber untersucht, wobei ich auch den Magen- und Darminhalt genau beobachtete. Bei Untersuchung des Mantels ist die auffallendste Erscheinung das vollständige Fehlen der fettartigen Substanzen und des



Glykogens. Zu diesem Zwecke nahm ich an in Alkohol und Formalin separat fixierten Tieren die Sudan-, Nilblausulfat- und BEST'sche Karmin-Färbung vor, Fett und Glykogen konnten aber sowohl im Mantel als auch in der Leber nur ab und zu nachgewiesen werden. Es zeigte sich die Anzahl der mit diesen Stoffen ausgefüllten LANGER'schen Bläschen im allgemeinen sehr gering. Von diesem Gesichtspunkt aus habe ich auch an den von verschiedenen Fundorten stammenden Tieren Untersuchungen ausgeführt und, obzwar an diesen Orten die fettartigen Stoffe und Glykogen in schwankendem Grade nachweisbar waren, fehlten sie nirgends ganz. Ich möchte bemerken, daß ich bei den von verschiedenen Orten stammenden Tieren auch die Geschlechtsdrüsen untersuchte, ich versuchte vor allem festzustellen, ob zwischen den erwähnten Eigenarten der Muschelschale, der Giftwirkung der Muscheln und der Geschlechtstätigkeit irgendein Zusammenhang besteht und ob diese Eigenschaften bei dem einen oder anderen Geschlecht öfter vorkommen. Zu diesem Zwecke habe ich von den Weichteilen der zur Bereitung der Extrakte benutzten Tiere Material zu histologischen Untersuchungen aufbewahrt und suchte über den Zustand der Geschlechtsdrüsen auf histologischem Wege ein Bild zu gewinnen. Diese Untersuchungen zeigten eindeutig, daß weder der Zustand der Schale der Muscheln, noch die Giftwirkung derselben mit den Geschlechtern in Zusammenhang gebracht werden kann. Sowohl die Dünne, die Zerbrechlichkeit und die Streifung der Schale, als auch die

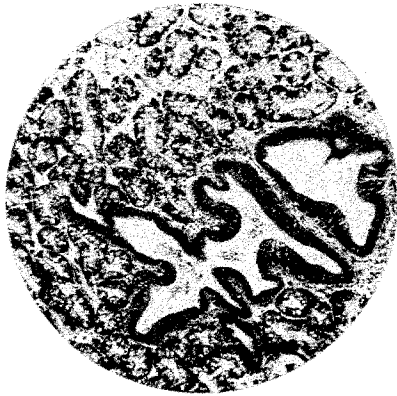


Abb. 15. Mikroskopisches Bild der Leber einer giftigen Muschel von der Süder-Pieper-Tonne. Weite Magenleberkanäle mit wenig Detritus. (Hämatoxylin-Eosinfärbung, Zeißapochromat 10, Okular 8  $\times$ .)

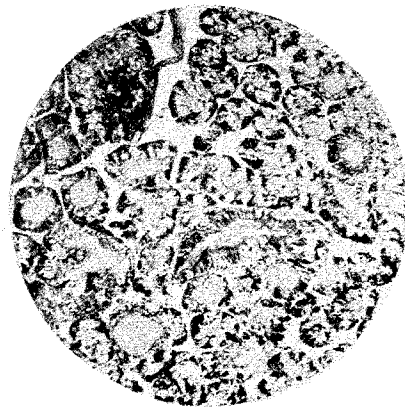


Abb. 16. Mikroskopisches Bild einer giftigen Muschel von der Süder-Pieper-Tonne. Mittelweite, meistens mit homogenen Massen gefüllte Leberkanäle. (Hämatoxylin-Eosinfärbung, Zeißapochromat 10, Okular 8  $\times$ .)

Giftwirkung der Muscheln kommen bei Männchen und Weibchen ungefähr in gleicher Zahl vor. Die giftige Dosis der aus bestimmt geschlechtsunreifen Exemplaren (Tiere von ähnlicher Größe wurden histologisch kontrolliert) von ganz winzigen Süder-Pieper Muscheln nach THESEN hergestellten Extrakte betrug 0,01—0,02 ccm. Es stimmte also mit der Dosis der vollentwickelten Tiere überein, was ebenfalls den Beweis liefert, daß die Giftwirkung von der Tätigkeit der Geschlechtsdrüsen unabhängig war. Hiervon abgesehen waren bei der histologischen Untersuchung der giftigen Süder-Pieper Muscheln weder reife Eier noch Samenzellen in den Geschlechtsdrüsen der größten Tiere nachweisbar, d. h. die Tiere waren auch in dieser Hinsicht den durch WOLFF untersuchten Muscheln aus Wilhelmshaven ähnlich und sie zeigten dennoch an beiden Orten eine starke Giftwirkung. Ebenso wenig aber ist die Giftwirkung an das Vorhandensein unreifer oder reifender Geschlechtsdrüsen gebunden, wie sie sie die Tiere in Zeiten außerhalb ihrer Laichperiode aufweisen, denn ich konnte in meinen Untersuchungen in Neapel nachweisen, daß auch reife Eier enthaltende Weibchen Giftwirkungen zeigen können. Bei einem laichreifen Männchen von der Eidertonne und zwei weiteren, laichreifen männlichen Tieren von der Innenfläche der „Hackfeld“-Tonne konnte ebenfalls Giftwirkung nachgewiesen werden. Da im Sinne der obigen Ausführungen für den Zusammenhang zwischen der Funktion der Geschlechtsdrüsen und der Giftwirkung kein Anhaltspunkt vorhanden ist, habe ich von Untersuchungen in dieser Richtung abgesehen.

Bei den histologischen Untersuchungen achtete ich besonders auf die Leber, da nach einzelnen Forschern der Sitz der Giftbildung die Leber sein soll. Die Untersuchungen wurden an mit Cocain oder Magnesiumsulfat narkotisierten und in Bouin-Lösung oder in Formalin, bzw. Alkohol fixierten Tieren ausgeführt und die Präparate mit Haematoxylin-Eosin, Sudan III., Nilblausulfat oder nach VAN GIESON, bzw. GIEMSA oder BEST gefärbt. Diese Untersuchungen zeigten klar, daß die Leber der Muschel infolge ihres Arbeitsrhythmus eine wechselnde histologische Struktur aufweist, deren feinere cytologische Erscheinungen in hohem Grade von der Phase der Nahrungsaufnahme, bzw. der Verdauung des Tieres abhängen. Dementsprechend änderte sich das histologische Bild der Leber je nach den einzelnen Tieren verhältnismäßig stark und es bot nicht nur die Breite der Leberkanäle, sondern auch der Leberblindsäckchen, ferner das Verhältnis der die Gänge aufbauenden verschiedenartigen Zellarten und der Inhalt der Körnerzellen ein recht wechselreiches Bild. In manchen Tieren waren zwischen den breiten, wenig Detritus enthaltenden Magenleberkanälen auch mittelbreite, oder enge, gänzlich leere Kanäle zu finden. Die Zahl der sich dunkel färbenden Ersatzzellen war von mittlerer Größe. In dem zwischen den Gängen vorhandenen Bindegewebe sind zahlreiche zellige Elemente sichtbar (Abb. 15). Bei anderen Tieren waren dagegen neben den verhältnismäßig engen Magenleberkanälen

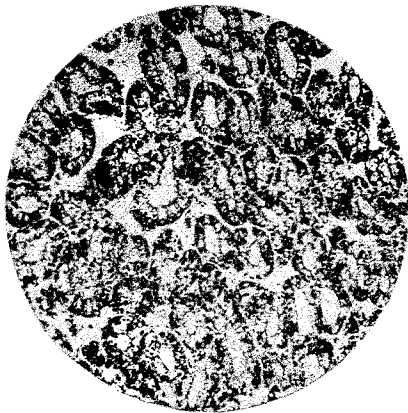


Abb. 17. Mikroskopisches Bild der Leber einer giftigen Muschel von der Süder-Pieptonne. Mittelweite, leere Leberkanäle, reichlich Vakuolen in den Körnerzellen. (Sudan III, Hämatoxylinfärbung, Zeißapochromat 10, Okular 8×.)

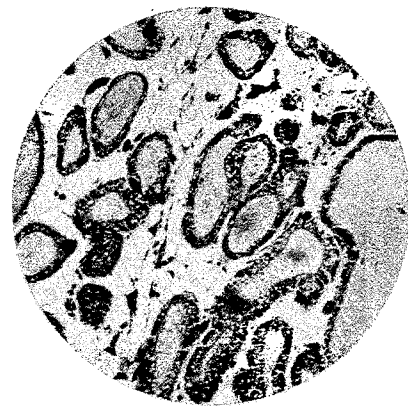


Abb. 18. Mikroskopisches Bild der Leber einer giftigen Muschel von der Süder-Pieptonne. Weite, an mehreren Stellen mit niedrigem Epithel überzogene und mit schaumigen Massen gefüllte Leberkanäle. (Hämatoxylin-Eosinfärbung, Zeißapochromat 20, Okular 8×.)

die Leberkanäle und Leberblindsäckchen mit einem homogenen Stoff ausgefüllt, die Ersatzzellen ließen sich besonders dunkel färben und bildeten hie und da größere Gruppen, wobei das zwischen den Gängen befindliche Bindegewebe sich als ziemlich zellarm erwies (Abb. 16.) Bei anderen Tieren sah man in den die Leberkanäle und Leberblindsäckchen bedeckenden Körnerzellen viel kleine und größere Vakuolen, die keine fettartigen Stoffe enthielten. Diese Zellen zeigten infolgedessen eine ausgesprochen schaumige Struktur (Abb. 17.) Schließlich waren bei einigen Tieren die Leberkanäle stark erweitert, mit einem homogenen oder schwammigen Stoff ausgefüllt, mit niedrigem Epithel bedeckt und zwischen denselben war lockeres Bindegewebe zu finden (Abb. 18). Aehnliche Veränderungen kamen an den verschiedensten Fundorten sowohl unter den giftigen als auch unter den normalen Tieren vor, sie können offenbar durch die dynamische Struktur der Leber erklärt werden. Sie dürften deshalb, wenigstens bis zu einer gewissen Grenze, nicht als pathologische Erscheinung aufgefaßt werden, sondern sie sind der Funktion der Leber oder einer Ernährungsphase des Tieres zuzuschreiben. Ein ausschließlich bei den giftigen Tieren wahrnehmbares histologisches Bild konnte nicht nachgewiesen werden. In dieser Hinsicht wäre bloß der an Abb. 17 dargestellte Schnitt erwähnenswert. Hier ist nämlich das verhältnismäßig recht oftmalige Vorkommen der Vakuolenzellen und deren große Anzahl, ferner das fast stetige Fehlen von Lipoidstoffen und des Glykogens aus Körnerzellen auffällig. Ich möchte jedoch bemerken, daß das negative Ausfallen der histochemischen Reaktion nicht unbedingt das Fehlen der Lipoide beweist. Dabei kam

sowohl die größere Anzahl der Vakuolenzellen als auch der Mangel an den bereits erwähnten Stoffen oder das Fehlen derselben auch bei vielen von zahlreichen anderen Fundorten stammenden ungiftigen Muscheln vor. So können diese histologischen Erscheinungen in sich ebenfalls nicht als spezifisch betrachtet, sondern nur mit anderen Symptomen gemeinsam als Begleiterscheinungen der Giftwirkung angesehen werden. Schließlich zeigten daher die bisherigen an der Leber von giftigen Muscheln vorgenommenen Untersuchungen keine bezeichnenden histologischen Abweichungen, dies dürfte aber nicht ausschließen, daß eine eingehende Untersuchung der Funktionsbilder des Lebergewebes derartige Abweichungen dennoch zum Vorschein bringen könnte.

An Schnitten läßt sich zugleich auch der Inhalt der Leber und des Darmkanals am besten untersuchen. Den Mageninhalt der Muschel unterzog ich zur vorherigen Orientierung in nativen Präparaten einer Beobachtung, zu einem definitiven Bild gelangte ich aber erst — besonders hinsichtlich des Magen- und Darminhaltes von giftigen Muscheln — durch histologische Präparate. Ich habe mir auf diese Weise bei diesen Tieren auch über den Zustand des Kristallstiels Klarheit verschafft. Der Magen der Süder-Pieper Muscheln zeigte sich manchmal ganz leer, doch war er oft mit Detritus angefüllt in welchem viele ganze oder zerbrochene Diatomeen-Panzer zu finden waren (Abb. 19). Es ist auffallend, daß der Kristallstiel auch diesen Tieren fehlte. An Abb. 20 ist ein

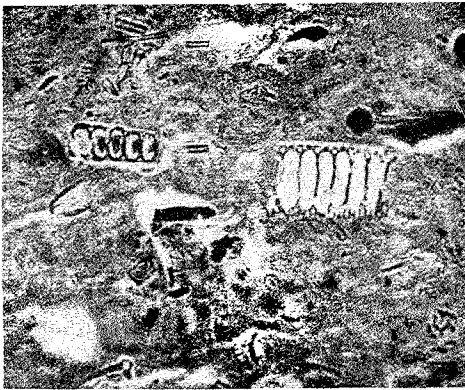


Abb. 19.

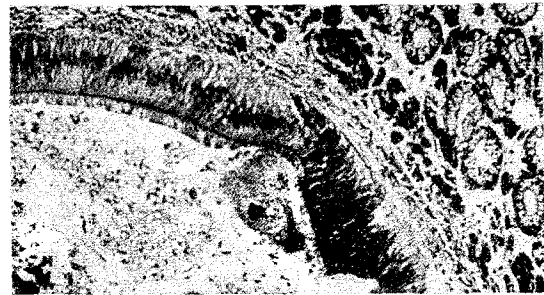


Abb. 20.

Abb. 19. Mikroskopisches Bild des Mageninhalts eines giftigen Tieres von der Süder-Pieper-Tonne. (Giemsa-färbung, Zeißapochromat 20, Okular 8  $\times$ .)

Abb. 20. Mikroskopisches Bild des Kristallstielsackes einer giftigen Muschel von der Süder-Pieper-Tonne mit anstoßendem Lebergewebe. (Giemsa-färbung.) Vergrößerung: Zeißapochromat 20, Okular 8  $\times$ , die Aufnahme nachträglich vergrößert.

Teil des Kristallstielsackes einer solchen giftigen Muschel mit dem benachbarten Lebergewebe zu sehen, mit viel Detritus und einem Infusor; das Fehlen des Kristallstiels ist ebenfalls augenfällig. Bei den giftigen Tieren war der Darminhalt dem Mageninhalt ähnlich, indem auch im Detritus Diatomeen-Panzer oder dessen Bruchstücke zu finden waren. Peridineen waren weder im Magen noch im Darminhalt nachweisbar und das an Abb. 20 sichtbare Infusor fand sich sonst nirgends wieder.

## 7. Deutung der äußeren Eigenschaften.

Beim Ueberblick über die Eigenschaften der giftigen Süder-Pieper Muscheln gelangt man zur Feststellung, daß für diese Tiere die relative Niedrigkeit des Mittelwertes des Längen-Dicken-Quotienten, die blasse Färbung der Muschelschale oder deren starke Streifung, ferner die Dünne, die sehr hochgradige Leichtigkeit, die oftmalige Schalendeformierung, die glänzende, derbe Oberhaut, die kreideweiße Trübung und rostbraune Verfärbung der Innenfläche, die Häutchenartigkeit des Mantels, der mangelhafte Besitz an fettartigen Stoffen und Glykogen und das Fehlen des Kristallstiels am bezeichnendsten waren. Es wurde schon öfter betont, daß keine der oben erwähnten Abweichungen als ein ausschließlich für die giftigen Muscheln in Betracht kommendes, spezifisches Merkmal aufgefaßt werden kann, sondern diese Eigenschaften dürfen nur wegen ihres gemeinsamen

Vorkommens und infolge ihrer Ausbreitung auf den großen Teil oder auf die Gesamtheit der Muscheln als charakteristische Besonderheiten der Süder-Pieper Muscheln bezeichnet werden. Ein Teil dieser Merkmale wurde schon anlässlich der Wilhelmshavener Vergiftungen beschrieben und so ist es notwendig, zu untersuchen, wie diese Eigenschaften zustandekommen und welchen Zustand der Muschel sie im allgemeinen bezeichnen. Die Niedrigkeit der Längen-Dicken-Quotienten, die breite Form der Muschelschale hält KOBELT, aber vor allem LOHMEYER für wichtige morphologische Merkmale an den giftigen Muscheln, die auf Wuchsformen von Muscheln aus dem Mittelmeer hinweisen, und deshalb wird es von ihnen für wahrscheinlich gehalten, daß auch die Wilhelmshavener Muscheln durch Kriegsschiffe vom Mittelmeer nach Wilhelmshaven eingeschleppt worden sind. Die Längen-Dicken-Quotienten von Exemplaren von *Mytilus galloprovincialis* aus Terranova und Taranto, ferner von *Mytilus minimus* aus Neapel habe ich durch Messungen an 100, 80, bzw. an 100 Tieren noch im Jahre 1936 auch selbst bestimmt (Siehe Tab. 3) und fand diese tatsächlich im Verhältnis zu den Helgoländer Tieren wesentlich niedriger. Diese Tiere waren aber alle gut entwickelte Exemplare mit dicker Schale (Abb. 21), von regelmäßig breiter Form, nicht so wie bei den Süder-Pieper Muscheln, wo der Längen-Dicken-Quotient stark



Abb. 21. *Mytilus galloprovincialis* aus Terranova (Fig. 1) und Taranto (Fig. 2). *Mytilus minimus* (Fig. 3—5) aus der Mergellina Bucht Neapels. 1 cm = 1,82 cm in der Natur.

schwankte und nur der Mittelwert geringer als der Durchschnittswert der Nordsee-Tiere war, weil dort neben der länglichen Form verhältnismäßig viele sehr breite, auch die Muscheln von Taranto übertreffende Formen zu finden waren. Somit wird es erklärlich, daß die Maße der durch H. CASPERS aus Varna mir zur Verfügung gestellten 25 Muschelschalen einen den Süder-Pieper Muscheln recht nahe kommenden Wert ergaben, obwohl die Form dieser Muscheln von jener der Tiere von der Süder-Pieper-Tonne offensichtlich abwich (Abb. 22). Der Längen-Dicken-Quotient der Tiere von der Süder-Pieper-Tonne kann mit jenem der Muscheln aus dem Mittelländischen und Schwarzen Meer ohne weiteres gar nicht verglichen werden. Während bei letzteren der niedrige Quotient die für sämtliche Tiere charakteristische breite Form bezeichnet, weist derselbe bei den Muscheln von der Süder-Pieper-Tonne nur darauf hin, daß unter den für die Nordsee-Tiere charakteristischen länglichen *Mytilus*-Formen verhältnismäßig sehr viele Muscheln von breiter Form vorkommen. Wie BOETTGER sagt, sind „. . . die Schalen von *Mytilus* zu plastisch, zu sehr auf jede kleinste Beeinflussung reagierend“ und so können die Form-

änderungen der Süder-Pieper Muscheln nicht nur als eine Reaktion auf äußere Einflüsse aufgefaßt werden. HAVINGA, HAAS, HENTSCHEL, BOETTGER und andere haben ausführlich auf jene hydrologischen Faktoren hingewiesen, die nicht nur das Längenwachstum der Muschelschale, sondern auch ihre Dicke bedeutend beeinflussen. Das tiefe, ruhige Wasser, das seichte, stark bewegte Wasser, das felsige oder sandige Ufer, der niedrige oder hohe Salzgehalt und dabei die Zeit und die Verhältnisse eines etwaigen Trockenliegens, sind Faktoren, welche die Ausgestaltung der Muschelschale beeinflussen. HAVINGA bemerkt außerdem, daß die breite Form auf das langsame Wachstum der Muschel hindeutet. Es ist wohl verständlich, daß, wenn die Muscheln eine stark überlagernde Gemeinschaft bilden, die unterhalb liegenden, unter ungünstigeren Lebensbedingungen lebenden Tiere weniger Nahrung bekommen können und, in der Entwicklung zurückgeblieben, eine breitere Form annehmen. Wesentlich war auch diese Erscheinung bei den Tieren im Inneren der „Hackfeld“ Tonne wahrnehmbar, wo der Längen-Dicken-Quotient bedeutend niedriger war, als bei den außerhalb anhaftenden Tieren und der überwiegende Teil der Muscheln

im Gegensatz zu den außerhalb sitzenden Tieren eine breite Form zeigte. Dies ist offenbar darauf zurückzuführen, daß die im Inneren der Tonne zusammengedrängten, sich unter ungünstigen Strömungsverhältnissen befindenden Tiere wegen des langsameren Wachstums die überwiegend kurze Form annahmen. Die Untersuchungen, welche ich an Tieren von den Tonnen in der Nähe der Küsten von Schleswig-Holstein vornahm, ergaben, daß die den Tonnen anhaftenden Tiere nicht unter günstigen Bedingungen leben. Es ist hierauf zurückzuführen, daß sich unter denselben verhältnismäßig viele in der Entwicklung zurückgebliebene Muscheln von kurzer, breiter Form befinden. Diese Erscheinung läßt sich ohne weitere Schwierigkeiten erklären. Wie HAVINGA ausführlich erörtert, gelangen die in der Nähe der Oberfläche lebenden Muscheln zu bedeutend weniger Nahrung als die am Wassergrund, weil das Oberflächenwasser an Detritus viel ärmer ist als das Bodenwasser. Dabei wird der Nahrungsstrom der Muscheln durch die übermäßige Bewegung der dem Wellengang stark ausgesetzten Tonnen auch nicht vorteilhaft beeinflusst, weiter werden die Muscheln sich dort reizbarer als gewöhnlich verhalten, sich rasch schließen, wodurch ihre Ernährung noch unvollkommener wird. Dazu befindet sich noch ein bedeutender Teil der an

einer engen Stelle zusammengedrängten Muscheln in einer unvorteilhaften Lage unterhalb der anderen und es ist selbstverständlich, daß bei diesen Muscheln die ganze Entwicklung und so auch die Gestaltung der Schale noch unvollkommener sein wird. Solche Tiere weichen von den normalen Muscheln derart ab, daß sie allgemein für giftig gelten und so hat sich unter den Fischern die Ansicht verbreitet, daß es gefährlich sei, die den Tonnen anhaftenden Muscheln zu essen. Die Muscheln von der Süder-Piep-Tonne stellen ein interessantes Beispiel dafür dar, daß diese Beobachtungen nicht allen Grund entbehren, sie liefern aber gleichzeitig einen bestimmten Beweis dafür, daß die Formabweichungen der Giftmuscheln vor allem durch die mangelhafte Entwicklung der Muscheln und ihr langsames Wachstum infolge ungünstiger Lebensverhältnisse zu erklären sind. Zwischen den Muscheln von der Süder-Piep-Tonne, von Wyk auf Föhr und von der Eider Tonne besteht nur ein stufenweiser Unterschied, der in der progressiven Verschlechterung der hydrologischen und der Entwicklung der Muscheln beeinflussenden übrigen Umstände seine Erklärung finden kann. Aus welchem Grunde der Meeresteil von Süder-Piep in dieser Beziehung ungünstiger ist als die benachbarten Gebiete, werden wir noch später besprechen.

Die Lebensumstände der Muscheln bedingen naturgemäß nicht nur das Längenwachstum, sondern auch den ganzen Aufbau der Schale. HAVINGA erörtert, daß die in ruhigen, tiefen Gewässern lebenden Muscheln eine papierdünne Schale besitzen, wogegen die der Brandung ausgesetzten Tiere von dicker Schale sind. BOETTGER weist im Zusammenhang hiermit darauf hin, daß unter gleichen Lebensverhältnissen „bei Zunahme der mechanischen Kräfte der Wasserbewegung eine Verstärkung mit einer Verkleinerung der Schale parallel geht. Ob diese Veränderung eine reine Abwehrreaktion auf die stärkere mechanische Beanspruchung darstellt oder ob sie zum Teil oder ganz eine Folge erhöhten Stoffumsatzes durch die stärkere Durchflutung ist, bleibt zu untersuchen.“ Soviel steht allerdings fest, daß unter obigen Verhältnissen eine derartige Ausgestaltung der Muschelschale als eine Reaktion der äußeren Umstände anzusehen und nicht der ungünstigen Entwicklung zuzuschreiben ist. Die Sache verhält sich aber anders, wenn man Tiere mit so dünnen Schalen dort vorfindet, wo sie einer starken Wasserbewegung ausgesetzt sind, wie z. B. an den Tonnen, wo eben die stärkeren Schalen den äußeren Umständen angepaßt erscheinen würden, wie das bei einem großen Teil der Tiere an den Helgoländer Tonnen tatsächlich

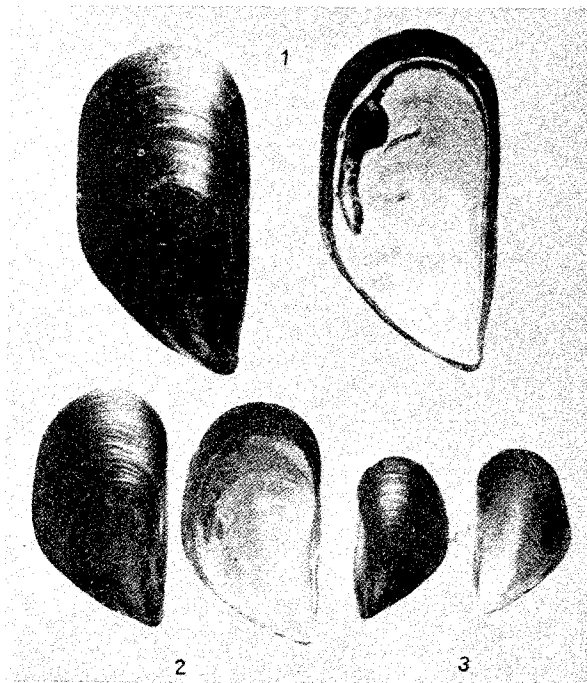


Abb. 22. Miesmuscheln aus Varna. Maßstab: 1 cm = 1,50 cm in der Natur.

gefunden werden konnte. Die dünne Schale der giftigen Tiere kann bei den der starken Wasserströmung ausgesetzten, am äußeren Rand des Wattes liegenden Tonne „F“ anhaftenden Muscheln nicht als eine den Milieuverhältnissen angepasste Art der Schalenbildung angesehen werden und ist gewiß ebenso durch das mangelhafte Wachstum der Muschel zu erklären, wie auch die an einem großen Teil dieser Muschel wahrnehmbare auffallend kurze und breite Schalenform. Störungen in der Schalenbildung mögen auch die Ursache der verhältnismäßig kleinen Schalenform, der Pigment- und Kalkarmut der Muschelschale gewesen sein, was jene gelblich-braune oder blaß-grüngelbe, stark gestreifte, außerordentlich leichte, oft deformierte Muschelschalenform zustande brachte, von welcher einzelne Exemplare an den verschiedenen Fundorten wohl anzutreffen waren, doch nirgends in so großer Anzahl und so einheitlich wie bei den Süder-Pieper Muscheln. Die in den früheren Beschreibungen besonders hervorgehobene Streifung der giftigen Tiere ist ganz ähnlich zu beurteilen. Diese Erscheinung ist keineswegs ein Anzeichen für jugendliche Exemplare, sondern das Zeichen der Pigmentarmut der Prismenschicht. Bei den giftigen Tieren trat diese eben infolge der schwachen Pigmentierung der Prismenschicht bei so vielen Tieren auf. „Die Anlage für die Streifung ist unzweifelhaft bei allen Muscheln vorhanden“, sagt VIRCHOW. Wenn die Schalen mit starkem Licht durchleuchtet werden, kann die Streifung

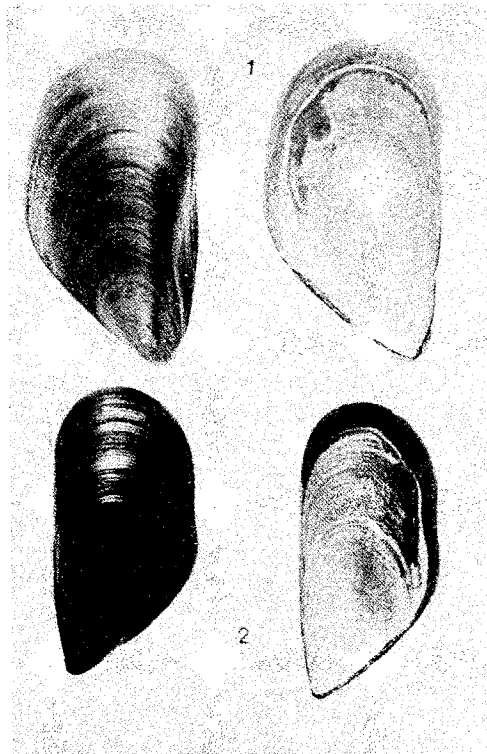


Abb. 23. Hellbraune Muscheln mit gekrümmtem Wirbel (Fig. 1) und schwarze Muschel mit wenig gekrümmtem Rand (Fig. 2) aus Varna. 1 cm = 1,42 cm in der Natur.

an den dunklen, ja sogar an den schwarzen Schalen tatsächlich entdeckt werden. Wie bereits erörtert, ist bei den gut entwickelten dunklen Tieren die Streifung nur an ganz jungen Exemplaren sichtbar, da dieselbe in der pigmentreichen Prismenschicht durch die dunkle Farbe verdeckt wird. Anders verhält es sich aber bei den unvollkommen entwickelten Tieren, wo die kleinen Muscheln so farblos sind, daß auch die Streifen kaum zur Ausbildung kommen, dagegen wird die sehr langsam dunkler werdende Prismenschicht nie so pigmentreich, daß die Streifung schon im auffallenden Licht erkennbar sein würde. LIST, der sich mit der Schalenstreifung und den Farbvariationen der Mytiliden aus Neapel befaßte, stellte fest, daß „im allgemeinen die beschriebenen Farbvarietäten von *Mytilus galloprovincialis* sehr selten sind, und gelangte zur interessanten Feststellung, daß einzelne, in Aushöhlungen des Seeufers lebende Exemplare von *Mytilus minimus* ganz farblos waren und ein gelbes Höhlenexemplar im Aquarium nach 2 Monaten dunkler geworden ist; daher war die Farblosigkeit der Schale dem Mangel an Pigment zuzuschreiben. Ich selbst habe in Neapel unter mehreren hundert Exemplaren von *Mytilus galloprovincialis* und *Mytilus minimus* kein einziges gestreiftes Tier gefunden und so dürften auch nach meinen eigenen Beobachtungen die gestreiften Tiere im Mittelmeer bedeutend seltener sein als in der Nordsee. Demgegenüber fand ich unter den von H. CASPERS aus Varna gesandten 25 größeren und kleineren pechschwarzen Muscheln 4 Stück mit blasser Schale und bei

2 Exemplaren war auch die Streifung erkennbar. Es ist interessant, daß unter den Muscheln aus Varna bei 7 Exemplaren Deformierungen der Schale vorkamen, doch während diese bei den schwarzen Muscheln in kleinen Scharten am Rand auftraten (Abb. 23, Bild 2) bestanden sie bei den blaß-braunen Exemplaren in einer ungewöhnlich hochgradigen Erhebung und Verkrümmung der Wirbel. Die blassen Muscheln besaßen außerdem eine entstellte Form, d. h. sie waren auch unvollkommen entwickelt. Schließlich sind die blassen und gestreiften Mytiliden im Mittelländischen Meer, wo Salzgehalts- und Temperaturschwankungen nur in geringem Grade vorkommen, im allgemeinen seltener, wogegen sie in der Nordsee, wo der Salzgehalt des Wassers niedriger ist und die Temperatur stärker schwankt, viel häufiger sind; soweit man aus der kleinen Mustersendung Schlüsse ziehen

kann, gehören nun auch die blaßbraunen Muscheln im Schwarzen Meer nicht zu den großen Seltenheiten, wo der Salzgehalt ebenfalls niedrig ist. Der Salzgehalt des Meeres, der Wechsel der hydrologischen Faktoren beeinflussen, wie bekannt, weitgehend das Wachstum der Muscheln und so kann im Mittelmeer die Seltenheit der Tiere mit blasser, dünner, gestreifter Schale eben auf das ungestörte Wachstum der Muscheln zurückgeführt werden. Dagegen waren diese Tiere gewiß aus erwähntem Grunde an den Schleswig-Holsteiner Küsten verhältnismäßig häufig und es entwickelten sich als Folge der wechselnden, und für das Gedeihen der Muscheln nicht allzu günstigen Faktoren pigmentarme, blaß oder stark gestreifte Exemplare, an welchen die ungünstigen Entwicklungsumstände auch in der verhältnismäßig häufigen Deformierung der Schale zum Ausdruck kamen. Auch die giftigen Süder-Pieper Muscheln sind nichts anderes als ein Haufen (eine Gemeinschaft) von solchen schlecht entwickelten Tieren, die „in Masse einen anderen Anblick gewähren“ als die ungiftigen (VIRCHOW), an welchen aber dieselben, auf eine verringerte Wachstumsenergie deutenden Anzeichen zu finden sind, wie, wenn auch in geringerer Anzahl und weniger ausgeprägt, so doch gut erkennbar, an den Tieren der übrigen Fundorte von Schleswig-Holstein.

### 8. Deutung der Erscheinungen an der Innenfläche der Muschelschalen.

An den Muscheln von der Süder-Pieper-Tonne waren aber auch einige Veränderungen zu verzeichnen, welche mit dem mangelhaften bzw. aberranten Wachstum nicht in Zusammenhang gebracht werden können. So wäre vor allem die kreideweiße Verfärbung zu betrachten. Diese Veränderung tritt nach KÜHNELT's Untersuchungen dann auf, wenn

die Muschel unter anaeroben Verhältnissen lebt. Unter diesen Umständen decken z. B. die länger trocken liegenden, geschlossenen Muscheln durch Spaltung der Reservestoffe, hauptsächlich des Glykogens ihren Energiebedarf. Bei diesem Vorgang entwickelt sich eine bedeutende Menge von  $\text{CO}_2$ , welche sich in der Schalenflüssigkeit löst. Wenn dieselbe eine gewisse Konzentration erreicht, wird sie die Perlmutter-schicht umso mehr angreifen, als diese Schicht bei *Mytilus* aus Aragonit besteht, der bekanntlich in Kohlensäure-haltigem Wasser relativ leicht löslich ist. Die kreideweiße Verfärbung ist daher nichts anderes als eine durch Kohlensäure verursachte Aetzung. Daß es sich tatsächlich so verhält, kann leicht bewiesen werden, wenn man die Schalen von *Mytilus* in verdünnte Säure enthaltendes Wasser legt. Auch am lebenden Tier kann das gezeigt werden, wenn die Muschel mit Draht umwickelt, am Öffnen ihrer Schale verhindert und zwecks vollständiger luftdichter Verschließung in eine Kittmasse eingebettet wird. In 24—48 Stunden wird sowohl bei den Tieren mit dunkler, dicker Schale (Abb. 24, Fig. 2), als auch bei den dünnchaligen blassen Tieren (Fig. 3), die kreideweiße Verfärbung in charakteristischer Form auftreten, während an den im Seewasser gehaltenen Kontrolltieren keine Spur einer Verfärbung zu sehen sein wird. Der Auftritt der kreideweißen Verfärbung bei den giftigen Muscheln deutet also auf eine Störung in den Oxydationsverhältnissen hin und zeigt das Ansteigen des Kohlensäuregehaltes der Schalenflüssigkeit an. Die Möglichkeit, daß die kalkweiße Verfärbung der Muscheln nach dem Einsammeln der Tiere während

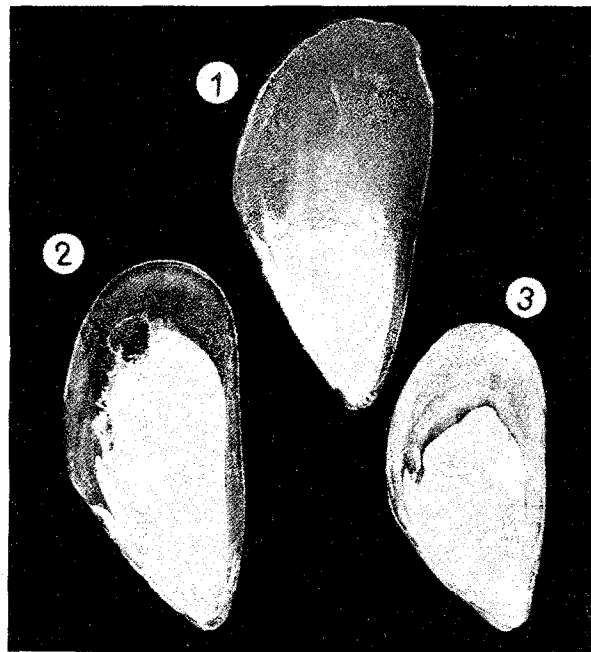


Abb. 24. Innenfläche mit kreideweißer Verfärbung von Muscheln, welche mit Draht umwunden in ihrem Öffnen gehemmt wurden (Fig. 2 u. 3). Figur 1 zeigt den Perlmutterglanz der Innenfläche eines Helgoländer Kontrolltieres. Natürliche Größe.

die kreideweiße Verfärbung in charakteristischer Form auftreten, während an den im Seewasser gehaltenen Kontrolltieren keine Spur einer Verfärbung zu sehen sein wird. Der Auftritt der kreideweißen Verfärbung bei den giftigen Muscheln deutet also auf eine Störung in den Oxydationsverhältnissen hin und zeigt das Ansteigen des Kohlensäuregehaltes der Schalenflüssigkeit an. Die Möglichkeit, daß die kalkweiße Verfärbung der Muscheln nach dem Einsammeln der Tiere während

des Transportes ins Institut entstanden wäre, darf ausgeschlossen werden, weil die Muscheln sofort nach der Erbeutung ebenso in mit Seewasser gefüllte Gefäße gelegt wurden, wie die von anderen Fundorten stammenden Muscheln, bei welchen diese kreideweiße Verfärbung bei ähnlich langer Dauer des Transportes nicht wahrgenommen werden konnte. Das Ansteigen des Kohlensäuregehaltes der Schalenflüssigkeit ist ein Zeichen der Zunahme der  $\text{CO}_2$ -Produktion oder ein Ergebnis der Erschwerung der  $\text{CO}_2$ -Abgabe; allerdings können diese beiden Vorgänge nicht voneinander getrennt werden. Eine Zunahme der Kohlensäure-Produktion entsteht dann, wenn die Muschel unter anaeroben Verhältnissen lebt und ihren Energiebedarf durch Spaltung des Glykogens deckt. Die  $\text{CO}_2$ -Abgabe wird nach SCHLIEPER'S Untersuchungen hauptsächlich durch den niedrigen Salzgehalt des Wassers und infolge der Temperatur erschwert. Ob bei den Süder-Pieper Muscheln die gesteigerte  $\text{CO}_2$ -Produktion oder die Erschwerung der Abgabe derselben die Hauptrolle spielte, kann auf Grund des bisher angeführten nicht beurteilt werden. Es steht aber fest, daß die Aetzung der Innenfläche durch den  $\text{CO}_2$ -Gehalt der Schalenflüssigkeit herbeigeführt wurde.

Dafür, daß die Süder-Pieper Muscheln tatsächlich unter dauernd ungünstigen Verhältnissen gelebt haben müssen, sprach auch ein anderer Umstand. Der Kristallstiel fehlte fast vollständig. Nach Untersuchungen von RAY hängt die rhythmische Erneuerung des Kristallstiels von der Intensität der Nahrungsaufnahme und vom Nährwert der zugeführten Nahrung ab. Im Magen der giftigen Muscheln war zwar reichlich Detritus und Fragmente von Diatomeen-Panzer vorhanden, aber ein Kristallstiel konnte nicht entdeckt werden. Die Untersuchungen von BERKELEY zeigten demgegenüber, daß der Kristallstiel auch in Gegenwart von Nahrungsstoffen verschwindet, wenn sich die Muschel unter schlechten Oxydations- oder sogar unter anaeroben Verhältnissen befindet. Wir müssen deshalb auch bei den Süder-Pieper Muscheln an diese Erscheinung denken. Bei den Süder-Pieper Muscheln war überdies der histologisch nachweisbare Mangel an Lipoiden und Glykogen zu beobachten. Es ist wohl wahr, daß die Ergebnisse der histochemischen Untersuchungen in dieser Hinsicht nicht in jeder Beziehung verlässlich sind, aber beim überwiegenden Teil der giftigen Tiere deutete die Häutchenartigkeit des Mantels schon an und für sich auf die Armut an Reservestoffen hin. Die Reservestoffe können aus verschiedenen Gründen verbraucht worden sein, oder sie bildeten sich von vornherein spärlich. Aus dem Glykogenschwund allein können keinerlei bestimmte Feststellungen gemacht werden. Dennoch müssen wir in Anbetracht des Umstandes, daß zur annähernd gleichen Zeit, als die Süder-Pieper Muscheln gesammelt wurden, an Tieren von anderen Tonnen längs der Schleswig-Holsteiner Küste diese Erscheinung so einheitlich nicht beobachtet wurde, im Hinblick auf alle auf Anoxybiose deutenden Zeichen daran denken, daß das Glykogen während der anoxybiotischen Atmung verbraucht worden ist. Wie erwähnt, waren in der Leber der giftigen Muscheln die fettartigen Stoffe und Glykogen nicht enthaltenden vacuolisierten Körnerzellen in verhältnismäßig vielen Tieren in großer Ausdehnung anzutreffen. Der Grund dieser Erscheinung ist unbekannt und solange die dynamische Struktur der normalen *Mytilus*-Leber in ihren Einzelheiten nicht klargelegt ist, können aus der großen Anzahl der vacuolen Körnerzellen naturgemäß ebenfalls keine bestimmte Schlüsse gezogen werden. Hier möchte ich nur kurz auf die Untersuchungen von COLLIP hinweisen, nach welchem die Muschel *Venus* die Fähigkeit besitzt, die Reaktion ihrer Gewebesäfte derart zu regulieren, daß sie die entstehende Kohlensäure zu Calciumcarbonat umbildet „mit Hilfe des Kalkes der Schale und wohl auch der Leber“, ferner auf die Beobachtungen von SCHLIEPER, wonach die Muscheln unter anaeroben Verhältnissen (unter Luftabschluß) das aus der Spaltung des Glykogens frei werdende  $\text{CO}_2$  mit Hilfe ihrer in der Leber und der Schale vorhandenen Kalkreserven als Bicarbonat binden. Wir wissen jedoch nicht, durch welche histologischen Anzeichen dieser Vorgang angezeigt wird und ob derselbe mit morphologisch nachweisbaren Veränderungen überhaupt verbunden ist. Es ist jedoch nicht ausgeschlossen, daß eben die oben erwähnten in großer Anzahl vorhandenen, von fettartigen Stoffen und Glykogen freien vacuolen Zellen damit im Zusammenhang stehen. Für alle Fälle kann aus der Aetzung der Schalen-Innenfläche und dem Fehlen des Kristallstiels geschlossen werden, daß die Muscheln von der Süder-Pieper-Tonne unter schlechten Oxydationsverhältnissen mit gesteigerter Kohlensäureproduktion oder behinderter  $\text{CO}_2$ -Abgabe lebten und der histochemisch nachweisbare Glykogenschwund dieser ohnehin mangelhaft entwickelten, daher an Reservestoffen ärmeren Tiere zum Teil mit diesem Vorgang in Beziehung steht.

Die rostbraune Fleckung der Schalen-Innenfläche sowie die Bildung von kleinen Lücken an der Perlmutter-schicht fand sich am häufigsten ebenfalls bei den giftigen



Muscheln von der Süder-Piep-Tonne. Zur Erklärung dieser Veränderung besitzen wir noch keine sicheren Anhaltspunkte. Der Vorgang nimmt an der Grenze der Prismen- und Perlmutter-schicht seinen Anfang und beschränkt sich ausschließlich auf die Perlmutter-schicht. Dabei scheint die Tatsache eine Rolle zu spielen, daß die Perlmutter-schicht aus durch kohlen-säurehaltiges Wasser leichter angreifbarem Aragonit besteht, wogegen die Prismen-schicht sich aus sehr schwer löslichem Kalkspat bildet. Was aber eigentlich die beschriebene Beschädigung der Perlmutter-schicht herbeiführt, dafür fehlen uns noch sichere, grundlegende Feststellungen. Durch den Fleck verlaufen oft kleine Spalten. Es ist möglich, daß solche primären Spalten in der Perlmutter-schicht den Weg für die an Kohlen-säure angereicherte Schalenflüssigkeit ins Innere der Perlmutter-schicht der unter schlechten Oxydationsverhältnissen lebenden Muscheln freimachen. Es scheint dabei gleichfalls nicht ausgeschlossen zu sein, daß sich diese Spalten sekundär in der bereits angegriffenen Perlmutter-schicht bilden. Ich war bemüht diese Erscheinung auf dem Versuchswege zu ergründen und schlug deswegen an der einen Schalenhälfte von Muscheln aus Helgoland mit Hilfe eines Lochseisens eine kleine Oeffnung, durch welche ich mit einer dünnen Spitzschere auch in den Mantel einen kleinen Ausschnitt machte, wobei die Wirbelgegend vorsichtig mit einem kleinen Hammer geklopft wurde, in der Voraussetzung, daß an der mehr verletzba- ren Perlmutter-schicht Risse entstehen würden. Hiernach habe ich die Muscheln, um das Oeffnen ihrer Schalen zu verhindern, mit Draht umwickelt und für 12 Tage in bei 100° C ausgekochtes, d. h. in sauerstoffarmes Wasser gelegt.

Durch die an einer Schalenhälfte ges- chlagene Oeffnung konnte sich aus der in sehr ungünstige Oxydations- verhältnisse versetzten Muschel das CO<sub>2</sub> einerseits entfernen, andererseits waren die ins Wasser gelegten Muscheln viel längere Zeit am Leben zu erhalten als die aufs Trockene gelegten, mit Draht umwickelten Tiere. Abb. 25. führt von diesen Versuchen die Schale je eines Tieres vor. An Fig. 1 ist eine durchlochte Schalenhälfte, in Fig. 2. die andere Schalenhälfte eines zweiten Tieres zu sehen mit der cha- rakteristischen Veränderung an einer Längsspalte in der Perlmutter-schicht. Die ausgeführten Versuche konnten aber die Frage trotzdem nicht klar- legen, ob die rostbraune Verfärbung bei allen Tieren in so hohem Grad auftritt, wie es das Bild darstellt. Die Veränderungen bleiben nämlich bei Wiederholung der Versuche oft aus. Dagegen stellte sich bei Anfertigung von



Abb. 25. An seiner Oeffnungsfähigkeit gehemmtes und an seiner Schale durchlöcher-tes Helgoländer Tier (Fig. 1) Innenfläche mit rostbrauner Fleckung.

Schliffen aus den Helgoländer Kontrolltieren heraus, daß in der Wirbelgegend, an der Grenze der Prismen- und Perlmutter-schicht, die primäre Form der Veränderung ohne Vorhandensein einer Spalte vorkommt. Es ist deshalb möglich, daß es sich in meinen Versuchen einfach darum handelte, daß eine bereits vorhandene Veränderung infolge der Verschlechterung der Oxydationsverhältnisse und durch das Ansteigen der Aetzwirkung der Kohlen-säure bloß in ihrer Ausdehnung zunahm. Ebenso wäre zu deuten, daß diese Veränderung unter den Muscheln sämtlicher Fundorte am häufigsten und in ausgeprägtester Form bei den giftigen Muscheln der Süder-Piep-Tonne zustandekam, bei welchen ja aus der kreideweißen Verfärbung der Schalen-Innenfläche zu vermuten ist, daß die Oxydationsverhältnisse dort am schlechtesten gewesen sind und die fehlerhafte Ausbildung sowie die Dünne der Muschelschale der weiteren Ausbreitung des Vorganges günstige Bedingungen bot. Es scheint aber, daß der Auslösungsfaktor des Vorganges in anderen, bisher unbekannt- en aetiologischen Umständen zu suchen ist und vielleicht mit auch an anderen Muscheln wahrnehmbaren und durch Mikroorganismen bewirkten Schalenerkrankungen in Zusammen- hang gebracht werden kann.

## C. Versuche über die Sedimentation von Muscheln.

### 1. Die Bedeutung der Versuche für die vorliegenden Probleme.

Das Besprochene über die Muscheln von der Süder-Piep-Tonne kann schließlich darin zusammengefaßt werden, daß diese Muscheln fehlerhaft entwickelte Tiere waren, welche unter ungünstigen Oxydationsverhältnissen lebten. Das Entstehen der Giftwirkung wird aber an und für sich durch keinen der beiden Faktoren erklärlich. An anderen Fundorten waren unter mangelhaft entwickelten Tieren verhältnismäßig sehr wenig giftige anzutreffen und an vielen trocken liegenden, oder aus anderen Gründen unter schlechten Oxydationsverhältnissen lebenden Muscheln war eine Giftwirkung überhaupt nicht nachweisbar. Nach meinen in Neapel vorgenommenen Untersuchungen wird das Entstehen der Giftwirkung durch die schlechten Oxydationsverhältnisse zusammen mit der ungünstigen Ernährungsweise, in Neapel z. B. in Gemeinschaft mit der überwiegend bakteriellen Nahrung gefördert. Bei den Süder-Pieper Muscheln kann von einer einseitigen bakteriellen Nahrung nicht die Rede sein, da doch die Muscheln nicht in einer geschlossenen Bucht von verunreinigtem Wasser lebten. Das Zustandekommen der Giftwirkung mußte daher durch andere, die Nahrungsaufnahme ungünstig beeinflussende Faktoren unterstützt werden. Die Ernährung der Muscheln hängt bei entsprechender Tätigkeit der Verdauungsorgane von der ungestörten Wasserströmung der Mantelhöhle ab, was wieder durch die erforderliche Intensität und Koordinierung der Flimmerzellenbewegung bedingt wird. Wie bekannt, sind in der Mantelhöhle der Muscheln zweierlei Wasserströmungen zu unterscheiden; die sogen. Atemströmung, die berufen ist, den Sauerstoff des Wassers den Kiemen zuzuführen und die gebildete Kohlensäure zu entfernen, wobei die als Sieb funktionierenden Kiemen die Nahrungsteilchen des Wassers aufhalten, ferner die Wandströmung, welche an der Kiemen-Oberfläche die durchfiltrierte, in Schleim eingebettete Nahrung zur Mundöffnung zu befördern hat und außerdem die überflüssigen Nahrungspartikelchen und die Abfallstoffe vom Mantel entfernt. Die beiden Strömungen sind voneinander unabhängig, beide sind aber eine Folge der Flimmerzellenbewegung. Treten daher in der Funktion der Flimmerzellenbewegung Störungen auf, so gestaltet sich sowohl die Atmung, als auch die Nahrungsaufnahme unvollkommen und aus dem gegenseitigen Aufeinanderwirken der beiden Funktionen entsteht ein richtiger „Circulus vitiosus“, welcher sämtliche Lebensfunktionen der Muscheln beeinflußt. Demgemäß wirken sich sämtliche Faktoren, welche die Arbeit der Flimmerzellen beeinträchtigen, zugleich auf den ganzen Stoffwechsel der Muschel aus. So ist die durch die Flimmerzellen bewirkte Wasserströmung ein wertvolles biologisches Reagenz zum Studium des Einflusses der verschiedenen äußeren Faktoren auf die Lebensfunktion der Muschel. Die Wasserströmung der Muscheln kann am leichtesten in der Weise untersucht werden, daß man dem Seewasser in dem geschlossenen Gefäß, in welchem sich die Muschel befindet, einen schwer sedimentierenden Stoff zugibt und die Schnelligkeit und Gleichmäßigkeit der Wasserreinigung beobachtet. Die Muschel treibt nämlich mit Hilfe der Wasserströmung die im Wasser suspendierten fremden Stoffe der Mantelhöhle zu, wo diese zum Teil als Nahrungstoffe verbraucht, zum Teil aber mit Schleim umhüllt wieder ins Wasser befördert werden, wo diese infolge ihres Gewichtes sich auf den Grund senken, d. h. das Wasser wird mit Hilfe der Wasserströmung der Muscheln gereinigt. Wenn die Temperatur des Wassers oder andere Faktoren ungünstig sind, wird die Wasserströmung der Muschel langsam oder ungleichmäßig, eventuell kann auch die Reinigung des Wassers unterbleiben, woraus mit Selbstverständlichkeit folgt, daß auch die Sauerstoffaufnahme nicht günstig sein kann und die Nahrungsaufnahme zum Teil oder ganz aufhört, da doch die langsame Wasserströmung nicht ebenso günstige Verhältnisse schaffen kann, als das bei raschem Wasseraustausch der Fall ist. Welche veränderten hydrologischen Faktoren weitgehende Störungen in den Oxydationsverhältnissen und in der Nahrungsaufnahme der Süder-Pieper Muscheln auszulösen vermochte, suchte ich so zu erforschen, daß ich die Wasserreinigungswirkung der von verschiedenen Fundorten stammenden Muscheln unter verschiedenen hydrologischen Verhältnissen und gleichzeitig auch die Nahrungsaufnahme untersuchte.

### 2. Die Methodik.

Ich habe anlässlich meiner Untersuchungen in Tihany und Neapel hinsichtlich der Wasserreinigungswirkung der Muscheln bereits jene Schwierigkeiten erörtert, welche bei den im Sinne des Obigen sich ergeben können. Die Muschel als lebender Organismus reagiert durch Aenderung ihrer Lebensfunktionen auf die verschiedensten äußeren

Einwirkungen und das aus seinem natürlichen Milieu in fremde Verhältnisse versetzte Versuchstier wird von den physiologischen Lebenserscheinungen weitgehend abweichende Lebensfunktionen zeigen. Deshalb soll man die frisch gefangenen Tiere sich den Versuchsverhältnissen anpassen lassen und sich in Vorversuchen orientieren, ob die Tiere sich zur Ausführung der geplanten Versuche überhaupt eignen. Aber es kann auch in den derart vorbereiteten Versuchen nur der Mittelwert der Ergebnisse einer größeren Anzahl von Versuchen berücksichtigt werden und es sind ausschließlich die Resultate der Versuche an Tieren mit identischem Gewicht miteinander zu vergleichen. In dieser Hinsicht ist besonders jene Feststellung von O. KESTNER und R. PLAUT zu berücksichtigen, daß das RUBNER'sche Prinzip auch betreffs der Muscheln gültig ist, d. h., daß bei gleicher Temperatur der Stoffwechsel in geradem Verhältnis zu der Körperoberfläche ansteigt. Aber bei den von mir untersuchten Muscheln ändert sich nicht nur das Gewicht derselben stark, sondern es war auch das Verhältnis der Muschelschale zu den Weichteilen sehr schwankend. So kann man sich über das tatsächliche Gewicht der Weichteile und über die Körperoberfläche nur dann orientieren, wenn die Tiere nach Beendigung des Versuches getötet werden und das Gewicht der Weichteile bestimmt wird und nur jene Versuche berücksichtigt werden, bei welchen das Gewicht der Weichteile annähernd gleich ist und zwischen der Flächen-Ausdehnung der Muschelschalen große Abweichungen nicht vorhanden sind. Daher stellte ich die Versuche in folgender Weise an. Zu den Versuchen benutzte ich ein Tag vorher außerhalb des Helgoländer Hafens geschöpftes Seewasser, dessen Salzgehalt bestimmt und mit Zugabe von destilliertem Wasser auf den erforderlichen Grad eingestellt wurde. Zur Untersuchung der Sedimentierung setzte ich dem Wasser pro Liter 1 g *Bolus alba* oder 20—40 Tropfen chinesischer Tusche oder Detritus von Meeresalgen zu. Die letzteren wurden in der Weise vorbereitet, daß ich die frisch eingesammelten Meeresalgen mit Quarzsand und etwas Wasser zu einem feinen Brei zerrieb. Dies wurde dann in ein kegelförmiges Glas gegossen und mit Seewasser verdünnt. Nach viertelstündiger Sedimentierung habe ich die Emulsion vom Quarzsand abgegossen und im Verhältnis 1:10 der Versuchsflüssigkeit beigemischt. Die dem Seewasser zugegebene Substanz habe ich einige Minuten lang in einem großen Glas geschüttelt, dann in erforderlicher Menge halbliter- oder literweise in gleichgroße Gläser (25 cm hoch, 13,3 cm Durchmesser, oder  $20 \times 9,5$  cm, oder  $11,5 \times 8,2$  cm) verteilt und ließ die Versuchsgefäße bis zum nächsten Morgen auf meinem Tisch im Laboratorium stehen. Die Temperatur der Flüssigkeit stellte sich auf diesem Platze in der Regel auf  $20^{\circ}$  C ein. Senkte sich die Temperatur unter diesen Grad, so wurden die Gefäße auf Bretter über die Heizkörper gestellt und die Temperatur der Versuchsflüssigkeit wieder genau auf  $20^{\circ}$  C eingestellt. Dann habe ich in sämtliche auf einen erschütterungsfreien Platz gestellten Versuchsgefäße bis zum Boden Luftzuleitungsröhren eingeführt und eine Viertelstunde lang durch die Flüssigkeit mit starker Strömung Luft durchblasen lassen. Mit Hilfe der einströmenden Luft wurde das Wasser in steter Bewegung gehalten und das nötige Vermengen des zu sedimentierenden Stoffes bewirkt. Nach einer Viertelstunde stellte ich die Luftzuleitung ein und setzte je ein Versuchstier in die Flüssigkeit. Zwei Tage zuvor habe ich die Schale der Versuchstiere gründlich gereinigt und sämtliche Tiere von gleichem Gewicht und gleichem Schalenbau mit dunkler dicker Schale oder blasser, gestreifter Schale auf 24 Stunden bei  $20^{\circ}$  C in je ein derartiges, mit den Versuchsgefäßen gleich großes Gefäß untergebracht, durch dessen Wasser ich vorher eine halbe Stunde lang Luft durchströmen ließ. Zu jedem einzelnen Versuch habe ich 20 Stück solcher Tiere vorbereitet und mit diesen am Nachmittag vor dem Versuch in einer mit Algendetritus vermengten Flüssigkeit Vorversuche unternommen. Aus diesen Tieren wählte ich 14—16 Exemplare aus, bei welchen in der Wasserreinigungswirkung keine wesentlichen Unterschiede zu verzeichnen waren. Die Hauptversuche wurden am darauffolgenden Morgen durchgeführt. Nach Beendigung derselben habe ich die Tiere getötet und nur die Ergebnisse jener Versuche berücksichtigt, bei welchen das Gewicht der Weichteile keine bedeutende Abweichung zeigte. Die Trübung der Flüssigkeit wurde mit dem PULFRICH'schen Photometer (ZEISS) in nachstehender Weise bestimmt. Die Untersuchungsflüssigkeit übertrug ich aus dem Versuchsgefäß mit einer 50 cm-Pipette in die Absorptionsröhre des Photometers. Die Absorptionsröhre hatte eine Schichtdicke von 250 cm. Nach Beendigung der Bestimmung ließ ich die Flüssigkeit vorsichtig ins Versuchsglas zurück. Die Bestimmung nahm ich in jedem Falle mit Hilfe von zwei Spektralfiltern vor u. zw. von den mit S 43, S 53 und S 72 bezeichneten Spektralfiltern mit jenem, welcher der Farbe der Versuchsflüssigkeit am besten entsprach und habe beide Angaben gesondert notiert. Die Messungen wurden stündlich und, wenn die Reinigung des Wassers schon in der ersten halben Stunde ver-

hältnismäßig rasch vor sich ging, halbstündig vorgenommen. In Fällen, wo die Wasserreinigung nur sehr langsam in Gang gesetzt wurde und der Versuch sich bis 24 Stunden oder noch länger hinauszog, stellte ich in den ersten 10—12 Stunden keine Messungen an und trachtete im allgemeinen die Versuchsflüssigkeit, wenn es nicht unbedingt nötig war, nicht anzurühren. Die Berechnung der Resultate erfolgte in nachstehender Weise. Mit sämtlichen Versuchen wurde parallel je ein Kontrollversuch ohne Muscheln ausgeführt, in welchem die durch die spontane Sedimentierung bewirkte Abnahme der Wassertrübung gleichzeitig mit den Muschelversuchen beobachtet wurde. Hiernach habe ich auf Grund der Formel 
$$W = \frac{E_v - E_n}{E_v} \times 100$$
 ( $W$  = Wirkungsgrad, d. h. Wasserreinigungswirkung der Muschel,  $E_v$  = Extinction der Kontrollösung, d. h. negativer Wert des Logarithmus der Durchlässigkeit,  $E_n$  = Extinction der die Muschel enthaltenden Flüssigkeit) die Wirkung jedes Spektralfilters gesondert berechnet und als Endresultat den Mittelwert der beiden Ergebnisse angenommen. (Beispiel: S 53 Filter Wirkung  $_1$ : 30, S 72 Filter Wirkung  $_2$ : 26, Endresultat Wirkung: 28.) Zur Berechnung der Ergebnisse benutzte ich die Tabelle der Zeiss Anleitung Mess. 430/d/v. Die Wirkung bedeutet daher in meinen Versuchen, um wieviel die Trübung der Versuchsflüssigkeit infolge der Wasserreinigungswirkung der Muscheln abnahm, d. h.  $W=100$  bedeutet die vollständige Wasserreinigung,  $W=0$  bedeutet das vollständige Fehlen der Wasserreinigungswirkung der Muschel.  $W=50$  zeigt an, daß die Trübung des Wassers infolge Reinigungswirkung der Muschel zur Hälfte,  $W=75$  daß dieselbe drei Viertel usw. abnahm. Tragen wir die Resultate der Messungen in ein Koordinatensystem ein, in welchem an der senkrechten Linie der Wirkungsgrad, an der waagrechten Linie der Zeitpunkt der Ablesung stündlich oder halbstündlich vermerkt wird, so zeigt die nach den Messungswerten entworfene Kurve die durch die Wasserreinigungswirkung der Muschel herbeigeführte Abnahme der Trübung unmittelbar, ohne Vergleich mit einer Kontrollkurve. Dieses Verfahren ist weit übersichtlicher, als das zu meinen in Neapel ausgeführten Versuchen verwendete Nephelometer-Verfahren. Das Zeiss'sche Pulfrich-Photometer hat sich in meinen Versuchen als ein vorzüglich brauchbarer, einfach und rasch zu behandelnder Apparat bewährt.

### 3. Die Ergebnisse von Versuchen mit Normaltieren.

Durch die in obiger Weise eingeleiteten Versuche wollte ich mich vor allem darüber orientieren, welchen Wert die Wasserreinigungswirkung der Helgoländer Muscheln im allgemeinen ergibt, um zur Beurteilung der Wasserreinigungswirkung der giftigen Tiere über bestimmte Kontrollwerte zu verfügen, wobei zu betonen ist, daß die erhaltenen Resultate nur relative Werte sind, welche die Wasserreinigungswirkung der Muscheln eines bestimmten Fundortes zu einer bestimmten Jahreszeit und unter gewissen Versuchsbedingungen anzeigen, ohne daß hierbei dieselben Werte z. B. für eine andere Jahreszeit maßgebend sein würden. Zu den in der Zeit vom 6.—10. Dezember ausgeführten Versuchen benutzte ich die am 3. Dezember gesammelten Muscheln mit dunkel-olivbrauner, dicker Schale, deren Weichteilgewicht auf Grund der ersten vergleichenden Messungen nach meiner Schätzung etwa um 5 g gewesen sein durfte. (Tiere mit einem Gesamtgewicht von 18,5—19,5 g). Den Salzgehalt der Versuchsflüssigkeit habe ich mit Rücksicht darauf, daß nach REICHARD'S Untersuchungen der Jahres-Mittelwert des Salzgehaltes bei Helgoland 32,1 beträgt, auf diesen Wert eingestellt. Die Schichthöhe der Versuchsflüssigkeit stellte ich durch Hebung oder Senkung eines mit der Öffnung nach unten gerichteten Zylinders von 3 cm Durchmesser in jedem Gefäß auf 10 cm ein und benutzte zu diesen Untersuchungen je ein halbes Liter Seewasser mit 0,5 g *Bolus alba*-Gehalt. Die Temperatur der Flüssigkeit wurde in bereits beschriebener Weise auf 20° C gehalten. Gleiche Versuche habe ich in dem sich im Kellergeschoß befindlichen Kulturraum angestellt, wo die Versuchsflüssigkeiten bis Ende Dezember mit einer Schwankung von kaum 1—2 Zehntelgraden die Temperatur von 10° C beibehielten. Ähnliche Versuche bei 20° C mit Tieren von 2,5 g Weichteil- und 10,5 g Körpergewicht, ferner von 0,5 g Weichteil- und 1,5 g Körpergewicht ausgeführt. Die Ergebnisse sämtlicher Versuche stellt Abb. 26 zusammenfassend dar. Die fortlaufende Linie (—) bezeichnet die Versuche bei 20° C, die punktierte (.....) Linie zeigt die Ergebnisse des Versuches bei 10° C an. Die Zahlen über den Linien geben die Größe der Tiere an. An der waagrechten Linie des Koordinatensystems ist die Zeit der Ablesungen in Stunden und Minuten vermerkt. Die Ablesungen wurden auch hier halbstündig vorgenommen u. zw. von den 16 Versuchstieren abwechselnd bei je 8 Tieren in den ersten 15 Minuten die Resultate der Tiere Nr. 1—8, in den weiteren 15 Minuten von Nr. 9—16, doch habe ich bei Bestimmung der Mittelwerte nur die Werte von

jenen 10 Tieren berücksichtigt, bei welchen nach dem nachträglichen Wiegen das Gewicht der Weichteile keine wesentliche Abweichung zeigte. Auf Grund der Kurven gelangt man zur Feststellung, daß bei 20°C die Miesmuschel von 5 g Weichteilgewicht  $\frac{1}{2}$  Liter Wasser in 3 Stunden vollkommen reinigte und daß dieser Wert bei der Muschel von 2,5 g Weichteilgewicht nur um 30 Minuten, bei 0,5 g Weichteilgewicht um 60 Minuten ansteigt. Während jedoch die Kurven der Tiere von 5 g und 2,5 g beinahe gemeinsam verlaufen und die zwei größeren Tiere mehr als  $\frac{4}{5}$  der Trübung des Wassers schon im Laufe einer Stunde reinigten, verläuft bei der Muschel von 0,5 g die Kurve wesentlich abweichend und das Tier hat im Laufe einer Stunde die Trübung des Wassers auch nicht zur Hälfte vollkommen gereinigt. Bedenkt man aber, daß diese Muschel zehnmal bzw. fünfmal kleiner ist als die beiden anderen, so kann mit Bestimmtheit gefolgert werden, daß die Reinigung des Wassers hier relativ viel rascher vor sich ging, als bei den vorigen. Im Anschluß an meine Untersuchungen in Neapel habe ich aber bereits angedeutet, daß bei Untersuchungen im geschlossenen Gefäß die kleinen Muscheln sich nicht unter denselben Versuchsverhältnissen befinden wie die großen. Da den kleinen Tieren verhältnismäßig mehr Sauerstoff zur Verfügung steht und sich weniger CO<sub>2</sub> bildet, ist auch der Kohlen säuregehalt der Versuchsflüssigkeit geringer. Auf die Besprechung dieser Verhältnisse werden wir noch bei Erörterung der mit Luftzuleitung angestellten Versuche zurückkommen. Die Ergebnisse obiger Versuche eignen sich für alle Fälle zur Bestimmung des Durchschnittwertes der Wasserreinigungswirkung von Muscheln von 5, 2,5 und 0,5 g Gewicht auf ein halbes Liter Wasser bei 20° C Temperatur bezogen und es können auf dieser Grundlage hinsichtlich der Wasserreinigungswirkung der giftigen Muscheln Vergleiche angestellt werden.

Der beschriebene Versuch bietet auch dafür einen Stützpunkt, daß die Wasserreinigungswirkung bei 10° C um ein bedeutendes langsamer ist als bei 20° C. Auf Grund des bekannten Gesetzes von STOKES kann — nachdem das spezifische Gewicht und die Viscosität der Flüssigkeit von der Temperatur abhängen, festgestellt werden, das die Sedimentierung im wärmeren Wasser rascher vor sich geht. Dies spielt jedoch bei Obigem keine Rolle, da die graphisch dargestellten Werte

mit Kontrollversuchen verglichene, d. h. relative Werte darstellen, die also nicht den Sedimentierungsgrad anzeigen, sondern die Wasserreinigungsfähigkeit der Muschel im Verhältnis zu einer gewissen Sedimentierungs-Geschwindigkeit bestimmen. Ähnlich wären auch die bei verschiedenem Salzgehalt des Wassers ausgeführten Versuche zu beurteilen. Die Wasserreinigung der Muscheln wird durch die Tätigkeit der Flimmerzellen bedingt. Die Verlangsamung der Wasserreinigungswirkung im kalten Wasser steht offenbar mit dem Nachlassen der Flimmerzellenfunktion im Zusammenhang. GALTSOFF machte bei den amerikanischen Austern die Feststellung, daß die Tätigkeit der Flimmerzellen zwischen 25° und 30° C am stärksten ist und im Winter die Strömungsfunktion nur dann einsetzt, wenn die Temperatur des Wassers 8° C erreicht. Der Zusammenhang der Tätigkeit der bewimperten Epithelzellen mit der Wassertemperatur ist vom Gesichtspunkte der Nahrungsaufnahme von großer Bedeutung. So fand ich, daß zur eingehenden Erforschung der Frage umso eher weitere Versuche nötig sind, als in der Entfaltung der Giftwirkung die Ernährungsweise entscheidend ist oder zumindest eine sehr wichtige Rolle spielt. Deshalb suchte ich die an *Mytilus* gemachten Wahrnehmungen mit dem ähnlichen Verhalten anderer Muscheln zu vergleichen und führte Versuche mit Austern aus. Herr Professor HAVINGA war so freundlich, der Biologischen Anstalt junge holländische Austern zur Verfügung zu stellen. Die Tiere trafen dort am 21. Januar ein und lebten 2 Wochen lang in Aquarien

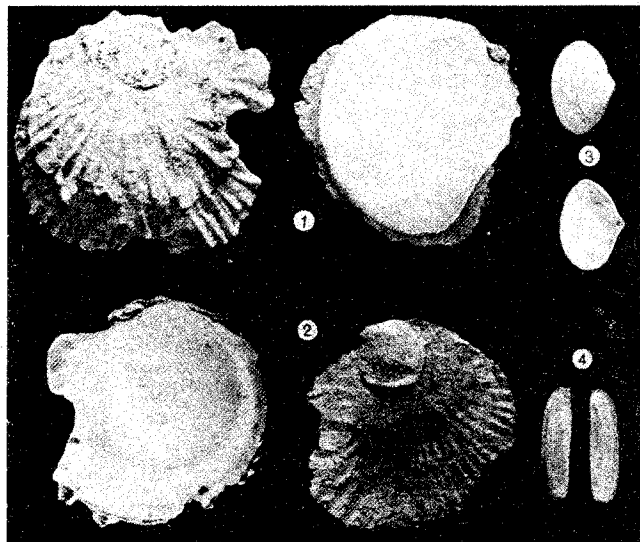


Abb. 27. *Ostrea edulis* aus der Osterschelde (Fig. 1 u. 2). *Spisula solida* (Fig. 3), *Cultellus pellucidus* (Fig. 4) aus der Gegend von Helgoland.

mit einer Wassertemperatur von  $8,5-9^{\circ}$  C. Das volle Durchschnittsgewicht der Tiere aus der Osterschelde (Jerseke) (Abb. 27 Fig. 1 u. 2) betrug  $18-26$  g, das Gewicht der Schale schwankte stärker und machte durchschnittlich  $13-22$  g aus, wogegen das Weichteilgewicht verhältnismäßig in geringerem Grade schwankte und abgesehen von wenigen Ausnahmen sich im allgemeinen zwischen  $2,2-2,8$  g bewegte. Außer diesen Tieren lagen uns nur wenige Exemplare wesentlich größerer oder kleinerer Austern vor. Dem Wasser des Aquariums wurde eine Algenkultur zugegeben und es konnte an einigen untersuchten Tieren festgestellt werden, daß die Austern am 3. Februar in Wasser von  $8,5^{\circ}$  C Temperatur reichlich Nahrung aufgenommen hatten. Mit den Austern habe ich am 4. Februar bei  $20^{\circ}$  C und Wassertemperaturen von  $15^{\circ}$  C und  $10^{\circ}$  C, ähnlich wie mit den *Mytilus*, Versuche angestellt. Die Wassertemperatur von  $15^{\circ}$  C und  $10^{\circ}$  C wurde in einem kühlen Institutsraum bzw. im Kühlschrank erreicht. Die übrigen Versuchsver-

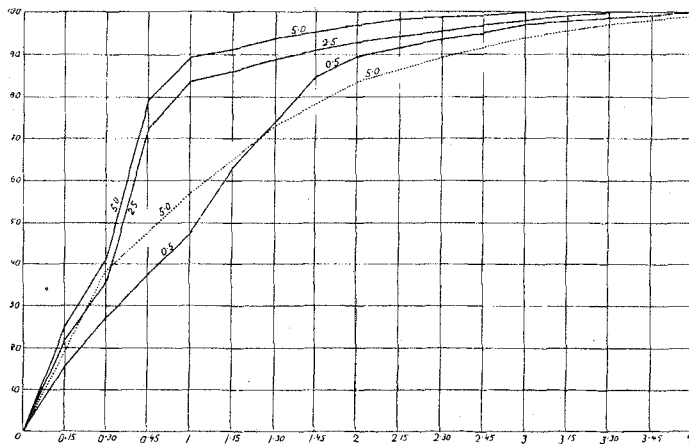


Abb. 26. Wasserreinigungswirkung Helgoländer Miesmuscheln von verschiedenem Gewicht in mit *Bolus alba* gemischtem Meerwasser (Salzgeh.:  $32,1\text{‰}$ ). —: Versuche bei  $20^{\circ}$  C. - - - - -: Versuch bei  $10^{\circ}$  C. Die Zahlen über den Linien geben den Mittelwert des Weichteilgewichtes der Tiere an.

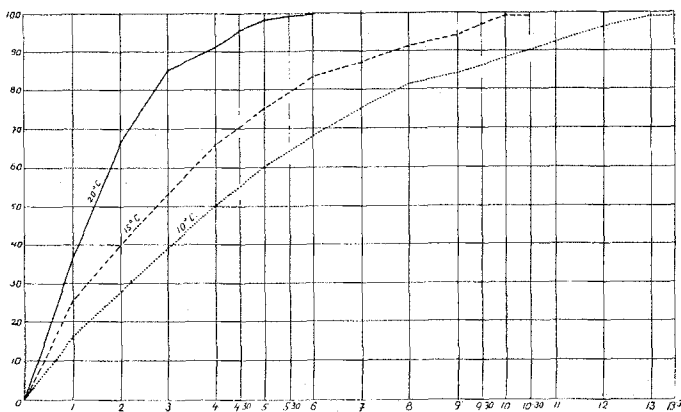


Abb. 28. Wasserreinigungswirkung der Austern in mit *Bolus alba* gemischtem Meerwasser von  $32,1\text{‰}$  bei versch. Temperaturen. —: bei  $20^{\circ}$  C. - - - - -: bei  $15^{\circ}$  C. ·····: bei  $10^{\circ}$  C.

hältnisse stimmten vollkommen mit jenen der bei Abb. 26 angeführten überein und das Gewicht der Weichteile habe ich auch hier nach Abtöten der Austern bestimmt, allerdings mit dem Unterschied, daß die mit Nummern bezeichneten Tiere inzwischen vor dem Abtöten einige Tage hindurch auch noch zu anderen ähnlichen Versuchen verwendet wurden. Abb. 28 veranschaulicht den Einfluß der Temperatur auf die Wasserreinigungswirkung der Austern. Es sind hier die Resultate der Tiere um etwa  $2,5$  g Weichteilgewicht angeführt. Man gelangt danach zu der Feststellung, daß Austern dieser Größenordnung das Wasser bei  $20^{\circ}$  C in 6 Stunden, bei  $15^{\circ}$  C in 10 Stunden, bei  $10^{\circ}$  C in 13 Stunden reinigen. Auf der Tabelle bezwecken die über Wirkungsgrad 98 eingetragenen Werte nur die Feststellung, ob die Wirkung auf 100 ansteigt oder ob der Wert 98 innerhalb der Fehlergrenze die vollständige Reinigung des Wassers bezeichnet. Daher zeigte sich die Temperatur von  $20^{\circ}$  C sogar bei jenen Austern, die bereits 2 Wochen vorher im Wasser von  $8,5^{\circ}$  C lebten, d. h. sich der niedrigeren Temperatur anpaßt haben, für die Wasserreinigungswirkung viel günstiger. Bei diesen Tieren nahm die Trübung des Wassers schon in nicht ganz  $1\frac{1}{2}$  Stunden um die Hälfte ab, wogegen dieselbe Wirkung bei  $10^{\circ}$  erst in 4 Stunden eintrat.

Um diese Erscheinung auch an anderen Tieren zu untersuchen, habe ich mit 8 bzw. 16 Exemplaren der am 25. Januar von der Loreley-Bank gefischten *Spisula solida* Linn. (Abb. 27 Fig. 3), ferner mit aus dem nordwestlich von Helgoland etwa 4 Seemeilen entfernt liegenden, 29 m tiefen grauen Schlick am 28. Januar gefischten Exemplaren von *Cultellus pellucidus* Pennant (Abb. 27, Fig. 4) in nachstehender Weise Untersuchungen vorgenommen. Tiere von  $2,2-2,3$  g mit  $0,5$  g Weichteilgewicht, ferner von  $0,8-0,9$  g ebenfalls mit  $0,5$  g Weichteilgewicht und aus dem Helgoländer Versuchsteich stammende

dunkelschalige Muscheln von 1,6 g mit 0,5 g Weichteilgewicht habe ich in ein Versuchsgefäß untergebracht, an dessen Boden für die *Spisula* aus sandigem Schlamm, für die *Cultellus* aus dem mit ihnen zusammen herausgehobenem Schlamm eine ungefähr 5 cm hohe Schicht gebildet wurde. Die beiden zuerst erwähnten Muscheln vergruben sich alsbald in den Sand, bzw. Schlamm. Die Miesmuschel legte ich auf ein auf den Schlamm gestelltes Uhrgläschen. Nach 24stündigem Abstellen habe ich das Wasser mit Hilfe einer Pipette abgesaugt und mit dem vorher gesondert mit Luft durchströmten und mit *Bolus alba* vermengetem Wasser Versuche unternommen. Von den sich bei der Vorbereitung bewährten Tieren wurde das Wasser erneut abgesaugt und ich füllte das Gefäß mit frischer Versuchsflüssigkeit wieder an, wobei ich das Gefäß der bei 10° C auszuführenden Versuche in den Kühlschrank stellte. Die Versuchsergebnisse sind auf Abb. 29 vermerkt. Die Kurven stimmen mit meinen Untersuchungen in Neapel insofern überein, als die Wasserreinigungswirkung der Siphoniaten bedeutend rascher ist als die der Mytiliden. Während nämlich die beiden Siphoniaten das Wasser in 2 Stunden 30 Minuten, bzw. 3 Stunden reinigten, erfolgte das bei den Mytiliden in voller Uebereinstimmung mit den Daten des bei Abb. 26 angeführten Versuches erst in 4 Stunden. Noch auffallender ist aber die Erscheinung, daß, während in den Untersuchungen mit *Spisula* und *Cultellus* zwischen den Versuchen bei 20° C und 10° C kein wesentlicher Unterschied besteht, bei den Mytiliden in dieser Richtung bedeutende Differenzen zu vermerken sind. Im tiefen Wasser der offenen See, wo eine wesentliche Erwärmung des Wassers in der Regel nicht auftritt, haben sich dort lebende *Spisula*- und *Cultellus*muscheln augenscheinlich an die niedrige Temperatur des Wassers angepaßt. Es scheint dagegen ein derartiges Anpassungsvermögen bei den an den Ufern lebenden *Mytilus* nicht vorhanden zu sein. Bei dieser Muschel stellen auch bei jüngeren Tieren, und sogar zur Winterzeit 20° C die günstigste Temperatur für die Strömungsfunktion dar, wenn auch der Unterschied nicht so groß ist, wie bei den Austern, wo die Wasserreinigungswirkung bei 10° C um das Doppelte schlechter wird als bei 20° C. Von diesem Gesichtspunkt aus konnten die untersuchten Tiere in 3 Gruppen eingeteilt werden u. zw. bildeten die Muscheln *Spisula* und *Cultellus* das eine Extrem, das andere die Austern und zwischen den beiden steht die Miesmuschel, bei welcher die durch die Flimmerzellen bewirkte Strömungsfunktion bei Senkung der Temperatur deutlich nachläßt.

Wie erwähnt, sind im geschlossenen Gefäß die großen und kleinen Tiere nicht unter denselben Versuchsbedingungen, da bei verschiedenem O<sub>2</sub>-Bedarf ihnen die gleiche Sauerstoffmenge zur Verfügung steht. Um das zu umgehen und um die Wasserreinigungswirkung unter sauerstoffreichen und sauerstoffarmen Verhältnissen zu untersuchen, habe ich die Versuche in der Weise wiederholt, daß ich ins Versuchsgefäß eines jeden Tieres mit Hilfe einer 3 mm weiten Röhre aus der Luftzuleitung des Institutes von 0,5 Atmosphären Ueberdruck langsam Luft einströmen ließ. Naturgemäß wurden die Versuchsbedingungen infolge der ständigen Wasserbewegung modifiziert, da hierdurch einerseits die spontane Siedimentierung verhindert wurde, andererseits trieb die verstärkte Wasserbewegung die suspendierten Stoffe den Muscheln zu und beeinflusste dadurch die Wasserreinigungswirkung derselben günstig. Die sich ergebenden Resultate sind folglich auch nur relative Vergleichswerte. Die in einem halben Liter mit 20 Tropfen chinesischer Tusche vermengetem Seewasser bei 20° C und bei 10° C in dieser Richtung ausgeführten Versuche

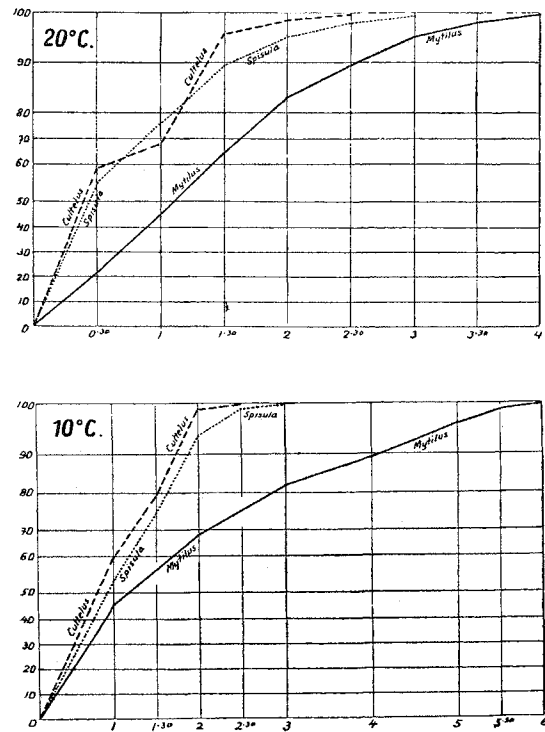


Abb. 29. Wasserreinigungswirkung von *Cultellus pelucidus*, *Spisula solida* und *Mytilus edulis* von gleichem Weichteilgewicht in mit *Bolus alba* gemischtem Meerwasser (Salzgehalt 32,1‰). Die obere Figur zeigt Versuchsergebnisse bei 20° C, die untere bei 10° C. Die mit verschiedenen Muscheln unternommenen Versuche sind mit den Namen der betreffenden Tiere bezeichnet.

sind zusammen mit den Kontrollversuchen ohne Luftzuleitung in Abb. 30 dargestellt. Die Versuche mit Luftzuleitung sind hier durch eine fortlaufende Linie, die ohne Luftzuleitung durch eine gestrichelte Linie dargestellt. Die Zahlen über den Linien zeigen den Mittelwert der Weichteilgewichte der Versuchstiere in g an. Sowohl hier als auch an mehreren späteren Abbildungen ist die Einteilung nicht vollkommen gleich, damit an den Stellen, wo mehrere Kurven zu nahe beieinander verlaufen, das Bild klarer hervortritt. Die Kurven lassen die Folgerung zu, daß, falls durch die Versuchsflüssigkeit ständig Luft gepumpt wird, bei 20° C die Reinigung des Wassers viel schneller vor sich geht als ohne Luftzufuhr, dagegen besteht bei 10° C bei den 5 g schweren Tieren in dieser Hinsicht kein Unterschied und auch bei den 0,5 g schweren Tieren ist der Unterschied nur gering, es macht im ganzen 30 Minuten aus. Während also bei 20° C das reichliche Vorhandensein von Sauerstoff die Störungsfunktion fördert, besteht bei 10° C eine solche

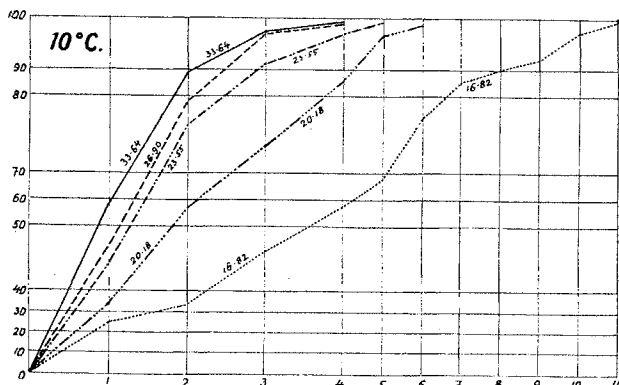
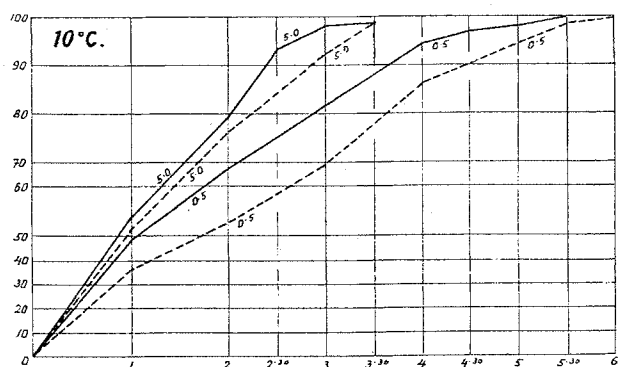
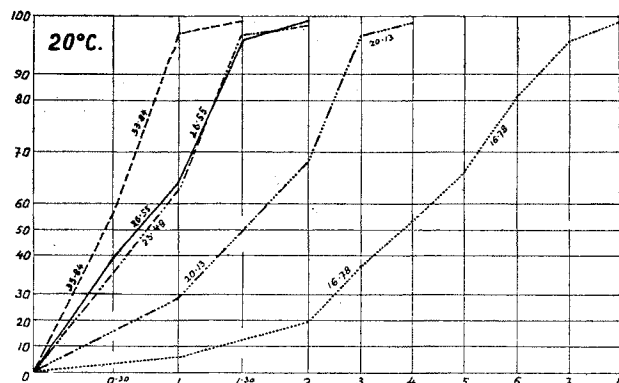
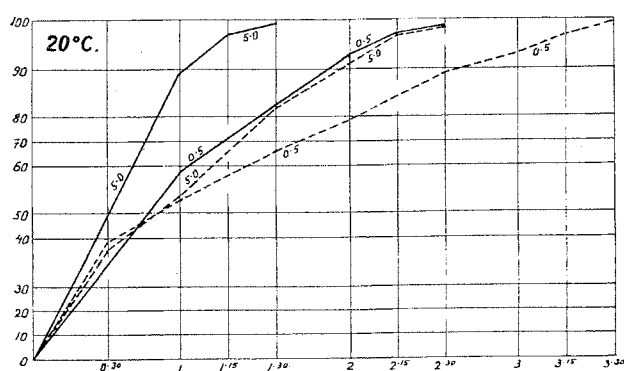


Abb. 30.

Abb. 31.

Abb. 30. Wasserreinigungswirkung von Miesmuscheln mit verschiedenem Gewicht in mit chinesischer Tusche gemischtem Meerwasser (Salzgeh. 32,1‰). —: Versuche bei ständiger Luftdurchströmung, - - - - -: Versuche ohne Luftdurchströmung. Die obere Figur zeigt Versuchsergebnisse bei 20° C, die untere bei 10° C. Die Zahlen über den Linien geben den Mittelwert des Weichteilgewichtes der Tiere an.

Abb. 31. Wasserreinigungswirkung von Miesmuscheln mit einem Weichteildurchschnittsgewicht von 6,5 g in mit chinesischer Tusche gemischtem Meerwasser von verschiedenem Salzgehalt und bei verschiedenen Temperaturen. Die obere Figur zeigt Versuchsergebnisse bei 20° C, die untere bei 10° C. Die Zahlen über den Linien geben den Salzgehalt pro Mille an.

Differenz nicht oder nur in sehr geringem Grade. Aus der Kurve ist ferner zu ersehen, daß sich in der Dauer der Wassereinigwirkung der kleinen und großen Tiere bei Gegenwart von reichlichem Sauerstoff verhältnismäßig größere Differenzen zeigen als in der sauerstoffärmeren Versuchsflüssigkeit. Während nämlich bei Luftzufuhr die Zeitdauer der Wasserreinigungswirkung des 5 g schweren Tieres (1 Stunde 30 Min.) nur etwas mehr als die Hälfte der Zeitdauer des 0,5 g schweren Tieres (2 Stunden 30 Min.) betrug, macht der Wert bei den ohne Luftdurchströmung vorgenommenen Versuchen bei 5 g schweren Tieren (2 Stunden 30 Minuten) fast drei Viertel der Zeit (3 Stunden 30 Minuten) der 0,5 g schweren Tiere aus. Es werden sich also bei 20° C in den Versuchen ohne Luftzufuhr die kleinen Tiere unter günstigeren Versuchsverhältnissen befinden als die größeren, weil



ihnen mehr Sauerstoff zur Verfügung steht. Bei ständiger Durchlüftung der Flüssigkeit dagegen wird die Dauer der Wasserreinigungswirkung des größeren Tieres verhältnismäßig mehr verkürzt und die Strömungstätigkeit rascher als die des kleinen Tieres, weil es seinen Sauerstoffbedarf ebenso gut befriedigen kann wie das kleine Tier. Nachdem aber in den Versuchen mit Luftdurchströmung die Differenz zwischen der Dauer der Wasserreinigungswirkung der Tiere von 5 g und 0,5 g Weichteilgewicht noch immer gering ist, da doch das zehnfach kleinere Tier während der doppelten Zeit das Wasser ebenso reinigt wie das viel größere, kann festgestellt werden, daß die Strömungstätigkeit der kleineren Tiere bedeutend rascher ist als die der großen. Diese Erscheinung dürfte wahrscheinlich in der lebhafteren Tätigkeit der Flimmerzellen ihre Erklärung finden.

Die Lebensfunktionen der Muscheln werden aber nicht nur durch den Sauerstoffgehalt und die Temperatur des Wassers, sondern neben anderen Faktoren auch durch den Salzgehalt wesentlich beeinflußt. Zur Untersuchung der Frage habe ich in  $\frac{1}{2}$  Liter, mit 15 Tropfen chin. Tusche vermischt und dest. Wasser

auf verschiedenen Salzgehalt eingestellten Seewasser bei einer Schichthöhe von 6,8 cm Versuche vorgenommen. Zu diesen benutzte ich durchschnittlich 24—25,5 g schwere Tiere von durchschnittlich 6,5 g Weichteilgewicht. Die Bestimmung des Salzgehaltes wurde auf Grund der KNUDSEN'schen hydrographischen Tabelle mit dem Araometer vorgenommen und nach Verdünnung des Seewassers mit dest. Wasser auf die Hälfte, ein Drittel, ein Viertel usw. habe ich den Salzgehalt nochmals bestimmt. Der Versuch ist an Abb. 31 veranschaulicht. Die über die Linien geschriebenen Zahlen zeigen den verschiedenen Salzgehalt an, wobei auch die Linien der in Flüssigkeiten von verschiedenem Salzgehalt ausgeführten Versuche verschiedenartig, fortlaufend gestrichelt, punktiert usw. gezogen sind. Von den Kurven kann abgelesen werden, daß im Seewasser von verschiedenem Salzgehalt in der Wasserreinigungswirkung der *Mytilus* verhältnismäßig große Differenzen bestehen. So ist z. B. bei 20° C und einem Salzgehalt von 33,84‰ bei der angewandten Versuchsmethodik die Reinigung des Wassers schon in 1 Stunde 30 Minuten eine vollständige gewesen, wogegen im Seewasser von 16,78‰ Salzgehalt diese Erscheinung erst in 8 Stunden eintrat, d. h. daß mehr als die fünffache Zeit dazu nötig war. Bei 10° C geht die Wasserreinigungswirkung im Seewasser mit 33,64‰ Salzgehalt viel langsamer vor sich und kommt jenem mit 26,90‰ Salzgehalt gleich. Aus der Kurve ist auch zu ersehen, daß bei 10° C zwischen den Versuchswerten der beiden extremen Salzhalte die Differenz gering ist, es macht aber trotzdem fast das Dreifache des Wertes von 33,64‰ aus. Diese Versuche habe ich auch an 2—2,4 g schweren Tieren mit 0,6 g Weichteilgewicht wiederholt. Dieselben sind in Abb. 32 dargestellt. Wo an der Skizze die Linien der senkrechten Einteilung unter-

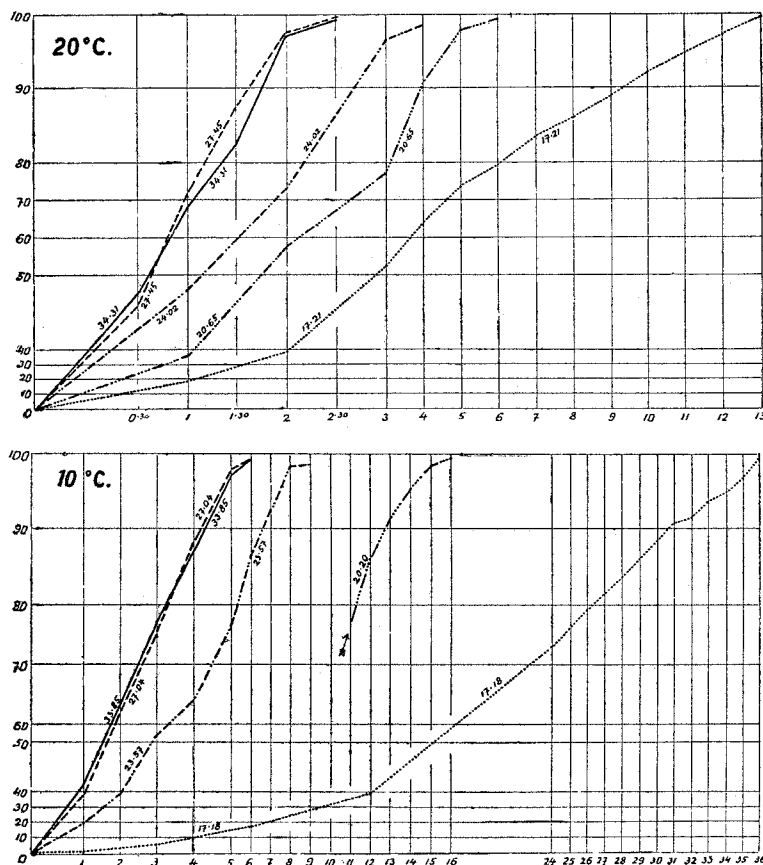


Abb. 32. Wasserreinigungswirkung von Miesmuschel mit einem Weichteilgewicht von 0,6 g in mit chinesischer Tusche gemischtem Meerwasser von verschiedenem Salzgehalt und bei verschiedenen Temperaturen. Die obere Figur zeigt Versuchsergebnisse bei 20° C, die untere bei 10° C. Die Zahlen über den Linien geben den Salzgehalt pro Mille an.

So ist z. B. bei 20° C und einem Salzgehalt von 33,84‰ bei der angewandten Versuchsmethodik die Reinigung des Wassers schon in 1 Stunde 30 Minuten eine vollständige gewesen, wogegen im Seewasser von 16,78‰ Salzgehalt diese Erscheinung erst in 8 Stunden eintrat, d. h. daß mehr als die fünffache Zeit dazu nötig war. Bei 10° C geht die Wasserreinigungswirkung im Seewasser mit 33,64‰ Salzgehalt viel langsamer vor sich und kommt jenem mit 26,90‰ Salzgehalt gleich. Aus der Kurve ist auch zu ersehen, daß bei 10° C zwischen den Versuchswerten der beiden extremen Salzhalte die Differenz gering ist, es macht aber trotzdem fast das Dreifache des Wertes von 33,64‰ aus. Diese Versuche habe ich auch an 2—2,4 g schweren Tieren mit 0,6 g Weichteilgewicht wiederholt. Dieselben sind in Abb. 32 dargestellt. Wo an der Skizze die Linien der senkrechten Einteilung unter-

brochen sind, wurde im entsprechenden Zeitpunkt die Trübung der Versuchsflüssigkeit nicht bestimmt. Bei den Versuchen im Seewasser von  $10^{\circ}\text{C}$  und  $20,20\text{‰}$  Salzgehalt wurden die Bestimmungen erst nach 11 Stunden begonnen. Im Seewasser mit  $17,18\text{‰}$  Salzgehalt sind Bestimmungen von 12 bis 24 Stunden nicht vorgenommen worden. Es ist auf Grund der Kurven feststellbar, daß bei kleineren Tieren bei Senkung des Salzgehaltes die Wasserreinigungswirkung bei  $20^{\circ}\text{C}$  im großen und ganzen ebenso abnimmt wie bei den zehnfach größeren Tieren, wogegen bei  $10^{\circ}\text{C}$  die Verschlechterung der Wasserreinigungswirkung jene der großen Tiere weit übersteigt. Wenn auch der Wert von  $33,85\text{‰}$  schon selbst einen recht langsamen Vorgang (6 Stunden) anzeigt, stellt der Wert von  $17,18\text{‰}$  die sechsfache Verlangsamung der Wasserreinigungswirkung (36 Stunden) dar. Folglich ging bei den kleinen Muscheln von gleicher Größe die Wasserreinigungswirkung im Falle der Senkung der Wassertemperatur um  $10^{\circ}\text{C}$  und des Salzgehaltes um  $50\text{‰}$  von 2 Stunden 30 Minuten auf 36 Stunden zurück.

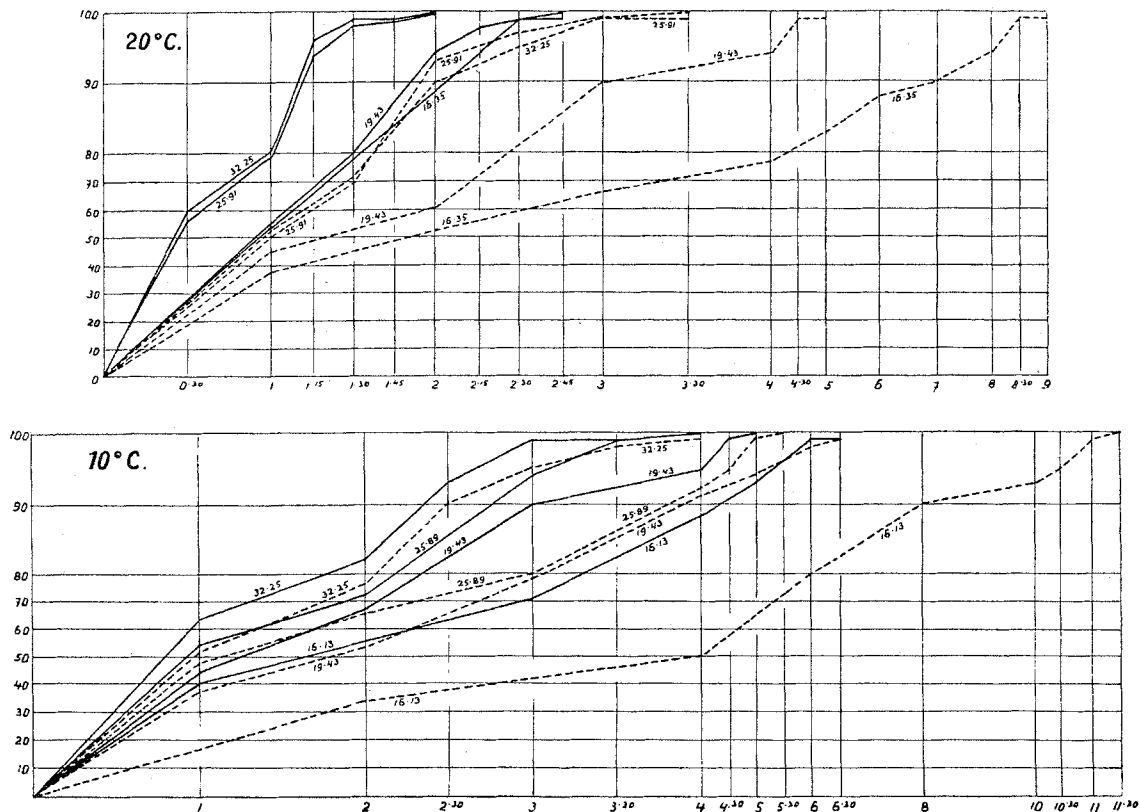


Abb. 33. Wasserreinigungswirkung von Miesmuscheln mit einem Weichteildurchschnittsgewicht von 2,5 g in mit chinesischer Tusche gemischtem Meerwasser von verschiedenen Salzgehalt und bei verschiedenen Temperaturen, bei ständiger Durchströmung mit Luft und ohne Luftdurchströmung. —: Versuche bei ständiger Luftdurchströmung, - - - - -: Versuche ohne Luftdurchströmung. Die Zahlen über den Linien geben den Salzgehalt pro Mille an. Die obere Figur zeigt Versuchsergebnisse bei  $20^{\circ}\text{C}$ , die untere bei  $10^{\circ}\text{C}$ .

Mit Rücksicht darauf, daß nach den auf Abb. 30 angeführten Versuchen die Wasserreinigungswirkung der Muscheln auch durch den Sauerstoffgehalt der Versuchsflüssigkeit wesentlich beeinträchtigt wird, habe ich die vorherigen Versuche auch bei ständiger Luftdurchströmung wiederholt. Die Ergebnisse derselben sind in Abb. 33 dargestellt. Die Versuche wurden an 10,5–10,9 g schweren, dunkelfarbigem Helgoländer Muscheln mit einem Weichteilgewicht von etwa 2,5 g in mit 20 Tropfen chin. Tusche vermengtem Seewasser von 10 cm Schichtenhöhe ausgeführt. An der Skizze bedeuten die fortlaufenden Linien die mit Luftdurchströmung, die gestrichelten Linien die ohne dieselbe vorgenommenen Versuche. Die Zahlen über den Linien geben auch hier den jeweiligen Salzgehalt an. Die Kurven zeigen, daß bei reichlich vorhandenem Sauerstoff bei  $20^{\circ}\text{C}$  in den Versuchen mit Seewasser von verschiedenem Salzgehalt hinsichtlich der Dauer der Wasserreinigungswirkung die Differenz gering ist. Es macht maximal 45 Minuten aus. Die Kurven der

Versuche von 32,25‰ und 25,91 beziehungsweise von 19,43‰ und 16,35‰ verlaufen fast gemeinsam. Dagegen entfernen sich die Kurven der bei 10° C mit verschiedenem Salzgehalt ausgeführten Versuche geradeso voneinander, wie in den Versuchen ohne Luftdurchströmung. Die Differenz der Versuchszeit der beiden extremen Salzgehalte ist bereits viel größer: 3 Stunden, obwohl sogar dieser Wert noch bedeutend geringer ist als in den Versuchen ohne Luftdurchströmung, wo derselbe 7½ Stunden betrug. Schließlich gelangt man zum Schlusse, daß bei 20° C das reichliche Vorhandensein von Sauerstoff die die Strömungsfunktion behindernde Wirkung des niedrigen Salzgehaltes größtenteils aufhebt, doch vermag auch reichliches Vorhandensein von O<sub>2</sub> bei 10° C die die Strömungsfunktion verlangsamende Wirkung des niedrigen Salzgehaltes nur teilweise auszugleichen. Es sei bemerkt, daß die Tuschel bei Untersuchungen der Tiere in der Leber oder im Darmkanal einer jeden Muschel aufzufinden war, wodurch bestätigt wird, daß die Nahrungsaufnahme im Wasser mit niedrigem Salzgehalt nicht aufhörte.

Um festzustellen, ob sich diese Erscheinung nur auf die Miesmuscheln bezieht, oder auch bei anderen Muschelgattungen vorkommt, habe ich die Versuche an Austern von durchschnittlich 2,2 g Weichteilgewicht (18 bis 22 g volles Gewicht) wiederholt. Abb. 34 stellt die Versuchsergebnisse dar. Die Methodik der Versuche zeigte gegenüber den mit Miesmuscheln vorgenommenen Untersuchungen nur insofern eine Abweichung, als bei 10° C die Ablesung der Versuchswerte mit Rücksicht auf die zu den Versuchen erforderliche lange Zeit erst nach 11 Stunden begann. Bei 20° C wurde im Versuch mit 20,42‰ Salzgehalt vor 12 Stunden, bei 10° C im Versuch mit 23,26‰ Salzgehalt vor 14 Stunden keine Ableseung vorgenommen. Die Kurven zeigen, daß die Strömungsfunktion der Austern schon bei geringerer Senkung des Salzgehaltes sich in viel höherem Grade als die der Miesmuscheln verschlechtert und daß bei 10° C und einem Salzgehalt von 17,09‰, bei 10° C und einem Salzgehalt von 19,91‰ und 16,73‰ die Muschel sich schloß und eine Wasserströmung überhaupt nicht entstand. Dementsprechend sind die Austern besonders im Wasser von niedrigerer Temperatur gegen die Senkung des Salzgehaltes viel empfindlicher als die Miesmuscheln und unter dem Salzgehalt von 20‰ bleibt die Wasserreinigungswirkung vollkommen aus. Den Versuch wiederholte ich in gleicher Weise bei ständiger Luftdurchströmung an Tieren mit 2,4 g Weichteilgewicht (volles Gewicht 20—24 g), wie das an Abb. 35 angeführt ist. Bei 20° C habe ich die Trübung der Flüssigkeit von 19,42‰ Salzgehalt, bei 10° C und 23,67‰ Salzgehalt nicht vor 12 Stunden bestimmt. Es geht aus den Kurven hervor, daß, falls die Versuchsflüssigkeit bei 20° C reichlich

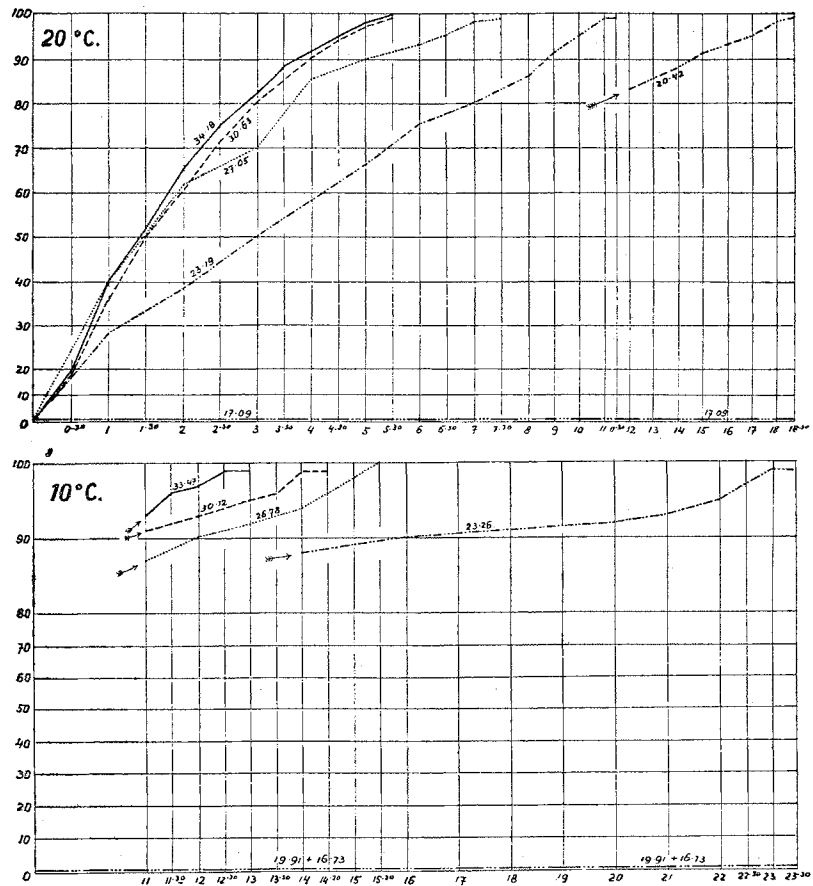


Abb. 34. Wasserreinigungswirkung von Austern mit einem mittleren Weichteilgewicht von 2,2 g in mit chinesischer Tuschel gemischtem Meerwasser von verschiedenem Salzgehalt und bei verschiedenen Temperaturen. Die obere Figur zeigt Versuchsergebnisse bei 20° C, die untere bei 10° C. Die Zahlen über den Linien geben den Salzgehalt pro Mille an. Die vor den Linien gelegenen Pfeile geben den Zeitpunkt des Beginnes der Bestimmungen an.

17,09‰, bei 10° C und einem Salzgehalt von 19,91‰ und 16,73‰ die Muschel sich schloß und eine Wasserströmung überhaupt nicht entstand. Dementsprechend sind die Austern besonders im Wasser von niedrigerer Temperatur gegen die Senkung des Salzgehaltes viel empfindlicher als die Miesmuscheln und unter dem Salzgehalt von 20‰ bleibt die Wasserreinigungswirkung vollkommen aus. Den Versuch wiederholte ich in gleicher Weise bei ständiger Luftdurchströmung an Tieren mit 2,4 g Weichteilgewicht (volles Gewicht 20—24 g), wie das an Abb. 35 angeführt ist. Bei 20° C habe ich die Trübung der Flüssigkeit von 19,42‰ Salzgehalt, bei 10° C und 23,67‰ Salzgehalt nicht vor 12 Stunden bestimmt. Es geht aus den Kurven hervor, daß, falls die Versuchsflüssigkeit bei 20° C reichlich

Sauerstoff enthält, die Wasserreinigungswirkung der Austern im Seewasser auch noch in einem Salzgehalt verhältnismäßig rasch vor sich geht, in welchem ohne Luftzuleitung die Muschel ihre Strömungsfunktion einstellt. Bei  $10^{\circ}$  ist die Wasserreinigungswirkung auch bei Vorhandensein von reichlichem  $O_2$  verhältnismäßig langsam, dieselbe erreicht im Seewasser von  $16,18\text{‰}$  Salzgehalt 12 Stunden, wobei zu beachten ist, daß in den Versuchen ohne Luftdurchströmung bei den Austern bei einer Temperatur von  $10^{\circ} C$  und dem Salzgehalt von  $20\text{‰}$  die Wasserreinigungswirkung bereits ausblieb, d. h. die behindernde Wirkung des niedrigen Salzgehaltes wird durch den reichlichen Sauerstoff zum Teil doch aufgehoben. Es handelt sich in der Tat nur um eine teilweise Wirkung, denn in den nach den Versuchen untersuchten Tieren konnte nachgewiesen werden, daß im Seewasser von

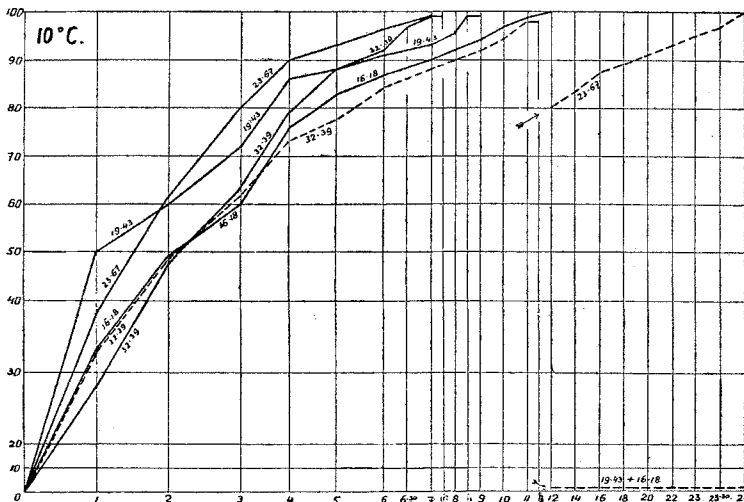
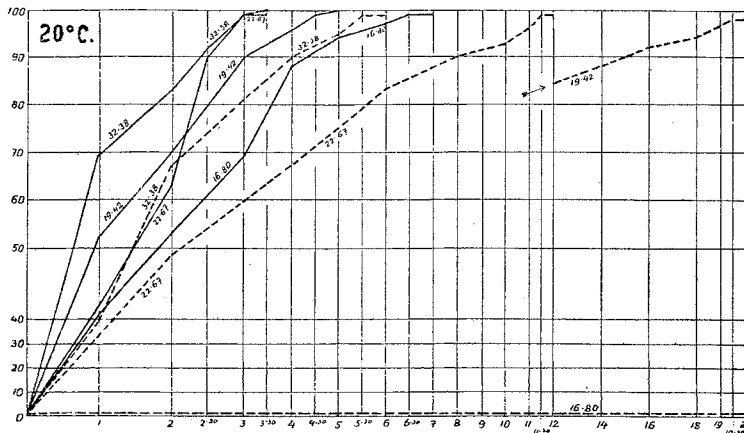


Abb. 35. Wasserreinigungswirkung von Austern mit einem Weichteildurchschnittsgewicht von 2,4 g in mit chinesischer Tuschegemischtem Meerwasser von verschiedenem Salzgehalt und bei verschiedenen Temperaturen bei ständiger Luftdurchströmung und ohne Luftdurchströmung. —: Versuche bei ständiger Luftdurchströmung, - - - - -: Versuche ohne Luftdurchströmung. Die Zahlen über den Linien geben den Salzgehalt pro Mille an. Die obere Figur zeigt Versuchsergebnisse bei  $20^{\circ} C$ , die untere bei  $10^{\circ} C$ .

$19,43\text{‰}$  und weniger Salzgehalt die Tuschekörnchen auch bei reichlichem  $O_2$  nicht in den Darmkanal gelangten, obwohl sich diese Tiere im Aquarienwasser von  $8,5^{\circ} C$  und  $28,5\text{‰}$  Salzgehalt gut ernährten und in sämtlichen Versuchen mit Luftdurchströmung bei  $20^{\circ} C$  Tuschereichlich aufgenommen hatten.

Die beschriebenen Untersuchungen habe ich auch mit größeren Wassermengen und mit Algendetritus wiederholt und nahm Versuche bei  $15^{\circ} C$  separat vor. Nachdem die Ergebnisse dieser Versuche im Wesentlichen mit den angeführten Untersuchungen übereinstimmten, habe ich von der Erörterung derselben der Kürze wegen abgesehen. Beim Ueberblick über sämtliche Versuchsergebnisse kann festgestellt werden, daß die Senkung der Temperatur die Geschwindigkeit der Strömungsfunktion der Miesmuscheln in hohem Grade beeinflußt und daß in dieser Beziehung die Temperatur von  $20^{\circ} C$  viel günstiger ist, als eine niedrigere Temperatur. Enthält das Wasser reichlich Sauerstoff, so wird die Wasserreinigungswirkung bei höherer Temperatur wesentlich beschleunigt, wogegen bei niedrigerer Temperatur das Nachlassen der Wasserreinigungswirkung auch durch das Vorhandensein von reichlicher Sauerstoffmenge nicht ganz verhindert werden kann. Die

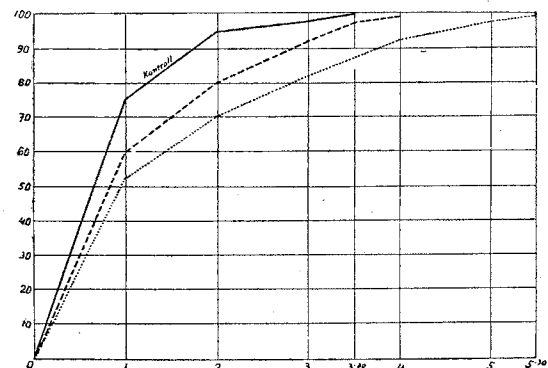
Senkung des Salzgehaltes des Seewassers beeinträchtigt ähnlich der Wassertemperatur die Geschwindigkeit der Wasserreinigungswirkung und obwohl bei den Miesmuscheln die Wasserreinigungswirkung gegenüber den Austern auch bei einem Salzgehalt von  $16\text{‰}$  ungestört weiter vor sich geht, bewirkt die Salzgehaltsenkung eine hochgradige Verlangsamung derselben. Enthält das Wasser reichlich Sauerstoff, so wird bei höherer Temperatur die behindernde Wirkung des niedrigeren Salzgehaltes ausbleiben, dagegen vermag bei niedrigerer Temperatur sogar die Gegenwart einer reichlichen Sauerstoffmenge dem Ein-

fluß des niedrigeren Salzgehaltes nur teilweise entgegenzuarbeiten. Die Wasserreinigungswirkung der ganz kleinen Tiere ist im allgemeinen verhältnismäßig geschwinder als die von größeren Tieren, dagegen zeigt sich bei denselben bei niedrigerer Temperatur die Wasserströmung-behindernde Wirkung des niedrigen Salzgehaltes bedeutend stärker als bei den großen Tieren. Da nun die Wasserströmung dem Gasstoffwechsel und der Nahrungsaufnahme der Muschel dient, ist es klar, daß die Verlangsamung derselben diese lebenswichtigen Funktionen mit beeinträchtigt. Wenn die Wasserströmung allzusehr nachläßt, oder unregelmäßig wird, können im Gasstoffwechsel und in der Nahrungsaufnahme weitgehende Störungen entstehen. Nach meinen Untersuchungen in Neapel tragen zur Entwicklung der Giftwirkung einerseits die schlechten Oxydationsverhältnisse, andererseits die ungünstige Ernährung bei und so dürfte die Vermutung richtig sein, daß, falls infolge Senkung oder Schwankung der Wassertemperatur oder auch des Salzgehaltes, noch dazu im sauerstoffarmen Wasser, Störungen in der Ernährung eintreten, die diese Entwicklung der Giftwirkung begünstigen. Es ist deshalb zu beachten, daß die Strömungsfunktion der jungen Tiere durch die niedrige Temperatur in Gemeinschaft mit dem niedrigen Salzgehalt verlangsamt wird. Es wird daher unter diesen Verhältnissen eine sich ungünstig ernährende, fehlerhaft entwickelte Muschelgeneration von unvollkommenem Gasstoffwechsel entstehen, bei welcher als Folge der unterwertigen Lebensfunktionen die zur Entwicklung der Giftwirkung erforderlichen Ernährungs- und Oxydationsstörungen besonders leicht auftreten können.

#### 4. Die Ergebnisse von Versuchen mit mangelhaft entwickelten Tieren.

Es war zur Beurteilung der Frage nötig, zwischen den Feststellungen an den Helgoländer gut entwickelten Tieren mit dunkler, dicker Schale, und dem Verhalten der mangelhaft entwickelten Miesmuscheln vom Bewuchs der Seezeichen von der Westküste Schleswig-Holsteins einen Vergleich anzustellen. Zu diesem Zwecke wollte ich vor allem die Geschwindigkeit der Wasserreinigungswirkung der Muscheln vergleichen und habe aus diesem Grund die an Abb. 26 angeführten Versuche unter strenger Berücksichtigung der

Abb. 36. Vergleich der Wasserreinigungswirkung von den von den äußeren bzw. inneren Teilen der „Hackfeld“Tonne stammenden Miesmuscheln und Helgoländer Miesmuscheln mit gleichem Gewicht in mit *Bolus alba* gemischtem Meerwasser (Salzgeh. 32,1‰), bei 20° C. -----: Versuche mit von der äußeren Tonnenfläche stammenden Tieren, .....: Versuche mit von der inneren Tonnenfläche stammenden Tieren. —————: Versuche mit Tieren aus Helgoland (Kontroll).



dort bekanntgegebenen Methodik mit Muscheln von verschiedenen Fundorten der Schleswig-Holsteiner Küsten wiederholt. Die großen Differenzen, die sich zwischen den Schalen und den Weichteilen der unvollkommen entwickelten Tiere zeigten, machten bei den Untersuchungen große Schwierigkeiten, so daß die mit 14—16 Tieren begonnene Versuchsreihe mehrmals ganz außer acht gelassen werden mußte, da es sich nach Präparation der Tiere herausstellte, daß die Weichteile von anscheinend gleichen Tieren beträchtliche Gewichtsunterschiede aufwiesen. Ich suchte den Schwierigkeiten in der Weise zu entgegen, daß ich mit Algendetritus an zwei aufeinander folgenden Tagen Versuche vornahm und die Tiere nur auf Grund dieser Versuche zum Hauptversuch auswählte. Andererseits habe ich den Hauptversuch mit mehr Tieren begonnen, damit nach Untersuchung derselben wenigstens 8 Muscheln zurückblieben, bei welchen das Gewicht der Weichteile keine bedeutende Abweichung aufweist. Die somit vorgenommenen Versuche zeigten, daß die Wasserreinigungswirkung der Schleswig-Holsteiner dünnchaligen und gestreiften Tiere bei 20° C im allgemeinen jener der Helgoländer Miesmuscheln ähnlich war. Unter den an Abb. 26 angeführten Verhältnissen betrug sie bei Tieren von 5 g Weichteilgewicht etwa 3 Stunden, bei Tieren von der halben Größe etwa 3½—4 Stunden. In dieser Hinsicht sah ich nur an von zwei Stellen stammenden Tieren Abweichungen u. zw. bei den

Muscheln aus dem Inneren der „Hackfeld“-Tonne und bei den giftigen Tieren von der Süder-Piep-Tonne. Mit den Tieren der „Hackfeld“-Tonne stellte ich in zwei Gruppen Versuche an und zwar einzeln mit den außerhalb anhaftenden Tieren von 2,3 g Weichteilgewicht und 9,7 bis 9,8 g vollem Gewicht, ferner mit den im Inneren der Tonne

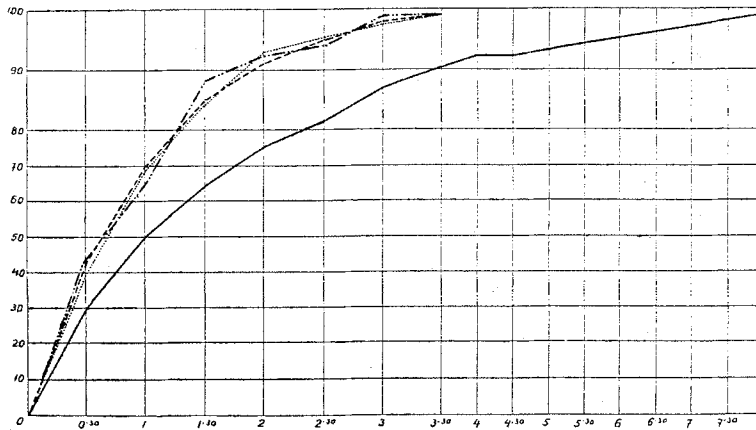


Abb. 37. Vergleich der Wasserreinigungswirkung von giftigen Muscheln von der Süder-Piep-Tonne mit einem Weichteilgewicht von 2,2 g und von verschiedenen Orten stammenden nicht giftigen Muscheln mit gleichem Gewicht in mit *Bolus alba* gemischtem Meerwasser (Salzgeh. 32,1‰), bei 20° C. ———: Versuche mit giftigen Tieren von der Süder-Piep-Tonne, - - - - -: Versuche mit Tieren aus Helgoland. - · - · - ·: Versuche mit Tieren aus Wyk, .....: Versuche mit Tieren von der Eidertonne.

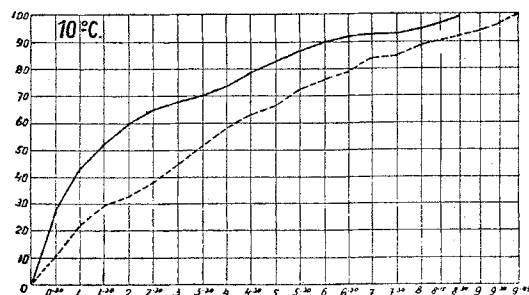
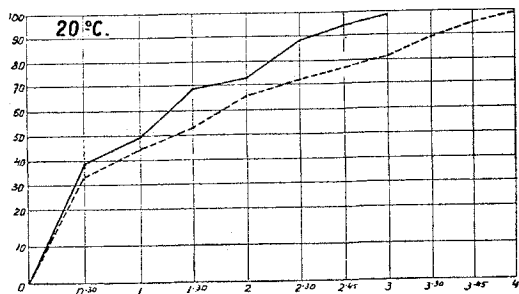


Abb. 38. Wasserreinigungswirkung von Miesmuscheln aus Wyk auf Föhr mit einem Weichteildurchschnittsgewicht von 2 g in mit chinesischer Tusche gemischtem Meerwasser (Salzgeh. 32,1‰), bei verschiedenen Temperaturen, bei ständiger Durchströmung mit Luft und ohne Luftdurchströmung. ———: Versuche mit ständiger Luftdurchströmung, - - - - -: Versuche ohne Luftdurchströmung. Die obere Figur zeigt Versuchsergebnisse bei 20° C, die untere bei 10° C.

sitzenden Muscheln von 2,3 g Weichteilgewicht und 9,3 bis 10,2 g vollem Gewicht. Mit Helgoländer Tieren von ähnlichem Weichteilgewicht wurden Kontrollversuche ausgeführt. Abb. 36 stellt die Versuche dar, u. zw. sind die Untersuchungen mit den Helgoländer Tieren durch eine fortlaufende Linie, jene mit den Tieren der Außenfläche der Tonne durch eine gestrichelte Linie und die mit den Muscheln vom Inneren der Tonne durch eine punktierte Linie bezeichnet. Auf Grund der Kurven gelangt man zur Feststellung, daß in den Kontrollversuchen mit den Helgoländer Muscheln die vollständige Reinigung des Wassers in 3 1/2 Stunden vor sich ging und die Wasserreinigungswirkung der außen anhaftenden Tiere kaum etwas hinter jener der Helgo-

länder Tiere zurückblieb. Dagegen erwies sich die Wasserreinigungswirkung der innerhalb sitzenden Muscheln als bedeutend langsamer und zeigte eine Differenz von 2 Stunden gegenüber den Helgoländer und anderthalb Stunden gegenüber den sich an der Außenfläche der Tonne befindlichen Tieren. Der Umstand, daß die Tiere von der unmittelbaren Wasserströmung abgeschlossen an einer Stelle zusammengedrängt lebten, übte auf eine wichtige Lebenserscheinung der Muscheln einen weitgehenden Einfluß aus. So zeigen die an der „Hackfeld“-Tonne lebenden Muscheln mit Gewißheit, daß sogar die Lebensfunktionen von Tieren desselben Fundorts abweichen können, wenn die biologischen Verhältnisse verschiedenartig sind.

Aehnlich den Tieren der „Hackfeld“-Tonne habe ich auch mit den Giftmuscheln von der Süder-Piep-Tonne Versuche angestellt, welche an Abb. 37 dargestellt sind. Die fortlaufende Linie deutet die Versuche mit 8,2 bis 9,2 g schweren Tieren von 2,2 g Weichteilgewicht bei 20° C an. Die verschiedenen gestrichelten Linien bezeichnen die Versuche mit den Tieren von Helgoland (volles Gewicht 9,2 bis 10,4 g), Wyk (volles Gewicht 8,8 bis 9,8 g) und der Eider Tonne (volles Gewicht 8,4 bis 9,2 g), alle mit einem Weichteilgewicht von etwa 2,2 g. Die Auswahl der Tiere erfolgte auch hier nach zahlreichen vorangehenden Messungen und zwei aufeinanderfolgenden Vorversuchen. Die Kurven zeigen, daß die giftigen Tiere zur

Reinigung des Wassers mehr als die doppelte Zeit brauchen, während die Wasserreinigungswirkung der Helgoländer und der von den beiden anderen Fundorten stammenden Tiere übereinstimmend  $3\frac{1}{2}$  Stunden ausmacht. Das bedeutet, daß die Strömungsfunktion dieser Muscheln viel langsamer ist als die der anderen und bei  $20^{\circ}\text{C}$  einen derart niedrigen Wert zeigt, daß ich einen solchen bei den Miesmuscheln von ähnlichem Gewicht von keinem einzigen anderen Fundort bekam.

Wie angeführt, konnten in Bezug auf die Geschwindigkeit der Wasserreinigungswirkung der von verschiedenen Schleswig-Holsteiner Tonnen stammenden Tiere bei  $20^{\circ}\text{C}$  im Verhältnis zu den Helgoländer Muscheln im allgemeinen keine wesentlichen Abweichungen verzeichnet werden. Dagegen gelangte ich nach Wiederholung der Versuche

bei  $10^{\circ}\text{C}$  zum Ergebnis, daß sowohl bei den Tieren von Wyk als bei jenen der Eider- und der „Hackfeld“-Tonne die Lage bei niedrigerer Temperatur eine ganz andere ist, besonders wenn man bei  $10^{\circ}\text{C}$  sowohl mit als auch ohne Luftdurchströmung gleichzeitig Versuche unternimmt. Als Beispiel dieser Versuche sind jene mit den Tieren aus Wyk an Abb. 38 veranschaulicht. Die bei ständiger Luftdurchströmung ausgeführten Versuche sind durch fortlaufende Linien, die ohne Luftdurchströmung mittels gestrichelter Linien angedeutet. Es sind die Versuchsergebnisse der Tiere von gestreifter, dünner Schale oder blasser Farbe von durchschnittlich 2 g Weichteilgewicht (volles Gewicht 8,2–8,8 g) dargestellt. Vor allem fällt uns bei Betrachtung der Kurven auf, daß bei  $20^{\circ}\text{C}$  auch die Luftdurchströmung in geringem Grade die Wasserreinigungswirkung beschleunigt, nicht so wie bei den Helgoländer Muscheln, wo bei Gegenwart von reichlichem Sauerstoff die Reinigungsdauer des Wassers fast auf die Hälfte herabsank. Bei  $10^{\circ}\text{C}$  kann demgegenüber festgestellt werden, daß die Wasserreinigungswirkung der Muscheln in den Versuchen ohne Luftdurchströmung im Verhältnis zu den Helgoländer Tieren sehr langsam vor sich geht, da das Tier, welches bei  $20^{\circ}\text{C}$  das Wasser in 4 Stunden reinigte, diese Wirkung erst in 9 Stunden

45 Minuten, also erst in fast 2,5-mal soviel Zeit zustandebrachte. Den Kurven entsprechend konnte auf die Strömungsfunktion der Muscheln auch das reichliche Vorhandensein von  $\text{O}_2$  keinen größeren Einfluß ausüben, weil dies trotz der günstigen Strömungsverhältnisse nur in verhältnismäßig geringem Maße die Zeit der Wasserreinigung verkürzte. Die Untersuchungen an den Tieren der Eider- und der „Hackfeld“-Tonne ergaben im Wesentlichen ähnliche Resultate und so habe ich von der Besprechung derselben abgesehen. Diese Untersuchungen zeigen also, daß bei  $20^{\circ}\text{C}$  zwischen der Wasserreinigungswirkung der Helgoländer und der mangelhaft entwickelten Küstenmuscheln große Abweichungen nicht zu finden waren, bei  $10^{\circ}\text{C}$  die Strömungsfunktion bei letzteren aber bedeutend langsamer

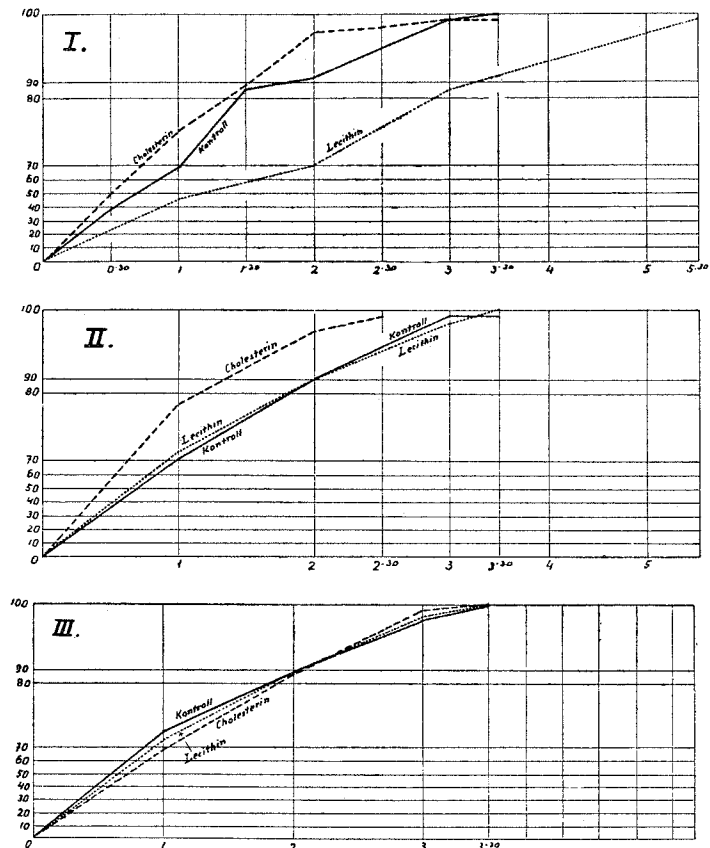


Abb. 39. Wasserreinigungswirkung von Helgoländer Miesmuscheln mit einem Weichteildurchschnittsgewicht von 2,3 g in einer mit Tusche gemischten Cholesterin- bzw. Lecithinsuspension im Meerwasser (Salzgehalt  $32,1\text{‰}$ ), bei  $20^{\circ}\text{C}$  I. Versuche in Cholesterin- bzw. Lecithinsuspension II. Versuch nach 10 Minuten in mit chinesischer Tusche gemischtem Meerwasser III. Versuch nach 24 Stunden in mit chinesischer Tusche gemischtem Meerwasser: - - - - - Cholesterin: Versuche mit cholesterinisierten Tieren. ······· Lecithin: Versuche mit lecithinisierten Tieren. ——— Kontrolle: Versuche mit Kontrolltieren.

gewesen ist. Die Wasserreinigungswirkung wurde sogar durch den reichlichen Sauerstoff nur verhältnismäßig wenig gefördert. Schließlich bestand bei einer vom Gesichtspunkte der Wasserströmung günstigen Temperatur in der Wasserreinigungswirkung der gut und schwach entwickelten Tiere scheinbar kein Unterschied, bei einer niedrigeren Temperatur kam es aber zum Vorschein, daß die zuletzt erwähnten Tiere den ungünstigen Verhältnissen sich nicht so anzupassen vermögen, wie die Helgoländer Tiere. Dabei wurde die Geschwindigkeit der Wasserreinigungswirkung bei den mangelhaft entwickelten Muscheln durch den reichlichen Sauerstoff sowohl bei 20° C als auch bei 10° C nur wenig gefördert. Das heißt, daß die Tätigkeit der die Wasserströmung bewirkenden Flimmerzellen von beschränkter Intensität ist.

Es gelang mir durch eine weitere Versuchsreihe nachzuweisen, daß die Sache sich tatsächlich so verhält. Diese Untersuchungen sollten die Wirkung des Cholesterins auf die Zelloxydationsvorgänge und die antagonistische Wirkung dieses Stoffes und des Lecithins im Zusammenhang mit der Funktion der Flimmerzellen der Muscheln erforschen. Doch würde die Erörterung der Einzelheiten dieser Versuche sich über den Rahmen dieser Arbeit erstrecken und so will ich mich mit der Erwähnung jener beiden Versuche begnügen, welche im Hinblick auf die Wasserströmungsverhältnisse der Tiere aus Helgoland und Wyk zu interessanten Vergleichen Veranlassung boten. Die Versuche sind an Abb. 39 und 40 veranschaulicht u. zw. sind an der ersteren die Versuche mit den Helgoländer, an der zweiten jene mit den Wyker Muscheln von gestreifter, dünner, zerbrechlicher Schale dargestellt. In den Versuchen wurde folgendermaßen vorgegangen: Tiere von 2,3 g Weichteilgewicht wurden in  $\frac{1}{2}$  Liter 0,01‰-ige nach DEGKWITZ bereitete Cholesterin-Suspension gesetzt, zu deren Herstellung Seewasser von 32,1‰ Salzgehalt verwendet und welchem nachträglich 20 Tropfen chinesische Tusche zugegeben und die Temperatur der Flüssigkeit auf 20° C eingestellt wurde. In derselben Weise bereitete ich von dem MERCK'schen Lecithin eine 0,01‰-ige Suspension und nahm in dieser Flüssigkeit mit 10 anderen Tieren Versuche vor. Schließlich habe ich zu gleicher Zeit mit 10 Tieren

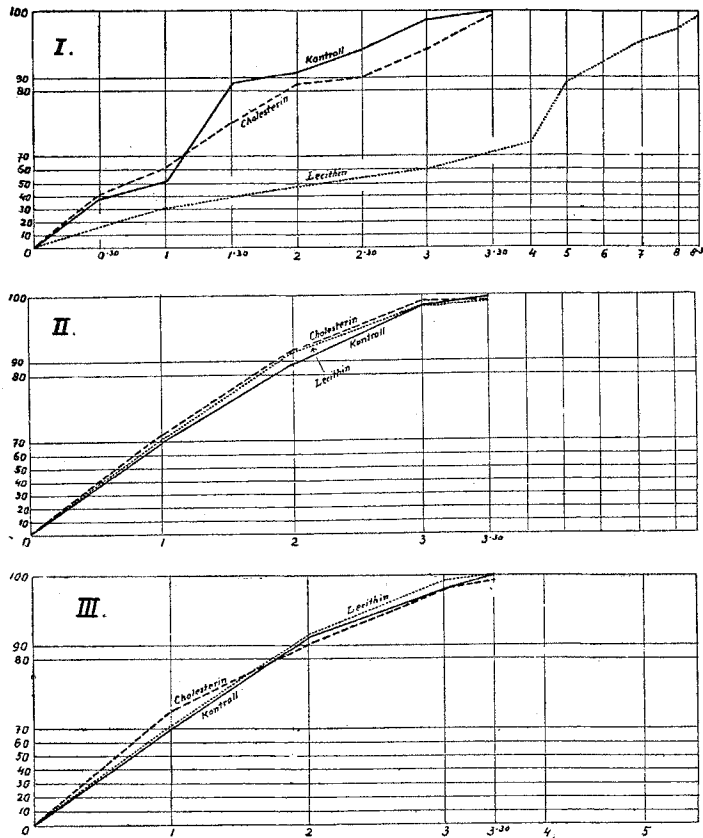


Abb. 40. Wasserreinigungswirkung von Miesmuscheln aus Wyk auf Föhr mit einem Weichteildurchschnittsgewicht von 2,3 g in einer mit Tusche gemischten Cholesterin- bzw. Lecithinsuspension in Meerwasser (Salzgeh. 32,1‰), bei 20° C. I. Versuch in Cholesterin- bzw. in Lecithinsuspension. II. Versuch nach 10 Minuten in mit chinesischer Tusche gemischtem Meerwasser. III. Versuch nach 24 Stunden in mit chinesischer Tusche gemischtem Meerwasser. - - - - - Cholesterin: Versuche mit cholesterinisierten Tieren, ..... Lecithin: Versuche mit lecithinisierten Tieren, ——— Kontrolle: Versuche mit Kontrolltieren.

ohne Cholesterin und Lecithin Kontrollversuche angestellt. Die Versuche s. Abb. 39, I. In Fällen, wo das Wasser vollständig gereinigt wurde, habe ich die Tiere sofort in ein Aquarium mit reiner Wasserzuleitung umgelegt und nach Verlauf von 10 Minuten eine neue Versuchsreihe eingeleitet (Abb. 39, II), wo die Flüssigkeiten bereits weder Cholesterin noch Lecithin, sondern ausschließlich Tusche enthielten. Nach Reinigung des Wassers brachte ich die Tiere wieder in ein Aquarium mit reinem Wasser und stellte nach 24 Stunden in mit chin. Tusche vermengtem Seewasser (ohne Cholesterin und Lecithin) noch eine dritte Versuchsreihe an (Abb. 39, III). Aus den Daten der Helgoländer Tiere



auf Abb. 39 geht hervor, daß in den Versuchen mit Cholesterin und in den Kontrollversuchen die Geschwindigkeit der Wasserreinigungswirkung der Muscheln ungefähr die gleiche ist, wogegen dies in den Versuchen mit Lecithin als bedeutend langsamer erscheint. Gegenüber 3 Stunden 30 Minuten der beiden ersten Versuche dauerte es dort 5 Stunden 30 Minuten. In dem nach 10 Minuten wiederholten Versuch zeigten dagegen auffallenderweise jene Tiere, die in Cholesterin-Suspension gewesen sind, eine beschleunigte Wasserreinigungswirkung (2 Stunden 3 Minuten). Die Wasserreinigungswirkung der Tiere des Lecithin-Versuches stimmte indessen mit jener der Kontrollversuche überein. Nach 24 Stunden ergaben die Versuche sämtlicher drei Tiergruppen gleiche Resultate. Wie Abb. 40 zeigt, übertraf dagegen in der Lecithin-haltigen Flüssigkeit das Nachlassen der Wasserreinigungswirkung der Tiere aus Wyk sogar das der Helgoländer Tiere um ein Bedeutendes (8 Stunden 30 Minuten), wogegen in Versuchsreihe II die die Wasserströmung beschleunigende Wirkung des Cholesterins bei den Tieren aus Wyk vollständig ausblieb. Die eingehende biologische Erklärung der Versuche mit Cholesterin und Lecithin geht über den Rahmen dieser Abhandlung, auch sind meine Untersuchungen noch nicht beendet und erfordern weitere Versuche. Es dürfte aber auch so als wahrscheinlich anzunehmen sein, daß sowohl die außergewöhnlich starke, die Tätigkeit der Flimmerzellen behindernde Lecithinwirkung, als auch das Ausbleiben der beschleunigenden Wirkung des Cholesterins eine minderwertige Funktionsbereitschaft der Flimmerzellen voraussetzt, demzufolge die Flimmerzellen der Lecithinwirkung nur in beschränktem Maße entgegenzuarbeiten vermögen, wogegen die Cholesterin-Nachwirkung eben infolge der beschränkten Reaktionsbereitschaft der Zelltätigkeit schon nicht mehr imstande ist, die Arbeitsleistung der Flimmerzellen zu steigern.

An den giftigen Muscheln von der Süder-Piep-Tonne konnten die vorausgehend erwähnten Versuche ebenso wenig ausgeführt werden wie die bei niedrigerer Temperatur mit Luftdurchströmung vorgenommenen Untersuchungen, weil ich eben zu den verschiedenen Versuchen so viele Tiere verwendete, daß zu diesen nur noch sehr wenig zur Verfügung standen und diese Muscheln schon bei 10° C eine derartig langsame und außerordentlich abweichende Resultate zeigende Wasserreinigungswirkung aufwiesen, weshalb keinerlei bestimmte Feststellungen gemacht werden konnten. Als Beispiel möchte ich nur anführen, daß bei 10° C ohne Luftdurchströmung unter 6 Muscheln von etwa 2,2 g Weichteilgewicht bei 4 Tieren die Reinigung des Wassers sogar nach 36 Stunden kaum die natürliche Sedimentierung übertraf. Auch bei den beiden übrigen Tieren wurden während dieser Zeit nicht einmal 60% der Wirkung erreicht. Die Erscheinung kann mit der bei den Muscheln sich schon bei 20° C zeigenden außerordentlich langsamen Strömungstätigkeit in Zusammenhang gebracht werden.

#### D. Versuche zum Hervorrufen des Giftigwerdens der Muscheln.

Nach diesen Versuchen mit den von den Tonnen längs der Küsten von Schleswig-Holstein stammenden, mangelhaft entwickelten, dünnschaligen Tieren gelangt man zur Feststellung, daß bei diesen nicht nur der Schalenbau von den gut entwickelten Tieren von starker, dunkler Schale abwich, sondern es bestanden auch hinsichtlich der Strömungsfunktion bedeutende Differenzen. Diese Abweichungen waren wohl bei dem überwiegenden Teil der Tiere nur von geringerem Ausmaß und traten hauptsächlich bei gesteigerter Beanspruchung der die Strömungsfunktion aufrechterhaltenden Flimmerzellen auf. Bei Tieren aus dem Innern der „Hackfeld“-Tonne und noch mehr bei den giftigen Tieren von der Süder-Piep-Tonne handelt es sich jedoch um so hochgradige Abweichungen, daß dieselben sogar bei günstigen Temperatur- und Salzgehaltsverhältnissen schon das wesentliche Nachlassen der Strömungsfunktion verursachten. Wie in Bezug auf die Formabweichung zwischen den normalen Helgoländer Muscheln und den giftigen Tieren von der Süder-Piep-Tonne eine nur durch mehrfache Uebergänge überbrückte, stufenweise ansteigende Differenz bestand, konnten auch die Strömungen in der zur Nahrungsaufnahme und zum Gasstoffwechsel der Muscheln dienenden Strömungsfunktion auf die progressiv erfolgte Aenderung einzelner physiologischen Lebensfunktionen der normalen Nordseemuscheln zurückgeführt werden. Auf Grund des Gesagten ergibt sich die Frage, in welcher Beziehung die mangelhafte Entwicklung und die Aenderung in den Verhältnissen der Strömungsfunktion zur Entstehung der Giftwirkung stehen kann. Ich war bemüht, die Frage auf dem Versuchswege zu klären. Den Ausgangspunkt bildete meine in Neapel gemachte Feststellung, daß die Entstehung der Giftwirkung einerseits durch die schlechten Oxydationsverhältnisse,

andererseits durch die mangelhafte Ernährung begünstigt wird. Da sowohl die Sauerstoffaufnahme als auch die Ernährung unter Einfluß der Strömungsfunktion steht, liegt es auf der Hand, daß die sich auf die Strömungsfunktion ungünstig auswirkenden Faktoren beide erwähnten Lebensfunktionen nachteilig beeinflussen und somit zugleich die Entstehung der Giftwirkung fördern. Wie erwähnt, wird die Verlangsamung der Strömungstätigkeit durch die niedrige Temperatur, den geringen Salzgehalt des Wassers und durch den Mangel an Sauerstoff hervorgerufen. Die nachteilige Wirkung des geringen Salzgehaltes bei niedriger Temperatur vermag auch das reichliche Vorhandensein von Sauerstoff nicht auszugleichen. Die ersten Versuche führte ich in der Weise aus, daß ich je 5 gut entwickelte, dunkelschalige Helgoländer Tiere von etwa 2,5 g Weichteilgewicht bei 6° C in Seewasser von 12‰ Salzgehalt hielt, welches vorher sterilisiert worden war, wodurch der Sauerstoff aus dem Wasser vertrieben wurde. Dann setzte ich dem Wasser eine Bakterienemulsion zu. In dieser Versuchsflüssigkeit ging der größte Teil der Tiere in 6—8 Stunden ein und die zurückgebliebenen haben die dem Wasser zugesetzte Tusche nicht aufgenommen, d. h. die Tiere haben sich nicht ernährt und sie zeigten keine Giftwirkung. Um die Tiere weiter am Leben zu erhalten, unterließ ich die vorherige Sterilisierung des Wassers und habe dann, nachdem auch das nicht zum Ziel führte, jeden zweiten Tag die Versuchsflüssigkeit mit Luft durchströmt. Ueberdies habe ich, um die übermäßige Vermehrung der Bakterien zu verhindern, die aus *Bakterium coli communis* aus *Paracoli*-Stamm und aus dem *Micrococcus catarrhalis* zusammengesetzte und mit Algendetritus vermengte Emulsion bei 62° C getötet. In dieser Versuchsflüssigkeit blieben die Tiere volle 2 Monate am Leben, aber sie zeigten keine Giftwirkung, obwohl in den Kontrollversuchen die Tiere die dem Wasser zugesetzte Tusche aufnahmen und so auch die Bakterienemulsion in den Darmkanal gelangt sein mußte. Weiterhin suchte ich die Beobachtungen bei Senkung des Salzgehaltes und niedrigerer Temperatur fortzuführen, diesen wurden aber bald Schranken gesetzt, da die Tiere bei Salzgehaltserniedrigung über eine gewisse Grenze hinaus eingingen oder zumindest keine Nahrung aufnahmen, meistens geschlossen da lagen und ihre Strömungsfunktion einstellten. Diese Untersuchungen haben gezeigt, daß der Wechsel der hydrologischen Faktoren und der Ernährungsverhältnisse bis zu einer gewissen Grenze bei normalen, gut entwickelten Tieren die Giftwirkung nicht auslösen und daß das Tier sich den nachteiligen Verhältnissen einigermassen anpassen kann. Sind dagegen die Lebensumstände der Muschel zu ungünstig, so geht das Tier ein oder es ernährt sich zum mindesten nicht und die Giftwirkung kann wieder nicht zustandekommen. Die Untersuchungen an den längs der Schleswig-Holsteiner Küsten aufgefundenen, mangelhaft entwickelten Tieren zeigten aber, daß bei diesen schon eine geringfügige Senkung der Wassertemperatur eine bedeutende Verlangsamung der Strömungsfunktion zur Folge hat, außerdem ist bei diesen Tieren auch die Funktion der Flimmerzellen unvollkommener als bei den gut entwickelten, dunklen Tieren. Es darf daher mit Recht angenommen werden, daß bei diesen Tieren schon eine geringfügige, die Lebensfunktionen der Muscheln nicht unmittelbar bedrohende Aenderung in den hydrologischen Faktoren Störungen hervorrufen kann, die zur Entfaltung der Giftwirkung genügen. Mit Rücksicht darauf habe ich mit den von der Eider-Tonne am 23. Dezember gesammelten Muscheln von dünner, zerbrechlicher, gestreifter Schale, ferner mit den von Wyk-Tonne 6 stammenden, am 3. Januar gesammelten Tieren von dünner, zerbrechlicher, gestreifter oder sehr blasser, kaum gestreifter Schale Versuche vorgenommen. Es wurde eine Versuchsreihe angestellt, in welcher die Versuche bei 8‰, 12‰, 16‰, 18‰ Salzgehalt und bei 4° C, 6° C, 10° C, 15° C Wassertemperatur in sterilisiertem, bzw. unverändert gelassenem, jedoch mit Luft nicht durchströmtem, bzw. zweitägig 5 Minuten lang durchströmtem Seewasser aufeinander folgten. In einer weiteren Versuchsreihe wurde den Tieren keine besondere Nahrung gegeben, in einer anderen dem Wasser täglich eine Emulsion von lebenden Bakterien zugegeben, in einer weiteren eine Emulsion von bei 62° C getöteten Bakterien und schließlich in einer letzten eine mit Algendetritus vermengten Bakterienemulsion. Die Versuche zeigten vor allem, daß die mangelhaft entwickelten Tiere viel rascher eingehen als die dunkelschaligen, gut entwickelten Helgoländer Muscheln. Bei 4° C und bei einem Salzgehalt von 8‰, in nicht von Luft durchströmtem Wasser, oder in reichlich Bakterien enthaltendem Wasser konnten die Muscheln über 2—3 Wochen hinaus nicht am Leben erhalten werden und sie nahmen keine Nahrung zu sich. Die Nahrungsaufnahme unterblieb auch dann, wenn im Wasser Algendetritus nicht vorhanden war. Bei der Untersuchung von 3 Tieren — zu Kontrollzwecken — die 4 Tage hindurch dem Seewasser täglich zugegebene chinesische Tusche und Emulsion von lebenden oder getöteten Bakterien bekamen, stellte sich heraus, daß in keinem der Tiere Tusche in den Verdauungsorganen aufzufinden war. Wo die Tiere am Leben geblieben waren, stellte ich aus diesen nach THESEN Extrakte

her und prüfte sie nachträglich auf Giftwirkung. Diese Untersuchungen ergaben, daß bei 10° C und höherer Temperatur die Muscheln, bei einem Salzgehalt von 20‰ des ständig mit Luft durchströmten Seewassers und, falls dem Wasser Algendetritus und Bakterienemulsion nicht beigemischt wurden, nicht giftig wurden, auch nicht, wenn das Wasser nur Algendetritus enthielt. 5 ccm des aus 5 Tieren gemeinsam hergestellten Extraktes, der Maus intraperitoneal injiziert, löste die Giftwirkung nicht aus. Wenn aber das Seewasser von 6° Temperatur und 12‰ Salzgehalt alle zwei Tage mit Luft durchströmt wurde und dabei Bakterienemulsion und Algendetritus enthielt, sind die Muscheln im Laufe von 6 Wochen giftig geworden und der gemeinsam aus 5 Tieren der Eider-Tonne bereitete Extrakt tötete in einer Dosis von 0,04 ccm im Laufe von 10 Minuten unter typischen Vergiftungserscheinungen die etwa 20 g schwere Maus. In einer anderen Versuchsreihe, wo von 5 Tieren aus Wyk Extrakte einzeln hergestellt wurden, stellte sich die Giftdosis bei 2 Tieren auf 0,06 ccm, bei einem Tier auf 0,04 ccm und bei weiteren 2 Tieren auf 0,02 ccm, dieselbe blieb daher nur wenig hinter der Giftdosis der von der Süder-Piep-Tonne stammenden Tiere zurück. In dem gleichen, jedoch nur 3 Wochen lang anhaltendem Versuch entstand keine Giftwirkung. Die Möglichkeit, daß die Tiere aus Wyk und von der Eider-Tonne von vornherein giftig gewesen wären, habe ich im voraus als ausgeschlossen angesehen, da doch nach Tabelle 5 von je 40 solchen Tieren nur bei einem, bzw. nur bei zweien eine Giftwirkung festgestellt werden konnte. Aber auch bei diesen sank die Giftdosis nicht unter 1 ccm. In den übrigen, unter anderen Versuchsbedingungen mit ähnlichen Tieren ausgeführten oder kürzer andauernden Versuchen vermochte ich mit dem Muschelextrakt von keiner einzigen, je 5 Tiere zählende Gruppe, eine Giftwirkung hervorzurufen. Es erscheint deshalb ganz ausgeschlossen, daß gerade die Tiere der drei unter denselben Bedingungen ausgeführten Versuche von vornherein giftig gewesen wären und zwar mit einer Giftdosis, wie das ausschließlich bei den Muscheln von der Süder-Piep-Tonne festgestellt worden war. In den angeführten Versuchen konnte daher die Entstehung der Giftwirkung ausschließlich den Versuchsfaktoren zugeschrieben werden. Der Ablauf der von Erfolg begleiteten Versuche war folgender. Je 5 Exemplare der Tiere der Tonne F bei Wyk auf Föhr und von der Eider-Tonne 2, mit 14—16 g, bzw. 16—18 g Gewicht, von dünner, zerbrechlicher, mehr breiter, gestreifter oder blasser, weniger gestreifter Schale wurden in einen 25 cm hohen Glaszylinder von 13,5 cm Durchmesser mit 2,5 Liter frisch geschöpftem, jedoch unter SEITZ-Filter filtriertem Seewasser gelegt, dessen Salzgehalt durch Verdünnung mit dest. Wasser auf 12‰ eingestellt wurde. Das mit einem Glasdeckel zugedeckte Gefäß stellte ich in den Kühlschrank, wo die Temperatur des Wassers im allgemeinen, abgesehen von einer Schwankung von 1—2 Zehntelgraden, 6° C zeigte. (An fünf Tagen erhöhte sich die Temperatur des Wassers infolge eines Regulierungsfehlers zeitweise auf 8° C.) Den Versuch habe ich am 18. Januar begonnen und nach 6 Wochen unterbrochen. In die Versuchsflüssigkeit ließ ich vom dritten Tag an bis zur letzten Woche mittels einer Luftzuleitungsröhre jeden zweiten Tag (an den Tagen, wo keine Bakterienemulsion zugesetzt wurde) 5 Minuten lang Luft einströmen. Alle zwei Tage gab ich der Versuchsflüssigkeit ein Gemisch von Bakterienemulsion und Algendetritus zu. Die Bakterienemulsion bereitete ich aus dem vom Wasser des Helgoländer Hafens gezüchteten *Bakterium coli communis*, ferner aus einem in Milchzucker nicht gärenden *Paracoli*-Stamm und aus einem aus Augensekret gezüchteten Stamm von *Micrococcus catarrhalis*. Die Bakterien wählte ich unter Berücksichtigung der Untersuchungen von C. R. BAYER und meiner eigenen Beobachtungen, nach welchen die Gram negativ Bakterien zu den am leichtesten verdaulichen Bakterien gehören. Die Bakterienemulsion habe ich aus einer Agar-Agar Kultur hergestellt und ich setzte je 2,5 Liter Versuchsflüssigkeit 40 ccm einer insgesamt 50 Milliarden Keime enthaltenden Emulsion zu (vorerst mit der HELBER-GLEEN Kammer bestimmt, in den weiteren mit Standard-Lösungen verglichen). Die Bakterienemulsion habe ich 2 Stunden hindurch im Wasserbad von 63° C abgetötet und derselben 10 ccm einer Algendetritus-Suspension beigemischt. Der Algendetritus wurde durch Verreibung mit Quarzsand und nach Setzung des Quarzsandes in einem kegelförmigen Glasgefäß durch Abgießen der Flüssigkeit gewonnen. Vor Zusetzung der Bakterienemulsion habe ich von der Versuchsflüssigkeit ebensoviel abgesaugt. Um die ungestörte Wasserreinigungswirkung der Muscheln genauer zu kontrollieren, setzte ich dem Wasser an den Tagen, an denen keine Bakterienemulsion beigemischt wurde, 3 Tropfen chin. Tusche zu und habe die Reinigung des Wassers kontrolliert. Sämtliche Versuche, wo die Wasserreinigungswirkung zweimal hintereinander aufhörte, wurden unterbrochen. Die Tiere wurden, um sie später eventuell zu verwenden, wieder ins Aquarium mit Wasserzuleitung gelegt. In der letzten Versuchswoche habe ich die Durchströmung von Luft ganz unterlassen. 12 Stunden vor

Beendigung der Versuche wurden der Versuchsflüssigkeit 20 Tropfen chinesischer Tusche beigemischt und ein Teil des Eingeweidesackes der zur Bereitung von Extrakten verwendeten Tiere für histologische Untersuchungen aufbewahrt. Es stellte sich bei der Untersuchung der Tiere heraus, daß unter 15 giftig gewordenen Muscheln (10 von Wyk und 5 von der Eider-Tonne) die kreideweiße Verfärbung der Schalen-Innenfläche bei 9 Tieren sehr deutlich, bei 6 Tieren in geringerem Maße zu erkennen war. Im allgemeinen besaßen die Tiere einen dünnen, grau-weißen Mantel. Der Kristallstiel fehlte bei sämtlichen 15 Tieren. Bei der histologischen Untersuchung konnten die Tuschekörnchen in der Leber und im Darm überall entdeckt werden. Im Lebergewebe waren die bei den giftigen Tieren beschriebenen, als physiologisch anzusehenden, wechselnden Gewebeerscheinungen zu beobachten. Es fiel aber auch hier die verhältnismäßig große Anzahl der die Lipoide und Glykogen nicht enthaltenden vacuolisierten Körnerzellen auf. Reife Eier waren in keinem Tier zu sehen.

Die erfolgreichen Versuche bestätigen also mit Sicherheit, daß fehlerhaft oder schwach entwickelte Tiere, falls sie unter ungünstigen Oxydationsverhältnissen bei niedriger Temperatur und geringem Salzgehalt Nahrung von überwiegend bakteriellem Ursprung erhalten, giftig werden. Nach meinen Untersuchungen in Neapel verdauen die Muscheln die Bakterien nur dann, wenn die Oxydationsverhältnisse nicht zu ungünstig sind und wenn ihnen keine andere Nahrung zur Verfügung steht. Bakterien können daher für die Muscheln nicht als günstige Nahrung betrachtet werden und dies scheint auch die Ursache zu sein, weshalb dieselben in kaltem Wasser mit niedrigem Salzgehalt die Bakterien nur mit dem Algendetritus zusammen aufnahmen. Die ungünstige Ernährung ist also eine Voraussetzung für das Giftigwerden der Muscheln, denn wenn die Tiere keine oder nur Algendetritus-Nahrung bekommen, werden sie nicht giftig. Die Ernährung durch Bakterien scheint aber nur eine Form jener Ernährungsverhältnisse zu sein, die zur Entwicklung des Muschelgiftes führen. Hierauf lassen auch die Beobachtungen von amerikanischen Forschern schliessen, daß die sich mit *Gonyaulax* ernährenden Muscheln giftig werden. HAVINGA erörtert im Zusammenhang mit der Ernährung der Miesmuscheln, daß die Schwebstoffe des Bodenwassers die Nahrung der Muscheln bieten und daß es von den örtlichen Verhältnissen abhängt, welche der beiden für die Muscheln von größerer Bedeutung ist. Gewiß stellt sich in dieser Richtung überall der Gleichgewichtszustand her und der Stoffwechsel der Muschel wird sich demselben anpassen. Wenn nun infolge außerordentlicher Vermehrung der Peridineen die Lage sich plötzlich ändert, kann das für die Ernährungsverhältnisse der Muscheln nicht gleichgültig sein und diese Lage kann mit Recht als eine ebenso einseitige Ernährung angesehen werden, als wenn die Muscheln im stark verunreinigtem Wasser überwiegend bakterielle Nahrung erhalten. Die durch *Gonyaulax* hervorgerufene Giftwirkung ist dementsprechend nur eine Form der Entstehung des Muschelgiftes, wobei nicht ein spezielles Gift von *Gonyaulax*, sondern die ungünstige Nahrung die Hauptrolle spielt. Ueberdies ist zu beachten, daß bei rascher Vermehrung der Peridineen auch in den hydrologischen Verhältnissen, im Sauerstoff- und Kohlensäuregehalt des Wassers weitführende Aenderungen eintreten können. Alle diese Faktoren üben auf die Entstehung des Muschelgiftes einen bedeutenden Einfluß aus. Es ist auf Grund meiner Untersuchungen klar, daß unter solchen Umständen die Muscheln giftig werden, wird aber das Muschelgift als spezifisches *Gonyaulax*-Gift aufgefaßt, so würde es ganz unverständlich sein, wie die Muscheln in unserem Versuch giftig geworden sind. Die Giftwirkung in meinen Versuchen kann ausschließlich damit erklärt werden, daß bei mangelhaft entwickelten von empfindlicherem Stoffwechsel unter ungünstigen Oxydationsverhältnissen im Zusammenhang mit den ungünstigen Lebensumständen und der nachteiligen Ernährung jene Stoffwechselbedingungen entstanden, welche die Entstehung des Muschelgiftes herbeiführten.

Zugleich mit den Miesmuscheln suchte ich auch mit den Austern eine Versuchsreihe anzustellen. Diese zeigte aber im Einklang mit den Versuchen im Seewasser von verschiedener Temperatur und Salzgehalt, daß die Austern unter ungünstigen Lebensverhältnissen ihre Wasserreinigungswirkung einstellen, ihre Schalen schließen und falls sie sich einige Tage unter solchen Umständen befanden, bald eingehen. Natürlich können aus der geringen Anzahl von Versuchen weitführende Folgerungen nicht gezogen werden, doch liegt der Gedanke auf der Hand, daß bei den Austern das Entstehen der Giftwirkung als eine außerordentlich seltene Erscheinung zu betrachten ist, weil die Art *Ostrea edulis* unter den zur Entwicklung der Giftwirkung erforderlichen ungünstigen Verhältnissen nicht am Leben bleibt und schon einget, bevor sich noch eine größere Giftmenge bilden kann. Es ist möglich, daß die große Seltenheit der Austernvergiftungen in Europa auf diesen Umstand zurückzuführen ist.

## E. Beziehungen zwischen dem Giftigwerden der Muscheln und den Verhältnissen des Lebensraumes.

Auf Grund der Daten der experimentellen Untersuchungen wird die Frage aufgeworfen, warum an den Schleswig-Holsteiner Küsten einzelne, in geringerem Grade giftige Muschelexemplare gefunden werden konnten und weshalb die Muscheln von der Süder-Piep-Tonne eine hochgradige Giftwirkung erreichten. Sowohl meine Untersuchungen hinsichtlich der Giftwirkung von Muscheln von verschiedenen Fundorten, als auch meine Versuche mit diesen Tieren zeigten, daß vor allem die in der Entwicklung zurückgebliebenen Tiere giftig werden und wenn wir auch die Feststellung von KOBELT (am Ende des vorigen Jahrhunderts), daß nur die Tiere mit dünner, zerbrechlicher Schale giftig sein können, nicht annehmen, gelangt man dennoch zum Schlusse, daß das Muschelgift sich in erster Linie in Tieren von einem für die Störung empfindlichen Stoffwechsel entwickelt. Es darf folglich eine Erklärung für die giftigen Muscheln der verschiedenen Fundorte nur dann gesucht werden, wenn vorerst entschieden ist, aus welchem Grunde an diesen Orten so viele mangelhaft entwickelte Tiere von zerbrechlicher, dünner, deformierter Schale vorkamen. Auf Grund der Untersuchungen von HAGMEIER sind uns die im Wattenmeer herrschenden, wechselnden biologischen Verhältnisse bekannt und es wird aus seinen Beschreibungen klar, daß dieselben für die Entwicklung der Muscheln nicht immer vorteilhaft sind. Wie aber HAVINGA erörtert „gibt es Stellen, wo die jungen Tiere sich häufig niederlassen, ohne geeignete Lebensverhältnisse zu finden“. „Der Instinkt der jungen Tiere ist also in dieser Hinsicht nicht unfehlbar.“ Folglich ist es sehr leicht möglich, daß oft dort Muschelkolonien entstehen, wo die Muscheln einer sehr starken Temperatur- und Salzgehaltsschwankung, einer zu starken Wasserbewegung ausgesetzt sind oder wo die Nahrungsverhältnisse sich aus anderen Gründen ungünstig gestalten. Ueberdies können die Tonnen, wie bereits erwähnt, wegen der Anhäufung und Uebereinanderlagerung der Tiere, der relativen Nahrungstoffarmut des Oberflächenwassers auch sonst nicht als vorteilhafte Ansiedlungsorte für die Muscheln angesehen werden. So wird es ohne weiteren Schwierigkeiten erklärlich, daß hier schlechter entwickelte Tiere anzutreffen waren als um Helgoland, wo das Meer nicht zufriert und die Muscheln sich im allgemeinen unter beständigeren hydrologischen Verhältnissen befinden als am Rande des Wattes. Viel schwieriger ist aber zu erklären, warum die Verhältnisse an Tonne F. bei Süder-Piep ungünstig waren, so daß die Tiere in ihrer Gesamtmenge, viel stärker als an den übrigen Fundorten, Zeichen der mangelhaften Entwicklung aufwiesen. Diese Frage könnte nur dann entschieden werden, wenn die hydrologischen Verhältnisse von Süder-Piep für das ganze Jahr 1938 bekannt sein würden. Doch hat nach der Mitteilung der Staatlichen Forschungsstelle Westküste Husum bei Tonne F eine derartige Aufnahme nicht stattgefunden. Von dort wurden mir freundlicherweise ausführliche, hydrographische Messungen, die bei Süder-Piep am 6. Oktober 1937 vorgenommen wurden, zur Verfügung gestellt. Nach diesen Messungen war der Sinkstoffgehalt sehr schwankend. Er zeigte mit seinem ersten Maximum eine dem Maximum des Ebbstromes, mit seinem zweiten Maximum eine dem Flutstrom folgende Schwankung. Das Maximum des Sinkstoffgehaltes betrug unter der Oberfläche 230 Litermilligramm (lmg) bzw. 192 lmg, dessen Minimum betrug hingegen 15 bzw. 31 lmg. Dieselben Werte zeigten über dem Grund 800 und 330 lmg, hzw. 22 und 65 lmg, d. h. über dem Grund war ein wesentlich größerer Sinkstoffgehalt feststellbar. Der Salzgehalt war auch recht schwankend, er wies Werte zwischen 27,1‰ und 24,3‰ unter der Oberfläche auf, morgens um 9 Uhr einmal sogar bloß 21,4‰. In der Nähe von Tonne F bestimmte außerdem H. SCHACH im Rahmen der bakteriologischen Forschungen der Helgoländer Biologischen Anstalt am 6. Juli 1938 die Keimzahl des Wassers und fand, daß diese an der Oberfläche 7000, in der Tiefe 16000 betrug, d. h. es war verhältnismäßig hoch. Dabei wurde ein Salzgehalt von 28‰ beobachtet. Da die Messungen aber nicht in unmittelbarer Nähe der Tonne F, an der sich die giftigen Muscheln befanden, gemacht worden sind, können sie über die in ihrer unmittelbaren Nähe herrschenden Verhältnisse doch kein genaues Bild geben. Diese Tonne liegt etwa am Rande der nordwärts dringenden Elbströmung und gleichzeitig im Einfluß einer west-östlich gerichteten Wattströmung, also in einem Gebiet sehr wechselnder hydrographischer Verhältnisse. Es ist möglich, daß diese in der mangelhaften Entwicklung der Muscheln eine gewisse Rolle spielen. Genauere hydrographische Messungen müßten vorgenommen werden, um diese Frage endgültig zu klären.

Die angeführten Momente erklären indessen nur die mangelhafte Entwicklung der Muscheln und nicht ihre Giftwirkung. Nach meinen Untersuchungen ist zu letzterer auch

die Mitwirkung anderer Faktoren nötig. Welche diese außerordentlichen Ursachen an den Tonnen bei Süder-Piep und an einzelnen Tonnen bei Schleswig-Holstein gewesen sind, ist noch schwieriger zu beurteilen, eben weil uns genaue hydrologische Daten für den Zeitpunkt des Sammelns nicht zur Verfügung stehen. Hier können nämlich nur Daten von Ort und Stelle aus der dem Einsammeln der Tiere unmittelbar vorangehender Zeit verwendet werden, zumal, wie bekannt, die Giftwirkung in 6 Wochen auch in unseren Versuchen zur Entwicklung kam und dazu z. B. in Wilhelmshaven sogar eine kürzere Zeit genügte. An den Muscheln vor der Süder-Piep-Tonne waren jedoch Symptome wahrnehmbar, die allein schon auf eine hydrologische Erscheinung schließen lassen, welche in der Entwicklung der Giftwirkung eine bedeutende Rolle spielte. Die kreideweiße Verfärbung der Schaleninnenfläche, der mit Nahrungsstoffen angefüllte Magen, das gleichzeitige Fehlen des Kristallstiels und der Glykogenschwund deuten an, daß die Muscheln unter anoxybiotischen Verhältnissen lebten. Wie aber HAGMEIER feststellt: „kann das ständig bewegte und täglich zweimal erneuerte Wasser sich nicht in dem Maße mit  $\text{CO}_2$  anreichern und den Sauerstoff verlieren, daß dies für den Organismus schädlich wird“ und so ist zur Beurteilung der anoxybiotischen Verhältnisse nur folgende Erklärung möglich. Nach Mitteilung der Forschungsstelle Westküste, Husum; setzte nach der am 9. Dezember 1938 eingetretenen starken Abkühlung und Sturm am 15.—16. das Einfrieren des Wattwassers ein, am 17. froh auch die Umgebung von Tonne F zu, die Tiere bei Süder-Piep gerieten folglich ins Eiswasser. Der Frost tötet in der freien Natur die Miesmuscheln nicht unbedingt. HAGMEIER fand im Jahre 1922 die in die Eisscholle eingefrorenen und gegen Helgoland (Düne) getriebenen Tiere zum Teil noch am Leben. Dagegen ist nach den Untersuchungen von SCHLIEPER die Abgabe von  $\text{CO}_2$  und daher die Atmung umso schwieriger, je niedriger der Salzgehalt und die Temperatur des Wassers ist. Die an den Muscheln beobachteten Zeichen der Anoxybiose können nur mit der Abkühlung und dem Zufrieren des Wassers in Zusammenhang gebracht werden. Die bei den Muscheln eingetretene Abnahme der Vitalität zeigt sich also auch an der geringeren Tätigkeit der Flimmerzellen und an dem raschen Eingehen der Tiere unter ungünstigen Versuchsbedingungen. Daß dabei im Magen der Muscheln von der Süder-Piep-Tonne Nahrungsstoffe auffindbar waren, obwohl in meinen Versuchen die Tiere unter  $6^{\circ}\text{C}$  keine Nahrung zu sich nahmen, spricht nicht gegen obige Feststellung, da es, wie HAVINGA berichtet, im Winter „schwierig ist, die Muscheln im Laboratorium zur Nahrungsaufnahme zu bringen. In der Natur findet man aber auch im Winter, daß ein leerer Magen sehr bald wieder gefüllt ist, wenn die Temperatur des Wassers nur etwas über  $0^{\circ}\text{C}$  ist.“ Es scheint eben, daß die bei niedriger Temperatur ohne Kristallstiel, unter anoxybiotischen Verhältnissen vor sich gehende Ernährung bei der Entstehung des Muschelgiftes eine Rolle spielt. Laut BERKELEY soll der Kristallstiel eben unter anoxybiotischen Verhältnissen verschwinden und zugleich spaltet das Tier sein Glykogen. Unter Versuchsverhältnissen im Laboratorium nimmt das Tier in dieser Zeit Nahrung kaum oder überhaupt nicht auf. Die Süder-Pieper Tiere bestätigen mit Gewißheit die Richtigkeit der Beobachtungen von HAVINGA, d. h., daß die Lage in der freien Natur eine andere ist als im Versuch und, daß das Tier auch bei etwa  $0^{\circ}\text{C}$  Nahrung aufnimmt. Diese unregelmäßige Ernährungsweise mag die unmittelbare Ursache der Auslösung der Giftwirkung gewesen sein und zwar entstand die Giftigkeit vor allem bei sämtlichen Tieren an der Süder-Piep-Tonne, weniger bei den Tieren von anderen irgendwie ungünstig liegenden oder unter Eis gerateten Tonnen. Die anoxybiotische Ernährung stellt daher neben der einseitigen bakteriellen oder einseitig aus Peridineen bestehenden Nahrung eine dritte nachteilige Ernährungsweise dar, bei welcher das Muschelgift entsteht. Offenbar ist der zur Entwicklung des Giftes führende ordnungswidrige Stoffwechsel weder an die Bakterien noch an die Peridineen gebunden, sondern derselbe hängt mit irgend einem unregelmäßigen Vorgang in der Nahrungsverarbeitung zusammen. Worin das besteht, wird nur dann zu erfahren sein, wenn die Verdauungsvorgänge der Muscheln in allen Einzelheiten geklärt sein werden. Es ist nicht ausgeschlossen, daß bei den ungünstigen Ernährungsverhältnissen anoxybiotischen Charakters die unvollkommen entwickelten Tiere von minderwertigem Stoffwechsel Histamin abgeben und das Muschelgift diesem oder einem ähnlichen Stoff entspricht. Schon im Anschluß an die RICHER'schen Versuche habe ich auf den interessanten Zusammenhang hingewiesen, welcher zwischen der durch Muscheleiweiß ausgelösten anaphylaktischen Reaktion und der durch das Gift hervorgerufenen Ueberempfindlichkeit besteht. Ich habe angedeutet, daß einzelne Forscher bei Entwicklung der anaphylaktischen Erscheinungen dem Histamin eine entscheidende Rolle zuschreiben. Histamin ist im Salzsäure-Extrakt eines jeden Organes vorhanden. Die Herstellung des Muschelgift-Extraktes erfolgt in saurem Medium in Gegen-

wart von Salzsäure und es ist sehr leicht möglich, daß die Verfahren von WOLFF, SALKOWSKY, BRIEGER, THESEN schließlich den Histamingehalt nachweisen. Das Histamin ist in normalen Geweben oder zumindest in gewissen Zellen vorhanden, der Salzsäure-Extrakt des Muschelkörpers wird daher unter allen Umständen Histamin aufweisen und dieser Stoff bleibt auch nach Behandlung mit Alkohol in Lösung. Stellt daher das Muschelgift Histamin oder damit verwandte chemische Verbindungen dar, dann besteht der Unterschied zwischen den giftigen und ungiftigen Tieren nur in der Quantität und Form des Histamins. Die zur Herstellung des Muschelgiftes dienenden Verfahren weisen demnach nur quantitative Differenzen auf, wodurch verständlich wird, daß von diesem Gesichtspunkt aus von den ungiftigen Tieren bis zu den giftigen alle Uebergänge angetroffen werden. Man kann sich schließlich nicht wundern, daß, falls aus den Tieren Extrakte einzeln hergestellt werden, je nach Entwicklungs- und Ernährungsgrad der Muschel im Giftgehalt der Extrakte Abweichungen bestehen.

Diese Tatsachen bedeuten vorderhand natürlich nur theoretische Möglichkeiten, welche vor allem ausführliche chemische Untersuchungen erfordern. Auf Grund der in dieser Arbeit angeführten kann aber soviel dennoch festgestellt werden, daß das Muschelgift ein Produkt des pathologischen Stoffwechsels der unter ungünstigen Oxydationsbedingungen stehenden und sich ungünstig ernährenden Muschel ist. Der Stoffwechsel der Muscheln ist im allgemeinen recht träge und es bedarf keiner weiteren Erklärung, daß ein extremer Wechsel der hydrologischen Faktoren (z. B. das massenhafte Auftreten von *Gonyaulax*) mitspielen muß, damit der erforderliche pathologische Grad im Stoffwechsel der normal entwickelten Muschel zur Bildung oder Anhäufung des Giftes erreicht wird. Nach meinen Versuchen sind jedoch auch die Verhältnisse der Wasserreinigungswirkung, so auch die Atmung und die Nahrungsaufnahme der mangelhaft entwickelten Tiere von einem niedrigeren Wert als bei den normalen Tieren. So kann bei jenen schon ein weniger bedeutender Wechsel in den hydrologischen Faktoren ausreichen, um den Stoffwechsel pathologisch zu gestalten und das Gift somit in den Geweben der Muschel anzuhäufen. Ist diese Erklärung richtig, so erscheint es klar, weshalb am Mittelmeer die Muschelvergiftung so außerordentlich selten ist und warum sie verhältnismäßig öfter in den Buchten der Nordsee vorkommt. Während nämlich am Mittelmeer der hohe Salzgehalt und die weniger schwankende Wassertemperatur, die im allgemeinen beständigen hydrologischen Faktoren das Gedeihen der Muscheln sichern, sind an der Nord- und Ostsee die hydrologischen Verhältnisse für die Entwicklung der Muscheln nicht immer und nicht überall günstig. Da, wie beschrieben, jedoch gut entwickelte Tiere nur unter ganz außerordentlichen Verhältnissen giftig werden, können dagegen bei den in der Entwicklung zurückgebliebenen Muscheln in ihrem nicht vollwertigen Stoffwechsel auch geringfügige Ernährungs- oder Atmungsstörungen zur Entwicklung oder Anhäufung des Giftes führen. Daher entstehen in den normal entwickelten Tieren in den verunreinigten Buchten des Mittelländischen Meeres höchstens Vergiftungen mit dem menschlichen Organismus unzureichenden Giftspuren (z. B. in den Muscheln der Bucht von Mergellina). Doch können an der Nord- und Ostsee, als Folge der ungünstigen hydrologischen Verhältnisse oder im Falle der Verunreinigung des Wassers die mangelhaft entwickelten Muscheln sehr giftig werden. Theoretisch betrachtet erscheint daher die Entstehung des Muschelgiftes in keinem der Meere und in keinem einzigen normal entwickelten Tier als ausgeschlossen, aber es kann in Meeren wie z. B. im Mittelmeer nur unter ganz außerordentlichen hydrologischen Verhältnissen zustandekommen. Dagegen können die Muscheln in jenen Meeresgebieten, wo die Lebensbedingungen für sie ungünstiger sind (an einzelnen Teilen der Nord- und Ostsee) schon infolge von geringfügigen hydrologischen Aenderungen in hohem Grade giftig werden. Daß die Muschelvergiftungen trotzdem auch an der Nord- und Ostsee verhältnismäßig sehr selten sind, wird gewiß darauf zurückzuführen sein, daß dort die schlecht entwickelten kleinen Muscheln von niemanden gegessen werden, umso weniger, da, wie bereits erwähnt, viele Fischer die den Tonnen anhaftenden Miesmuscheln mit dünner Schale schon von vornherein für giftig halten. Doch mit Rücksicht darauf, daß der hohe Vitamin- und Glykogengehalt der Muscheln eine bisher noch nicht in vollem Maße ausgenützte Lebensmittelquelle von stets zunehmender Bedeutung darstellt und die, im Gegensatz zu den Austern, weniger anspruchsvolle Miesmuschel auch in der Nordsee verbreitet ist und in Zukunft vielleicht noch mehr heimisch gemacht werden kann, ist die Klärung der Frage, wie häufig die giftigen Muscheln an den verschiedenen Fundorten vorkommen und welche hydrologischen Faktoren das Entstehen der Giftwirkung begünstigen, nicht nur von theoretischem, sondern auch vom praktischen Gesichtspunkt aus von großer Wichtigkeit.

Die Klärung der obigen Verhältnisse ist von besonderer praktischer Bedeutung, denn die sich so ergebenden Erfahrungen sind wichtig für die Schaffung von Muschelkulturen. Es kann jedenfalls auf Grund des Gesagten ohne jede besondere Untersuchung festgestellt werden, daß die Tiere der natürlichen Muschelbänke der Nord- und Ostsee nur in jenem Falle dem allgemeinen Verbrauch überlassen werden dürfen, wenn die hydrologischen Verhältnisse dieser Orte unter ständiger Kontrolle stehen und unter den Tieren schlecht entwickelte Exemplare nur in geringer Zahl zu finden sind. Die Erfordernisse, die an natürliche Muschelbänke gestellt werden müssen, sind jedoch in Wirklichkeit kaum durchführbar. Einmal ist die ständige, systematische hydrologische Untersuchung der natürlichen Fundorte mit großen Schwierigkeiten verbunden und die Spesen dieser Kontrolle sind mit der Rentabilität der Muschelbank nicht in Einklang zu bringen. Ferner muß es in Betracht gezogen werden, daß die Muscheln bei ihrem Ansiedeln nicht immer die für ihre Entwicklung günstigen Orte wählen. Sie siedeln sich oftmals an Orten an, wo sie zur Zeit der Ebbe durch längere Zeit trocken liegen oder wo sie größeren Verunreinigungen ausgesetzt sind. Auch häufen sie sich dergestalt übereinander, daß die tiefliegenden Tiere in ihrer Entwicklung stark gehemmt werden. So kommt es, daß unter den Tieren der natürlichen Muschelbänke — besonders in Meeresteilen mit veränderlichen hydrologischen Verhältnissen — schlecht entwickelte Tiere in größerer Zahl vorkommen. Eine sichere Vermeidung der Muschelvergiftungen ist deshalb nur auf dem Wege zu erreichen, den die Biologische Anstalt auf Helgoland und die zuständigen anderen Dienststellen zur Zeit anstreben: das ist die Einrichtung von Betrieben für Muschelkulturen im Wattenmeer. Hierdurch wird es ermöglicht, bei dem Festlegen der Orte für künstliche Muschelbänke, Meeresteile mit optimalen und ständig kontrollierbaren hydrologischen Verhältnissen auszuwählen, und „die Saat-Muscheln in einer solchen Dichte auszustreuen, daß sie sich gut entwickeln und „fett“ werden; das liegt schon im Interesse des Muschelzüchters“ (HAGMEIER). Bei wohl angelegten Muschelkulturen fehlen also die beiden Hauptbedingungen des Giftigwerdens der Muscheln: die schlechten hydrologischen Verhältnisse und die fehlerhafte Entwicklung der Tiere. HAGMEIER'S Feststellung, wonach „auf den stets unter Wasser liegenden und sorgfältig gepflegten Kulturbänken keine Gefahr vorhanden ist, daß daselbst giftige Muscheln vorkommen“, ist deshalb gewiß richtig. Würden zum Verbrauch nur Tiere von künstlich angelegten Muschelbänken gelangen, so wäre die Muschelvergiftung mit voller Sicherheit vermeidbar. Die große Vitaminmenge des Muschelkörpers ist heute eine noch wenig beanspruchte Vitaminquelle, deren Bedeutung für Volksernährungszwecke sehr groß ist. Das Anlegen von Muschelkulturen, — als einzige sichere Waffe zur Vermeidung der Gefahren beim Muschelverbrauch — ist deshalb ein Unternehmen von großem praktischem und wirtschaftlichem Werte.

### Zusammenfassung.

Miesmuscheln, die im Winter 1938 von dem Bewuchs der Seezeichen an der Westküste von Schleswig-Holstein gesammelt wurden, wiesen bedeutende Unterschiede der Form, Farbe, Decke und Innenfläche der Muschelschalen auf. In der Nähe Helgolands waren besonders dunkle Tiere mit dicken Schalen zu finden, an anderen Orten war ein kleinerer oder größerer Teil der Tiere blaß grüngelb oder hellbraun, stark gestreift, mit dünnen, zerbrechlichen, oft deformierten Schalen, an deren Innenfläche manchmal kreideweiße Verfärbungen oder rostbraune Flecke sich zeigten. Tierexperimente konnten nachweisen, daß unter Muscheln mit den letztgenannten Veränderungen, auch falls sie von in offenem Meeresgebiete liegenden Seezeichen stammten, vereinzelt giftige Exemplare zu finden waren. Die Schalenveränderungen zeigten sich besonders einheitlich bei Tieren von der Süder-Piep-Tonne, und diese wirkten auch stark giftig. Die Veränderungen der Muschelschalen konnten teilweise auf eine fehlerhafte Entwicklung der Muscheln, auf ungünstige Lebensverhältnisse, besonders auf ungünstige Oxydationsverhältnisse zurückgeführt werden. Somit ergibt sich der Gedanke eines Zusammenhanges dieser ungünstigen biologischen Faktoren und der Giftwirkung der Muscheln. Zur Klärung dieser Frage konnte die Wasserreinigungswirkung der Muscheln, als Maß der Funktion der Flimmerepithelzellen, die die Wasserströmungen der Muscheln hervorrufen, als wertvolles biologisches Reagens herangezogen werden. So konnte festgestellt werden, daß die Wasserreinigungswirkung der jungen Tiere durch niedrige Temperatur in Gemeinschaft mit niedrigem Salzgehalt verlangsamt



wird und daher unter diesen Verhältnissen eine sich ungenügend ernährende, fehlerhaft entwickelte Muschelgeneration von unvollkommenem Gasstoffwechsel entsteht, bei welcher als Folge der minderwertigen Lebensfunktionen die zur Entwicklung der Giftwirkung erforderlichen Ernährungs- und Oxydationsstörungen besonders leicht auftreten können. Auf Grund dieser Feststellungen konnte experimentell nachgewiesen werden, daß fehlerhaft oder schwach entwickelte Tiere giftig werden, wenn sie unter ungünstigen Oxydationsverhältnissen bei niedriger Temperatur und geringem Salzgehalt Nahrung von überwiegend bakteriellem Ursprung erhalten. Die bakterielle Ernährung scheint aber nur eine Form jener Ernährungsverhältnisse zu sein, die zur Entwicklung des Muschelgiftes führen, wie dies Beobachtungen von amerikanischen Forschern zeigen, wonach sich mit *Gonyaulax* ernährende Muscheln giftig werden. Unsere Feststellungen können somit in dem Satz zusammengefaßt werden, daß das Muschelgift ein Produkt des pathologischen Stoffwechsels der sich unter ungünstigen Oxydationsbedingungen ungenügend ernährenden Muschel ist.

### Schrifttum.

1. ABRAHÁM, A.: Allati mérgek és mérges állatok, (Magyar Gyógyszerésztud. Társ. Értesítő, 1933).
2. Atlas für Salzgehalt, Temperatur und Dichte der Nord-Ostsee. (Dtsch. Seewarte, 1927.)
3. BAIER, C. R.: Studien zur Hydrobakteriologie stehender Binnengewässer. (Arch. Hydrobiol. 1936. Bd. 29.)
4. BANDI, I.: Italienische Austerzucht und Darmkrankheiten. (Zbl. f. Bakt. I. Abt. 1912. Bd. 61.)
5. BERKELEY: (Ref.: Bericht. ü. d. ges. Phys. 1924. Bd. 23.)
6. —: (Ref.: Bericht. ü. d. ges. Phys. 1934. Bd. 78.)
7. BETHE, BERGMANN u. a.: Handbuch der normalen und pathologischen Physiologie. 1927. Bd. 3.
8. BRUEGER, L.: Ueber basische Produkte in der Miesmuschel. (Dtsch. Med. Wschr., 1885.)
9. —: Zur Kenntnis des Tetanins und des Mytilotoxins. (Virchows Arch. 1888. T. 112.)
10. —: Beitrag zur Kenntnis der Zusammensetzung des Mytilotoxins nebst einer Uebersicht der bisher in ihren Haupteigenschaften bekannten Ptomaine, Toxine und Leukomaine. (Virchows Arch. 1889. T. 115.)
11. BOETTGER: Die Standortmodifikationen der mediterranen Miesmuschel, *Mytilus galloprovincialis* Lam. im Golf von Neapel. 1930. (Zoolog. Anz. 1930. Bd. 91.)
12. BRUCE, J. R.: The Respiratory Exchange of the Mussel (*Mytilus edulis* L.). (Biochim. J. 1926. Bd. 20.)
13. BUCHOLZ: Ueber Gesundheitsstörungen nach dem Genuß von Austern und Muscheln und ihre Verhütung. (Mitt. Dtsch. Seefisch.-Ver. 1912. Bd. 28.)
14. DEGKWITZ: Lipide und Ionen.
15. DODGSON: Report on Mussel Purification. (Fishery Invest. Series II. 1928. Vol. X. No. 1.)
16. DOTTERWEICH, H. und ELSSNER: Die Mobilisierung des Schalenkalkes für die Reaktionsregulation der Muscheln. (Biol. Zbl. 1938. Bd. 45.)
17. ENTZ, G.: Méreg az állatországbán. (Term. Tud. Közl. 1893. Bd. 25.)
18. FALCK, F. A.: Ist die Miesmuschel des Kieler Hafens giftig. (Schr. d. Nation. Verein. Schlesw.-Holst. 1883. T. 6.)
19. FAUST, E.: Darstellung und Nachweis tierischer Gifte (in Abderhalden's Handb. d. biolog. Arbeitsmeth. Abt. 4. T. 7.)
20. FRANK, J. P.: System einer vollständigen medicinischen Polizen. (1786—1790.)
21. GAGE, ST., GORHAM, FR.: (Ref.: Zbl. f. Bakt. I. Abt. 1926. Bd. 83.)
22. GALTISOFF, P. S.: The effect of Temperature on the mechanical activity of the gills of the Oyster (*Ostrea virginica* Gm.). (Journal of General Physiology. 1928. Bd. 11.)
23. GARÁDY, V.: Az Adriai tenger betegsége. (A tenger. 1929. Bd. 19.)
24. GEIGER, I. C., WARD, W. E., JACOBSON, M. A.: (Ref.: Zbl. f. Bakt. I. Abt. 1926. Bd. 83.)
25. GELLHORN: Allgemeine Physiologie der Flimmer- und Geißelbewegung (in Bethe Bergmann's Handb. d. norm. u. path. Phys. 1925. Bd. 8.)
26. HAAS, F.: Lamellibranchiata (in Grimpe und Wagler's Tierwelt der Nord- und Ostsee. Bd. 9.)
27. HAAS, F.: Bivalvia (in Bronn's Klassen Ord. Tierreich.)
28. HAGMEIER, A.: Züchtung verschiedener wirbelloser Meerestiere (in Abderhalden's Handb. d. biolog. Arbeitsmeth. Abt. 9. T. 5.)
29. —: Die Besiedlung des Felsstrandes und der Klippen von Helgoland. Teil I. Der Lebensraum. (Wiss. Meeresunters. N. F. Abt. Helg. 1930. Bd. 15.)
30. —: Wissenschaftliche Forschung und praktische Wirtschaft auf den fiskalischen Austernbänken. (Nord-elbingen, 1931. Bd. 15.)
- 30a. —: Die intensive Nutzung des nordfriesischen Wattenmeeres durch Austern- und Muschelkultur (Ztschr. f. Fisch. u. d. Hilfswiss. 1941. Bd. 39, Nr. 2.)
31. HAGMEIER, A., und KÄNDLER, R.: Neue Untersuchungen im nordfriesischen Wattenmeer und auf den fiskalischen Austernbänken. (Wiss. Meeresunters. N. F. Abt. Helgoland. 1925—1927. Bd. 16.)
32. HARANGHY, L.: Édesvízi kagylóink és a *Lithoglyphus naticoides* Fer, mint a szabad vizek öntisztulási képességének tényezői. (M. Tud. Akad. Matemat. Természettud. Ért. 1936. Bd. 54.)
33. —: A *Mytilus minimus* Poli és az *Ostrea plicata* Chemn. mérgező hatásának összefüggése a kagylók életviszonyaival. (Magyar Tud. Akad. Matemat. és Természettud. Ért., 1937. Bd. 56.)
34. —: A kagylók jelentősége a táplálkozásban és a kagylóévéssel összefüggő betegségek. (Tenger, 1937. Bd. 28.)
35. —: Experimentelle Beiträge zur Kenntnis der Wasserreinigungs- und Wasserklärungswirkung der Seemuscheln. (Publ. Staz. Zool. Napoli. 1938.)
36. —: A kagylómérgezésről. (Magyar Path. Társ. Munkálatai, 1939.)

37. HARANGHY, L.: Rapporto tra l'azione tossica dei laemilibranchi e il pabulum degli stessi, nonché le condi zionidi ossigenazione degli ambienti. (Bollet. di pesca di piscicoltura e di idrobiologia 1940. Bd. 16.)
38. HAVINGA, B.: Marine Mollusken, Flora en Fauna der Zuiderzee (1922).
39. —: Krebse und Weichtiere (in Lübbert's und Ehrenbaum's Handbuch der Seefischerei Nordeuropas, Bd. 3).
40. —: Austern und Muschelkultur. (Ibidem, Bd. 7.)
41. HEATH, H.: (Ref.: Zool. Bericht. 1929. Bd. 21.)
42. HENTSCHEL, E.: Grundzüge der Hydrobiologie. 1923.
43. HOCK, R.: Ueber Muschelvergiftung. (Tierärztl. Rdsch. 1930.)
44. HUSEMANN, Th.: Vergiftung und Bazillenübertragung durch Austern und deren medizinisch-polizeiliche Bedeutung. (Wiener Med. Bl. 1897.)
45. JORDAN, H.: Vergleichende Physiologie wirbelloser Tiere. (Jena.)
46. JORDAN, E. O.: (Ref.: Zbl. f. Bakt. I. Abt., 1925, Bd. 80.)
47. KATHLEEN, M., WHITE, B., SC.: *Mytilus*. (L. M. B. C. Memoirs on Typical British Marine Plants et Animals., 1937.)
48. KELLAWAY: (Ref.: Bericht. ü. d. ges. Phys. 1936. Bd. 90.)
49. KENTZLER, GY.: Elméleti és gyakorlati Serologia. (1913.)
50. KNUDSEN, M.: Hydrographische Tabellen.
51. KOBELT: Die Wilhelmshavener Giftmuschel. (Jb. Dtsch. malak. Ges. 1886. T. 13.)
52. KOFOID, Ch. A.: *Dinoflagellata* of the San Diego Region. IV. The Genus *Gonyaulax*. (Publ. Zool. Univ. Californ. Bd. 8.)
53. KOLLE, K.: Meereskundliche chemische Untersuchungen mit Hilfe des Zeisschen Pulfrich Photometers. I. Mitteilung. (Annalen d. Hydrogr. und Maritimen Meteorolog. 1931). (II. Mitteilung). (Ibidem 1933.)
54. KÜHNELT: Beziehungen zwischen Kalkstoffwechsel und Atmung bei Mollusken der Meeresküste. (Zoolog. Anzeig. 1938. Bd. 124.)
55. LINDEMANN, E.: *Peridineae* (in Engler's: Die Natürlichen Pflanzenfamilien. Bd. 2).
56. —: Massensterben von Fischen inf. einer Hochproduktion von Panzergeißlingen. (Kl. Mitt. d. P. Landesanstalt. f. Wasserhyg. Jahrg. 2.)
57. LINDNER, G.: Ueber giftige Miesmuscheln. (Zbl. f. Bakt. 1. Abt. 1888. Bd. 3.)
58. —: Ueber giftige Miesmuschel namentlich über den mikroskopischen Befund. ecc. (Ber. Ver. Naturk. Cassel. 1889. Bd. 34—35.)
59. LINKE, O.: Biologie und Praxis an der ostfriesischen Küste. (Der Biologe, 1938. Bd. 7.)
60. LINSER, H.: Lichtabsorptionsmessungen an natürlichen und Gebrauchswassern. (Bot. Zeitschr. 1931. Bd. 53.)
61. LIST, T.: Die Mytiliden des Golfes von Neapel. (Fauna Flora Neapel. 1902 Mon. 27.)
62. LOHMEYER, C.: Die Wilhelmshavener Giftmuschel. (Berl. klin. Wochenschr. 1886.)
63. MEYER, H. A., und MÖBIUS, K.: *Prosobranchia* und *Lamellibranchia* der Kieler Bucht. (Fauna der Kieler Bucht. 1872. Bd. 2.)
64. MEYER, K. F.: (Ref.: Zool. Bericht. 1929. Bd. 21.)
65. MEUNIER, A.: Le Microplankton de la Mer Flamande. (Mussée R. Hist. Nat. de Belgique. 1919. Bd. 8.)
66. MÜLLER, H.: (Ref.: Bericht. ü. d. ges. Phys. 1935. Bd. 86.)
67. NELSON, T. C.: On the Feeding Habits of Oysters. (Proc. Soc. exp. Biol. Med. 1923. Bd. 21.)
68. OPPENHEIMER, C.: Handbuch der Biochemie des Menschen und der Tiere. (1934. 2. Aufl.)
69. PAWLOWSKY: Gifttiere und ihre Giftigkeit. (1927.)
70. PERKINS, E. R.: The Story of an Oyster (New Jersey Oyster. Inwest. Laborat.).
71. PETERSON, G. G. J. and BOYSEN-JENSEN, P.: Valuation of the Sea animal Life of the Sea Bottom its Food and Quantity. (Rep. Danish. biol. Stat. 1911. Bd. 20.)
72. PREISZ, H.: Az infectio es immunitas tanának elemei. (1936.)
73. PRINZMETAL, SOMMER, LEALE: The pharmacological action of „mussel poison“. (Journal. of. Pharm. 1932. Bd. 46.)
74. REICHARD, A. C.: (Wiss. Meeresunters. Abt. Helgoland. 1910. Bd. 10)
75. RICHET, CH.: De l'anaphylaxie en général et de l'anaphylaxie par la mytilocongestine en particulier. (Ann. Pasteur, 1907. Bd. 21.)
76. —: Anaphylaxie par la mytilocongestine. (C. R. Soc. Biol. Paris 1907 T. 62.)
77. SALKOWSKY, E.: Zur Kenntnis des Giftes der Miesmuschel. (Virchows. Arch. 1885. T. 102.)
78. SAVAGE, R. E.: The Food of the Oyster. (Fish. Invest. Serie. 2., 1925. Bd. 8.)
79. SCHILLER, D. J.: *Dinoflagellatae* (in Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Oesterreich und Schweiz. Bd. 10. T. 2.)
80. SCHLIEPER, C.: Die biologische Bedeutung der Salzkonzentration der Gewässer. (Naturw. Berlin, 1928. Bd. 16.)
81. —: Ueber die Einwirkung niederer Salzkonzentrationen auf marine Organismen. (Z. vergl. Physiol. 1929. Bd. 9.)
82. —: Ueber das Eindringen mariner Tiere in das Süßwasser. (Biolog. Zbl. 1931. Bd. 51.)
83. SCHMIDTMANN, C.: Miesmuschelvergiftungen in Wilhelmshaven im Herbst 1887. (Z. f. Medizinalbeamte. 1887.)
84. SCHRÖDFR, E.: Lamellibranchiaten der Nordsee. (Wiss. Meeresunters., 1911. Abt. Kiel. Bd. 12.)
85. SOMMER, H.: (Ref.: Bericht. ü. d. ges. Phys. 1933. Bd. 72.)
86. SOMMER, H., MEYER, K. F., WHEDON, W. F., KOFOID, C. A.: (Abstracts of Communications Intern. Mikrobiol. Kongr. 2. London 1936. Zit. nach Lindemann.)
87. SPÄRCK, R.: On the Food Problem in Relation to marine Zoogeography (Physiological papers. Krogh Festschr.).
88. —: Studies on the Biology of the Oyster. (Rep. Danish. biol. Stat. 1927. Bd. 33.)
89. STENTA, M.: Zur Kenntnis der Strömungen im Mantelraume der Lamellibranchiaten. (Arb. zool. Inst. Wien. 1902. Bd. 14.)
90. STOHLER: Gewichtsverhältnisse bei gewissen marinen Evertibraten. (Zool. Anz. 1930. Bd. 91.)
91. THESEN, J.: Studien über die paralytische Form von Vergiftung durch Muscheln. (*Mytilus edulis*). (Arch. f. experim. Pathol. u. Pharmakol. 1902. T. 47.)
92. THIELE, J.: Handbuch der systematischen Weichtierkunde. 1934.
93. THIELE, J. und REICHENSPERGER: *Bivalvia* (in Kükenthal's Handbuch der Zool.).
94. VIRCHOW, R.: Ueber die Vergiftung durch Miesmuscheln in Wilhelmshaven. (Berl. klin. Wochenschr. 1885.)

95. VIRCHOW, LOHMEYER, SCHULZE und MARTENS: Beiträge zur Kenntnis der giftigen Miesmuscheln. (Virchows Arch. 1886. T. 104.)
  96. WALLENGREN, H.: Zur Biologie der Muscheln. I. Wasserströmungen; II. Nahrungsaufnahme. (Lunds Universitets Arsskrift. N. F. Afd. 2. 1905. Bd. 1.)
  97. WHEDON, W. F., KOFOID, C. A.: *Dinoflagellata* of the San Francisco region usw. (Publ. Zool. Univ. Californ. 1936. Bd. 41.)
  98. WHEDON, W. F.: Spawning Habits of the Mussels *Mytilus californianus* Conrad. (Publ. Zool. Univ. Californ. 1936. Bd. 41.)
  99. WILLER, A., und HEINEMANN, E.: Hydrographische Studien zur Haffkrankheit. (Forsch. Fortschr. 1933. Jahrg. 9.)
  100. —: Sedimentationsvorgänge in Gewässern. (Phys. ökon. Ges. Königsberg 1936. Bd. 69.)
  101. WINTERSTEIN, H.: Handbuch der vergleichenden Physiologie.
  102. WOLFF, M.: Die Lokalisation des Giftes in den Miesmuscheln. (Virchows Arch. 1886. T. 103.)
  103. —: Die Ausdehnung des Gebietes der giftigen Miesmuscheln und der sonstigen giftigen Seetiere in Wilhelmshaven. (Virchows Arch. 1886. T. 104.)
  104. —: Ueber das erneute Vorkommen der giftigen Miesmuschel in Wilhelmshaven. (Virchows Arch. 1887. T. 110.)
  105. YONGE: Structure and Physiology of the Organs of Feeding and Digestion in *Ostrea edulis*. (J. marin. biol. Ass. 1926. Bd. 14.)
-