Ueber die chemische Zusammensetzung einiger Bodentiere der Nord- und Ostsee und ihre Heizwertbestimmung.

Von HEINRICH RINKE.

Mit

Biologischen Vorbemerkungen.

Von HELMUTH HERTLING.

(Aus der Biologischen Anstalt auf Helgoland und dem Institut für Seefischerei in Wesermünde.)

(Mit 5 Abbildungen im Text.)

Inhalt.

Seite

Biologische Vorbemerkungen zu den Untersuchungen von Dr. H. RINKE über die chemische Zusammensetzung einiger Bodentiere der Nord- und Ostsee und ihre Heizwertbestimmung. Von HELMUTH HERTLING 112

Ueber die chemische Zusammensetzung einiger Bodentiere der Nord- und Ostsee und ihre Heizwertbestimmung. Von HEINRICH RINKE 117

I. Einleitung 117
II. Methodik der Untersuchung 117
III. Untersuchung von Tieren, bei denen der Heizwert experimentell bestimmt wurde
1. Polychaeten: *Nereis virens* 119
2. Crustaceen: *Crangon crangon* 121
3. Mollusken: *Mytilus edulis* 124
4. Fische: *Ammodytes tobianus* 126
Schlußfolgerungen 128
IV. Untersuchung von Mollusken, bei denen der Heizwert rechnerisch ermittelt wurde
1. *Arctica islandica* 130
2. *Cardium edule* 133
3. *Corbula gibba* 136
V. Tabellen für praktische Auswertungen 137
VI. Zusammenfassung 140
Literaturverzeichnis 140

Biologische Vorbemerkungen zu den Untersuchungen von Dr. H. RINKE über die chemische Zusammensetzung einiger Bodentiere der Nord- und Ostsee und ihre Heizwertbestimmung.

Von HELMUTH HERTLING.

(Biologische Anstalt auf Helgoland.)

Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung des Tierkörpers bilden eine notwendige Ergänzung zu vielen zoologischen Arbeiten. Sie geben uns ein Bild von der augenblicklichen stofflichen Zusammensetzung des Tierkörpers und können, planmäßig ausgeführt, ein getreues Bild von den Veränderungen seiner Zusammensetzung im Verlaufe seines normalen Lebens, wie auch den Einfluß der durch Versuche hervorgerufenen besonderen Zustände auf die stoffliche Zusammensetzung zeigen. Vergleiche zwischen den so gewonnenen Ergebnissen zwischen nahe verwandten Formen von verschiedener Lebensweise und auch zwischen sehr verschiedenen Formen werden allmählich sicher begründete Ergebnisse erbringen, die für viele Zweige der Zoologie wertvoll sein müssen.

Gute Analysen können in biologischer Beziehung vielfach verwendet werden, wobei es oft nicht ausschlaggebend ist, welche Fragestellung den Anlaß zu ihrer Durchführung gegeben hat. Analysen, die zur Lösung physiologischer Fragen angestellt worden sind, können auch für Fragen der angewandten Wissenschaft aufschlußreich sein und umgekehrt. Ja selbst solche Analysen, die mit rein ernährungswissenschaftlichen Zielen gemacht wurden, können dem Biologen manchen Nutzen bringen, so bei physiologischen und ökologischen Untersuchungen, wie auch bei angewandten Forschungen verschiedener Richtung.

Der Grund dafür, daß Untersuchungen dieser Art noch immer viel zu selten ausgeführt wurden ist wohl hauptsächlich darin zu erblicken, daß nur wenige Zoologen in der Lage sind, solche Arbeiten selbst auszuführen, da ihnen sowohl die nötigen Erfahrungen in der Anwendung der chemischen Arbeitsmethoden, wie auch die nötigen Hilfsmittel hierzu fehlen. Sie sind deshalb auf die Hilfe eines Chemikers angewiesen, der außer dem Verständnis für biologische Fragen auch die Fähigkeit besitzt, die Methodik selbständig weiter auszubauen. Denn in vielen Fällen werden von dem Material, das untersucht werden soll, nur kleine Mengen vorhanden sein, bei denen die in der Nahrungsmittelchemie gebräuchlichen Methoden nicht ohne weiters Anwendung finden können.

Auch die von der Biologischen Anstalt auf Helgoland im Rahmen der Arbeiten der Deutschen wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung aufgenommenen und noch im Gange befindlichen Untersuchungen der Bodenfauna mit quantitativen Bodengreifern und quantitativen Nahrungsuntersuchungen an Meeresfischen [1]) erfordern ergänzende chemische und physiologische Untersuchungen, um den Wert der verschiedenen Nährtiere als Fischnahrung feststellen zu können. Von solchen ergänzenden Arbeiten wurden bisher nur chemische Untersuchungen im beschränktem Umfange ausgeführt, während physiologische Versuche über die Verdauung und Ausnutzung der Nahrung, wie sie z. B. von H. MANN [2]) und anderen an Süßwasserfischen ausgeführt wurden, leider noch unterbleiben mußten.

Chemische Analysen an Meerestieren sind schon früher gemacht worden. Die ersten Feststellungen dieser Art stellte in Deutschland wohl V. HENSEN [3]) an, der bei seinen quantitativen Planktonuntersuchungen auch die chemische Zusammensetzung einiger wichtiger Formen erwähnt, doch wurde unsere Kenntnis über die chemische Zusammensetzung wirbelloser Meerestiere erst durch K. BRANDT [4]) und seine Schüler DELFF [5]) und MEYER [6]) stärker erweitert.

Bei allen diesen Arbeiten handelte es sich allein um chemische Analysen der Tiere ohne Berücksichtigung des Wärmewertes. Dieser Wärmewert wurde später von GENG [7]), der die Nahrung von Süßwasserfischen nach chemischen Methoden untersuchte, für eine größere Anzahl Nährtierarten experimentell oder rechnerisch ermittelt.

Noch vor dem Erscheinen der Arbeit von GENG wurden chemische Untersuchungen auf Betreiben des damaligen Direktors der Biologischen Anstalt auf Helgoland, Prof. Dr. W. MIELCK, in Angriff genommen und im Einvernehmen mit dem Direktor des Instituts für Seefischerei in Wesermünde, Dr. LÜCKE, daselbst ausgeführt. Die ersten Ergebnisse sind in der Arbeit von STRUVE und KAIRIES [8]) niedergelegt worden. Diese neuen Untersuchungen sollten aber nur ein Anfang sein, denn es mußte angestrebt werden, eine größere Anzahl von Arten, und zwar möglichst solche, die wirklich für die Ernährung unserer Nutzfische weitgehend in Betracht kommen, zu untersuchen und ferner auch dem Wärmewert eine größere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Die Arbeiten wurden deshalb durch Dr. HEINRICH RINKE fortgesetzt, der, wie die vorliegende Abhandlung zeigt, dem Ausbau der Untersuchungsmethoden seine besondere Aufmerksamkeit widmete. Letzteres war besonders nötig, da die üblichen Methoden der chemischen Analyse ein sehr großes

1) H. HERTLING, Untersuchungen des Darminhalts von Fischen. — Ber. Deutsch. wiss. Komm. Meeresforsch. N. F. **2**, 1926.

2) H. MANN, Untersuchungen über die Verdauung und Ausnutzung der Stickstoffsubstanz einiger Nährtiere durch verschiedene Fische. — Ztschr. f. Fischerei **33**, 1935.

3) V. HENSEN, Ueber die Bestimmung des Planktons oder des im Meer treibenden Materials an Pflanzen und Tieren. — 5. Ber. Komm. wiss. Unters. d. deutsch. Meere Kiel. **12—16.** 1887.

4) K. BRANDT, Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Planktons. — Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel, **3**, 1898.

5) CH. DELFF, Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung wirbelloser Meerestiere. — Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel, **14**, 1912.

6) J. A. MEYER, Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung wirbelloser Tiere. — Wiss. Meeresunters. Abt. Kiel, **16**, 1914.

7) H. GENG, Der Futterwert der natürlichen Fischnahrung. — Ztschr. f. Fischerei, **23**, 1925.

8) K. STRUVE und W. KAIRIES, Die Zusammensetzung einiger als Fischnahrung wichtiger Bodentiere der Nordsee. — Wiss. Meeresunters. Abt. Helgoland, **17**, Nr. 6, 1930.

Ausgangsmaterial beanspruchen, dessen Beschaffung meist unmöglich ist. Aus diesem Grunde wurden bisher nur verhältnismäßig wenige Arten untersucht.

Eine weitere Schwierigkeit besteht darin, die für die Ernährung der Fische wichtigen Arten in der Individuengröße zu beschaffen, in welcher sie den Fischen als Nahrung dienen können.

Die Polychaeten.

Nach der herrschenden Ansicht spielen die Polychaeten eine besonders wichtige Rolle als Nährtiere vieler Meeresfische, da ihr hoher Gehalt an Nährstoffen bekannt ist und ihnen harte, unverdauliche Kalkskelettbildungen fehlen. So rechnet sie auch BLEGVAD [1]) in seiner Einteilung zum Fischfutter I. Klasse. Schollen (*Pleuronectes platessa*), Flundern (*Pleuronectes flesus*) und andere Plattfische, wie auch Schellfische (*Gadus aeglefinus*), Wittlinge (*Gadus merlangus*) u. a. nehmen Polychaeten oft in beträchtlicher Menge auf. Diese werden offenbar fast restlos verdaut, denn man findet in den Därmen nur noch die leere Cuticula mit den Kiefern und Borsten. Bei einigen Arten muß man allerdings eine Einschränkung machen, nämlich bei solchen, die große Sandröhren haben, wie *Lanice,* oder ganz mit Sand oder sandigem Schlick gefüllt sind, wie *Ophelia limacina* und *Pectinaria.* Indessen werden die Sandröhren nicht immer mitgefressen und stellen wahrscheinlich auch eine geringere Belastung dar als viele Muschelschalen, wie sie beim Verzehren von Muscheln mitaufgenommen werden.

Die gute Meinung über die Polychaeten als Fischnahrung wird durch die vorliegende Analyse von *Nereis virens* bestätigt. Von diesem großen Wurm wurden sehr ansehnliche, aber noch nicht geschlechtsreife Tiere untersucht. Es handelt sich hier um ein Tier, daß in unserem Gebiet gelegentlich eine sehr große Rolle als Fischnahrung spielen kann, denn Schollen, Flundern, Klieschen und Gadiden stellen ihm nach. EHRENBAUM [2]) berichtet, daß im April 1923 auf dem Hamburger Fischmarkt angelandete Schollen Unmengen davon verzehrt hatten. HAGMEIER [3]) meint hierzu, daß es sich in diesem Fall, wo solche Massen durch die Fische vertilgt wurden, wahrscheinlich um die geschlechtsreife Form dieser Würmer gehandelt hat, die im Gegensatz zu den im Sande lebenden unreifen Tieren im Wasser frei schwimmt und nur wenige Tage im Frühjahr auftritt.

Die untersuchten Tiere hatten eine mittlere Größe von 211 mm, so daß sie bei ihrer schlanken Form von größeren Fischen wohl noch hätten verzehrt werden können. Bei einem Lebendgewicht von 5,73 g erscheint der Wassergehalt von 5,02 g recht hoch. Der verhältnismäßig hohe Proteingehalt, wie auch der Fett- und Kohlehydratgehalt, zeigen, daß es sich um ein hochwertiges Nährtier handelt, was auch aus dem Wärmewert von 3725 cal für ein Tier dieser Größe hervorgeht.

Aber nicht nur die größeren Polychaeten-Arten sind für die Ernährung der Seefische wichtig, sondern auch die kleinen Arten, die oft in großer Anzahl aufgenommen werden, sind eine wertvolle Nahrung, da sie durch die Menge, in der sie den Fischen zur Verfügung stehen, den Mangel der geringen Größe wieder etwas ausgleichen können. Von solchen kleinen Formen haben STRUVE und KAIRIES (l. c.) *Scolelepis fuliginosa* (Clap.) untersucht. Nach meinen bisherigen Erfahrungen scheint allerdings diese Art kaum von den Fischen gefressen zu werden, was vielleicht mit ihrer Lebensweise im weichen Schlick zusammenhängt. Aber verwandte Arten leben auf den Fischgründen, und man darf vermuten, daß diese eine ähnliche Zusammensetzung haben wie dieser kleine Polychaet. Nach den Ergebnissen der Analyse hat *Scolelepis fuliginosa* einen sehr ansehnlichen Gehalt an Protein und, im Gegensatz zu Muscheln und Krebsen, einen sogar auffallend hohen Gehalt an Kohlehydrat. Auch der von Dr. RINKE errechnete Wärmewert ist (Tabelle 18) als recht hoch anzusehen.

Die Muscheln.

Unter den Muscheln finden sich sehr viele Nährtierarten, die für die Scholle und ihre Verwandten und für den Schellfisch eine bedeutende Rolle spielen. Denn es bilden besonders die kleineren und dünnschaligen Muschelarten und kleinere Stücke mancher größeren Arten in der Nord- und Ostsee einen beträchtlichen Anteil in der Zusammensetzung der Nahrung der genannten Fische [4]).

1) H. BLEGVAD, Continued Studies on the Quantity of Fish-Food in the Sea-Bottom. — Rep. Dan. Biol. Stat. f. 1925, **31** S. 29, 1926.

2) E. EHRENBAUM, Würmerfressende Schollen. — „Der Fischerbote", **15** S. 83, 1923.

3) A. HAGMEIER, ebenda S. 84.

4) H. HERTLING, Ber. deutsch. Wiss. Komm. Meeresforsch. N. F. **4**, S. 25—121 1928.

Dr. RINKE untersuchte besonders eingehend die Miesmuschel (*Mytilus edulis*) und bestimmte den Wärmewert experimentell. Wohl waren die zur Untersuchung gelangenden Miesmuscheln zu groß, um normalerweise als Fischnahrung in Betracht zu kommen, doch bieten die Angaben in Tabelle 18 und 19 genügend Vergleichsmöglichkeiten, um die Hochwertigkeit dieser Nahrung erkennen zu können. Auch BLEGVAD (l. c. S. 29) hat junge Miesmuscheln als Nahrung I. Klasse aufgeführt.

Wie auf S. 140 mitgeteilt wird, sind die Miesmuscheln vor der Laichzeit besonders reich an Nährstoffen, während die ausgelaichten Tiere erschöpft und abgemagert sind. Diese Erscheinung dürfte auch für die übrigen Muscheln zutreffen, und nicht nur für diese, sondern auch für Krebse und alle anderen Nährtiere. Somit ergibt sich die auch von RINKE erwähnte Notwendigkeit, von wichtigen Nährtierarten nicht nur Tiere verschiedenen Alters und verschiedener Größe zu untersuchen, sondern auch die erwachsenen Tiere zu verschiedenen Jahreszeiten. Ferner müßten Tiere der gleichen Art aus verschiedenen, unterschiedlichen Gebieten, deren biologische Verhältnisse entweder bereits bekannt sind oder noch näher erforscht werden müßten, untersucht werden. Denn es ist anzunehmen, daß die Ernährungsbedingungen für die Muscheln und anderen Nährtiere an verschieden gearteten Orten ebenfalls mehr oder weniger unterschiedlich sind. Nur durch solche planmäßigen und ausgedehnten Untersuchungen wird man allmählich ein befriedigendes Bild von der chemischen Zusammensetzung der Nährtiere und ihrem Wert als Fischnahrung erhalten können.

Von den übrigen untersuchten Muscheln, bei denen der Wärmewert rechnerisch ermittelt wurde, sind *Cardium edule* und *Arctica islandica* nur in der Jugend als Fischnahrung I. Ordnung anzusehen, da ältere Tiere durch ihre Größe und ihre harten, dicken Schalen für die Mehrzahl der Fische nicht mehr in Betracht kommen. Doch ist hier zu erwähnen, daß Dorsche (*Gadus morrhua*) und Wittlinge (*Gadus merlangus*) selbst ausgewachsenen *Arctica* und *Cardium echinatum* die Füße abbeißen, die zu manchen Zeiten und an bestimmten Orten einen nicht unbeträchtlichen Teil der Nahrung der genannten Fische bilden. Selbst riesigen Exemplaren von *Cyrtodaria (Solen) siliqua* (L.) und *Ensis (Solen) ensis* (L.) werden von den Fischen die Füße abgebissen.

Die ebenfalls untersuchte *Corbula gibba* ist nach BLEGVAD (l. c. S. 30) nur als Nahrung II. Klasse anzusprechen und soll nach seinen Befunden in den dänischen Gewässern von den Fischen nur dann gefressen werden, wenn nichts anderes vorhanden ist. Wahrscheinlich ist hieran die verhältnismäßig dicke Schale dieser kleinen Muschel schuld, doch steht die Beobachtung BLEGVAD's in einem gewissen Gegensatz zu den Angaben von FRANZ[1]), der aus der Nordsee angibt, daß die *Nucula-*, *Corbula-*, *Syndosmya-* und *Mactra*-Arten zu den von Schollen bevorzugten Nährtieren gehören. Daß *Corbula* als Nahrung weniger wertvoll ist als die etwa gleichgroße *Nucula nucleus*, scheint mir aus den in Tabelle 18 aufgeführten Wärmewerten für ein frisches Tier unzweifelhaft hervorzugehen.

Der Vergleich der Ergebnisse der chemischen Analysen und der verschiedenen Wärmewerte bestätigt, daß die Muscheln eine wertvolle Fischnahrung darstellen. Daß sie aber erst hinter den Polychaeten und Crustaceen einzureihen sind, wie BLEGVAD (l. c. S. 29) angibt, scheint durch Tabelle 18 bestätigt zu werden. Die unverdaulichen Kalkschalen der Muscheln, die von manchen Fischen ganz verschluckt werden, bilden in diesem Fall nicht nur eine unnötige Belastung des Verdauungskanals, sondern mögen auch den Abbau der Weichteile durch die Verdauungssäfte behindern. Letzterer Nachteil wird dort fortfallen, wo die Muscheln bei der Nahrungsaufnahme zerbissen werden, wie es von der Scholle geschieht.

Die Crustaceen.

Die Krebse gehören zu den wichtigsten Nährtieren der Meeresfische, ja sie sind vielleicht die wichtigsten. Dies gilt sowohl für die großen wie für die kleinen Arten. Viele Jungfische ernähren sich, bis sie zu größerer Nahrung übergehen können, von Copepoden und deren Jugendstadien, wie auch von Cladoceren. Planktonfressenden Fischen, wie dem Hering, bieten die Copepoden für die Dauer ihres ganzen Lebens eine besonders wertvolle Nahrung. Auf dem Boden des Meeres lebende Fische, wie die Scholle und ihre nahen Verwandten, nehmen, auch wenn sie bereits eine ansehnliche Größe erreicht haben, neben größeren Krebsen auch zahlreiche Amphipoden und Cumaceen auf. Nahe dem Boden schwimmende Fische, wie Dorsche, Wittlinge und Schellfische, fressen mit Vorliebe

1) V. FRANZ, Ueber die Ernährung einiger Nordseefische, besonders der Scholle. — Wiss. Meeresunters. Abt. Helgoland, 9, S. 205, 1910.

Crangoniden, Schwimmkrabben (*Portunus*), Einsiedlerkrebse (*Eupagurus*), *Callianassa*, *Gebia* und andere größere Krebse. Daneben werden, besonders von kleineren Wittlingen und Dorschen, Schizopoden aufgenommen, von denen am Boden lebende Formen, wie *Gastrosaccus spinifer*, auch für die Schollen nicht unwichtig sind.

Die Bedeutung als Fischnahrung beruht aber nicht nur auf der Zahl der aufgenommenen Krebse, sondern auch auf ihrem Nährwert. Zu dieser hohen Einschätzung kommt man bereits durch die einfache Ueberlegung, so daß BLEGVAD (l. c. 1925, S. 1) die Crustaceen neben die Polychaeten innerhalb der Fischnahrung I. Klasse an die Spitze stellte.

Diese Auffassung deckt sich mit den Analysenergebnissen der verschiedenen Untersucher. Auch die auf S. 123 angegebenen experimentell bestimmten Wärmewerte für *Crangon crangon* und die rechnerisch ermittelten Wärmewerte für sehr verschiedene Krebse in Tabelle 18 zeigen, daß wir in ihnen eine sehr wertvolle Fischnahrung haben.

Daß selbst die kleinen Amphipoden, wie *Jassa pulchella*, deren Wärmewert durchaus nicht am höchsten liegt, manchmal von sehr großer Bedeutung sein können, hat schon FRANZ (l. c. S. 208) festgestellt, denn er berichtet, daß da, wo mittelgroßen Schollen viele *Jassa* (FRANZ nennt die Art mit dem heute nicht mehr gültigen Namen *Podoceros*) zur Verfügung stehen, wie an gewissen Stellen bei Helgoland, andere Nahrung aber nur spärlich vorhanden ist, die Nahrung fast ausschließlich aus diesen Amphipoden besteht, wobei die Schollen sogar sehr fett und wohlschmeckend werden.

Noch wertvoller sind, nach ihrem höheren Wärmewert zu schließen, größere und dabei verhältnismäßig dünnschalige Krebse, wie z. B. *Crangon crangon* und verwandte Arten, deren zahlenmäßige Wichtigkeit bereits erwähnt wurde. Besonders Flundern ernähren sich zu manchen Zeiten an unserer deutschen Nordseeküste ausschließlich oder fast ausschließlich von *Crangon crangon*.

Daß bei anderen höheren Krebsen, die eine dickere Kalkschale haben, der Wärmewert für 1 g Trockensubstanz in cal sinken muß, leuchtet ein und geht offenbar auch aus den Angaben für *Carcinus* und *Nephrops* in Tabelle 18 hervor. Von den Verwandten von *Carcinus* fallen, wie erwähnt, besonders jüngere Schwimmkrabben *(Portunus holsatus)* den Gadiden zur Beute.

Größere Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung sind je nach dem Alter oder dem physiologischen Zustand der Tiere einer Art zu erwarten, worauf RINKE auch bei der Frage des Glykogens auf S. 124 hingewiesen hat.

Fische.

Da die Nahrung vieler Fische aus kleineren Fischen besteht, wurden auch von einem Fisch genaue chemische Analysen gemacht und der Wärmewert experimentell bestimmt. Als Gegenstand der Untersuchung wurde der kleine Sandaal oder Spierling (*Ammodytes tobianus*) gewählt, der an der Helgoländer Düne in großer Menge erbeutet werden kann. Diese Fische werden von Raubfischen in großer Anzahl gefressen, wie der ganz mit Spierlingen vollgestopfte Magen eines großen Kabeljau im Helgoländer Nordseemuseum zeigt. Selbst sogenannte Friedfische können diesen Fisch wegen seiner schlanken Gestalt verschlingen, und man findet deshalb bei Helgoland auch in den Mägen großer Schollen Spierlinge.

Wie die Analysen zeigen, ist *Ammodytes* überaus fettreich und übertrifft darin alle untersuchten Wirbellosen. Dagegen fehlen Kohlehydrate völlig. Der Wärmewert für einen ganzen Fisch liegt sehr hoch, so daß der Spierling unter den bisher untersuchten Fischnährtieren, wohl an erster Stelle steht.

Außer den Spierlingen werden noch viele andere Fische in unserem Nordseegebiet von Raubfischen, wie Dorschen, Wittlingen, Steinbutt u. a., gefressen, wobei besonders kleine Dorsche, Wittlinge, Heringe, Sprotten, kleine Plattfische und *Gobius*-Arten als Nahrung in Betracht kommen. Die chemische Zusammensetzung dieser Arten dürfte von der des Spierlings zum Teil recht verschieden sein, so daß jede Art für sich untersucht werden müßte. Manche Arten enthalten wahrscheinlich viel weniger Fett, während wiederum Fische mit größeren Lebern sicherlich auch einen Gehalt an Kohlehydraten aufweisen werden.

Würde man heute eine zusammenfassende Uebersicht über die Ergebnisse der bisher vorliegenden Arbeiten über die stoffliche Zusammensetzung der Nährtiere der Fische und ihren Wärmewert herstellen, so würde diese noch durchaus unbefriedigend ausfallen. Und dies gilt in noch höherem Maße im Hinblick auf das am Anfang dieser Betrachtung angedeutete größere Ziel, denn die überall klaffenden Lücken sind noch gar zu groß.

Doch sind die vorhandenen Ansätze vielversprechend, so daß es zu wünschen ist, die Arbeiten nicht wieder für lange Zeit zum Stillstand kommen zu lassen. Die Grundlagen zur Weiterarbeit sind vorhanden und neue Wege der Methodik sind beschritten worden, die noch weiter ausbaufähig sein dürften, so daß hier ein wichtiges Gebiet unserer Wissenschaft seiner weiteren Bearbeitung harrt.

Ueber die chemische Zusammensetzung einiger Bodentiere der Nord- und Ostsee und ihre Heizwertbestimmung.

Von Heinrich Rinke.

I. Einleitung.

Die erstmalig von K. Brandt (2) durchgeführten Analysen von Nahrungstieren der Meeresfische sind in der Folgezeit noch von einer Reihe von Bearbeitern (5, 9, 13) durch eine große Zahl von Einzelergebnissen ergänzt worden. Obwohl die Kenntnis der chemischen Zusammensetzung wirbelloser Meerestiere für die volkswirtschaftlich wichtige Frage nach dem Ertrag des Meeres indirekt von großer Bedeutung ist, umfaßt doch das bis jetzt vorliegende Analysenmaterial nur einen relativ kleinen Teil der überhaupt für die Ernährung von Nutzfischen in Frage kommenden Tierarten. Zur Abstellung dieses Mangels soll diese Arbeit in bescheidenem Maße beitragen.

Die vorliegende Arbeit, die sich mit der quantitativen Ermittelung der chemischen Zusammensetzung von wirbellosen Bodentieren, hauptsächlich der Nordsee, befaßt, ist als eine Fortsetzung der unter Struve und Kairies (13) im Auftrage der Staatlichen Biologischen Anstalt auf Helgoland begonnenen Arbeiten zu betrachten.

Bei der Auswahl des in der vorliegenden Arbeit behandelten Materials wurden vornehmlich solche Arten herangezogen, die für die Ernährung der Scholle (*Pleuronectes platessa*) in Betracht kommen. Als Erweiterung der Arbeiten von Struve und Kairies wurde in die vorliegende Sammlung von Analysenergebnissen die Ermittelung der Wärmewerte der untersuchten Substanzen aufgenommen. Da eine experimentelle Bestimmung dieser Werte teilweise wegen des hohen Seesalzgehaltes der Substanzen in der zur Verfügung stehenden V2A-Stahlbombe nicht möglich war, wurde der Versuch unternommen, Wärmebestimmungen der „Aufbaustoffe“ (Aetherextrakt, Protein, Kohlenhydrate und Chitin) von „Standardtypen“ der verschiedenen zur Untersuchung gelangenden Tierklassen (Polychaeten, Crustaceen, Mollusken und Fische) durchzuführen. Aus den Mittelwerten dieser Untersuchungsergebnisse wurden Faktoren erhalten, die man dann zur Berechnung der nicht experimentell bestimmten Wärmewerte benutzte. Die Untersuchungen der Nährtiere wurden insofern eingehender gestaltet, als nach Möglichkeit verschiedene Größenklassen zur Untersuchung gelangten, um aus den Analysenwerten auch auf ev. bestehende Unterschiede zwischen den verschiedenen Altersklassen schließen zu können.

Das zu untersuchende Nährtiermaterial wurde von der Biologischen Anstalt gesammelt und unter Anleitung von Herrn Dr. Hertling für die Untersuchung vorbereitet. Ich möchte Herrn Dr. Hertling an dieser Stelle für sein verständnisvolles Eingehen auf die chemischen Belange meinen besten Dank aussprechen. Die Untersuchungen wurden wiederum in dem von Herrn Dr. F. Lücke geleiteten Institut für Seefischerei, Wesermünde durchgeführt. Herrn Dr. Lücke, der mich mit der Ausführung der vorliegenden Arbeit beauftragte, bin ich für die Ueberlassung eines Arbeitsplatzes, wie auch angelegentliche Förderung sehr zu Dank verpflichtet. Herrn Dr. S. R. Petersen, Leverkusen, danke ich für seine zeitweilige experimentelle Mitarbeit.

II. Methodik der Untersuchungen.

Die Vorbereitungen der untersuchten Tiere (mit Ausnahme von *Crangon crangon* und *Mytilus edulis*) für die Analyse wurden von der Biologischen Anstalt auf Helgoland besorgt. Bei den Muscheln wurden die Weichkörper vorsichtig aus den Schalen herauspräpariert, mit Meerwasser abgespült und auf Fließpapier einen Augenblick getrocknet, dann gewogen und in Porzellanschalen auf dem Wasserbade weitgehend getrocknet. Versuche, die Weichkörper kurze Zeit mit Süßwasser abzuspülen, um das Seesalz möglichst zu entfernen, führten in keiner Weise zum erwünschten Ziele. Bei einigen späteren Unter-

suchungen gelangte in 96%igem Alkohol konserviertes Material zur Analyse. Wenn auch die Trocknung solchen Materials erhebliche Schwierigkeiten verursacht (Hochkriechen des Alkohols an den Schalenwänden während des Abdampfens; schlechte Mischbarkeit des von dem Alkohol extrahierten Fettes mit der Trockensubstanz), so ist doch im Interesse der Konservierung, wenn die Analyse nicht sofort erfolgen kann, die Verwendung von Alkohol sehr zu empfehlen.

Die Trocknung der Tiere, deren Frischgewicht stets sofort nach dem Fang oder kurz vor der eigentlichen Konservierung festgestellt wurde, geschah in Trockenschränken, deren Temperatur im allgemeinen 100° nicht überstieg. Da, wo infolge der Eigenart des Materials eine längere Trocknung nötig erschien, wurde die Luft aus dem Trockenschrank durch ein getrocknetes, inertes Gas verdrängt, um die sonst unvermeidlichen Oxydationsvorgänge auf ein Mindestmaß zu beschränken. Dies galt in erster Linie für die Trocknung der Aetherextrakte der in Teil III dieser Arbeit untersuchten Tiere. Die Trocknungstemperatur für die Aetherextrakte betrug im allgemeinen 100°.

Nach starkem Eintrocknen wurden die Weichkörper im Mörser möglichst staubfein zerrieben und dann bis zur Gewichtskonstanz weiter getrocknet. In einigen Fällen wurde die endgültige Trocknung nicht im Schrank, sondern in einer P_2O_5-Pistole bei 78° (siedender Alkohol) und 0,1—0,4 mm Druck (der durch eine Quecksilberdampfstrahlpumpe erzeugt wurde), durchgeführt. Natürlich wird das Material bei der letzten Trocknungsmethode viel mehr geschont und aus diesem Grunde wird man bei späteren Untersuchungen wohl mehr Gebrauch davon machen müssen. Die getrockneten Substanzen wurden durchweg im Exsikkator mit P_2O_5-Füllung aufbewahrt. Soweit es sich irgendwie durchführen ließ, wurden bei den chemischen Untersuchungen die heute weit entwickelten Halbmikro-Methoden herangezogen. Dieselben haben den großen Vorteil, mit relativ geringen Substanzmengen exakte Resultate zu geben, ohne komplizierte Apparaturen zu erfordern. Bei den Kohlenstoff-Wasserstoff-Bestimmungen hat sich der Halbmikro-Verbrennungsapparat nach TER MEULEN (11), der mit einer Braunstein-Bleisuperoxyd-Füllung als Kata ysator arbeitet, gut bewährt. Bei diesen Bestimmungen, die früher ausschließlich in den großen Verbrennungsapparaten nach LIEBIG durchgeführt wurden, trat gegenüber früher auch eine wesentliche Zeitersparnis ein.

Die Stickstoffbestimmungen wurden ausschließlich nach dem für die Halbmikro-Analyse modifizierten Kjeldahl-Verfahren ausgeführt. Substanzmengen von 0,1—0,5 g wurden in einem 150 ccm fassenden Kjeldahlkolben mit 2—3 ccm konz. Schwefelsäure unter Zusatz von einem Körnchen Kupfersulfat verascht, und nach dem Hinzufügen von Natronlauge (33%ig) wurde der Ammoniak gleich aus dem Veraschungskolben durch Einleiten von Wasserdampf in eine Vorlage mit n/10 Schwefelsäure übergetrieben. Als Indikator bei der nachfolgenden Titration wurde Methylrot (0,1%ige alkoholische Lösung) verwandt. Zur Berechnung des Proteins wurden die erhaltenen Stickstoffzahlen mit 6,41 multipliziert.

Der Aetherextrakt (Fett) wurde in einem klein dimensionierten Soxhletapparat durch erschöpfende Extraktion mit wasserfreiem Aether bestimmt und nach dem Abdestillieren des Aethers in der schon angegebenen Weise getrocknet und gewogen. Die zur Bestimmung verwandte Substanzmenge betrug in der Regel unter 1 g. Bei sehr großem Substanzmangel wurden auch Bestimmungen mit 0,1—0,2 g Einwage durchgeführt.

Zur Bestimmung der Asche wurden die Substanzen (0,3—1,0 g) vorsichtig in Porzellanschalen geglüht, und die „Rohasche" gewogen; durch längeres Behandeln mit Wasser auf dem Wasserbade wurden alle löslichen Verbindungen herausgelöst und dann der Rückstand in einen Tiegel mit gefrittetem Porzellanboden gebracht. Die Wägung erfolgte nach dem Trocknen bei 110°. Die Differenz zwischen der Rohasche und dem nach der Wasserbehandlung getrockneten Rückstand wurde als „wasserlöslicher" Anteil bezeichnet. Dann wurde dieser Rückstand, der nun noch den salzsäurelöslichen und unlöslichen Anteil neben schwankenden Mengen unverbrannter Kohle enthält, auf dem Filtertiegel mit ausreichenden Mengen heißer 5 n Salzsäure behandelt, ausgewaschen, getrocknet und wiederum gewogen und somit der salzsäurelösliche Anteil bestimmt. Durch Glühen des Tiegels in einem Muffelofen wurde die unverbrannte Menge Kohle festgestellt und ihr Gewicht von dem der zuerst erhaltenen Rohasche subtrahiert. Der Rest war dann der unlösliche Anteil. Die Art der Ascheanalyse hat neben einer ausreichenden Genauigkeit den Vorteil, außer geringem Aufwand an Hilfsmaterial nur kurze Analysenzeiten zu erfordern. Aus dem salzsauren Filtrat des „salzsäurelöslichen" Anteils wurde nach Neutralisation mit Ammoncarbonat und Zusatz von etwas Ammonacetat die Phosphorsäure mit Ferrichlorid (14) als basisches Ferriphosphat gefällt und nach Lösen dieses Niederschlages in Salpetersäure das Phosphat nach NEUBAUER (13) als Ammonphosphormolybdat bestimmt. Aus dem

Filtrat vom Ferriphosphat wurde nach dem Eindampfen und Verglühen der Ammonsalze das Calcium als Oxalat gefällt und bestimmt.

Zur Halogenbestimmung wurde die Substanz mit gesättigter Pottaschelösung getränkt und dann verascht; ein Halogenverlust ist dann nicht zu befürchten.

Die kalorimetrischen Bestimmungen wurden in einer V2A-Stahl-Bombe (nach BERTHELOT) normaler Größe und Konstruktion durchgeführt. Die ganze Apparatur stand in einem fensterlosen, fast temperaturkonstanten Raum des Institutes. In einer Schraubpresse wurden die zu verbrennenden Substanzen unter großem Druck zu festen Pillen gepreßt und nach der Wägung in der Bombe mit einem Eisendraht durch elektrische Zündung zur Verbrennung gebracht. Die untersuchten Aetherextrakte wurden mit einer Pipette in das Verbrennungsschälchen gebracht und der Eisendraht so gebogen, daß er in den Extrakt tauchte. Bei dieser Art der Verbrennung kommt es hin und wieder vor, daß Reste des Fettes nicht verbrannt sind, man muß dann versuchen, durch weitere Bestimmungen das Ziel zu erreichen. Mit Hilfe einer von ROTH (12) angegebenen approximativen Rechnungsart wurde aus dem Gang des Thermometers und den üblichen Thermometerkorreturen der korrigierte Temperaturanstieg bestimmt.

Die bei der Verbrennung stickstoffhaltiger Substanzen in exothermer Reaktion entstehende Salpetersäure, die sich in dem vor der Verbrennung in die Bombe eingebrachten Wasser (5 ccm) löste, wurde mit n/10 Natronlauge und Methylrot als Indikator titriert, 1 ccm n/10 Na OH = 1,5 kleine Kalorien. Die für die Entstehung der Salpetersäure und für die Verbrennung des Eisendrahtes zu Fe_3O_4 (1 g Fe verbrannt zu Fe_3O_4 = 1610 cal) gefundenen Werte wurden von dem Gesamtergebnis subtrahiert.

Der Wasserwert der Apparatur betrug 465 cal (Mittel aus mehreren Testverbrennungen).

III. Untersuchung von Tieren, bei denen der Wärmewert experimentell bestimmt wurde.

Um Wärmewertbestimmungen von Aetherextrakten, Protein, Glykogen und Chitin der einzelnen „Standardtiere" durchzuführen, mußte eine große Menge derselben beschafft werden, was bei einzelnen Arten nicht ohne Schwierigkeiten war. Untersucht wurden als „Standardtiere"

Polychaeten: *Nereis virens*
Crustaceen: *Crangon crangon*
Mollusken: *Mytilus edulis*
Fische: *Ammodytes tobianus.*

1. *Nereis virens* (Sars).

Das Polychaetenmaterial wurde im Laufe des Frühjahres 1933 in der näheren Umgebung von Helgoland gesammelt, in Alkohol konserviert und bis zur Untersuchung im Oktober aufbewahrt. Es handelte sich dabei nicht um geschlechtsreife, zum Schwärmen reife große Tiere, sondern um kleinere, die aus dem Sand gegraben wurden. Drei getrennte Proben (Glas 1 vom 28. 2. 1933 mit 24 Stück von 12,5—29,0 cm Länge und der mittleren Länge von 20,6 cm. Glas 2 vom 1. 3. 1933 mit 20 Stück von 18,0—37,2 cm Länge und der mittleren Länge von 23,2 cm. Glas 3 vom 27. 4. 1933 mit 6 Stück von 11,9—22,8 cm Länge und der mittleren Länge von 16,4 cm) wurden vereinigt und in einer großen Schale auf dem Wasserbade getrocknet und gleichzeitig der Alkohol eingedampft. Alsdann wurde die Substanz mehrere Stunden bei 100° im Trockenschrank, aus dem mit getrockneter Kohlensäure die Luft verdrängt wurde, getrocknet. Nachdem die Probe dann fein zerrieben war, wurde sie im Hochvakuum (0,4—0,6 mm) und 100° 8—10 Stunden über P_2O_5 getrocknet, bis die Trocknung einer kleinen Probe während 2 Stunden im Trockenschrank bei 100° nur noch geringfügigen Gewichtsverlust zeigte.

50 Tiere von der mittleren Länge 21,1 cm und dem mittleren Gewicht von 5,85 g hatten insgesamt ein Frischgewicht von 292,6 g. Nach der oben beschriebenen Trocknung verbleiben 41,6 g = 14,2 %.

Analyse der getrockneten Substanz.

Aetherextrakt:	2,0893 g	Substanz	0,1454 g Extrakt	= 6,95 %
	2,2203 g	„	0,1557 g „	= 7,02 %
			im Durchschnitt:	**7,00 %**

Kohlenstoff-Wasserstoffbestimmung des Aetherextraktes:

0,0384 g Subst.: 0,1016 g CO_2; 0,0360 g H_2O = 72,16 % C
10,49 % H;
0,0377 g „ : 0,1000 g „ ; 0,0355 g „ = 72,34 % C
10,54 % H
im Durchschnitt: **72,25** % C und **10,52** % H

Rückstandsbestimmung im Extrakt:

0,0761 g Subst.: 0,0032 g Rückst. = **4,2** %

Stickstoff: 0,3280 g Subst. 23,36 ccm n/10 H_2SO_4 = 9,98 %
0,2214 g „ 15,93 „ „ „ = 10,08 %
im Durchschnitt: **10,04** %

Chitin: Das Chitin wurde in der üblichen Weise durch Kochen mit 1,25 %iger Salzsäure und 1,25 %iger Kalilauge gewonnen. Da der Chitingehalt nur sehr klein ist, wurde derselbe durch Verglühen der so gewonnenen Substanz festgestellt, und der Glühverlust dem Chitingehalt gleichgesetzt.

3,6506 g Subst. 0,0186 g Glühverlust = **1,2** % Chitin.

Protein:

(Gesamt-N — Chitin-N[1])) × 6,41 = (10,04—0,07) × 6,41 = **63,91** %

Kohlenhydrate[2]):

0,0462 g Subst.: 0,0720 g CO_2; 0,0238 g H_2O = 42,50 % C
5,76 % H;
0,0533 g „ : 0,0825 g „ ; 0,0275 g „ = 42,21 % C
5,77 % H
im Durchschnitt: **42,35** % C und **5,77** % H

	% C	% H
63,91 % Protein enthalten:	34,21	4,51
7,0 % Aetherextrakt:	5,05	0,74
1,2 % Chitin:	0,56	0,08
	39,82 % C	**5,33** % H

In der getrockneten Substanz wurden 42,35 % C und 5,77 % H gefunden, sodaß nach Abzug der Werte für Protein, Aetherextrakt und Chitin zur Berechnung der Kohlenhydrate 2,53 % C und 0,44 % H verbleiben. Bei der Annahme eines mittleren C-Gehaltes von 44,42 % C[3]) erhält man **5,70** % Kohlehydrate.

Asche: 1,1539 g Subst. 0,2257 g Asche = **19,55** %

1. Wasserlösliches: 0,1445 g = 12,5 %
2. H Cl-lösliches: 0,0546 g = 4,7 %
   a) CaO: 0,0166 g Ca-Oxalat = 0,55 %
   b) P_2O_5: 0,5976 g Molybdat = 1,71 %
3. Unlösliches: 0,0266 g = 2,3 %

Halogenbestimmung: 1,0311 g Subst. 0,2836 g Ag Cl = **6,8** % Cl

63,91 %	Protein
7,00 %	Aetherextrakt
5,70 %	Kohlehydrate
1,20 %	Chitin
19,55 %	Asche
97,36 %	

1) Der mittlere Stickstoffgehalt des Chitins wurde in der weiter unten beschriebenen Untersuchung von *Crangon crangon* bestimmt und der dort gefundene Faktor hier angewandt.

2) Der Kohlenhydratgehalt wurde dadurch ermittelt, daß man von dem Gesamt-C- und -H-Gehalt der Substanz die berechneten C- und H-Gehalte des Proteins, des Aetherextraktes und des Chitins subtrahierte. Die Berechnung des C- und H-Gehaltes des Proteins geschieht nach der Playfair'schen Formel (s. Arbeit von STRUVE und KAIRIES (13)), die C- und H-Gehalte vom Aetherextrakt (Fett) und vom Chitin sind nach den Ergebnissen dieser Arbeit berechnet.

3) Anhydridform des Glykogens $C_6H_{10}O_5$ enthält 44,42 % C und 6,17 % H.

Wärmewertbestimmungen von *Nereis virens*.

	Einwage in g	Kal.wert v. Gefäß u. Wasser	Wärme aus Fe_3O_4 u. HNO_3 in cal	Temp. erhöhung in C°	cal/g
Gesamtsubstanz	1,1199	2292	28	2,230	4539
	0,8901	„	33	1,784	4557
			Mittelwert:		4548
Aetherextrakt (aschefrei)	0,3012 [1])	„	15	$1,193_5$	9100

Bei der Untersuchung des Stoffbestandes einiger Polychaeten fand v. BRAND (1) für *Nereis virens* Analysenergebnisse, die sich auffallend von den von mir erhaltenen unterscheiden. Nach v. BRAND handelt es sich bei seinen Untersuchungen um geschlechtsreife Tiere mit einem hohen Durchschnittsgewicht von 14,9 g, während die mir vorliegenden Proben von *Nereis virens* wohl ausschließlich einjährige, unreife Tiere von bedeutend niedrigerem Durchschnittsgewicht waren.

Die nachfolgende Tabelle enthält einige von v. BRAND und von mir gefundene Analysenzahlen.

	BRAND	RINKE
Trockensubstanzgehalt der frischen Tiere in %	7,3	14,2
Trockensubstanzgehalt der aschefreien Tiere in %	5,43	11,4
Aschegehalt der getrockneten Substanz in %	26,03	19,6
Aetherextrakt aus der Trockensubstanz in %	4,55	7,0

Auffallend sind die großen Unterschiede im Wasser- und Aschegehalt. Bei den von ihm untersuchten Polychaeten fand v. BRAND für die aschefreie Trockensubstanz Werte zwischen 10—20% der frischen Substanz. v. BRAND ist nun der Meinung, daß die Geschlechtsreife wohl diese Unterschiede hervorrufen müsse und schreibt dazu: „Es ist nämlich für eine ganze Reihe von Anneliden bekannt, daß sie während der Zeit der Geschlechtsreife entweder nichts fressen oder eine starke Kompression des Darmkanals durch die Geschlechtsprodukte erleiden, bzw. daß sogar eine Rückbildung (Histolyse) des Darmes eintritt. Bei länger anhaltenden Hungerperioden kann also organische Substanz des Tieres verbraucht werden. Ebenfalls kann beim Ausstoßen der Geschlechtsprodukte organische Substanz verloren gehen". Diese Annahme von v. BRAND hat sich bewahrheitet, da unreife Tiere wirklich einen bedeutend höheren Gehalt an organischer Substanz aufweisen, wie aus meinen Ergebnissen zu folgern ist.

2. *Crangon crangon* (L.)
(= *Crangon vulgaris* Fabr.).

Die Tiere wurden am 31. August 1932 in der Außenweser im Dwarsgatt querab vom Hoheweg-Leuchtfeuer gefangen. Es wurde dafür Sorge getragen, daß kleine und große Tiere in einer Probe zusammen zur Verarbeitung kamen, um einen möglichst guten Durchschnitt zu bekommen. Die noch lebenden Tiere wurden durch eine Fleischmaschine gedreht und bei 80—90° im Trockenschrank 3 Tage lang getrocknet.

265 g Frischgewicht ergaben ein Trockengewicht von 60 g = **22,6** %.

Analyse der getrockneten Substanz.

Aetherextrakt: 19,6751 g Subst. 0,6571 g Extrakt = 3,34 %
5,5576 g „ 0,1910 g „ = 3,44 %
im Durchschnitt: **3,39** %

Kohlenstoff-Wasserstoffbestimmung vom Aetherextrakt:

0,0366 g Subst.: 0,1038 g CO_2; 0,0359 g H_2O = 77,35 % C
10,88 % H

1) 2,2 mg unverbrannte Kohle sind abzuziehen.

0,0435 g Subst.: 0,1236 g CO_2; 0,0422 g H_2O = 77,49 % C
10,85 % H
im Durchschnitt: 77,42 % C u. 10,92 % H

Ein Rückstand wurde im Extrakt nicht gefunden.

Stickstoff: 0,1555 g Subst. 10,38 ccm n/10 H_2SO_4 = 9,35 %
0,1626 g „ 10,77 „ „ „ = 9,28 %
im Durchschnitt: **9,32** %

Chitin[1]): 4,4544 g Subst. 0,2860 g Rohchitin = 6,43 %
5,6426 g „ 0,3660 g „ = 6,50 %
im Durchschnitt: 6,47 % Rohchitin
das sind 6,31 % Reinchitin

Protein: (Gesamtstickstoff — Chitinstickstoff) × 6,41 =
(9,32 — 0,37) × 6,41 = **57,37** %

Kohlehydrate:

0,0613 g Subst.: 0,0919 g CO_2; 0,0303 g H_2O

(Die Asche wurde mit 0,95 ccm n 10 H_2SO_4 titriert, also aus Carbonaten 2,09 mg CO_2 zu viel.)

0,0919 g CO_2 — 0,0021 g = 39,95 % C und
5,53 % H

0,0445 g Subst.: 0,0669 g CO_2; 0,0222 g H_2O

(Die Asche wurde mit 0,69 ccm n/10 H_2SO_4 titriert, also 1,52 mg CO_2 zu viel.)

0,0669 g CO_2 — 0,0015 g = 40,08 % C und
5,58 % H

im Durchschnitt: **40,02** % C und **5,55** % H

		% C	% H
57,37 %	Protein enthalten	30,71	4,05
6,31 %	Chitin	2,94	0,41
3,39 %	Aetherextrakt	2,62	0,37
		36,27 % C	4,83 % H

Für die Berechnung der Kohlehydrate bleiben also 3,75 % C und 0,72 % H. Bei einem mittleren C-Gehalt von 44,42 % C[2]) erhält man **8,44** % Kohlehydrate.

Asche: 1,5966 g Subst. 0,3599 g Asche = **22,54** %

1. Wasserlösliches: 0,0731 g = 4,58 %
2. HCl-lösliches: 0,2736 g = 17,15 %
   a) CaO: 0,3741 g Ca-oxalat = 8,99 %
   b) P_2O_5: 1,0892 g Molybdat = 2,25 %
3. Unlösliches: 0,0132 g = 0,83 %

Halogenbestimmung:

3,8010 g Subst.: 16,00 ccm n/10 $AgNO_3$ = 1,49 % Cl
3,5079 g „ 15,52 „ „ „ = 1,57 % Cl
im Durchschnitt: **1,53** % Cl

57,37 %	Protein
3,39 %	Aetherextrakt
8,44 %	Kohlehydrate
6,31 %	Chitin
22,54 %	Asche
98,05 %	

1) Die Bestimmung des Chitins wurde bei *Nereis virens* beschrieben.
2) Vergl. Anm. 3 Seite 120.

Wärmewertbestimmungen von *Crangon crangon.*

	Einwage in g	Kal.wert v. Gefäß u. Wasser	Wärme aus Fe_3O_4 u. HNO_3 in cal	Temp. erhöhung in C°	cal/g
Gesamtsubstanz	0,9084	2292	35	1,729	4324
	0,8977	„	41	1,707	4312
				Mittelwert:	**4318**
Aetherextrakt	0,2627	„	35	1,083	9315
	0,3480	„	37	1,431	9319
				Mittelwert:	**9317**
Roh-Chitin	0,4214	„	22	0,819	4404
	0,2993	„	25	0,585	4397
				Mittelwert:	**4400**
Aschefreies Chitin					4513

Untersuchung des Chitins.

Das Chitin wurde nach dem Verfahren von HENNEBERG bestimmt. Die getrocknete Substanz wurde je $^1/_2$ Stunde mit 1,25 %iger Salzsäure (in der Vorschrift von HENNEBERG mit 1,25 %iger Schwefelsäure gekocht[1]) und 1,25 %iger Kalilauge gekocht. Nach dieser Operation wurde durch ein Papierfilter Nr. 575 von SCHLEICHER und SCHÜLL (das wegen seiner glatten Oberfläche besonders zum quantitativen Aufsammeln des Rückstandes vorzüglich geeignet ist) filtriert. Das gut mit Wasser behandelte Chitin wurde dann im Trockenschrank bei 90° bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Analyse des Chitins.

Stickstoff: 0,0325 g Subst. 1,31 ccm n/10 H_2SO_4 = 5,65 %
0,0862 g „ 3,47 „ „ „ = 5,64 %

Kohlenstoff-Wasserstoffbestimmung:

0,1079 g Subst.: 0,1798 g CO_2; 0,0608 g H_2O = 45,45 % C
6,31 % H

Rückstandsbestimmung: 0,0162 g Subst. 0,0004 g Rückst. = 2,5 %

Alle Werte bezogen auf rückstandfreies Chitin[2]):

N	C	H	O
5,79 %	46,60 %	6,47 %	41,14 %

Ueber die Kohlenhydrate von *Crangon crangon.*

Der relativ hohe Kohlenhydratgehalt von 9 % ließ auf die Anwesenheit größerer Glykogenmengen schließen. Diese Vermutungen wurden aber nicht bestätigt. In drei Versuchen wurde die FRAENKEL'sche Methode mit Trichloressigsäure angewandt. Und zwar wurden zwei Proben mit 4 %iger Trichloressigsäurelösung 4 Tage lang extrahiert und dann abfiltriert, wobei das Filtrieren große Schwierigkeiten bereitete, weil das Filtrat immer durch Eiweiß verunreinigt war. Die 3. Probe wurde nur kurze Zeit mit 4 %iger Trichloressigsäure behandelt. Und zwar wurde die durch die Fleischmaschine getriebene Substanz darin durch Umrühren gut verteilt und das Ganze nach einiger Zeit filtriert. Das Filtrieren gestaltete sich bedeutend einfacher. Der Rückstand wurde noch mehrere Male im Mörser mit neuen Mengen Trichloressigsäure verrieben und wurde dann wieder auf das Filter gebracht. Durch Zusatz des doppelten Volumens 96 %igem Alkohol sollte aus dem Filtrat des Glykogen ausfallen. Aber erst nach einiger Zeit setzte sich eine geringe Menge stark voluminöser Substanz ab, die noch mit geringen Eiweißmengen durchsetzt war. Eine nähere Untersuchung dieser Subtanz ergab, daß nur geringe Spuren von Glykogen vorhanden waren.

1) Da chitinreiche Crustaceen im allgemeinen viel Calcium enthalten (in diesem Falle 8,99 % CaO) würde sich der Kalk mit der Schwefelsäure zu dem schwerlöslichen Ca SO_4 umsetzen, wodurch die Wägung des Chitins verfälscht werden würde.

2) H. GENG (7) fand als Mittel der Untersuchungen mehrerer Autoren für die Zusammensetzung des Chitins N: 6,70 %; C: 46,37 %; H: 6,53 %. Worauf der Unterschied der von mir gefundenen und von GENG angegebenen Stickstoffwerte beruht, konnte nicht festgestellt werden.

Wahrscheinlich wird die Abwesenheit des Glykogens mit der Geschlechtsreife zusammenhängen, wie es seiner Zeit DANIEL (4) für *Mytilus edulis* feststellte. Derselbe fand, daß der Glykogengehalt vor der Laichperiode stark abnimmt, weil das Geschlechtssystem auf Kosten des Reservestoffes Glykogen stark wächst und viel Fett angereichert wird, um den Eiern ein konzentriertes Heizmaterial mitzugeben. Nach EHRENBAUM (6) legen nun viele *Crangon*-Weibchen im Oktober/November ihre Eier ab; es liegt also die Vermutung nahe, daß für das fast vollständige Fehlen des Glykogens wohl ähnliche Gründe verantwortlich sind. Einen näheren Einblick in diese Verhältnisse wird man erst durch eine systematische Untersuchung von *Crangon* in verschiedenen Jahreszeiten bekommen können.

DELFF ist der Ansicht, daß die Angabe von EHRENBAUM „daß der in der Nordsee lebende *Crangon vulgaris* pflanzliche Kost bevorzugt", seinen Analysenergebnissen widerspricht, weil Kohlenhydrate fehlen. Die neuerlichen von mir angestellten Untersuchungen sind aber dazu angetan, die Feststellung EHRENBAUM's zu stützen. EHRENBAUM fand allerdings auch, daß im Salzwasser gefangene Tiere im Magen viele Reste von Würmern (Polychaeten, namentlich *Nereis pelagica*), daneben von Pflanzen (*Ulva lactuca*, *Enteromorpha intestinalis*) hatten. Weiterhin werden als Nahrung noch kleine Krebse und Fischchen erwähnt. DELFF fand nun in Polychaeten (*Nereis diversicolor*) sehr hohe Kohlenhydratmengen, bis zu 18 %, von denen er annimmt, daß sie zum größten Teil aus dem Darminhalt der Polychaeten herrühren. Wenn nun diese Tiere mit zur Nahrung von *Crangon* gehören, könnte man annehmen, daß die von mir gefundenen Kohlenhydrate, die nicht als Glykogen nachweisbar sind, nicht körpereigen sind, sondern von einem eventuell vorhandenen Mageninhalt dieser Art herrühren. Mithin könnte der Kohlenhydratgehalt von *Crangon vulgaris* großen Schwankungen unterworfen sein, wie es ja auch die Analysen von DELFF (l. c.) und WILLE (15) zeigen, die aus ihren Analysendaten nur auf sehr wenig Kohlenhydrate schließen konnten. Die Analyse von DELFF bezieht sich auf ausgewachsene, im Durchschnitt 5,6 cm lange Exemplare, während die Analyse von WILLE von sog. Krabbengammel gemacht ist, d. h. von im Durchschnitt 4,7 cm langen Tieren, die nicht für die menschliche Nahrung geeignet, also unausgewachsen sind. Nachstehend die Analysen von

DELFF	und	WILLE
66,67 % Protein		55,31 % Protein
5,46 % Chitin		8,43 % Chitin
3,61 % Fett		5,31 % Fett
24,08 % Asche		29,01 % Asche
99,82 % Summe		98,06 % Summe

Interessant ist der höhere Fettgehalt in den kleineren Tieren. Ueber den Chitingehalt in Beziehung zur Größe diskutierte schon WILLE. Da meine Analyse einen Durchschnitt kleiner und großer Exemplare erfaßt hatte, stellt sich auch der Chitingehalt mit 6,47 % zwischen die Analysen der beiden genannten Autoren.

3. *Mytilus edulis* (L.).

Die Miesmuscheln wurden am 12. und 13. September 1932 in den Wilhelmshavener Gewässern gefangen und kamen nach einigen Tagen (Aufenthalt im Eisschrank!) zur Untersuchung.

Die Tiere hatten eine durchschnittliche Schalenlänge von 50 mm, das durchschnittliche Gewicht eines Weichkörpers betrug 2,7 g. Das Verhältnis des Weichteilgewichtes zu dem der Schalen war 1 : 2,5. Das Gewicht ist sehr niedrig, was auf einen schlechten Ernährungszustand schließen läßt.

Der Wassergehalt der analysierten Miesmuscheln betrug **77,3** %.

Nach den Angaben von DANIEL (4) war im September ein Höhepunkt des Glykogengehaltes zu erwarten. Die Analysen der vorher analysierten Standardtiere ergaben nur geringe Glykogen- bzw. Kohlehydratmengen. Um also auch diesen integrierenden Körperbestandteil auf seine Zusammensetzung und seinen besonders interessierenden Heizwert zu untersuchen, war die als glykogenreich bekannte Miesmuschel das geeignete Material.

Analyse der getrockneten Substanz.

Die Weichteile der Muscheln wurden auf einem Teller bei 80—90° getrocknet, dann staubfein zerrieben und über P_2O_5 aufbewahrt.

Aetherextrakt: 1,6023 g Subst. 0,0969 g Extrakt = **6,05** %

Kohlenstoff-Wasserstoffbestimmung im Aetherextrakt.

0,0333 g Subst.: 0,0912 g CO_2; 0,0304 g H_2O = 74,69 % C
10,21 % H
0,0373 g „ 0,1017 g „ 0,0338 g „ = 74,67 % C
10,12 % H
im Durchschnitt: **74,68** % C u. **10,16** % H

Rückstandsbestimmung im Extrakt:

0,0450 g Extrakt 0,0010 g Rückst. = **2,2** %

Stickstoff: 0,4796 g Subst. 33,87 ccm n/10 H_2SO_4 = 9,89 %
0,4214 g „ 28,39 „ „ „ = 9,94 %
im Durchschnitt: **9,92** %

Protein: 9,92 × 6,41 = **63,59** %

Kohlehydrate:

0,0352 g Subst.: 0,0605 g CO_2; 0,0211 g H_2O = 46,88 % C
6,71 % H
0,0300 g „ 0,0514 g „ 0,0176 g „ = 46,73 % C
6,57 % H
0,0469 g „ 0,0805 g „ 0,0282 g „ = 46,81 % C
6,58 % H
im Durchschnitt: **46,81** % C und **6,62** % H

		% C	% H
63,59 %	Protein enthalten	34,02	4,49
6,05 %	Aetherextrakt	4,52	0,62
		38,54 % C	5,11 % H

Für die Berechnung der Kohlehydrate verbleiben 8,29 % C und 1,51 % H, aus denen sich bei dem in dieser Arbeit immer angenommenen mittleren C-Gehalt von 44,42 % **18,62** % Kohlehydrate errechnen.

Asche: 1,2317 g Subst. 0,1169 g Asche = **9,48** %

1. Wasserlösliches: 0,0538 g = 4,37 %
2. H Cl-lösliches: 0,0499 g = 4,05 %
   a) CaO: 0,0271 g Ca-Oxalat = 0,84 %
   b) P_2O_5: 0,5335 g Molybdat = 1,62 %
3. Unlösliches: 0,0134 g = 1,09 %

Halogenbestimmung: 0,6335 g Subst. 0,0521 g Ag Cl = **2,03** % Cl

63,59 %	Protein
6,05 %	Aetherextrakt
18,62 %	Kohlehydrate
9,48 %	Asche
97,74 %	

Untersuchung des Glykogens.

Wie schon gesagt, ließ der hohe Kohlenhydratgehalt diese Tiere als geeignet erscheinen, das Glykogen einer näheren Untersuchung zu unterziehen.

Die frischen Weichkörper der Muscheln wurden kurze Zeit auf Fließpapier abgepreßt, gewogen und nach der FRAENKEL'schen Methode 4 Tage in 4 %iger Trichloressigsäure belassen. Aus dem Filtrat wurde dann mit 96 %igem Alkohol das Glykogen quantitativ gefällt.

1.) 95 g Weichkörper (77,3 % Wasser enthaltend) ergaben 1,97 g Glykogen das sind **9,1** % auf die Trockensubstanz bezogen.

2.) 119 g Weichkörper ergaben 2,56 g Glykogen = **9,5** % der Trockensubstanz.

Da mit Hilfe der Elementaranalyse der Trockensubstanz in den Miesmuscheln 18,62 % Kohlenhydrate gefunden wurden, muß ein Teil derselben in einer anderen Form als Glykogen vorliegen. Diese Feststellung stimmt mit den Befunden von DANIEL (4) überein, der nach PFLÜGER 13,8 % Glykogen fand und aus der Differenz aller analytisch ermittelten Werte von 100 39,1 % Kohlenhydrate berechnete.

Daß nach der FRAENKEL'schen Methode gewonnene Glykogen wurde nochmals durch Lösen, Filtrieren und Fällen mit 96 %igem Alkohol einer Reinigung unterzogen und auf diese Weise Spuren von Eiweiß entfernt, alsdann wurde die Substanz bei 100° getrocknet.

Die Kohlenstoff-Wasserstoff-Analyse ergab folgende Werte:

0,0378 g Subst.: 0,0602 g CO_2; 0,0225 g H_2O = 43,4 % C
6,7 % H.

PFLÜGER gibt für Glykogen die Werte 43,6 % C und 6,4 % H an, die sich aus der Formel $(C_6H_{10}O_5)_6.H_2O$ errechnen.

Nach neueren Arbeiten von BROOKENS (3) kann aber Glykogen entweder in einer Hydratform $C_6H_{10}O_5H_2O$ (gefunden wurden 39,47; 39,27 % C und 6,60; 6,59 % H) oder in einer Anhydridform $C_6H_{10}O_5$ (gefunden 44,42 % C und 6,17 % H) vorliegen. Es ist allerdings kaum möglich ein vollkommen gut definiertes Monohydrat vom Glykogen zu erhalten, an der Luft enthält es nur annähernd ein Mol Wasser.

Der Kohlenstoffwert, wie er im Verlaufe dieser Arbeit gefunden wurde, liegt zwischen den von BROOKENS angegebenen Werten für das Monohydrat und das Anhydrid. Die Annahme ist gerechtfertigt, daß in dem vorliegenden Glykogen nach der Trocknung noch ca. 20 % Monohydrat enthalten sind. Für diese Annahme spricht auch die nachfolgende Heizwertbestimmung, die ebenfalls etwa 20 % unter dem von BROOKENS angegebenen Wert für das Anhydrid liegt. [1])

Wärmewertbestimmungen von *Mytilus edulis*.

	Einwage in g	Kal.wert v. Gefäß u. Wasser	Wärme aus Fe_3O_4 u. HNO_3 in cal	Temp. erhöhung in C°	cal/g
Gesamtsubstanz	0,6621	2503	32	1,342	5025
	0,6601	2409	33	1,393	5034
				Mittelwert:	**5030**
Aetherextrakt (aschefrei)	0,2804	2453	25	1,048	**9080**
Glykogen (aschefrei)	0,5113	2449	26	0,867	4101
	0,5060	2456	22	0,851	4087
				Mittelwert:	**4094**

4. *Ammodytes tobianus* L.

Die Fische wurden am 6. August 1932 an der Helgoländer Düne gefangen. Sie wurden noch bis zum 13. und 15. August im Aquarium gehalten, dann frisch in Alkohol konserviert. Vor dem Konservieren wurde jedem Tier die Ventralseite durch einen Schnitt geöffnet, damit der Alkohol leichter in die Innenteile eindringen konnte.

41 Stück *Ammodytes tobianus* von 11,97 bis 17,10 cm Länge wurden durch eine Fleischmaschine getrieben und bei 80—90° in einer Schale getrocknet. Der Alkohol wurde eingedampft und der stark eingedickte Rückstand mit der Trockensubstanz gut vermischt.

Die Tiere hatten ein Frischgewicht von 513,2 g und ein Trockengewicht von 126,0 g, was einem Wassergehalt von 75,4 % entspricht.

Analyse der getrockneten Substanz.

Wegen des hohen Fettgehaltes war das vollständige Zerkleinern der getrockneten Substanz unmöglich. Kleine Teilchen von Gräten usw. waren nicht weiter zu zerkleinern. Bei den relativ kleinen Einwagen, die man zu den Elementaranalysen verwandte, ließen sich deshalb Schwankungen in den Resultaten nicht vermeiden. Aus diesem Grunde wurde aus mehreren Analysen das Mittel genommen.

1) BROOKENS gibt für das Anhydrid des Glykogens 4215 cal/g und für das Monohydrat 3768,5 cal/g an.

Aetherextrakt: 6,9283 g Subst. 1,5157 g Extrakt = 21,88 %
2,1581 g „ 0,4694 g „ = 21,75 %
im Durchschnitt: **21,82 %**

Kohlenstoff-Wasserstoffbestimmung des Aetherextraktes:
0,0349$_5$ g Subst.: 0,0965 g CO_2; 0,0311 g H_2O; = 75,21 % C
9,95 % H
0,0296 g „ 0,0819 g „ 0,0260 g „ = 75,46 % C
9,83 % H
im Durchschnitt: 75,39 % C u. 9,89 % H

Rückstandsbestimmung im Extrakt:
0,1205 g Subst. 0,0013 g Rückst. = **1,08 %**

Stickstoff: 0,4695 g Subst. 35,8 ccm n/10 H_2SO_4 = 10,68 %
0,2486 g „ 18,5 „ „ „ = 10,43 %
0,4667 g „ 35,9 „ „ „ = 10,78 %
im Durchschnitt: **10,63 %**

Protein: 10,63 × 6,41 = **68,14 %**

Kohlehydrate:
0,0518 g Subst.: 0,0996 g CO_2; 0,0335 g H_2O = 52,44 % C
7,24 % H
0,0491 g „ 0,0945 g „ 0,0298 g „ = 52,49 % C
6,79 % H
0,0402 g „ 0,0779 g „ 0,0257 g „ = 52,85 % C
7,15 % H
0,0401 g „ 0,0774 g „ 0,0241 g „ = 52,64 % C
6,73 % H
im Durchschnitt **52,61 %** C und **6,98 %** H

	% C	% H
68,14 % Protein enthalten:	36,47	4,81
21,82 % Aetherextrakt	16,46	2,16
	52,93 % C	6,97 % H

Die berechnete Menge für den Kohlenstoff ist um ein Geringes größer als die gefundene Menge, was wohl auf Analysenfehler zurückzuführen ist; im übrigen aber wohl nicht auf die Anwesenheit von Kohlehydraten schließen läßt.

Die Reservenahrung von *Ammodytes tobianus* wird also als Fett im Körper abgelagert, wie es ja auch der sehr hohe Fettgehalt beweist. Auch die kleine Leber dieser Fische zeigt, daß die Reservestoffe nicht wie bei den anderen Tieren in Form von Glykogen aufgespeichert werden.

Asche: 1,3652 g Subst. 0,1190 g Asche = **8,73 %**

1. Wasserlösliches: 0,0192 g = 1,41 %
2. HCl-lösliches: 0,0887 g = 6,50 %
   a) CaO: 0,2290 g Pikrolonat = 1,33 %
   b) P_2O_5: 1,0839 g Molybdat = 2,62 %
3. Unlösliches: 0,0111 g = 0,81 %

Halogenbestimmung: 3,3883 g Subst. 1,36 ccm n/10 $AgNO_3$ = **0,14 %** Cl

68,14 % Protein
21,82 % Aetherextrakt
8,73 % Asche
98,69 %

Die Abwesenheit von Kohlenhydraten ließ die Berechnung des Wärmewertes des Proteinanteiles zu. Wenn man von dem Gesamtwärmewert der Substanz[1]) den experimentell

1) Siehe Tabelle der Wärmewerte Seite 128.

ermittelten Wert für den Aetherextrakt subtrahiert, erhält man direkt den Wärmewert des in der Substanz vorhandenen Proteins. Die Berechnung sei hier durchgeführt.

Der rückstandfreie Aetherextrakt von 1 g getrockneter Substanz (0,2158 g Extrakt) ergibt 1908 cal. Für den Proteinanteil verbleiben also 5789—1908 = 3881 cal. 1 g Protein hat dann einen Wärmewert von 5696 cal.

Die nachfolgende Analyse der entfetteten Substanz, die also nur Protein und Asche enthalten kann, erweist sich ebenfalls als kohlenhydratfrei. Eine kalorimetrische Untersuchung dieser Substanz muß also direkt den Wert für das Protein geben.

Stickstoff: 0,4416 g Subst. 42,35 ccm n/10 H_2SO_4 = 13,43 %
0,2912 g „ 28,37 „ „ „ = 13,65 %
im Durchschnitt **13,54** %

Protein: 13,54 × 6,41 = **86,79** %

Kohlenhydrate:

0,0606 g Subst.: 0,1038 g CO_2; 0,0325 g H_2O = 46,72 % C
6,60 % H;
0,0465 g „ 0,0781 g „ 0,0256 g „ = 45,81 % C
6,16 % H;
0,0573 g „ 0,0977 g „ 0,0326 g „ = 46,50 % C
6,37 % H.

Im Durchschnitt: **46,34** % C und **6,37** % H.

86,79 % Protein enthalten 46,46 % C und 6,13 % H. Es ist also ebenfalls wie bei der Analyse des nicht entfetteten Materials ein geringer Kohlenstoffüberschuß, für den dasselbe gilt wie das schon dort Gesagte.

Asche: 1,4218 g Subst. 0,1470 g Asche = **10,33** %

Wärmewertbestimmungen von *Ammodytes tobianus*.

	Einwage in g	Kal.wert v. Gefäß u. Wasser	Wärme aus Fe_3O_4 u. HNO_3 in cal.	Temp. erhöhung in C°	cal/g
Gesamtsubstanz	0,7647	2292	41	1,951	5794
	0,6164	„	24	1,598	5784
				Mittelwert:	**5789**
Aetherextrakt (aschefrei)	0,1978	„	32	0,777	8842
	0,2347	„	32	0,919$_4$	8841
				Mittelwert:	**8842** [1]
Entfettete Substanz	0,9885	„	52	2,157	4949

Wird der Wert der kalorimetrischen Untersuchung der entfetteten Substanz auf 1 g Protein umgerechnet, so erhält man 5702 cal, der mit dem durch Subtraktionsrechnung erhaltenen Wert gut übereinstimmt.

Schlußfolgerungen.

Die bisherigen Untersuchungen über den Wärmewert der einzelnen Körperbestandteile gestatten nun folgende Uebersicht.

Die Werte beziehen sich auf 1 g rückstandfreie Substanz. Angaben in Calorien.

	Aether-extrakt	Protein	Chitin	Glykogen
Nereis virens	9100		4513	
Crangon crangon	9317			4094
Mytilus edulis	9080			
Ammodytes tobianus	(8842)	5702		
Mittelwert:	9166			

1) Im Gegensatz zu allen anderen Wärmewerten für den Aetherextrakt liegt dieser Wert außerordentlich niedrig, wofür eine Erklärung nicht gefunden werden konnte. Aus diesem Grunde wurde der Wert auch nicht zur Errechnung des Mittelwertes für den Aetherextrakt der „Standardtypen“ benutzt.

Obwohl die Wärmewerte für den Aetherextrakt bei den einzelnen Typen ziemlich schwanken, kann man mit einer für die nachfolgenden Berechnungen hinreichenden Genauigkeit den Mittelwert verwenden. Ebenso gilt dieses für die anderen Werte (Protein, Chitin, Glykogen). Ungeklärt bleibt natürlich die Frage, ob die nicht als Glykogen bestimmbaren Kohlenhydrate den gleichen Wärmewert von 4094 cal/g wie das Glykogen besitzen. In den folgenden Berechnungen sind jedoch auch diese Kohlenhydrate mit dem Glykogenfaktor multipliziert worden. Nach den erwähnten Untersuchungen von BROOKENS würde dieser Wert etwas zu niedrig sein; ich benutzte aber trotzdem den experimentell gefundenen Wert aus der Erwägung, daß die vorsichtig ausgeführte Trocknung des empfindlichen Materials doch wohl nicht ganz bis zur Anhydridstufe geführt hat. Das würde bedingen, daß auch das in der Trockensubstanz vorhandene Glykogen nicht ganz in der Anhydridstufe vorliegt.

In der folgenden Tabelle sind die Wärmewerte der vier untersuchten Standardtiere mit den oben erwähnten Wärmewertfaktoren berechnet worden. Die Rechnung geschieht nach folgendem Schema:

($^0/_0$ Aeterextrakt $\times$ 9166) + ($^0/_0$ Chitin $\times$ 4513) + ($^0/_0$ Protein $\times$ 5702) + ($^0/_0$ Kohlenhydrate $\times$ 4094) = Gesamtwärme in cal/g.

	Wärmewerte von			
	Nereis virens	*Crangon crangon*	*Mytilus edulis*	*Ammodytes tobianus*
Experimentell gef. Wärmewerte in cal/g	4558	4318	5030	5789
Berechnete Wärmewerte in cal/g	4553	4225	4954	5861
Differenz in cal/g	+ 5	— 93	+ 72	— 76

Vergleicht man die errechneten Werte mit den experimentell gefundenen Wärmewerten, so findet man eine für den vorliegenden Zweck brauchbare Uebereinstimmung. Die größte Abweichung ist bei *Crangon* mit — 2 %. Wahrscheinlich wird die Fehlergrenze zwischen + 2 und — 2 % liegen.

Im allgemeinen kann man von den bei einigen Invertebraten experimentell gefundenen Wärmewertfaktoren sagen, daß sie sich praktisch nicht weit von den früher schon in der Nahrungs- und Agrikulturchemie für warmblütige und wechselwarme Tiere bekannten Faktoren entfernen. Eine Abweichung von integrierender Bedeutung in der Zusammensetzung des Fettes, des Proteins etc. ist also kaum anzunehmen, wenigstens nicht so weit es die Wärmewertfaktoren angeht. Für die etwas schwankenden Wärmewerte der verschiedenen Aetherextrakte findet man leicht eine Erklärung, wenn man bedenkt, daß dieselben ohne eingehende Reinigung der Wärmewertbestimmung in der BERTHELOT'schen Bombe unterzogen wurden, daß geringe Mengen von einer kalorisch minderwertigeren Substanz diesen Wert stark beeinflussen können. Bei einigen Analysen, die mit entfettetem Material durchgeführt wurden, zeigte es sich, daß geringe Protein- und Kohlenhydratmengen in irgendeiner Form mit in den Aetherextrakt gelangt sein müssen. Da fast alle früheren Autoren den Aetherextrakt wie man ihn nach Soxhlet bestimmt als „Fett" bezeichneten, wurde aus Vergleichsgründen auf eine Aufarbeitung und Reinigung des Extraktes verzichtet.

Für rein wissenschaftliche Untersuchungen wäre eine genaue Bearbeitung dieser Frage wohl nur dann möglich, wenn man die Fettsubstanzen dieser Tiere in verschiedene Fraktionen durch Behandeln mit Aether, Petroläther etc. zerlegen und getrennt untersuchen würde. Z. B. stellte v. BRAND (1) bei Untersuchungen an Polychaeten von den in Aether gelösten Fettsubstanzen noch einen petrolätherlöslichen Anteil her, der im allgemeinen um etwa 10 % kleiner war. v. BRANDT untersuchte aber diese Bestandteile nicht näher.

Erst eine Arbeit der allerletzten Zeit von H. MIELLER (10) gibt einen etwas besseren Einblick in das chemische und physikalische Verhalten des Fettes niederer Süßwasserorganismen. Allerdings sind in der erwähnten Arbeit die hier interessierenden Wärmewerte der verschiedenen Fette nicht bestimmt worden. Immerhin konnte bei den systematischen Untersuchungen festgestellt werden, daß die analysierten Fette den zum Vergleich herangezogenen Tranen, Oelen und Fetten der höheren Warmblüter durchaus ähnlich sind.

Ein gewisser, wenn auch praktisch bedeutungsloser Unsicherheitsfaktor bleibt nach den vorhergehenden Untersuchungen bei der Berechnung des Gesamtwärmewertes bestehen. Es wird wohl auch kaum anzunehmen sein, daß man durch ein generell anwendungsfähiges Rechnungsverfahren die experimentelle Bestimmung des Wärmewertes vollkommen ersetzen kann.

In neuester Zeit hat V. S. IVLEV (8) ein Verfahren angegeben, nach dem man geringe Substanzmengen (10—20 mg) der nassen Oxydation unterwirft und aus der verbrauchten Sauerstoffmenge den Wärmewert errechnet. Wenn auch dieses Verfahren noch viel größere Schwankungen (+ 6 %; — 8 %) als das in dieser Arbeit verwandte bei der Berechnung des Wärmewertes ergibt, so hat es aber den großen Vorteil, schneller und mit kleinen Substanzmengen zu arbeiten.

Da das Chitin überhaupt nicht oder nur ganz geringfügig verdaut wird (GENG fand, das Karpfenhepatopankreas 1,72 % N von 6,88 % N verdaut hatte, während Rinderpankreas nichts verdaute!) muß man den hierfür berechneten Wärmewert vom experimentell bestimmten Gesamtwärmewert subtrahieren, um so einen Wärmewert zu erhalten, der den physiologischen Verhältnissen besser entspricht.

IV. Untersuchung von Mollusken, bei denen der Wärmewert rechnerisch ermittelt wurde.

Im folgenden sei die chemische Analyse einiger Mollusken (z. T. in verschiedenen Größen vorliegend) mitgeteilt. Der außerordentlich hohe Seesalzgehalt dieser Tiere machte direkte Wärmewertbestimmungen unmöglich. Daher wurden diese Werte mit den in Teil III dieser Arbeit gefundenen Faktoren errechnet.

Es wurden untersucht:

Arctica islandica
Cardium edule
Corbula gibba

1. *Arctica islandica* (L.)
(= *Cyprina islandica* (L.)).

Es sind Ostseetiere, die nach dem Fang (24. 4. 1929) eine Zeitlang in Nordseewasser (S = 33,27 ‰) aufbewahrt wurden. Die Weichteile der Tiere wurden in Porzellanschalen auf dem Wasserbade getrocknet, was dieselben ausreichend konservierte. Das von den Mantellappen der Muscheln eingeschlossene Meerwasser wurde bei der Bearbeitung mit eingedampft.

Tabelle 1.

Nr.	Anzahl	mittl. Länge in mm	Weichkörpergewicht in g		% Wasser im Weichkörper	Schalengewicht (lufttrocken, enthalten ca. 1,8 % Wasser)
			frisch	trocken		
1	12	47,2	209,14	10,22	95,11	117,05
2	35	34,9	224,33	13,46	93,96	135,45
3	36	31,0	156,39	8,67	94,45	74,82
4	10	25,6	27,69	1,73	93,74	13,39
5	48	23,7	103,95	6,04	94,14	43,55
6	41	20,0	41,67	2,45	94,12	19,16

Tabelle 2.

Bestimmung und Analyse der Asche.

Nr.	Gesamtglührückstand in %	Wasserlösliches in %	Salzsäurelösliches in %	Im Salzsäurelöslichen		Unlösliches in %	Chlor in %
				% CaO	% P_2O_5		
1	41,70	34,22	6,88	—	1,40	0,60	22,65
2	41,38	34,22	6,80	1,19	1,43	0,37	22,64
3	45,25	36,83	7,32	0,89	1,15	0,46	23,19
4	44,20	38,98	5,65	0,48	1,27	0,91	22,36
5	45,51	39,60	5,37	1,06	1,22	0,59	22,92
6	40,34	34,15	5,70	1,56	1,39	0,50	19,98

Der außerordentliche hohe Seesalzgehalt dieser Substanzen machte Kohlenstoff-Wasserstoffbestimmungen ganz unmöglich, wie ich mich in mehreren Versuchen überzeugte. Die Kohlenhydrate wurden deshalb durch Subtraktion aller analytisch ermittelten Bestandteile von 100 errechnet.

Tabelle 3.

Prozentuale Zusammensetzung der getrockneten Weichkörper.

Nr.	Stickstoff in %	Protein in %	Aetherextrakt in %	Kohlenhydrate in %	Asche in %	cal/g ber.
1	6,63	42,47	0,91	14,92	41,70	3134
2	6,43	41,22	1,61	15,79	41,38	3164
3	6,45	41,34	0,90	12,51	45,25	2965
4	5,70	36,54	2,29	16,97	44,20	3009
5	6,06	38,85	1,82	13,82	45,51	2965
6	6,40	41,02	3,11	15,53	40,34	3299

Tabelle 4.

Prozentuale Zusammensetzung der frischen Weichkörper.

Nr.	Wasser	Protein	Aetherextrakt	Kohlenhydrate	Asche			cal/g
					Gesamtrückst.	CaO	P_2O_5	
1	95,11	2,06	0,04	0,73	2,03	—	0,07	153,3
2	93,96	2,48	0,10	0,95	2,49	0,07	0,09	191,1
3	94,56	2,25	0,05	0,68	2,46	0,05	0,06	161,3
4	93,74	2,28	0,14	1,06	2,64	0,03	0,08	188,4
5	94,14	2,27	0,11	0,81	2,66	0,06	0,07	173,7
6	94,12	2,36	0,18	0,91	2,36	0,09	0,08	194,0

Tabelle 5.

Prozentuale Zusammensetzung der ganzen Tiere.
(Schalen und Weichkörper.)

Nr.	Wasser	Schalen	Protein	Aetherextrakt	Kohlenhydrate	Asche	cal/g
1	61,65	35,25	1,33	0,03	0,47	1,31	97,2
2	59,28	36,99	1,55	0,06	0,59	1,55	118,0
3	64,49	31,78	1,61	0,04	0,49	1,76	110,6
4	63,78	32,01	1,54	0,10	0,72	1,87	126,6
5	66,91	29,00	1,59	0,07	0,57	1,86	121,3
6	65,03	30,94	1,65	0,13	0,63	1,63	132,9

Tabelle 6.

Zusammensetzung der Schalen.

Schalenlänge in mm	$Ca\,CO_3$ in %	Wasser in %	In Salzsäure Unlösliches in %
24	93,71	1,92	3,12
38	93,88	1,81	2,34
54	95,51	1,50	—

Der ziemlich starken Schwankungen ausgesetzte „wasserlösliche“ Anteil des bislang beschriebenen Untersuchungsmaterials gab den Anlaß, die Analysenzahlen auf „seesalzfreies“ Material umzurechnen. Dieses Verfahren ist schon häufiger dort angewandt worden, wo man die mehr oder weniger zufälligen Beimengungen durch körperfremdes Seesalz und Sand aus dem Bild der Analysenzahlen eliminieren wollte (4, 5).

Bei diesem Untersuchungsverfahren werden die Analysendaten insofern etwas entstellt, als auch das „körpereigene" Seesalz mit eliminiert wird. Für die ungefähre Höhe dieser „körpereigenen" Seesalzmengen mag die folgende Untersuchung einen kleinen Anhaltspunkt bieten.

Spült man die frischen Weichkörper von *Mutilus edulis* auf einem Sieb intensiv mit Leitungswasser ab, so sinkt, wie die folgende Analyse zeigt, der Cl-Gehalt nur von 2,03 % (s. S. 125) auf 1,85 %. Dieser Seesalzgehalt wäre also nicht auswaschbar, und müßte zur Körpersubstanz gerechnet werden.

Halogenbestimmung von *Mytilus edulis* nach dem Waschen:
0,9905 g Subst. 0,0740 g Ag Cl = **1,85 %** Cl.

Wird der Cl-Wert mit der bekannten Umrechnungsformel ($S = 1{,}805 \times Cl + 0{,}03$) auf Seesalzgehalt umgerechnet, so erhält man 3,37 % Seesalz in der Trockensubstanz nach dem Auswaschen. BRANDT (2) fand für Planktonorganismen der Kieler Bucht, die einen Salzgehalt von etwa 18 ‰ aufweist, den Mindestsalzgehalt von 1,38 %. DELFF (5) fand etwa 2,3 % für den körpereigenen Salzgehalt von *Carcinus maenas*.

Dieser Salzgehalt würde also zu Unrecht abgezogen werden. Da es aber recht schwierig und außerdem recht langwierig ist, für jeden einzelnen Fall festzustellen, wie hoch dieser Anteil vom Gesamtseesalzgehalt ist, so hat das Verfahren, die Analysenergebnisse auf „seesalzfreie" Substanz zu reduzieren, doch einige Berechtigung. Dasselbe gilt für den „unlöslichen" Anteil, der sich zur Hauptsache aus Seesand zusammensetzt und wohl mit der Nahrung aufgenommen wird.

Von der Möglichkeit eines guten Auswaschens, ohne Substanzverlust befürchten zu müssen, wird man kaum Gebrauch machen können. Daher ist gerade bei Hochseetieren, die in mannigfachen Körperhöhlen (Siphone, Kiemenhöhle, Mantelhöhle usw.) Seewasser festhalten können, das obige Umrechnungsverfahren für praktische Belange schon ein wichtiges Hilfsmittel.

Da es sich bei *Arctica islandica* und auch bei der folgenden Untersuchung von *Cardium edule* um stark seesalzhaltiges Material handelt, werden jedes Mal auch Tabellen mit den „reduzierten" Werten beigefügt. Diese Werte werden erhalten, indem man von der Gesamtsubstanz den wasser- und unlöslichen Anteil (s. Analysen der Asche!) abzieht und auf die verbleibende „reduzierte Substanz" die Analysenwerte umrechnet.

Tabelle 7.

Analysenergebnisse der trockenen Weichkörper auf reduzierte Substanz umgerechnet. (in %.)

Nr.	Protein	Aether-extrakt	Kohlen-hydrate	Asche: HCl-lösliches	cal/g ber.
1	65,16	1,40	22,89	10,56	4801
2	63,02	2,46	24,14	10,39	4836
3	65,92	1.44	19,95	11.67	4732
4	60,79	3,81	28,23	9,40	5005
5	64,96	3,04	23,11	9,48	4957
6	62,77	4,76	23,76	8,72	5017

Tabelle 8.

Analysenergebnisse der ganzen Tiere auf reduzierte Substanz umgerechnet. (in %.)

Nr.	Wasser	Schalen	Protein	Aether-extrakt	Kohlen-hydrate	Asche	cal/g
1	62,34	35,63	1,35	0,03	0,47	0,22	98,3
2	60,04	37,48	1,57	0,06	0,60	0,26	119,6
3	65,46	32,26	1,63	0,04	0,50	0,29	112,4
4	64,79	32,53	1,57	0,10	0,73	0,24	128,8
5	68,01	29,47	1,62	0,07	0,58	0,22	123,3
6	65,95	31,38	1,67	0,13	0,64	0,23	134,8

Beim Vergleich der Analysenergebnisse der getrockneten nichtreduzierten (Tab. 3) und reduzierten Weichkörper (Tab. 7) kann man nur bei den Aetherextraktwerten, die mit zunehmender Größe verhältnismäßig stark abnehmen, eine Parallelität mit der Tiergröße feststellen. In Tabelle 7 bemerkt man noch eine starke Zunahme der reduzierten Aschewerte mit zunehmender Größe, während die Ergebnisse der anderen Spalten keine Beziehungen der chemischen Zusammensetzung zum Alter und der damit verbundenen durchschnittlichen Größe der Tiere erkennen lassen. Das Gleiche gilt für die Tabellen 5 und 8 mit den Analysenergebnissen der ganzen Tiere (Schale und Weichkörper).

Für die Abnahme der Aetherextraktwerte mit steigender Größe findet man eine Bestätigung bei den *Tellina baltica*[1])-Analysen in der erwähnten Arbeit von STRUVE und KAIRIES.

Im Gegensatz zu dem oben Gesagten zeigen die mit den reduzierten und nichtreduzierten Ergebnissen berechneten Wärmewerte eine etwas deutlichere Abhängigkeit von der durchschnittlichen Größe der Tiere. In den Abbildungen 1 und 2 sind die Wärmewerte in Abhängigkeit von der Tiergröße graphisch niedergelegt.

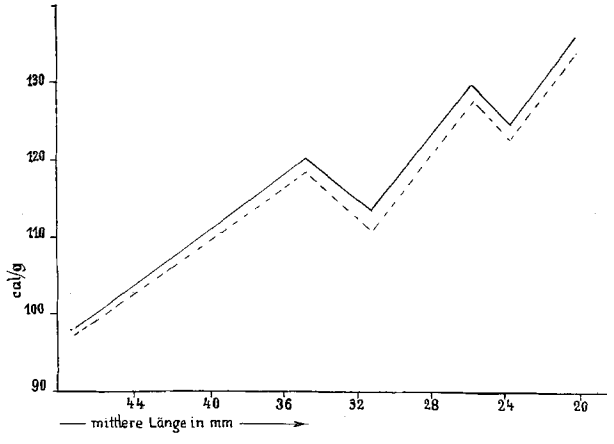

Abb. 1. Wärmewerte der ganzen Tiere in Abhängigkeit von der Größe.
——— = reduzierten Werte,
- - - - - - - = nicht reduzierten Werte.

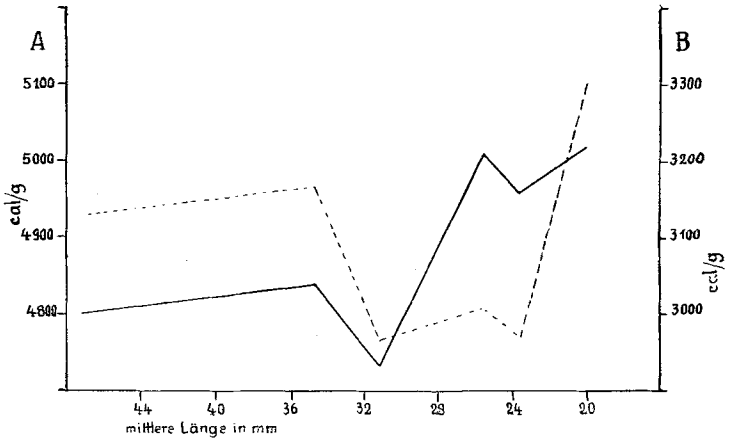

Abb. 2. Wärmewert der getrockneten Weichkörper in Abhängigkeit von der Größe.
A = Wärmewertskala für die reduzierten Werte,
B = Wärmewertskala für die nicht reduzierten Werte.
——— = reduzierte Werte,
- - - - - - - = nicht reduzierte Werte.

Beide Abbildungen lassen deutlich den größeren Energieinhalt der kleinen Tiere für die gleiche Gewichtseinheit erkennen, was natürlich (in Abb. 1) bei dem günstigeren Anteil der Weichkörper am Gesamttier nicht anders zu erwarten ist. Während aber die Wärmewertkurven der ganzen Tiere ganz ausgesprochen parallel laufen (weil sich hier Unterschiede im Salzgehalt praktisch nicht bemerkbar machen!) sind diejenigen für die getrockneten Weichkörper untereinander sehr verschieden. Für eine Auswertung soll aber nach dem oben gesagten nur die Kurve A mit den reduzierten Wärmewerten Berücksichtigung finden, die ebenfalls mit abnehmender Tiergröße ansteigt. Abb. 2 ist ein deutliches Beispiel dafür, daß ev. bestehende Abhängigkeiten der Ergebnisse untereinander kaum bemerkt werden können, wenn die verschieden hohen, durch äußere Einflüsse bedingten Aschewerte nicht durch ein geeignetes Rechnungsverfahren ausgeglichen werden.

2. *Cardium edule* L.

Diese Tiere wurden am 24. November 1929 im mittleren Teile des Steertloches bei Büsum gefangen. Die Konservierung erfolgte in der gleichen Weise wie bei *Arctica islandica* durch Trocknen der Weichkörper in Porzellanschalen auf dem Wasserbade.

1) Der nach den Nomenklaturregeln jetzt gültige Name ist *Macoma balthica* (L.).

Tabelle 9.

Nr.	Anzahl	mittl. Länge in mm	Weichkörpergew. in g		% Wasser im Weichkörper	Schalengewicht (lufttrocken, enthaltenca. 1,8 % Wasser)
			frisch	trocken		
1	206	15,3	154,73	11,16	92,82	109,79
2[1])	140	14,3	86,21	5,63	93,46	59,50
3	100	13,4	50,43	3,24	93,85	36,20
4[2])	150	13,0	82,04	5,54	93,25	63,90

Tabelle 10.

Bestimmung und Analyse der Asche.

Nr.	Gesamtglüh-rückstand in %	Wasser-lösliches in %	Salzsäure-lösliches in %	im HCl-löslichen		Unlöslich. in %	Chlor in %
				CaO	P_2O_5		
1	28.48	22,63	4,63	1,23	1,43	1,19	14,34
2	29,18	24,59	3,46	1,38	1,46	1,13	14,97
3	28,70	23,74	3,65	0,79	1,30	1,32	15,14
4	26,23	21,53	3,43	1,02	1,38	0,95	13,89

Der hohe Seesalzgehalt verhinderte auch bei *Cardium edule* die exakte Bestimmung der Kohlenstoff-Wasserstoffwerte. Ich beschränkte mich daher bei der Bestimmung der Kohlenhydrate (wie bei *Arctica*) auf die Subtraktion aller anderen Bestandteile von 100 %.

Tabelle 11.

Prozentuale Zusammensetzung der trockenen Weichkörper.

Nr.	Stickstoff	Protein	Aether-extrakt	Kohlen-hydrate	Asche	cal/g
1	8,20	52,50	0,94	18,08	28,48	3842
2	8,00	51,16	1,81	17,85	29,18	3835
3	8,11	51,98	1,21	18,11	28,70	3838
4	8,10	51,92	2,56	19,29	26,23	4009

Tabelle 12.

Prozentuale Zusammensetzung der ganzen Tiere
(Weichkörper + Schale).

Nr.	Wasser	Schalen	Protein	Aether-extrakt	Kohlen-hydrate	Asche	cal/g
1	55,05	40,76	2,20	0,04	0,76	1,20	162
2	56,04	40,10	1,98	0,07	0,69	1,13	148
3	55,22	41,04	1,94	0,05	0,68	1,07	144
4	53,22	43,01	1,96	0,10	0,73	1,00	151

1) Die Proben 2 und 3 wurden durch kurzes Eintauchen in Süßwasser von außen anhaftendem Meerwasser befreit, auf Fließpapier getrocknet und dann gewogen. Leider konnte durch dieses Verfahren der Chlorgehalt, wie schon früher erwähnt, nicht entscheidend vermindert werden.

2) Diese Weichkörper waren in Alkohol konserviert.

Tabelle 13.

Analysen der Schalen.

Schalenlänge in mm	$CaCO_3$ %	Wasser %	Unlösliches in Salzsäure %	Unveraschbares	Gewicht der untersuchten Schale in Gramm
12	93,86	2,21	1,89	0,73	2 × 0,4815
20,5	95,16	1,46	0,76	0,20 [1])	2 × 0,6729

Aus den Tabellen 10—12 geht deutlich hervor, daß die Aschewerte mit abnehmender Größe kleiner werden, dagegen besitzen die kleineren Tiere im Gegensatz zu den *Arctica*-Analysen den größeren Schalenanteil. Die Wärmewerte der nichtreduzierten Analysenzahlen lassen für *Cardium* keine eindeutige Stellungnahme zu.

Wie bei *Arctica* folgen nun noch zwei Tabellen und eine Abbildung, in denen alle Analysenwerte, die auf reduzierte Substanz umgerechnet wurden, niedergelegt sind.

Tabelle 14.

Analysenergebnisse der trockenen Weichkörper auf reduzierte Substanz umgerechnet.

Nr.	Protein	Aether-extrakt	Kohlen-hydrate	Asche (HCl-lösl.)	cal/g
1	68,95	1,23	23,73	6,08	5044
2	68,88	2,44	24,03	4,66	5163
3	69,35	1,62	24,17	4,87	5122
4	67,26	3,22	24,89	4,43	5194

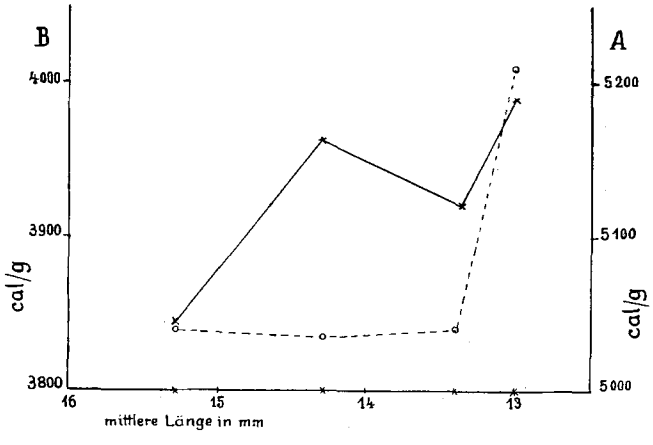

Abb. 3. Wärmewerte der getrockneten Weichkörper in Abhängigkeit von der Größe.
A = Wärmewertskala für die reduzierten Werte,
B = Wärmewertskala für die nicht reduzierten Werte.
——— = reduzierte Werte,
- - - - - - - = nicht reduzierte Werte.

Die Abb. 3 und die Tabelle 14 ermöglichen nun eine etwas bessere Uebersicht über die Veränderungen der Wärmewerte in Abhängigkeit von der Größe. Ebenso wie bei *Arctica* nimmt der Wärmeinhalt von 1 Gramm reduzierter Trockensubstanz (Weichkörper) mit zunehmender Größe beträchtlich ab.

1) Diese Schale wurde vor der Analyse mit Wasser und einer Bürste von etwas anhaftendem Schmutz befreit, daher der niedrige Wert für den unveraschbaren Anteil.

Tabelle 15.

Prozentuale Zusammensetzung der ganzen Tiere auf reduzierte Substanz umgerechnet.
(Weichkörper + Schalen.)

Nr.	Wasser	Schalen	Protein	Aether-extrakt	Kohlen-hydrate	Asche	cal/g
1	55,62	41,16	2,22	0,04	0,77	0,20	165,9
2	56,61	40,51	2,00	0,07	0,70	0,14	149,5
3	55,75	41,43	1,92	0,05	0,69	0,14	145,4
4	53,70	43,40	2,00	0,10	0,74	0,11	152,4

Im Gegensatz zu den aus Abb. 3 und Tabelle 14 gezogenen Folgerungen hat bei den Analysenwerten, die für das ganze Tier berechnet wurden, das größte Tier auch den größten Energieinhalt pro Gramm Substanz. Dieses abweichende Ergebnis kann durch die Tatsache erklärt werden, daß der Schalenanteil der größeren Tiere kleiner ist.

2. *Corbula gibba* Olivi.

Die Tiere wurden am 31. August 1929 5 Sm missw. im NW von Helgoland gefangen und dann im Aquarium bis zur Konservierung aufbewahrt. Der Seesalzgehalt des Aquariumwassers betrug 33,57 ‰.

648 Stück *Corbula gibba* der durchschnittlichen Größe von 8 mm wogen 72,09 g. Die Weichteile wogen frisch 28,39 g und getrocknet 2,40 g. Das entspricht einem Wassergehalt von 91,55 % in den Weichkörpern.

Analyse der getrockneten Substanz.

Aetherextrakt: 0,2381 g Subst. 0,0075 g Extrakt = 3,15 %
0,1771 g „ 0,0057 g „ = 3,22 %
im Durchschnitt: **3,19 %**

Stickstoff: 0,2438 g Subst. 16,25 ccm n/10 H_2SO_4 = 9,33 %
0,1821 g „ 11,89 „ „ „ = 9,15 %
im Durchschnitt: **9,25 %**

Protein: 9,25 × 6,41 = **59,29 %**

Kohlenhydrate:

0,0313 g Subst.: 0,0523 g CO_2; 0,0158 g H_2O = 45,76 % C
5,65 % H

		% C	% H
59,29 %	Protein enthalten	31,74	4,19
3,19 %	Aetherextrakt[1])	2,44	0,39
		34,18 % C	4,58 % H

Für die Berechnung von Kohlenhydraten verbleiben 45,76 — 34,18 = 11,58 % und 5,65 — 4,58 = 1,07 % H. Der Kohlenstoffüberschuß verrechnet sich bei der Annahme der Anhydridformel des Glykogens (s. S. 126) auf **26,07** % Kohlenhydrate.

Asche: 0,6143 g Subst. 0,0779 g Asche = **12,68 %**

1. Wasserlösliches: 0,0470 g = 7,65 %
2. HCl-lösliches: 0,0186 g = 3,03 %
   a) CaO: 0,0227 g Ca-Oxalat = 1,42 %
   b) P_2O_5, 0,2540 g Molybdat = 1,36 %
3. Unlösliches: 0,0123 g = 2,00 %

Halogenbestimmung: 0,1505 g Subst. 0,0310 g Ag Cl = **5,10 %** Cl.

1) Berechnet nach der Mittelformel der Fette E. WOLFF (16).

Tabelle 16.

Prozentuale Zusammensetzung der trockenen Weichkörper.

	Protein	Aether-extrakt	Kohlen-hydrate	Asche	cal/g
Nicht reduziert	59,29	3,19	26,07	12,68	4472
Reduziert	65,62	3,53	28,85	3,35	4950

Tabelle 17.

Prozentuale Zusammensetzung der ganzen Tiere.

	Wasser	Schalen	Protein	Aether-extrakt	Kohlen-hydrate	Asche	cal/g
Nicht reduziert	36,05	60,62	1,97	0,11	0,87	0,42	149
Reduziert	36,16	60,81	1,98	0,11	0,87	0,10	149,5

Diese Muscheln besitzen einen relativ hohen Kohlenhydratgehalt. Die übrigen Werte unterscheiden sich aber kaum von den anderen in dieser Arbeit ausgeführten Molluskenanalysen.

Abb. 4 gibt die Analysenergebnisse der reduzierten Trockensubstanzen sämtlicher von mir untersuchten Tiere in etwas anderer Weise wieder. Für die Molluskenanalysen muß man auch hier wieder den hohen Grad von Gleichförmigkeit feststellen, den die verschiedenen Größenklassen unter sich besitzen.

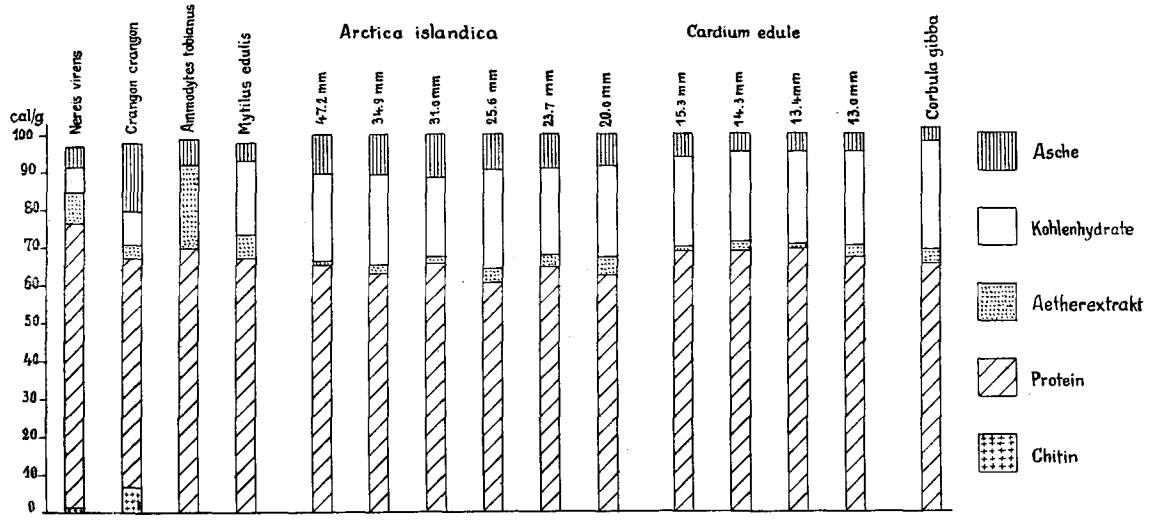

Abb. 4. Analysenwerte der reduzierten Trockensubstanzen.

V. Tabellen für praktische Auswertungen.

Um die Analysenzahlen für den Biologen bei der Ertragsschätzung des Meereshaushaltes praktisch verwertbar zu machen, wurden die Zusammensetzung und auch der Wärmewert für das durchschnittliche Gewicht eines einzelnen Tieres berechnet (Tab. 19).

Durch quantitative Bestimmung der Nahrungstiere der Fische, Auszählung der Vertreter der einzelnen Gattungen auf der Flächeneinheit und Berücksichtigung der chemischen Zusammensetzung der bisher untersuchten Tiere ist man in der Lage, zu einer recht brauchbaren Ertragsschätzung der in einem Gewässer enthaltenen Nährtiere zu gelangen. In Tabelle 19 sind auch die Ergebnisse anderer Autoren mit aufgenommen worden, die teilweise erst für diesen Zweck umgerechnet werden mußten. Für alle Tiere sind auch die berechneten Wärmewerte angegeben. Zu erwähnen ist, daß in sämtlichen Tabellen die organische Substanz, die z. B. bei *Arctica* die Schalen als Hüllsubstanz umgibt (Conchiolin) nicht berücksichtigt wurde, da sie kaum zur Ernährung dienen dürfte.

Tabelle 18.

Wärmewerttabelle mit Ergebnissen anderer Autoren. [1])

Name	Untersucher[2])	Mittl. Länge in mm	Mittl. Lebendgew. in g	Wärmewert eines frisch. Tieres in cal	Wärmewert[3]) f. 1 g Gesamttrockensubst. in cal	Fangort
Mollusken:						
Arctica islandica	R	47,2	27,20	2645	3134	Ostsee
„ „	R	34,9	10,27	1211	3164	„
„ „	R	31,0	6,42	710	2965	„
„ „	R	25,6	4,11	521	3009	„
„ „	R	23,7	3,07	372	2965	„
„ „	R	20,0	1,49	148	3299	„
Cardium edule	R	15,3	1,285	207	3842	Büsum
„ „	R	14,3	1,04	154	3835	„
„ „	R	13,4	0,866	124	3838	„
„ „	R	13,0	0,973	130	4009	„
Corbula gibba	R	8,0	0,111	16,5	4472	Helgoland
Nucula nucleus	K	7,93	0,167	42,6	4450	„
Chione ovata	K	9,38	0,194	70,0	4487	„
Macoma balthica	K	16,76	1,013	116	4094	Büsum
„ „	K	18,15	1,326	185,5	4044	„
„ „	K	19,28	1,605	251	4068	„
„ „	K	20,34	1,940	334	4029	„
Mytilus edulis (Jan.)	D	58	10,2	3465	4598	Kiel
„ „ (April)	D	55	9,12	3810	5228	„
„ „ (Juli)	D	75	26,7	8450	4802	„
„ „ (Sept.)	R	50	9,45	3090	5030	Wilhelmshaven
„ „ (Dez.)	D	30	4,0	1350	4847	Kiel
Mya arenaria	D	62	20,8	4795	3832	Husum
Litorina litorea	D	14	1,88	522	4585	„
Echinodermen:						
Ophiura albida	K	6,91	0,164	62,8	586	Helgoland
Asterias rubens	D	21	—	163	2682	„
Echinus esculentus	M	—	56	10862	731	„
Spatangus purpureus[4])	M	—	87	11743	301	„
Crustaceen:						
Orchestia litorea	K	etwa 20	0,105	156	4881	„
Jassa pulchella	K	3—10	0,00548	3,7	3486	„
Carcinus maenas	D	50[5])	20,6	13170	2490	Husum
Praunus flexuosus	D	12	—	3,3	4438	„
Gammarus locusta	D	23	0,078	50	3842	Kiel
Anomalocera patersoni	D	—	—	0,66	4316	Stavanger
Mesidotea entonom	D	44—72	2,97	1574	2702	Danziger Bucht
Crangon crangon	D	56	1,61	1610	4131	Husum
Nephrops norvegicus	M	—	64	53796	3137	„
Polychaeten:						
Nereis virens	R	211	5,85	3725	4494	Helgoland
Scolelepis fuliginosa	K	30—40	0,0475	44,2	4703	„
Nereis diversicolor	D	62	—	—	5578	Friedrichsort
Arenicola marina	D	88	1,67	872	2552	Husum

1) Die Angaben beziehen sich auf nichtreduzierte Substanz, da einer der herangezogenen Autoren (13) eine nähere Untersuchung der Asche unterlassen hatte, sodaß das früher beschriebene Umrechnungsverfahren nicht benutzt werden konnte.

2) K = K. STRUVE u. W. KAIRIES (13); D = CHR. DELFF (5); M = MEYER (9); R = RINKE, diese Arbeit.

3) Bei den Molluskenanalysen beziehen sich diese Wärmewerte nur auf die getrockneten Weichkörper.

4) Das zur Ernährung nicht beitragende Chitin wurde bei der Berechnung der Wärmewerte nicht berücksichtigt.

5) Quer über den Cephalothorax gemessen.

Tabelle 19.

Zusammensetzung eines einzelnen Tieres in Gramm.[1])

Name	Mittl. Länge in mm	Lebend-gewicht	Trocken-gewicht	Wasser	Gesamt-N	Protein	Aether-extrakt	Kohlen-hydrate	Asche	Wärmew. in cal	Chitin
Nereis virens	211	5,73	0,71	5,02	0,083	0,533	0,059	0,047	0,039	3795	0,010
Ammodytes tobianus	119,7 bis 171	12,47	3,05	9,47	0,326	2,05	0,670	—	0,200	17770	—
Mytilus edulis (Schalen + Weichkörper)	50	9,41	7,33	2,08	0,061	0,391	0,037	0,114	6,746	3090	—
Arctica islandica (Schalen + Weichkörper)	47,2	27,07	10,30	16,77	0,056	0,363	$0,008_1$	0,127	9,645	2244	—
„ „	34,9	10,14	4,13	6,12	0,024	0,159	$0,006_1$	0,061	3,826	1213	—
„ „	31,0	6,33	2,23	4,14	0,015	0,103	$0,002_5$	0,032	2,061	711,4	—
„ „	25,6	4,04	1,45	2,62	$0,009_7$	0,063	$0,004_0$	0,029	1,323	520,5	—
„ „	23,7	3,02	0,98	2,05	$0,007_6$	0,049	$0,002_1$	0,018	0,897	372,3	—
„ „	20,0	1,46	0,507	0,96	$0,003_8$	0,024	$0,001_9$	$0,009_3$	0,460	196,8	—
Cardium edule (Schalen + Weichkörper)	15,3	1,27	0,575	0,71	$0,004_{45}$	0,028	$0,000_5$	$0,009_8$	0,525	210,2	—
„ „	14,3	1,03	0,455	0,58	$0,003_{23}$	0,021	$0,000_7$	$0,007_2$	0,418	154	—
„ „	13,4	0,86	0,386	0,48	$0,002_{82}$	0,017	$0,000_4$	0,006	0,358	125,1	—
„ „	13,0	0,96	0,455	0,52	$0,002_{99}$	0,019	$0,000_9$	$0,007_1$	0,418	146,5	—
Corbula gibba[2]) (Schalen + Weichkörper)	8	111,0	70,8	40,10	0,342	2,20	0,122	0,965	67,60	16,6	—

Die stark schwankenden Ergebnisse bei den verschiedenen *Mytilus*-Analysen in Tabelle 18 sind durch verschiedene Ernährungszustände wie auch durch verschiedene Geschlechtsreife bedingt. Aus den Zahlen läßt sich kaum ein zeitlich bedingter Rhythmus erkennen, was aber der Fall ist, wenn man die Wärmewerte für die von DANIEL (4) inner-

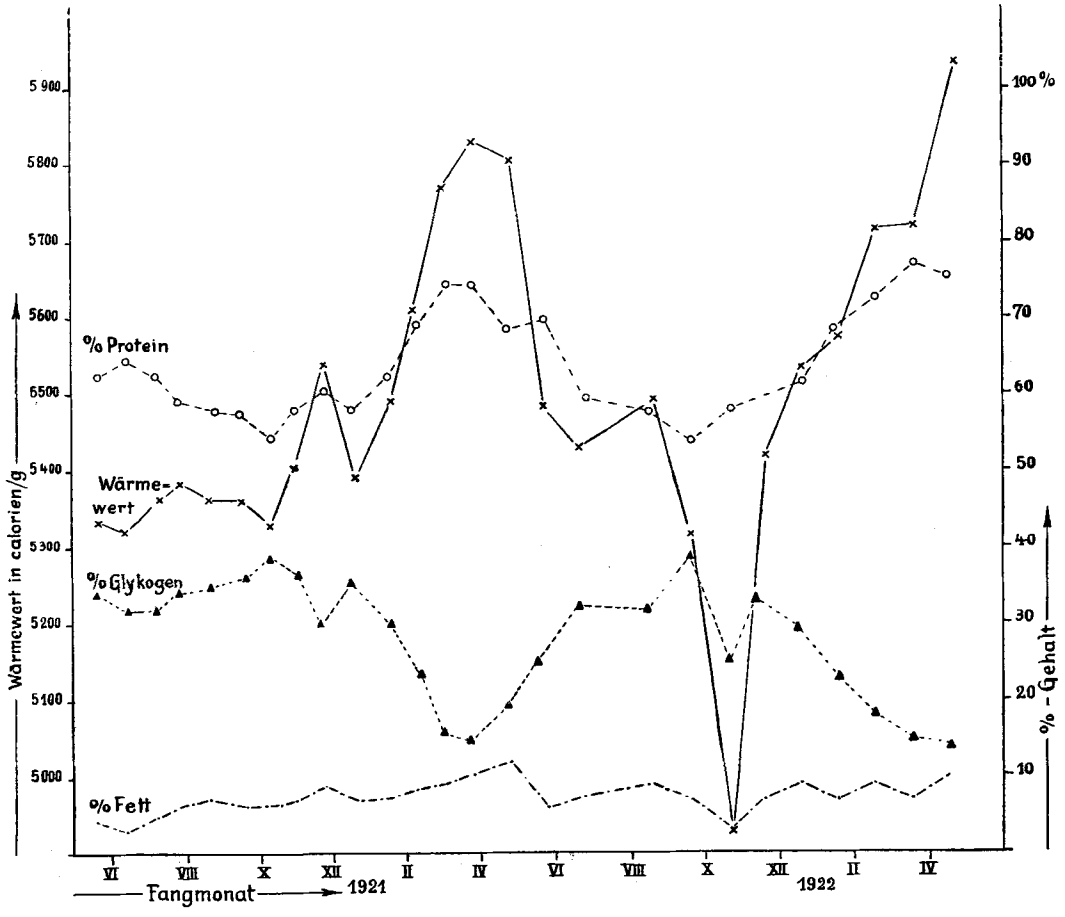

Abb. 5. Ergebnisse von *Mytilus*-Analysen innerhalb eines Cyclus von 2 Jahren. Nach DANIEL (4).

1) Alle Angaben sind auf die reduzierte Substanz bezogen.
2) Gewichtsangaben erfolgen in Milligramm.

halb von 2 Jahren untersuchten *Mytilus edulis* berechnet. Die verschiedenen Kurven der Abb. 5, die mit Hilfe des Versuchsmaterials von DANIEL gezeichnet wurden, geben unter anderem die Wärmewerte der aschefreien Trockensubstanz wieder.

Die Wärmewertlinie gibt die Wärmewerte für je 1 g aschefreie Trockensubstanz an. Man sieht leicht, daß im März—April ein Maximum erreicht wird. Zu diesem Zeitpunkt haben sich in den Körpern der Muscheln die Geschlechtsprodukte in reichem Maße gebildet und erhöhen den Wärmewert über den Durchschnitt von 5494 cal/g ganz beträchtlich. Nach der Laichzeit findet DANIEL die Miesmuscheln außerordentlich erschöpft und die Organe nur von einer dünnen, wässerigen und halbdurchsichtigen Haut bedeckt. Dieser Befund kommt in der Wärmewertkurve durch einen rapiden Abfall treffend zum Ausdruck.

Dagegen lassen sich die in Tabelle 18 wiedergegebenen *Mytilus*-Analysen, die im allgemeinen niedrigere Wärmewerte haben, kaum in das von DANIEL gefundene Bild einreihen. Die Ergebnisse lassen auch für sich allein betrachtet keine eindeutige Betrachtung zu. Aber diese Tatsache war insofern zu erwarten, als nur unter ganz gleichen Vorsichtsmaßregeln gesammeltes und vorbereitetes Material eine wahrheitsgetreue Erklärung der stattgefundenen Veränderungen ermöglicht.

Immerhin zeigen die mit den Ergebnissen von DANIEL gezeichneten Kurven, daß man sich bei genaueren Ertragsschätzungen nicht auf die Analysenergebnisse aus irgendeiner Jahreszeit verlassen sollte. Durch Serienanalysen über einen größeren Zeitraum, etwa nach dem Vorgange von DANIEL, würde die Sicherheit der Berechnungen stark erhöht werden.

Zusammenfassung.

1.) Zur Prüfung der Wärmewertfaktoren für Protein, Aetherextrakt, Kohlenhydrate und Chitin bei Polychaeten, Crustaceen, Mollusken und Fischen wurde je ein relativ leicht zu beschaffendor Typ untersucht.

2.) Der aus experimentellen Daten durch Differenz bestimmte Wärmewert für Protein (5702 cal/g) stimmt mit den schon bekannten Werten für Eiweißprodukte ($\sim$ 5662 bis $\sim$ 5858 cal/g) befriedigend überein. Der Aetherextrakt, der geringe Beimengungen als Folge der Analysenmethode enthält, hat einen etwas niedrigeren Heizwert (9166 cal/g) als bisher bekannt. Der Wert für das Glykogen (4094 cal g) ist ebenfalls etwas kleiner als der letzthin von BROOKENS (3) gefundene Wert von 4215 cal g. Der Unterschied wird auf geringen Wassergehalt des in dieser Arbeit untersuchten Glykogens zurückgeführt. Der Wärmewert des Chitins beträgt 4513 cal/g.

3.) Es wurden Analysen von *Arctica islandica*, *Cardium edule* und *Corbula gibba* mitgeteilt. Die Wärmewerte dieser Tiere wurden mit den experimentell ermittelten Faktoren errechnet.

Literaturverzeichnis.

1. BRAND, TH. V.: Stoffbestand und Ernährung einiger Polychäten und anderer mariner Würmer. — Ztschr. vgl. Physiol. **5** (1927).
2. BRANDT, K.: Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Planktons. — Wiss. Meeresunters. N. F. Abt. Kiel, **3** (1898).
3. BROOKENS, N.: Eine neue Bestimmung der Verbrennungswärme des Glykogens, Biochem. Ztschr. **260**, 446 (1933).
4. DANIEL, J. R.: Seasonal Changes in the chemical Composition of the Mussel (*Mytilus edulis*). — Proc. Transact. Liverpool Biol. Soc. **35** (1921), **36** (1922).
5. DELFF, CHR.: Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung wirbelloser Meerestiere. — Wiss. Meeresunters. N. F. Abt. Kiel, **14** (1912).
6. EHRENBAUM, E.: Zur Naturgeschichte von *Crangon vulgaris* Fabr. Sonderbeilage z. Mitt. d. Sekt. f. Küsten- und Hochseefischerei, 1890.
7. GENG, H.: Der Futterwert der natürlichen Fischnahrung. — Ztschr. f. Fischerei. **23** (1925).
8. IVLEV, V. S.: Eine Mikromethode zur Bestimmung des Kaloriengehaltes von Nährstoffen. — Biochem. Ztschr. **275**, 49 (1935).
9. MEYER, J. A.: Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung wirbelloser Tiere. — Wiss. Meeresunters. N. F. Abt. Kiel, 1914.
10. MIELLER, H.: Ueber die spezifischen Eigenschaften der Fette niederer Süßwassertiere, insbesondere von Fischnährtieren. (Aus. d. Preuß. Landesanst. f. Fischerei in Berlin-Friedrichshagen) 1934.
11. ORTHNER und REICHEL: Organisch-chemisches Praktikum. Berlin 1929.
12. ROTH, W. A.: Calorimetrie organischer Verbindungen. In: HOUBEN-WEYL, Die Methoden der organischen Chemie. 2. Aufl. **1**, 933, Leipzig 1921.
13. STRUVE, K. und KAIRIES, W.: Die Zusammensetzung einiger als Fischnahrung wichtiger Bodentiere der Nordsee. Wiss. Meeresunters. N. F. Abt. Helgoland, **17**, Nr. 6 (1930).
14. TREADWELL, F. P.: Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie. **2** (1927).
15. WILLE, O.: Zur Kenntnis der Garnele und Garnelenerzeugnisse als Nahrungs- und Futtermittel. — Abh. Inst. f. Seefischerei Wesermünde, H. 5, 1930.
16. WOLFF, E.: Die Ernährung der landwirtschaftlichen Nutztiere. — Berlin 1876.