

① 1095

Beiträge zur Kenntnis der chemischen  
Zusammensetzung wirbelloser Tiere.

---

---

**Inaugural-Dissertation**  
**zur Erlangung der Doktorwürde**  
**der hohen philosophischen Fakultät**  
**der Königlichen Christian-Albrechts-Universität zu Kiel**

vorgelegt von

**Joh. Alb. Meyer**  
aus Bremen.

---

---



**Kiel 1913.**

Druck: Heider Anzeiger, G. m. b. H., Heide.

Referent: Prof. Dr. Brandt.

Tag der mündlichen Prüfung: 28. Juni 1913.

Kiel, den 8. Juli 1913.

Zum Druck genehmigt:

**Dr. Dieterici,**  
z. Zt. Dekan.

## 1. Gegenstand und Ziel der Untersuchungen.

Es ist meine Aufgabe gewesen, wirbellose Tiere als Ganzes auf ihre chemische Zusammensetzung zu untersuchen, und zwar nach agrikulturchemischer Methode. Wenn auch genug Analysen vorliegen, die zum Zwecke von nahrungsmittelchemischen Untersuchungen gemacht worden sind, so sind sie größtenteils für diese Arbeit nicht weiter verwertbar, da sie allein Rücksicht auf die Organismen oder deren Bestandteile nehmen, welche als Nahrung für Menschen oder Haustiere in Betracht kommen. So sind in König „Die menschlichen Nahrungs- und Genußmittel“ alle Analysen dieser Art zusammengestellt. Die Untersuchungen dieser Arbeit haben ein ganz anderes Ziel, es soll ein Beitrag zur Lösung der Probleme des Stoffhaushalts im Meere geliefert werden. Wie die Agrikulturchemiker in der Lage sind, den Ertrag eines Ackers und die Bedingungen, von denen dieser Ertrag abhängt, zu bestimmen, so soll durch ähnliche Untersuchungen versucht werden, den Meereshaushalt zu erforschen. Diesem Ziele kann nur durch Berücksichtigung aller Faktoren und genauer Erforschung derselben näher gekommen werden. Brandt, der durch seine in „Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen“ veröffentlichten Arbeiten seit Jahren dieses Ziel verfolgt, hat auch zum ersten Male die für den Meereshaushalt wichtigsten Organismen, das Plankton, nicht allein quantitativ-systematisch, sondern auch auf ihre chemische Zusammensetzung ausführlicher untersucht (Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Kiel 1898: Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Planktons). Ebenfalls auf Veranlassung von Brandt hat Delff in der in gleicher Zeitschrift veröffentlichten Arbeit („Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung wirbelloser Meeres-tiere Kiel 1912“) verschiedene Arten größerer wirbelloser Meeresbewohner nach gleicher Methode untersucht. An diese Arbeit schließt sich im großen und ganzen die vorliegende an. Nur sind diesmal nicht allein Meerestiere gewählt worden, sondern zum größeren Teil Repräsentanten von Süßwasser-, Land- und Eingeweidetieren. Untersucht wurden:

- |              |  |
|--------------|--|
| Crustaceen   | 1. Nephrops norvegicus,                |
|              | 2. Asellus aquaticus,                  |
|              | 3. Oniscus murarius,                   |
|              | 4. Gammarus pulex,                     |
|              | 5. Daphnia,                            |
| Mollusken    | 6. Anodonta mutabilis,                 |
|              | 7. Limnaea stagnalis,                  |
|              | 8. Planorbis corneus,                  |
|              | 9. Helix pomatia,                      |
| Echinodermen | 10. Hippasterias phrygiana,            |
|              | 11. Spatangus purpureus,               |
|              | 12. Echinus esculentus var. depressus, |

Vermes	13. Hirudo medicinalis, 14. Herpobdella atomaria (Carena), 15. Bothriocephalus punctatus, 16. Ascaris lumbricoides,
Cöloenteraten	17. Aurelia aurita,
Plankton	18. vorwiegend Ceratium.

Durch diese Auswahl ist es ermöglicht, interessante Vergleiche zwischen Meeres-, Süßwasser- und Landtieren in bezug auf ihre chemische Zusammensetzung zu ziehen. Besonders nahe liegt auch die Frage, wie verhalten sich die einzelnen Gruppen des Tierreichs in ihrer chemischen Zusammensetzung zueinander, lassen sich da allgemeine Gesetze erkennen? Das alles führt schon ins allgemein Biologische über, hängt aber wiederum mit dem erst skizzierten Problem des Meereshaushalts zusammen. Die Analysen der untersuchten Süßwassertiere können gleichzeitig als Beitrag zum Problem des Stoffhaushalts der Binnenseen verwendet werden. Besonders bei kleinen Fischteichen sind die Untersuchungen in dieser Richtung viel leichter wegen der Abgeschlossenheit des Raumes und der Fähigkeit, die in Betracht kommenden Faktoren experimentell beeinflussen zu können.

Aber außer der Bedeutung solcher Analysen für obige Probleme werden vielfach biologische Fragen anderer Art berührt, besonders physiologischer Natur.

Die Anregung zu den folgenden Untersuchungen ging von Herrn Geheimrat Professor Dr. Brandt aus, dem ich hierfür meinen herzlichen Dank ausspreche, auch für die liebenswürdige Unterstützung bei Ausführung der Arbeit. Ausgeführt wurden die Untersuchungen im biologischen Meereslaboratorium in Kiel, und bin ich dem Leiter der chemischen Abteilung, Herrn Dr. Raben, sehr zu Dank verpflichtet für die freundliche Hilfe, die er mir während der ganzen Dauer der Untersuchungen in jeder Weise geleistet hat, besonders auch für die Einführung in die Technik der organischen Analyse.

## 2. Die Methoden.

### a) Die allgemeinen Grundlagen.

Die nähere Begründung und Beschreibung der angewendeten Methode findet sich bei Brandt in seiner Arbeit über die chemische Zusammensetzung des Planktons. Da auch noch Delff in seiner schon genannten Abhandlung die Methodik behandelt hat, begnüge ich mich mit einer kurzen Skizzierung, um nur bei Abweichungen von dem allgemeinen Schema ausführlicher zu werden.

In den Organismen wird bestimmt der Gehalt an Wasser und Trockensubstanz, in letzterer Eiweiß, Kohlehydrate, Fett, eventuell Chitin und Cellulose, sowie Asche. Als Aschenbestandteile werden angegeben:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (+  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ),  $\text{CaO}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ , Seesalz,  $\text{Cl}$  und  $\text{SiO}_2$ . Verrechnet werden die Werte folgendermaßen:

Auf Grund des gefundenen Wertes für Stickstoff wird mittels der Plaifairschen Eiweißformel  $\text{C}_{24}\text{H}_{33}\text{N}_6\text{O}_3$  der Gehalt an Rohprotein berechnet, nachdem bei Vorhandensein von

Chitin ( $C_9H_{15}NO_5$ ) vorher der hierfür erforderliche Stickstoff abgezogen wird. Dann wird ausgerechnet, wieviel Kohlenstoff und Wasserstoff für die gefundenen Werte von Eiweiß, Fett, Chitin oder Zellulose erforderlich ist. Für die Fette wird die Durchschnittszusammensetzung von 76,6 % C, 12,1 % H und 11,2 % O angenommen, für Zellulose die Formel  $C_6H_{10}O_5$  zugrunde gelegt. Was nach Abzug der so ermittelten Zahlen von Kohlenstoff und Wasserstoff von dem durch Elementaranalyse gefundenen übrigbleibt, wird zur Berechnung der Kohlehydrate benutzt und zwar mittels der Formel  $C_6H_{10}O_5$ , deren Berechtigung für diesen Zweck Delff in seiner Dissertation auseinandergesetzt hat. Indem in diesem Punkte von dem gewöhnlichen Verfahren abgewichen wird (gewöhnlich wird für Kohlehydrate der Rest angenommen, der nach Abzug von Eiweiß-, Fett-, Chitin- und Ascheprozenten von 100 % übrigbleibt), ist es möglich, eine gewisse Kontrolle der Analyse zu üben, da die so unabhängig gefundenen Werte zusammen ungefähr 100 ergeben müssen. Außerdem müssen die Zahlen für Kohlenstoff und Wasserstoff, die für die Kohlehydrate zurückbleiben, theoretisch im Verhältnis 7,2:1 stehen, gemäß der Formel  $C_6H_{10}O_5$ . Doch wird das letztere nicht immer zutreffen wegen der großen Hygroskopizität des Untersuchungsmaterials und andererseits bei sehr geringer Menge der Kohlehydrate. Aus diesem Grunde ist es auch nötig, der Berechnung der Kohlehydrate allein den Kohlenstoffwert zugrunde zu legen.

Um die Analysen untereinander vergleichbar zu gestalten, ist es nötig, das gesamte Seesalz und die unlösliche Asche abzuziehen wegen der Schwierigkeit, festzustellen, wieviel Seesalz oder Kieselsäure dem Tiere selbst zukommt, oder ihm mechanisch oder durch Nahrung beigelegt ist. Die nähere Begründung für diese Umrechnung findet sich in der Delffschen Arbeit. Bei den Süßwasser- und Landtieren wurde nur die unlösliche Asche abgezogen und nicht auch die lösliche, da es hier sicher ist, daß sie dem Tiere angehört.

#### b) Die angewandte Technik.

**Trockengewichtsbestimmung:** Die Tiere wurden gezählt, gemessen und durch Abspülen von äußerem Schmutz gereinigt, äußerlich abgetrocknet, gewogen und in einer flachen Porzellanschale auf dem Wasserbade erwärmt, bis sie hart und trocken geworden waren. Darauf wurden sie mehrere Stunden in den Trockenschrank bei 90° gestellt und bis zur Gewichtskonstanz im Exsiccator gelassen. In einem größeren Mörser wurden sie zerkleinert und im Achatmörser pulverisiert und gehörig gemischt, wiederum einige Stunden in den Trockenschrank gestellt und im Exsiccator bis zur Gewichtskonstanz aufbewahrt. Handelt es sich um in Alkohol konserviertes Material, was möglichst vermieden worden ist, und bei diesen Untersuchungen nur in fünf Fällen vorkam, so wurden die Tiere für sich auf dem Wasserbade getrocknet und grob zerkleinert. Der Alkoholextrakt wurde soweit wie möglich durch Destillation eingedampft und in kleinen Portionen (nie mehr als die Substanz durch ihre Porosität festhält) zu der ursprünglichen Substanz gegossen und auf dem Wasserbade eingedampft. Die weitere Behandlung geschah wie bei frischen Tieren, nur wurde noch mehr Sorgfalt auf eine gleichmäßige Mischung gelegt, da der Alkohol hauptsächlich Fette auszieht und es von großem Werte ist, daß diese gleichmäßig in der Substanz verteilt werden.

**Elementaranalyse:** Diese wurde in gewöhnlicher Weise ausgeführt. Wegen des Schwefelgehalts wurde eine längere Schicht Bleichromat im Verbrennungsrohr eingeschaltet. Die Substanz wurde im Kupferschiffchen mit Kobaltoxyduloxyd ( $\text{Co}_3\text{O}_4$ ) gemischt, was eine leichte und gleichmäßige Verbrennung bei nur schwacher Erhitzung der Substanz ermöglichte. (Lassar-Cohn, Arbeitsmethoden für organisch-chemische Laboratorien, Allgemeiner Teil, 4. Auflage, Seite 282, nach Lassar zitiert: Brunck, Zeitschrift für angewandte Chemie, Bd. 18, Seite 1560. Brunck schreibt: „Mengt man feinpulverisierte Kohle mit Kobaltoxyd recht innig, und erhitzt das Gemisch in einer Sauerstoffatmosphäre ganz schwach, so tritt schon bei verhältnismäßig niedriger Temperatur Entzündung ein, und die Kohle verbrennt glatt ohne jede weitere Wärmezufuhr von außen.“) Bei allen Organismen, die fertig gebildete Kohlensäure enthielten, das sind besonders die Crustaceen und Echinodermen, wurde die Substanz vorher in einem dichten Kupferschiffchen mit Phosphorsäure (stark verdünnt) behandelt und getrocknet, um so die Kohlensäure auszutreiben. Wenn es auch wegen der Temperatur im Verbrennungsrohr unter dem Schiffchen, das immer nur mit kleinen Flammen erhitzt wurde, unwahrscheinlich ist, daß die meist an Kalk gebundene Kohlensäure fortgeht, so ist die Vorbehandlung mit Phosphorsäure auf jeden Fall sicherer und methodisch exakter. Es muß nur darauf gesehen werden, die so behandelte Substanz gut zu trocknen, was oft mehrere Tage in Anspruch nehmen kann, oder aber man muß eine Analyse für die Wasserstoffbestimmung mit der ursprünglichen Substanz besonders machen.

**Stickstoffbestimmung:** Diese wurde nach der Methode von Dumas ausgeführt, die Substanz wurde ebenfalls mit  $\text{Co}_3\text{O}_4$  gemischt.

Wurden mehrere Analysen derselben Substanz gemacht, so wurde bei der Elementaranalyse der höchste Kohlenstoff- und niedrigste Wasserstoffwert als richtig angenommen, bei den Stickstoffbestimmungen der mittlere Wert.

Die Fettextraktionen wurden im Soxhletschen Apparat mit über Natrium destillierten Äther vorgenommen und ungefähr 10 bis 12 Stunden fortgesetzt. Von dem Extrakt wurde der Äther abdestilliert, das den Rückstand enthaltende Kölbchen einige Stunden im Trockenschrank und längere Zeit im Exsiccator getrocknet. Aus der Differenz der Gewichte des leeren und des Extrakts enthaltenden Kölbchens berechnet man die Menge des Ätherextrakts, der in den Analysenresultaten kurz als Fett bezeichnet wurde.

**Aschenbestimmung:** Die zur Fettextraktion verwendete Substanz war in einem so gut wie aschefreien gehärteten, möglichst kleinen Filter eingewickelt, sie wurde gleichzeitig zur Aschenbestimmung verwendet. Es wurde anfangs mit kleiner abstehender Flamme im Platintiegel erhitzt, bis das Filter brannte, dann wurde die Flamme gelöscht, denn nun fand innerhalb der Substanz von selbst eine meist vollständige Verkohlung statt. Dann wurde einige Stunden mit destilliertem Wasser auf dem Wasserbade ausgelaugt; der Rückstand konnte dadurch stärker geglüht werden, da die löslichen, besonders flüchtigen Salze entfernt waren und so ein Einschließen von unverbrannter Kohle, von schmelzenden Salzen, sowie ein Verlust an Chloriden ausgeschlossen ist. War die Asche einigermaßen weiß geworden, so wurde gewogen, einige Stunden auf dem Wasserbade mit verdünnter Salzsäure digeriert und filtriert. Der unlösliche

Rückstand wurde in eine Platinschale gespritzt, eingedampft, getrocknet und gewogen. Darauf wurde geglüht, die Differenz zwischen getrocknetem und geglühtem Rückstande ergab die unverbrannte Kohle, welche gleich von der Asche abgezogen wurde, der geglühte Rückstand wurde als unlösliche Asche bezeichnet und erwies sich immer als  $\text{SiO}_2$ . Das zum Auslaugen der löslichen Salze verwendete Wasser wurde ebenfalls in einer Platinschale eingedampft und sehr schwach mit kleiner Flamme einen Augenblick erhitzt, um die löslichen organischen Stoffe zu zerstören, der Rückstand ergab das Gewicht der löslichen Asche. In dem salzsäurelöslichen Teil der Asche wurde noch  $\text{Fe}_2\text{O}_3 + (\text{Al}_2\text{O}_3)$ ,  $\text{CaO}$  und  $\text{P}_2\text{O}_5$  bestimmt. Nachdem die Lösung essigsauer gemacht worden war, wurde siedendheiß mit Ammonacetat gefällt, der Niederschlag geglüht und als  $\text{Fe}_2\text{O}_3 (+ \text{Al}_2\text{O}_3)$  gewogen, dann in Salpetersäure gelöst und die Phosphorsäure nach Woy (Treadwell, Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie 1905 Band II, Seite 319) als  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$  bestimmt. In dem Filtrat des Eisenniederschlags, das noch Kalk und weitere Phosphorsäure enthält, wurde durch Fällen mittels heißen Ammonoxalats, Glühen und Wägen des Niederschlags der Kalk als  $\text{CaO}$  bestimmt, die Phosphorsäure wie oben nach Woy als  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$  bestimmt. Da die Chloride nie genau und nur mit Verlusten aus der Asche bestimmt werden können, wurde das Chlor, wie Delff es angegeben hat, direkt aus der Trockensubstanz noch einmal besonders bestimmt. Die Substanz wurde zu diesem Zwecke mit Wasser ausgekocht, das Filtrat mit Ammonkarbonat eingedampft, schwach geglüht und von der Kohle abfiltriert. In dem Filtrat wurde das Chlor titrimetrisch mit Kaliumchromat als Indicator bestimmt.

Bei einigen Crustaceen und Echinodermen wurde außerdem noch die Kohlensäure mittels der Bunsenschen Kohlensäurebestimmungsapparate bestimmt.

Die Chitinbestimmungen wurden folgendermaßen ausgeführt: Eine abgewogene Menge Substanz wurde zur Entkalkung mit zirka 15 % Salzsäure ausgekocht, abfiltriert, der Rückstand mit 15 % Kalilauge längere Zeit gekocht, gewaschen mit Wasser, Alkohol und Äther und gewogen. Dieses Rohchitin wurde verascht, der Rückstand vom Gesamtwert abgezogen und so das Reinchitin bestimmt.

Die Zellulose bei Ceratium wurde nach der Weender Methode (angegeben in „Agrikulturchemische Untersuchungsmethoden“ von Prof. Dr. E. Haselhoff) bestimmt. Die Substanz wurde  $\frac{1}{2}$  Stunde mit  $1\frac{1}{2}$  % Schwefelsäure gekocht, zweimal  $\frac{1}{2}$  Stunde mit derselben Menge (200 ccm) Wasser und dann mit  $1\frac{1}{2}$  % Kalilauge. Diese wurde auf dieselbe Weise wie die Schwefelsäure durch Auskochen mit Wasser entfernt, um darauf den Rückstand auf einem gewogenen Filter zu sammeln, waschen mit Wasser, Alkohol und Äther, bei  $100^\circ$  und im Exsiccator zu trocknen und zu wägen.

### 3. Die Analysen.

#### 1. Nephrops norvegicus.

Die erste Analyse soll zur Erläuterung des Vorstehenden etwas ausführlicher behandelt werden.

Zwei Exemplare (männlich), 15 cm lang von Rostrumspitze bis Telsonende, wurden am 18. November 1912 von Herrn Dr. Raben auf einer Poseidonfahrt zwischen Skagen und Göt-

borg auf Schlickgrund gefangen und in Alkohol konserviert. Lebendgewicht 128 g, Trockengewicht 34,32 g, demnach bestehen die Tiere zu 73,19 % aus Wasser und zu 26,81 % aus Trockensubstanz.

Stickstoff a) 0,1646 g Substanz ergaben bei 777 mm Barometerstand und 12° C 10,9 ccm N über Wasser gemessen. Das entspricht 0,0132 g = 8,00 % N,  
b) Eine Kontrollanalyse ergab: 0,1573 g (b = 776 mm, t = 9°) — 10,31 ccm = 0,0126 g = 8,01 % N.

Zur Rechnung wird der Durchschnitt beider Analysen benutzt, also: 8,005 % = 8,01 % N.

Chitin 0,8158 g Substanz ergaben 0,0552 g = 6,53 % Reinchitin.

Eiweiß Zu 6,53 % Chitin gehören gemäß der Formel  $C_9H_{15}NO_6$  0,39 % N, es bleiben demnach für Eiweiß 7,62 % N. Unter Zugrundelegung der Playfairschen Eiweißformel  $C_{24}H_{38}N_6O_8$  kommen auf 1 % N 6,41 % Eiweiß, wir erhalten also in diesem Falle 7,62—6,41 = 48,84 % Eiweiß.

Fett 2,0654 g Substanz gaben 0,0518 g = 2,51 % Fett.

Kohlehydrate Elementaranalyse:

a) 0,1634 g Substanz gaben 0,1935 g  $CO_2$  und 0,0638 g  $H_2O$ , das ist 32,29 % C und 4,37 % H,

b) die Kontrollanalyse ergab:

0,1452 g Substanz . . . . . 0,1726 g  $CO_2$  = 32,42 % C,

0,1452 g Substanz . . . . . 0,0575 g  $H_2O$  = 4,13 % H.

Zur Berechnung benutzt wird der höchste C-Wert = 32,42 % C und der niedrigste H-Wert = 4,37 % H. Von diesen Werten müssen die für Eiweiß, Fett und Chitin erforderlichen Mengen an C und H abgezogen werden, um den Rest dann auf Kohlehydrate zu verrechnen.

Auf Grund der empirischen Formeln ist erforderlich:

für 48,84 % Eiweiß 26,14 % C und 3,45 % H

„ 6,54 % Chitin 3,03 % C „ 0,42 % H

„ 2,51 % Fett 1,93 % C „ 0,30 % H

Summa: 31,10 % C und 4,17 % H.

Als Rest für Kohlehydrate bleibt: 32,42—31,10 = 1,32 % C und 4,37—4,17 = 0,20 % H. Die Kohlehydratmenge wird auf Grund des C-Wertes berechnet gemäß der Formel  $C_6H_{10}O_5$ . Zu 1,32 % C gehören 1,48 % O und 0,18 % H, zusammen 2,98 % Kohlehydrate.

Eine gewisse Kontrolle für die Richtigkeit der Werte kann, wie schon früher ausgeführt, aus den Verhältnissen von C:H erschen werden. Theoretisch soll sich C:H = 7,2:1 verhalten, hier ist es 1,32:0,20 = 6,6:1. Auf die Unsicherheit dieser Kontrolle ist ebenfalls schon hingewiesen worden (Abschnitt Methoden, allgemeine Grundlagen).

Gesamtasche: 2,0654 g ergaben 0,7820 g = 37,86 % Asche.

Aschenbestandteile: in 2,0654 g Substanz war enthalten:

1. Wasserlöslich 0,1124 g = 5,44 %,

2. HCl-löslich 0,658 g = 31,86 %, hiervon

- a)  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (+  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ): (da  $\text{Al}_2\text{O}_3$  quantitativ nicht in Betracht kommt, wurde dieser Niederschlag einfach als  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  angeführt) von 0,0218 g ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  +  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) abzuziehen 0,0102 g  $\text{P}_2\text{O}_5$ , bleibt 0,0116 g = 0,56 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,
- b)  $\text{CaO}$ : 0,3300 g = 15,98 %  $\text{CaO}$ ,
- c)  $\text{P}_2\text{O}_5$ :  $\alpha$ ) im Eisenniederschlag war enthalten 0,0160 g  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$  — 0,0102 g  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  
 $\beta$ ) im Filtrat des Eisenniederschlags enthalten: 0,0344 g  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$  — 0,0219 g  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  
 im ganzen 0,321 g = 1,55 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

3. Unlöslich 0,0116 g = 0,56 %.

$\text{CO}_2$ : 0,5328 g Substanz ergaben 0,0572 g = 10,74 %  $\text{CO}_2$ .

Seesalz: 1,3892 g Substanz wurde extrahiert und zu 100 ccm aufgefüllt. 10 ccm entsprachen 1,21 ccm  $\frac{1}{10}$   $\text{AgNO}_3$ , 100 ccm 12,1 ccm  $\frac{1}{10}$   $\text{AgNO}_3$  = 0,0429 g = 3,09 % Cl. Da das Seesalz einen konstanten Chlorgehalt von 55,37 % besitzt, kann man durch Multiplikation des Chlorwertes mit  $\frac{100}{55,37}$  den Gehalt an Seesalz berechnen. In diesem Falle also  $\frac{3,09 \cdot 100}{55,37} = 5,58$  % Seesalz. (Die nähere Begründung dieser Berechnungsart ist ausgeführt in Brandt, Beiträge zur chemischen Zusammensetzung des Planktons.)

Um die gefundenen Werte auf seesalz- und kieselsäurefreie Substanz zu beziehen, muß 0,56 + 5,58 = 6,14 % abgezogen werden und sämtliche Zahlen mit dem Faktor  $\frac{100}{93,86}$  multipliziert werden:

8,53 % N	52,04 % Eiweiß,
	6,96 % Chitin,
	2,67 % Fett,
	3,18 % Kohlehydrate,
(0,60 % $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 17,03 % $\text{CaO}$ , 1,65 % $\text{P}_2\text{O}_5$ )	33,79 % Asche, _____
	<b>98,64 % Summa.</b>

Die Differenz von der theoretischen Summe 100 beträgt nur 1,36.

Verdauungsversuch. Um die Verdaulichkeit der Körpersubstanz zu untersuchen, wurde 1,2454 g der künstlichen Verdauung mittels Trypsinlösung unterworfen. 2 g käufliches Trypsin wurden mit 2 g Natriumkarbonat in 500 ccm Wasser gelöst und davon 100 ccm zu der Trockensubstanz gegossen. Nachdem die Mischung 16 Tage lang bei 36° im Brutofen gehalten worden war, wurde abfiltriert, getrocknet und gewogen. Der Rückstand betrug 0,5974 g, demnach 47,97 % unverdaut, 52,03 % verdaut.

## 2. Asellus aquaticus.

552 Exemplare von 10 mm mittlerer Größe wurden am 5. Juli 1912 im Düsternbrooker Teich bei Kiel gefangen und frisch verarbeitet. Sie wurden in Leitungswasser von äußerem Schmutz befreit und auf Filtrierpapier getrocknet. Sie wogen frisch 22,8776 g, getrocknet 4,3716 g, also 80,90 % Wasser, 19,1 % Trockensubstanz.

Stickstoff: 0,1428 g (b = 776 mm, t = 12°) — 9,3 ccm = 0,01122 g = 7,86 % N.

Chitin: 1,0160 g — 0,0516 g = 5,08 % Chitin.

Eiweiß: 0,31 % N für Chitin ab von 7,86 % N, also 7,55 % N für Eiweiß.  $7,55 \cdot 6,41 = 48,41$  % Eiweiß.

Fett: 1,0076 g — 0,0112 g = 1,11 % Fett.

Kohlehydrate: 0,1180 g — 0,1314 g CO<sub>2</sub> = 30,37 % C,

0,1180 g — 0,0181 g H<sub>2</sub>O = 4,56 % H.

C für Eiweiß, Chitin und Fett (25,91 + 2,35 + 0,85), H (3,42 + 0,33 + 0,13) abzuziehen von 30,37 % C und 4,56 % H. Rest für Kohlehydrate 1,26 % C und 0,68 % H. Zu 1,26 % C gehören 1,41 % O und 0,17 % H, zusammen 2,84 % Kohlehydrate.

Asche: 1,0076 g verascht, davon:

1. Wasserlöslich 0,0260 g = 2,58 %,

2. HCl-löslich 0,3568 g = 35,41 %,

3. Unlöslich 0,0390 g = 3,87 %,

Gesamtasche 41,86 %.

Aschenbestandteile:

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,0116 g = 1,15 %,

CaO 0,1911 g = 18,97 %,

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: α) 0,0100 g Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> — 0,0064 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,

β) 0,0260 g „ — 0,0166 g „

0,0230 g = 2,23 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Cl: 0,9176 g zu 100 ccm, 50 ccm . . . 0,4 ccm  $\frac{1}{10}$  AgNO<sub>3</sub>. Das ist 0,00284 g = 0,31 % Cl.

CO<sub>2</sub>: 0,9386 g . . . 0,1016 g = 10,82 % CO<sub>2</sub>.

Auf SiO<sub>2</sub> freie Trockensubstanz bezogen (es müssen die Werte mit dem Faktor  $\frac{100}{96,13}$  multipliziert werden):

7,86 % N

50,16 % Eiweiß,

5,28 % Chitin,

1,16 % Fett,

2,96 % Kohlehydrate,

(1,20 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 19,73 % CaO, 2,37 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

39,52 % Asche,

99,28 % Summa.

### 3. Oniscus murarius.

1207 Exemplare, gestreckt 1,5—0,7 cm lang, wurden am 9. Oktober 1912 in Bremen unter einem Steinhafen gesammelt. Sie wogen frisch 79 g, getrocknet 24,004 g. Demnach 69,61 % Wasser und 30,39 % Trockensubstanz.

Stickstoff: 0,1086 g (b = 775 mm, t = 10°) — 6 ccm = 0,00729 g = 6,72 % N.

Chitin: 1,2150 g — 0,0950 g = 7,82 % Chitin.

Eiweiß: 0,47 % N für Chitin ab von 6,72 %, Rest für Eiweiß 6,25 %.  $6,25 \cdot 6,41 = 40,06$  % Eiweiß.

Fett: 1,5586 g — 0,0972 g = 6,24 % Fett.

Kohlehydrate:  $0,1752 \text{ g} - 0,2034 \text{ g CO}_2 = 31,66 \%$  C,

$0,1752 \text{ g} - 0,0688 \text{ g H}_2\text{O} = 4,39 \%$  H.

C für Eiweiß, Fett und Chitin ( $21,44 + 4,79 + 3,62$ ) H ( $2,83 + 0,76 + 0,50$ ). Rest für Kohlehydrate  $31,66 - 29,85 = 1,81 \%$  C und  $4,39 - 4,09 = 0,30 \%$  H. C:H = 6,03:1.

Zu  $1,81 \%$  C gehören  $2,03 \%$  O und  $0,25 \%$  H, zusammen **4,09 % Kohlehydrate.**

Asche:  $1,5586 \text{ g}$  verascht, davon:

1. Wasserlöslich  $0,0372 \text{ g} = 2,39 \%$ ,

2. HCl-löslich  $0,5298 \text{ g} = 33,99 \%$ ,

3. Unlöslich  $0,0420 \text{ g} = 2,70 \%$ ,

**Gesamtasche 39,08 %.**

Aschenbestandteile:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$   $0,0084 \text{ g} = 0,54 \%$ ,

$\text{CaO}$   $0,2814 \text{ g} = 18,05 \%$ ,

$\text{P}_2\text{O}_5$ :  $\alpha$ )  $0,0118 \text{ g}$   $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$  —  $0,0075 \text{ g P}_2\text{O}_5$ ,

$\beta$ )  $0,0590 \text{ g}$  „ —  $0,0376 \text{ g}$  „

$0,0151 \text{ g} = 2,89 \%$   $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Cl.  $1,0046 \text{ g}$  zu  $100 \text{ ccm}$  aufgefüllt,  $50 \text{ ccm} - 1,4 \text{ ccm } \frac{1}{10} \text{ AgNO}_3$ , demnach  $0,00993 \text{ g} = 0,99 \%$  Cl.

Auf reduzierte Trockensubstanz bezogen (Faktor  $\frac{100}{97,3}$ ):

$6,91 \%$  N

$41,17 \%$  Eiweiß,

$8,01 \%$  Chitin,

$6,41 \%$  Fett,

$4,20 \%$  Kohlehydrate,

$(0,56 \%$   $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $18,55 \%$   $\text{CaO}$ ,  $2,97 \%$   $\text{P}_2\text{O}_5$ )

$37,39 \%$  Asche,

**$97,21 \%$  Summa.**

#### 4. Gammarus pulex.

317 Exemplare, gestreckt  $12-15 \text{ mm}$  lang, wurden am 18. Mai 1912 in der Eider bei Kiel gefangen und frisch verarbeitet. Sie wogen frisch  $6,95 \text{ g}$ , getrocknet  $1,8476 \text{ g}$ , demnach  $73,91 \%$  Wasser und  $26,59 \%$  Trockensubstanz.

Stickstoff:  $0,2174 \text{ g}$  ( $b = 775 \text{ mm}$ ,  $t = 13^\circ$ ) —  $14,7 \text{ ccm} = 0,01763 \text{ g} = 8,11 \%$  N.

Chitin:  $0,4816 \text{ g} - 0,0382 \text{ g} = 7,93 \%$  Chitin.

Eiweiß: Von  $8,11 \%$  N  $0,48 \%$  für Chitin abzuziehen, bleibt  $7,63 \%$  N für Eiweiß.

$7,63 \cdot 6,41 = 48,91 \%$  Eiweiß.

Fett:  $0,7172 \text{ g} - 0,0462 \text{ g} = 6,44 \%$  Fett.

Kohlehydrate:  $0,2003 \text{ g} - 0,2963 \text{ g CO}_2 = 40,34 \%$  C,

$0,2003 \text{ g} - 0,1010 \text{ g H}_2\text{O} = 5,64 \%$  H.

Abzuziehen C für Eiweiß, Chitin und Fett ( $26,18 + 3,68 + 4,94$ ), H ( $3,45 + 0,51 + 0,78$ ).

Rest für Kohlehydrate:  $39,51 - 33,97 = 5,54 \%$  C und  $5,64 - 4,74 = 0,90 \%$  H. C:H = 6,16:1. Zu  $5,54 \%$  C gehören  $6,22 \%$  O und  $0,77 \%$  H.

**Zusammen 12,53 % Kohlehydrate.**

Asche: 0,7172 g verascht:

1. Wasserlöslich 0,0154 g = 2,15 %,

2. H Cl-löslich 0,1544 g = 21,53 %,

3. Unlöslich unwägbar = —

Gesamtasche 23,68 %.

Aschenbestandteile:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,0032 g = 0,45 %,

$\text{CaO}$  0,1122 g = 15,64 %,

$\text{P}_2\text{O}_5$ :  $\alpha$ ) 0,0042 g  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$  — 0,0026 g  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,

$\beta$ ) 0,0236 g „ — 0,0150 g „

0,0176 g = 2,45 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Cl: 0,2020 g zu 100 ccm aufgefüllt. 100 ccm — 0,6 ccm  $\frac{1}{10}$   $\text{AgNO}_3$  = 0,0021 g = 1,05 % Cl.

Auf reduzierte Trockensubstanz bezogen:

8,11 % N

48,91 % Eiweiß,

7,93 % Chitin,

6,44 % Fett,

12,53 % Kohlehydrate,

(0,45 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 15,64 %  $\text{CaO}$ , 2,45 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ )

23,68 % Asche,

99,49 % Summa.

### 5. *Daphnia pulex*.

Am 19. Juni 1912 wurde in einem Waldteich bei Bremen ein fast reiner Daphnienfang gemacht. Der Fang wurde in kleinen Portionen in eine flache Glasschale gebracht, um einige (es waren sehr wenige) Copepoden und Insektenlarven zu entfernen. Darauf wurden die Tiere in Leitungswasser gespült und nach Abtropfung gewogen. Von 67,2 g wurden 2,623 g in Petrischalen gezählt und ergaben 5334 Exemplare. Der ganze Fang enthielt demnach 136 654 Tiere, welche 4,2895 g Trockensubstanz ergaben. Das Einzeltier liefert also 0,000031 g Trockensubstanz.

Stickstoff: 0,1164 g (b = 775 mm, t = 13°) — 7,8 ccm = 0,00936 g = 8,04 % N.

Chitin: 1,1750 g — 0,1224 g = 10,42 % Chitin.

Eiweiß: 0,63 % N für Chitin ab von 8,04 %, bleibt für Eiweiß 7,41 % N.

7,41 · 6,41 = 47,50 % Eiweiß.

Fett: 0,8383 g — 0,0473 g = 5,64 % Fett.

Kohlehydrate: 0,2818 g — 0,3918 g  $\text{CO}_2$  = 37,92 % C,

0,2818 g — 0,1312 g  $\text{H}_2\text{O}$  = 5,21 % H.

C für Eiweiß, Chitin und Fett (25,43 + 4,83 + 4,33) H (3,35 + 0,67 + 0,68). Rest für Kohlehydrate 3,33 % C und 0,51 % H. C:H = 6,53:1. Zu 3,33 % C gehören 3,74 % O und 0,46 % H, zusammen 7,53 % Kohlehydrate.

Asche: 0,8383 g verascht:

1. Wasserlöslich 0,0020 g = 0,21 %,
2. H Cl-löslich 0,1744 g = 20,80 %,
3. Unlöslich 0,0502 g = 5,99 %,

Gesamtasche 27,03 %.

Aschenbestandteile:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,0027 g = 3,22 %,

$\text{CaO}$  0,0730 g = 8,71 %.

$\text{P}_2\text{O}_5$ : \*) 0,0402 g  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$  — 0,02563 g  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,

β) 0,0190 g „ — 0,03124 g „

0,05687 g = 6,78 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

$\text{CO}_2$ : 0,6078 g — 0,0056 g = 0,92 %  $\text{CO}_2$ .

Cl: 0,7256 g zu 100 ccm aufgefüllt. 100 ccm — 0,2 ccm  $\frac{1}{10}$   $\text{AgNO}_3$  = 0,000709 g = 0,10 % Cl.

Auf  $\text{SiO}_2$  freie Trockensubstanz bezogen (Faktor  $\frac{100}{94,01}$ )

8,55 % N

50,53 % Eiweiß,

11,08 % Chitin,

6,00 % Fett,

8,01 % Kohlehydrate,

(3,43 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 9,27 %  $\text{CaO}$ , 7,21 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ )

22,38 % Asche,

98,00 % Summa.

Verdauungsversuch: Von 1,0102 g — 0,5194 g = 49,93 % unverdaut,

50,07 % verdaut.

### 6. *Anodonta mutabilis*.

Vier Exemplare wurden am 13. Juli 1912 im Schulensee bei Kiel gefangen. Der Längsdurchmesser betrug 10 cm, der Querdurchmesser 5,5 cm im Durchschnitt. Tiere (+ Schale) wogen frisch 336,2 g, die Schalen allein und getrocknet 77,7 g. Die Weichkörper (Lebendgewicht 258,5 g) wurden mit dem zwischen den Schalen befindlichen Wasser auf dem Wasserbade eingedampft und im Trockenschrank sowie Exsiccator getrocknet, sie wogen dann 12,5628 g, bestanden also zu 95,14 % aus Wasser. Die Weichkörper dreier anderer Tiere wurden ohne das zwischen den Schalen befindliche Wasser eingedampft. Sie wogen frisch 113,89 g, getrocknet 16,2338 g, demnach 85,76 % Wasser. Analysiert wurden nur die vier ersten Exemplare, da eine Untersuchung ergab, daß das Wasser zwischen den Schalen organische Substanz enthielt, teilweise gelöst, teilweise suspendiert. (Durch Verletzung beim Öffnen der Schalen?). Der den Tieren tatsächlich entsprechende Wassergehalt dürfte mit 87 % des Weichkörpers anzunehmen sein.

Schale. Das Verhältnis von Schale:Weichkörper (trocken) = 6,19:1. Die qualitative anorganische Analyse ergab Ca und  $\text{CO}_2$ , außerdem konnten mittels Rhodankalium Spuren von Eisen nachgewiesen werden, doch war die Menge zu gering, um gewichtsanalytisch bestimmt zu werden.

Bei allen Analysen von Molluskenschalen wurde der kohlensäure Kalk bestimmt, indem eine abgewogene Menge Schalensubstanz verascht wurde, mit Ammoniumkarbonat eingedampft, um die ausgetriebene Kohlensäure zu ersetzen, dann schwach geglüht und gewogen.

Außerdem wurde noch CaO gewichtsanalytisch bestimmt, dazu die entsprechende Menge kohlensauen Kalks berechnet und mit der durch Veraschung gefundenen kontrolliert:

a) 0,1899 g verascht, mit  $(\text{NH}_4)_2 \text{CO}_3$  eingedampft und schwach geglüht, es blieb 0,1755 g = 92,42 % CaCO<sub>3</sub>,

b) 0,1899 g ergaben 0,0980 g CaO (51,78 %), dazu berechnet 0,0771 g CO<sub>2</sub>, zusammen 0,1751 g = 92,37 % CaCO<sub>3</sub>.

#### Weichkörper.

Stickstoff: 0,1783 g (b = 775,5 mm, t = 13,5°) — 10,1 ccm = 0,01209 g = 6,78 % N.

Eiweiß: 6,78 · 6,41 = 43,46 % Eiweiß.

Fett: 2,0426 g — 0,0811 g = 3,97 % Fett.

Kohlehydrate: 0,1094 g — 0,1650 g CO<sub>2</sub> = 41,13 % C,

0,1094 g — 0,0572 g H<sub>2</sub>O = 5,85 % H.

C für Eiweiß und Fett (23,27 + 3,04), H (3,07 + 0,48), Rest für Kohlehydrate 14,82 % C und 2,30 % H. Zu 14,82 % C gehören 16,64 % O und 2,05 % H, zusammen 33,51 % Kohlehydrate.

Asche: 2,0126 g verascht:

1. Wasserlöslich 0,0226 g = 1,11 %,

2. II Cl-löslich 0,2979 g = 14,58 %,

3. Unlöslich 0,0060 g = 0,29 %,

Gesamtasche 15,98 %.

Aschenbestandteile: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,0151 g = 0,74 %,

CaO 0,1202 g = 5,89 %.

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: \*) 0,2370 g Molybdat — 0,0089 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,

β) 2,9604 g „ — 0,1110 g „

0,1199 g = 5,87 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Cl: 2,0164 g zu 100 ccm aufgefüllt. 50 ccm — 1 ccm  $\frac{1}{10}$  AgNO<sub>3</sub>. 0,00709 g = 0,35 % Cl.

Auf SiO<sub>2</sub> freie Trockensubstanz bezogen ( $\frac{100}{99,71}$  Faktor):

6,80 % N

43,59 % Eiweiß,

3,98 % Fett,

33,61 % Kohlehydrate,

(0,74 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 5,90 % CaO, 5,89 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

15,74 % Asche,

96,92 % Summa.

Verdauungsversuch: Von 2,460 g Substanz — 1,5066 g verdaulich, also 61,24 %.

#### 7. Limnaea stagnalis.

30 Exemplare, 4,5 cm von Spitze bis Ohrgrund, wurden am 17. Juli 1912 in einem Sumpfteich bei Altheikendorf gesammelt. Die Tiere wurden nach sorgfältiger äußerer Reinigung in kochendes destilliertes Wasser geworfen, die Weichkörper konnten dann leicht herausgezogen

werden. Weichkörper und Wasser wurden dann eingedampft zur Trockengewichtsbestimmung. Die ganzen Tiere wogen frisch 163,5 g, die Weichkörper allein 139,3 g, die Gehäuse wogen getrocknet 24,2 g, die Weichkörper 13,058 g. letztere enthalten demnach 90,63 % Wasser. Der Gesamtkörper (einschließlich der Schale) besteht aus 77,21 % Wasser und 37,26 % Trockensubstanz.

Gehäuse. Das Verhältnis von Schale : Weichkörper (trocken) = 1,85 : 1. Die anorganisch-qualitative Analyse ergab nur Ca und CO<sub>2</sub>.

CaCO<sub>3</sub>: a) 0,1508 g verascht, mit (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> eingedampft, schwach geglüht — 0,1459 g = 96,75 % CaCO<sub>3</sub>.

b) 0,1864 g — 0,1011 g = 54,22 % CaO, dazu 0,0792 g CO<sub>2</sub>, zusammen 0,1803 g = 96,73 % CaCO<sub>3</sub>.

#### Weichkörper.

Stickstoff: 0,1322 g (b = 776 mm, t = 15°) — 11,7 ccm = 0,00119 g = 10,46 % N.

Eiweiß: 10,46 · 6,41 = 67,03 % Eiweiß.

Fett: 1,6590 g — 0,0885 g = 5,33 % Fett.

Kohlehydrate: 0,1292 g — 0,2180 g CO<sub>2</sub> = 46,02 % C,

0,1292 g — 0,0784 g H<sub>2</sub>O = 6,79 % H.

C für Eiweiß und Fett (35,88 + 4,08), H (4,73 + 0,65), Rest für Kohlehydrate 6,06 % C und 1,41 % H. Zu 6,06 % C gehören 6,80 % O und 0,84 % H, zusammen 13,70 % Kohlehydrate.

Asche: 1,6590 g verascht:

1. Wasserlöslich 0,0436 g = 2,63 %,

2. HCl-löslich 0,1390 g = 8,38 %,

3. Unlöslich 0,0194 g = 1,17 %, 0,0194 g

Gesamtasche 12,18 %.

Aschenbestandteile: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,0079 g = 0,48 %, 0,0079 g

CaO 0,0570 g = 3,42 %.

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: α) 0,0110 g Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> — 0,0070 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,

β) 0,0480 g „ — 0,0300 g „ 0,0300 g

0,0370 g = 2,23 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Cl. 1,3784 g zu 100 ccm. 25 ccm — 1 ccm <sup>1</sup>/<sub>10</sub> AgNO<sub>3</sub>, 0,01418 g = 1,03 % Cl.

Auf SiO<sub>2</sub> freie Trockensubstanz bezogen ( $\frac{100}{98,83}$  = Faktor):

10,58 % N

67,82 % Eiweiß,

5,39 % Fett,

13,86 % Kohlehydrate,

(0,48 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 3,46 % CaO, 2,29 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

11,14 % Asche,

98,21 % Summa.

Verdauungsversuch: Von 1,5502 g — 0,3194 g = 20,60 % unverdaulich,

79,40 % verdaulich.

## 8. Planorbis corneus.

30 Exemplare, mit einem Gehäusedurchmesser von 2 bis 2,5 cm, wurden am 27. Juli 1912 in einem Graben der Moorteichwiese in Kiel gesammelt. Die Gesamttiere wogen lebend 58,3 g, die Weichkörper 43,1 g, die Gehäuse 15,2 g. Trockengewicht der Weichkörper 5,05 g, demnach 88,28 % Wasser und 11,72 % Trockensubstanz. (Die Weichkörper wurden wie bei Limnaea herauspräpariert.) Gesamtkörper (mit Schale) besteht also aus 65,27 % Wasser und 34,73 % Trockensubstanz.

Gehäuse. Schale: Weichkörper (trocken) = 3,01:1. Die anorganisch-qualitative Analyse ergab nur Ca und CO<sub>2</sub>.

CaCO<sub>3</sub>: a) 0,2101 g verascht, mit (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> eingedampft und schwach geglüht — 0,2346 g = 97,59 % CaCO<sub>3</sub>.

b) 0,2101 g — 0,1314 g = 54,66 % CaO, dazu 0,1031 g CO<sub>2</sub>, zusammen 0,235 g = 97,55 % CaCO<sub>3</sub>.

## Weichkörper.

Stickstoff: 0,1714 g (b = 775 mm, t = 13°) — 16,5 ccm = 0,01979 g = 11,55 % N.

Eiweiß: 11,55 · 6,41 = 74,02 % Eiweiß.

Fett: 1,4193 g — 0,0458 g = 3,23 % Fett.

Kohlehydrate: 0,1643 g — 0,2708 g CO<sub>2</sub> = 44,95 % C,

0,1643 g — 0,0908 g H<sub>2</sub>O = 6,18 % H.

C für Eiweiß und Fett (39,62 + 2,48), H (5,23 + 0,39). Rest für Kohlehydrate 2,85 % C und 0,56 % H. C:H = 5,1:1. Zu 2,85 % C gehören 3,20 % O und 0,39 % H, zusammen 6,44 % Kohlehydrate.

Asche: 1,4193 g verascht:

1. Wasserlöslich 0,0252 g = 1,78 %,

2. HCl-löslich 0,1304 g = 9,19 %,

3. Unlöslich 0,0588 g = 4,14 %,

Gesamtasche 15,11 %.

Aschenbestandteile: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,0048 g = 0,34 %,

CaO 0,0754 g = 5,31 %.

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: α) 0,0066 g Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> — 0,0042 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,

β) 0,0286 g „ — 0,0182 g „

0,0224 g = 1,59 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Cl: 1,2472 g zu 100 ccm. 25 ccm — 0,8 ccm  $\frac{1}{10}$  AgNO<sub>3</sub>, das ist 0,01134 g = 0,91 % Cl.

Auf SiO<sub>2</sub> freie Trockensubstanz bezogen ( $\frac{100}{95,86}$  Faktor):

12,05 % N

77,22 % Eiweiß,

3,37 % Fett,

6,72 % Kohlehydrate,

11,98 % Asche,

(0,35 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 5,54 % CaO, 1,66 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

99,29 % Summa.

9. *Helix pomatia*.

Sechs Exemplare (noch nicht eingekapselt), 3,5 cm längs der Columella, wurden am 28. August 1912 in Projensdorf bei Kiel gesammelt. Die Gesamttiere wogen lebend 109,5 g, die Weichkörper wurden wie bei *Limnaca* herauspräpariert und wogen frisch 87,1 g, getrocknet 13,57 g, also 84,42 % Wasser und 15,58 % Trockensubstanz. Die Gehäuse wogen trocken 22,4 g.

Die Gesamttiere (+ Gehäuse) wogen trocken 35,97 g. Also 32,85 % Trockensubstanz und 67,15 % Wasser im frischen Tier.

Gehäuse. Schale: Weichkörper (getrocknet) = 1,65:1. Die qualitativ-anorganische Analyse ergab Ca und CO<sub>2</sub>, sowie eine Spur SiO<sub>2</sub> (unwägbar).

CaCO<sub>3</sub>: a) 0,3536 g verascht, mit (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> eingedampft, schwach geglüht — 0,3476 g = 98,30 % CaCO<sub>3</sub>.  
 b) 0,3536 g — 0,1948 g = 55,10 % CaO, dazu 0,1527 g CO<sub>2</sub>, zusammen 0,3475 g = 98,30 % CaCO<sub>3</sub>.

Weichkörper.

Stickstoff: 0,1094 g (b = 775 mm, t = 13°) — 7,5 ccm = 0,008996 g = 8,22 % N.

Eiweiß: 8,223 · 6,41 = 52,71 % Eiweiß.

Fett: 1,0624 g — 0,0439 g = 4,13 % Fett.

Kohlhydrate: 0,1413 g — 0,2186 g CO<sub>2</sub> = 42,20 % C,

0,1413 g — 0,0800 g H<sub>2</sub>O = 6,33 % H.

C für Eiweiß und Fett (28,22 + 3,17), H (3,72 + 0,50). Rest für Kohlehydrate 10,81 % C und 2,11 % H. Zu 10,81 % C gehören 12,14 % O und 1,49 % H, zusammen 24,44 % Kohlehydrate.

Asche: 1,4290 g verascht:

1. Wasserlöslich 0,0168 g = 1,18 %,

2. HCl-löslich 0,2128 g = 14,89 %,

3. Unlöslich 0,0031 g = 0,22 %,

Gesamtasche 16,29 %.

Aschenbestandteile: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,0020 g = 0,14 %,

CaO 0,1198 g = 8,38 %.

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: α) 0,0028 g Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> — 0,0018 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,

β) 0,0368 g „ — 0,0235 g „  
 0,0253 g = 1,77 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Cl: 1,6394 zu 100 ccm. 40 ccm — 1,3 ccm <sup>1</sup>/<sub>10</sub> AgNO<sub>3</sub>, 0,01152 g = 0,70 % Cl.

Auf SiO<sub>2</sub> freie Trockensubstanz bezogen (<sup>100</sup>/<sub>99,78</sub> = Faktor):

8,24 % N

52,83 % Eiweiß,

4,14 % Fett,

24,49 % Kohlehydrate,

(0,14 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 8,40 % CaO, 1,77 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

16,11 % Asche,

97,57 % Summa.

### 10. Hippasterias phrygiana.

Ein Exemplar mit 20 cm Durchmesser eines um die Armspitzen gelegten Kreises wurde am 8. September 1912 in der Nordsee (57° 30' N.B., 1° 31' Ö.L.) mit großer Kurre gefangen (Forschungsdampfer Poseidon) und kurze Zeit in Alkohol (95%) konserviert. Lebendgewicht 403 g, Trockengewicht 103,5 g. 74,32% Wasser und 25,68% Trockengewicht.

(Das Material von Nephrops, Hippasterias, Echinus und Spatangus habe ich den freundlichen Bemühungen Herrn Dr. Rabens zu verdanken.)

Stickstoff: 0,4124 g (b = 776 mm, t = 8°) — 2,43 ccm = 0,02983 g = 7,23% N.

Eiweiß: 7,23 · 6,41 = 46,37% Eiweiß.

Fett: 1,0408 g — 0,0514 g = 4,94% Fett.

Kohlehydrate: 0,1834 g — 0,1902 g CO<sub>2</sub> = 28,28% C,  
0,1834 g — 0,0583 g H<sub>2</sub>O = 3,56% H.

C für Eiweiß und Fett (24,82 + 3,79 = 28,61), H (3,27 + 0,60 = 3,87). Es können hier keine Kohlehydrate verrechnet werden.

Asche: 1,0408 g verascht:

1. Wasserlöslich 0,0680 g = 6,53%,
  2. HCl-löslich 0,4628 g = 44,47%,
  3. Unlöslich 0,0031 g = 0,33%,
- Gesamtasche 51,33%.

Aschenbestandteile: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,0048 g = 0,46%,

CaO 0,2350 g = 22,58%.

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: α) 0,0062 g Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> = 0,0040 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,

β) 0,0066 g „ = 0,0042 g „

0,0082 g = 0,79% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

CO<sub>2</sub>: 0,4786 g — 0,0862 g = 18,01% CO<sub>2</sub>.

Seesalz: 0,6978 g zu 200 ccm. 20 ccm — 0,8 ccm <sup>1</sup>/<sub>10</sub> AgNO<sub>3</sub>. 0,02836 g = 4,06% Cl.

$4,06 \cdot \frac{100}{55,37} = 7,34\%$  Seesalz.

Auf SiO<sub>2</sub> + seesalzfreie Trockensubstanz bezogen  $\frac{100}{94,33}$  Faktor):

7,66% N

49,16% Eiweiß,

5,24% Fett,

(0,49% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 23,94% CaO, 0,84% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

48,40% Asche,

102,80% Summa.

Verdauungsversuch: Von 1,5618 g — 0,7672 g = 49,12% unverdaulich,

50,88% verdaulich.

### 11. Spatangus purpureus.

Drei Exemplare mit einem größten Schalendurchmesser von 6,3; 6,5; 7,5 cm wurden am 8. September 1912 mit großer Kurre in der Nordsee an demselben Ort wie Hippasterias gefangen

und kurze Zeit in Alkohol konserviert. Sie wogen frisch 261 g, getrocknet 117,4158 g. Demnach 55,01 % Wasser und 44,99 % Trockensubstanz.

Stickstoff: 0,7181 g (b = 777 mm, t = 12°) — 2,7 ccm = 0,00326 g = 0,45 % N.

Eiweiß:  $0,45 \cdot 6,41 = 2,91$  % Eiweiß.

Fett: 3,4580 g — 0,0180 g = 0,52 % Fett.

Kohlehydrate: 0,6450 g — 0,0686 g CO<sub>2</sub> = 2,90 % C,

0,6450 g — 0,0242 g H<sub>2</sub>O = 0,42 % H.

C für Eiweiß und Fett (1,56 + 0,40), H (0,21 + 0,06). Rest für Kohlehydrate 0,94 % C und 0,15 % H. C:H = 6,27:1. Zu 0,94 % C gehören 1,06 % O und 0,13 % H, zusammen 2,13 % Kohlehydrate.

Asche: 3,4580 g verascht:

1. Wasserlöslich 0,1250 g = 3,62 %,

2. HCl-löslich 0,8706 g = 25,18 %,

3. Unlöslich 2,2216 g = 64,33 %,

Gesamtasche 93,13 %.

Aschenbestandteile: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,0125 g = 0,36 %,

CaO 0,4452 g = 12,88 %.

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: \*) 0,0174 g Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> = 0,0111 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,

β) unwägbar = —

0,0111 g = 0,32 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

CO<sub>2</sub>: 0,5642 g — 0,0568 g = 10,07 % CO<sub>2</sub>.

Seesalz: 2,7452 g zu 110 ccm. 25 ccm — 3,5 ccm  $\frac{1}{10}$  AgNO<sub>3</sub>. 0,0546 g = 1,99 % Cl.

$1,99 \cdot \frac{100}{55,37} = 3,59$  % Seesalz.

Auf reduzierte Trockensubstanz bezogen (Faktor  $\frac{100}{32,08}$ ):

1,40 % N

9,07 % Eiweiß,

1,62 % Fett,

6,64 % Kohlehydrate,

(1,12 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 40,15 % CaO, 1,00 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

78,58 % Asche,

95,91 % Summa.

Verdauungsversuch: Von 4,6062 g — 4,1916 g = 91 % unverdaut,

9 % verdaut.

## 12. Echinus esculentus var. depressus.

Drei Exemplare wurden auf derselben Stelle der Nordsee wie Hippasterias am 8. September 1912 mit großer Kurre gefangen und kurze Zeit in Alkohol konserviert. Der größte Durchmesser der Tiere betrug 6; 5,1; 4,3 cm. Sie wogen frisch 168 g, getrocknet 44,4616 g, demnach 73,53 % Wasser und 26,47 % Trockensubstanz.

Stickstoff: a) 0,3000 g (b = 777 mm, t = 11°) — 2,9 ccm = 0,003519 g = 1,17 % N,

b) 0,3914 g (b = 777 mm, t = 9°) — 3,6 ccm = 0,00441 g = 1,13 % N.

Also durchschnittlich 1,15 % N.

Eiweiß:  $1,15 \cdot 6,41 = 7,37$  % Eiweiß.

Fett: 2,1972 g — 0,0132 g = 0,60 % Fett.

Kohlehydrate: 0,3038 g — 0,0800 g CO<sub>2</sub> = 7,18 % C,

0,3038 g — 0,0042 g H<sub>2</sub>O = 1,55 % H.

C für Eiweiß und Fett (3,95 + 0,46) = 4,41 %, H (0,52 + 0,07) = 0,59 %. Rest für Kohlehydrate 2,77 % C und 0,96 % H. Zu 2,77 % C gehören 3,11 % O und 0,38 % H, zusammen 6,26 % Kohlehydrate.

Asche: 2,1972 g verascht:

1. Wasserlöslich 0,1680 g = 7,65 %,

2. HCl-löslich 1,6120 g = 73,36 %,

3. Unlöslich 0,0944 g = 4,30 %,

Gesamtasche 85,31 %.

Aschenbestandteile: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,0044 g = 0,20 %,

CaO 0,8284 g = 37,72 %.

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: a) 0,0062 g Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> — 0,0010 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,

β) 0,0060 g „ — 0,0038 g „

0,0078 g = 0,36 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

CO<sub>2</sub>: 0,4640 g — 0,1368 g = 29,48 % CO<sub>2</sub>.

Seesalz: 2,4210 g zu 100 ccm. 10 ccm — 2,9 ccm  $\frac{1}{10}$  AgNO<sub>3</sub>, 0,1028 g = 4,25 % Cl.

$4,25 \cdot \frac{100}{55,37} = 7,67$  % Seesalz.

Auf reduzierte Trockensubstanz bezogen (Faktor  $\frac{100}{88,03}$ ):

1,33 % N

8,37 % Eiweiß,

7,11 % Kohlehydrate,

0,68 % Fett,

(0,23 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 42,85 % CaO, 0,41 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

83,31 % Asche,

99,47 % Summa.

Verdauungsversuch: 2,6198 g — 2,1098 g = 80,53 % unverdaut, 19,47 % verdaut.

### 13. Hirudo medicinalis.

Acht Exemplare, 5 cm lang im kontrahierten Zustande, wurden am 8. Juli 1912 aus der Hofapotheke zu Kiel besorgt. Die Tiere wurden in Chloroform gelötet und mit anhaftendem Schleim gewogen, frisch 19,1004 g, getrocknet 2,3944 g. Demnach 87,47 % Wasser und 12,53 % Trockensubstanz. Eine Untersuchung ergab wenig oder keinen Darminhalt.

Stickstoff: 0,1590 g (b = 774 mm, t = 14°) — 16,5 ccm = 0,01968 g = 12,38 % N.

Chitin: 0,7166 g — 0,0475 g = 6,63 % Chitin.

Eiweiß: 0,40 % N ab für Chitin, bleibt 11,98 % N für Eiweiß.  $11,98 \cdot 6,41 = 76,79$  % Eiweiß.

Fett: 0,7506 g — 0,0147 g = 5,96 % Fett.

Kohlehydrate: 0,1385 g — 0,2526 g CO<sub>2</sub> = 49,74 % C,

0,1385 g — 0,0892 g H<sub>2</sub>O = 7,20 % H.

C für Eiweiß, Chitin und Fett (41,11 + 3,07 + 4,57 = 48,75), H (5,55 + 0,43 + 0,72 = 6,70).

Rest für Kohlehydrate 0,99 % C und 0,50 % H. Zu 0,99 % C gehören 1,11 % O und 0,14 % H, zusammen 2,24 % Kohlehydrate.

Asche: 0,7506 g verascht:

1. Wasserlöslich 0,0073 g = 0,97 %,

2. HCl-löslich 0,0274 g = 3,65 %,

3. Unlöslich unwägbar

Gesamtasche 4,62 %.

Aschenbestandteile: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,0022 g = 0,29 %,

CaO 0,0044 g = 0,59 %,

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: α) 0,0030 g Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> = 0,0019 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,

β) 0,0122 g „ = 0,0078 g „

0,0097 g = 1,29 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Cl. 0,4476 g zu 100 ccm. 25 ccm — 0,3 ccm  $\frac{1}{10}$  AgNO<sub>3</sub>, 0,004254 g = 0,95 % Cl.

#### Zusammenstellung:

12,38 % N

76,79 % Eiweiß,

6,63 % Chitin,

5,96 % Fett,

2,24 % Kohlehydrate,

4,62 % Asche,

96,24 % Summa.

(0,29 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,59 % CaO, 1,29 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

#### 14. Herpobdella atomaria.

222 Exemplare, kontrahiert 1,2 cm lang, wurden am 25. Juli 1912 in der Eider bei Kiel gefangen und wie *Hirudo medicinalis* behandelt. Sie wogen frisch 11,1042 g, getrocknet 1,5222 g, also 86,29 % Wasser und 13,71 % Trockensubstanz.

Stickstoff: 0,1106 g (b = 775 mm, t = 15°) — 11,4 ccm = 0,013546 g = 12,25 % N.

Chitin: 0,6194 g — 0,0360 g = 5,81 % Chitin.

Eiweiß: 0,41 % N ab für Chitin, Rest 11,84 % N,  $11,84 \cdot 6,41 = 75,90$  % Eiweiß.

Fett: 0,5566 g — 0,0478 g = 8,59 % Fett.

Kohlehydrate: 0,1716 g — 0,3134 g CO<sub>2</sub> = 49,81 % C,

0,1716 g — 0,1116 g H<sub>2</sub>O = 7,28 % H.

C für Eiweiß, Chitin und Fett (40,63 + 2,69 + 6,59) = 49,91 %, H (5,36 + 0,37 + 1,04) = 6,77 %. Es können in diesem Falle keine Kohlehydrate verrechnet werden.

Asche: 0,5566 g verascht:

1. Wasserlöslich 0,0032 g = 0,58 ‰,
2. HCl-löslich 0,0336 g = 6,04 ‰,
3. Unlöslich 0,0132 g = 2,37 ‰,

Gesamtasche 8,99 ‰.

Aschenbestandteile:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,0021 g = 0,43 ‰,

CaO 0,0035 g = 0,63 ‰.

$\text{P}_2\text{O}_5$ :  $\alpha$ ) 0,0033 g  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$  — 0,0021 g  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,

$\beta$ ) 0,0102 g „ — 0,0065 g „

0,0086 g = 1,55 ‰  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Auf  $\text{SiO}_2$  freie Trockensubstanz bezogen (Faktor  $\frac{100}{97,63}$ ):

12,55 ‰ N

77,74 ‰ Eiweiß,

5,95 ‰ Chitin,

8,79 ‰ Fett,

6,78 ‰ Asche,

99,26 ‰ Summa.

(0,44 ‰  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 0,65 ‰ CaO, 1,59 ‰  $\text{P}_2\text{O}_5$ )

### 15. Bothriocephalus punctatus.

Die Tiere wurden am 6. Juli 1912 aus dem Darm von 4 Exemplaren von *Rhombus maximus* (Kieler Fischhalle) herauspräpariert und in Ostseewasser reingespült. Sie wogen frisch 21,37 g, getrocknet 3,27 g. Demnach 81,70 ‰ Wasser, 15,30 ‰ Trockensubstanz.

Stickstoff: 0,1678 g ( $b = 777$  mm,  $t = 14^\circ$ ) — 13 ccm = 0,1557 g = 9,28 ‰ N.

Eiweiß:  $9,28 \cdot 6,41 = 59,47$  ‰ Eiweiß.

Fett: 1,0075 g — 0,1222 g = 12,13 ‰ Fett.

Kohlehydrate: 0,1080 g — 0,1950 g  $\text{CO}_2$  = 49,25 ‰ C,

0,1080 g — 0,0680 g  $\text{H}_2\text{O}$  = 7,01 ‰ H.

C für Eiweiß und Fett (31,83 + 9,30 = 41,13), H (4,20 + 1,47 = 5,67). Rest für Kohlehydrate 8,12 ‰ C und 1,37 ‰ H. C:H = 5,93:1. Zu 8,12 ‰ C gehören 9,12 ‰ O und 1,12 ‰ H, zusammen 18,36 ‰ Kohlehydrate.

Asche: 1,0075 g verascht:

1. Wasserlöslich 0,0162 g = 1,61 ‰,

2. HCl-löslich 0,0742 g = 7,37 ‰,

3. Unlöslich unwägbar = —

Gesamtasche 8,98 ‰.

Aschenbestandteile:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  0,0068 g = 0,67 ‰,

CaO 0,0171 g = 1,70 ‰.

$\text{P}_2\text{O}_5$ :  $\alpha$ ) 0,0094 g  $\text{Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7$  — 0,0060 g  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,

$\beta$ ) 0,0463 g „ — 0,0295 g „

0,0355 g = 3,52 ‰  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Seesalz: 0,3602 g zu 100 ccm, 50 ccm — 0,5 ccm  $\frac{1}{10}$  AgNO<sub>3</sub>, 0,003545 g = 0,98 % Cl.

$$0,98 \cdot \frac{100}{55,37} = 1,78 \% \text{ Seesalz.}$$

Auf seesalzfreie Trockensubstanz bezogen (Faktor  $\frac{100}{98,22}$ ):

9,45 % N	60,55 % Eiweiß,
	12,35 % Fett,
	18,69 % Kohlehydrate,
(0,68 % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 1,73 % Ca O, 3,58 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	7,33 % Asche,
	<u>98,92 % Summa.</u>

Verdauungsversuch: 0,4266 g — 0,0700 g = 16,41 % unverdaut, 83,59 % verdaut.

### 16. Ascaris lumbricoides.

158 Exemplare von 17 bis 33 cm Länge wurden am 17. Juni 1912 vom städtischen Viehhof zu Bremen besorgt. Die Würmer stammten aus dem Darm von Schweinen. Sie wurden mit Leitungswasser gereinigt und äußerlich getrocknet. Sie wogen frisch 366 g, getrocknet 75,78 g. 79,30 % Wasser und 20,70 % Trockensubstanz.

Stickstoff: 0,1172 g (b = 777 mm, t = 13°) — 8,3 ccm = 0,00998 g = 8,52 % N.

Eiweiß: 8,52 · 6,41 = 54,59 % Eiweiß.

Fett: 0,8876 g — 0,0636 g = 7,17 % Fett.

Kohlehydrate: a) 0,1658 g — 0,3020 g CO<sub>2</sub> = 49,68 % C,

0,1658 g — 0,1130 g H<sub>2</sub>O = 7,62 % H,

b) 0,1710 g — 0,3099 g C<sub>2</sub> = 49,43 % C,

0,1710 g — 0,1150 g H<sub>2</sub>O = 7,52 % H.

Zur Verrechnung kommen der höchste C-Wert = 49,68 % C und der niedrigste H-Wert = 7,52 % H. Abzuziehen C für Eiweiß und Fett (29,22 + 5,50), H (3,85 + 0,87). Rest für Kohlehydrate 14,96 % C und 2,80 % H. C:H = 5,34:1. Zu 14,96 % C gehören 16,80 % O und 2,07 % H, zusammen 33,83 % Kohlehydrate.

Asche: 1,2352 g verascht:

1. Wasserlöslich 0,0119 g = 0,96 %,

2. HCl-löslich 0,0110 g = 3,56 %,

3. Unlöslich unwägbar = —

Gesamtasche 4,52 %.

Aschenbestandteile: Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 0,0019 g = 0,15 %,

Ca O 0,0025 g = 0,20 %.

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: α) 0,0027 g Mg<sub>2</sub>P<sub>2</sub>O<sub>7</sub> = 0,0017 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,

β) 0,0287 g „ = 0,0183 g „

0,0200 g = 1,60 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Cl: 0,8930 g zu 100 ccm. 50 ccm — 0,6 ccm  $\frac{1}{10}$  AgNO<sub>3</sub>. 0,004254 g = 0,48 % Cl.

## Zusammenfassung:

8,52 % N	54,59 % Eiweiß,
	7,17 % Fett,
	33,83 % Kohlehydrate,
0,15 % Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , 0,20 % CaO, 1,60 % P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	4,52 % Asche,
	<u>100,11 % Summa.</u>

Verdauungsversuch: 1,1931 g — 0,0776 g = 6,50 % unverdaut, 93,50 % verdaut.

17. *Aurelia aurita*.

Zehn Exemplare mit einem Scheibendurchmesser von 15 bis 20 cm wurden am 8. Juli 1912 bei Laboe gefangen mittels eines Haarsiebes, das außen anhaftende Wasser ließ man abtropfen. Lebendgewicht 1120 g. Die Tiere wurden in einer großen Platinschale auf dem Wasserbade eingedampft, der Rückstand in eine kleinere Platinschale quantitativ übertragen und bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Trockengewicht 25,2223 g. Demnach 98,22 % Wasser, 1,78 % Trockensubstanz.

Seesalz: 0,9556 g Substanz zu 100 ccm aufgefüllt. 10 ccm — 11,5 ccm  $\frac{1}{10}$  AgNO<sub>3</sub>. 100 ccm — 115 ccm  $\frac{1}{10}$  AgNO<sub>3</sub> — 0,4077 g = 42,66 % Cl, das ist  $\frac{42,66 \cdot 100}{55,37} = 77,05$  % Seesalz in der Trockensubstanz. Der Rest, 22,95 %, ist organische Substanz.

18. Herbst-Plankton der Kieler Bucht, vorwiegend *Ceratium*.

Die Fänge hat Herr Dr. Raben am 4. Oktober 1912 in der Ostsee (Station I, Position 54° 30' N. B., 10° 22' Ö. L.) mittels Hensens großen Planktonnetzes ausgeführt. Die gelotete Tiefe betrug 21 m, das Netz wurde zwölf mal 14 — 0 m aufgezogen, es sollte so möglichst vermieden werden, daß Sand in den Fang hineinkam. Die Fänge wurden durch ein Hensenfilter filtriert, das Filtrat in Alkohol konserviert. Das Volumen der konservierten Masse betrug 1258 ccm, davon wurden 27,45 ccm zur Zählung verwendet. Das Verdrängungsvolumen des zur Analyse verwendeten Teils (1230,55 ccm) betrug 38,8 ccm, des Teils für die Zählung 0,8 ccm. Das Setzvolumen des ersteren war 61,0 ccm, des letzteren 1,1 ccm. Die zur Analyse verwendete Masse ergab 3,8012 g Trockensubstanz.

Die Zählung, welche in liebenswürdiger Weise von Herrn Dr. Müller, Assistent am Meereslaboratorium, ausgeführt wurde, ergab folgende Resultate:

Es enthielten:	27,45 ccm (für Zählung)	1230,55 ccm (für Analyse)
Peridimieen gesamt . . . . .	880250	39463000 (880250 × 44,83)
davon: <i>Ceratium tripos</i> balt. . . . .	851000	38152000
" <i>longipes</i> . . . . .	3000	134490
" <i>macroceras</i> . . . . .	3500	156910
" <i>fuscus</i> . . . . .	8250	369850
" <i>furca</i> . . . . .	3250	145700
" <i>bucephalum</i> . . . . .	1500	67247

	Dinophysis acuta . . . . .	1000	44830
	Peridinieen depr. . . . .	8750	392270
Diatomeen . . . . .		<b>7250</b>	325030
	davon: Coscinodiscus sp. . . . .	6875	308210
	Rhizosolenia styl. . . . .	125	5604
	Thaloss. nitzsch. . . . .	250	11208
Schizophyceen . . . . .		<b>3250</b>	145700
	davon: Aphanizomenon . . . . .	625	28020
	Nodularia spum. . . . .	2625	117680
Silicoflagellaten (Distephanus sp.) . . . . .		<b>500</b>	22415
Tintinnen . . . . .		<b>5000</b>	224150
	davon: Tint. sub. . . . .	4750	212940
	„ aceum. . . . .	250	11208
Larven (Wurm- 1, Muschel- 3) . . . . .		<b>4</b>	179
Bryozoenlarven (Cyphonantes) . . . . .		<b>7</b>	313
Copepodeneier . . . . .		<b>10000</b>	448300
	(davon 5250 in Säcken)		
Jugendzustände v. Copepoden . . . . .		<b>37250</b>	1670000
	davon: Nauplien . . . . .	22500	1008600
	Copepoditen . . . . .	14750	661260
Copepoden (erwachsen) . . . . .		<b>625</b>	28020
	davon: Oithona . . . . .	225	10086
	Pseudocalamus . . . . .	25	1121
	Paracalamus . . . . .	200	8966
	Acartia long. . . . .	150	6724
	Pemora longic. . . . .	25	1121
Cladoceren (Podon 2, Ewadue 2) . . . . .		<b>4</b>	179
Tunicaten (Oicopleura) . . . . .		<b>56</b>	2510
Sagitten (klein 25, mittelgroß 14) . . . . .		<b>39</b>	1748

Prozentual der Zahl nach (nicht der Trockensubstanz) sind vertreten:

- 93,28 % Peridinieen,
- 0,77 % Diatomeen,
- 0,34 % Schizophyceen,
- 0,53 % Tintinnen,
- 1,06 % Copepodeneier,
- 3,95 % Copepoden, Jugendzustände,
- 0,07 % Copepoden (erwachsen),

100,00 %.

Die Analyse ergab folgende Resultate:

Stickstoff: 0,1526 g (b = 776 mm, t = 9°) — 6,0 ccm = 0,007335 g = 4,81 % N.

Eiweiß: 4,806 . 6,41 = 30,81 % Eiweiß.

Fett:  $0,6564 \text{ g} - 0,0180 \text{ g} = 2,74 \%$  Fett.

Cellulose:  $0,7050 \text{ g} - 0,1562 \text{ g} = 22,16 \%$  Cellulose.

Kohlehydrate:  $0,1782 \text{ g} - 0,2384 \text{ g CO}_2 = 36,48 \%$  C,

$0,1782 \text{ g} - 0,0083 \text{ g H}_2\text{O} = 5,21 \%$  H.

Ab C für Eiweiß und Fett ( $16,49 \div 2,10$ ), H ( $2,18 + 0,33$ ). Rest für Kohlehydrate  $17,89 \%$  C und  $2,70 \%$  H. C:H =  $6,63:1$ . Zu  $17,89 \%$  C gehören  $20,09 \%$  O und  $2,47 \%$  H, zusammen  $40,45 \%$  Kohlehydrate. Ziehe ich davon  $22,16 \%$  Cellulose ab, so erhalte ich  $18,29 \%$  lösliche Kohlehydrate.

Asche:  $0,6564 \text{ g}$  verascht:

1. Wasserlöslich  $0,1152 \text{ g} = 17,55 \%$ ,

2. HCl-löslich  $0,0391 \text{ g} = 5,96 \%$ ,

3. Unlöslich  $0,0195 \text{ g} = 2,97 \%$ ,

Gesamtasche  $26,48 \%$ .

Aschenbestandteile:  $\text{Fe}_2\text{O}_3$   $0,0125 \text{ g} = 1,91 \%$ ,

$\text{Ca O}$   $0,0067 \text{ g} = 1,02 \%$ .

$\text{P}_2\text{O}_5$ :  $\alpha$ )  $0,0062 \text{ g Mg}_2\text{P}_2\text{O}_7 = 0,0010 \text{ g P}_2\text{O}_5$ ,

$\beta$ )  $0,0083 \text{ g}$  „ =  $0,0053 \text{ g}$  „

$0,0093 \text{ g} = 1,42 \%$   $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Seesalz:  $0,3250 \text{ g}$  zu  $100 \text{ ccm}$ .  $10 \text{ ccm} - 0,9 \text{ ccm } \frac{1}{10} \text{ AgNO}_3$ .  $0,0319 \text{ g} = 9,82 \%$  Cl.

$9,82 \cdot \frac{100}{55,37} = 17,73 \%$  Seesalz.

Auf seesalzfreie Trockensubstanz bezogen (Faktor  $\frac{100}{82,27}$ ):

$5,85 \%$  N

$37,45 \%$  Eiweiß,

$3,33 \%$  Fett,

$26,94 \%$  Cellulose,

$22,23 \%$  Kohlehydrate,

( $2,32 \%$   $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $1,24 \%$   $\text{Ca O}$ ,  $1,73 \%$   $\text{P}_2\text{O}_5$ )

$10,88 \%$  Asche,

$100,83 \%$  Summa.

Kieselsäure wurde hier wegen der Diatomcen nicht abgezogen im Gegensatz zu den anderen Organismen, in denen  $\text{Si O}_2$  nur als zufällige Beimengung anzusehen ist.

Verdauungsversuch: Von  $0,5400 \text{ g}$  Substanz  $0,1556 \text{ g} = 28,82 \%$  unverdaut,  $71,18 \%$  verdaut.

4a) Tabelle der untersuchten Tiere nach Fang, Zahl, Größe etc.

	Zahl	Zeit und Ort des Fangs	Durchschnittliche Größe in cm	Lebendgewicht in g	Trockengewicht in g	Wassergehalt in %	Trockensubstanz des Einzeltieres in g				
1. Nephrops . . .	2	18. Nov. 12. nördl. Kattegat	15	128	34,32	73,19	17,16				
2. Asellus aquaticus	552	5. Juli 12. Teich bei Kiel	0,6—1,4	22,88	4,37	80,90	0,0079				
3. Oniscus . . . .	1207	9. Okt. 12. Bremen	0,7—1,5	79,00	24,004	69,61	0,0198				
4. Gammarus pulex	317	18. Mai 12. Eider bei Kiel	1,2—1,5	6,95	1,85	73,91	0,0058				
5. Daphnia . . . .	136654	19. Juni 12. Teich bei Bremen	circa 2000 $\mu$	—	4,29	—	0,000031				
				Schale und Weichkörper	Schale und Weichkörper	Schale und Weichkörper	Schale und Weichkörper				
6. Anodonta . . .	4	13. Juli 12. Schulensee b. Kiel	10 Längsdurchmesser 5 Querdurchmesser	336,2	258,5	90,26	12,56	73,15	87,0	22,57	3,14
7. Limnaea . . . .	30	17. Juli 12. Altheikendorf	4,5 Spitze—Ohrgrund	163,5	139,3	37,26	13,06	77,21	90,63	1,24	0,43
8. Planorbis . . . .	30	22. Juli 12. Moorteichwiese Kiel	2,25 Durchmesser	58,90	43,1	20,25	5,05	65,27	88,28	0,68	0,17
9. Helix . . . . .	6	28. Aug. 12. Projensdorf b. Kiel	3,5 Spitze—Ohrgrund	109,5	87,1	35,97	13,57	67,15	84,42	6,0	2,26
10. Hippasterias . . .	1	8. Sept. 12. Nordsee	20 Durchmesser des Kreises um Armspitzen	403	103,5	74,32		103,5			
11. Spatangus . . . .	3	" "	6,7 größter Durchm.	261	117,42	55,01		39,14			
12. Echinus . . . . .	3	" "	5,1 " "	168	44,46	73,53		14,82			
13. Hirudo medic. . .	8	10. Juli 12. Apotheke Kiel	5 (kontrahiert)	19,10	2,39	87,47		0,30			
14. Herpohdella . . .	222	25. Juli 12. Eider bei Kiel	1,2 "	11,10	1,52	86,29		0,0069			
15. Bothriocephalus p. . . . .	aus 4 Rhombus maximus	6. Juli 12. Fischhalle Kiel	—	21,37	3,27	84,70		—			
16. Ascaris . . . . .	158	17. Juni 12. Viehhof Bremen	17—33	366	75,78	79,30		0,48			
17. Aurelia . . . . .	10	8. Juli 12. Ostsee bei Laboe	15—20 Scheibendurchmesser	1420	25,22	98,22		2,52			
18. Herbst-Plankton, vorwiegend Ceratium . . . . .	—	4. Okt. 12. Ostsee Kieler Bucht	—	—	3,80	—		—			

4b) Tabelle der Analysenresultate in Prozent des Trockengewichts.

	N	Chitin	Eiweiß	Fett	Kohle- hydrate	Asche	Seesalz (od. Cl.)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Si O <sub>2</sub>	Verdau- bar
1. Nephrops . . . . .	8,01	6,53	48,84	2,51	2,98	37,86	5,58	0,56	15,98	1,55	0,56	52,03
2. Asellus aquaticus	7,86	5,08	48,41	1,11	2,84	41,86	0,31	1,15	18,97	2,28	3,87	—
3. Oniscus . . . . .	6,72	7,82	40,06	6,24	4,09	39,08	0,99	0,54	18,05	2,89	2,70	—
4. Gammarus pulex .	8,11	7,93	48,91	6,44	12,53	23,68	1,05	0,45	15,64	2,45	0	—
5. Daphnia . . . . .	8,04	10,42	47,50	5,64	7,53	27,03	0,10	3,22	8,71	6,78	5,99	50,07
6. Anodonta . . . . .	6,78	—	43,46	3,97	33,51	15,98	0,35	0,74	5,89	5,87	0,29	61,24
7. Limnaea . . . . .	10,46	—	67,03	5,33	13,70	12,18	1,03	0,48	3,42	2,23	1,17	79,40
8. Planorbis . . . . .	11,55	—	74,02	3,23	6,44	15,11	0,91	0,34	5,31	1,59	4,14	—
9. Helix . . . . .	8,22	—	52,71	4,13	24,44	16,29	0,70	0,14	8,38	1,77	0,22	—
10. Hippasterias . . .	7,23	—	46,37	4,94	0	51,33	5,34	0,46	22,58	0,79	0,33	50,88
11. Spatangus . . . .	0,45	—	2,91	0,52	2,13	93,13	3,59	0,36	12,88	0,32	64,33	9,00
12. Echinus . . . . .	1,15	—	7,37	0,60	6,26	85,31	7,67	0,20	37,72	0,36	4,30	19,47
13. Hirudo med. . . .	12,38	6,63	76,79	5,96	2,24	4,62	0,95	0,29	0,59	1,29	0	—
14. Herpobdella . . .	12,25	5,81	75,90	8,59	0	8,99	—	0,43	0,63	1,55	2,37	—
15. Bothriocephalus .	9,28	—	59,47	12,13	18,36	8,98	1,78	0,67	1,70	3,52	0	83,59
16. Ascaris . . . . .	8,52	—	54,59	7,17	33,83	4,52	0,48	0,15	0,20	1,60	0	93,50
17. Aurelia . . . . .	—	—	—	—	—	—	77,05	—	—	—	—	—
18. Herbst - Plankton, vorwiegend Cera- tium . . . . .	4,81	—	30,81	2,74	22,16 Cellulose + 18,29 lösl. Kohle- hydrate	26,48	17,73	1,91	1,02	1,42	2,97	71,48

4c) Tabelle der Analysenresultate in Prozent der seesalz- und kieselsäurefreien Trockensubstanz.

	N	Chitin	Eiweiß	Fett	Kohle- hydrate	Asche	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1. Nephrops . . . . .	8,53	6,96	52,04	2,67	3,18	33,79	0,60	17,03	1,65
2. Asellus aquaticus	7,86	5,28	50,36	1,16	2,96	39,52	1,20	19,73	2,37
3. Oniscus . . . . .	6,91	8,04	41,17	6,41	4,20	37,39	0,56	18,55	2,97
4. Gammarus pulex .	8,11	7,93	48,91	6,44	12,53	23,68	0,45	15,64	2,45
5. Daphnia . . . . .	8,55	11,08	50,53	6,00	8,01	22,38	3,43	9,27	7,21

	N	Chitin	Eiweiß	Fett	Kohle- hydrate	Asche	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
					(Die Zahlen in Klammern sind Glykogen)					
nur Weichkörper	6. Anodonta . . . . .	6,80	—	43,59	3,98	33,61 (12,75)	15,74	0,74	5,90	5,89
	7. Limnaea . . . . .	10,58	—	67,82	5,39	13,86 (10,75)	11,14	0,48	3,46	2,29
	8. Planorbis . . . . .	12,05	—	77,22	3,37	6,72 (6,25)	11,98	0,35	5,54	1,66
	9. Helix . . . . .	8,24	—	52,83	4,14	24,49 (13,36)	16,11	0,14	8,40	1,77
	10. Hippasterias . . . . .	7,66	—	49,16	5,24	0	48,40	0,49	23,94	0,84
	11. Echinus . . . . .	1,33	—	8,37	0,68	7,11	83,31	0,23	42,85	0,41
	12. Spatangus . . . . .	1,40	—	9,07	1,62	6,64	78,58	1,12	40,15	1,00
	13. Hirudo med. . . . .	12,38	6,63	76,79	5,96	2,24 (2,33)	4,62	0,29	0,59	1,29
	14. Herpobdella . . . . .	12,55	5,95	77,47	8,79	0	6,78	0,44	0,65	1,59
	15. Bothriocephalus . . . . .	9,45	—	60,55	12,35	18,69 (17,42)	7,33	0,68	1,73	3,58
	16. Ascaris . . . . .	8,52	—	54,59	7,17	33,83 (29,46)	4,52	0,15	0,20	1,60
	17. Aurelia . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	18. Plankton, vorwie- gend Ceratium . . . . .	5,85	—	37,45	3,33	26,94 Cellulose + 22,23 lösli. Kohle- hydrate	10,88	2,32	1,24	1,73

4d) Tabelle der Molluskenanalysen auf Trockengewicht der Gesamttiere  
(Schale und Weichkörper) bezogen (in Prozent).

	Rohasche	Organische Substanz	Eiweiß und Conchiolin	Fett	Kohle- hydrate		
Anodonta . . . . .	81,79	{ 2,22 79,57	18,21	12,57	{ 6,05 6,52	0,55	4,72
Limnaea . . . . .	67,07	{ 4,27 62,80	32,93	25,63	{ 23,52 2,11	1,87	4,81
Planorbis . . . . .	77,01	{ 3,78 73,23	22,99	20,30	{ 18,46 1,84	0,81	1,61
Helix . . . . .	67,35	{ 6,15 61,20	32,65	20,95	{ 19,89 1,06	1,56	9,22



## 5. Über Glykogen.

Als Bestimmungsmethode für Glykogen wurde die Fränkelsche gewählt. Nach den Erfahrungen vieler Physiologen ist sie die sicherste und beste. („Milroy, Seasonal Variations in the Quantity of Glykogen present in Samples of Oysters“, veröffentlicht in „Department of Agriculture and Technical Instruction for Ireland“.) Auch ich habe mit dieser Methode völlig asche-freies Glykogen erhalten. Es wurde die betreffende Substanz (frisch oder getrocknet) längere Zeit mit 4 % Trichloressigsäure extrahiert, das Glykogen mit dem 2½fachen Volumen 95 % igen Alkohols gefällt, auf ein gewogenes, gehärtetes Filter gebracht, zuerst mit 4 % Trichloressigsäure + 2½ Volumen Alkohol gewaschen, dann mit Alkohol und schließlich mit Äther. Ein gehärtetes Filter ist notwendig, um ein klares Filtrat zu erhalten. Getrocknet wurde mehrere Stunden bei 100° im Trockenschrank und einige Tage im Exsiccator über konzentrierter Schwefelsäure.

Die Resultate sind bezogen auf kieselsäure- und bei Bothriocephalus auch auf seesalz-freie Trockensubstanz.

1. Anodonta: 93,4 g frische Substanz = 12,10 g SiO<sub>2</sub> freie Trockensubstanz ergab 1,5422 g = 12,75 % Glykogen.
2. Limnaea: 1,0080 g — 0,1084 g = 10,75 % Glykogen.
3. Planorbis: 0,5508 g — 0,0344 g = 6,25 % Glykogen.
4. Helix: 1,7854 g — 0,2386 g = 13,36 % Glykogen.
5. Hirudo med.: 0,3172 g — 0,0074 g = 2,33 % Glykogen.
6. Bothriocephalus p.: 1,1042 g — 0,1924 g = 17,42 % Glykogen.
7. Ascaris l.: 1,4192 g — 0,4181 g = 29,46 % Glykogen.

Glykogen als Reservestoff ist in seiner Menge abhängig von dem Alters- und Ernährungs-zustand des betreffenden Tieres, auch von der jeweiligen Jahreszeit. Deshalb können Unter-suchungen über Glykogen und seine Bedeutung für den Stoffwechsel im Tierkörper nur dann wirklich fruchtbringend sein, wenn sie systematisch im Zusammenhang mit den verändernden Faktoren betrieben werden. Man müßte zum Beispiel ein günstiges Objekt zu verschiedenen Jahreszeiten, in verschiedenen Alters- und Ernährungszuständen auf Glykogen untersuchen. Das gehörte aber nicht in den Rahmen dieser Arbeit, und verweise ich auf die Arbeit von Delff und die von P.P.C. Hoek „Rapport over de oorzaken van den achteruitgang in hoedanigheid van de zeevwsche oester. 1902“. Delff hat in bezug auf Glykogen Mytilus und Hoek die Auster näher untersucht. In der vorliegenden Arbeit interessierte besonders, wieviel der gefundenen Gesamtkohlehydrate als Glykogen anzusprechen sind.

Bei Anodonta	sind 37,94 % der	gefundenen Kohlehydrate	Glykogen,
„ Limnaea	„ 77,56 %	„ „	„ „
„ Planorbis	„ 93,01 %	„ „	„ „
„ Helix	„ 54,55 %	„ „	„ „
„ Hirudo med.	„ 100,00 %	„ „	„ „
„ Bothriocephalus	„ 93,21 %	„ „	„ „
„ Ascaris	„ 87,08 %	„ „	„ „

In der Literatur finde ich wenig über den Glykogengehalt der hier untersuchten Mollusken. Meist beziehen sich die Untersuchungen auf den Gehalt bestimmter Organe, besonders der Leber, an Glykogen. Eine Untersuchung des Gehalts des Gesamttieres von *Helix pomatia* an Glykogen liegt vor von Yung (in O. v. Fürth, vergl. chem. Phys. usw.), er fand 0,5% im frischen Weichkörper, das wäre auf Trockensubstanz bezogen (84,42% H<sub>2</sub>O gerechnet) 3,21%. Man sieht auch hier wieder, wie variabel die Glykogenmenge ist. Der so außerordentliche hohe Glykogengehalt von 13,36% der von mir untersuchten *Helix* ist vielleicht aus der Jahreszeit zu erklären, die Tiere waren nämlich Ende August gerade im Begriff, sich für den Winter einzukapseln, und ist da eine große Menge an Reservestoff zu erwarten.

Mehr Untersuchungen liegen über den Glykogengehalt von Eingeweidewürmern vor, besonders *Ascaris l.* und *Taenia*. In O. v. Fürth, „Vergleichende chemische Physiologie niederer Tiere“, finde ich:

<i>Ascaris l.</i>	über 2%	Glykogen in frischer Substanz	(Analyse von Foster)
„	4,2—7,1%	„ „ „ „	„ „ Weinland
„	20—34%	„ „ Trockensubstanz	„ „ „

Das stimmt gut zu meinem Resultat von 29,46%. Der hohe Anteil des Glykogens an der Trockensubstanz erklärt sich aus der physiologischen Bedeutung dieses Stoffes bei Eingeweidewürmern, nämlich durch Spaltungsprozesse, die für das Leben nötige Energiemenge zu produzieren, welche gewöhnlich durch Verbrennung mittels Sauerstoffs erzielt wird. Weinland („Über Kohlehydratzersetzung ohne Sauerstoffaufnahme bei *Ascaris*, ein tierischer Gärungsvorgang“, Zeitschrift für Biologie 42, 1901) schreibt: „Während für gewöhnlich beim Tiere oxydative und nichtoxydative Zersetzungen vereinigt sind, ist hier ein bedeutend einfacherer Fall verwirklicht. Der oxydative Abschnitt an der Stoffzersetzung fehlt vollständig und nur der ohne Verbrennung, ohne Sauerstoffzufuhr ist vorhanden.“ Entsprechend dieser lebensnotwendigen Rolle des Glykogens bei Tieren in sauerstofffreiem Medium fand E. Weinland („Über den Glykogengehalt einiger parasitischer Würmer“, Zeitschrift für Biologie 41, 1901) bei *Taenia expansa* (Schaf) 1,5 bis 4,7% Glykogen des frischen Tieres und 15 bis 47% auf Trockensubstanz bezogen. Ich fand bei *Bothrioccephalus punctatus* 17,42%, ebenfalls ein recht hoher Prozentsatz. O. v. Fürth (vgl. chem. Phys. usw.) führt an, daß Foster und Frédéric das Glykogen bei Eingeweidewürmern im Gegensatz zu dem bei Wirbeltieren relativ stabil gefunden haben, und daß es innerhalb der Gewebe schwer der Verzuckerung anheim fällt. Er macht hierauf aufmerksam, da ja Eingeweidewürmer in Medien leben, die reich an diastatischen Fermenten sind, welche leicht das Glykogen zersetzen könnten. Weinland fand in seiner obigen Arbeit noch in der spezifischen Drehung einen Unterschied gegen das Wirbeltierglykogen:

$$[\alpha]_D(\text{Ascaris}) \quad + 187 - 189^\circ,$$

$$\text{„ (Wirbeltiere) } \quad 196,63^\circ \text{ Mittelwert.}$$

Auch bei anderen Würmern ist Glykogen gefunden worden, so durch Bernard beim Regenwurm und durch G. Schwalbe in der Marksubstanz der Muskelfasern beim Blutegel. (O. v. Fürth, vgl. chem. Phys. usw.) Ich fand bei *Hirudo med.* 2,40% in der Trockensubstanz. Das Vorhandensein eines Reservestoffs ist bei Egel, die oft monatelang ohne Nahrungszufuhr

leben müssen, nicht verwunderlich. Dazu kommt noch, daß der Blutegel unter ähnlichen biologischen Verhältnissen wie die Eingeweidewürmer lebt, nämlich ohne Sauerstoffzufuhr, weil er oft lange Zeit unter der Oberfläche des Schlammes lebt. („G. Bunge, Über das Sauerstoffbedürfnis der Schlammbewohner“, Zeitschrift für physiologische Chemie 12, 1888).

## 6. Über die Cuticula bei *Ascaris lumbricoides*.

Über die chemische Beschaffenheit der Gerüstsubstanzen bei wirbellosen Tieren ist im allgemeinen wenig bekannt. Wohl nur das Chitin und Conchiolin ist näher untersucht worden. Über die Gerüstsubstanzen der Medusen, Spongien, Echinodermen und Würmer liegen entweder nur spärliche oder keine Beobachtungen vor. Von den Würmern sind es nur die für diesen Zweck günstigen Wohnröhren gewisser Röhrenwürmer, sowie die Echinokokkenhüllen, worüber analytische Angaben vorliegen. Über *Ascaris* fand ich nur in einer Arbeit von A. Reichard „Über Cuticular- und Gerüstsubstanzen wirbelloser Tiere“, Heidelberger Dissertation 1902, qualitative Untersuchungen, die hier, weil sie meinen Analysen zugrunde liegen, zitiert werden mögen:

„In kochendem Wasser ist sowohl frisches als auch altes Alkoholmaterial der Cuticula unlöslich. Erhitzt man jedoch mit Wasser ein zugeschmolzenes Röhrchen  $\frac{1}{2}$  Stunde auf etwa  $140^{\circ}$ , so geht bis auf die äußerste Rindenschicht alles in Lösung. Die Lösung ist vollkommen klar und kann durch Eindampfen nicht zum Gelatinieren gebracht werden. Mit Millons Reagens gibt sie einen feinflockigen, weißen Niederschlag, dessen Flöckchen sich zum Teil röten, zum Teil weiß bleiben. Die Xanthoproteinreaktion sowie die Biuretreaktion sind mit der wässrigen Lösung gut erkennbar. Die in überhitztem Wasser unlösliche Rindenschicht zeigt deutlich Millons- und Xanthoproteinreaktion, während die Biuretreaktion nicht gelingt. In 1 % Kalilauge ist die zurückgebliebene Rindenschicht leicht löslich, ein Verhalten, das sie vor dem Erhitzen in Wasser nicht zeigte. In verdünnten Alkalien und Mineralsäuren löst sich die Cuticula bei  $40^{\circ}$  innerhalb weniger Stunden bis auf die Rindenschicht. In konzentrierter Kalilauge tritt bei Erwärmung rasch Lösung ein, nur die Rindenschicht löst sich langsamer. Konzentrierte Salzsäure löst bei Zimmertemperatur in einigen Stunden, die Rindenschicht wird jedoch erst nach einigen Tagen vollkommen in Lösung gebracht. Mit Pepsinsalzsäure oder alkalischer Trypsinlösung der künstlichen Verdauung bei  $40^{\circ}$  unterworfen, tritt in beiden Fällen Lösung bis auf die Rindenschicht ein. Letztere zeigt nach gründlichem Auswaschen stets noch Millons- und Xanthoproteinreaktion. Schmilzt man die Rindenschicht mit Kaliumhydroxyd, so ergibt die Schmelze starke Heparreaktion. Reduktionsproben an Lösungen der Cuticula in konzentrierter Schwefelsäure, die auf 10 % (zirka) verdünnt, mehrere Stunden gekocht und dann mit  $\text{BaCO}_3$  neutralisiert worden waren, fielen stets negativ aus. Es handelt sich demnach um einen Eiweißkörper.“

Die Cuticularsubstanz, die ich für meine Analysen verwendete, gewann ich so, wie es Reichard angibt. Die Würmer wurden in verdünntem Alkohol getötet und einen Tag in Wasser gelegt. Hierdurch löste sich die Cuticula von der Epidermis ab und man konnte sie leicht

herunterziehen. Zur weiteren Reinigung wurden sie dann noch in Kochsalzlösung und in destilliertem Wasser gewaschen. Es gab so durchsichtige, opalisierende Häute.

18 Exemplare (20 bis 25 cm lang), frisch 55 g, getrocknet 11,39 g, lieferten 0,8379 g Cuticula getrocknet. Die Cuticula macht demnach 7,36 % der Trockensubstanz des Wurms aus.

Die Cuticula unterwarf ich der künstlichen Verdauung mit alkalischer Trypsinlösung 16 Tage lang bei 36°, um so das quantitative Verhältnis von Rindenschicht zu der Gesamtcuticula festzustellen; ich erhielt: von 0,6692 g Trockensubstanz 0,0238 g = 3,56 % unverdaut, also Rindenschicht. Diese dünne Haut scheint wegen ihres besonderen Verhaltens gegen Chemikalien, besonders wegen ihrer Widerstandsfähigkeit gegen Verdauungssäfte, eine wichtige Rolle für das Leben im Darm von Wirtstieren zu spielen.

#### Analysen der Gesamtcuticula.

Stickstoff: a) 0,0702 g (b = 776,5 mm, t = 9°) — 10,2 ccm = 0,01248 g = 17,78 % N,  
b) 0,0612 g (b = 776 mm, t = 9°) — 9,4 ccm = 0,01149 g = 17,90 % N.

Durchschnittswert 17,84 % N.

Elementaranalyse: a) 0,0511 g — 0,1030 g CO<sub>2</sub> = 54,97 % C,  
0,0511 g — 0,0336 g H<sub>2</sub>O = 7,36 % H,  
b) 0,0946 g — 0,1880 g CO<sub>2</sub> = 54,20 % C,  
0,0946 g — 0,0594 g H<sub>2</sub>O = 7,02 % H.

Der höchste C-Wert: 54,97 % C,

Der niedrigste H-Wert: 7,02 % H.

Schwefel: Die Substanz wurde in einem Platintiegel mit einer Lösung von Salpeter + Soda eingedampft und getrocknet, darauf geglüht, bis alle Kohle verbrannt war. Die Lösung war so hergestellt, daß auf 1 g Substanz 6 g Soda und 1 g Salpeter kam. Gefällt wurde dann siedendheiß mit BaCl<sub>2</sub>, nachdem die Schmelze in verdünnter Salzsäure gelöst war.

0,7408 g Substanz ergab 0,0626 g BaSO<sub>4</sub> = 0,0086 g = 1,16 % S.

Asche: 0,1352 g wurde verascht und lieferte 0,0022 g = 1,63 % Asche.

Die gefundenen Werte von C, H, S und N mit der Durchschnittszusammensetzung der Eiweißstoffe (C: 50—55 %, H: 6,5—7,3 %, N: 15—18 %, O: 20—23,5 %, S: 0,3—2,2 % nach Hoppe-Seyler, angegeben in Physiologische Chemie von Dr. med. A. Legahn) verglichen, fallen auf durch einen relativ hohen Gehalt an Stickstoff und Kohlenstoff. Die gefundenen Werte auf aschefreie Trockensubstanz bezogen, sind:

18,14 % N	7,14 % H
55,88 „ C	1,18 „ S

### 7. Allgemeine und vergleichende Betrachtungen.

Es sollen hier die einzelnen Tiergruppen in ihrer chemischen Zusammensetzung besprochen werden. Bei der Erläuterung der einzelnen Analysen werden die in der Literatur vorhandenen Angaben mit erörtert werden.

## 1. Crustaceen.

Zuerst will ich hier die Analysen von Delff anführen, denen dieselbe Methode zugrunde liegt wie meinen Untersuchungen.

Die Werte sind auf seesalz- und kieselsäurefreie Trockensubstanz bezogen:

	N	Chitin	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Asche	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Wassergehalt des frischen Tieres
1. Carcinus . . . . .	6,38	8,29	37,75	2,56	6,92	41,91	1,03	20,09	2,89	71,80
2. Crangon . . . . .	11,38	5,78	70,63	3,83	0	19,71	0,40	9,38	2,47	75,78
3. Mysis . . . . .	11,86	5,62	73,91	3,34	2,67	13,55	0,50	5,73	2,09	—
4. Gammaruslocusta	9,71	8,20	59,10	8,48	0,68	21,69	0,39	11,08	1,94	83,46
5. Glyptonotus . . .	7,59	14,35	43,11	3,41	7,30	27,87	0,86	13,77	1,84	80,33
6. Anomalocera . . .	11,55	5,61	71,88	5,73	6,61	6,61	0,30	2,07	2,35	—

Dann sind noch in König „Die menschlichen Nahrungs- und Genußmittel“ angegeben: Hummer (Weichkörper) 78,80 % Eiweiß, 10,13 % Fett, 0,16 % Kohlehydrate, 9,41 % Asche. Cancer (Weichkörper) 78,87 % Eiweiß, 7,69 % Fett, 3,75 % Kohlehydrate, 9,60 % Asche.

Ferner Sempolowsky (Landwirtschaftliche Versuchsstation 89) Cancer pagurus: 5,13 % N, 32,06 % Eiweiß, 8,00 % Fett, 44,04 % Rohasche, 3,11 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1,37 % K<sub>2</sub>O, 14,08 % CaO. Das frische Tier: 62,61 % Wasser. Es ist hier keine Chitinbestimmung gemacht worden und alles N auf Eiweiß verrechnet worden, der Wert für Eiweiß also wertlos.

Dann aus Brandt (Beiträge zur chemischen Zusammensetzung des Planktons): Copepoden (Süßwasser): 58,68 % Eiweiß, 4,54 % Chitin, 6,01 % Fett, 17,64 % Kohlehydrate, 9,21 % Asche.

Aus K. Knauth „Das Süßwasser“:

Copepoden (aus guten Teichen)	52 %	Eiweiß,	12—14 %	Fett.
„ „ (aus Olsa)	64 „	„	6—6,8 „	„
Daphnien (Dorfteich)	58 „	„	13 „	„
„ „ (aus mager. Weiher)	66 „	„	8 „	„
„ „ (Olsa)	69 „	„	5,7 „	„

In O. v. Fürth „Vergleichende chem. Physiol. usw.“ ist eine Analyse von Bezold über Oniscus murarius angegeben; danach besteht diese Landassel zu 68,147 % aus Wasser, 21,234 % ist organische Substanz, 10,619 % anorganische Substanz. Dies stimmt gut zu den von mir gefundenen Werten, ich fand bei Oniscus murarius 69,61 % Wasser, 17,68 % organische Substanz und 11,88 % Asche.

Um eine bessere Übersicht und Vergleichung zu ermöglichen, habe ich am Ende der Arbeit eine Tabelle beigefügt, in der die chemische Zusammensetzung wirbelloser Tiere, soweit diese untersucht ist, graphisch dargestellt ist.

Betrachtet man die Gruppe der Crustaceen als Ganzes, besonders im Vergleich zu anderen Tiergruppen, so ist hervorzuheben der für alle Arthropoden charakteristische Chitingehalt, der durch den Panzer bedingte hohe Aschengehalt, bestehend aus kohlensaurem und phosphorsaurem Kalk, sowie das Fehlen der Kohlehydrate. (Die gefundenen Kohlehydrate sind fast alle auf Nahrung im Darm zurückzuführen.) Außerdem ist noch der Wassergehalt von 70 bis 80 % hervorzuheben, besonders den Mollusken (Weichkörper) und Würmern gegenüber, die durchschnittlich einen Wassergehalt über 80 % besitzen. Das chemische Charakteristikum für Crustaceen wäre demnach: Hoher Aschengehalt, besonders  $\text{CaCO}_3$  und  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , die organische Substanz zum größten Teil bestehend aus Eiweiß, der Rest ist Chitin und Fett, Kohlehydrate sehr gering, Wasser 70 bis 80 %.

Betrachtet man nun die einzelnen Repräsentanten dieser Gruppe, so bemerkt man doch relativ große Unterschiede in der chemischen Zusammensetzung. Daphnia und Copepoden fallen als freischwimmende kleine Formen durch relativ geringen Aschengehalt auf, und im Verhältnis zur Asche hohen Chitingehalt. Asche zu Chitin verhält sich ungefähr wie 2 zu 1. Bei den anderen Crustaceen, die mehr den Bodenformen angehören, ist der Totalpanzer (Asche + Chitin) bedeutender, doch tritt das Chitin der Asche gegenüber zurück. Das Verhältnis von Asche zu Chitin ist hier größer als 2. Der Grund für diesen Unterschied liegt darin, daß bei Bodenformen bedeutend mehr  $\text{CaCO}_3$  und  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  in den Panzer eingelagert ist. Um zu bestimmen, woran das in den Panzern der Crustaceen niedergeschlagene Calcium gebunden ist, habe ich noch Kohlensäurebestimmungen gemacht. Bevor ich diese Analysen angebe, will ich die vorliegende Literatur über die chemische Zusammensetzung der Crustaceenpanzer zitieren:

Aus Schlossberger, Chemie der Gewebe:

Panzer von	Hummer	Hummer	Flußkrebs	Pagurus	Pagurus	Squilla mantis
$\text{CaCO}_3$ . . . . .	40,00	49,26	60,00	62,80	68,50	19,50
$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . . . . .	14,00	3,22	12,00	6,00	14,68	17,66
Organische Materie . . . . .	28,00	44,76	28,00	28,60	16,50	62,84
analysiert von . . . . .	Guillot	Chevreur	Mérat Guillot	Chevreur	Gockel	C. Schmidt

Aus O. v. Fürth, Vergleichende chemische Physiologie niederer Tiere:

Panzer von Carcinus maenas (Analyse v. Chevreur): 62,8 %  $\text{CaCO}_3$ , 6,0 %  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , 1,0 % phosphorsaures Mg., 28,6 % organische Substanz +  $\text{H}_2\text{O}$ .

Panzer von	Ca CO <sub>3</sub>	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>2</sub>	Organische Substanz + H <sub>2</sub> O	Analysiert von
Astacus . . . . .	68,815	14,685	16,50	Göbel
" . . . . .	46,73	7,09	46,73	C. Schmidt
Homarus . . . . .	67,76	9,25	22,99	"
Lepas . . . . .	96,1	0,7	3,2	"
Homarus . . . . .	49,0	6,7	44,3	Frémy
Palinurus . . . . .	56,8	6,7	36,5	"
Astacus . . . . .	48,5	6,1	45,4	Kelly

Man sieht, der kohlen saure Kalk überwiegt bei weitem den phosphorsauren. Der Anteil der organischen Substanz (Chitin) am Panzer wechselt sehr.

Ich habe nun Kohlensäurebestimmungen gemacht von:

1. Nephrops 0,5328 g Substanz gaben 0,0572 g = 10,74 % CO<sub>2</sub>,
2. Asellus aqu. 0,9386 g „ „ 0,1016 g = 10,82 % CO<sub>2</sub>,
3. Daphnia 0,6078 g „ „ 0,0056 g = 0,92 % CO<sub>2</sub>.

Nimmt man an, daß die bei den Gesamtanalysen gefundenen Mengen CaO allein aus dem Panzer stammen, und ebenso die gefundenen Mengen CO<sub>2</sub>, so kann man berechnen, wieviel Ca im Panzer an CO<sub>2</sub> gebunden ist, der Rest wäre dann als phosphorsaurer Kalk anzusprechen. Zwar darf man nicht vergessen, daß sicher etwas Ca nicht zum Panzer gehört, sondern zu den Körpersalzen, ebenso CO<sub>2</sub>. (Im Blute der Crustaceen findet sich gelöster kohlen saurer Kalk. O. v. Fürth Vergl. chem. Phys. usw.) Doch werden diese Mengen relativ so gering sein, daß sie in dieser Rechnung keine Fehler von Bedeutung ausmachen.

1. Nephrops: 15,98 % CaO, 10,74 % CO<sub>2</sub>, das heißt 13,70 % CaO an CO<sub>2</sub> gebunden, der Rest 2,28 % an Phosphorsäure.
2. Asellus aqu.: 18,97 % CaO, 10,82 % CO<sub>2</sub>, das heißt 13,80 % CaO an CO<sub>2</sub> gebunden, 5,17 % CaO an Phosphorsäure gebunden.
3. Daphnia: 8,71 % CaO, 0,92 % CO<sub>2</sub>, das heißt 1,17 % CaO an CO<sub>2</sub> gebunden, 7,54 % CaO an Phosphorsäure gebunden.

Es ist also mit Ausnahme von Daphnia der kohlen saure Kalk bedeutend im Überschuß. Das Resultat bei Daphnia zeigt das umgekehrte Verhältnis, was auch gut mit dem gefundenen, überraschend hohen Gehalt an P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 5,99 % übereinstimmt.

Delff weist darauf hin, daß der Eiweißgehalt bei beweglichen Crustaceen im allgemeinen größer sei als bei trägen Tieren, weil erstere eine gut entwickelte Schwimmuskulatur haben müssen, dafür aber auf Reservematerial verzichten. Ich kann das aus meinen Analysen nicht kontrollieren, da die von mir gewählten Repräsentanten ungefähr alle den gleichen Eiweißgehalt aufweisen. Doch glaube ich, daß die Analysen von Knauth zeigen, vorsichtig mit solchen Betrachtungen zu sein, denn wenn Tiere unter verschiedenen Ernährungsbedingungen

so in ihrem Eiweißgehalt schwanken können, wird es recht schwer sein, hieraus allgemeine Schlußfolgerungen zu ziehen. Meine Analyse von *Daphnia* weicht wiederum überraschend von Knauthes ab, dieser fand bei *Daphnien* aus verschiedenen Wässern 69 bis 58 % Eiweiß, ich fand bei Tieren aus einem Waldteich 47,5 %. Ebenso fand ich im Vergleich zu Knauth niedrigen Fettgehalt. Was das Fett bei Crustaceen anbetrifft, so schwanken die Werte sehr. Eine Korrelation zwischen hohem Fettgehalt und trägen Tieren, niedrigem Fettgehalt und freischwimmenden Formen ist bei meinen Analysen nicht festzustellen, die freischwimmende *Daphnia* hat sogar höheren Gehalt als *Nephrops*. Die Kohlehydrate sind wohl meist auf Nahrung im Darm zurückzuführen, denn wenn auch Glykogen bei Crustaceen besonders zur Zeit der Häutung nachgewiesen ist (O. v. Fürth, vgl. chem. Phys. usw.), so wird man doch nie so große Mengen, wie bei den Analysen als Kohlehydrate verrechnet sind, als Glykogen auffassen. Vergleicht man die Tiere näherer Verwandtschaft untereinander, so wird man ungefähr dieselbe chemische Zusammensetzung erwarten dürfen, sofern die Lebensbedingungen nicht zu verschieden sind. So zum Beispiel *Gammarus pulex* und *locusta*, und andererseits die Asseln *Glyptonotus*, *Asellus aquaticus*, *Oniscus murarius*. Man darf zwar nicht auf die variablen Bestandteile Eiweiß und Fett sehen, sondern muß mehr den Aschengehalt und die organische Substanz als Ganzes in Betracht ziehen. Der geringe Aschengehalt bei *Glyptonotus* im Vergleich zu *Asellus* und *Oniscus* ist aus der Größe des Tieres zu erklären.

Was die Aschenbestandteile anbetrifft, so ist über die Bedeutung von Ca und  $P_2O_3$  schon gesprochen worden, es handelt sich noch um die lösliche Asche und das Eisen. Allgemein ist zu sagen, daß man nicht annehmen darf, daß die angegebene lösliche Asche alle im lebenden Organismus löslichen Salze darstelle. Denn schon beim Verkohlen der Substanz gehen viele der sonst im Tiere löslichen Salze in unlöslich basische oder Oxyde über (so kohlensaure, phosphorsaure Salze, organische Fe- und Ca-Verbindungen). Bei den Meerestieren ist das gesamte Seesalz abgezogen, weil schwer festzustellen ist, wieviel Salz fremder Herkunft ist und wieviel dem Tiere angehört. Bei Süßwassertieren ist zu beachten, daß es leicht möglich ist, daß mechanisch festgehaltenes eisenreiches Wasser, welches vielleicht auch noch phosphorsaure Salze enthält, das Resultat fälschen kann. Dazu kommt noch, daß die lösliche Asche bei verschiedenen Organismen zu verschieden ist, um daraus allgemeine Folgerungen ziehen zu können. Dasselbe ist der Fall mit dem Chlorgehalt, er schwankt bei den Süßwasser- und Landrepräsentanten von 0,10 % (*Daphnia*) bis 1,05 % (*Gammarus pulex*).

Was den Eisengehalt der Organismen anbetrifft, so finde ich bei R. Schneider „Über Eisen-Resorption in tierischen Organen und Geweben“ (Aus den Abhandlungen der Kgl. Preuß. Akademie der Wissenschaften, Berlin 1888) folgende Zusammenfassung seiner Untersuchungen:

Die Eisen-Resorption findet in überwiegender Weise statt:

1. bei Wasserbewohnern (mit Rückbildung bei Metamorphosen in Landbewohner),
2. bei subterranean Organismen.

Unter Landbewohnern:

3. bei Humusbewohnern (*Lumbricus*, *Oniscus*).

Unter subterraneanen Wasserbewohnern:

4. bei in eisenreichen Wässern lebenden (Gebirgswässer usw.),
5. bei gewissen Detritusbewohnern (z. B. im Winter, bei Chlorophyllmangel).

Ebenfalls bei R. Schneider (Verbreitung und Bedeutung des Eisens im animalischen Körper, 64. Verh. der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte, Halle 1891) ist zu lesen: „Nach den bisherigen Erfahrungen gehören immer eher die Wasser-, als die Landbewohner zu den siderophilen Organismen. Von den marinen Organismen gehören die pelagischen zu den siderophilen, die litoralen zu den siderophilen.“

Vergleicht man hiermit den Eisengehalt der von Delff und mir untersuchten Cruster, so werden im allgemeinen Schneiders Angaben bestätigt. Die halb unterirdische Lebensweise von *Oniscus murarius* setzt dieses Landtier in seinem Eisengehalt neben die Wasserbewohner. Unter letzteren fallen besonders *Asellus aquaticus* und *Daphnia* durch hohen Eisengehalt auf, ihr Fundort (Teiche mit starkem Belag von verwesstem Laub usw.) erklären diesen hohen Prozentsatz. Unter den Meerestieren zeichnen sich die am Boden lebenden Tiere, so *Carcinus* und *Nephrops*, durch höheren Eisengehalt den freischwimmenden Formen *Crangon*, *Mysis* und *Anomalocera* gegenüber aus. Die Süßwassertiere weisen einen höheren Eisengehalt als die Meerestiere gleicher Verwandtschaft auf, so steht *Gammarus pulex* über *Gammarus locusta*, *Asellus aquaticus* über *Glyptonotus*. Nach R. Schneider (Über Eisen-Resorption in tierischen Organen und Geweben) kann das Eisen auch als Schutz-, Kitt- und Bindemittel dienen, so ist das Eisen in Eihüllen, Eiern, Kokons von Cyclopen, Daphniden, Oligochäten als eine Art Schutzdecke aufzufassen. In einem populären Aufsätze „Das Eisen im Pflanzen- und Tierkörper nach den neuesten Forschungen“, 1889, schreibt Schneider: „Auch die schützenden Hautdecken vieler, besonders im Wasser lebenden Tiere, wie z. B. der Libellenlarven, vieler kleineren Krebse usw. haben oft vollkommene Eisenüberzüge.“ Die angegebenen Analysen von Panzern der Crustaceen weisen kein Eisen auf, doch ist die Bedeutung des Eisens als Schutz- und Bindemittel vielleicht bei *Daphnia* mit dem von mir gefundenen, außerordentlich hohen Eisengehalt von 3,43 % in Betracht zu ziehen.

Was die Nahrung der Krebse anbetrifft, so findet man in Lampert „Das Süßwasser“, daß abgestorbene tierische Organismen oder kleine lebende Tiere, gelegentlich auch totes pflanzliches Material, die Nahrung für *Gammarus pulex* und *Asellus* bilden. In König „Die menschlichen Nahrungs- und Genußmittel“ wird angegeben, daß *Asellus aquaticus* in Wasserleitungen zu finden ist, auch Pfahlwerke anfrißt und zerstört. Meine Analysen zeigen *Gammarus* durch seinen hohen Gehalt an Kohlehydraten als Fresser von pflanzlichen Stoffen, ebenso *Daphnia*. Vielleicht liegt hier auch ein Grund für die großen Unterschiede meiner Analyse von *Daphnia* gegen die von Knauth, doch könnte selbst ein völliges Fehlen der Kohlehydrate die Werte für Eiweiß und Fett nicht so erhöhen, daß eine Übereinstimmung möglich wäre. Es müssen hier wohl verschiedene Lebensbedingungen angenommen werden.

Die meisten Vertreter der Mollusken zeichnen sich den Crustaceen gegenüber aus durch einen noch stärkeren Panzer, so daß dieser immer den größeren Teil der Trockensubstanz

ausmacht. Das Verhältnis von Schale zu Weichkörper ist bei dem Einzeltier noch abhängig von der Größe, dem Alter des Tieres, wie es D e l f f nachgewiesen hat. P. P. C. H o e k (Rapport over de oorzaken . . .) gibt an, daß Austern von 58 g nach einem Jahr ein Gewicht von 70, nach zwei Jahren ein solches von 80 g haben, ohne daß das Gewicht des Weichkörpers wesentlich zugenommen hat. Doch hat der zur Verfügung stehende Kalkvorrat ebenfalls einen Einfluß auf die Stärke der Gehäuse. Dünne, durchsichtige Schalen sind Zeichen eines kalkarmen Mediums, feste schwere Gehäuse deuten auf Kalkreichtum (O. v. Fürth vergl. chem. Phys. usw.). Was die chemische Zusammensetzung der Schalen anbetrifft, so bin ich mit D e l f f der Ansicht, daß diese allein aus  $\text{CaCO}_3$  und Conchiolin bestehen und die gefundenen Mengen  $\text{P}_2\text{O}_5$ , MgO und anderer Alkalien von Verunreinigung oder nicht genügender Reinigung von anhaftenden Resten des Weichkörpers herrühren.

In O. v. Fürth (vergl. chem. Phys. usw.) ist angegeben: Anodonta 98 %  $\text{CaCO}_3$ , 0,5 %  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , 1,5 % organische Substanz (analysiert von C. S c h m i d t). Ich fand 92,42 %  $\text{CaCO}_3$ , sowie eine Spur Eisen. Das ist viel weniger  $\text{CaCO}_3$ , leider ist nicht die Größe der Tiere bei der Analyse von S c h m i d t angegeben, so daß nicht zu sagen ist, ob man die Größenverhältnisse als Grund für diese Differenz annehmen darf. Die geringe unwägbare Menge Eisen, die ich fand, kann eine Verunreinigung sein, oder vielleicht zurückzuführen sein auf eine Angabe R. S c h n e i d e r s (Verbreitung und Bedeutung des Eisens im animalischen Organismus). Er sagt, daß sich bei den Süßwassermuscheln auffallend große Eisenmengen im Schalensaume, dem elastischen Verschuß der beiden Schalenklappen, befinden. In K r u k e n b e r g (vergl. Physiologie der tierischen Gerüstsubstanzen) findet sich eine Analyse von S c h l o ß b e r g e r über Anodonta mit 89,0 %  $\text{CaCO}_3$ , dieser Wert stimmt ganz gut zu meinem Befund von 92,37 %  $\text{CaCO}_3$ .

Über *Helix pomatia* sind in O. v. Fürth (vergl. chem. Phys. usw.) folgende Gehäuseanalysen angegeben:

Helix pom.	95,2 %	$\text{CaCO}_3$ ,	0,9 %	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,	3,9 %	org. Substanz (C. S c h m i d t),
„ „	98,5 %	$\text{CaCO}_3$ ,	—	1,5 %	„ „	(J o y),
„ „	98,5 %	$\text{CaCO}_3$ ,	0,5 %	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,	—	(G o b b y),
„ „	96,07 %	$\text{CaCO}_3$ ,	0,85 %	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ + phosphors.	Mg., 0,98 %	$\text{MgCO}_3$ , 1,15 %
		kiesels. Tonerde,	0,95 %	org. Substanz (B. W i c k e).		

Meine Analyse mit 98,30 %  $\text{CaCO}_3$  stimmt gut dazu, ob die Spur  $\text{SiO}_2$ , die ich gefunden habe, ein normaler Bestandteil ist, ist wohl nicht anzunehmen, sondern eher als Verunreinigung aufzufassen. Ich fand, entgegen den angeführten Analysen, keinen phosphorsauren Kalk und Magnesia. Es ist möglich, daß die außer  $\text{CaCO}_3$  gefundenen Mengen von Mg und  $\text{SiO}_2$  auf Verunreinigungen zurückzuführen sind, die Phosphorsäure kann auch aus Resten des Weichkörpers stammen, die im Gehäuse beim Herausziehen zurückgeblieben sind, besonders aus phosphorsäurehaltigen Nucleinen der Muskelinsertionsstellen, wie es D e l f f annimmt.

Molluskenanalysen liegen vor in erster Linie von D e l f f:

## Werte auf Schale + Weichkörper bezogen (getrocknet.)

	Rohasche	Organische Substanz	Eiweiß + Conchiolin	Fett	Kohlehydrate	Seesalz
Mytilus (Oktober) . . . . .	89,35	10,65	8,18 { 3,84 4,34	0,39	1,86	2,11
Mytilus (Dezember) . . . . .	74,83	25,17	17,12 { 9,95 7,17	2,01	5,56	1,08
Mya . . . . .	87,35	12,65	10,37 { 8,78 1,59	0,48	1,34	1,85
Litorina . . . . .	90,27	9,73	7,29 { 4,20 3,09	0,57	1,62	0,37

## Werte auf kieselsäure- und seesalzfreie Trockensubstanz bezogen (allein Weichkörper).

	N	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Asche	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Ca O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Verdaubar
Mytilus (Januar) . . . . .	8,66	55,53	8,49	27,31	6,19	—	—	—	—
Mytilus (April) . . . . .	10,09	64,68	16,88	11,27 (8,19)	2,81	0,28	0,85	1,47	71,47
Mytilus (Juli) . . . . .	8,20	52,59	8,40	31,87 (27,89)	4,60	—	—	1,20	—
Mytilus (Oktober) . . . . .	9,26	59,22	6,06	28,67	5,30	0,37	2,09	1,49	68,95
Mytilus (Dezember) . . . . .	8,16	52,31	10,57	29,25 (24,82)	5,28	—	—	—	—
Mya . . . . .	11,79	75,56	4,16	11,56	8,56	1,75	1,79	2,59	—
Litorina . . . . .	9,02	57,84	7,81	22,25 (6,00)	8,58	0,30	3,65	1,35	72,39

Die Zahlen in Klammern bedeuten Glykogen, die Werte für Glykogen und Verdaubarkeit sind nur auf seesalzfreie Trockensubstanz bezogen.

In König „Die menschlichen Nahrungs- und Genußmittel“ sind Molluskenanalysen von W. O. Altwater angeführt, die von Delff auf Trockensubstanz und Eiweiß nach Playfair umgerechnet sind (die Kohlehydrate sind dabei als Differenz von 100 bestimmt).

Weichkörper von	N	Eiweiß	Fett	Kohlehydrate	Rohasche	Wasser
Ostrea . . . . .	7,48	47,95	9,06	27,00	15,99	87,30
Pecten . . . . .	11,99	76,87	0,86	15,26	7,01	80,32
Mya . . . . .	9,00	57,71	7,45	16,07	18,77	85,56
Mytilus . . . . .	8,78	56,25	7,07	24,45	12,23	84,16

Außerdem eine Analyse von Sempolowsky (Landwirtschaftliche Versuchsstation 89): Ostrea (Weichkörper) 8,27 % N, 51,68 % Eiweiß, 9,92 % Fett, 10,90 % Rohasche, 1,94 %  $P_2O_5$ , 1,51 %  $K_2O$ , 0,58 % Ca O. Das frische Tier enthielt 80,89 % Wasser.

Für die Mollusken mit starken Gehäusen ist der hohe Aschengehalt charakteristisch; bei meinen Analysen sind es Limnaea und Helix, bei denen die organische Substanz ungefähr ein Drittel des ganzen Tieres ausmacht, sonst ist sie noch geringer, bei Litorina sogar nur ein Fünftel. Die Weichkörper allein mit den Crustaceen als Ganztiere verglichen, fallen auf durch höheren Wassergehalt (80 bis 90 %). In ihrem Eiweißgehalt (auf Trockensubstanz bezogen) stehen sie ungefähr den Crustaceen gleich, können diese sogar übertreffen (Planorbis mit 77,12 % Eiweiß). Ebenso ist es mit der Fettmenge, wenn sie im allgemeinen auch etwas geringer ist. Auffallend sind die hohen Kohlehydratmengen, die bei Anodonta und Helix  $\frac{1}{3}$  und  $\frac{1}{4}$  der ganzen Trockensubstanz ausmachen. Ein großer Teil davon ist als Glykogen anzusprechen, der Rest muß als aufgenommene Nahrung angesehen werden. Bei Planorbis und Limnaea sind bis auf 0,5 bis 3 % die Kohlehydrate Glykogen. Der Aschengehalt ist auch ohne Gehäuse relativ hoch. Besonders tritt dies bei Helix mit einem Ca O-Gehalt von 8,40 % hervor. Die Tiere standen zur Zeit des Fangs kurz vor der Ausscheidung des Gehäusedeckels, um dann zu überwintern. So ist anzunehmen, daß kohlensaurer Kalk und Kalkeiweißverbindungen in größeren Mengen in den Körpersäften gelöst waren. Der Gehäusedeckel von Helix pomatia besteht nach Analysen von Joy aus 94,24 %  $CaCO_3$ , 5,73 %  $Ca_3(PO_4)_2$  und 1,5 % organischer Substanz; nach B. Wicke aus 86,75 %  $CaO_3$ , 0,96 kohlensaurer Mg, 5,36 phosphors. Ca + Mg, 1,15 kieselsaurer Tonerde und 0,95 organischer Substanz (in O. v. Fürth vergl. chem. Phys. usw.). Außerdem kann noch folgende Angabe Krnkenbergs in „Chemie der Gewebe“ den relativ hohen Kalkgehalt im Weichkörper der Mollusken erklären: „Bei vielen Mollusken ist die Neigung zur Absetzung kohlensaurer Erden so sehr ausgesprochen, daß man letztere auch im Inneren des Körpers antrifft. Der Mantellappen von Anodonta und Unio lieferte (bei 120° getrocknet) nahezu 15 %  $Ca_3(PO_4)_2$  und nur 3 % andere Salze.“ Ob bei Anodonta der von mir gefundene hohe Phosphorsäuregehalt hierauf allein zurückzuführen ist oder aus eingestrudelten organischen Zerfallsprodukten stammt, müßten spezielle Untersuchungen zeigen.

Was das Eisen anbetrifft, so zeichnet sich die Landschnecke Helix durch besonders niedrigen Gehalt (0,14 %) aus. Die Süßwasserschnecken Limnaea und Planorbis enthalten mehr  $Fe_2O_3$  als die Meeresschnecke Litorina. Die untersuchten Muscheln, mit Ausnahme von Mytilus, besitzen einen höheren Eisengehalt als die Schnecken.

Sobald es die Feinde vermögen, die Weichkörper der Tiere aus ihrem Gehäuse zu zerren oder zu saugen, haben sie in den Mollusken eine hochwertige Nahrung wegen des den Crustaceen gegenüber hohen Gehalts an organischen Nährstoffen, die im Weichkörper durchschnittlich 85 % der Gesamttrockensubstanz ausmachen, während sie bei den Crustern, die doch nur mit Panzer gefressen werden können, nur 60 bis 70 % ausmachen. Zwar wird dieser Vorzug im Nährwert durch den hohen Wassergehalt der Mollusken wieder ausgeglichen, so daß auf Lebendgewicht umgerechnet, die Cruster eine mindest ebenso vollwertige Nahrung darstellen. (Siehe Tabelle der Analysenresultate in Prozent des Lebendgewichts!) Limnaea, Planorbis, Helix leben haupt-

sächlich von Pflanzenkost. Dies zeigt sich bei *Helix* in den 11,13 % Kohlehydraten, die nicht Glykogen sind. Bei *Limnaea* und *Planorbis* sind merkwürdigerweise keine Kohlehydrate vorhanden, die als Nahrung im Darm aufzufassen wären. Bei *Anodonta* wiederum sind 21,36 % Kohlehydrate nicht Glykogen, das ist überraschend viel, wenn man diese Menge als eingestrudelte pflanzliche Stoffe und Zerfallsprodukte erklären will.

Aus der Gruppe der Echinodermen sind von mir Vertreter der Seesterne und Seeigel untersucht worden.

Was das Hautskelett dieser Tiere betrifft, so habe ich, um zu bestimmen, wieviel CaO als Kohlensäurer Kalk gebunden ist, Kohlensäurebestimmungen gemacht.

*Hippasterias*: 0,4786 g Trockensubstanz ergab 0,0862 g CO<sub>2</sub>, das ist 18,01 % CO<sub>2</sub> (in Rohasche). 18,01 % CO<sub>2</sub> entspräche 22,97 % CaO, 22,58 % CaO habe ich in der Rohasche gefunden, demnach ist aller Kalk als Kohlensäurer anzusprechen.

*Echinus*: 0,4640 g — 0,1368 g = 29,48 % CO<sub>2</sub> (in Rohasche). Zu 29,48 % CO<sub>2</sub> gehören 37,61 % CaO, in der Rohasche fand ich 37,72 % CaO, demnach ist so gut wie alles Calcium an Kohlensäure gebunden.

In Krukenberg „vergl. physiol. Vorträge“ ist eine Analyse der Schale von *Echinus lividus* (analysiert von Brunner) angegeben: 86,81 % CaCO<sub>3</sub> + 0,84 % MgCO<sub>3</sub> + 1,38 % CaSO<sub>4</sub> + 1,14 % (andere Salze und Verluste) + 9,83 % organische Stoffe = 100,00. Der Panzer von *Echinus* besteht demnach größtenteils aus CaCO<sub>3</sub> und organischer Substanz.

*Spatangus*: 0,5642 g — 0,0568 g = 10,07 % CO<sub>2</sub> (in Rohasche). Zu 10,07 % CO<sub>2</sub> gehören 12,85 % CaO. Gefunden wurde in der Rohasche 12,88 % CaO, also auch hier der gesamte Wert von CaO an CO<sub>2</sub> gebunden.

Gesamtanalysen von Echinodermen finde ich bei Delff: *Asterias rubens*: 34,96 % Eiweiß, 5,71 % Fett, 9,11 % Kohlehydrate, 47,44 % Asche, 0,29 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 25,98 % CaO, 1,02 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (auf seesalz- und kieselfreie Trockensubstanz bezogen). In der seesalzf freien Trockensubstanz sind 35,24 % verdaubar.

Delff hat noch zwei weitere Analysen angegeben:

1. *Asterias glacialis* (Sempolowsky „Landw. Versuchsstation“ 89) 6,81 % N, 42,56 % Eiweiß, 10,60 % Fett, 45,45 % Rohasche, 0,90 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1,46 % K<sub>2</sub>O, 21,66 % CaO, 67,36 % Wasser.
2. v. Marchand (Liebig und Kopp, Jahresbericht für Chemie 1866): *Asterias*: 49,05 % organische Substanz, 3,86 % N (24,74 % Eiweiß), 47,09 % Asche, 0,28 % K<sub>2</sub>O, 2,03 % Na<sub>2</sub>O, 21,04 % CaO, 1,92 % MgO, 0,18 % Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 0,003 % CaO, 3,15 % Cl, 0,046 % J, 0,007 % Br, 0,88 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1,08 % SO<sub>3</sub>, 16,79 % CO<sub>2</sub>, 0,39 % SiO<sub>2</sub>.

In einer Arbeit von A. Pütter „Studien zur vergleichenden Physiologie des Stoffwechsels“ ist die chemische Zusammensetzung einiger Meerestiere angegeben, darunter auch von zwei Vertretern der Echinodermen. Da indes die analytische Methode von der von mir angewandten abweicht, muß vorher kurz auf die Methodik Püترز eingegangen werden.

Er teilt die Trockensubstanz in drei Fraktionen. Zuerst extrahiert er mit kochendem Wasser, diese wasserlöslichen Stoffe bilden Fraktion I. Die wasserunlösliche Substanz wird mit Äther extrahiert und dieser Extrakt als F. II bezeichnet. Der wasser- und ätherunlösliche Rückstand ist F. III. In F. I werden die „Extraktivstoffe, z. B. Abbauprodukte des Eiweiß, Purinderivate usw.“, bestimmt durch Ermittlung des Stickstoffgehalts (N wird als 19,6 % der Stoffmenge angesehen). Der Rest des organischen Anteils der F. I bilden die löslichen Kohlehydrate, Mono- und Disaccharide. Die Asche von F. I wird zuerst bestimmt und abgezogen, so daß die Werte für die organischen Bestandteile auf aschefreie Trockensubstanz bezogen sind. In F. II wird der Stickstoff bestimmt, daraus die Lecithine berechnet, indem der N-Gehalt dieser Stoffe zu 2,0 % angenommen wird. Die Fette stellen den Rest von F. II dar, ihr C-Gehalt wird zu 78 % gerechnet. In F. III wird die Eiweißmenge durch Multiplikation der N-Menge mit 6,25 gewonnen, die unlöslichen Kohlehydrate bilden, soweit nicht Chitin vorhanden ist, den Rest von F. III (Asche wird vorher abgezogen).

100 Teile Lebendgewicht enthalten:

Asterina gibbosa	63,8 %	Wasser;	16,9 %	Asche;	19,3 %	Organisches
Cucumaria grubei	79,0 %	„	4,6 %	„	16,4 %	„

100 Teile organischer Trockensubstanz enthalten:

	Extraktiv- stoffe	lösliche Kohlehydr.	Fette und Lecithine	unlösli. Kohle- hydrate	Eiweiß
Asterina gibbosa	4,7	0,0	5,4	70,2	19,7
Cucumaria grubei	5,0	17,1	6,8	15,8	55,2

Um diese Resultate mit meinen Analysen vergleichbar zu gestalten, rechne ich die Werte um und beziehe sie auf Gesamttrockensubstanz (organische Substanz und Asche), außerdem gebe ich die Kohlehydrate nicht getrennt an, auch zähle ich die Extraktivstoffe zu Eiweiß:

	Eiweiß %	Fette (+ Lecith.)	Kohlehydrate	Rohasche
Asterina gibbosa	13,01	2,88	37,42	46,69
Cucumaria	47,07	5,32	25,72	21,90

Da bei Cucumaria von Pütter auch die lösliche Asche (Asche von F. I) angegeben ist, so ist es möglich, die Werte für dieses Tier noch auf seesalzfreie Trockensubstanz umzurechnen.

	Eiweiß	Kohlehydrate	Ätherextrakt	Asche
Cucumaria:	49,74 %	27,08 %	5,61 %	17,42 %

Die Analysen der Seeesterne weichen besonders im Gehalt der Kohlehydrate voneinander ab. Delff fand 9,11 % Kohlehydrate. Bei der Analyse von Marchand sind wohl die Eiweißstoffe bestimmt, doch nicht die Kohlehydrate. Es bleiben nach Abzug von Eiweiß 24,31 % organische Substanz; da es unmöglich ist, daß das Tier soviel Fett enthält, muß man auch hier das Vorhandensein von Kohlehydraten annehmen. Pütters Analyse zeichnet sich durch besonders hohen Gehalt an Kohlehydraten (37,42 %) und dementsprechend niedrigen Eiweiß- und Fettgehalt aus. Sempolowsky und ich fanden überhaupt keine Kohlehydrate.

Der Fettgehalt scheint bei den Asteriden allgemein ziemlich hoch in Beziehung zur vorhandenen organischen Substanz zu sein (mit Ausnahme der Pütterschen Analyse). Das Ver-

hältnis von Asche zu organischer Substanz kann man nach den fünf vorliegenden Analysen rund als 1:1 bezeichnen. Bei den hier untersuchten Seeigeln besteht die organische Substanz, die nur ein Fünftel der Gesamttrockensubstanz ausmacht, ungefähr zur Hälfte aus Eiweiß, den Rest nehmen zum größten Teil die Kohlehydrate ein. Im Ganzen bilden demnach die Seeigel eine recht klägliche Kost (siehe Verdauungsversuch<sup>1)</sup>). R. Hesse (Tierbau und Tierleben) und O. v. Fürth (vergl. chem. Phys. usw.) geben an, daß Seesterne ihre Stammverwandten, die Seeigel, fressen.

Die Seesterne stellen eine weit wertvollere Nahrung dar. Hippasterias steht im Nährwert ungefähr den Crustaceen gleich, denn der Verdauungsversuch zeigt, daß fast alle organische Substanz (50 %) verdaubar ist, im Gegensatz zu Asterias rubens (Delff), wo sich nur von rund 50 % organischer Substanz 35,24 % als verdaubar erwiesen. Prof. Dr. Reibisch (Kiel) sagte mir, daß Haie und andere Raubfische den Seesternen nachstellen.

Über die Giftigkeit von Seesternen wird bei O. v. Fürth (vergl. chem. Phys. usw.) angegeben, daß Hunde und Katzen, die mit rohen oder gekochten Seesternen gefüttert wurden, heftige, selbst tödlich verlaufende Vergiftungen zeigten. Im Gegensatz hierzu schreibt Eichelbaum (Über die Nahrung und Ernährungsorgane von Echinodermen, Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen), daß auf Grund von Fütterungsversuchen, die er selbst ausgeführt hat, die Giftigkeit der Seesterne unwahrscheinlich sei. Zum Verständnis der Analysen können noch die Angaben Eichelbaums über die Nahrung von Echinodermen beitragen. Echinus ist Liebhaber kleiner Würmer, Krebse, Schwämme, oder weidet Algenrassen ab. Vielleicht ist auf diese pflanzliche Kost der relativ hohe Gehalt an Kohlehydraten in der Analyse von Echinus zurückzuführen. Spatangus dagegen schaufelt sich den ganzen Darm voll Sand und Schlamm, er lebt von den darin enthaltenen Tier- und Pflanzenresten. Entsprechend dieser Lebensweise besteht das getrocknete Tier zu 64 % aus Sand.

Cucumaria fällt den anderen Echinodermen gegenüber auf durch den geringen Aschengehalt, bedingt durch Rückbildung des Kalkskeletts. Der hohe Gehalt an organischer Substanz erlaubt, dieses Tier als recht ergiebiges Nährmaterial anzusprechen. Wird doch auch eine nahe Verwandte, Holothuria edulis, bekannt als Trepang, viel gegessen, besonders von Chinesen. Die von Pütter untersuchte Cucumaria zeigt keinen Darminhalt, also  $\text{SiO}_2$  usw., weil die Tiere 17 Tage im Aquarium ohne geformte Nahrung gehalten wurden. Nach Pütter soll die chemische Zusammensetzung dieser hungernden Tiere keine nennenswerten Unterschiede gegen die der frischgefangenen Tiere aufweisen.

Die nächste Gruppe der Anneliden ist in chemischer Beziehung wenig bekannt. Der niedrige Aschengehalt, hohe Eiweiß- und Fettgehalt macht sie zu recht fetten Bissen, die Zahl ihrer Feinde ist daher groß genug. Der hohe Nährwert ergibt sich auch aus zwei Analysen von Delff (auf seesalz- und  $\text{SiO}_2$ -freie Trockensubstanz bezogen):

1. Nereis: 10,12 % N, 61,83 % Eiweiß, 16,00 % Fett, 17,75 % Kohlehydrate, 1,66 % Asche,
2. Arenicola: 9,67 % N, 61,97 % Eiweiß, 8,56 % Fett, 19,13 % Kohlehydrate, 5,11 % Asche, 0,89 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 0,96 %  $\text{CaO}$ , 1,70 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Der in Sand bohrende Wurm *Arenicola*, der viel als Köder von Fischern benutzt wird, zeigt einen dementsprechenden Gehalt an  $\text{SiO}_2$ , wie es die nicht reduzierten Analysenresultate von Delff zeigen:

*Arenicola*: 1,81 % N, 31,03 % Eiweiß, 1,29 % Fett, 9,58 % Kohlehydrate, 52,19 % Rohasche, 5,54 % Seesalz, 0,11 %  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 0,18 %  $\text{CaO}$ , 0,85 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ , 11,39 %  $\text{SiO}_2$ .

Dadurch wird selbstverständlich der Nährwert bedeutend herabgesetzt. Durch ihren hohen Wassergehalt verlieren auch die von mir analysierten Würmer an Nährwert, die Trockensubstanz wird dadurch auf eine größere Gewichtsmenge der frischen Tiere verteilt (siehe Tabelle der Analysenresultate in Prozenten des Lebendgewichts). Doch da so gut wie alle organischen Stoffe verdaubar sind (siehe Verdauungsversuch!), so bieten diese Tiere trotzdem eine ganz vorzügliche Nahrung.

Von den untersuchten Blutegeln ist ihre fast gleiche chemische Zusammensetzung hervorzuheben, nur fehlen *Hirpobdella* völlig die Kohlehydrate, welche bei *Hirudo medicinalis* als Glykogen vorhanden sind. Der hohe Fettgehalt ist bei diesen relativ trägen Tieren als Reservestoff erklärlich. Bei den Analysen habe ich nach gewöhnlicher Methode Chitinbestimmungen gemacht, indem ich von den Untersuchungen Richards „Über Cuticular- und Gerüstsubstanzen wirbelloser Tiere“ ausging. Richard fand die Cuticula der Hirudineen unlöslich in kochender Kalilauge, außerdem stellte er Rotfärbung bei Behandlung mit Chlorzinkjod oder Jodkalium und Schwefelsäure fest, hieraus schließt er, daß die Cuticula der Egel aus Chitin besteht. Die Menge, die ich fand, liegt innerhalb der Grenzen des Crustaceenchitins.

Unter den niederen Würmern ist für die Eingeweidewürmer in Beziehung zu ihrer Lebensweise wenig Asche, viel Eiweiß, auffallend viel Fett und Glykogen charakteristisch. *Ascaris* hat weniger Fett als *Bothriocephalus*, dafür um so mehr Glykogen. (Über den Glykogengehalt ist oben Näheres mitgeteilt.) *Ascaris* gegenüber ist bei *Bothriocephalus* ein höherer  $\text{CaO}$ - und  $\text{P}_2\text{O}_5$ -Gehalt auffallend. In Krukenberg „Chemie der Gewebe“ findet sich eine Angabe, daß bei Bandwürmern unmittelbar unter der Haut elliptische oder scheibenförmige Körperchen vorhanden sind, die größtenteils aus  $\text{CaCO}_3$  bestehen. Was den Wassergehalt bei Eingeweidewürmern betrifft, so fand Weinland (Über den Glykogengehalt einiger parasitischer Würmer, Zeitschrift für Biologie 1901) bei:

<i>Taenia</i>	7,8—10,5 % Trockensubstanz,	92,2—89,5 % Wasser
<i>Ascaris</i>	21,5—19,9 % „ „	80,1—78,5 % „ .

Ich fand bei *Bothriocephalus* 84,7 % Wasser, also bedeutend weniger gegenüber *Taenia*, bei *Ascaris* fand ich 79,30 %, was gut zu Weinlands Angabe stimmt.

Über *Aurelia* finde ich Angaben bei Krukenberg (vergleichende physiologische Studien), und zwar zuerst eine Analyse von Ladenburg. Er fand bei *Aurelia aurita* der Ostsee 2,06 bis 2,1 % Trockensubstanz und 97,94 bis 97,90 % Wasser. Krukenberg selbst fand in der Adria bei *Aurelia aurita* 95,7944 % Wasser und 4,2056 % Trockensubstanz. Die Verschiedenheit dieser Resultate führte Krukenberg auf Grund weiterer experimenteller Studien zu dem Schluß, daß der Salzgehalt der Medusen und damit ihre Trockensubstanz abhängt von dem Salzgehalt des umgebenden Mediums. Die Kieler Förhrde, aus der Ladenburg sein Material entnahm, hat nach

Krukenberg einen mittleren Salzgehalt von 1,7 bis 1,8 %, während der Salzgehalt der Adria auf 3,84 % steigt. Krukenbergs Schlußfolgerungen lauten (angegeben in vergleichende physiologische Studien):

„Die Flüssigkeit in der Gallertscheibe der Medusen weist bezüglich ihres Salzgehalts ausnahmslos eine große Übereinstimmung mit dem umgebenden Meerwasser auf, jedoch derart, daß in salzarmen Meeren der Salzgehalt des Gallertwassers gegenüber dem des Meeres sich verhältnismäßig viel höher stellt als bei Medusen, welche in salzreichen Wässern leben.“

Mein Resultat mit 98,22 % Wasser ist noch höher als das Ladenburgs. Ob dieser Unterschied an der angewandten Methode liegt oder in der Größe der Tiere, ist leider nicht zu beurteilen, da bei Ladenburgs Analyse nichts Näheres über diese Faktoren angegeben ist. Rechne ich mein analytisches Ergebnis, daß 77,05 % Seesalz in der Trockensubstanz (die 1,78 % des frischen Tieres ausmacht) enthalten ist, auf das frische Tier um, so erhalte ich 1,3715 % Seesalz. Den geringen Gehalt an Nährmaterial ersieht man daraus, daß 1 kg frischer Substanz ans 982,2 g Wasser, 13,7 g Seesalz und nur 4,1 g organischer Substanz, also Nährmaterial, besteht.

Pütter gibt die chemische Zusammensetzung einer Actinie an:

100 Teile Lebendgewicht enthalten bei *Anemonia sulcata* 87,2 % Wasser, 3,27 % Asche, 9,53 % Organisches.

100 Teile organischer Trockensubstanz enthalten:

	Extraktiv- stoffe	lösli. Kohle- hydrate	Fette und Lecithine	unlösli. Kohle- hydrate	Eiweiß
<i>Anemonia</i>	7,0	31,5	11,5	15,7	34,3.

Rechne ich wieder auf Gesamttrockensubstanz um, zähle die löslichen und unlöslichen Kohlehydrate zusammen, und rechne die Extraktivstoffe zu Eiweiß, so erhalte ich:

	Eiweiß	Fette (und Lecithine)	Kohlehydrate	Rohasche
<i>Anemonia</i>	30,98	8,63	35,41	25,55.

Die Reservestoffe Kohlenhydrate und Fette machen den größeren Teil der organischen Substanz aus, dies ist bei der feststehenden Lebensweise erklärlich. Der Wassergehalt ist wie bei den Spongien sehr groß. Trotzdem diese Secrose skelettlos ist, beträgt der Aschengehalt doch ein Viertel der Trockensubstanz. Immerhin zeigt die chemische Zusammensetzung, daß dieses Tier einen hohen Nährwert besitzt. In Leunis, Synopsis der Tierkunde, Band II ist angegeben, daß *Anemonia sulcata* in Südfrankreich unter dem Namen *ortique* gegessen wird.

Über Spongien sind in A. Pütter „Studien zur vergleichenden Physiologie des Stoffwechsels“ einige Analysen angegeben, die hier angeführt werden mögen. Die analytische Methode, die Pütter angewandt hat, ist schon bei Besprechung der Echinodermen angegeben.

100 Teile Lebendgewicht enthalten:

	Wasser	Asche	Organisches
<i>Suberites domuncula</i>	77,5	14,9	7,60
<i>Hircinia spec.</i>	83,8	4,2	12,0
<i>Sycandra raphanus</i>	90,15	6,24	3,61

100 Teile organische Trockensubstanz enthalten:

	Extraktiv- stoffe	lös- Kohlhydrate	Fette und Lecithine	unlös- Kohlhydrate	Eiweiß
Suberites	5,6	9,2	8,2	41,5	35,5
Hircinia	17,5	16,5	2,4	15,1	48,5
Sycandra	15,4	0,0	3,6	67,7	13,8

Auf Gesamttrockensubstanz (Asche + org. Trockensubst.) bezogen, sowie die Kohlehydrate zusammengezählt und die Extraktivstoffe zu Eiweiß gerechnet, ergibt nach eigener Umrechnung:

	Eiweiß	Fette (+ Lecithine)	Kohlhydrate	Rohasche
Suberites	13,97	2,79	17,24	66,22
Hircinia	48,84	1,78	23,28	25,93
Sycandra	10,70	1,32	24,81	63,35

Den Spongien gemeinsam ist ein hoher Gehalt an Kohlehydraten, die wohl als Reservestoff anzusprechen sind. Die Kohlehydrate machen bei Suberites und Sycandra den größten Teil der organischen Substanz aus. Bei Hircinia ist dies nicht der Fall, da hier das Skelett allein aus organischer Substanz besteht, die den Eiweißgehalt erhöht. Würde man die Gerüstsubstanz vom Eiweiß abziehen, so würde sich bei Hircinia zeigen, wie sehr das Reservematerial überwiegt. Der Aschengehalt der Spongien ist sehr hoch mit Ausnahme der Hornschwämme, deren Skelett nicht zur Asche beiträgt. Wegen des hohen Gehalts an unverdaulicher Skelettsubstanz geben die Spongien keine günstige Nahrung ab.

Da bei Suberites noch die in Fraktion I enthaltene, also lösliche Asche angegeben ist, ist es möglich, die Analysenresultate auf seesalzfreie Trockensubstanz zu beziehen:

(In Gesamttrockensubstanz 7,2 % lös. Asche — Seesalz.)

	Eiweiß	Fette (+ Lecithine)	Kohlhydrate	Asche
Suberites	15,05	3,00	18,58	63,60

Bei dem Planktonfang ist auf die relativ große Menge von Copepoden-Jugendzuständen (Nauplien und Copepoditen) aufmerksam zu machen. Wenn sie auch an Zahl nur den  $\frac{1}{24}$  Teil der Peridincen ausmachen, so werden sie an der Trockensubstanz doch einen erheblichen Anteil haben. Dies spricht sich auch, wenn man die Analysenresultate mit denen Brandts von Ceratien vergleicht, in dem Gehalt an Eiweiß, Fett und Kohlehydrate aus. Brandt (Beiträge zur chemischen Zusammensetzung des Planktons) gibt für Ceratium die Durchschnittszusammensetzung: 13 % Eiweiß, 1,3 bis 1,5 % Fett, 80,5 bis 80,7 % Kohlehydrate (davon etwa die Hälfte Cellulose) 5,0 % Asche an, für Copepoden: 59 % Eiweiß, 4,7 % Chitin, 7 % Fett, 20 % Kohlehydrate, 9,3 % Asche. Meine Resultate stehen ungefähr in der Mitte zwischen beiden, was auf eine fast gleichmäßige Beteiligung beider Komponenten an diesem Fange schließen läßt. Der Eisengehalt von 2,32 %, der höher ist als bei allen sonst analysierten Meerestieren, ist auffallend und widerspricht R. Schneiders früher zitiertem Erfahrungssatz, daß unter den Meerestieren die pelagischen Formen sich durch besonders niedrigen Eisengehalt auszeichnen. Der hohe Seesalzgehalt von 17,73 % zeigt, welche großen Mengen Seesalz die abgesetzte schwamm-

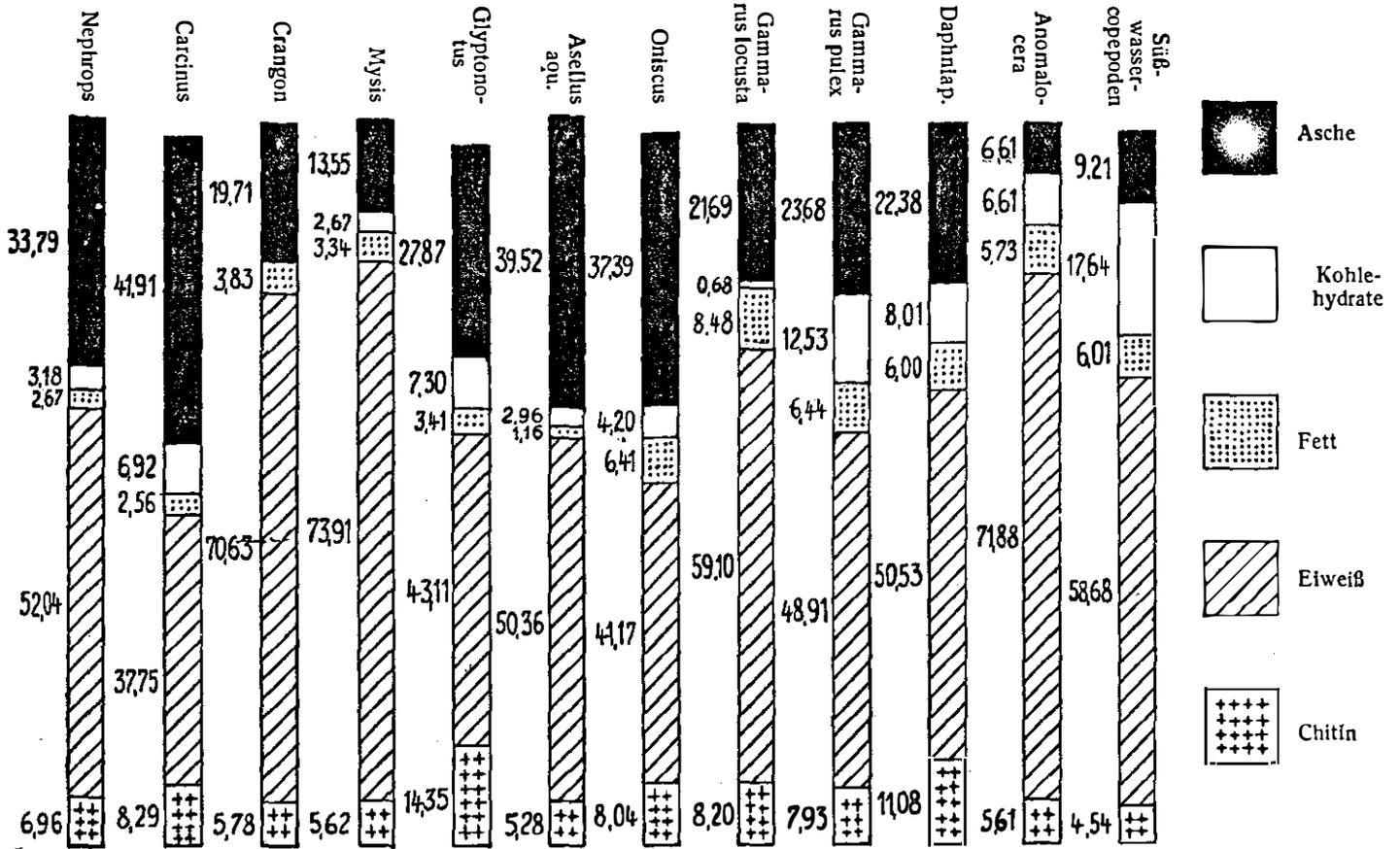
artige Planktonmasse rein mechanisch festzuhalten vermag. Am Verdauungsversuch sieht man, daß dieses Plankton eine recht günstige Nahrung darstellt, die ungefähr den Weichkörpern der Mollusken gleichkommt und nur von den Würmern übertroffen wird. Es ist außer Cellulose und einem Teil der Asche alles (70 % der Trockensubstanz) verdaut worden. Zu beachten ist noch das Verhältnis von Setzvolumen zu Trockengewicht, besonders auffallend ist dieses Verhältnis im Vergleich zu Brandts Angaben. Hier wird angegeben, daß im Durchschnitt auf 50 ccm Volumen 1,35 g Trockensubstanz kommen, und daß diese nur dann bedeutend kleiner ist, wenn viel Diatomeen vorhanden sind, die wegen ihrer Sperrigkeit das Volumen enorm vergrößern. Umgekehrt wird das Setzvolumen durch viele Copepoden verkleinert, das Trockengewicht also erhöht. Ich erhalte auf 50 ccm Setzvolumen 3,11 g Trockensubstanz, dieses außerordentlich hohe Verhältnis ist vielleicht aus der völligen Abwesenheit sperriger Formen, besonders Chaetoceras zu erklären.

## 8. Literatur-Verzeichnis.

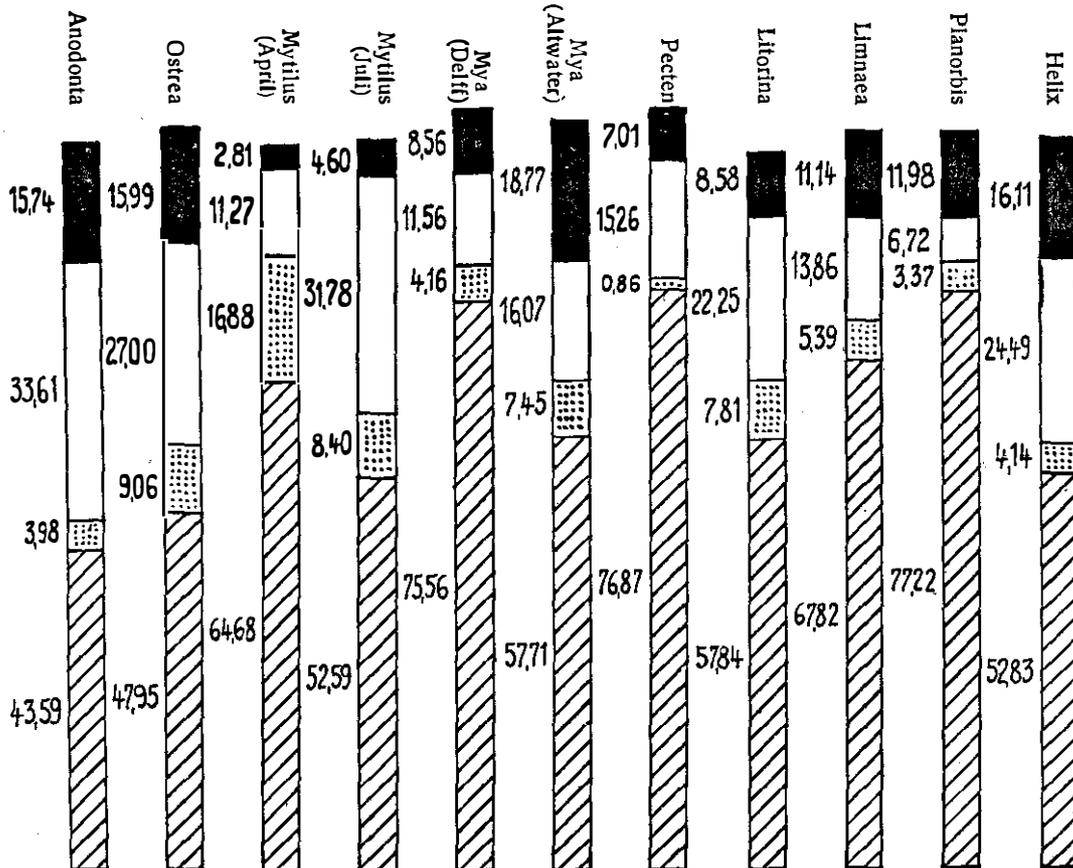
1. Bauer, Süßwasserfauna Deutschlands.
2. Brandt, Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung des Planktons. Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Kiel 1898.
3. Bunge, Über das Sauerstoffbedürfnis der Schlammbewohner. Zeitschr. f. physiol. Chemie 12, 1888.
4. Delff, Beiträge zur Kenntnis der chemischen Zusammensetzung wirbelloser Meerestiere. Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen, Kiel 1912.
5. Eichelbaum, Über die Nahrung und Ernährungsorgane von Echinodermen. Wissenschaftliche Meeresuntersuchungen.
6. O. v. Fürth, Vergleichende chemische Physiologie niederer Tiere. Jena 1903.
7. E. Haselhoff, Agrikulturchemische Untersuchungsmethoden. Leipzig 1909.
8. R. Hertwig, Lehrbuch der Zoologie. Jena 1910.
9. Hesse-Doflein, Tierbau und Tierleben. Band 1. Leipzig u. Berlin 1910.
10. Hoek, P. P. C., Rapport over de oorzaken van den achteruitgang in hoedanigheid van de Zeevswaer oester. 1902.
11. Knauth, Das Süßwasser.
12. König, Die menschlichen Nahrungs- und Genußmittel.
13. Krukenberg, Chemie der Gewebe.
14. —, Vergl. physiologische Vorträge.
15. Lampert, Das Süßwasser.
16. Lassar-Cohn, Arbeitsmethoden für organische chemische Laboratorien, Allgemeiner Teil.
17. Dr. med. A. Legahn, Physiologische Chemie. Leipzig 1905.
18. Leunis, Synopsis der Tierkunde.
19. Milroy, Seasonal Variations in the Quantity of Glykogen in Samples of Oysters. (Department of Agriculture and Technical Instruction for Ireland.)
20. A. Pütter, Studien zur vergleichenden Physiologie des Stoffwechsels. (Abhandlungen der Kgl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Mathem.-physik. Klasse. 1908.)
21. Rauschenplatt, Über die Nahrung von Tieren aus der Kieler Bucht. Dissertation. Kiel 1901.
22. Reichard, Über Cuticular- und Gerüstsubstanzen wirbelloser Tiere. Heidelberger Dissertation 1902.
23. Schloßberger, Chemie der Gewebe.
24. R. Schneider, Über Eisen-Resorption in tierischen Organen und Geweben. (Aus den Abhandlungen der Kgl. Preuß. Akademie der Wissenschaften. Berlin 1888.)
25. —, Verbreitung und Bedeutung des Eisens im animalischen Körper. 64. Verhandlung der Gesellschaft deutscher Naturforscher und Ärzte. Halle 1891.
26. —, Das Eisen im Pflanzen- und Tierkörper nach den neuesten Forschungen. (Vossische Zeitung 1889.)
27. Sempolowsky, Landwirtschaftliche Versuchsstation. 1889.
28. Treadwell, Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie, 1905, Bd. II.
29. Weinland, Über Kohlehydraterzersetzung ohne Sauerstoffaufnahme, ein tierischer Gärungsvorgang. Zeitschrift für Biologie 42, 1901.
30. —, Über den Glykogengehalt einiger parasitischer Würmer. Zeitschrift für Biologie 41, 1901.

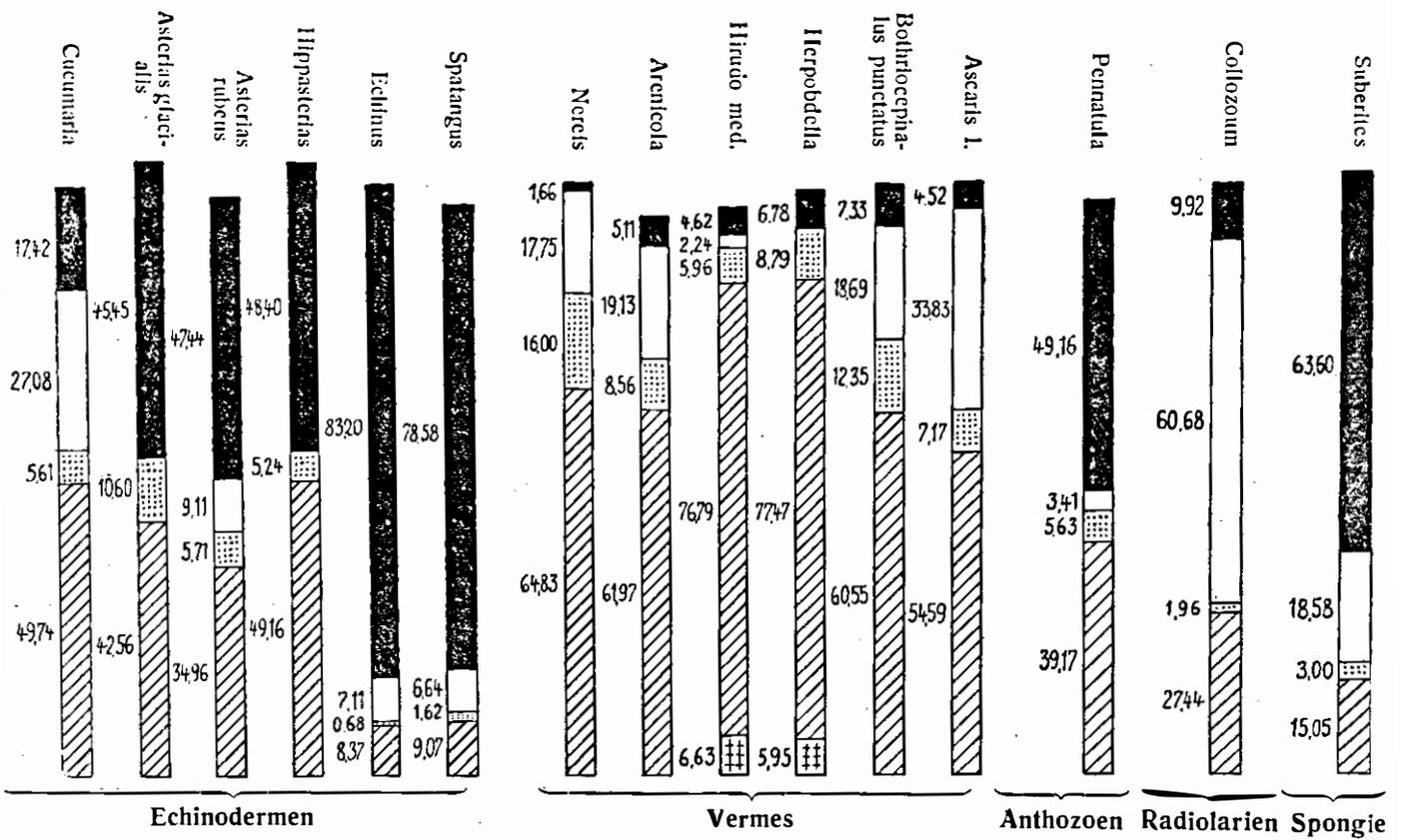
# 9. Graphische Darstellung von Repräsentanten wirbelloser Tiere in ihrer chemischen Zusammensetzung.

## Crustaceen.



## Mollusken (Weichkörper).





# Inhalt.

---

	Seite
1. Gegenstand und Ziel der Untersuchungen . . . . .	3
2. Die Methoden . . . . .	4
a) Die allgemeinen Grundlagen . . . . .	4
b) Die angewandte Methode . . . . .	5
3. Die Analysen . . . . .	7
4. Tabellen der Resultate a—f . . . . .	27
5. Über Glykogen . . . . .	31
6. Die Cuticularsubstanz bei <i>Ascaris lumbricoides</i> . . . . .	33
7. Allgemeine und vergleichende Betrachtungen . . . . .	34
8. Literaturverzeichnis . . . . .	50
9. Graphische Darstellung der chemischen Zusammensetzung von Repräsentanten wirbelloser Tiere . . . . .	51

---



## **Lebenslauf.**

---

Als Sohn des Fuhrherrn Joh. Heinr. Meyer und Ehefrau geb. Sagemühl wurde ich, Johann Alb. Meyer, protestantischer Konfession und bremischer Staatsangehörigkeit, am 1. Juni 1890 in Bremen geboren. Hier besuchte ich die Oberrealschule, wo ich Michaelis 1909 das Zcugnis der Reife erhielt. Ich widmete mich dann dem Studium der Naturwissenschaften und der Philosophie, und zwar 1909/10 bis 1910/11 in München, 1911 in Leipzig, 1911/12 in Straßburg und von dieser Zeit an in Kiel. Meine akademischen Lehrer waren: v. Baeyer, Brandt, Bresslau, v. Goebel, Goette, Gractz, v. Hertwig, Johnsen, Le Blanc, Maas, H. Meyer, Mische, Paul, Pauly, Pfeffer, Reinke, Wagner.

---