

# Copyright ©

---

Es gilt deutsches Urheberrecht.

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

German copyright law applies.

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

Korrekturen:

Kieler Meeresforschungen Sonderheft Nr. 3, 1976

S. 31 (WORTHMANN), Zeile 6: „zu betrachten . . . .“ Folgende zwei Absätze, beginnend mit „(Wasser)bezirke . . . . bis . . . . Faktor auftritt“. direkt ansetzen an das Ende der Seite „Stillwasser“

S. 99 (REIMERS/KÖLMEL), Zeile 5 von unten: statt  $21,4 = 26,4$

S. 84/85 RICHTER/RUMOHR Tafel 2 Abb. 3 steht auf dem Kopf.

S. 1–4 SCHRAMM/MARTENS Legenden zu Abb. 2–4 vertauscht.

## Die Molluskenfauna verschiedener Flachwassergebiete der Kieler Bucht, Artenzusammensetzung und Produktivität\*)

HEINO WORTHMANN

**Zusammenfassung:** Zur Untersuchung des Jahresganges der Molluskenfauna und ihrer Tiefenabhängigkeit in verschiedenen Flachwassergebieten der Kieler Bucht wurden monatlich Bodenproben in 1, 2, 3, 4, und 5 m Wassertiefe genommen. Die wichtigsten Arten sind *Cardium edule* L., *Macoma baltica* L., *Mya arenaria* L., *Mytilus edulis* L. und *Hydrobia* spec. Von 1—3 m Tiefe war eine Erhöhung der Biomasse zu verzeichnen. Das Optimum lag in 3 m Tiefe mit über 160 g/m<sup>2</sup> im Jahresmittel. Die meisten Arten wurden durch eine *Zostera*-Wiese in ihrer Verbreitung limitiert. Schwankungen im Jahresgang beruhten vor allem auf Brutfall, Wachstum und Wegfraß. Die Mindestproduktion liegt mit 298,4 g/m<sup>2</sup> über der der tieferen Teile der Kieler Bucht.

**The Molluscs of Different Shallow Water Areas of Kiel Bight, Composition and Productivity (Summary):** To investigate the seasonal fluctuations of Molluscs and their dependence upon depth in different shallow water areas of Kiel Bight, bottom samples were taken monthly at a depth of 1, 2, 3, 4, and 5 m. The most important species are *Cardium edule* L., *Macoma baltica* L., *Mya arenaria* L., *Mytilus edulis* L., and *Hydrobia* spec. The biomass increased down to a depth of 3 m. The highest biomass was found in 3 m with a mean wet weight of more than 160 g/m<sup>2</sup>. Most of the species were limited in their distribution by Eelgrass (*Zostera marina*). Seasonal fluctuations mostly were caused by spatfall, growth, and predation. The minimum production (298,4 g/m<sup>2</sup>) is higher compared to the deeper parts of Kiel Bight.

### 1. Einleitung, Material und Methode

Die Westliche Ostsee unter Einschluß der Kieler Bucht war das erste Seegebiet der Welt, das ausführlich auf seine Bodenfauna untersucht wurde. Fand in früheren Jahrzehnten eine reine Bestandsaufnahme statt, so brachten Autoren in jüngerer Zeit die Befunde aus den Makrobenthos-Untersuchungen mit der Nahrung der bodenlebenden Fische in Beziehung (KÜHLMORGEN-HILLE 1963, 1965; ARNTZ 1971 a, b, 1973, 1974).

Das Makrobenthos im küstennahen Flachwasser der Kieler Bucht wurde bislang vernachlässigt. Erst heute, da man sich im Rahmen einer Gesamtbetrachtung des Ökosystems Kieler Bucht auch konkrete Gedanken über die Flachwasserzonen macht, gewinnt das obere Sublitoral allmählich an Bedeutung. Ziel dieser Arbeit war es, jahreszeitliche Veränderungen des Makrobenthos und seine Zonierung bis zu einer Tiefe von 5 m zu untersuchen. Zu diesem Zweck wurde ein Küstenstreifen vor Surendorf in der Eckernförder Bucht gewählt, mit einem vegetationslosen Teil von 0—3 m Wassertiefe und einer sich anschließenden Seegraswiese. Zum Vergleich wurde eine weitere *Zostera*-Wiese vor Stein und das völlig vegetationslose Sublitoral am Bottsand herangezogen (Abb. 1).

In Surendorf wurden im Zeitraum Dezember 1972 bis Oktober 1973 und November bis Dezember 1974 monatlich je 3 Proben mit einem van Veen-Bodengreifer (557 cm<sup>2</sup>) in 1, 2, 3, 4 und 5 m Wassertiefe genommen. Vergleichende Untersuchungen erfolgten in Stein und am Bottsand in den Monaten Februar bis April 1973. Das Substrat wurde in einem Sieb mit 0,5 mm Maschenweite ausgewaschen und der verbleibende Rest in 5% Formalin fixiert. Bei der Bearbeitung wurde das Makrobenthos vom Restsubstrat getrennt, nach Arten aufgeschlüsselt und auf 0,1 mg genau gewogen. Die Wägung

\*) Beitrag Nr. 159 aus dem Sonderforschungsbereich 95, Universität Kiel

der Mollusken erfolgte mit Schalen. Die Muscheln wurden außerdem zur Ermittlung des Wachstums auf 0,5 mm genau gemessen.

### 1.1 Effizienz der Bodengreiferproben

Das Problem aller Benthosuntersuchungen ist die Qualität der Probennahme, d.h. inwieweit die tatsächlich vorhandenen Arten erfaßt werden und die Proben für die Gesamtbesiedlung repräsentativ sind. GERLACH (1971) fand in einem anderen Gebiet, daß mit zwei Proben und einer untersuchten Fläche von 0,2 m<sup>2</sup> 60% der vorhandenen Arten erfaßt werden. Wenn wir annehmen, daß diese Werte auch auf das hier untersuchte Gebiet zutreffen, würde mit 3 Proben ein Areal von 0,17 m<sup>2</sup> erfaßt, was nach GERLACH eine ungefähre Ausbeute von 50% der Arten bedeutete. Da aber in jeder Tiefe 3 Bodengreiferproben genommen wurden und die einzelnen Arten entweder im unbewachsenen, im Vegetationsgürtel oder im gesamten Bereich vertreten sind, kann man im ungünstigsten Falle von 6 Proben ausgehen, was einer Erfassung von 0,33 m<sup>2</sup> entspricht mit einer wahrscheinlichen Ausbeute von ca. 70% der vorhandenen Arten.

Die Individuenzahl der einzelnen Arten kann je nach deren Verteilung, ob homogen oder kumulativ, schwanken. Zur Prüfung der Homogenität wurde der Diversitätsindex von MORISITA (1959) angewandt. Zu diesem Zweck wurden 10 Greiferproben an derselben Stelle genommen, nach Arten aufgeschlüsselt und die Individuenzahlen ermittelt. Da man sich nach GERLACH (1971) auf die Arten beschränken kann, die mit mehr als 3% an der Makrobenthosbiomasse beteiligt sind, wurden nur die Arten *Cardium edule* und *Macoma baltica* untersucht. Es ergab sich ein Verteilungsindex für

<i>Cardium</i>	von 0,1193
<i>Macoma</i>	von 0,1319.

Für die obere Grenze des Diversitätsindex gibt SIMPSON (1949) 1, für die untere Grenze  $1/n$ , d.h.  $1/\text{Anzahl der Proben}$  an. Geht der Index gegen 1, bedeutet es, daß inhomogene Verteilung vorliegt, geht er gegen  $1/n$ , daß die Art gleichmäßig über das untersuchte Areal verteilt ist. Für die untersuchten Arten ergibt sich eine untere Grenze von 0,11. *Cardium edule* und *Macoma baltica* sind demnach homogen verteilt.

Zum anderen wurde eine Varianzanalyse über 9 Bodengreiferproben und die beiden Arten gemacht.

Die Varianz der Bodengreifer betrug	42,2777,
die Varianz der enthaltenen Arten	1732,8888, und
die Restvarianz	40,8055.

Testet man die Bodengreifer gegen die Restvarianz, erhält man

$$F_0 = 1,0360.$$

Der Tabellenwert für den Vertrauensbereich von 95% beträgt

$$F_{(0,05; 8; 24)} = 2,34.$$

Testet man die Varianz der Arten gegen die Restvarianz, erhält man

$$F = 42,4669.$$

Der Tabellenwert beträgt

$$F_{(0,05; 3; 24)} = 2,99.$$

Das bedeutet erstens, daß die Bodenproben nicht signifikant unterschiedlich sind, und zweitens, daß nur die Anzahl der verschiedenen Arten untereinander signifikant verschieden ist.

Anschließend wurden die 9 Bodengreiferproben in Dreiergruppen zusammengefaßt und ebenfalls einer Varianzanalyse unterzogen, da die Möglichkeit besteht, daß eine oder zwei Proben sich an der Signifikanzgrenze bewegen und sich bei einer Zusammenfassung dadurch signifikante Unterschiede ergeben.

Es ergab sich eine Varianz für die Bodenproben von

$$F_0 = 0,7080 \text{ bei einem Tabellenwert von } F_{(0,05; 2; 30)} = 3,22$$

und für die Arten

$$F_0 = 41,3193 \text{ bei einem Tabellenwert von } F_{(0,05; 3; 30)} = 2,92.$$

Da auch die Gruppen nicht signifikant unterschiedlich sind, entsprechen die angegebenen Werte zu 70% der tatsächlichen Besiedlung, und eine Streuung der Bodengreiferproben kann vernachlässigt werden.

## 2. Ergebnisse

Die Mollusken waren mit 13 Arten im Flachwasser vertreten (Tab. 1). Von größerer Bedeutung waren bei den Bivalviern nur 4 Arten (*Mytilus edulis* L., *Cardium edule* L., *Macoma baltica* L. und *Mya arenaria* L.), bei den Gastropoden nur 1 Art (*Hydrobia spec.*). Zahlen- und gewichtsmäßig spielen die Mollusken die größte Rolle im Flachwasser der Untersuchungsgebiete. Ihr Anteil an der Gesamtbesiedlung beträgt im Jahresdurchschnitt 63% Individuen- und 93% Gewichtsanteil. ARNTZ (1972) gibt für die tieferen Teile der Kieler Bucht (> 15 m) 57,1% bzw. 84% an. Bei KÜHLMORGENHILLE (1963) stellten die Mollusken in diesem Tiefenbereich nur 22% der Individuenzahlen und 35% des Gewichts. Bei seinen späteren Untersuchungen (KÜHLMORGENHILLE 1965) überwogen sie allerdings wieder.

Aus den bisherigen Untersuchungen geht deutlich hervor, daß die Mollusken in ihrer Abundanz und Biomasse sehr stark durch abiotische Faktoren beeinflußt werden (ARNTZ, BRUNSWIG und SARNTHEIM 1976) und zudem erheblicher Zehrung durch Bodenfische und wirbellose Räuber unterliegen. Das erklärt auch, warum manche Arten stärkeren Fluktuationen unterworfen sind als andere.

### 2.1 *Cardium edule* L.

Die weitaus wichtigste Muschel ist *Cardium edule*, die einen durchschnittlichen Gewichtsanteil von 71% am Gesamtbenthos hat. Die größte Verbreitung hat *C. edule*

Tabelle 2  
Anzahl und Biomasse pro m<sup>2</sup> von *Cardium edule* im Jahresmittel

Tiefe (m)	1	2	3	4	5
Anzahl . . . . .	30	114	245	106	82
Biomasse (g) . . . . .	14,9	95,1	129,6	43,7	6,9
Individualgewicht (g) . . . . .	0,49	0,83	0,53	0,41	0,09

in Surendorf in der vegetationslosen Zone. Bis zu einer Wassertiefe von 3 m ist eine stetige Zunahme der Individuenzahlen zu verzeichnen. Das Maximum liegt in 3 m Tiefe mit durchschnittlich 245 Tieren/m<sup>2</sup> und einer Biomasse von 129,6 g/m<sup>2</sup> (Tab. 2).

Das höchste mittlere Individualgewicht liegt in 2 m Tiefe. Mit zunehmender Wassertiefe werden die Muscheln nicht nur seltener sondern auch kleiner. Offensichtlich wird *C. edule* in ihrer Verbreitung durch die Seegraswiesen limitiert. Am Botsand ist eine kontinuierliche Zunahme der Bestandsdichte zum tieferen Wasser hin festzustellen. Die größte Dichte liegt hier mit 564 Tieren/m<sup>2</sup> in 5 m Tiefe. In Stein dagegen tritt mit zunehmender Vegetation ebenfalls eine Abnahme der Individuenzahlen ein. Die größten Muscheln liegen in allen Gebieten in 2–3 m Tiefe. Das flachere Wasser scheint demnach bessere Aufwuchskonditionen zu bieten. Abb. 2 zeigt den tiefenabhängigen Jahresverlauf der Biomasse der Herzmuscheln. Im Frühjahr ist das Gewicht mit durchschnittlich 11,5 g/m<sup>2</sup> gering. Von Juni bis September setzt dann der Brutfall ein. Schon vorher ist ein leichter Anstieg der Biomasse zu verzeichnen. Eine bemerkenswerte Zunahme des Gewichts tritt aber erst im Oktober auf (291,8 g/m<sup>2</sup>), im November und Dezember setzt ein starker Rückgang der Biomasse bis auf 49,8 g/m<sup>2</sup> ein. Die November- und Dezemberwerte haben, da sie ein Jahr später genommen wurden, keine absolute Aussagekraft, zeigen aber die Tendenzen des Jahresganges von *C. edule*.

Der Anstieg der Biomasse ist nur zum geringsten Teil auf den Brutfall zurückzuführen. Zwar kommt es von Mai bis September zu einer Erhöhung der Individuenzahlen von 41 auf 444 Tiere/m<sup>2</sup>, doch trägt zur Gewichtserhöhung des Bestandes in erster Linie das starke Wachstum der Muscheln bei, wie Abb. 3 zeigt. Es wurden die monatlichen mittleren Längen der Herzmuscheln aufgetragen. Von Dezember bis April findet kein Wachstum statt. Die O-Gruppe hat eine mittlere Länge von 6,5 mm und wächst bis zum Juli auf 18,5 mm heran. Zu diesem Zeitpunkt tritt die neue O-Gruppe mit 1–2 mm Größe in den Bestand ein und wächst bis zum Oktober auf 7,5 mm heran, während dann die Altersgruppe I eine Länge von 25 mm erreicht hat. Ab Oktober hören die Muscheln auf zu wachsen. *Cardium edule* wächst innerhalb von 1,5 Jahren von 1–2 mm auf 25–27 mm heran.

Mit dem Wachstum kann zwar der Anstieg des Bestandsgewichts bis Oktober erklärt werden, nicht aber der Rückgang zum Jahresende. Ein Absterben überalterter Tiere scheidet aus, da MUUS (1967) ein Maximalalter von 3 Jahren angibt, die Tiere aber erst ein Alter von 1,5 Jahren erreicht haben. Auch Eisgang als mögliche Todesursache kommt nicht in Betracht, da der Winter 1973/74 sehr mild war. Auch von Fischen, die das Gebiet besiedeln, hauptsächlich sind es Gobiiden und Syngnathiden, kommen nur Plattfische und Dorsche als mögliche Konsumenten in Betracht. Magenuntersuchungen erwiesen, daß nur von größeren Schollen die Siphonen der Herzmuscheln abgeweidet werden. Der durchschnittliche Anteil der Siphonen am Gesamtmageninhalt betrug 18%. Die Scholle trägt demnach zur Dezimierung der *Cardium*-Population bei, doch tritt sie nicht in der Zahl auf, daß der Wegfraß stark ins Gewicht fiele. Selbst im August und September, den den Monaten mit der höchsten Schollenbesiedlung, steigt die Biomasse des Herzmuschelbestandes an. Zur Zeit des Höhepunktes der *Cardium*-Besiedlung und ihres Zusammenbruchs im November, sind die Schollen schon in tieferes Wasser abgewandert. Bei Dorschen wurde in keinem Fall *Cardium* in den Mägen gefunden. Es kommen daher als Ursache für die Dezimierung möglicherweise Wasservögel in Betracht. Schon ab Ende Oktober werden die Küsten der Kieler Bucht von Tausenden von Blesshühnern und Tauchenten bevölkert. MADSEN (1952) führte Nahrungsuntersuchungen an verschiedenen Tauchenten durch. Bei allen von ihm untersuchten Tieren stand *Cardium spec.* als Nahrung hinter *Mytilus* an zweiter Stelle. JOENSEN (1965) bestätigt diese Er-

1

Tafel 1 (zu WORTHMANN)

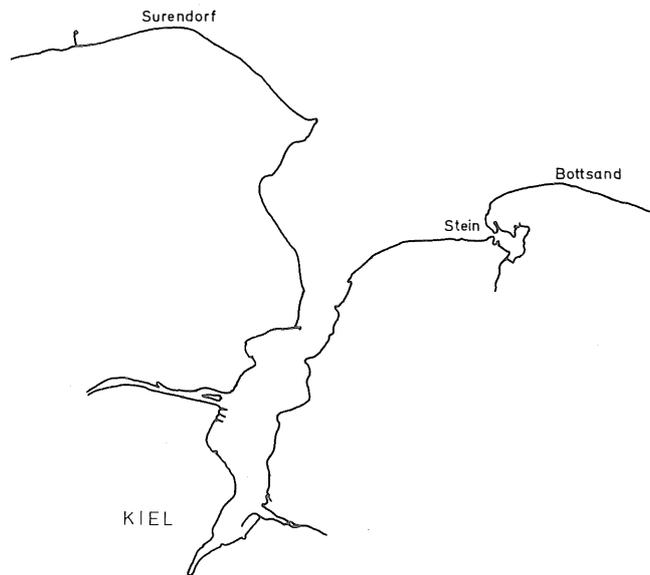


Abb. 1: Lage der Untersuchungsgebiete in der Kieler Bucht.

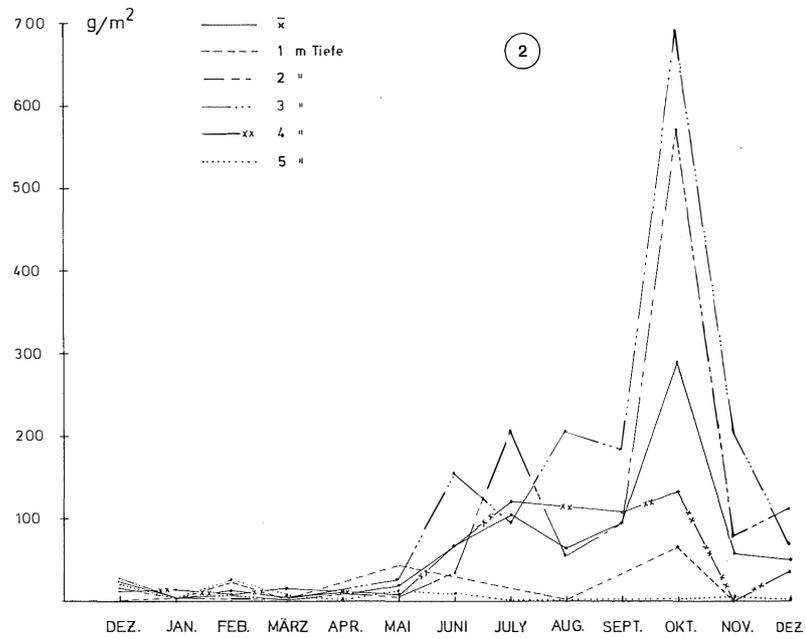


Abb. 2: Tiefenabhängiger Jahresgang der Biomasse von *Cardium edule* L. ( $g/m^2$ ).

Tafel 2 (zu WORTHMANN)

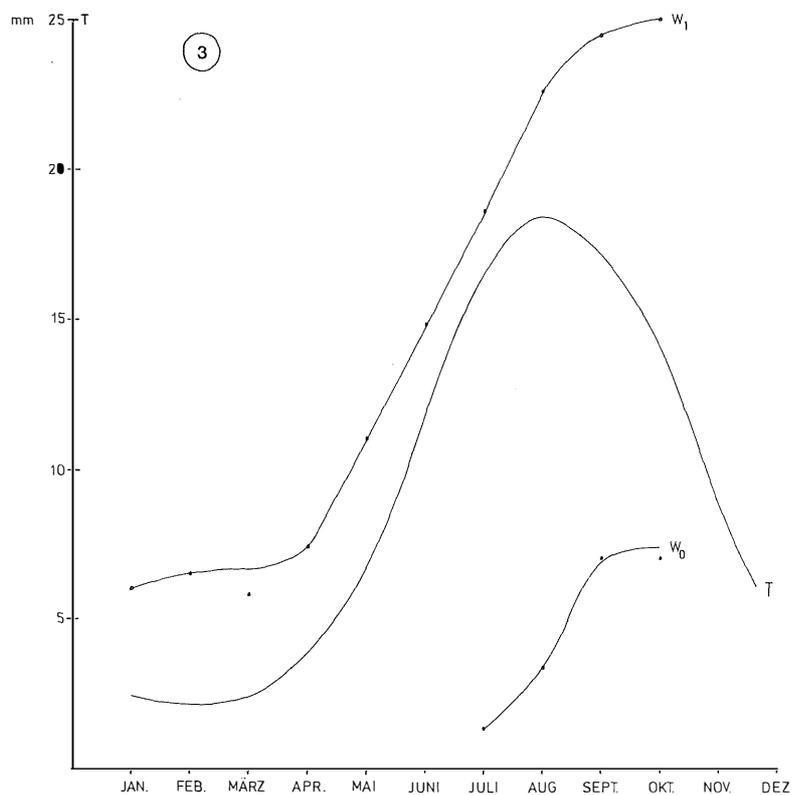


Abb. 3: Mittleres Längenwachstum von *Cardium edule* L. in Abhängigkeit von der Wassertemperatur.  
 $W_0$  = Wachstum der Altersgruppe 0  
 $W_1$  = Wachstum der Altersgruppe 1  
 $T$  = Mittlere Oberflächentemperatur der Kieler Bucht

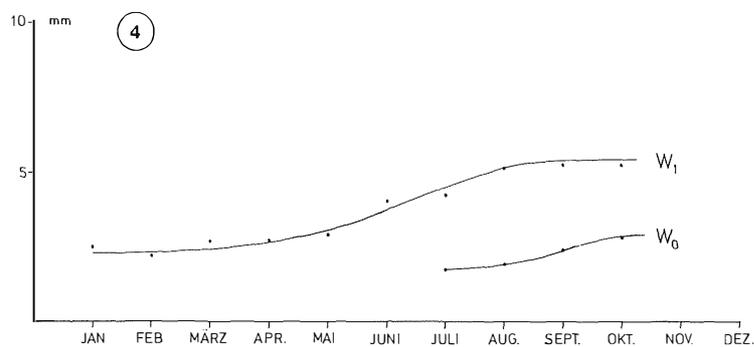


Abb. 4: Mittleres Längenwachstum von *Macoma baltica* L.  
 $W_0$  = Wachstum der Altersgruppe 0  
 $W_1$  = Wachstum der Altersgruppe 1

gebnisse in seinen Untersuchungen über die Trauerente *Melanitta nigra nigra*. NILSSON (1969) gibt als durchschnittliche Nahrungsmenge pro Vogel und Tag 8–10 g an. KOCK (unveröff.) machte mir die zusätzliche Mitteilung, daß er bei seinen Nahrungsanalysen an Eiderenten der Kieler Bucht große Mengen von *Cardium* in den Mägen gefunden hat. Demnach können Wasservögel als Hauptkonsumenten der Herzmuscheln gelten und für den Rückgang der Biomasse verantwortlich gemacht werden. Als weitere Möglichkeit führt LAUCKNER (1972) die Übersichtung der *Cardium*-Populationen durch Sand, hervorgerufen durch starke Stürme an. Laborversuche von ihm ergaben, daß bei niedrigen Wassertemperaturen um 4°C *C. edule* nicht mehr in der Lage ist, sich zur Oberfläche durchzugraben und infolge Sauerstoffmangels eingeht.

## 2.2. *Macoma baltica* L. L

Anders als *C. edule*, die nur in einer eng begrenzten Zone des Flachwassers vorkommt, ist *M. baltica* in allen Tiefenbereichen der Kieler Bucht zu finden. Nach Werten von ARNTZ (1970) liegen die Individuenzahlen in den tieferen Teilen der Kieler Bucht niedriger als im Flachwasser. Bei neueren Untersuchungen fanden ARNTZ et al. (1976) als mittlere Abundanz in einem Rinnenboden in 15 m Tiefe durchschnittlich 2,6 Individuen in 10–14 m Tiefe bereits 16,2 Tiere/0,1 m<sup>2</sup>. Es zeigt sich also eine zunehmende Besiedlungsdichte zum flacheren Wasser. Im Untersuchungsgebiet Surendorf nahm die Häufigkeit der Muschel mit zunehmender Wassertiefe zu. Im Jahresmittel wurden in 1 m Tiefe 49 in 5 m bereits 528 Tiere/m<sup>2</sup> gefunden (s. Tab. 3). Das Maximum der Besiedlungsdichte dürfte zwischen 6 und 10 m Wassertiefe liegen. Der Jahresgang der Biomasse zeigt nicht die deutliche Periodizität der Herzmuschel, da mehrere Altersgruppen im Bestand vertreten sind. Es ist lediglich ein Anstieg des Gewichts im Sommer zu erkennen, der auf den Brutfall im Juni und Juli zurückzuführen ist. Im Juli sind Jungtiere mit über 450 Exemplaren/m<sup>2</sup> im Flachwasser vertreten. Die mittleren Individuenzahlen sind gleichmäßig über das Jahr verteilt.

Tabelle 3  
Anzahl und Biomasse pro m<sup>2</sup> von *Macoma baltica* im Jahresmittel

(Tiefe (m))	1	2	3	4	5
Anzahl . . . . .	49	94	339	398	528
Biomasse (g) . . . . .	1,4	5,9	17,5	18,5	18,9
Individualgewicht (g) . . . . .	0,03	0,06	0,05	0,05	0,04

Das Wachstum von *Macoma baltica* erfolgt wesentlich langsamer als das der Herzmuschel. Auch hier kommt es während der Wintermonate zu einem Stillstand, die neue Wachstumsperiode setzt aber bei *Macoma* erst im Mai ein (Abb. 4) und dauert bis September/Okttober. In diesem Zeitraum wächst die Muschel nur 2–3 mm. Im Gebiet von Surendorf tritt die neue Brut erstmalig im Juli auf und wächst bis Oktober auf 2–3 mm heran. Nach SEGERSTRÅLE (1960) werden die Muscheln in 3 m Tiefe nur 7–8 Jahre alt zeigen dafür aber ein stärkeres Wachstum als die Muscheln der tieferen Regionen, die ein Maximalalter von 25 Jahren erreichen können. Da das Wachstum stark von der Wassertemperatur abhängig ist, leben *Macoma* im Flachwasser unter günstigeren Bedingungen und verfügen über eine längere Wachstumsperiode. Die Dezimierung der älteren Muscheln ist wahrscheinlich nicht nur auf eine natürliche Sterblichkeit zurückzuführen. Auch hier spielt die Beweidung durch Wasservögel eine Rolle.

MADSEN (1952) fand in 6,8% der untersuchten Mägen der Trauerente (*Melanitta nigra nigra*) *Macoma baltica*, 1,8% der Vögel hatten sich ausschließlich von dieser Muschel ernährt.

### 2.3. *Mya arenaria* L.

Die Sandklaffmuschel *Mya arenaria* ist kurzfristig die häufigste Muschel des oberen Sublitorals, da nur die jüngsten Stadien nach dem Brutfall im oberen Endobenthos erfaßt werden können. In späteren Stadien ist *Mya* mit den herkömmlichen Geräten der Probenentnahme nicht mehr quantitativ zu erfassen, da sich die Muscheln mit zunehmendem Alter immer tiefer ins Substrat zurückziehen.

Die schnelle Abnahme der Muscheln (Tab. 1) erlaubt es nicht einen Jahresgang der Besiedlungsdichte zu erkennen. Das Maximum der Biomasse wird in Surendorf im September auf dem Höhepunkt des Brutfalls erreicht. Zu diesem Zeitpunkt beträgt die mittlere Häufigkeit 2 100 Individuen/m<sup>2</sup>.

Die Besiedlungsdichte im Jahresmittel erhöhte sich mit zunehmender Wassertiefe bis zu einem Maximum von 782 Tieren in 3 m Tiefe. In 4 und 5 m Tiefe war sie rückläufig (Tab. 4). Der Wegfraß der Jugendstadien in der Seegraswiese ist offenbar so groß, daß sich hier eine stärkere Population nicht bilden kann. Die größten Feinde im Phytal sind *Carcinus maenas* und *Asterias rubens*. Auch Fische, die die Siphonen abweiden, sind für die Dezimierung verantwortlich (JAECKEL 1950).

Tabelle 4  
Anzahl und Biomasse pro m<sup>2</sup> von *Mya arenaria* im Jahresmittel

Tiefe (m)	1	2	3	4	5
Anzahl . . . . .	17	210	782	318	21
Biomasse (g) . . . . .	0,07	1,71	7,97	4,58	0,92
Individualgewicht (g) . . . . .	0,004	0,008	0,01	0,01	0,04

Die Berechnung des Wachstums ist mit großen Unsicherheiten behaftet, weil Muscheln der höheren Altersgruppen nur selten vorhanden sind. Gut verfolgt werden läßt sich nur die 0-Gruppe der von Juni bis Oktober sich ansiedelnden Tiere. Deren mittlere Länge beträgt im Juli 1,3 mm, sie wachsen im August auf 2,1 mm heran und erreichen im September ihre Maximallänge von 3,9 mm. Im Oktober hört das Wachstum bereits wieder auf.

### 2.4. *Mytilus edulis* L.

*Mytilus edulis* tritt nur im Jugendstadium in der Vegetationszone des Flachwassers der Kieler Bucht auf. In den Seegraswiesen sitzen *Mytilus* in den Blattspreiten und auf den Blättern der *Zostera*-Pflanzen. Sie sind daher mit dem Bodengreifer nur unvollständig zu erfassen und die in Tabelle 1 angeführten Werte sind eine starke Unterschätzung der tatsächlichen Verhältnisse. Der Höhepunkt der Besiedlung wurde im August und September mit 182 bzw. 255 Tieren pro m<sup>2</sup> erreicht. GRÜNDEL (1976) kam zu weitaus höheren Werten. Er fand im Juli 1974 maximal 460 junge Miesmuscheln auf 1 cm<sup>2</sup> einer *Zostera*-Blattspreite. Als Richtwerte gab er einen Besatz von 18000 bis 5500 Muscheln/Pflanze an. Diese starke Besiedlung beschränkt sich nur auf die Sommer-

monate Juni bis August im September bereits sind die Zahlen rückläufig, was auf eine starke Beweidung durch *Asterias rubens*, der im Flachwasser sehr häufig vertreten ist, zurückzuführen ist. Eine andere Erklärung gibt MAAS GEESTERANUS (1942), nach der sich postlarvale Miesmuscheln nur vorübergehend an einem Substrat festheften, sich alsbald wieder ablösen und verdriftet werden. Die Seegraswiesen wären demnach nur als kurzzeitig besiedelte Zwischenstation zu betrachten. Wasserbezirke mit Tiden- oder anderen Strömungen, von denen sie sich verdriften lassen, indem sie an der Schalenöffnung eine Luftblase bilden, mit der sie an der Oberfläche treiben (ANDERSON 1971). An den Boden stellen sie keine besonderen Ansprüche, kommen allerdings auf H<sub>2</sub>S-Schlick sehr selten vor. NELLEN (1967) fand sie auf Kies und Sand in der Schlei erheblich häufiger als auf detritusreichem Boden. Im Untersuchungsgebiet Surendorf (ein lotischer Strand) kommen die Hydrobien in ähnlichen Größenordnungen vor, wie sie MUUS (1967) gefunden hat. Es zeigt sich eine stetige Zunahme der Individuenzahlen mit größerer Wassertiefe, so daß die Theorie von MUUS, daß Hydrobien stärkere Sandbewegungen meiden, auch hier zutreffen mag. Die durchschnittlich größte Besiedlungsdichte findet sich in 4 m Tiefe am Anfang der Vegetationszone mit 2 772 Individuen/m<sup>2</sup> und einer Biomasse von 5,6 g/m<sup>2</sup>.

In Stein liegt die größte Besiedlungsdichte ebenfalls in 4 m Tiefe, am Bottsand dagegen ist eine kontinuierliche Zunahme der Häufigkeit zu verzeichnen, so daß offensichtlich auch hier die Seegraswiese als limitierender Faktor auftritt.

#### 2.5. *Montacuta bidentata* MONTAGU

Ebenfalls von nur geringer Bedeutung für die Biomasse ist *Montacuta bidentata*. Sie wurde nur in den Monaten Januar und August 1973 in Mengen von 28 Tieren/m<sup>2</sup> gefunden. 1974 bei den Vergleichswerten im November und Dezember wurden 4696 Exemplare/m<sup>2</sup> im Epibenthos der Seegraswiesen gefunden. Da die Muscheln schon 2–4 mm groß waren, muß schon Ende 1973 ein stärkerer Brutfall stattgefunden haben. KÜHLMORGEN-HILLE (1963) und ARNTZ et al. (1976) fanden sie in großer Zahl auf den tiefer gelegenen Sandböden der Kieler Bucht.

#### 2.6. *Astarte montagui* DILLWYN und *Spisula subtruncata* DA COSTA

Diese Muscheln spielten während der Untersuchungen keine Rolle. Sie traten nur 1 bzw. 2 mal auf (Tabl. 1). RASMUSSEN (1973) beschreibt sie auf den Sandböden des dänischen Küstenbereichs als häufig. *Spisula* tritt nach JAECKEL (1952) an bestimmten Stellen zwischen 4 und 8 m Tiefe zuweilen massenhaft auf. KÜHLMORGEN-HILLE (1963, 1965) fand im tiefen Wasser der Kieler Bucht kein einziges Exemplar von *Spisula*. ARNTZ et al. (1976) unterscheiden eine Flachwasserpopulation im SW der Kieler Bucht und eine Tiefwasserpopulation im nördlichen Rinnensystem. *Astarte montagui* ist ein Bewohner der sandig-schlickigen Böden. ARNTZ (1970) beschreibt sie als die häufigste Muschelart nach *Abra alba* in Tiefen über 10 m.

#### 2.7. *Hydrobia spec.*

Die Hydrobien sind die weitaus häufigsten Gastropoden des Flachwassers. Sie wurden in teilweise großen Mengen von über 14 000 Tieren/m<sup>2</sup> und einem Gewicht von 27,4 g/m<sup>2</sup> gefunden. MUUS (1967) beschreibt 3 Arten mariner Hydrobien, die bei den vorliegenden Untersuchungen nicht getrennt wurden.

Die Verteilung der Schnecken ist nicht so sehr vom Substrat und vom Salzgehalt abhängig, sondern mehr von der Wasserbewegung. Nach MUUS (1967) meiden Hydrobien lotische Strände, bevorzugen aber Stillwasser.

#### 2.8. *Zippora membranacea* ADAMS und *Bittium reticulatum* DA COSTA

Mit insgesamt 20 Tieren trat *Zippora membranacea*, die als Lebensbereich den *Zostera*-Gürtel bevorzugt und auf reinem vegetationslosem Sand nur selten vorkommt, im Seegrasbereich relativ häufig auf. *Bittium reticulatum* wurde nur in 2 Exemplaren im Seegrasbereich gefunden.

#### 2.9. *Littorina littorea* L. und *Littorina saxatilis* OLIVI

*Littorina spec.* kommt nach Angaben von MOORE (1937) hauptsächlich auf Schlick und Steinen unterhalb 1 m Tiefe, seltener auf Sand vor. In Sandgebieten scheint die Schnecke die Vegetationszone zu bevorzugen, da die wenigen Exemplare (5) nur dort gefunden wurden. Stein ist aufgrund seines steinigen Bodens stärker besiedelt als Surendorf. Hier wurden insgesamt 34 Tiere gefangen. Am Bottsand wurden nur vereinzelt Littorinen gefunden.

#### 2.10. *Retusa obtusa* MONTAGU und *Retusa truncatula* BRUGUIERE

*Retusa obtusa* und *Retusa truncatula* waren während des Untersuchungszeitraumes in allen Gebieten vereinzelt vertreten. In Surendorf wurden insgesamt 63, in Stein 6 und am Bottsand 3 Tiere erbeutet. Ein Jahresgang der Besiedlung ist aufgrund der geringen Bestandsdichte sehr unsicher, sie waren jedoch zu Beginn des Jahres 1973 häufiger vertreten als am Ende des Untersuchungszeitraumes (Tab. 1).

### 3. Diskussion

Die in der Arbeit vorgelegten Ergebnisse lassen sich ökologisch so deuten, daß im untersuchten Bereich von 1–5 m Wassertiefe, zumindest in den mit Makrophyten bewachsenen Gebieten zwei Biotope vorhanden sind: Der vegetationslose Teil bis zu einer Tiefe von 3 m und der sich anschließende Seegrasbereich.

Vergleicht man die hier dargelegten Abundanzwerte von Mollusken im Flachwasser mit der Besiedlung im tieferen Wasser (ARNTZ et al. 1976), so zeigt sich der *Zostera*-Gürtel als fast unüberwindliche Schranke für viele Arten (Crustaceen, Polychaeten). Für die Mollusken trifft das zumindest für *Cardium edule* zu. Andere wie *Mya arenaria* oder *Hydrobia spec.* finden in der Seegraswiese keine optimalen Lebensbedingungen, sind aber „jenseits“ der Wiese im tieferen Wasser wieder zu finden. *Macoma baltica* wird in ihrer Verbreitung nicht oder nur wenig tangiert. Für andere wieder (*Zippora* bzw. *Bittium*) ist die Seegraswiese Existenzvoraussetzung.

Der gesamte Flachwasserbereich kann der *Macoma baltica*-Gemeinschaft zugeordnet werden, nur wird man damit der Vielseitigkeit dieses Seebereichs nicht gerecht. Die alte Einteilung nach PETERSEN (*Macoma baltica* im Flachem, *Abra alba* im Tiefen) halte ich für zu grob. Um neue Namen zu vermeiden, sollte man bei der *M. baltica*-Gemeinschaft bleiben, gleichzeitig aber feststellen, daß im vegetationslosen Teil *Cardium edule* dominiert, die *Zostera*-Wiese überwiegend von Mollusken gemieden wird.

Die jährliche Mindestproduktion wurde von ARNTZ (1971) als Differenz der niedrigsten und der höchsten Biomasse im Jahresverlauf definiert. Gleichzeitig wies er auf die Unzulänglichkeiten der Berechnung hin:

1. Nicht alle Tiere zeigen periodische Schwankungen in ihrer Besiedlungsdichte.
2. Viele Arten sind mehrjährig wie fast alle Mollusken.

3. Es kann nur eine Mindestproduktion berechnet werden. Die tatsächliche Produktion liegt wesentlich höher, da die Brut einer hohen Sterblichkeit unterliegt.

Die Mindestproduktion aller Mollusken im Flachwasser vor Surendorf beträgt als Mittelwert aller Wassertiefen  $298,4 \text{ g/m}^2$ . Der Jahresdurchschnitt der Biomasse beträgt  $77,4 \text{ g/m}^2$ . Die jährliche Mindestproduktion liegt somit fast um das 4-fache höher als das Jahresmittel der Biomasse. *Cardium edule* und *Macoma baltica* haben die höchsten Produktionsbeträge. Die Mindestproduktion von *Cardium edule* beträgt  $286,7 \text{ g/m}^2$ , die von *M. baltica*  $25,03 \text{ g/m}^2$ . Das Verhältnis der Produktion zum Jahresdurchschnitt der Biomasse  $4,7 : 1$  bei *C. edule* bzw.  $2 : 1$  bei *M. baltica*, läßt erkennen, daß die schnellwüchsigen und kurzlebigen Arten wie *C. edule* erheblich produktiver sind als mehrjährige oder langsamwachsende Arten.

#### 4. Schlußfolgerung

Das Flachwassergebiet erweist sich als wesentlich produktiver als die tieferen Teile der Kieler Bucht. Eine Dezimierung des Bodentierbestandes findet dort aufgrund der stabileren hydrographischen Verhältnisse im wesentlichen durch Bodenfische bzw. menschliche Eingriffe statt (ARNTZ und WEBER 1970), da wirbellose Räuber in diesen Gebieten nicht so stark vertreten sind, wie im Flachwasser. Im hier untersuchten Flachwassergebiet bewirkt eine starke jährliche Zehrung durch Decapoden (*Carcinus maenas*, *Crangon crangon*), Seesterne (*Asterias rubens*), und durch Wasservögel, die sich in den Schwankungen der Bestandsstärken vieler Bodentiere dokumentiert, daß es zu keiner Überalterung der Tierarten kommt. Von der mittleren Biomasse her fällt das obere Sublitoral daher deutlich gegen die tieferen Zonen ab.

Tabelle 1

Liste der in Surendorf gefangenen Molluskenarten. Gesamtzahl der Individuen aller Stationen.

Mollusca, Bivalvia	XII 72	I 73	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI 74	XII 74	00
<i>Mytilus edulis</i> LINNE . . . . .	6	36	7	46	—	3	5	37	182	255	3	—	—	580
<i>Astarte montagui</i> DILLWYN . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	1
<i>Cardium edule</i> LINNE . . . . .	112	47	100	86	29	37	46	150	52	315	148	58	110	1 290
<i>Montacuta bidentata</i> MONTAGU . . . . .	—	28	—	—	—	—	8	1	28	—	52	833	378	1 328
<i>Macoma baltica</i> LINNE . . . . .	107	209	212	182	233	212	267	345	66	71	119	206	913	3 142
<i>Mya arenaria</i> LINNE . . . . .	11	19	26	17	8	5	11	9	727	1 493	686	8	20	3 040
<i>Spisula subtruncata</i> DA COSTA . . . . .	2	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2
<b>Mollusca, Gastropoda</b>														
<i>Hydrobia spec.</i> . . . . .	1 283	1 409	2 082	1 540	3 717	278	801	806	164	183	204	1	28	12 496
<i>Retusa truncatula</i> BRUGUIERE . . . . .	4	24	2	14	7	1	6	—	3	—	2	—	—	63
<i>Zippora membranacea</i> J. ADAMS . . . . .	8	—	3	3	—	—	—	—	6	—	—	—	—	20
<i>Bittium reticulatum</i> DA COSTA . . . . .	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—	2
<i>Littorina saxatilis</i> OLIVI . . . . .	—	2	—	—	—	—	1	—	1	—	—	—	1	5

## Literaturverzeichnis

- ANDERSON, A. (1971): Intertidal activity, breeding and the floating habit of *Hydrobia ulvae* in the Ythan Estuary. J. Mar. Biol. Ass. U.K. **51**, 423—437.
- ARNTZ, W. (1970): Das Makrobenthos der Kieler Bucht im Jahr 1968 und seine Ausnutzung durch die Kliesche (*Limanda limanda* L.). Diss. Kiel, 167 p.
- ARNTZ, W. (1971a): Biomasse und Produktion des Makrobenthos in den tieferen Teilen der Kieler Bucht im Jahr 1968. Kieler Meeresforsch. **27**, 36—72.
- ARNTZ, W. (1971b): Die Nahrung der Kliesche (*Limanda limanda* L.) in der Kieler Bucht. Ber. dt. wiss. Kommn. Meeresforsch. **22**, 129—183.
- ARNTZ, W. (1973): Periodicity of dial food intake of cod *Gadus morhua* in the Kiel Bay. Oikos Suppl. **15**, 138—145.
- ARNTZ, W. (1974): Die Nahrung juveniler Dorsche (*Gadus morhua*) in der Kieler Bucht. Ber. dt. wiss. Kommn. Meeresforsch. **23**, H. 2, 97—120.
- ARNTZ, W. und W. WEBER (1970): *Cyprina islandica* als Nahrung von Dorsch und Kliesche in der Kieler Bucht. Ber. dt. wiss. Kommn. Meeresforsch. **21**, 193—209.
- ARNTZ, W. et al. (1976): Zonierung von Muscheln und Schill im Rinnensystem der Kieler Bucht. Senckenbergiana maritima (in press)
- GERLACH, S. (1971): Die Produktionsleistung des Benthos in der Helgoländer Bucht. Verh. d. Dtsch. Zool. Ges., 65
- GRÜNDEL, E. (1974): Qualitative und quantitative Untersuchungen an einem Ökosystem „Zosterawiese“ vor Surendorf (Kieler Bucht, Westl. Ostsee). Diplomarbeit Kiel, 161 p.
- JAECKEL, S. (1950): Die Mollusken der Schlei. Arch. f. Hydrobiol. **48**, 214—270.
- JAECKEL, S. (1952): Zur Ökologie der Molluskenfauna in der westlichen Ostsee. Schr. naturw. Verh. Schlesw.-Holst. **26**, 18—50.
- JOENSEN, H. J. (1965): En undersøgelse af Sortandens (*Melanitta nigra*) fældningsområder ved Jyllands sydvestkyst, sommeren 1963. Dansk Ornithologisk Forenings Tidsskrift **85** TP 127—136.
- KÜHLMORGEN-HILLE, G. (1963): Quantitative Untersuchungen der Bodenfauna der Kieler Bucht und ihre jahreszeitlichen Veränderungen. Kieler Meeresforsch. **19**, 42—66.
- KÜHLMORGEN-HILLE, G. (1965): Quantitative und qualitative Veränderungen der Bodenfauna der Kieler Bucht in den Jahren 1953—1965. Kieler Meeresforsch. **21**, 167—191.
- LAUCKNER, G. (1972): Zur Taxonomie, Ökologie und Physiologie von *Cardium edula* L. und *Cardium lamarcki* REEVE. Diss. Kiel
- MAAS GEESTERANUS, R. A. (1942): On the formation of banks by *Mytilus edulis* L., Arch. Nerl. Zool. **6**, 283—326.
- MADSEN, F. J. (1952): On the food habits of diving ducks in Denmark. Dan. Rev. Game Bil. **2**, 157—266.
- MOORE, H. B. (1937): The biology of *Littorina littorea*. Part 1. Growth of the shell and tissues, spawning, length of life and mortality. J. Mar. Biol. Ass. **21**, 2, 721—742

- MORISITA, M. (1959): Measuring of interspecific association and similarity between communities. Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. E. 3, 65—80.
- MUUS, B. J. (1967): The Fauna of Danish estuaries and lagoons. Medd. fra Danm. Fiskeri og Havunders. Ny Serie, 5, Nr. 1, 1—316.
- NELLEN, W. (1967): Ökologie und Fauna (Makrovertebraten) der brackigen und hypertrophen Ostseeförde Schlei. Arch. Hydrobiol. 63, 3, 273—309.
- NILSSON, L. (1969): Food consumption of diving ducks wintering at the coast of South Sweden in relation to food resources. Oikos 20, 128—135.
- PETERSEN, E. (1915): A preliminary result of the investigations on the valuation of the sea. Rep. Dan. biol. Sta. 23, 29—32.
- RASMUSSEN, E. (1973): Systematics and ecology of the Isefjord marine fauna (Denmark). Ophelia, 11, 1—495
- SEGERSTRÅLE, S. G. (1960): Investigations on Baltic populations of the bivalve *Macoma baltica* (L.). I. Comment. biol. Helsinki 23, 72 p.
- SIMPSON, E. H. (1949): Measurement of diversity. Nature 163, 688