

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.

Aus dem Zoologischen Institut der Universität Kiel

Die sessile, hemisessile und vagile Hartbodenfauna der Schlei im ökologischen Vergleich

VON GERD SCHRIEVER

Zusammenfassung: Die Schlei von Schleimünde bis Schleswig betrachtet, stellt in mancher Hinsicht ein Modell der Ostsee dar. Es werden Angaben zur Verbreitung der gefundenen Arten aufsekundärem Hartboden an den acht Stationen gemacht. Ein ökologischer Vergleich der Fauna mit der aus anderen Brackwassergebieten, dem Elbe-Ästuar, Dänischen Brackgewässern, dem Nord-Ostsee-Kanal, der Martwa Wisla (Danziger Bucht) und der finnischen Küste wird ebenso durchgeführt, wie ein Vergleich mit den Ergebnissen von Remane und Jaeckel, die eine ähnliche Arbeit 1937 im gleichen Gebiet durchführten.

The sessile, hemisessile and vagile hard-bottom fauna of the Schlei Fjord in ecological comparison (Summary): The Schlei Fjord from Schleimünde to Schleswig seen as closed area is like a model of the Baltic Sea. Dates on the distribution of the occurring species are reported. An ecological comparison between the Schlei Fjord and different other brackish water areas is performed as well as a reference to dates worked out about the same area by Remane and Jaeckel in 1937.

Einleitung

Die nordeuropäischen Küsten gehören zu den bestbekanntesten Meeresgebieten der Erde. Dies gilt auch für die Brackwasserareale. So ist die Ostsee bis heute der bestuntersuchte größere Brackwasserkomplex. Von daher bietet es sich an, bereits jetzt den Versuch zu machen, die Ostsee als Gesamtsystem wenigstens hinsichtlich der wesentlichen dort auftretenden Parameter zu erfassen (JANSSON 1972).

Binnengewässer, die im Kontakt zum Meer stehen, können durch die Abfolge verschiedener Salzgehaltsstufen auf kurze Distanz in mancher Hinsicht als Kleinmodelle der gesamten Ostsee gelten. Im Bereich der westlichen Ostsee trifft das z. B. für die Schlei zu, u. a. wegen ihrer gleichmäßigen und relativ geringen Süßwasserzuflüsse. Sie ist daher mehrfach Gegenstand intensiver Untersuchungen gewesen (z. B. REMANE 1937, JAECKEL 1937, KÄNDLER 1953 und BOCK 1956), zuletzt und insbesondere von seiten einer Arbeitsgruppe des Kieler Instituts für Meereskunde (siehe Sonderheft Kieler Meeresforschung, 26, 1970).

Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, zur Klärung offener Fragen beizutragen durch eine vergleichende Bestandsaufnahme der Hartbodenfauna.

Im Jahre 1972 führte ich zu diesem Zweck qualitative Untersuchungen über den Pfahlbewuchs an Brücken und Stegen in der Schlei von Schleimünde bis Schleswig durch. Ähnliche Untersuchungen sind bereits von einem Studentenzirkel der Universität Rostock im Jahre 1968/69 vor Kühlungsborn und Warnemünde und von ARNDT 1965 in der Martwa Wisla und ihres Mündungsgebietes unternommen worden. Durch das Zoologische Institut Kiel wurden entsprechende Forschungen 1963 von Ax am Kieler Nordhafen im Nord-Ostsee-Kanal und von SCHÜTZ und KINNE 1955 über die Mikro-, Meso- und Makrofauna des gesamten Nord-Ostsee-Kanals durchgeführt.

Geschichte und Hydrographie der Schlei

Die Schlei ist wahrscheinlich die jüngste der vier Förden, die die Westküste der Kieler Bucht prägen. Sie ist 40 km lang und gleicht mehr einer durch einen Fluß verbundenen Seenkette als einer Meeresbucht. Die Mündung der Schlei in die Ostsee ist durch einen Nehrungshaken blockiert. Als diese

Ende des 18. Jahrhunderts zu versanden drohte, wurde bei Schleimünde eine künstliche Öffnung geschaffen, durch die heute der gesamte Wasseraustausch stattfindet. Aus diesem Grunde ist der Ostsee-Einfluß in der Schlei viel geringer als in den anderen Förden. Die Tiefe beträgt mit wenigen Ausnahmen nur 3 — 6 Meter. Der Salzgehalt nimmt entsprechend in der mittleren Schlei schnell ab. Land- und Süßwassereinfluß wirken sich mit zunehmender Entfernung von der Mündung als Folge des geringen Wasseraustausches stark aus.

Die hydrographischen Verhältnisse der Schlei werden also durch 3 Faktoren bestimmt:

1. die Enge der Mündung und deren nur 6 m betragenden Schwellentiefe,
2. die wenigen und kleinen, vorwiegend im oberen Gebiet der Schlei einmündenden Süßwasserzuflüsse und die starke Abwasserbelastung durch die Anliegerdörfer und die Industrie- und Stadtabwässer von Schleswig sowie
3. die im allgemeinen geringen Tiefen der Förde.

Daraus folgt, daß mit zunehmender Entfernung von der Mündung der Schlei in die Ostsee eine Abnahme des Salzgehaltes zu verzeichnen ist. Um die verschiedenen Salinitätszonen der Schlei zu charakterisieren, greife ich auf das „Venedig-System“, Ergebnis des „Symposium on the Classification of Brakish Waters“ (1958), zurück.

Danach gliedert sich die Schlei in folgende 4 Gebiete:

Schleimünde	∅ S 16,3	$\frac{0}{100}$	} α mesohaliner Bereich
Maasholm	∅ S 14,6	$\frac{0}{100}$	
Kappeln	∅ S 12,7	$\frac{0}{100}$	
Karscha	● S 11,2	$\frac{0}{100}$	
Ulsnis	∅ S 8,7	$\frac{0}{100}$	} β — mesohaliner Bereich
Missunde	∅ S 7,2	$\frac{0}{100}$	
Borgwedel	∅ S 5,8	$\frac{0}{100}$	} α — oligoh-liner Bereich limnischer Bereich
Schloß Gottorf (im April)	∅ S 4,4	$\frac{0}{100}$	
Schloß Gottorf	∅ S 0,23	$\frac{0}{100}$	

Hydrographie, Temperatur und Salzgehalt der Schlei wurden ausführlich von RHEINHEIMER, NELLEN et al. (1970) dargestellt. Meine Temperatur- und Salzgehaltsmessungen bestätigen die 1970 aufgezeigten Verhältnisse.

Methode

Die Pfähle der Anleger und Stege wurden mit einem 4 m langen Pfahlkratzer abgeschabt und das Material in einem Beutel von 250 µ Maschenweite aufgefangen. Es wurde in Polyäthylenflaschen lebend nach Kiel gebracht und dort durch Belüftung bis zum Aussuchen frischgehalten. Die ausgesuchten Individuen wurden in 4% Formol fixiert und anschließend bestimmt.

In Borgwedel und im Schloßgraben von Schloß Gottorf wurden die Tiere mit einer Pinzette oder der Hand von Steinen aus 20—40 cm Wassertiefe abgesammelt.

Stationen und Faunenliste

An den Stationen Schleimünde, Maasholm, Kappeln, Karschau, Ulsnis und Schleswig (Abb. 1) wurden die Pfähle der Bootsanleger oder, in Kappeln, die Dalben in der Fahr- rinne mit dem Pfahlkratzer abgekratzt. In Borgwedel und Schloß Gottorf wurden die Tiere von den im ufernahen Bereich liegenden Steinen gesammelt.

Insgesamt wurden in den 8 Stationen 54 Arten gefunden, die sich wie folgt verteilen (Tab. 1):

Tabelle I
Faunenliste Schlei

HYDROZOA	Station	1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Clava multicornis</i> FORKSAL		+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Campanulina pumila</i> CLARK		+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Campanulina lacerta</i> JOHNSTON		+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Campanularia johnstoni</i> ADLER		+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Laomedea loveni</i> ALLMANN		+	+	+	+	+	—	—	—
<i>Cordylophora caspia</i> PALLAS		—	—	—	+	+	—	+	—
<i>Hydra</i> spec.		—	—	—	—	—	—	—	+
TURBELLARIA									
<i>Planaria torva</i> MÜLLER		—	—	—	—	—	—	—	+
<i>Polycelis niger</i> EHRENBERG		—	—	—	—	—	—	—	+
<i>Dendrocoelum lacteum</i> MÜLLER		—	—	—	—	—	—	—	+
<i>Planaria</i> spec.		—	—	+	—	—	—	—	+
POLYCHAETA									
<i>Nereis diversicolor</i> MÜLLER		—	—	+	+	+	—	—	—
<i>Nereis pelagica</i> LINNÉ		+	+	—	—	—	—	—	—
<i>Nereis succinea</i> FREY u. LEUCKART		+	+	+	+	+	—	—	—
<i>Harmothoe imbricata</i> LINNÉ		+	+	—	—	—	—	—	—
<i>Harmothoe impar</i> JOHNSTON		+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Neoamphitrite figulus</i> DALYELL		+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Fabricia sabella</i> EHRENBERG		—	+	+	+	—	—	—	—
<i>Polydora ligni</i> WEBSTER		—	+	+	+	+	—	—	—
HIRUDINEA									
<i>Haemopsis sanguisuga</i> LINNÉ		—	—	—	—	—	—	—	+
<i>Helobdella stagnalis</i> LINNÉ		—	—	—	—	—	—	—	+
<i>Herpobdella octuculata</i> LINNÉ		—	—	—	—	—	—	—	+
<i>Glossiphonia complanata</i> LINNÉ		—	—	—	—	—	—	—	+
<i>Glossiphonia heteroclita</i> LINNÉ		—	—	—	—	—	—	—	+
<i>Hemicleps marginata</i> O. F. MÜLLER		—	—	—	—	—	—	—	+
<i>Hirudinea</i> spec.		—	—	—	—	—	—	—	+
MOLLUSCA									
<i>Mytilus edulis</i> LINNÉ		+	+	(+)	—	—	—	—	—
INSECTA									
Mückenlarven		—	—	—	—	—	—	—	+
PANTOPODA									
<i>Nymphon</i> spec.		+	—	—	—	—	—	—	—
ISOPODA									
<i>Idothea granulosa</i> RATHKE		+	+	—	—	—	—	—	—
<i>Idothea viridis</i> PALLAS		+	+	+	+	—	—	—	—
<i>Idothea baltica</i> PALLAS		—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Jaera albifrons</i> LEACH		+	+	+	+	+	—	—	—
<i>Sphaeroma hookeri</i> LEACH		—	+	+	+	+	+	—	—
<i>Sphaeroma rugicauda</i> LEACH		—	—	—	+	+	+	—	—
<i>Asellus aquaticus</i> LINNÉ		—	—	—	—	—	—	—	+
CIRRIPIEDIA									
<i>Balanus improvisus</i> DARWIN		+	+	+	+	+	+	+	—
MYSIDACEA									
<i>Praunus neglectus</i> SARS		+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Praunus flexuosus</i> MÜLLER		—	+	—	—	—	—	—	—
<i>Neomysis integer</i> LEACH		—	—	—	+	—	—	—	—

	Station	1	2	3	4	5	6	7	8
NATANTIA									
<i>Palaemon squilla</i> LINNÉ		—	+	—	—	—	—	—	—
BRACHYRA									
<i>Carcinus maenas</i> LINNÉ		+	+	(+)	—	—	—	—	—
<i>Rithropanopeus tridentatus</i> MAITLAND		—	—	—	+	—	—	—	—
AMPHIPODA									
<i>Gammarus oceanicus</i> SEGERSTRALE		+	+	(+)	+	—	—	—	—
<i>Gammarus salinus</i> SPOONER		+	+	+	+	—	—	—	—
<i>Gammarus zaddachi</i> SEXTON		—	—	—	+	+	+	+	—
<i>Gammarus duebeni</i> LILLJEBORG		—	—	—	—	—	+	+	—
<i>Gammarus pulex</i> LINNÉ		—	—	—	—	—	—	—	+
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i> COSTA		+	+	(+)	—	—	—	—	—
<i>Calliopius laevisculus</i> KRÖGER		+	—	—	—	—	—	—	—
<i>Corophium insidiosum</i> CRAWFORD		+	+	—	—	—	—	—	—
ECHINODERMATA									
<i>Asterias rubens</i> LINNÉ		+	—	—	—	—	—	—	—
BRYOZOA									
<i>Membranipora crustulenta</i> PALLAS		+	+	+	+	+	—	—	—

Die in Schleimünde gefundenen 26 Arten zeigen ein Bild der *Mytilus-Balanus*-Coenose der Kieler Bucht. Die Pfähle waren bis auf den Grund mit *Mytilus edulis* bewachsen.

Der angetroffene spärliche Bewuchs am äußeren Steg des Hafens von Maasholm ist in erster Linie auf die starke Abwasserbelastung zurückzuführen. Abgekratztes Holz wies eine bis zu 8 mm dicke Detritusschicht auf, auf der Wasseroberfläche waren deutlich Benzin und Öl sichtbar. In den Proben fand ich nur die Amphipoden *Gammarus salinus* und *Corophium insidiosum*. Zahlenmäßig war *Corophium insidiosum* überlegen, er baut sich aus dem Detritus Röhren und findet ein reichhaltiges Nahrungsangebot.

In Kappeln finden wir ebenfalls eine *Mytilus-Balanus*-Coenose, es läßt sich aber bereits eine deutliche Zonierung im Pfahlbewuchs feststellen. Die oberen 1,5—2 m waren von einer *Balanus improvisus*-Kruste, überzogen mit *Membranipora crustulenta*, besiedelt. Daran schloß sich ein kräftiger *Mytilus edulis*-Bewuchs an. *Mytilus* zeigt deutlich Submergenz und erreicht mit einer maximalen Länge von 35 mm auch nicht mehr die gleichen Maße wie in Schleimünde. Hier zeigt sich ein schönes Beispiel für die Brackwassersubmergenz und die Größenabnahme bei verringertem Salzgehalt (REMANE 1955).

In Karschau, Station 3, waren die Pfähle von Grund an dick mit einer *Balanus improvisus*-Kruste bewachsen, die stellenweise von einem lückenlosen *Membranipora crustulenta*-Besatz überzogen waren. Die in Tabelle 1 in () aufgeführten Arten traten hier nur während der Monate Mai bis Juli bei erhöhtem Salzgehalt auf. *Carcinus maenas* und *Microdeutopus gryllotalpa* traten im Mai kurz als Gast auf, während *Gammarus oceanicus* sich bis Juli halten konnte. Im Juli traten noch einige Exemplare *Mytilus edulis* auf; Larven hatten sich zwischen den Balaniden festgesetzt und waren bis zu einer Größe von 8 mm herangewachsen. Anscheinend sind sie aber dem Konkurrenzkampf mit *Balanus improvisus* hier nicht gewachsen, denn schon einen Monat später konnte ich kein einziges Individuum mehr finden.

Die Station Ulsnis liegt im β -mesohalinen Bereich der Schlei. Hier tritt der Brackwasseramphipode *Gammarus zaddachi* auf, ist der euryhalinen Art *Gammarus salinus* zahlenmäßig aber weit unterlegen.

Das Wasser in Missunde zeichnet sich das ganze Jahr über durch starke Eutrophierung aus. Wegen der Enge der Schlei (50—100 m Breite) herrscht hier ein starker Strom.

Ständiger Vertreter in Borgwedel ist *Balanus improvisus*. Es bildet sich jedoch keine durchgehende Kruste, sondern vereinzelte Exemplare haben sich am Pfahl festgesetzt. Eine Neu- oder Stärker-Besiedelung konnte im Verlauf des Jahres nicht festgestellt werden. Die weitere Fauna setzte sich aus den Amphipoden *Gammarus zaddachi* und *Gammarus duebeni* sowie den Isopoden *Sphaeroma hookeri* und *Sphaeroma rugicauda* zusammen.

An der Station Schleswig, im α -oligohalinen Bereich, tritt zu den vereinzelten Balaniden während der Sommermonate die Hydrozoe *Cordylophora caspia* hinzu.

Die Station 8, der Schloßgraben von Schloß Gottorf, hat eine Sonderstellung inne. Im April 1972 bestand offensichtlich noch eine direkte Verbindung zur kleinen Breite, die dann aber im Laufe des Monats geschlossen wurde. Der Schloßgraben süßte langsam aus und deutlich war die Einwanderung limnischer Arten in dieses Gebiet festzustellen. Es handelte sich in erster Linie um Hirudineen, limnische Arten, die aber euryhalin sind und alle schon aus dem Brackwasser beschrieben worden sind.

An Hand dieser Artenliste läßt sich nun für *Hydrozoen*, *Polychaeten*, *Isopoden* und *Amphipoden* eine anschauliche Darstellung ihrer Verbreitung in diesem Bereich aufzeichnen (Abb. 2—7). Hierzu wurde die Präsenz der einzelnen Arten an jeder Station berechnet. Die Berechnung wurde nach folgender Formel durchgeführt:

$$P = \frac{n \cdot 100}{N}$$

n = Anzahl der Proben, in der die Art gefunden wurde

N = Anzahl der Gesamtproben

P = Präsenz der Art in Prozent.

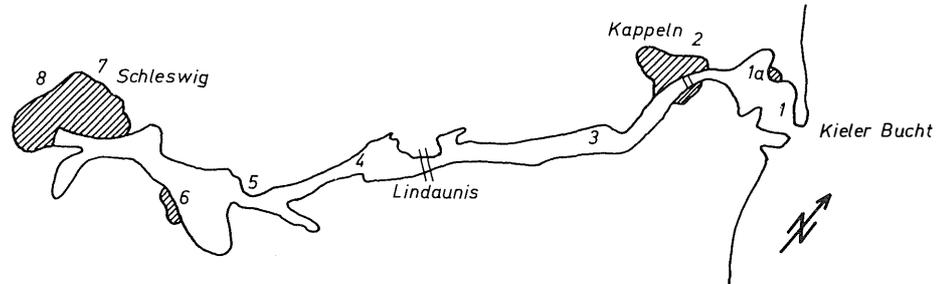
Vergleich der in der Schlei vorkommenden Arten mit denen anderer Gebiete

Vergleicht man meine Ergebnisse mit der Fauna des Elbästuars (CASPER 1958, KÜHL 1972), den Brackgewässern Dänemarks (MUUS, 1967), des Nord-Ostsee-Kanals (SCHÜTZ 1966, 1969), des Ästuars der Martwa Wisla (ARNDT, 1965) und der Finnischen Küste, so ergeben sich deutlich Parallelen und Unterschiede (Tab. 2).

Tabelle 2

Schlei	Elbe-Ästuar	Dänisch Brack- wasser	Nord- Ostsee- Kanal	Martwa Wisla	Finnische Küste
<i>Gammarus oceanicus</i>	<i>G. locusta</i>	+	+	+	+
<i>Gammarus salinus</i>	+	+	+	+	+
<i>Gammarus zaddachi</i>	+	+	+	+	+
<i>Gammarus duebeni</i>	—	+	+	+	+
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	<i>Jassa pusilla</i>	+	+	—	—
<i>Corophium insidiosum</i>	<i>Corophium volutator</i>	+	+	<i>C. lacustre</i>	<i>C. lacustre</i>
<i>Balanus improvisus</i>	+	+	+	+	+
<i>Carnicus maenas</i>	+	+	—	+	—
<i>Rithropanopeus tridentatus</i>	—	—	+	+	—
<i>Praunus neglectus</i>	<i>Paramysis spiritus</i>	—	—	—	<i>P. inermis</i>
<i>Praunus flexuosus</i>	+	+	—	—	+
<i>Neomysis integer</i>	+	+	+	+	+
<i>Leander adpersus</i>	<i>Crangon crangon</i>	+	—	—	+
<i>Idothea baltica</i>	+	+	—	—	+

Tafel 1 (zu G. Schriever)



Stationen:	1 Schleimünde	3 Karschau	6 Borgwedel
	1a Maasholm	4 Ulsnis	7 Schleswig
	2 Kappeln	5 Missunde	8 Schloß Gottorf

Abb. 1: Die Schlei mit Angabe der untersuchten Stationen.

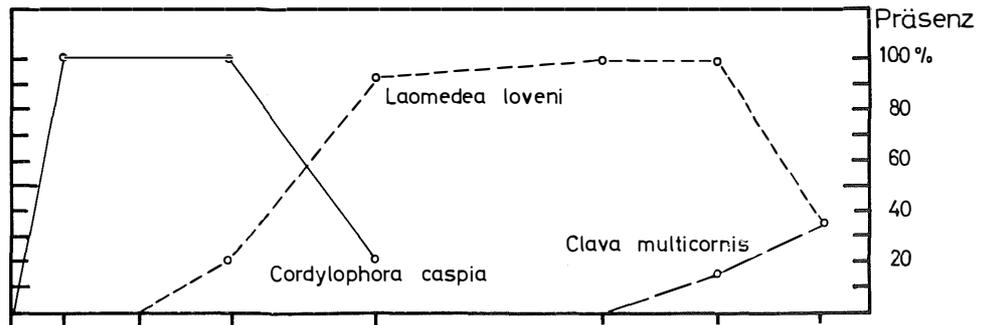


Abb. 2: Die Verbreitung der Hydrozoa in der Schlei.

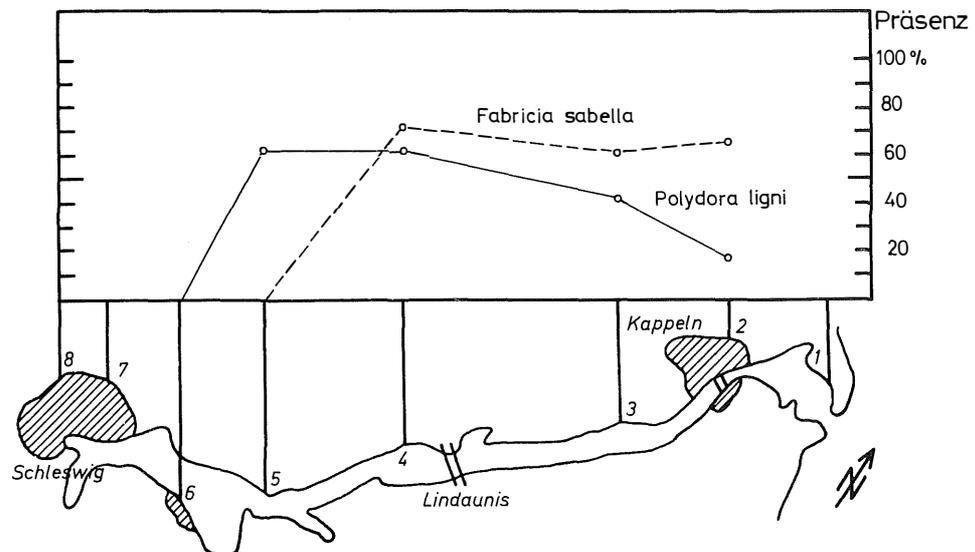


Abb. 3: Die Verbreitung von Polychaeta in der Schlei.

Tafel 2 (zu G. Schriever)

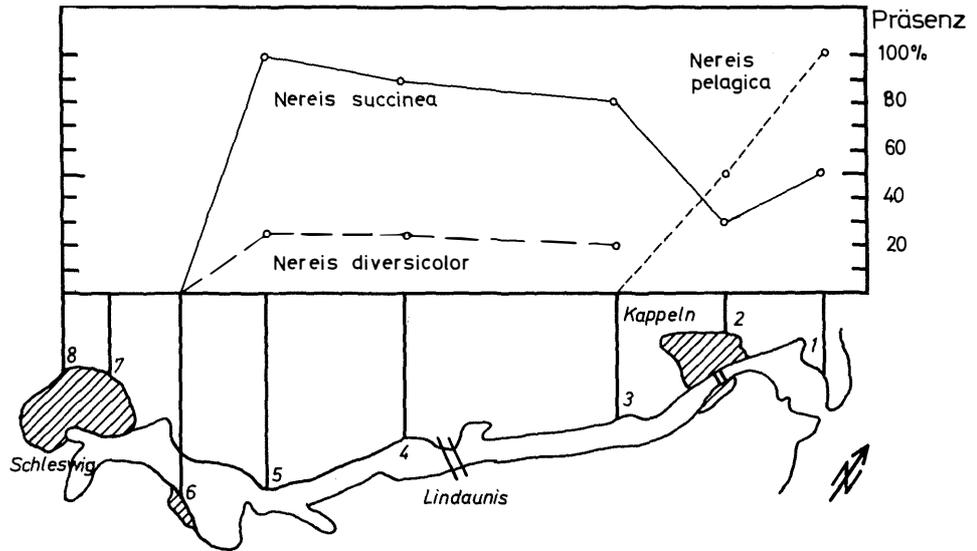


Abb. 4: Die Verbreitung von Polychaeta in der Schlei.

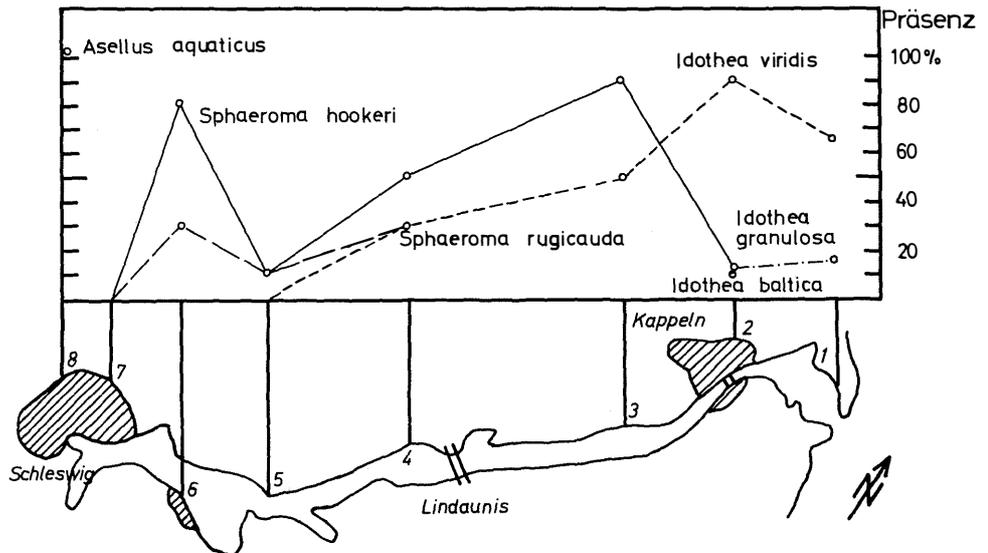


Abb. 5: Die Verbreitung der Isopoda in der Schlei.

Tafel 3 (zu G. Schriever)

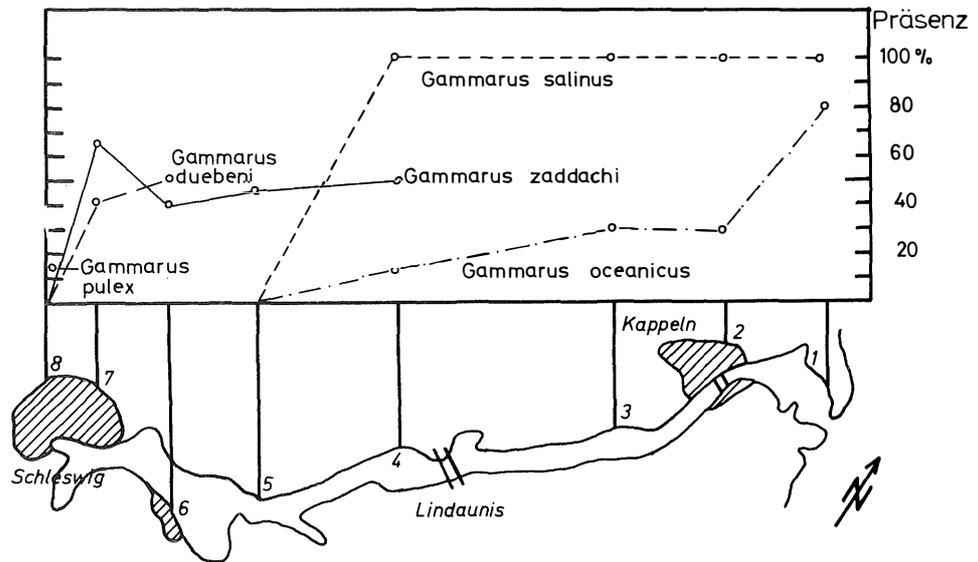
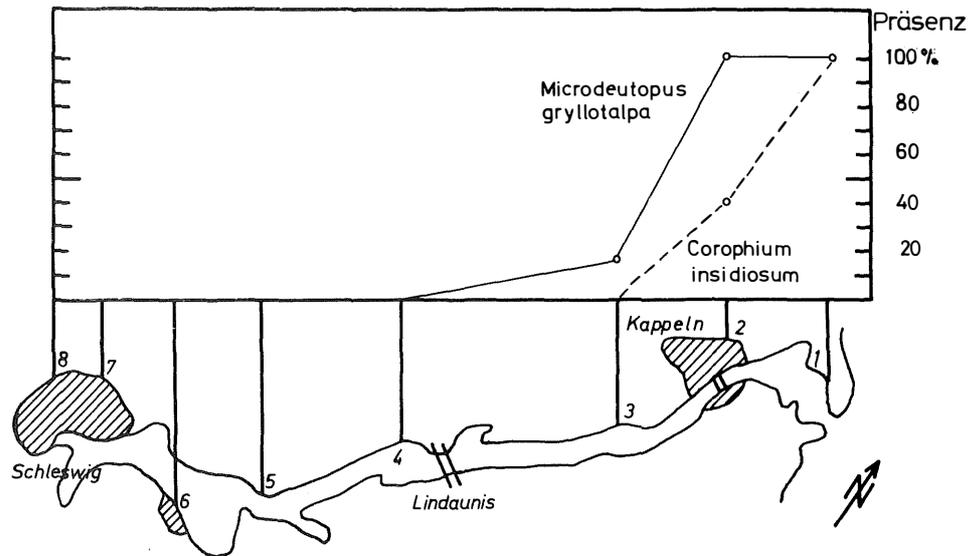


Abb. 6 und 7: Die Verbreitung der Amphipoda in der Schlei.

Tafel 4 (zu G. Schriever)

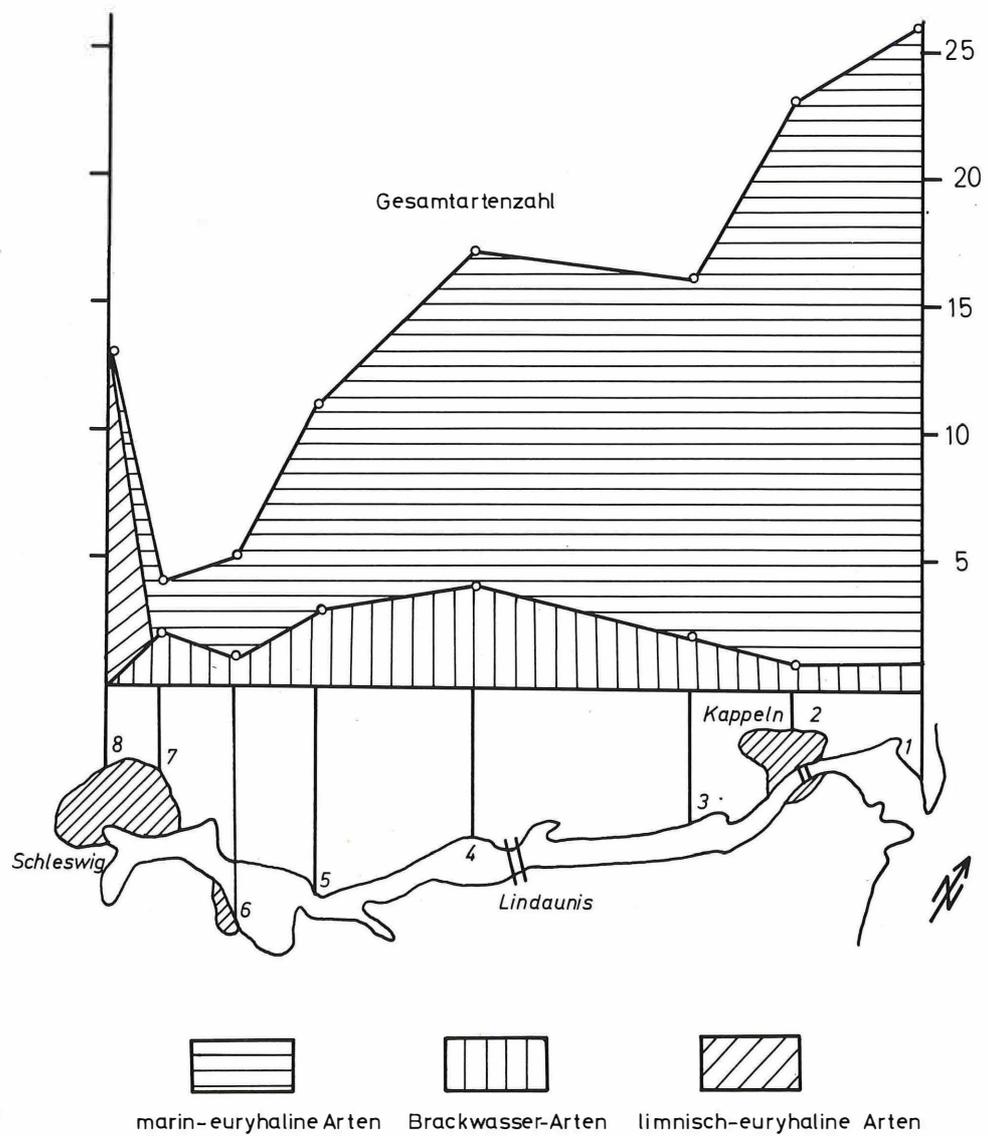


Abb. 8: Einteilung der Arten/Station nach ihren Salzgehalts-Toleranzen (vgl. REMANE 1934).

Tabelle 2 (Fortsetzung)

Schlei	Elbe-Ästuar	Dänisch Brack wasser	Nord- Ostsee- Kanal	Martwa Wislar	Finnische Küste
<i>Idothea granulosa</i>	—	—	+	—	+
<i>Idothea viridis</i>	+	+	+	—	+
<i>Jaera albifrons</i>	+	+	+	+	—
<i>Sphaeroma hookeri</i>	—	+	+	+	—
<i>Sphaeroma rugicauda</i>	+	—	+	—	—
<i>Asellus aquaticus</i>	—	+	—	+	+
<i>Harmothoe imbricata</i>	<i>Lepidonot. squamat.</i>	—	—	<i>H. sarsi</i>	<i>H. sarsi</i>
<i>Harmothoe impar</i>	—	—	—	—	—
<i>Nereis pelagica</i>	<i>N. virens</i>	<i>N. virens</i>	—	—	—
<i>Nereis succinea</i>	+	+	—	—	—
<i>Nereis diversicolor</i>	+	+	+	+	+
<i>Polydora ligni</i>	+	+	<i>P. ciliata</i>	<i>P. redeki</i>	<i>P. redeki</i>
<i>Neoamphitrite figulus</i>	—	—	—	—	—
<i>Fabricia sabella</i>	—	+	+	—	—
<i>Nymphon spec.</i>	—	—	—	—	—
<i>Asterias rubens</i>	+	+	—	—	—
<i>Mytilus edulis</i>	+	+	+	+	+
<i>Membranipora crustulenta</i>	+	+	+	+	+
—	—	<i>Theodoxus fluviatilis</i>	—	+	+
—	<i>Limnea spec.</i>	—	—	<i>Limnea ovata</i>	—
—	—	<i>Potamopyrgus jenkinsi</i>	—	+	+
<i>Calliopius laevisculus</i>	+	—	+	—	—
<i>Laomedea loveni</i>	+	+	+	+	+
<i>Cordylophora caspia</i>	+	+	+	+	+

Im Elbe-Ästuar macht sich der Einfluß des nahen polyhalinen Wassers der Nordsee durch das verstärkte Auftreten mariner Arten, z. B. *Jassa pusilla* und *Paramysis spiritus* etc., deutlich bemerkbar. Die Anwesenheit spezieller Brackwasserarten ist auf *Gammarus zaddachi* und *Cordylophora caspia* beschränkt. Da es sich bei den Brackwasserarten um Tiere handelt, deren Vorkommen an einen bestimmten Salzgehaltsbereich, verbunden mit anderen Faktoren, z. B. Temperatur und Ca-Ionenkonzentrationen des Wasser (REMANE 1969), gebunden ist, ist ihnen die Verbreitung im Elbe-Ästuar mit seinen täglichen Salzgehaltsschwankungen, zurückzuführen auf die starke Tide, kaum möglich (CASPER 1958). In der Schlei finden diese Arten, abgesehen vom α -mesohalinen Bereich von Schleimünde bis Karschau, weitaus bessere Bedingungen vor, z. B. *Rithropanopeus tridentatus*, da hier Salzgehaltsschwankungen von nur wenigen Promille auftreten. Viel ausgeprägter ist im Elbe-Ästuar der Übergang vom Oligohalinikum zum limnischen Bereich. Außer einigen wenigen, meist planktischen Arten, dringen keine Tiere in das Oligo- und Mesohalinikum vor, sie bleiben auf den limnischen Bereich beschränkt. Diese Tendenz zeigt sich auch im Schloßgraben von Schloß Gottorf, wo bis auf 3 Arten, einige Zeit nach der Aussüßung vermehrt limnische Tiere auftraten. Obwohl fast alle Arten als limnisch-euryhalin bekannt, wird nach Möglichkeit salzhaltiges Wasser gemieden.

Im Vergleich zur Fauna der Dänischen Brackgewässer (MUUS 1967) lassen sich bereits mehr Parallelen ziehen. Der marine Einfluß ist hier nicht mehr so stark, der Zufluß des salzreichen Wasser nicht in erster Linie vom Tidenhub, der hier nur 30 cm

beträgt, abhängig, sondern weitgehend, ebenso wie in der Schlei, von den Windverhältnissen. Die Fauna, in Abhängigkeit von den verschiedenen Salinitätszonen, zeigt eine ähnliche Verteilung wie in der Schlei. Im Oligohalinikum treten hier die Gastropoden *Theodoxus fluviatilis* und *Potamopyrgus jenkinsi* auf, die bei meinen Untersuchungen fehlten. MUUS berücksichtigte in seinen Untersuchungen die gesamte Benthosfauna, wahrscheinlich treten dadurch die Unterschiede im Oligohalinikum auf, wie sich auch später noch zeigen wird. Auch die Dänischen Brackgewässer zeigen, wie die Schlei, eine Verteilung bestimmter Arten in ökologisch begrenzten Gebieten. Für manche Tiere ist es schwer, bestimmte ökologische Grenzen, z. B. Isohalinen, zu überschreiten, die sowohl in den dänischen Brackgewässern als auch in der Schlei sehr dicht, manchmal nur 500—1000 m, voneinander entfernt liegen (MUUS 1967). In der Ostsee können entsprechende Isohalinen einige hundert Kilometer auseinander liegen und ermöglichen so vielen Arten eine weitere Ausbreitung und eine langsame Adaptation an neue physiologische und ökologische Verhältnisse.

Im Vergleich zur Makrofauna des Nord-Ostsee-Kanals (SCHÜTZ 1966, 1969) zeigen sich in der Schlei mehr Unterschiede, als zur dänischen Küste. Die Artenvielfalt ist hier bedeutend geringer, was vor allem am Abschluß durch die Schleusentore in Kiel-Holtenau und Brunsbüttel liegt. Starke Salzgehaltsschwankungen treten nur am Einfluß in Kiel-Holtenau auf, so daß wir es in diesem Bereich mit einer marin-brackigen Mischfauna (Ax 1963) zu tun haben, die im weiteren Verlauf in eine euryhalin-brackige Fauna übergeht. Durch die geringen Salzgehaltsschwankungen besiedeln auch spezifische Brackwassertiere, wie z. B. *Rithropanopeus tridentatus*, dieses Gebiet. Die Abwasserbelastung des Kanals ist trotz des starken Schiffsverkehrs anscheinend nicht so stark wie in der Schlei. Das Fehlen von *Nereis succinea* im Kanal kann vielleicht als Hinweis hierauf gewertet werden. Die Hauptursache der unterschiedlichen Besiedlung der Schlei und des Nord-Ostsee-Kanals liegt wohl darin, daß viele Arten, wie z. B. *Idothea baltica*, *Asterias rubens* etc., den Durchgang durch die Schleusen von der Ostsee in den Nord-Ostsee-Kanal scheuen, obwohl sie in dem dahinter gelegenen Gebiet vielfach optimale Bedingungen vorfinden würden.

Deutliche Parallelen treten wieder im Vergleich mit der östlichen Ostsee, Martwa Wisla und der Finnischen Küste, auf. All die Arten die in der Schlei die Grenze Kappeln/Karschau, durchschnittlicher Salzgehalt über 10‰/100, überschreiten, sind in beiden Vergleichsgebieten wieder anzutreffen. Einige Arten, z. B. *Nereis succinea* und *Fabricia sabella*, fehlen. Ihre Salzgehaltstoleranz erlaubt ihnen ein weiteres Vordringen in die ausgesüßten östlichen Teile der Ostsee nicht, in den meisten Fällen liegt ihre Verbreitungsgrenze an der Darßer Schwelle.

Andere Tiere werden durch verwandte Arten, z. B. *Polydora ligni* durch *Polydora redeki* und *Harmothoe imbricata* durch *Harmothoe sarsi*, ersetzt, die den hier herrschenden physiologischen Verhältnissen angepaßt sind. Die Gammariden- und *Idothea*-Arten haben fast die gleiche Verbreitung wie in der Schlei. Eine Ausnahme machen *Idothea baltica* und *Idothea viridis*. Die erstgenannte Art dringt an der finnischen Küste weiter in den oligohalinen Bereich ein als die zweite. Dies liegt an der Temperaturanfälligkeit dieser Art gegenüber niedrigen Wassertemperaturen und starken Temperaturschwankungen (SEGERSTRALE 1944). MUUS (1967) beobachtete das gleiche Phaenomen an der dänischen Küste.

Die deutlichen Unterschiede in der Verbreitung der Arten auf kleinem Raum, wie sie in der Schlei auftreten, sind in erster Linie auf das starke Salzgehaltsgefälle von einer Station zur anderen zurückzuführen. Wie bereits angeführt, liegen die Isohalinen in der Schlei sehr dicht beieinander, was die durchschnittlichen Salzgehalte von Karschau 11,6‰/100 und Ulsnis, 8,7‰/100, deutlich zeigen.

Die meisten Arten sind nicht in der Lage, diese plötzlichen Sprünge zu kompensieren, eine Arealerweiterung ist für sie unmöglich. In der Ostsee jedoch ziehen sich diese Isohalinen über viele Kilometer hin und erlauben den Tieren dort eine weitere Ausbreitung, verbunden mit einer allmählichen Anpassung an neue physiologische und ökologische Verhältnisse. In erster Linie sind es euryhaline Arten, die bis in die Danziger Bucht und an die finnische Küste vordringen. Es treten aber auch spezifische Brackwasserarten auf, die nur ihre Verbreitung im Bereich geringeren Salzgehaltes haben, wie z. B. *Cardylophora caspia*. Für die limnischen euryhalinen Tiere, es sind die gleichen Arten wie in den dänischen Brackgewässern, trifft an der finnischen Küste und in der Danziger Bucht das gleiche zu, was bereits im Vergleich mit den dänischen Brackgewässern ausgeführt wurde.

In der gesamten Schlei haben wir es in erster Linie mit einer marin-brackigen Mischfauna zu tun. Diese Komponente überwiegt auch in den übrigen vier Vergleichsgebieten, obwohl sie sich dort rein qualitativ anders zusammensetzt; die Leitformen sind aber die gleichen.

Diskussion

Aus den vorherigen Ausführungen und dem Vergleich meiner Ergebnisse mit der Fauna des Martwa-Wisla-Ästuars und der finnischen Küste geht hervor, daß die Schlei von Schleimünde bis Schleswig, als abgeschlossenes Gebiet betrachtet, ein Modell der Ostsee darstellt.

Unterscheidet man die Arten der einzelnen Stationen nach ihrer Salzgehaltstoleranz, so ergibt sich folgendes Bild (Tabelle 3):

Schleimünde	Gesamtartenzahl				26
	davon sind	marin		2	
Kappeln	Gesamtartenzahl davon sind	marin-euryhalin	23	1	23
		Brackwassertiere		0	
			22		
Karschau	Gesamtartenzahl davon sind	marin-euryhalin	1	0	16
		Brackwassertiere		2	
			14		
Ulsnis	Gesamtartenzahl davon sind	marin-euryhalin	13	4	17
		Brackwassertiere		3	
Missunde	Gesamtartenzahl davon sind	marin-euryhalin	8	1	11
		Brackwassertiere		3	
Borgwedel	Gesamtartenzahl davon sind	marin-euryhalin	4	1	5
		Brackwassertiefe		1	
Schleswig	Gesamtartenzahl davon sind	marin-euryhalin	2	2	4
		Brackwassertiere		2	
Schloß Gottorf	Gesamtartenzahl davon sind	marin-euryhalin	0	0	13
		Brackwassertiere		11	
		limnisch-euryhalin			
		limnisch	2		

In Abb. 8 werden zur besseren Übersicht die marinen und euryhalinen Arten der Station 1 und die limnischen und limnisch-euryhalinen Arten der Station 8 zusammengefaßt.

Mit abnehmendem Salzgehalt nimmt die Anzahl der marinen Arten, z. B. *Neomphitrite figulus*, ab, die Zahl der euryhalinen Tiere, z. B. die Gammariden- und Isopoden-Arten, überwiegt. Hinzu treten spezifische Brackwassertiere wie *Gammarus zaddachi* und *Cordylophora caspia*. Im Oligohalinikum macht sich dann der Einfluß limnisch-euryhaliner Tiere, z. B. *Asellus aquaticus*, bemerkbar (REMANE 1934).

In der gesamten Schlei finden wir eine marin-euryhaline Mischfauna vor, zu der sich an einzelnen Stationen typische Brackwassertiere hinzugesellen. Rein marine Arten kamen nur in Schleimünde vor. Im Schloßgraben von Schloß Gottorf finden wir eine limnisch-euryhaline Fauna, bestehend aus *Asellus aquaticus* und den Hirudineen, zu der sich nach einiger Zeit die rein limnischen *Gammarus pulex* und *Hydra* spec. hinzukommen.

Für die Verbreitung der einzelnen Arten ist neben den Komponenten Salzgehalt und Temperatur auch der Konkurrenzkampf um Substrat und Nahrung entscheidend, z. B. die *Mytilus edulis* und den Gammariden-Arten. Die einzelnen Arten lösen sich in ökologisch begrenzten Gebieten, z. B. durch verschiedene Salinität, ab, wobei es zu Überlappungen kommen kann (*Gammarus salinus* und *Gammarus zaddachi* an der Station Ulsnis, (vgl. auch WOLFF 1973).

Eine weit wesentlichere Rolle scheint jedoch die physiologische Anpassungsmöglichkeit (Adaptation) an die Umgebung zu spielen. Manche Arten, z. B. *Gammarus oceanicus* und *Idothea viridis*, scheinen aus diesem Grunde in der Schlei schon dort Grenzen gesetzt zu sein, wo ihre Artgenossen in der östlichen Ostsee noch optimale Lebensbedingungen finden. Wird eine Art einmal in einem bestimmten Salinitätsbereich geboren, so kann es diesen anscheinend nur schwerlich überwinden. Leider sind erst die wenigsten Arten so genau physiologisch untersucht wie z. B. *Rithropanopeus tridentatus* (KINNE 1952), und *Mytilus edulis* (SCHLIEPER 1955) etc., so daß unter diesem Gesichtspunkt neben konkurrenz-ökologischen Faktoren keine genaue ökologische Einordnung gegeben werden kann. Physiologische Ökologie im Sinne von KINNE (1957) würde vor allem im Brackwasserbereich ein reiches Aufgabengebiet finden und manche Fragen klären können.

Wie die Ausführungen oben zeigen, bestehen wesentliche Unterschiede und Besonderheiten zwischen einem brackig „quasi“ — Binnengewässer, wie die Schlei es ist, und der Ostsee. Die gesamte Hydrographie der „kleinen“ Schlei im Verhältnis zur Ostsee ist kurzfristig weitaus abhängiger von den klimatischen Verhältnissen als diese. Der Salzgehalt fällt in der Schlei von einer Station zur anderen, maximale Entfernung 7 km, um mehrere Promille, um nach 40 km völlig auszusüßen. Dies erfordert von der Fauna eine weitaus höhere physiologische Anpassungsfähigkeit als in der Ostsee, wo zwischen den verschiedenen Isohalinen oft mehrere hundert Kilometer liegen. Zusätzlich kann es an den einzelnen Stationen in kurzer Zeit zu weitaus größeren Salzgehaltsschwankungen kommen als z. B. an der finnischen Küste.

Die limnisch-euryhaline Fauna, in erster Linie Mollusken, kann in der Schlei in den oligohalinen Bereich kaum eindringen. Der plötzliche Übergang vom Süßwasser zum Salzwasser, auch bei der geringen Salinität von 3—4‰ in der unteren Schlei, ist für limnische Arten schwer, für manche vielleicht unmöglich (CASPER 1958, MUUS 1967). Im Wechselästuar und an der finnischen Küste bietet der allmähliche Übergang von reinem Süßwasser in salzreichere Zonen besondere Adaptationsmöglichkeiten. Einen weiteren begrenzenden Faktor hinsichtlich der Ausbreitung der Arten kann die starke Eutrophierung der Schlei sein, wie es sich bei *Mytilus edulis* und *Balanus improvisus* zeigte. Aber nicht nur der Salzgehalt, sondern auch zusätzliche Faktoren, wie z. B. starke Temperaturschwankungen, der Sauerstoffgehalt des Wassers, Substrat und das Nahrungsangebot (MUUS 1967), können die Ausbreitung mancher Art in einem solchen „quasi“-Binnengewässer verhindern.

Vergleich der Ergebnisse mit Daten von 1937

Vorausgeschickt werden muß, daß REMANE (1937) in erster Linie die Gesamtfauna der Schlei, d. h. Plankton, Benthos- und Weichbodenfauna sowie Fische, behandelt,

während JAECKEL (1937) sich ausschließlich mit den Mollusken befaßte. Aus diesem Grunde tritt in beiden Arbeiten eine Artenfülle auf, so daß meine Ergebnisse nur einen geringen Anteil dieser Faunenliste widerspiegeln.

Ein Vergleich zeigt, daß im allgemeinen noch eine Übereinstimmung meiner Faunenliste mit der von REMANE besteht, wenn es auch einige Ausnahmen gibt, die aber auf neuere Ergebnisse in der Taxonomie (Gammariden, KINNE 1954) und nur in einem Fall vielleicht auf die starke Abwasserbelastung der Schlei zurückzuführen sind. So konnte ich für die Schlei erstmals ein ziemlich genaues Verbreitungsbild der Gammarus-Arten *Gammarus oceanicus*, *Gammarus salinus*, *Gammarus zaddachi* und *Gammarus duebeni* geben. Das gleiche war für Hydrozoen und Polychaeten möglich. Im Vergleich zu REMANE war der Polychaet *Nereis succinea*, der von Karschau bis Missunde an den Pfählen die häufigste Polychaetenart war, die einzige neue Art. Diese Art bereitet sich erst seit einiger Zeit in der Kieler Bucht bei stark eutrophiertem Wasser auf Hartböden immer weiter aus (mündliche Mitteilung von Frau Dr. L. Schütz/Kiel).

Ein ganz entscheidender Unterschied besteht jedoch zur Molluskenfauna der Schlei, wie sie JAECKEL (1937) beschreibt. Während des gesamten Zeitraumes meiner Untersuchungen konnte ich an den Pfählen nur die Miesmuschel *Mytilus edulis* in der Schlei nachweisen. Sie trat nur bis Kappeln, Salzgehalt 12,8‰ auf. Einmal versuchten es einige Exemplare, sich in Karschau festzusetzen, was jedoch fehlschlug. JAECKEL berichtet über *Mytilus*-Funde bis in die große Breite bei einem Salzgehalt von 5—7‰. Der Salzgehalt kann also nicht allein der begrenzende Faktor sein. Ich vermute, daß die starke Eutrophierung der Schlei und der Konkurrenzkampf mit *Balanus improvisus* an den Pfählen der Grund für die geringe heutige Verbreitung dieser Art ist.

Auffallend war es, daß sich im Bewuchs der Pfähle keine Gastropoden und Nudibranchier aufhielten. In erster Linie hatte ich das Auftreten einiger *Litorina*-Arten und von *Embletonia pallida* erwartet. Beide Arten sind mir aus dem Phytal der Schlei bis Arnis bekannt.

Im Oligohalinikum fehlen die limnisch-euryhalinen Arten *Theodoxus fluviatilis*, *Potamopyrgus jenkinsi* und *Limnea ovata*. Möglicherweise kommen sie zwischen den Steinen und im Schilf der Uferregion dieses Bereiches vor. Außerdem liegt noch die Vermutung nahe, daß das Fehlen dieser Arten ebenfalls an der starken Verschmutzung und der geringen Strömung und Durchmischung des Schleiwassers liegt, denn Arndt (1967) fand diese limnisch-euryhalinen Arten alle im Pfahlbewuchs des Weichselästuars.

Literaturverzeichnis

- ARNDT, E. A. (1965): Über die Fauna des sekundären Hartbodens der Martwa Wisla und ihres Mündungsgebietes. Wiss. Z. Univ. Rostock, Math.-Nat. Reihe H. 5/6.
- AX, P. (1963): Eine Brackwasserlebensgemeinschaft an Holzpfählen des Nord-Ostsee-Kanals. Kieler Meeresforsch. 8.
- BOCK, K. J. (1956): Zur Hydrographie der Schlei. Unveröff.
- CASPERS, H. (1958): Biologie der Brackwasserzonen im Elbeästuar. Verh. int. Ver. Limnol. 13.
- JAECKEL, S. (1937): Die Mollusken der Schlei. Schr. Nat. Ver. Schl.-Holst. 22.
- JANSSON, B. O. (1972): Macro-modelling the Baltic. Rep. U. S. Energy Comm. Contr. At-(40—1)—3666 and At-(40—1)—4150.

- KÄNDLER, R. (1953): Hydrographische Untersuchungen zum Abwasserproblem in den Buchten und Förden der Ostsee-Küste Schleswig-Holstein. Kieler Meeresforsch. 9.
- KINNE, O., und ROTTHAUWE (1952): Blutkonzentration bei *Heteropanopeus tridentatus*, MAITLAND. Kieler Meeresforsch. 8.
- KINNE, O. (1954): Die *Gammarus*-Arten der Kieler Bucht. Zool. Jb. Abt. System. Ökol. u. Geogr. 82.
- KINNE, O. (1957): Physiologische Ökologie — ein modernes Forschungsgebiet. Gedanken zur Problematik und Methodik der Ökologie. Biol. Zbl. 76.
- KÜHL, H. (1972): Hydrography and Biology of the Elbe Estuary. Oceanogr. Mar. Biol. An. Rev. 10.
- MUUS, B. J. (1967): The fauna of Danish estuaries and lagoons. Distributions and ecology of dominating species in the shallow water reaches of mesohaline zone. Medd. Danm. Fisk. Hav. N. S. 5 (1).
- REINHEIMER, G. et al. (1970): Chemische, mikrobiologische und planktologische Untersuchungen in der Schlei in Hinblick auf deren Abwasserbelastung. Kieler Meeresforsch. 26.
- REMANE, A. (1934): Die Brackwasserfauna. Verh. Deutsch. Zool. Ges.
- REMANE, A. (1937): Die Tierwelt der Schlei. Schr. d. Nat. wiss. Ver. Schl.-Holst. 22.
- REMANE, A. (1969): Wie erkennt man eine genuine Brackwasserart? Limnologica 7.
- SEGERSTRALE, S. (1944): Über die Verbreitung der *Idothea*-Arten im baltischen Meeresgebiet Finnlands. Soc. Sci. Fen. Comment. Biol. 9.
- SCHLIEPER, C. (1955): Über die Physiologischen Wirkungen des Brackwassers. Kieler Meeresforsch. 11.
- SCHÜTZ, L. und KINNE, O. (1955): Über die Mikro- und Makrofauna der Holzpfähle des Nord-Ostsee-Kanals und der Kieler Förde. Kieler Meeresforsch. 11.
- SCHÜTZ, L. (1966): Ökologische Untersuchungen über die Benthosfauna im Nord-Ostsee-Kanal. II. Autökologie der vagilen und hemisessilen Arten im Bewuchs der Pfähle: Mikro- und Mesofauna. Int. Rev. ges. Hydrobiol. 51.
- SCHÜTZ, L. (1969): Ökologische Untersuchungen über die Benthosfauna im Nord-Ostsee-Kanal. III. Autökologie der vagilen Arten im Bewuchs der Pfähle: Makrofauna. Int. Rev. ges. Hydrobiol. 54.
- WISS. STUDENTENZIRKEL d. SEKT. BIOL. a. d. UNIV. ROSTOCK. Leitung E. A. ARNDT (1969): Untersuchungen am Pfahlbewuchs vor Kühlungsborn und Warnemünde in den Jahren 1968—1969. Z. Univ. Rostock. Math.-Nat. Reihe, H. 1.
- WOLFF, W. J. (1973): The estuary as a habitat. An analysis of data on soft-bottom Macrofauna of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse and Scheldt. Zool. Verhandelingen Leiden, 126, 1—242.