

Archiv für Molluskenkunde

der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft

Begründet von Prof. Dr. W. KOBELT

Weitergeführt von Dr. W. WENZ und Dr. F. HAAS

Herausgegeben von Dr. A. ZILCH

Quantitative Schilluntersuchungen im See- und Wattengebiet von Norderney und Juist und ihre Verwendung zur Klärung hydrographischer Fragen.¹⁾

Von HEINRICH R. KRAUSE, Bensheim a. d. B.

Mit 2 Abbildungen, 1 Kurve und 6 Tabellen.

Während das Studium der Schillablagerungen bereits zahlreiche wertvolle Hinweise für die Erforschung geologischer und paläontologischer Probleme geliefert hat (RICHTER 1922, 1924, 1926; WASMUND 1926; PRATJE 1929 u. a.), sind diese Bildungen in der faunistisch-ökologischen Literatur meist nur am Rande erwähnt worden. Die Zahl der Arbeiten, in der die Muschelschalen in den Strandanspülungen den Gegenstand qualitativer, z. T. auch quantitativer Untersuchungen darstellen, ist keineswegs gering. Besonders zahlreich sind derartige Untersuchungen entlang der holländischen Küste ausgeführt worden (RITZEMA BOS 1874; DORSMAN 1926; BOERMAN 1936; VAN REGTEREN ALTENA 1937, 1938); sie fehlen jedoch auch nicht von der ostfriesischen Küste (GIRSCHER 1938; LEBGE 1939; HAFNER 1939). Der „treibende“ Schill in den See- und Wattgebieten ist dagegen im ganzen Gebiet der südlichen Nordsee kaum einer eingehenden Untersuchung gewürdigt worden. In diesem Zusammenhang können nur die Arbeiten von JOHANSEN (1901) aus den dänischen Gewässern und die von HAGMEIER & KÄNDLER (1927) von der nordfriesischen Küste genannt werden. Alle bisher im Raum der ostfriesischen Inseln durchgeführten Schilluntersuchungen (BLÜHER 1935; LINKE 1939, 1940, 1947, 1948) liegen als unveröffentlichte Berichte vor; sie dienen vorwiegend dem Zweck, gewerblich verwertbare Schill-Lagerstätten, ferner deren Alter, Entstehung und Ergänzung zu ermitteln. — Die Tatsache, daß im Seegebiet andere Muscheln nach Art und Menge im Vergleich zum Wattenmeer leben und daß die leeren Schalen durch die Bodenströmungen aus ihren ursprünglichen Biotopen verlagert werden können, läßt den Schluß zu, aus der Analyse des Schills von möglichst vielen Entnahmestellen auf die daselbst vorhandenen, materialtransportierenden Strömungen hinzuweisen. Schon HEINCKE (1896) hatte diese Möglichkeit im Prinzip klar erkannt, und in neuester Zeit hatte LINKE (1940) aus dem prozentualen Verhältnis von „Watt-“ und „Seemuscheln“ im Schill auf die Flut- bzw. Ebbgattnatur einiger Fahrrinnen bei Norderney geschlossen. Abgesehen von der letztgenannten, nicht publizierten Arbeit liegen auch hierzu eingehende Untersuchungen von keiner Stelle der südlichen Nordsee vor. —

Dem Wasser- und Schiffsamt in Norden, besonders Herrn Baurat THILO, Norden, und Herrn Baurat KURZAK, Norderney, bin ich für die Übertragung dieser Arbeit großen Dank schuldig. Ganz besonders danke ich Herrn Dr. O. LINKE, Forschungsstelle Norderney, für die mir zuteil gewordene großzügige Hilfe und Unterstützung.

¹⁾ Aus der Forschungsstelle Norderney des Wasser- und Schiffsamts Norden.

Untersuchungsgebiet und Methodik.

Das Untersuchungsgebiet umfaßt alle befahrbaren Rinnen zwischen Norderney und Juist einerseits und zwischen Norderney und dem Festland andererseits. Seewärts wurde der Streifen zwischen $7^{\circ} 0'$ und $7^{\circ} 20'$ ö. L. untersucht, dessen nördliche Begrenzung etwa die 20 m-Tiefenlinie bildete. Innerhalb dieses Gebietes wurden von 453 Stationen Bodenproben entnommen, von denen 406 zur Auswertung gelangten. Im Bereich der Strömungsrinnen wurde das Stationsnetz, dem hauptsächlich Untersuchungszweck entsprechend, besonders verdichtet (Abb. 1).

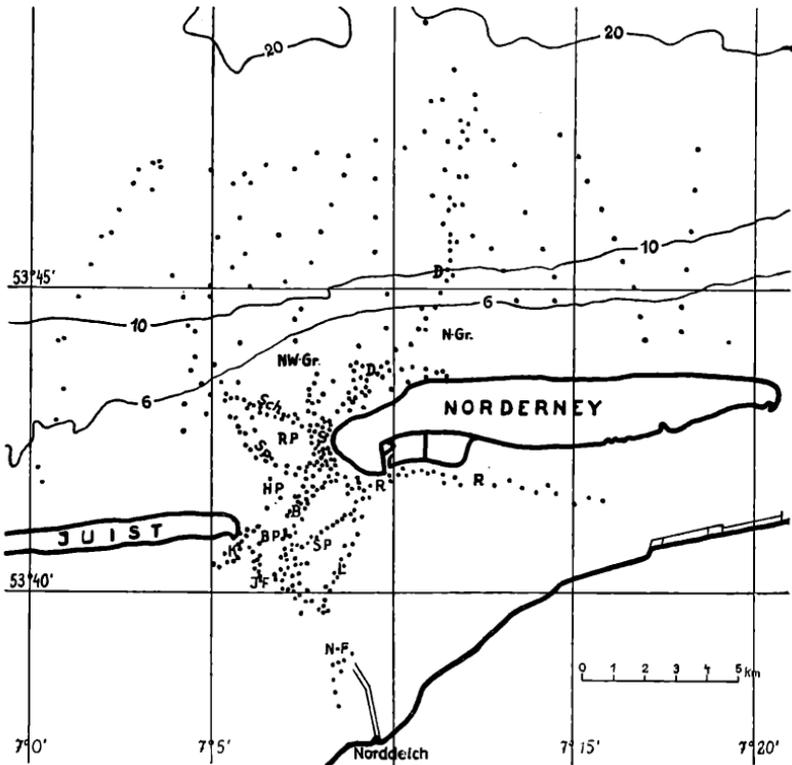


Abb. 1. Verteilung der Stationen im Untersuchungsgebiet. — B: Busetief; BP: Branderplate; D: Dovetief; H: Hohe Plate; JF: Juister Fahrwasser; K: Kalfamergat; L: Legde; NF: Norddeicher Fahrwasser; N-Gr.: Norder-Gründe; NW-Gr.: Nordwest-Gründe; R: Riffgat; RP: Robbenplate; S: Seegat; Sch: Schluchter; Sp: Spaniergat; SP: Steinplate.

Zur Probenentnahme diente bei den ersten 250 Stationen ein $1/10 \text{ m}^2$ -Bodengreifer nach PETERSEN, bei allen folgenden der zuverlässiger arbeitende Greifer nach VAN VEEN von gleicher Größe. In wenigen Fällen wurden Vergleichsproben mit einer Dredsche entnommen. Mittels eines Siebes (Maschenweite 1 mm) wurden die Bodensedimente entfernt. Aus dem vorwiegend Schill enthaltenden Siebrest wurden die lebenden Tiere, die Muschel-Doppelklappen und -Einzelklappen, ferner die angebohrten und korrodierten Schalen und außerdem bisweilen vorhandene Schneckenschalen und Wurmröhren ausgelesen. Der verbleibende Bruchschill wurde mit Hilfe von drei Sieben (Lochgrößen 20 mm, 15 mm

und 10 mm) nach der Größe sortiert. Alle gewonnenen Fraktionen wurden bei ca. 60° getrocknet und anschließend gewogen. Das gesamte Material, einschließlich der Bruchschillfraktion bis zur 10 mm-Größe, wurde nach Art und Zahl bestimmt.

Allgemeine Begriffsbestimmungen.

Der Begriff „Schill“ wird in zweifachem Sinne gebraucht: als Bodenbezeichnung und als Materialbezeichnung. Ich will im folgenden unter Schill im weitesten Sinne alle intakten oder \pm beschädigten Schalen, Gehäuse, Panzer und Röhren von damit ausgerüsteten, jedoch abgestorbenen Tieren zusammenfassen, gleichgültig ob sich die Schalen etc. im Biotop des jeweiligen Tieres, auf dem Transport vom Biotop zum endgültigen Ablagerungsraum oder an diesem selbst befinden. — Innerhalb des Schills nimmt der Bruchschill stets einen beträchtlichen Anteil ein, der alle beschädigten oder zertrümmerten Schalen, Gehäuse oder Panzer umfaßt, ohne Rücksicht darauf, welche Kräfte die Zerstörung herbeigeführt haben. Ein nicht unwesentlicher Mengenanteil des feinen Bruchschills ist zweifellos durch die Kauapparate und den Magen muschelfressender Fische gegangen. Darüber hinaus können auch Seesterne, Krebse und Raubschnecken „Bruchschillbildner“ sein. Die Masse des groben Bruchschills verdankt ihre Entstehung wohl nahezu ausschließlich den mechanischen und vielleicht auch chemischen Kräften des Meeres. — Die Schill-Lagerstätten teilt JOHANSEN (1901) in „Schalenhaufen“ und „Schalenbänke“ ein. Der Unterschied liegt in der An- oder Abwesenheit der Verfrachtung. Im Sinne dieser Definition sind alle im untersuchten Gebiet festgestellten Schill-Lager als Schalenhaufen aufzufassen, da es sich stets um durch Strömungen zusammengespülte Schillansammlungen handelt.

Die Gewichtsanalyse des Schills.

Das absolute Gewicht des vom Sediment befreiten Schills, der in einer 1/10 m²-Greiferprobe gefördert wurde, ist außerordentlichen Schwankungen unterworfen. In den meisten Fällen liegen diese Werte zwischen 5 und 100 g. An Stellen dichter Schillablagerungen betragen die absoluten Gewichte gewöhnlich 200 bis 400 g, vorausgesetzt jedoch, daß sich zwischen den Schillteilen noch genügend, meist grobkörniges Sediment befand. Proben aus fast sedimentfreien Schillagern können Gewichte bis über 1000 g aufweisen. — Da die Eindringungstiefe des Bodengreifers je nach „Härte“ des Bodens sehr verschieden ist, variiert auch die Menge des mit dem Sediment geförderten Schills sehr erheblich. Exakte Angaben über die absolute Menge des oberflächlich lagernden Schills pro Flächeneinheit sind mit Hilfe der angewendeten Methodik nicht möglich.

Aufschlußreicher als die genannten Zahlen sind die relativen Mengenanteile der einzelnen Schillkomponenten. Tabelle 1 gibt hierfür einen Überblick aus den verschiedenen Untersuchungsregionen²⁾.

Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß nur zwei Fraktionen des Schills, die Muschel-Einzelklappen und der Bruchschill ‚kleiner 10 mm‘ in maßgeblichen Gewichtsanteilen an der Zusammensetzung des Schills beteiligt sind. Im Seegebiet unter-

²⁾ Als Wattgebiete gelten jetzt und im weiteren: Norddeicher Fahrwasser, Westerriede, Busetief, Legde, Steinplate, Riffgat, Kalfamergat und Juister Fahrwasser. — Die Gebiete der Sandriffzone umfassen Schluchter, Spaniergat und Seegat, ferner die befahrbaren Teile der Hohen Plate. — Dem freien Seegebiet bis 10 m Tiefe sind auch die Nordwest-Gründe, die Nordergründe und das gesamte Dovetief zugerechnet worden.

Tabelle 1. Relative Gewichte der Schillbestandteile.
(Gesamtgewicht des trockenen Schills = 100%.)

	Watt- gebiete	Gebiete der Sandriff- zone	bis 10 m Tiefe	Seegebiete bis 15 m Tiefe	bis 20 m Tiefe
Muschel-Doppelklappen	1,9	0,4	0,1	0,2	0,1
Muschel-Einzelklappen	39,7	24,0	15,4	11,4	15,7
angebohrte Klappen	1,0	0,9	0,7	0,5	0,8
korrodierte Klappen	1,7	1,4	3,3	0,2	0,4
Bruchschill bis 20 mm	4,8	1,7	1,3	0,1	0,8
Bruchschill bis 15 mm	4,7	1,9	1,5	0,7	0,5
Bruchschill bis 10 mm	8,8	6,5	9,6	4,7	4,3
Bruchschill kl. 10 mm	34,4	55,8	61,0	71,0	64,3
Schneckengehäuse	0,4	0,1	0,1	0,2	0,1
Wurmrohren	1,8	6,7	6,6	11,4	12,7
Sonstiges	0,8	0,6	0,4	—	0,3

halb der 10 m-Tiefenlinie spielen auch die Wurmrohren eine nicht unbedeutende Rolle. — Bemerkenswert ist die Feststellung, daß die Muschel-Einzelklappen in ihren gewichtsprozentualen Anteilen vom Wattenmeer, über die Sandriffzone zum freien Seegebiet ständig geringer werden, während die Menge des Kleinst-Bruchschills in der gleichen Richtung zunimmt.

Der Abfall der relativen Menge des Kleinst-Bruchschills läßt sich auch für kleinräumige Gebiete nachweisen. Stets ist im „seenahen“ Teil eines Gates der Gewichtsanteil dieser Schillfraktion größer als im „wattnahen“ Teil. Drei Beispiele von räumlich getrennten und in verschiedener Richtung sich erstreckenden Gaten mögen dies verdeutlichen.

Dovetief		Spaniergat		Riffgat	
nördl. Teil	72%	nordwestl. Teil	75%	westl. Teil	46%
mittl. Teil	78%	mittlerer Teil	71%	mittl. Teil	43%
südl. Teil	59%	südöstl. Teil	48%	östl. Teil	25%

Um zu erkennen, wie dieser Mengenabfall des Kleinst-Bruchschills im einzelnen verläuft, wurde ein zwei Längenminuten breiter Streifen zwischen $7^{\circ} 7'$ und $7^{\circ} 9'$, der sich von der Norddeicher Küste quer durch das Norderneyer Watt und durch das Seegat in das freie Seegebiet bis ungefähr zur 20 m-Tiefenlinie erstreckt, in Abschnitte von je einer Breitenminute, von $53^{\circ} 38'$ n. Br. aus beginnend, unterteilt. Aus den Stationen in jedem dieser Abschnitte wurde der durchschnittliche Anteil des Kleinst-Bruchschills in Gew. % ermittelt und kurvenmäßig dargestellt (Abszisse: Breitenminuten; Ordinate: Gew. % Kleinst-Bruchschill)

Die Kurve zeigt im allgemeinen einen ziemlich gleichbleibenden Anstieg (vgl. Ausgleichskurve!), was einer erhöhten Beteiligung des Kleinst-Bruchschills mit fortschreitendem Näherkommen zur freien See entspricht. Die beiden Kurvenminima bei $53^{\circ} 42'$ und $53^{\circ} 44'$ entsprechen einerseits der Einmündung des Wattmaterial herbeiführenden Riffgats in das Seegat und andererseits dem Beginn des Dovetiefs, durch welches, wie weiter unten darzulegen ist, ein großer Teil des Wattmaterials in das freie Seegebiet gelangt. Der dritte Kurvenabfall zwischen $53^{\circ} 45'$ und $53^{\circ} 47'$ ist dagegen zunächst noch nicht erklärbar. — Zusammenfassend kann gesagt werden, daß der Gewichtsanteil des Kleinst-Bruchschills am Gesamtgewicht des Schills mit großer Wahrscheinlichkeit ein deutlicher Indikator für den Grad der von See erfolgten Einströmung ist.

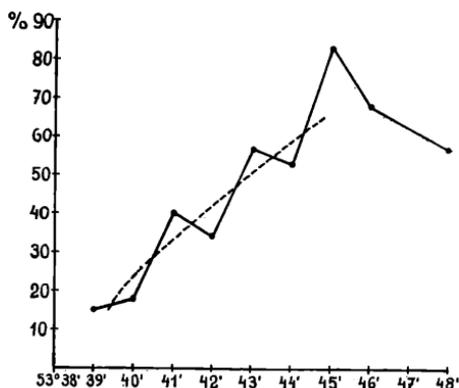


Tabelle 1 zeigt ferner, daß die Bruchschillfraktionen ‚bis 20 mm‘ und ‚bis 15 mm‘ annähernd in gleichem Maße an der Schillzusammensetzung beteiligt sind. Die prozentualen Anteile nehmen vom Wattenmeer zur freien See ab, zeigen also ein umgekehrtes Verhalten wie der Kleinst-Bruchschill. Nur die Bruchschillfraktion ‚bis 10 mm‘ ist im Wattengebiet wie im Seegebiet in fast gleichen Gewichtsmengen vertreten. — Das Verhältnis der Siebfraktion ‚bis 20 mm‘, ‚bis 15 mm‘ und ‚bis 10 mm‘ ist in den Wattgebieten etwa wie 1 : 1 : 2, im Gebiet der Sandriffzone wie 1 : 1 : 3 und in den Seegebieten wie 1 : 1,5 : 10. Hieraus resultiert die schon durch den Augenschein feststellbare Tatsache, daß der Wattenschill relativ „grobkörniger“, der Seeschill dagegen relativ „feinkörniger“ ist. Bei der Artenanalyse wird noch einmal darauf zurückzukommen sein.

Der Gewichtsanteil der vorherrschend durch Raubschnecken (Naticiden) angebohrten Muschelklappen ist in allen Gebieten annähernd gleich groß; am Gesamtgewicht des Schills sind die mit Bohrlöchern versehenen, sonst jedoch völlig intakten Schalen durchschnittlich nicht mehr als zu 1% vertreten.

Zu den korrodierten Schalen wurden alle jene Muschelklappen gezählt, die deutliche Spuren einer mechanischen (und vielleicht auch chemischen) Beanspruchung zeigten, die wohl meist durch Sandschliff verursacht sind, z. B. Abschleiß von Skulpturen, Ausbildung von sog. Fazetten, totale oder partielle Ablätterung des Periostracums u. a. Die Korrosionswirkung ist zweifellos in Küstennähe, ganz besonders in der Brandungszone, bedeutend stärker als in der ruhigeren Tiefe. Die meisten korrodierten Schalen finden sich daher auch im Seegebiet bis zu 10 m Tiefe, wo sie sich mit 3-4% am Schillgewicht beteiligen. Im Wattenschill ist ihr Anteil nur etwa halb so groß.

Den geringsten Gewichtsanteil im Schill nehmen Muschel-Doppelklappen und Schneckengehäuse ein. Erstere betragen nur im Wattenmeer über 1% am Gesamtgewicht, während der Anteil der letzteren in allen untersuchten Regionen stets kleiner ist.

Die Artenanalyse des Schills.

Die folgende Liste enthält alle im Schill des untersuchten Gebietes nachgewiesenen rezenten und fossilen Arten. Alle lebend angetroffenen Species sind mit „X“, alle ausschließlich fossilen mit „+“ gekennzeichnet. Die nur als Fragmente im Bruchschill gefundenen Arten sind mit „B“ vermerkt.

A. Muscheln: ³⁾

<i>Mytilus edulis</i> LINNÉ ×	<i>Spisula subtruncata</i> (DA COSTA) ×
<i>Pecten varius</i> (LINNÉ) B	<i>Mactra corallina atlantica</i> (B., D. & D.) ×
<i>Ostrea edulis</i> LINNÉ	<i>Donax vittatus</i> (DA COSTA) ×
<i>Astarte sulcata</i> (DA COSTA)	<i>Abra alba</i> (WOOD) ×
<i>Astarte triangularis</i> (MONTAGU)	<i>Abra prismatica</i> (MONTAGU) ×
<i>Cyprina islandica</i> (LINNÉ) B	<i>Scrobicularia plana</i> (DA COSTA) ×
<i>Montacuta ferruginosa</i> (MONTAGU) ×	<i>Macoma balthica</i> (LINNÉ) ×
<i>Mysella bidentata</i> (MONTAGU) ×	<i>Angulus tenuis</i> (DA COSTA) ×
<i>Divaricella divaricata</i> (LINNÉ) +	<i>Angulus fabula</i> (MEUSCHEN) ×
<i>Cardium edule</i> LINNÉ ×	<i>Tellina pygmaea</i> LOVÉN ×
<i>Cardium echinatum</i> LINNÉ B	<i>Phaxas pellucidus</i> (PENNANT) ×
<i>Cardium tuberculatum</i> LINNÉ B +	<i>Ensis ensis</i> (LINNÉ) B
<i>Cardium exiguum</i> GMELIN	<i>Ensis siliqua</i> (LINNÉ) B
<i>Cardium crassum</i> GMELIN B	<i>Saxicava arctica</i> (LINNÉ)
<i>Dosinia lincta</i> (MONTAGU)	<i>Saxicavella jeffreysi</i> WINCKWORTH
<i>Venus striatula</i> (DA COSTA) ×	<i>Aloidis gibba</i> (OLIVI)
<i>Venus ovata</i> PENNANT	<i>Mya arenaria</i> LINNÉ ×
<i>Venerupis pullastra</i> (MONTAGU)	<i>Mya truncata</i> LINNÉ
<i>Venerupis senescens</i> (COCCONI) B +	<i>Barnea candida</i> LINNÉ ×
<i>Petricola pholadiformis</i> LAMARCK ×	<i>Zirfaea crispata</i> (LINNÉ)
<i>Spisula solida</i> (LINNÉ) ×	<i>Thracia papyracea</i> (POLI) ×

B. Schnecken:

<i>Littorina litorea</i> (LINNÉ) ×	<i>Bittium reticulatum</i> (DA COSTA)
<i>Hydrobia ulvae</i> (PENNANT) ×	<i>Crepidula fornicata</i> (LINNÉ)
<i>Assimineia grayana</i> FLEMING ×	<i>Natica catena</i> (DA COSTA) ×
<i>Rissoa membranacea</i> (J. ADAMS) ×	<i>Buccinum undatum</i> LINNÉ ×
<i>Rissoa parva</i> (DA COSTA)	<i>Nassarius incrassatus</i> (STRÖM)
<i>Rissoa spec.</i>	<i>Lora turricola</i> (MONTAGU) ×
<i>Turritella communis</i> RISSO B	<i>Retusa alba</i> (KANMACHER) ×

C. Würmer (Röhren von sedentären Polychaeten)

<i>Pectinaria (Lagis) koreni</i> (MALMGREN) ×
<i>Lanice conchilega</i> (PALLAS) ×
<i>Sabellaria spinulosa</i> LEUCKART

D. Stachelhäuter (Seeigelpanzer und -stacheln):

<i>Psammechinus miliaris</i> (GMELIN) ×
<i>Echinocardium cordatum</i> (PENNANT) ×
<i>Echinocyamus pusillus</i> (O. F. MÜLLER) ×

E. Krebse (Schalenteile von Balaniden):

<i>Balanus balanoides</i> BRUGIÈRE ×
<i>Balanus crenatus</i> BRUGIÈRE ×

F. Sonstige gelegentliche Schillbestandteile

Schaltstücke (Mesoplax) von <i>Barnea candida</i> (LINNÉ)
Opercula von Prosobranchier
Carapax- und Extremitätenfragmente von decapoden Krebsen
Fragmente von Cephalopodenschulpe

Da die Muscheln den weitaus größten Anteil an der Zusammensetzung des Schills einnehmen, wird von ihnen im weiteren ausschließlich die Rede sein. Die unter D bis F aufgeführten Gruppen stellen nur Gelegenheitsfunde dar und können vernachlässigt werden.

³⁾ In der Nomenklatur habe ich mich an T. VAN BENTHEM JUTTING: Lamellibranchia. In: Fauna van Nederland. Leiden 1943 gehalten.

Über die Beteiligung der Schnecken und Wurmröhren am Schillgewicht ist bereits das Notwendigste gesagt.

Durch LEEGE (1939) und HAFNER (1939) sind bisher 58 „gute“ Muschelarten, teils lebend, teils als angetriebene Klappen, am Strand der ostfriesischen Inseln namhaft gemacht worden. Von sehr seltenen Arten abgesehen, zeigt meine Liste mit jenen der genannten Autoren eine fast völlige Übereinstimmung. Nicht erwähnt sind darin *Venus ovata*, *Dosinia lincta* und *Phaxas pellucidus*. Die letztgenannte Art wurde nördlich von Norderney lebend in 19,6 m Tiefe zwischen schlickigem Feinsand keineswegs selten angetroffen, während die beiden erstgenannten Arten nur als frische Einzelklappen, jedoch recht selten, bemerkt wurden. *Venus ovata* und *Phaxas pellucidus* sind bei Helgoland gemein (HEINCKE 1896, CASPERS 1938), und VAN BENTHEM JUTTING (1943) erwähnt das Lebenvorkommen von *Dosinia lincta* aus dem westfriesischen Inselbereich.

Nahezu alle im Schill ermittelten Muschelarten sind recent. Mit Sicherheit sind im Gebiet nur *Venerupis senescens* und *Cardium tuberculatum*, wahrscheinlich jedoch auch *Divaricella divaricata* als ausgestorben anzusehen. *Venerupis senescens* gilt allgemein als Leitfossil der sog. Eemstufe, *Cardium tuberculatum* dürfte pleistocänen Lagern entstammen, während *Divaricella divaricata* wohl aus pliozänen oder interglazialen Ablagerungen herkommt (vgl. JENSEN & SPÄRCK 1934 u. VAN BENTHEM JUTTING 1943). Diese drei Arten wiesen stets fossile Merkmale auf. Obwohl fast alle gefundenen Species aus jungtertiären oder interglazialen Ablagerungen bekannt sind, wurden nur sehr vereinzelte Exemplare eindeutig als fossil oder subfossil erkannt. Der Mengenanteil der fossilen oder subfossilen Exemplare war in der Masse des zur Verfügung stehenden Materials so verschwindend gering, daß kein Zweifel über den rezenten Charakter aller oberflächlichen Schillbildungen, einschließlich der größeren Lagerstätten, aufkommen kann. Über erbohrte oder erbagerte Schillagerstätten kann dagegen in diesem Zusammenhang nichts Allgemeingültiges ausgesagt werden.

Die Lebensräume der im Schill dominierenden Muschelarten. Da nur eine verhältnismäßig geringe Anzahl Muschelarten an der Zusammensetzung des Schills ausschlaggebend beteiligt ist, so genügt es im Rahmen dieser Arbeit, allein die Biotope dieser Arten kurz zu erwähnen.

In den Wattgebieten treten praktisch nur fünf Arten in Erscheinung: *Cardium edule*, *Mya arenaria*, *Scrobicularia plana*, *Mytilus edulis* und *Macoma balthica*. — *Cardium edule* und *Macoma balthica* bewohnen sandige und schlickig-sandige Lagen. Ihre Wohntiefe im Sediment ist kaum größer als 5 cm, deretwegen sie auch größtenteils vom Bodengreifer erfaßt werden. Aus allen mit dem Schiff befahrbaren Teilen des Norderneyer Wattes, die bei Niedrigwasser nur auf kurze Zeit oder überhaupt nicht trockenfallen, wurde von *Cardium edule* eine Besiedlungsdichte von 2,5 Exemplaren pro m², von *Macoma balthica* eine solche von 1 Exemplar pro m² im Durchschnitt ermittelt. Diese Werte geben nur Auskunft über die sporadische Besiedlung der genannten Tiere in den größeren Tiefen, wo die Lebensbedingungen keineswegs mehr optimal sind. In den eigentlichen Lebensräumen lassen sich wesentlich höhere Besiedlungsziffern nachweisen (vgl. WOHLBERG 1937 u. LINKE 1939). — Die für die Schlickfacies charakteristischen Arten *Mya arenaria* und *Scrobicularia plana* wurden auf Grund ihrer größeren Wohntiefe (5–40 cm) zwar mit dem Bodengreifer nicht lebend erfaßt; von ihrem stellenweise massenhaften Vorhandensein im Norderneyer und Juister Watt konnte ich

mich durch zahlreiche Wattbegehungen überzeugen. — *Mytilus edulis* ist in der Epifauna des Wattenbodens überall häufig. Die Tiere sind gewöhnlich untereinander durch Byssusfäden zu kleineren oder größeren Klumpen vereinigt, und in dieser Form wurde die Art ziemlich häufig in den Greiferproben ermittelt. In ungeheuren Mengen sitzt *Mytilus* an den Bühnenköpfen von Norderney und an den in den Fahrinnen befestigten Tonnen. — Während *Macoma balthica*, die Charakterart 1. Ordnung der nach ihr benannten Coenose des gesamten, bis etwa zur 15 m-Tiefenlinie herabreichenden Küstengürtels ist, nicht nur im Wattenmeer lebt, haben die anderen vier Arten hier ihren eigentlichen Lebensraum mit entsprechenden Häufigkeitsmaxima. Ich werde sie im weiteren schlechthin „Wattmuscheln“ nennen, ohne Rücksicht darauf, daß diese Arten auch im freien Seegebiet, allerdings meist sehr vereinzelt, angetroffen werden können. In den eigenen Proben von dort habe ich jedoch keine dieser Arten lebend feststellen können.

Wie bereits erwähnt, ist *Macoma balthica* sowohl im Wattenmeer wie im freien Seegebiet in größerer Anzahl lebend zu finden. Dasselbst, bis zur 10 m-Tiefenlinie, wurden 10 Exemplare/m² und, darüber hinaus, bis zur 15 m-Tiefenlinie, immerhin noch 2 Exemplare/m² im Durchschnitt aller Proben ermittelt. — Eine kleine Gruppe weiterer Muscheln ist ebenfalls in bezug auf ihren Wohnraum, Wattenmeer oder freie See, recht indifferent. Ich rechne hierzu die in den verschiedensten Materialien bohrenden Arten *Petricola pholadiformis*, *Barnea candida* und *Zirfaea crispata*, ferner *Ostrea edulis*, *Venerupis pullastra* und *Abra alba*. Von *Petricola pholadiformis*, *Venerupis pullastra* und *Abra alba* fanden sich in meinen Greiferproben mehrfach vereinzelt lebende Exemplare sowohl in den Fahrinnen des Wattes wie im seenahen Teil des Norderneyer Seegats. *Abra alba* betrachten HAGMEIER & KÄNDLER (1927) als Leitform in der als *Tapes (Venerupis) pullastra*-Gemeinschaft benannten Untercoenose der *Macoma balthica*-Gemeinschaft des nordfriesischen Wattenmeeres. (Ob sich diese Untercoenose auch im Norderneyer Watt vorfindet, muß zunächst noch dahingestellt bleiben.) Abgesehen hiervon ist *Abra alba* aber auch Charakterart der nach ihr benannten Weichbodencoenose, die sich in der Deutschen Bucht zwischen Elbmündung und Helgoland erstreckt und deren westliche Ausläufer noch über dem Ostteil von Norderney liegen (vgl. HAGMEIER 1925). In der Tat wurden lebende Exemplare dieser Art über dem mittleren und östlichen Teil von Norderney zwischen 15 und 20 m Tiefe in sandig-schlickigen Lagen mehrmals angetroffen. — Die in diesem Abschnitt genannten Arten bezeichne ich als „indifferente Muscheln“. Da unter diesen allein *Macoma balthica* in den Schillproben einen nennenswerten Mengenteil ausmacht, so ist es für das gesuchte Endergebnis ziemlich unwesentlich, ob die eine oder andere Art als Watt- oder Seemuschel in Rechnung gesetzt wird.

Alle anderen, in der Liste vermerkten Arten, zähle ich zu den „Seemuscheln“ im engeren Sinne. Auch hier besteht die Möglichkeit, daß gelegentlich einige Exemplare bis ins Wattenmeer vordringen. Es handelt sich dann gewöhnlich um Flachwasserformen wie *Angulus tenuis* und *Mysella bidentata*, seltener auch um *Angulus fabula*. Vereinzelt Stücke dieser Arten wurden zwar nicht im Wattenmeer selbst, wohl aber in den Gaten des Sandriffgürtels zwischen Norderney und Juist lebend bemerkt. — Die am häufigsten im Schill festgestellten Seemuschelarten sind *Spisula subtruncata* und *Donax vittatus*. Die erstgenannte Art wird als Charakterart 2. Ordnung in der *Venus*-Coenose, die sich als nächst

tiefere Lebensgemeinschaft an die *Macoma balthica*-Coenose, etwa unterhalb der 15 m-Tiefenlinie, anschließt, angesehen (PETERSEN 1914). Als geringste Wohntiefe dieser Art im Untersuchungsgebiet wurde 11,4 m ermittelt. In Tiefen unter 15 m wurde diese Art sowohl vor Norderney wie vor Juist häufiger lebend angetroffen. Wegen der zahlenmäßig sehr reichlichen Beanteiligung dieser Muschel an der Zusammensetzung des Schills wäre eigentlich eine höhere Besiedlungsdichte zu erwarten gewesen, doch muß zunächst berücksichtigt werden, daß bei den untersuchten Tiefen nur der südliche Rand der *Venus*-Gemeinschaft erreicht wurde. Ferner hat DAVIS (1923) festgestellt, daß diese Art Flecken („patches“) mit dichter Besiedlung bildet, zwischen denen sich schwach oder garnicht besiedelte Regionen erstrecken. Darüber hinaus hat HAGMEIER (1930) gerade für die ostfriesische Küste sehr starke Schwankungen in der Besiedlungsdichte (Fluktuationen) dieser Art in mehreren Jahren nachgewiesen⁴). Das im Zeitraum meiner Untersuchungen bemerkte auffallend spärliche Lebendvorkommen von *Spisula subtruncata* findet somit seine Erklärung. — Die zweithäufigste Art unter den Seemuscheln im Schill, *Donax vittatus*, wurde vereinzelt in den Greiferproben in Tiefen unter 13 m bemerkt. Eine bedeutende Anzahl lebender Exemplare wurde in zwei Dredschzügen in fast 20 m Tiefe nördlich von Norderney erbeutet. Es unterliegt keinem Zweifel, daß diese Art daselbst ausgedehnte Gebiete bewohnt. — In diesen Dredschproben wurden auch zahlreiche lebende Exemplare von *Spisula solida*, einer weiteren wichtigen Schillkomponente, bemerkt. Vereinzelt Stücke dieser Art wurden auch in Greiferproben zwischen 15 und 20 m Tiefe gefunden. — *Macra corallina atlantica* wurde als halbausgewachsenes Tier bereits einmal in einem Gat des Sandriffgürtels, im Schluchter, festgestellt. Darüber hinaus findet sich diese Art im gesamten Seegebiet, allerdings recht sporadisch. Die großen, dünnschaligen Klappen zerbrechen nach dem Tode des Tieres recht leicht und treten dann erst im Bruchschill mit einer dem Lebendvorkommen entsprechenden Häufigkeit in Erscheinung. — Als häufigste, lebend vorkommende Art unterhalb der 15 m-Tiefenlinie im gesamten Untersuchungsraum wurde *Angulus fabula* beobachtet. Von dieser Tellinide wurde eine Besiedlungsdichte von ca. 70 Exemplaren/m² ermittelt. Sie gilt neben *Venus striatula*, die jedoch nur selten lebend gefunden wurde, als Charakterart 1. Ordnung in der *Venus*-Gemeinschaft (PETERSEN 1914). — Die andere, häufig im Schill auffindbare Tellinide, *Angulus tenuis*, bevorzugt Tiefen zwischen 5-10 m und wurde innerhalb dieses Bereiches vor Norderney und Juist mehrfach in den Greiferproben angetroffen. Beide *Angulus*-Arten sind sehr dünnschalig und zerbrechlich; sie werden infolgedessen nicht mit der zu erwartenden Häufigkeit als unbeschädigte Einzelklappen vorgefunden werden. — Bemerkenswert häufig wurden lebende Montacutiden angetroffen. Von diesen bewohnt *Montacuta ferruginosa* nur küstenfernere Regionen unterhalb der 15 m-Tiefenlinie, während *Mysella bidentata* im gesamten Seegebiet, auch im Flachwasser der Sandriffzone in unmittelbarer Nähe der Inseln, vorkommt. — Nur zwei von den im Seeschill häufigeren Arten konnten nicht zu ihren Lebensräumen verfolgt werden, *Astarte triangularis* und *Aloidis gibba*. Mit großer Wahrscheinlichkeit lebt jedoch die kleine Astartide auch im untersuchten Raum, da ich zweimal lebendfrische Doppelklappen gefunden habe (in 8 m Tiefe im

⁴) Derartige Fluktuationen werden sicher auch bei anderen Arten eine nicht unbedeutende Rolle spielen. Es wäre sehr gewagt, aus den Mengenanteilen der Arten im Schill auf das derzeitige Lebendvorkommen zu schließen.

Ostteil der Nordwest-Gründe und, fast genau nördlich davon, in 13 m Tiefe). Der größte Teil der im Schill bemerkten Einzelklappen dieser Art war dagegen recht stark abgeschliffen, was auf einen weiteren Transportweg schließen läßt. — *Aloidis gibba* ist vermutlich erst östlich des Untersuchungsgebietes lebend zu erwarten, da diese Art in der *Abra alba*-Lebensgemeinschaft eine Rolle spielt (vgl. HAGMEIER 1925). — Sofern von den beiden letztgenannten Arten abgesehen wird, können alle übrigen, die Hauptmasse des Schills zusammensetzenden Arten mit ihren Lebensräumen in Verbindung gebracht werden.

Muschel-Doppelklappen. Die nach dem Tode der Muscheln verbleibenden, nur durch das Ligament verbundenen und oftmals klaffenden Schalen werden, gleichgültig, welche Lage sie auf oder im Sediment einnehmen, den reibenden Kräften von Wasser und Bodenmaterial stets besonders intensiv ausgesetzt sein. Es bedarf sicher keines langen Transportes, bis das Ligament sich gelöst hat und die beiden Klappen getrennt werden. — Doppelklappen sind daher im Schill immer nur spärlich vertreten. Ihre Fundorte liegen in der überwiegenden Zahl der Fälle innerhalb der Wohnräume der jeweiligen Arten oder nur in geringer Entfernung von diesen. Eine derartige Autochthonie vorausgesetzt, bietet die Möglichkeit, aus dem Fund von lebendfrischen Doppelklappen mit ziemlicher Sicherheit auf die Existenz der jeweiligen Tiere im gleichen Milieu zu schließen. Daß andererseits ungewöhnliche und bis jetzt noch reichlich ungeklärte hydrographische Verhältnisse sowohl Doppelklappen wie auch lebende Muscheln über weite Strecken verfrachten können, wird durch die gelegentlich am Strand auftretenden, oft überaus reichlichen Spülsäume bewiesen, die nur aus wenigen Arten, bisweilen sogar nur aus einer einzigen Art, bestehen, welche mit Gewißheit nicht in der küstennächsten Region leben (vgl. HAFNER 1939).

In Tabellè 2 sind für die drei untersuchten Regionen — Watt, Sandriffzone und freie See — die in der angegebenen Zahl von 1/10 m²- Greiferproben ermittelten absoluten Stückzahlen an Muschel-Einzelklappen und -Doppelklappen gegenübergestellt.

Tabelle 2. Muschel-Einzelklappen und -Doppelklappen im Schill.

	Wattgebiete	Gebiete der Sandriffzone	Seegebiete
Probenanzahl	161	89	156
Einzelklappen	22473	13071	9514
Doppelklappen	158	49	172
Doppelklappen in % der Einzelklappen	0,7	0,4	1,8

Aus dieser Tabelle ist zu ersehen, daß sowohl im Wattenmeer wie in den freien Seegebieten im Durchschnitt auf jede Greiferprobe nur eine Doppelklappe entfällt. In der stärkeren Durchströmung ausgesetzten Sandriffzone kommen sogar auf rund zwei Proben nur eine Doppelklappe. Gemessen an der Summe der Einzelklappen nehmen die Doppelklappen im Watt- und Sandriffgebiet weniger als 1 %, im freien Seegebiet jedoch fast 2 % ein. Im einzelnen ist im Seegebiet der Anteil an Doppelklappen recht unterschiedlich; bis zu 10 m Tiefe sind es 0,5 %, bis zu 15 m Tiefe bereits 2,7 % und bis zu 20 m Tiefe 3,8 % der daselbst gefundenen Einzelklappen. Diese Werte haben wegen der geringen absoluten Anzahl an Doppelklappen keine allgemeingültige Bedeutung. Sicher ist jedoch, daß mit

zunehmender Tiefe die absolute und relative Menge an Muschel-Doppelklappen zunimmt.

Die Beteiligung der einzelnen Arten unter den aufgefundenen Doppelklappen ist auch nur mit äußerst unsicheren prozentualen Angaben möglich. In den Wattgebieten steht *Cardium edule* mit rund 50 % an der Spitze. Es folgen dann *Macoma balthica* und *Petricola pholadiformis* mit je ca. 20%. Der verbleibende Rest wird von *Mytilus edulis*, *Mysella bidentata* und *Abra alba* eingenommen. Nur diese sechs Arten wurden als Doppelklappen im Wattenschill festgestellt. — In der Sandriffzone erhöht sich diese Zahl auf 10 Spezies. Hier führt *Macoma balthica* mit ca. 25%, während *Cardium edule* und *Petricola pholadiformis* nur je ca. 20 % einnehmen. Die weiteren hier als Doppelklappen nachgewiesenen Arten, nach der fallenden Häufigkeit geordnet, sind: *Angulus fabula*, *Mysella bidentata*, *Mytilus edulis*, *Abra alba*, *Angulus tenuis*, *Donax vittatus* und *Venerupis pullastra*. — Im freien Seegebiet wurden Doppelklappen von *Cardium edule* und *Mytilus edulis* völlig vermißt. Bis zur 10-m-Tiefenlinie ist *Macoma balthica* mit ca. 40 % die dominierende Art. Darüber hinaus, bis zur 20-m-Tiefenlinie, nimmt *Angulus fabula* mit ca. 75 % den weitaus größten Anteil unter den Doppelklappen ein. In dieser Form wurden im gesamten Seegebiet 12 Arten aufgefunden; außer den beiden genannten noch *Mysella bidentata*, *Abra alba*, *Abra prismatica*, *Spisula subtruncata*, *Spisula solida*, *Angulus tenuis*, *Donax vittatus*, *Astarte triangularis*, *Venus striatula* und *Petricola pholadiformis*.

Der Gewichtsanteil, den die Doppelklappen im Schill einnehmen, ist bereits in Tabelle 1 dargelegt worden. Das höhere relative Gewicht der Doppelklappen im Wattenschill, wo diese zahlenmäßig weniger als in den Seegebieten erbeutet wurden, wird naturgemäß durch die dort vorherrschenden großen *Cardium*-Schalen bedingt.

Muschel-Einzelklappen. Der im Rahmen dieser Arbeit wichtigste Bestandteil des Schills sind die intakten, nach Art und Zahl sicher bestimmbarer Einzelklappen. Sie sind, wie durch die Gewichtsanalyse bewiesen wurde, stets in genügend großen Mengen anzutreffen, so daß sich prozentuale Angaben auch für mäßig kleinräumige Gebiete rechtfertigen lassen.

Erklärungen zu Tabelle 3.

Gebietsbezeichnungen

- I. Wattgebiete: 1. Norddeicher Fahrwasser u. Westerriede; 2a. Riffgat-Ost; 2b. Riffgat-West, nördl. Teil; 2c. Riffgat-West, südl. Teil; 3. Kalfamergat; 4a. Juister Fahrwasser, nördl. Teil; 4b. Juister Fahrwasser, südl. Teil; 5a. Legde-Nord; 5b. Legde-Mitte; 5c. Legde-Süd; 6. Steinplate; 7a. Busetief-West; 7b. Busetief-Mitte; 7c. Busetief-Ost. —
- II. Gebiete der Sandriffzone: 1a. Spaniergat-NW; 1b. Spaniergat-SW; 2a. Schluchter-West; 2b. Schluchter-Ost; 3a. Seegat-West; 3b. Seegat-Ost; 4. Hohe Plate..
- III. Seegebiete bis 10 m Tiefe: 1. Nordwest-Gründe; 2a. Nordergründe und Dovetief-Süd; 2b. Dovetief-Mitte; 2c. Dovetief-Nord; 3. nördlich Juist u. Norderneyer Seegat; 4. nördlich Norderney. — Bis 15 m Tiefe: 1. nördlich Juist; 2. nördlich Norderneyer Seegat; 3. nördlich Norderney. — Bis 20 m Tiefe: wie bis 15 m Tiefe.

Abkürzungen:

× vereinzelt (prozentualer Anteil kleiner als 1%). — fehlend.

Anm.: Die unter „Sonstige“ zusammengefaßten Arten sind in Tabelle 4 mit absoluten Stückzahlen aufgeführt!

Erklärungen zu Tabelle 3 siehe Seite 101.

Tabelle 3. Muschel-Einzelklappen im Schill („häufige“ Arten). (Summe der Einzelklappen jedes Gebietes = 100%)

I. Wattgebiete																		
Gebiet	1			2			3			4			5			6		
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
Probenanzahl	11	21	5	8	15	7	7	7	7	6	6	9	12	23	12	18	18	18
ges. Stückzahl	1325	7216	406	1031	2658	1290	642	812	995	1157	141	2877	540	1383	540	1383	540	1383
Wattmuscheln:																		
<i>Cardium edule</i>	69	90	66	42	40	44	45	36	39	50	35	42	48	48	51	51	51	51
<i>Mytilus edulis</i>	14	2	18	×	1	×	×	3	1	4	6	1	1	1	3	3	3	3
Sonstige	×	×	×	×	×	×	×	×	—	×	1	×	×	×	×	×	×	×
zusammen:	83	92	84	42	41	44	45	39	40	54	42	43	49	49	54	54	54	54
Indiff. Muscheln:																		
<i>Macoma balthica</i>	16	5	12	30	20	22	38	31	27	37	38	18	18	18	35	35	35	35
<i>Petricola pholadiformis</i>	×	1	—	×	—	—	—	×	×	1	—	—	—	—	1	—	—	—
<i>Abra alba</i>	×	×	×	2	1	1	—	1	×	×	—	—	—	—	1	—	—	—
Sonstige	×	×	×	×	—	×	—	×	×	—	—	—	—	—	×	×	×	×
zusammen:	16	6	13	32	21	23	38	32	28	38	38	19	19	18	37	37	37	37
Seemuschneln:																		
<i>Donax vittatus</i>	×	×	1	8	11	14	6	14	20	3	12	7	7	2	2	2	2	2
<i>Spisula subtruncata</i>	1	1	1	10	22	14	8	11	9	3	8	27	22	6	6	6	6	6
<i>Spisula solida</i>	×	×	—	4	3	3	1	2	2	1	—	1	×	×	×	×	×	×
<i>Angulus fabula</i>	—	—	—	1	1	1	1	×	—	—	—	1	1	×	×	×	×	×
<i>Angulus tenuis</i>	—	—	—	1	×	×	—	×	1	1	×	×	×	×	×	×	×	×
<i>Aloidis gibba</i>	×	×	—	—	1	×	×	×	×	×	—	×	×	×	×	×	×	×
<i>Myrella bidentata</i>	×	×	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Montacuta ferruginosa</i>	—	—	—	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
<i>Astarte triangularis</i>	—	—	—	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Sonstige	—	—	×	×	×	×	—	—	—	×	—	—	—	—	×	×	×	×
zusammen:	1	2	3	26	38	33	17	29	32	8	20	38	33	9	33	33	33	33

II. Gebiete der Sandriffzone III. Seegebiete

Gebiet	bis 10 m Tiefe			bis 15 m Tiefe			bis 20 m Tiefe			
	a	b	c	a	b	c	a	b	c	
1	1	2	3	4	1	3	4	1	2	3
8	18	9	12	25	14	3	11	20	11	5
237	4975	302	418	3167	3227	745	3553	191	211	222
ges. Stückzahl							428	436	428	465
							174	1448	479	717
							1190			

Wattmuscheln

<i>Cardium edule</i>	8	28	17	24	32	67	13	31	32	23	20	13	23	23	7	17	6	9	12
<i>Mytilus edulis</i>	—	×	—	×	1	15	—	×	3	×	×	—	×	—	—	×	—	×	—
Sonstige	—	×	1	—	×	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	—	—	—
zusammen:	8	28	18	24	33	82	13	31	35	23	20	13	23	23	7	18	6	9	12

Indiff. Muscheln:

<i>Macoma balthica</i>	18	17	10	14	11	7	28	15	12	21	17	17	18	19	6	13	3	7	5
<i>Petricola pholadiformis</i>	—	×	—	×	×	2	—	—	1	—	1	×	×	—	—	×	—	—	—
<i>Abra alba</i>	4	×	×	1	1	×	×	×	1	2	×	3	1	1	1	1	2	3	2
Sonstige	—	×	×	—	×	×	—	×	1	1	1	—	—	—	—	×	×	×	×
zusammen:	22	17	10	15	12	9	28	15	15	23	19	20	19	20	7	14	5	10	7

Seemuscheln:

<i>Donax vittatus</i>	26	19	14	16	12	2	32	21	16	17	9	16	15	5	14	9	12	22	13
<i>Spisula subtruncata</i>	31	30	37	29	35	6	21	25	18	23	32	30	27	37	43	27	47	20	39
<i>Spisula solida</i>	8	3	9	8	3	1	4	4	3	6	11	10	5	8	14	10	14	14	9
<i>Angulus fabula</i>	4	×	4	3	1	×	×	×	×	1	2	4	4	4	7	11	8	16	11
<i>Angulus tenuis</i>	×	×	4	1	×	×	×	×	1	3	2	1	×	1	1	1	1	2	1
<i>Aloidis gibba</i>	×	×	×	1	1	×	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	4	5	3
<i>Myella bidentata</i>	×	×	2	3	1	×	×	1	9	—	—	1	1	×	2	6	—	1	2
<i>Montacuta ferruginosa</i>	×	×	×	1	1	×	—	×	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
<i>Astarte triangularis</i>	1	×	×	2	×	—	×	×	×	×	×	3	—	×	×	1	1	1	×
Sonstige	×	×	×	×	×	×	×	1	—	×	—	×	4	×	3	1	2	×	2
zusammen:	70	53	72	62	55	9	59	54	50	54	61	67	58	57	86	68	89	81	81

In Tabelle 3 sind die Prozentanteile der häufigsten Arten aus den verschiedenen untersuchten Räumen zusammengefaßt, wobei die Summe aller Einzelklappen jedes Gebietes gleich 100 % gesetzt ist.

Ein Blick auf Tabelle 3 zeigt, daß nur vier Arten mit beachtlichen Prozentwerten vertreten sind: *Cardium edule*, *Macoma balthica*, *Spisula subtruncata* und *Donax vittatus*. Stets wesentlich weniger häufig und lokal viel mehr begrenzt treten *Mytilus edulis*, *Spisula solida*, *Angulus fabula*, *Abra alba* und *Aloidis gibba* in Erscheinung. Alle darüber hinaus in dieser Tabelle genannten Arten sind nur selten mehr als zu 1 % unter den Einzelklappen enthalten.

Um eine Vorstellung davon zu vermitteln, in welcher geringen Anzahl alle sonstigen, bisher nicht aufgeführten Arten als Einzelklappen im Schill nachgewiesen wurden, sind in Tabelle 4 die absoluten Zahlen der gefundenen Exemplare vermerkt und den bereits aus Tabelle 2 bekannten Gesamtsummen der Einzelklappen aus den drei Großräumen gegenübergestellt. Hierbei ist bemerkenswert, daß manche dieser Arten wie z. B. *Mya arenaria* und *Scrobicularia plana* im Wattenmeer, ferner *Mactra corallina atlantica* im Seegebiet in großen, zuweilen sogar sehr bedeutenden Ansammlungen lebend angetroffen werden können. Aus einer quantitativen Schillanalyse, die nur die intakten Einzelklappen berücksichtigt, sind folglich alle Schlüsse über den Umfang der Lebendbesiedlung eines Gebietes sehr fragwürdig (vgl. auch Fußnote 4).

Tabelle 4. Muschel-Einzelklappen im Schill („seltene“ Arten).

	Wattgebiete	Gebiete der Sandriffzone	Seegebiete
ges. Stückzahl	22473	13071	9514
<i>Scrobicularia plana</i>	27	14	10
<i>Mya arenaria</i>	55	9	—
<i>Ostrea edulis</i>	1	—	3
<i>Venerupis pullastra</i>	7	1	—
<i>Barnea candida</i>	17	4	—
<i>Zirfaea crispata</i>	5	2	3
<i>Astarte sulcata</i>	—	—	2
<i>Divaricella divaricata</i>	5	7	15
<i>Cardium exiguum</i>	2	6	6
<i>Dosinia linctata</i>	—	—	2
<i>Venus striatula</i>	—	4	10
<i>Venus ovata</i>	—	—	4
<i>Mactra corallina atlantica</i>	15	7	16
<i>Abra prismatica</i>	—	—	8
<i>Tellina pygmaea</i>	—	1	2
<i>Phaxas pellucidus</i>	—	—	3
<i>Saxicava arctica</i>	1	—	1
<i>Saxicavella jeffreysi</i>	1	1	1
<i>Mya truncata</i>	11	4	2
<i>Thracia papyracea</i>	—	1	7
zusammen:	147	61	95
In % der ges. Stückzahl:	0,6	0,5	1,0

Für den speziellen Zweck der Schillanalyse zur Erforschung der Strömungen ist es ausreichend, wenn anstelle der relativen Häufigkeit einzelner Arten diejenige ganzer Gruppen — Wattmuscheln, indifferente Muscheln und Seemuscheln — zum Vergleich gelangen, ohne Rücksicht darauf, daß diese Gruppeneinteilung mit einem gewissen Unsicherheitsfaktor behaftet ist. Die entsprechenden Prozentsummen sind ebenfalls in Tabelle 3 enthalten.

Die aus der Untersuchung der Muschel-Einzelklappen gewonnenen Erkenntnisse werden am Schluß dieser Arbeit im hydrographischen Zusammenhang zur Sprache kommen.

Angebohrte Muschelklappen. Annähernd 1% am Gesamtgewicht des Schills entfallen auf Muschel-Einzelklappen mit deutlichen Bohrspuren (vgl. Tabelle 1). Fast immer handelt es sich um die bekannten kreisrunden und konisch vertieften Bohrlöcher der Naticiden. Aus dieser Prosobranchierfamilie ist im Bereich der ostfriesischen Inseln nur die Art *Natica catena* mit Sicherheit nachgewiesen worden (LEEGE 1939). Im Gebiet um Helgoland (HEINCKE 1896), aber auch vor der niederländischen Küste (VAN REGTEREN ALTENA 1937) kommt zusätzlich noch *Natica alderi* vor; ein gelegentliches Auftreten dieser Art in unserem Raum ist jedenfalls zu erwarten. — Außer den typischen Naticiden-Bohrlöchern wurden sehr vereinzelt auf größeren Auster- und Herzmuschelklappen die borkenkäferartigen Gänge des Bohrschwamms *Clionia celata* GRANT bemerkt.

LEEGE (1939) bringt eine Aufzählung von ca. 30 Muschelarten, die, mit Bohrlöchern versehen, bisher in der Umgebung der ostfriesischen Inseln aufgefunden wurden. Über das Mengenverhältnis der einzelnen Arten wird nichts ausgesagt.

Tabelle 5. Angebohrte Muschelklappen im Schill.
(ges. Stückzahl aller angebohrten Klappen = 100%)

	Watt- gebiete	Gebiete d. Sandriff- zone	bis 10 m Tiefe	Seegebiete bis 15 m Tiefe	bis 20 m Tiefe
Anteil der angebohrten Klappen an allen Einzelklappen in %	1,2	1,6	2,8	3,7	13,0
<i>Cardium edule</i>	51	29	24	×	4
<i>Macoma balthica</i>	16	31	30	6	×
<i>Donax vittatus</i>	7	16	21	18	23
<i>Spisula subtruncata</i>	18	13	40	53	44
<i>Spisula solida</i>	5	7	12	14	21
<i>Angulus fabula</i>	—	—	×	5	3
Sonstige*)	3	4	3	4	5

*) Sonstige Arten:

Wattgebiete:

Mytilus edulis, *Petricola pholadiformis*, *Angulus tenuis*, *Mactra corallina atlantica* und *Aloidis gibba*.

Gebiete der Sandriffzone:

Scrobicularia plana, *Zirfaea crispata*, *Abra alba*, *Aloidis gibba*, *Thracia papyracea*, *Mysella bidentata* und *Astarte triangularis*.

Seegebiet bis 10 m Tiefe:

Angulus tenuis und *Astarte triangularis*.

Seegebiet bis 15 m Tiefe:

Abra alba und *Mysella bidentata*.

Seegebiet bis 20 m Tiefe:

Zirfaea crispata, *Abra alba*, *Mysella bidentata*, *Montacuta ferruginosa*, *Venus striatula* und *Thracia papyracea*.

Die vorstehende Tabelle 5 gibt einen Überblick über den Anteil der angebohrten Muschelklappen an der Gesamtheit aller Einzelklappen, ferner ist aus ihr die relative Häufigkeit der einzelnen Arten zu entnehmen. — Während im Wattenmeer nur 1,2 % aller Einzelklappen Bohrspuren aufweisen, erhöht sich dieser Anteil im Seegebiet bis zu einer Tiefe von 10 m um mehr als das Doppelte, bis zur 15-m-Tiefenlinie um das Dreifache und bis zu 20 m Tiefe um mehr als das Zehnfache. Ob die Häufigkeit der lebenden Bohrschnecken diesen Beziehungen entspricht, konnte nicht ermittelt werden, da lebende Exemplare von *Natica catena* zwar nicht selten, aber doch reichlich verstreut in den Greiferproben bemerkt wurden.

Der prozentuale Anteil der angebohrten Muschelklappen ist größenordnungsmäßig dem der nicht angebohrten Einzelklappen in den verschiedenen Gebieten vergleichbar. Anzeichen dafür, daß bestimmte Muschelarten von den Bohrschnecken bevorzugt werden, liegen nicht vor.

Korrodier te Muschelklappen. Unter den korrodierten Klappen, die als genetische Vorstufe des echten groben Bruchschills aufgefaßt werden können, ist *Cardium edule* in allen untersuchten Bereichen mit 80 bis 100 % weit-aus führend beteiligt. Bei dieser Muschel sind es fast ausschließlich sog. Fazettierungen, die zur Beobachtung gelangen. Man versteht darunter Abschleife der Wirbelregion, wobei verschieden große, meist \pm kreisförmige Löcher entstehen. PRATJE (1929) erwähnt die besonders große Zahl von fazettierten *Cardium*-Schalen aus dem Seegebiet vor Borkum, Juist und Norderney und bespricht eingehend die Entstehung dieser Bildungen. Auch bei *Scrobicularia plana* und *Maetra corallina atlantica* konnte ich in sehr vereinzelt Fällen Fazetten nachweisen; diese lagen dann aber stets auf der Schalenmitte und niemals in der Wirbelregion. — Die restlichen 0-20 % der korrodierten Muschelklappen werden von den verschiedensten Arten bestritten, doch fallen gewöhnlich nur die größeren Arten in diesem Zusammenhang auf.

Korrosionserscheinungen können nur bei jenen Muschelklappen auftreten, die längere Zeit im Meer hin und her verdriftet worden sind. Besonders intensiv wird die korrodierende Wirkung in der Brandungszone in Erscheinung treten. Ferner ist es notwendig, daß die Muschelschalen vorübergehend zum Teil eingesandet werden, wobei sie eine bestimmte, physikalisch-statisch bedingte Lage — meist „gewölbt-oben“ — im Sediment einnehmen müssen (vgl. RICHTER 1922 und PRATJE 1929). — Derartig äußerlich angegriffene Schalen werden zwangsläufig bei weiterem Transport besonders leicht zerbrechen und dann am Bruchschill beteiligt sein.

Der Bruchschill. Der Bruchschill wurde, wie eingangs erwähnt, einer fraktionierten Siebung unterworfen. Die drei Siebfractionen entsprechen also den drei Größenklassen bis 20 mm, bis 15 mm und bis 10 mm.

In Tabelle 6 sind die prozentualen Anteile der wichtigsten sicher bestimmbareren Arten vermerkt. Um gleichzeitig eine Vorstellung von der Dichte des abgelagerten Bruchschills zu vermitteln, sind in dieser Tabelle noch die Probenzahl, in welcher Bruchschill der jeweiligen Größenklasse gefunden wurde, die Zahl aller Proben innerhalb der untersuchten Gebiete und die absolute Stückzahl der Fragmente aufgeführt.

Ein Vergleich der beiden in Tabelle 6 genannten Probenzahlen zeigt, daß sich Bruchschill der Größenklasse bis 20 mm im Wattengebiet in jeder 3. Probe, in den

Gaten der Sandriffzone in jeder 4. Probe und im Gebiet der offenen See nur in jeder 8. Probe nachweisen läßt. Die Größenklasse bis 15 mm findet sich im Wattenmeer bereits in jeder 2. Probe, im Sandriffgebiet in jeder 3. Probe und in den Seegebieten in jeder 4. Probe. Dagegen kommt Bruchschill bis 10 mm Größe fast in jeder entnommenen Probe vor. — Betrachtet man ferner das Verhältnis der absoluten Stückzahlen innerhalb der Größenklassen bis 20 mm, bis 15 mm und bis 10 mm untereinander, so ergeben sich folgende Proportionen: Wattenmeer 1:3:15,

Tabelle 6. Artenzusammensetzung des Bruchschills.
(Stückzahl der Fragmente = 100%)

Größenklasse (in mm) des Bruchschills	Wattgebiete			Gebiete der Sandriffzone			Seegebiete		
	20	15	10	20	15	10	20	15	10
Stückzahl d. Fragmente (= 100%)	564	1551	8203	241	672	5561	130	323	4090
Anzahl der Proben mit Bruchschill der jeweiligen Klasse	63	76	124	21	26	68	19	37	125
Anzahl aller Proben im Gebiet ..	161			89			156		
Wattmuscheln:									
<i>Cardium edule</i>	20	33	31	12	19	29	48	50	26
<i>Mytilus edulis</i>	55	39	25	65	65	20	28	13	13
<i>Mya arenaria</i>	5	1	×	2	×	×	—	1	×
<i>Scrobicularia plana</i>	3	2	1	2	1	1	2	2	1
zusammen:	83	75	57	81	85	50	78	66	40
Indiff. Muscheln:									
<i>Macoma balthica</i>	1	9	20	2	3	23	2	13	20
<i>Petricola pholadiformis</i>	9	2	1	5	2	1	—	—	×
<i>Barnea candida</i>	2	1	×	2	2	×	—	×	×
<i>Zirfaea crispata</i>	1	×	×	×	1	×	—	×	×
<i>Ostrea edulis</i>	1	×	×	2	—	1	2	—	1
<i>Abra alba</i>	—	—	1	—	×	1	—	—	×
Sonstige*)	—	5	4	—	1	3	×	×	1
zusammen:	14	17	26	11	9	29	4	14	22
Seemuscheln:									
<i>Macra corallina atlantica</i>	1	1	1	5	1	1	8	4	1
<i>Donax vittatus</i>	—	1	2	—	1	3	×	2	4
<i>Spisula</i> spec.	1	1	3	×	2	5	1	3	6
<i>Angulus</i> spec.	—	×	1	—	—	1	—	1	4
<i>Aloidis gibba</i>	—	—	×	—	—	×	—	—	×
Sonstige**)	×	×	1	2	—	×	2	1	1
zusammen:	2	4	8	7	4	10	11	11	16
Nicht bestimmbar:	1	4	9	1	2	11	7	9	22

*) Hierzu die nicht genauer bestimmbar Fragmente von „Bohrmuscheln“ (Pholadiden oder *Petricola pholadiformis*).

**) Hierzu alle in der Liste auf S. 96 mit „B“ vermerkten Arten.

× vereinzelt (prozentualer Anteil kleiner als 1%).

— fehlend.

Sandriffgebiete 1:3:23, offene Seegebiete 1:3:31. — Diese Vergleiche zeigen, daß der Bruchschill des Wattenmeers relativ „grobkörniger“, jener der freien See relativ „feinkörniger“ ist. Auf diese Tatsache wurde bereits bei der Gewichtsanalyse hingewiesen. Sie findet darin ihre Erklärung, daß die vorwiegend im Watt lebenden Muscheln *Cardium edule*, *Mytilus edulis*, *Mya arenaria* und *Scrobicularia plana* im ausgewachsenen Zustand mithin zu den größten Muscheln der südlichen Nordsee gehören. Abgesehen von den sog. indifferenten Muscheln, die schließlich auch im Wattenmeer, teilweise sogar bevorzugt, leben und die wie *Ostrea*, *Petricola* und alle Pholadiden ebenfalls große Arten darstellen, findet sich im untersuchten Seebereich nur eine häufige Art, *Mactra corallina atlantica*, die in ihrer Größe mit den bisher genannten konkurrieren kann.

Naturgemäß werden die Siebfractionen „bis 20 mm“ und „bis 15 mm“ nur die Bruchstücke der größeren Arten, demnach nur eine beschränkte Zahl aller vorhandenen Arten, enthalten. Da diese, wie erwähnt, vorwiegend Wattmuscheln sind — von den indifferenten Muscheln abgesehen — wird das aus dem Wattenmeer stammende Material im Bruchschill dieser Fractionen überall, auch in der offenen See, weitaus dominieren. Auch in der Fraction „bis 10 mm“ herrscht das Wattmaterial überall noch vor, doch sind die Prozentwerte bereits deutlich kleiner, da die Seemuschelfragmente inzwischen mit höheren Anteilen in Erscheinung treten.

Aus den Tabellen 3 und 4 war zu entnehmen, daß sich auffallend wenig intakte Einzelklappen der großen Wattmuschelarten *Mytilus edulis*, *Mya arenaria* und *Scrobicularia plana* auffinden ließen, jedenfalls immer weniger, als auf Grund der hohen Besiedlungsdichte in den jeweiligen Biotopen zu erwarten wäre. Diese Arten sind dafür aber im Bruchschill, besonders in den beiden größeren Fractionen, in erhöhtem Maße zu finden. Gleiches gilt auch für *Mactra corallina atlantica*, für die großen Bohrmuschelarten und für *Ostrea edulis*. Die großen und, im Verhältnis zu ihrer Größe, meist recht dünnchaligen Arten, fallen offensichtlich besonders leicht den zertrümmernden Kräften anheim.

Je kleiner die Fragmente sind, um so unsicherer wird zwangsläufig die Determination. In der Bruchschill-Größenklasse bis 10 mm beträgt der nicht mehr bestimmbare Anteil bereits im Durchschnitt 14 %. Da sich jedoch einerseits die vier Wattmuschelarten, andererseits auch die zu den indifferenten Muscheln gerechneten Arten noch in ziemlich kleinen Bruchstücken gut erkennen lassen, so wird der unbestimmbare Rest weitaus vorwiegend aus Seemuschelfragmenten bestehen. Häufige Durchmusterungen der kleinsten Bruchstücke unter Anwendung geeigneter Vergrößerungen brachten dafür die Bestätigung, da stets eine bedeutende Anzahl der kleinen Schalensplitter als Teile der rechten Klappe von *Angulus fabula* dank ihrer auffälligen Schrägstreifung erkennbar waren.

Eine Artenanalyse für die Bruchschillfraction „kleiner als 10 mm“ ist praktisch nicht mehr durchführbar. Alles Notwendige über diesen Kleinst-Bruchschill ist bereits bei der Beschreibung der gewichtsanalytischen Ergebnisse mitgeteilt worden.

Die Verwendung der Schillanalyse in der Hydrographie.

Allgemeine Grundlagen für den Transport und für die Ablagerung des Schills. Zwar nicht ausschließlich, aber doch in größtem Maße ist der Schilltransport das Resultat von Strömungen, unter denen

die Gezeitenströmungen eine sehr bedeutende Rolle einnehmen. Auch der gelegentlich in Frage kommende Transport mit Eisschollen ist letzten Endes ein Strömungseffekt. Das gilt auch für den Fall, wenn in den Wattgebieten bei Niedrigwasser kleine Schaltiere trockenfallen, dann bei ruhig ablaufender Flut an der Wasseroberfläche haften bleiben und schließlich über weite Strecken verdriftet werden, wie es von SCHWARZ (1929) für Hydrobien geschildert wurde. Von Strömungen weitgehend unabhängig ist wohl nur die Verbreitung des Schills durch muschelfressende Fische (Pleuronectiden u. a.), doch dürfte dieser Anteil nicht sehr beträchtlich sein.

Nach den Feststellungen von LÜDERS (1929) sind folgende Strömungsgeschwindigkeiten erforderlich, um Bodenmaterialien in Bewegung zu setzen: feinsten Sand und kleinste Muschelfragmente bei 0,25-0,30 m/sec, gröberer Sand und kleinere Muschelklappen bei \pm 0,40 m/sec und größere Schillbestandteile bei 0,60-0,65 m/sec. TRUSHEIM (1931) bemerkt hierzu ergänzend, daß die Herzmuschel — gemeint sind sicher ausgewachsene Schalen — bei einer Strömungsgeschwindigkeit von 0,45 m/sec bewegt wird. — Im Untersuchungsgebiet sind, wie mir Herr Dr. O. LINKE mündlich mitteilte, folgende Strömungsgeschwindigkeiten gemessen worden: in den Wattprieln 0,80-1,5 m/sec, im freien Seegebiet bis 1,2 m/sec und im Seegat zwischen Juist und Norderney 1,8-2,0 m/sec. Diese Werte beziehen sich nur auf das Oberflächenwasser und gelten außerdem nur für normale Wetter- und Gezeitenlagen. Selbst bei einer bedeutenden Schwächung dieser Strömungsgeschwindigkeiten über dem Meeresboden dürften sie zum Transport aller Schillbestandteile wohl stets ausreichen.

Da Intensität und Richtung der Strömungen wechseln, ist der Schilltransport ausgesprochen diskontinuierlich. Jedes Schillteilchen wird also, bevor es seine endgültige Ablagerungsstelle gefunden hat, zahllose Male bewegt und abgesetzt. Kleine Bodenvertiefungen, die eine sehr geringe oder überhaupt keine Strömung aufweisen, werden vorübergehende Ablagerungs- und Übersandungsstellen sein. Diese wiederum ändern sich ständig mit der stetig fortschreitenden Umgestaltung des Bodenreliefs. Schillablagerungen größeren Stils, abgesehen von jenen innerhalb dicht besiedelter Biotope, werden sich immer dort bilden, wo sich die Wege zweier Strömungen kreuzen, wo eine Strömung auf ein Hindernis stößt und wo die Bodengestaltung solche Bildungen zuläßt.

Der Transportweg eines Schillteilchens kann sehr verschieden weit sein. Liegt dieser Weg noch innerhalb der Wohngrenzen einer Art, so ist der davon stammende Schill als autochthon zu bezeichnen (vgl. Muschel-Doppelklappen). Reicht dagegen der Transportweg über die Grenzen der Biotope hinaus, so ist der Schill in seiner neuen Umgebung allochthon. Die Wattmuscheln im Schill der offenen See einerseits und die Seemuscheln im Schill des Wattmeeres andererseits sind demnach in diesem Sinne allochthon, und es muß möglich sein, aus dem Grad der Allochthonie des Materials innerhalb möglichst zahlreicher Schillproben aus kleinen Räumen auf die für den Transport in erster Linie verantwortlichen Strömungen zu schließen. Das somit gewonnene Bild wird dann das Strömungsgeschehen in einem größeren verfloßenen Zeitraum widerspiegeln.

Diese schilltransportierenden Bodenströmungen bewirken auch die Wanderung des Bodenmaterials, kurz Sandwanderung genannt. Ihre Erkenntnis ist von eminenter praktischer Bedeutung für alle Fragen der Landgewinnung und des

Küstenschutzes. Eine direkte Sandwanderungsmessung war im Bereich des Norderneyer Seegatts aus rein methodischen Gründen nicht möglich. Die durchgeführte Schilluntersuchung kann daher als indirekte Methode zur Bestimmung der Richtung des Sandtransports in Anwendung gebracht werden.

Zur Klärung dieser Fragen wird im folgenden ausschließlich auf die Artenanalyse der Muschel-Einzelklappen zurückgegriffen werden, wobei besonders die in Tabelle 3 angegebenen Prozentsummen für Watt- und Seemuschneln Verwendung finden sollen. Das indifferente Muschelmateriale kann in diesem Zusammenhang vernachlässigt werden.

Die speziellen Ergebnisse im Untersuchungsgebiet.⁵⁾

Der größte Teil der Seemuschneln im Schill wird durch zwei ausgesprochene Flutgate, Schluchter und Spaniergat, in das Norderneyer Seegat eingespült. An der Flutgatnatur des Schluchter kann kein Zweifel bestehen. Im westlichen Teil dieses Gates herrschen im Schill die Seemuschneln mit 72 % weit über die Wattmuschneln, die nur 18 % betragen, vor. Im östlichen Abschnitt stehen 62 % Seemuschneln 24 % Wattmuschneln gegenüber. — Ähnlich liegen die Verhältnisse im Spaniergat, wo wir im nordwestlichen Teil 70 % Seematerial und 8 % Wattmaterial, im südöstlichen Abschnitt 55 % Seematerial und 28 % Wattmaterial finden. Die Richtung des Schilltransportes in den genannten Gaten erfolgt von NW nach SO. — Ein nicht unbedeutender Anteil der Seemuschneln wird in der gleichen Richtung über die angrenzenden Sandplatten eingespült. In Betracht kommen die Riffbogen nördlich des Schluchter, die Robbenplatte zwischen Schluchter und Spaniergat und die südlich daran anschließende Hohe Platte und Branderplatte. Im erstgenannten Fall gelangt das Material in das flache Becken östlich der Nordwest-Gründe, wo 54 % Seemuschneln und 31 % Wattmuschneln unter den Einzelklappen nachgewiesen wurden. (In diesem Fall ist es jedoch zweifelhaft, ob alle Seemuschneln allochthon sind. Ein kleiner Teil des von ihnen stammenden Schills kann hier schon autochthon sein.) — Der über die drei anderen Platten wandernde Schill wird zunächst von den tiefen Rinnen des Seegatts und des südlich davon gelegenen Busetiefs aufgefangen. Daß diese Platten im Einspülungsbereich liegen, konnte für eine davon, die Hohe Platte, bewiesen werden; die Schillbedeckung wies 59 % Seematerial auf, während nur 13 % autochthones Material vorhanden war. — Der entlang des Westrandes der Branderplatte herangeführte Seeschill konnte bis zu den nördlichen Teilen des sog. Juister Fahrwassers und bis in die östlichen Teile des Kalfamergats verfolgt werden. Im Juister Fahrwasser, einem südlich der Branderplatte gelegenen Wattriel, wurde in dessen nördlichen Abschnitten 33 % allochthones Material ermittelt. Der südliche Abschnitt enthielt davon nur 17 %. — Das an der Ostspitze von Juist sich erstreckende Kalfamergat ist als Ebbgat zu bezeichnen. Die Wattmuschneln im Schill sind hier, wie auch im benachbarten Juister Fahrwasser, durchaus vorherrschend und nehmen 41-45 % unter den Einzelklappen

⁵⁾ Herr Dr. O. LINKE, Norderney, hatte die Freundlichkeit, mir seinen Arbeitsbericht „Die Ergebnisse der morphologischen Untersuchungen im Norderneyer Seegat unter Berücksichtigung der 1949 durchgeführten Schilluntersuchungen“ zu übermitteln, wofür ich an dieser Stelle nochmals Dank sage. Dieser Bericht ist mit Genehmigung des Verfassers in den nachfolgenden Mitteilungen verwendet worden. Die Deutung meiner Ergebnisse steht in völliger Übereinstimmung mit den von anderer Seite ermittelten hydrographischen Ergebnissen der Forschungsstelle Norderney.

ein. Der starke Einspülungsgrad, besonders in den östlichen Teilen dieses Gates, wird durch den hohen Gehalt an Seemuscheln, die hier 38 % betragen, eindeutig bewiesen.

Kompliziertere Verhältnisse zeigen die beiden, in nordsüdlicher Richtung sich erstreckenden tiefen Rinnen des Seegats und des Busetiefs. Das durch Schluchter und Spaniergat, ferner über die Robbenplate in das Seegat hereingeführte Seematerial verbleibt zum weitaus überwiegenden Teil im westlichen Bereich dieser Rinne, wo es 55 %, gegenüber 33 % Wattmaterial, einnimmt. Dieses Material wird in der Hauptsache vom Ebbstrom in nördlicher Richtung wieder entfernt, wobei nur die Westseite des Seegats zum Transport beibehalten wird. Der östliche Teil des Seegats zeigt dagegen eine sehr auffällige Dominanz der Wattmuscheln im Schill, die hier 82% betragen, während der Anteil an Seemuscheln mit 9 % als unbedeutend zu bezeichnen ist. Die schilltransportierenden Kräfte, die das aus dem Wattenmeer stammende Muschelmaterial in die offene See führen, bleiben folglich auf den Ostteil dieses Gates beschränkt. — Eine ähnliche Schillverteilung findet man im Busetief, das in seiner Gesamtheit als Ebbgat aufzufassen ist. Hier liegen im westlichen Teil 38 %, im östlichen Teil nur 9 % Seematerial vor. Das in beiden Regionen vorherrschende Wattmaterial nimmt im ersten Fall 43 %, im anderen Fall 54 % ein. Auch im Busetief wird durch den Ebbstrom der allochthone Seeschill vorwiegend im Westen, der autochthone Wattenschill dagegen im Osten dieser Rinne seewärts transportiert. — Die Mitte der beiden Gate ist als Mischungszone anzusehen, doch ist ihr Charakter mehr durch das Seematerial bestimmt.

Im Falle des Seegats konnte mit anderen hydrographischen Methoden (Farbversuche) die Existenz von zwei Wasserwalzen, die verschiedene Ebb- und Flutstromgeschwindigkeiten haben und die eine Spiralbewegung des Wassers bewirken, nachgewiesen werden. Die an der Robbenplate im westlichen Teil des Seegats liegende Wasserwalze führt, in Nordrichtung gesehen, eine Drehung im Uhrzeigersinne durch. Der Bodenstrom ist folglich stets zur Robbenplate hin gerichtet und bewirkt an deren Osthang eine Aufsteilung. Eine Heranwanderung dieses Sandriffs an den Westrand von Norderney wird somit verhindert. Die merkwürdige Schillverteilung im Seegat findet in den geschilderten Wasser- und Bodenbewegungen ihre Erklärung. — Auch im Busetief spricht die unterschiedliche Schillzusammensetzung zwischen West- und Ostseite für eine ähnliche Wasserbewegung, doch fehlt bisher noch der Nachweis von hydrographischer Seite.

Die Masse des eingespülten Seematerials wird, wie beschrieben, durch die tiefen Rinnen Busetief und Seegat wieder seewärts entfernt. Nur an einer Stelle, im Bereich der sog. Busetiefbarre, wird die durch die beiden Rinnen angedeutete Linie überschritten. Unter Beibehaltung der ursprünglichen Transportrichtung von NW nach SO wird der aus der offenen See stammende Schill quer durch das nördliche Busetief und über die gleichnamige Barre hinweg weiter verfrachtet. Im Schill des südlichen Abschnitts vom Westteil des Riffgats, in welchem die Busetiefbarre gelegen ist, lassen sich 26 % Seemuscheln nachweisen, während alle übrigen Teile dieses parallel zur Südseite von Norderney gelegenen Gates nur 2-3 % davon enthalten. — Die sich anschließende Steinsplate liegt mit ihren nördlichen und östlichen Partien ebenfalls im Einspülungsbereich; das daselbst allochthone Material beläuft sich auf 20 %. — Diese Seeschill transportierende Strömung läßt sich bis weit in die Legde hinein verfolgen, wo sich im nördlichen und mittleren Abschnitt 29-32 % Seemuscheln im Schill, im südlichen Teil dagegen nur noch 8 % nachweisen lassen. Im unteren Drittel der Legde werden demnach die einspülenden Kräfte zum Erliegen kommen. —

Ergänzend sei noch mitgeteilt, daß die von den Einspülungszentren weiter entfernt liegenden Wattregionen nur selten mehr als 1-5 % Seemuscheln im Schill aufweisen, wie dies sehr deutlich im Norddeicher Fahrwasser, in der Westerriede und im östlichen Teil des Riffgats zum Ausdruck kommt.

Für den Abtransport des aus dem Wattenmeer stammenden Schills wird in erster Linie der Ebbstrom verantwortlich sein. Es wurde gezeigt, daß im Busetief und im Seegat ausschließlich die Ostseite als Wanderweg des Wattmaterials benutzt wird. — Im Kalfamergat, durch das ein Teil des aus dem Juister Watt kommenden Materials in die freie See geführt wird, scheint das umgekehrte Verhältnis vorzuliegen. Die 15 Proben aus diesem Gebiet reichen für die genaue Festlegung des Transportweges nicht aus, dennoch fiel es auf, daß die relative Menge der Wattmuscheln im westlichen Teil dieses Gates immer größer war als im östlichen Teil. Das Kalfamergat zeigt auch in anderen hydrographischen Details ein abweichendes Verhalten, so daß die schon oben geäußerte Vermutung nicht allzu unbegründet erscheint.

Der weitere Verfrachtungsweg in der offenen See ist schwieriger zu verfolgen, zumal die absolute Allochthonie der zu den Wattmuscheln gerechneten Arten in diesem Raum mit Recht bestritten werden kann. Ziemlich sicher erscheint es mir, daß sich nördlich vom Norderneyer Seegat der Wattenschill auf zwei Hauptwanderwege verteilt. Der eine führt in nordöstlicher Richtung durch das Dovesief, der andere biegt stärker nach O ab und verläuft südlich der Nordgründe, unmittelbar vor dem Nordstrand von Norderney. Die Wattmuscheln nehmen hier 35 % ein, während sonst der durchschnittliche Wert im gesamten Seegebiet bis zur 10-m-Tiefenlinie 23 % nicht übersteigt. Eine Ausnahme davon stellt nur der Ostrand der Nordwest-Gründe dar; der Anteil von 31 % Wattmuscheln beweist, daß dieses westlich vom Dovesief gelegene Gebiet noch zum Einflußbereich des genannten Gates zu rechnen ist. Das Dovesief muß nach den Schillbefunden als Ebbgat erklärt werden, was auch mit anderen Ergebnissen der hydrographischen Untersuchungen gut übereinstimmt.

Die relative Menge der Wattmuscheln im Schill nimmt mit zunehmender Tiefe ständig ab, da der autochthone Seeschill mit bedeutenden Anteilen immer stärker in Erscheinung tritt. — Vergleicht man die Werte aus kleineren Räumen innerhalb der verschiedenen Tiefenbezirke, so ergibt sich, daß die größten Ansammlungen von Wattmuscheln nicht nördlich des Dovesiefs zu finden sind, wo sie am ehesten zu erwarten wären, sondern jeweils weiter östlich, wie aus der nachstehenden Übersicht zu entnehmen ist.

	nördlich des Dovesiefs	östlich davon
bis 10 m Tiefe	22 %	29 %
bis 15 m Tiefe	18 %	23 %
bis 20 m Tiefe	12 %	16 %

Diese Verschiebung nach O muß als Anzeichen einer West-Ost-Verdriftung gedeutet werden.

Abb. 2 zeigt in schematischer Form den Verlauf der ermittelten Wanderwege von Watt- und Seemuscheln im Schill.

Diese Wanderwege sind der langjährige, durchschnittliche Ausdruck der materialtransportierenden Kräfte, wie sie sich durch die „Leitindikatoren“ des Schills manifestieren. LINKE (vgl. Bericht in Fußnote 5) faßt sie unter den Begriff des Sanddrucks zusammen. Das gesamte untersuchte Gebiet läßt sich in zwei Abschnitte zerlegen, einen westlichen mit Schluchter, Spaniergat und den anliegenden Platen und einen östlichen mit dem Dovetief. Im westlichen Teil sind die materialtransportierenden Kräfte von NW nach SO gerichtet. Im östlichen Teil wirken diese Kräfte in nordöstlicher und östlicher Richtung.

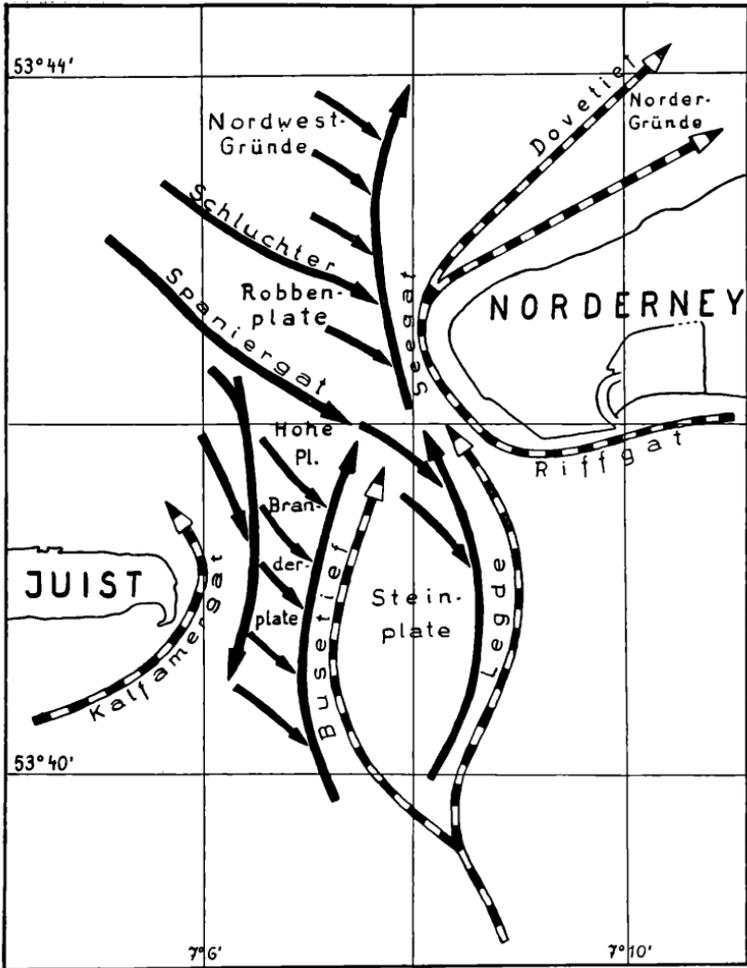


Abb. 2. Hauptwanderwege des Schills, schematisch. (Schwarze Pfeile: Seeschill; schwarz-weiße Pfeile: Wattenschill.)

Zusammenfassung.

1. Im Watt- und Seegebiet von Norderney und Juist wurden 406 Bodenreiferproben auf ihren Gehalt an lebenden Muscheln, Schill und Bruchschill untersucht. Die Untersuchung erstreckte sich auf eine Gewichtsanalyse aller Schillkomponenten und auf eine Artenanalyse.

2. Fast alle an der Schillzusammensetzung beteiligten Muschelarten konnten bis zu ihren Biotopen im See- oder Wattgebiet zurückverfolgt werden. Alle oberflächlichen Schillablagerungen sind rezente Bildungen. Die Beteiligung fossiler und subfossiler Muschelarten ist äußerst minimal.

3. Am Gesamtgewicht des Schills nehmen nur die Muschel-Einzelklappen und der Bruchschill der Größenklasse „kleiner als 10 mm“ bedeutende Anteile ein. Die gewichtsprozentualen Anteile der Einzelklappen werden in der Richtung vom Wattenmeer zur offenen See ständig kleiner, während die Menge des Kleinst-Bruchschills in der gleichen Richtung zunimmt. Der Gewichtsanteil des Kleinst-Bruchschills am Gesamtgewicht des Schills ist ein deutlicher Indikator für den Grad der von See erfolgten Einspülung.

4. Aus der quantitativen Untersuchung der unbeschädigten Muschelklappen sind nur sehr unsichere Schlüsse über Häufigkeit und Besiedlungsdichte möglich. Die größeren und relativ dünnschaligen Arten, die vorherrschend Bewohner des Wattenmeeres sind, fallen leichter den zertrümmernden Kräften anheim und sind nur im Bruchschill in einem ihrer Besiedlungsdichte entsprechenden Verhältnis vertreten. Der Wattenschill ist im Vergleich zum Seeschill „grobkörniger“.

5. Aus den verschiedenen relativen Mengen der im Watt- oder Seegebiet allochthonen Muschelarten lassen sich hinreichend genaue Angaben über die Wanderwege des Schills machen. Die Richtung dieser Wanderwege ist vergleichbar mit der Richtung der materialtransportierenden Kräfte (Sandwanderung) im langjährigen Durchschnitt.

Literatur.

- BENTHEM JUTTING, T. VAN: Lamellibranchia. In: Fauna van Nederland. XII. Leiden 1943.
- BLÜHER, H. J.: Bericht über die Schillbohrungen im ostfriesischen Wattenmeer zwischen Juist und Langeoog im Auftrag des Preuß. Wasserbauamts Norden. — 5. 12. 1935. +)
- BOERMAN, D. J.: Schelpgruisonderzoek. — Basteria 1 (2), S. 23-30. 1936.
- CASPERS, H.: Die Bodenfauna der Helgoländer Tiefen Rinne. — Helgol. Wiss. Meeresunters. 2 (1), 1938.
- DAVIS, F. M.: Quantitative Studies on the Fauna of the Sea Bottom. Nr. 1. Prelim. Investig. of the Dogger Bank. — Fish. Investig. Ser. II, 6 (2), 1923.
- DORSMAN, L.: De schelpen van ons strand en hoe ze te herkennen. — Amsterdam 1926.
- GIRSCHER, W.: Die am Strand der Nordseeinsel Juist angespülten fossilen und rezenten Cardüidae, Veneridae und Macrtridae. — Arch. Moll. 70, S. 60-72. 1938.
- HAGMEIER, A.: Vorläufiger Bericht über die vorbereitenden Untersuchungen der Bodenfauna der Deutschen Bucht mit dem Petersen Bodengreifer. — Ber. dtsh. wiss. Komm. Meeresforsch. N. F. 1, 1925.
- --: Eine Fluktuation von *Mactra (Spisula) subtruncata* DA COSTA an der ostfriesischen Küste. Erste Mitteilung über die Untersuchungen auf dem Bonitierungsgebiet von Norderney-Borkum. — Ber. dtsh. wiss. Komm. Meeresforsch. N. F. 5, 1930.

- HAGMEIER, A. & KÄNDLER, R.: Neue Untersuchungen im nordfriesischen Wattenmeer und auf den fiskalischen Austerbänken. — *Wiss. Meeresunters. N. F. Abt. Helgoland.* 16 (2), 1927.
- HAAS, F.: Lamellibranchia. In GRIMPE & WAGLER: *Die Tierwelt der Nord- und Ostsee.* IX d, 1926.
- HAFNER, F.: Nordseemuscheln. — Berlin 1939. — 1939a.
 — — —: Beobachtungen über Muschelansammlungen in Juist. — *Zool. Anz.* 125 (9/10), 1939. — 1939b.
- HEINCKE, F.: Die Mollusken Helgolands. — *Wiss. Meeresunters. N. F.* 1 (1), 1896.
- JENSEN, A. D. & SPÄRCK, R.: Bløddyr. II. Saltvandsmuslinger. — In: *Danmarks Fauna.* 40, Kopenhagen 1934.
- JOHANSEN, A. C.: Om Aflejringen af Molluskernes Skaller i Indsøer og i Havet. — *Vid. Medd. naturh. Foren Kobenhavn.* 1901.
- LEEGE, O.: Die Mollusken in der Umwelt der ostfriesischen Inseln. — *Aus der Heimat,* 52 (7/8), 1939.
- LINKE, O.: Die Biota des Jadebusenwattes. — *Helgol. Wiss. Meeresunters.* 1 (3), 1939.
 — — —: Bericht über die Ergebnisse der Schillbohrungen auf Baltrum und Langeoog. — 18. 12. 39. +)
 — — —: Bericht über die Untersuchungen über die Bildung und Herkunft des derzeit gebaggerten Schills. — 29. 4. 1940. +)
 — — —: Vorläufiger Bericht über die Schilluntersuchungen 1947. — 13., 1. 1948. +)
 — — —: Bericht über die Ergebnisse der bisherigen Schilluntersuchungen an der ostfriesischen Küste. — 15. 3. 1948. +)
 — — —: Die Ergebnisse der morphologischen Untersuchungen im Norderneyer Seegat unter Berücksichtigung der 1949 durchgeführten Schill-Untersuchungen. +)
- Bem.: Die mit +) bezeichneten Schriften sind unveröffentlichte Berichte und befinden sich bei den Akten der Forschungsstelle Norderney.
- LÜDERS, K.: Entstehung und Aufbau von Großrücken mit Schillbedeckung in Flut- und Ebbitrictern der Außenjade (in K. LÜDERS & F. TRUSHEIM, Beiträge zur Ablagerung mariner Mollusken in der Flachsee. I). — *Senckenbergiana* 11, S. 123-142, 1929.
- LÜDERS, K. & TRUSHEIM, F.: Beiträge zur Ablagerung mariner Mollusken in der Flachsee, siehe bei LÜDERS, K. und TRUSHEIM, F.
- PETERSEN, C. G. J.: Valuation of the Sea II. The animal Communities of the Sea Bottom and their Importance for Marine Zoogeography. — *Rep. Dan. biol. Stat.* 21, 1914.
- PRATJE, O.: Fazettieren von Muschelschalen. *Paläontol. Z.* 11 (2), 1929. — 1929a.
 — — —: Subfossile Seichtwassermuscheln auf der Doggerbank und in der südlichen Nordsee. — Beitrag zur Geologie der Nordsee Nr. 3. — *Cbl. Mineral. Abt. B,* (2), 1929. — 1929b.
- REGTEREN ALTEMA, C. O. VAN: Bijdrage tot de kennis der fossiele, subfossiele en recente Mollusken, die op de Nederlandsche stranden aanspoelen, en hunner verspreiding. — *Inaug. Diss. Amsterdam* 1937.
 — — —: Vooraadschuren der kalkwinning in Zuidwest Nederland. — *Basteria* 3 (2), S. 17-28, 1938. — 1938a.
 — — —: Die am Nordstrand der Insel Juist (Deutschland) angespülten fossilen Mollusken. — *Basteria* 3 (4), S. 57-61. 1938. — 1938b.
- REMANE, A.: Einführung in die zoologische Ökologie der Nord- und Ostsee. — In GRIMPE & WAGLER: *Die Tierwelt der Nord- und Ostsee* Ia, 1940.
- RICHTER, RUD.: Flachseebeobachtungen zur Paläontologie und Geologie III, IV, V. — *Senckenbergiana* 4 (5), S. 103-137, 1922.
 — — —: Flachseebeobachtungen zur Paläontologie und Geologie X. — *Senckenbergiana* 6 (3/4), S. 157-163, 1924.
 — — —: Flachseebeobachtungen zur Paläontologie und Geologie XV, XVI. — *Senckenbergiana* 8 (5/6), S. 297-315, 1926.

- RITZEMA BOS, J.: Over de schelpen, die op verschillende plaatsen van ons strand de bovenhand hebben. — T. nederl. dierk. Ver. 1, 1874.
- SCHRADER, E.: Lamellibranchiaten der Nordsee. — Wiss. Meeresunters. N. F. Abt. Kiel. 12, 1910.
- SCHWARZ, A.: Die Ausbreitungsmöglichkeit der Hydrobien. (Die Bildung eines einheitlichen Hydrobien-Sediments.) — Natur u. Museum, 59 (1), S. 50-51, 1929.
- TRUSHEIM, F.: Versuche über Transport und Ablagerung von Mollusken (in K. LÜDERS & F. TRUSHEIM, Beiträge zur Ablagerung mariner Mollusken in der Flachsee. II). — Senckenbergiana 13 (2), S. 124-139, 1931.
- WASMUND, E.: Biozönose und Thanatozönose. — Arch. Hydrobiol. 17, 1926.
- WOHLENBERG, E.: Die Wattenmeer-Lebensgemeinschaften im Königshafen von Sylt. — Helgol. Wiss. Meeresunters. 1 (1), 1937.
-

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Archiv für Molluskenkunde](#)

Jahr/Year: 1950

Band/Volume: [79](#)

Autor(en)/Author(s): Krause H.

Artikel/Article: [Quantitative Schilluntersuchungen im See- und Wattengebiet von Norderney und Juist und ihre Verwendung zur Klärung hydrographischer Fragen.1\) 91-116](#)