

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 Urheberrechtlichsinhabers. 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.

Physikalische Bedingungen des Kliffrückganges an der Kieler und Lübecker Bucht.

(Mit 5 Abb. und 1 Tabelle.)

Von PAUL GROSCHOFF, Kitzberg.

Meereskundliche Arbeiten der Universität Kiel, Nr. 15.

(Meeresgeologische Forschungsstelle Kitzberg Nr. 8)

Jedes Jahr geht an der Deutschen Ostseeküste eine nicht unbeträchtliche Menge Landes durch Uferabbrüche verloren. Hauptsächlich im Frühjahr sehen wir an den Kliffs die Spuren von frischen Abstürzen, die weit in die im Herbst noch beackerten Felder hineinreichen. Als Ursache derartiger Rutschungen werden natürlich winterliche Stürme, Brandung und Strömung angesehen. Der Uferschutz rechnet nun auch in erster Linie mit diesen Faktoren und baut nach diesen Gesichtspunkten Wellenbrecher, Bühnen und dergl. Die Erfahrung zeigt allerdings, daß diese Mittel oft nur bedingten Erfolg haben, nämlich daß das Kliff nach wie vor abrutscht. Auch eine andere Beobachtung regt zum Nachdenken an. Manche Uferstrecken liegen im Windschatten und sind vor größerem Seegang geschützt (z. B. im Kieler Hafen), und trotzdem brechen dauernd Erdmassen ab. Das Kliff kommt hier nie zur Ruhe, eine festere Pflanzendecke kann sich nicht ansiedeln. Dagegen finden wir auch Steilufer, die, trotzdem ihre Lage exponiert ist, einen standfesten Eindruck machen. Sollte also der Küstenrückgang nicht so sehr durch die von außen her wirkenden Kräfte bedingt sein, als vielmehr durch die Eigenschaften, der die Ufer aufbauenden Gesteine? Zu dieser Erkenntnis ist WASMUND (1936) gekommen, anläßlich der Untersuchung des Tarras eines mittelpaläozänen, sehr plastischen Tones, der hauptsächlich im östlichen Schleswig-Holstein (Insel Fehmarn, Wagrien) ansteht, und der wegen seiner extrem schlechten Eigenschaften sowohl in erd- wie wasserbaulicher Beziehung bekannt und gefürchtet ist. Die bodenphysikalische Untersuchung dieses Tones ergab ihrerseits Werte, die ganz mit diesem Verhalten übereinstimmen. Der Gedanke lag nun nahe, auch für andere Steilufer die physikalisch-mechanischen Konstanten zu bestimmen, was den Erfolg haben könnte, den Küstenabbruch auf die erdbaumechanischen Eigenschaften des Gesteins zurückzuführen.

Im folgenden soll über den ersten Versuch in dieser Richtung berichtet werden. Die Untersuchungen erstrecken sich auf einige besonders ausgeprägte Steilufer der Kieler und Lübecker Bucht (siehe Karte, Abb. 1). Es handelt sich dabei um Kliffs, die aus letzteiszeitlichem Geschiebemergel aufgebaut sind, wie sie für diese Gegend typisch sind. Die untersuchten Kliffs machten in sich, hinsichtlich des Materials einen ziemlich einheitlichen Eindruck, so daß im allgemeinen je zwei Proben untersucht wurden. Dies ergibt natürlich nur Übersichtsergebnisse, die von einem gewissen Zufall wohl nicht frei sind. Bei späteren Untersuchungen muß auf diese methodischen Fragen noch genauer eingegangen werden.

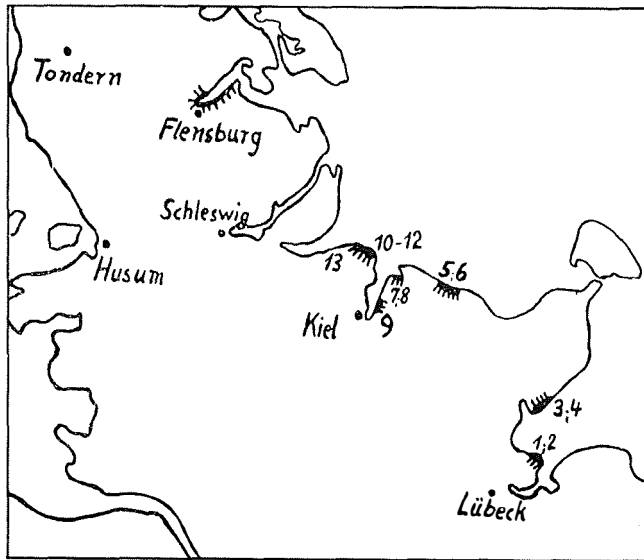


Abb. 1. Übersichtskarte über die Lage der untersuchten Kliffs in der Kieler und Lübecker Bucht. 1—13 Nummer der untersuchten Probe.

Als erstes Kliff wurde das Brodtener Ufer, eines der höchsten Kliffs, untersucht (Probe 1 und 2). Das Ufer streicht zuerst von S nach N und biegt dann nach NW um. Es ist also gegen O und NO--Winde ziemlich ungeschützt. Der Strand, oft nur bis 5 m breit, ist mit großen Geschieben bedeckt; Uferschutzbauten fehlen an dieser Stelle. Der Geschiebemergel steht fast in senkrechter Wand an. Probe 2 ist unverwitterter Geschiebemergel aus dem unteren Teil des Kliffs, Probe 1 stammt aus dem oberen Teil und ist etwas verwittert. Das Brodtener Ufer ist auch jetzt noch in starkem Rückgang begriffen. Erst in diesem Frühjahr sind Abstürze in größerem Umfang vorgekommen. Nach den Beobachtungen von FRIEDRICH (1901) ging das Ufer in 50 Jahren um 60 m zurück. Das nächste untersuchte Kliff liegt am N-Rand der Neustädter Bucht bei Re t t in (Probe 3 und 4). Dieses Kliff streicht einheitlich SW—NO. Im SW-Teil ist es flach gebösch, niedrig und mit dichtem Gestrüpp bewachsen (Abb. 2). Davor liegt ein ziemlich breiter Strandstreifen mit kleinen Geschieben. Gegen NO kommt eine kurze, senkrechte, fast überhängende Partie, ca. 10 m hoch, aus ziemlich sandigem Geschiebemergel (Abb. 3). Auf dem davorliegenden ungefähr 8—10 m breiten Strand liegen ziemlich viel abgestürzte Geschiebemergelblöcke. Durch das ganze Kliff laufen im trockenen Zustand Scharen paralleler, senkrechter Risse, die bis 0,5 cm aufklaffen und 3—4 m lang sein können. Diesem Kliff fehlen gleichfalls Uferschutzbauten, ebenso wie am nächsten untersuchten Kliff zwischen Satjendorf und Hohenfelde, das durchschnittlich 10—12 m hoch ist und 65° bis 70° Neigung hat. Die Hauptstreichrichtung dieses ebenfalls aus Geschiebemergel bestehenden Kliffs ist SO bis NW. Auch hier haben in diesem Jahr wieder große Abstürze stattgefunden, zum Teil konnte man auf dem Schuttfuß noch ganze unzerstörte Stücke der angrenzenden Felder liegen sehen. Besonders deutlich war an diesem Kliff der nischenförmige Abbruch zu sehen,

wodurch einzelne Türme und Pfeiler stehen bleiben. In den Nischen sammelt sich alles Schuttmaterial, während an den Vorsprüngen nur wenig Schutt liegt. Auch dieses Kliff war durchsetzt von den oben erwähnten Rissen, die hier ca. 60° SW einfallen. Auf der 8—10 m breiten Strandzone liegen nur wenige größere Geschiebe. In der Nähe von Hohenfelde wird das Kliff tot. Die Ursache dazu können wir in der durch den Küstenversatzstrom aufgebauten Terrasse sehen, die sich an den Kliffuß legt. Das Material zu dieser Terrasse stammt aus der Abrutschmasse am andern Anfang des gleichen Steilufer. Das Kliff ertrinkt also hier in seinem eigenen Schutt. Von hier wurde Probe 5 und 6 untersucht, wovon die eine aus dem anstehenden unverwitterten blauen Geschiebemergel entnommen wurde, und die andere aus gelbem verwitterten aber noch kalkhaltigem Geschiebemergel. An der Einfahrt zur Kieler Förde liegt sowohl auf der östlichen, wie auf der westlichen Seite ein Steilufer. Von beiden wurden Proben entnommen. Probe 7 und 8 sind Geschiebemergel aus der Nähe von Stein. Das Kliff ist etwas niedriger als die vorherigen (etwa 7—8 m hoch) und hat nur einen schmalen Schuttfuß, der in einen steinfreien bis 20 und mehr Meter breiten Strand übergeht. Probe 7 wurde aus dem toten Anfang des Kliffs bei Stein entnommen, wo es nur noch 5—6 m hoch ist und schon von Sträuchern bewachsen ist. Trotzdem sieht man noch einzelne Rutschstellen zwischen den Büschen. Von den früheren Schuttmassen ist der Strand leicht geneigt. Als natürlicher Uferschutz kann hier eine parallel zur Küste verlaufende Sandbank, die meistens trocken liegt, angenommen werden. Das Steilufer streicht fast O—W, ebenso wie seine Fortsetzung auf der anderen Seite der Kieler Förde von Bülk bis Dänischnienhof. Unmittelbar hinter dem Leuchtturm Bülk beginnt das Kliff, zunächst niedrig und sehr sandig (Probe 10). Dann wird es steiler und höher und der Geschiebemergel wird toniger (Probe 11). Hier wurde auch aus den Abrutschmassen zum Vergleich eine Probe entnommen (Nr. 12). Seine größte Höhe erreicht das Steilufer in der Gegend von Dänischnienhof (Probe 13). Hier baut sich eine mehrere Kilometer lange fast senkrechte 20—25 m hohe Wand auf. Am ganzen Kliff ist der nischenförmige Abbruch zu sehen und ein Schuttfuß, der fast bis zu $\frac{3}{4}$ der Höhe erreicht (Abb. 4). Der Strand — ca. 20 m breit — ist hier sehr steinig und mit großen Geschieben bedeckt. Überall liegen noch frisch abgestürzte große Blöcke herum. Auf der ganzen Länge ist das Steilufer sehr im Zurückgehen begriffen. Uferschutzbauten fehlen. Endlich wurde noch eine Probe in der Kieler Förde zwischen Mönkeberg und Kitzeberg entnommen. Obwohl wir es hier nur mit einer Uferhöhe von 5—6 m zu tun haben und nie mit einem richtigen Seegang rechnen können, rutschen hier dauernd kleinere und größere Partien von Geschiebemergel ab. In solcher Rutsche wurde Probe 9 gewonnen. Die letzte größere Rutschung ereignete sich am 14. März 1937, wo auf eine Länge von 12 m rund 30 cbm Geschiebemergel abrutschten. Der Wasserstand war in jenen Tagen außerordentlich niedrig. Während des ganzen Winters wurde der Fuß des Kliffs überhaupt nie vom Wasser erreicht.

Die bodenphysikalischen Untersuchungen der Geschiebemergelproben erstreckten sich 1. auf Korngrößenbestimmung (Siebanalyse und Schlämmanalyse nach der Aräometermethode) (A. CASAGRANDE 1935); 2. Plastizitätsgrenzen nach ATTERBERG (Fließgrenzenapparat nach A. CASAGRANDE 1932); 3. Wasserbindung mit dem Gerät nach O. ENSELIN (1933). Das Versuchsmaterial wurde zu allen Bestimmungen bei 105°

getrocknet, die Wassergehalte werden in Prozent zur Trockensubstanz angegeben. Die Fließgrenze nach ATTERBERG eines Materials wird erreicht, wenn die Ränder einer in einer Versuchssubstanz gezogenen Furche bei geringer Erschütterung zusammenfließen. Die Ausrollgrenze (oder untere „Plastizitätsgrenze“) wird erreicht, wenn das zu Drähten ausgerollte Versuchsmaterial nicht mehr bindet, sondern zu zerbröckeln beginnt. Die Differenz von Fließgrenze und Ausrollgrenze ergibt die Plastizitätszahl. Diese Kennziffer ist für unser Problem nicht so wichtig, denn uns interessiert nicht so sehr die Spanne, in welcher sich die Plastizitätswerte bewegen, sondern ihre Grenzwerte, bei denen ja die Vorgänge am Kliff sich abspielen. Für die Bestimmung der Wasserbindung wurde je 1 g pulverisierten Bodens verwendet und die Prozente des vom Boden aus einer horizontalen Bürette aufgesaugten Wassers bestimmt. Beim Geschiebemergel wird man bei diesem Versuch erst in zweiter Linie die Flüssigkeitsaufnahme quellfähiger Stoffe messen und hauptsächlich das kapillare Saugvermögen der Poren des lose in einem Filtertiegel eingelaufenen Versuchsmaterials, was aber seinerseits wieder durch die Beschaffenheit des Bodens bedingt ist. Zum Vergleich mit unseren Ergebnissen füge ich noch die Werte, die WASMUND (1936) für den Tarras von Fehmarn veröffentlicht hat und E. L. MERTZ (1928) für einen Moränenton vom Alsensund. In Tabelle 1 sind unsere Versuchsergebnisse zusammengefaßt (vgl. hierzu die gleich-

Tabelle 1.

Nr.	Ort	Hauptstreichrichtung des Kliffs	Korngrößen				ATTERBERG'SCHE Grenzen			
			Sand 2,0— 1,0mm	Mehlsand 0,1— 0,2mm	Schluff 0,02— 0,002 mm	Ton 0,002— 0,001 mm	Fließgrenze	Ausrollgrenze	Plastizitätszahl	Wasserbindung
in % zur Trockensubstanz										
1	Brodten	S—N—NW	43	38	16	3	24	15	9	44
2	„		51	33	12	4	18	11	7	33
3	Rettin	SW—NO	37	50	11	2	18	13	5	34
4	„		38	52	10	—	19	11	8	38
5	Satjendorf	SO—NW	42	32	20	6	20	12	8	42
6	„		45	34	19	2	22	12	10	40
7	Stein	O—W	55	27	14	4	24	12	12	41
8	„		46	36	15	3	27	16	11	46
9	Kitzeberg	N—S	42	39	16	3	17	12	5	30
10	Bülk		60	30	10	—	—	—	—	23
11	„	SO—NW	49	32	16	3	18	12	6	33
12	„		49	33	16	2	22	13	9	34
13	Dänischnienhof	O—W	41	46	10	3	17	12	5	33
Moränenton vom Alsensund (E. L. MERTZ, 1928)			20	32	30	18	27	15	12	—
Tarras von Fehmarn (E. WASMUND, 1936)			Spur	16	27	57	89	33	56	155

laufenden Ergebnisse von SEIFERT usw. 1935). Die Geschiebemergel zeigen gegenüber der Tarrasprobe ein ziemlich einheitliches Bild. Der Tarras seinerseits nimmt aber auch unter anderen Tönen eine extreme Stellung ein (vgl. SEIFERT usw. 1935). Unter sich dagegen zeigen die Mergel deutliche Unterschiede. Bei den Korngrößen ist der Gehalt an tonigen Bestandteilen ($<2\mu$) bei allen Proben ziemlich gering. Auch spricht die Kornzusammensetzung bei sämtlichen Proben dafür, daß sie unter gewissen Umständen (Grundwasser) frostschiebend sein können, denn in jeder Schlämmanalyse wurden mehr als 3 Gewichtsprocente gefunden, die den Korndurchmesser 0,02 mm haben, was nach den Erfahrungen hauptsächlich von amerikanischen Autoren als Kriterium dafür gilt. Im übrigen ist die Kornzusammensetzung der Proben typisch für Mergel. Die Werte von Fließgrenze, Ausrollgrenze und Wasserbindung gehen ziemlich parallel. Die Proben von Stein (7 und 8) sind bei allen drei Versuchen an der Spitze, dann folgt Probe 1 Brodten, die aus dem verwitterten, bereits abgestürzten Teil des Kliffs stammt. Die ausgesprochen niedrigen Werte für die Fließgrenze usw. finden wir bei den Proben von Kitzeberg Nr. 9 und Dänischnienhof Nr. 13. Diese Werte scheinen zunächst der Natur nicht gerecht zu werden, denn in Dänischnienhof und Kitzeberg kommen ziemlich viele Abbrüche vor. Hier spielt aber das Grundwasser eine entscheidende Rolle. Längs des ganzen Steilufers können wir mehr oder weniger starke Wasseraustritte beobachten, ebenso am Kliff von Dänischnienhof. Auf die gleiche Art können wir auch erklären, warum wir in Stein (Probe 7 und 8) trotz der hohen Plastizitätswerte eigentlich ein ziemlich standfestes Ufer haben. Hier fehlen weitgehendst Grundwasseraustritte. Dann ist in Stein auch der Anfang des Kliffs niedrig, flach gebösch und mit Sträuchern bewachsen. Zudem finden wir hier einen sehr breiten Strand, der noch durch die davorliegende Sandbank etwas geschützt wird. Für den Abtransport der Schuttmassen ist allerdings kein großer Seegang nötig. In den meisten Fällen genügt die Anwesenheit des Wassers allein schon, denn sämtliche untersuchten Proben zerfallen im Wasser außerordentlich rasch und vollständig und können dann von einer geringen Strömung schon abtransportiert werden.

Unsere Versuchsergebnisse führen also zu dem Schluß, daß dem Ursprung und Aufbau nach so einheitliche Gebilde wie die untersuchten Steilufer physikalisch-mechanisch doch große Unterschiede in sich bergen können. Dieser Unterschied zwischen den einzelnen Gesteinen ist sicher einer der Hauptfaktoren, die den „inneren Küstenzerfall“ bedingen, eine Hypothese, die WASMUND (1936) ausgesprochen hat, die besagt, daß die Steilküsten als Ausgleichszustand zwischen petrographischer und mechanischer Struktur und Textur des Gesteins mit dem Wassergehalt der Luft anzusehen sind. Als weiteren wichtigen Faktor, der den inneren Küstenzerfall bedingt, möchte ich das Wasser (Grundwasser) ansehen, das immer von neuem die Gesteine in den rutschgefährlichen Zustand bringt. Im Winter dagegen wirkt das Eis frostschiebend und sprengend auf die Böden. Die Hauptzeit der Uferabbrüche ist ja auch das Frühjahr, was ebenfalls mit Gefrieren und Tauen in Zusammenhang zu bringen ist. Ich konnte z. B. bei der Schneeschmelze in diesem Jahr zuerst am Kliff zwischen Mönkeberg und Kitzeberg im Kleinen und dann am Steilufer von Dänischnienhof im Großen beobachten, wie die Erdmassen — neben normalen Rutschungen — wie Schlammströme von den oberen Teilen der Ufermauern abfließen. Weder in Kitzeberg

noch in Dänischnienhof kam die Brandung bis an den Kliffuß heran. Ein besonders eindrucksvolles Bild sah man am Ufer von Dänischnienhof (Abb. 5). Von den Wellen war hier ein ca. 1—1,5 m hoher Eiswall aufgeschoben, an dessen Außenseite sich die Wellen und Treibeisstücke brachen. Die Innenseite dagegen fiel steil ab, so daß sich zwischen der Eisbarriere und dem Steilufer eine lange Mulde bildete. Das Wasser kam also nicht bis an den Kliffuß heran. In diese Mulde flossen nun, soweit man sehen konnte, die Erdmassen in einzelnen Schlammströmen von oben hinein und füllten die Mulde auf. An vielen Stellen war die Mulde bereits übergelaufen und die Erdströme ergossen sich fächerförmig über das Eis. Die fließenden Erdmassen waren mit Wasser übersättigt; sie hatten eine Konsistenz, die der von dickflüssigem Öl nahekam. Gegen N wird die Böschung des Kliffs ziemlich rasch flacher und mit Gras und Sträuchern bewachsen, dagegen wird es kaum niedriger. An dieser Stelle war nun überhaupt nichts gerutscht oder abgeflossen. Hier gibt uns die Natur selbst einen Fingerzeig, wie wir unsere Steilküsten vor weiterem Rückgang schützen können. Weiter glaube ich, daß der Wald, der oft dicht an den Steilufeln noch steht, die Uferabbrüche befördern kann, durch den Druck der Baumwurzeln. Alle diese abgestürzten Massen werden dann erst von den Wellen und vom Küstenversatzstrom suspendiert und abtransportiert. In der oben erwähnten Arbeit von WASMUND werden dann noch die Ausblicke diskutiert, die sich aus dem „inneren Küstenzerfall“ für die wasserbaulichen Maßnahmen ergeben, die vor allem im Abschrägen und Bewuchs der Steilwände (z. B. mit Sanddorn, der auch bei ganz steiler Wand noch gut wurzelt) bestünden.

Bei weiteren Untersuchungen wird zunächst einmal das Augenmerk auf die bodenphysikalischen Konstanten der Steilufer zu richten sein, und zwar müssen untersucht werden möglichst verschiedenartige steiluferbildende Gesteine, z. B. Kreide von Rügen und Moen, das Obermiocän vom Morsumkliff, ein Geestrand usw. Die Laboratoriumsversuche können noch umfangreicher gestaltet werden. Interessant wär es, die Zerfallsziffern der einzelnen Gesteine miteinander zu vergleichen, dann gäbe der Scherwinkel weitere aufschlußreiche Anhaltspunkte über die bodenmechanischen Eigenschaften unserer Kliffs. Mindestens ebenso wichtig wie die Laboratoriumsversuche ist die Geländebeobachtung, z. B. die Wasseraustritte an den Steilwänden, dann ihr gegenwärtiger Böschungswinkel, die Form der Abbruchstellen, die Geschwindigkeit des Abtransportes des Schuttmaterials, ferner Ungleichheiten im Aufbau des Kliffs wie Sandlagen, Tonlinsen. Diese Ergebnisse müssen dann durch Urkunden und Aktenstudium über den Uferrückgang ergänzt werden, auch das Studium von alten und neuen Seekarten kann hierzu wertvolle Beiträge liefern. Unter diesen Gesichtspunkten hat GEINITZ (1903) die mecklenburgischen Küsten bereits untersucht. Er kommt dabei zu ähnlichen Ergebnissen wie wir für die schleswig-holsteinischen Küsten. Alles dies zusammen wird uns ein klares Bild über den Küstenrückgang geben und was wichtiger ist, wir können daraus ersehen, wie wir diesen Rückgang, der ein unersetzlicher Landverlust ist, mit wirksamen Mitteln aufhalten können.

Zusammenfassung.

An einigen Steilküsten der Kieler und Lübecker Bucht wurde versucht, den Küstenrückgang auf bodenphysikalische Eigenschaften der Gesteine zurückzuführen. Dazu

Abb. 2

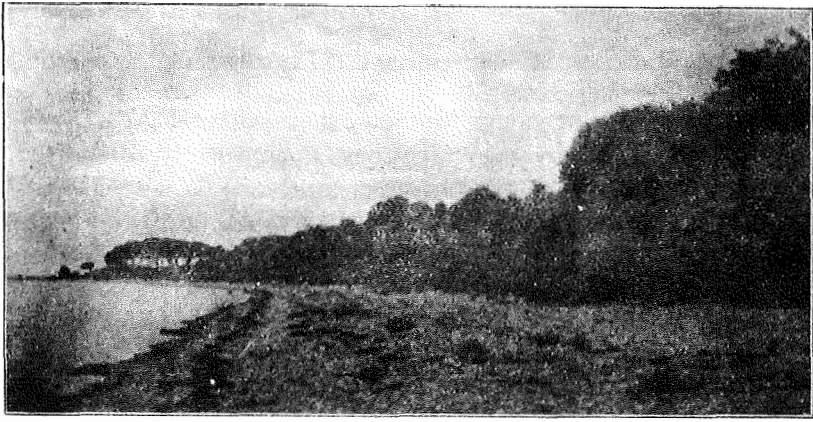


Abb. 5

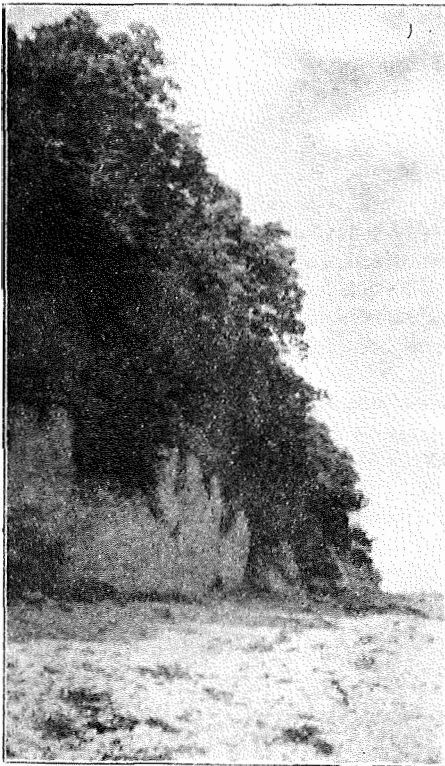
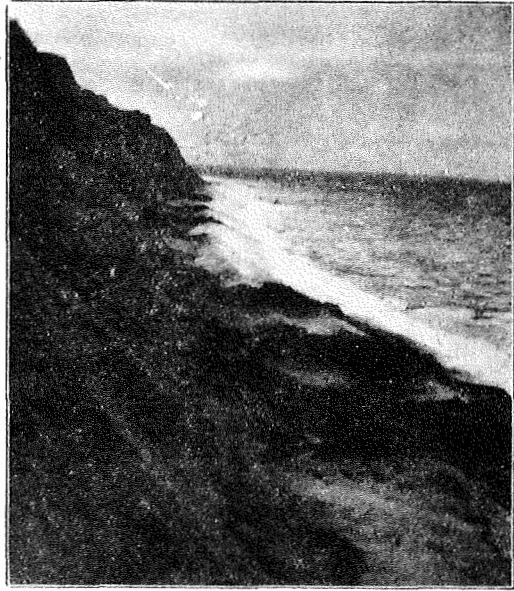


Abb. 3

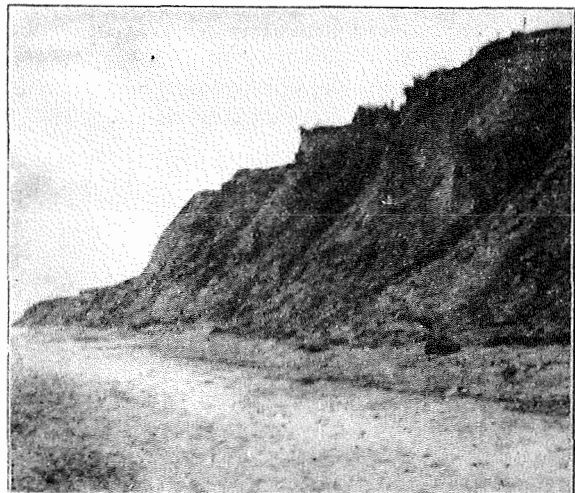


Abb. 4

Abb. 2. Bewachsenes niedriges Kliff bei Rettin. Abb. 3. Kliff bei Rettin.

Abb. 4. Nischenförmiger Abbruch am Kliff von Dänischneuhof. Sommer 1936.

Abb. 5. Das Kliff von Dänischneuhof im Februar 1937. Der Geschiebemergel fließt in einzelnen Strömen auf den von der Ostsee aufgeschobenen Eiswall. Zwischen Kliffuß und Eiswall ist die sandige Strandfläche zu sehen.

dienten Bestimmungen der Korngrößen, Plastizitätsgrenzen und Wasserbindungsfähigkeit. Die Versuchsergebnisse bestätigen die Hypothese des „inneren Küstenzerfalls“ (WASMUND 1936) und führen zu der Erweiterung, daß noch andere Faktoren, vor allem Grund- und Sickerwasser, eine wesentliche Rolle dabei spielen. Die vorliegenden Versuche sollen in größerem Rahmen fortgesetzt werden mit dem Ziel, eine umfassende Kenntnis über die verschiedenen Ursachen des Küstenrückgangs zu erlangen und seine, sich darauf gründende, wirksame Abwehr.

Literaturverzeichnis.

- 1932, CASAGRANDE, A.: Research on the Atterberg limits of soils. Public. Roads. Vol. 13, Nr. 80.
 1934, —: Die Aräometer-Methode zur Bestimmung der Kornverteilung. Berlin.
 1933, ENSELIN, O.: Über einen Apparat zur Messung der Flüssigkeitsaufnahme von quellbaren und porösen Stoffen und zur Charakterisierung der Benetzbarkeit. Die Chem. Fabrik, Nr. 13.
 1901, FRIEDRICH, P.: Das Brodtener Ufer bei Travemünde, sein Rückgang und seine Erhaltung. Lübeckische Blätter.
 1903, GEINITZ, E.: Der Landverlust der mecklenburgischen Küste. Mitt. a. d. Großherzogl. Mecklbg. Geol. L. A., Nr. 15, Rostock.
 1928, MERTZ, E. L.: Lillebeltler og London Clay. Danmarks Geol. Und. III. R., Nr. 51.
 1935, SEIFERT, R., EHRENBERG, J., TIEDEMANN, B. usw.: Bestehen Zusammenhänge zwischen Rutschneigung und Chemie von Tonböden? Mitt. Pr. Versuchsanst. f. Wasserbau und Schiffsbau, H. 20.
 1936, WASMUND, E.: Chemisch-physikalische Daten der Alttertiärtone um Fehmarn und der „innere Küstenzerfall“. Kieler Meeresforsch. 1, S. 243—263, Kiel 1936.

Polychaetenstudien. I—III.

Von HERMANN FRIEDRICH.

(Zoologisches Institut, Kiel.)

Meereskundliche Arbeiten der Universität Kiel, Nr. 16.

I. *Hesionides arenaria* n. sp. n. gen.,

ein neuer Polychaet aus der Otoplanenzone der Nordsee.

Die im folgenden beschriebene Hesionide wurde von Herrn Prof. REMANE 1936 in der Otoplanenzone bei Hörnum (Sylt) entdeckt und dann im gleichen Lebensraum auf Amrum wiedergefunden. Die kleinen, 2—3 mm langen, weißlichen Tiere sind sehr wenig auffällig, haben aber eine ganz charakteristische Gestalt, so daß sie leicht kenntlich sind.

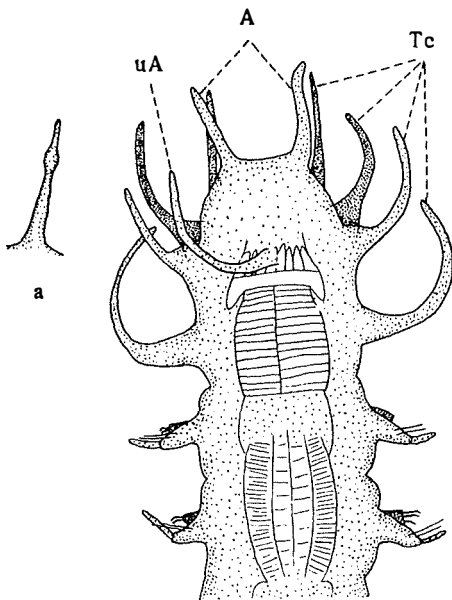


Abb. 1. *Hesionides arenaria*.
Vorderende von der Dorsalseite.

Das Prostomium ist nur sehr wenig abgesetzt, am vorderen Rande abgestutzt und mit zwei seitlichen Antennen versehen. Am Alkoholmaterial lassen die Antennen keine Besonderheiten erkennen, doch weisen sie nach einer Lebensskizze von Dr. E. SCHULZ vor dem letzten Drittel eine leichte Anschwellung auf (Abb. 1a). Eine unpaare Antenne findet sich am hinteren Rande des Prostomiums. Diese dritte Antenne ist viel länger als es sonst bei den Hesioniden der Fall ist. Palpen dagegen fehlen, auch Augen sind nicht vorhanden. Durch diese beiden negativen Merkmale steht das Tier in Gegensatz zu allen anderen Hesioniden. Die beiden ersten Segmente sind borstenlos (Abb. 1), tragen aber jedes zwei Paar langer Tentakelcirren, an denen eine Gliederung nicht festgestellt werden konnte. Das ventrale Cirrenpaar des ersten Segmentes steht unmittelbar neben dem

Mund und ist häufig von den Antennen verdeckt, so daß es erst bei Ventralansicht hervortritt. Zwischen den beiden Tentakelcirrensegmenten sind scharfe Segmentgrenzen kaum feststellbar, doch ist das erste Borstensegment scharf abgesetzt.

Der Rüssel ist kurz zylindrisch, ohne Kiefer, am Ende von 10 häutigen Papillen umstellt (Abb. 4a).

Die Parapodien sind deutlich zweiästig, die beiden Äste weit voneinander getrennt (Abb. 2a). Der dorsale Ast ist schlanker als der ventrale, abgestutzt, mit langem Cirrus ohne erkennbare Ringelung und mit zwei langen Haarborsten versehen (Abb. 2c). Der etwas plumpere Ventralast (Abb. 2b) trägt einen kürzeren Cirrus und einige, meist

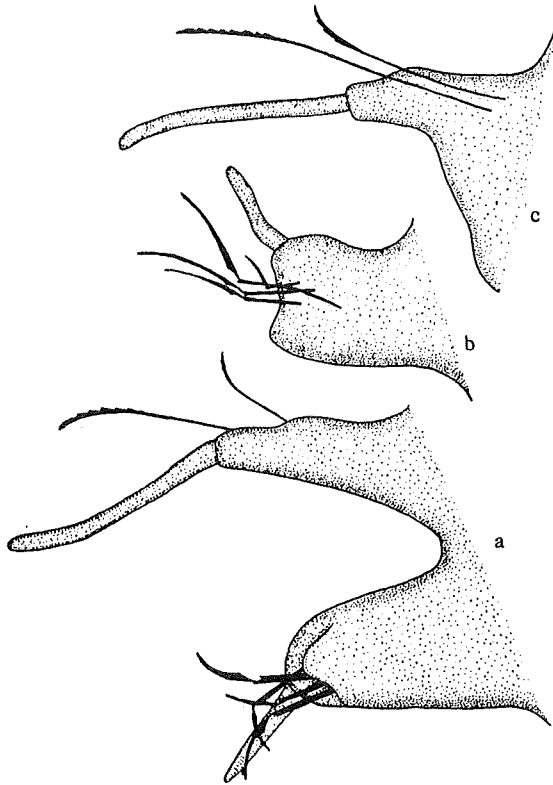


Abb. 2 a) Mittleres Ruder, von hinten gesehen.;
 b) Ventraler Ast von der Ventralseite;
 c) Dorsaler Ast von der Dorsalseite.

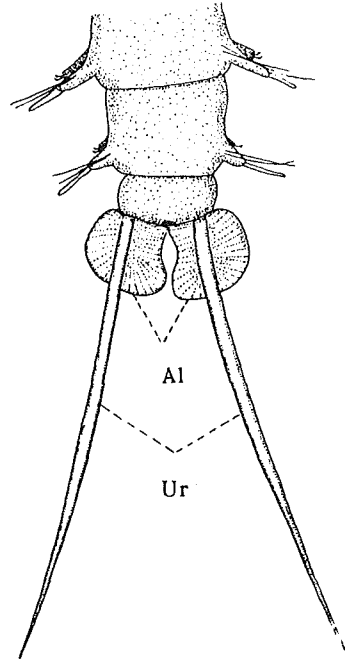


Abb. 3. Hinterende mit Anallamellen
 und Uriten.

vier heterogompe Sichelborsten. Die dorsalen Haarborsten sind schwach gebogen und am konvexen Rand fein gezähnt (Abb. 4b), die ventralen Sichelborsten besitzen ein langes, zweispitziges Endglied, das häufig rechtwinklig abgelenkt ist.

Das Pygidium mit dorsal gelegenen After (Abb. 3) ist am Hinterrande mit einer doppelten häutigen Lamelle versehen. Unter den Hesioniden ist bisher *Microphthalmus* der einzige Vertreter, der eine ähnliche Ausgestaltung des Pygidiums aufzuweisen hat, doch ist hier eine einheitliche, halbkreisförmige Lamelle vorhanden. Diese Lamellen dürften als besondere Anpassungen an das Leben im Sande aufzufassen sein, da sich analoge Bildungen bei einer ganzen Reihe anderer sandbewohnender Polychaeten vorfinden. Es erscheint daher zweifelhaft, ob dieses Merkmal geeignet ist, eine nähere Verwandtschaft zwischen beiden Gattungen anzunehmen. — Wie bei den übrigen Arten der Familie sind auch bei vorliegender Form zwei lange Uriten am Pygidium entwickelt.

Es lagen mir von den genannten Fundorten ca. 20 Tiere vor, die meist geschlechtsreif waren. Sexualdimorphismus ist nicht vorhanden. Die Zahl der Segmente schwankt zwischen 19 und 25.

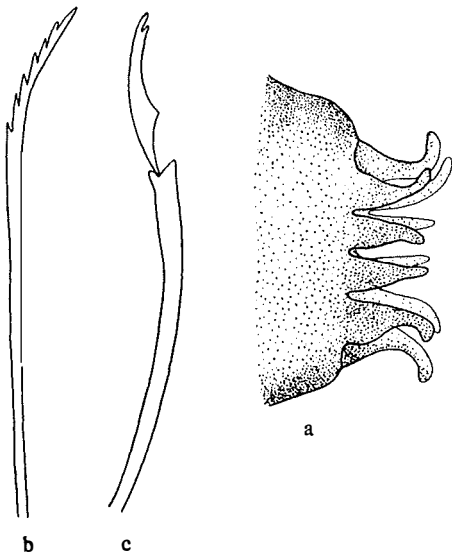


Abb. 4 a) Vorderende des Rüssels;
b) Dorsale Haarborste;
c) Ventrale heterogomphe Sichelborste.

Die Tiere weisen eine Reihe von Merkmalen auf, durch die sie sich von den bisherigen Gattungen der Familie unterscheiden: 1. Die Hesioniden haben allgemein 4 Augen mit Ausnahme von *Microphthalmus* mit 2 Augen., *Hesionides* dagegen ist augenlos. 2. Mit Ausnahme der Gattung *Hesione* sind zweigliederige Palpen vorhanden, bei *Hesionides* fehlen diese. 3. Die Zahl der Tentakelcirren beträgt 2, 6, 7 oder 8 Paar, *Hesionides* besitzt 4 Paar Tentakelcirren. 4. Lamellenförmige Anhänge am Pygidium finden sich lediglich bei *Microphthalmus* in Form einer einheitlichen Lamelle, bei *Hesionides* dagegen ist eine Doppel-lamelle ausgebildet. Diese Unterschiede sind derart, daß die Tiere sich in keine der bestehenden Gattungen einordnen lassen, auch dann nicht, wenn man die eine oder andere Gattung erweitern wollte. Ich bilde daher das neue Genus *Hesionides* mit folgender Diagnose:

Prostomium vorn abgestutzt; zwei seitliche Antennen, eine lange unpaare Antenne hinten auf dem Prostomium; Palpen fehlen; Rüssel ohne Kiefer; 4 Paar Tentakelcirren, offenbar ungegliedert. Parapodien deutlich zweiästig; Dorsalborsten mit feingezähntem Rand, einfach, Ventralborsten sind heterogomphe Sichelborsten; Pygidium mit zweiteiliger Anallamelle und zwei langen Uriten; Anus dorsal.

Die in der vorstehenden Beschreibung weiterhin angegebenen Merkmale über Augen, Rüsselpapillen, Zahl und Ausbildung der Borsten, Segmentzahl usw. dürften Artcharaktere sein und sind daher in die Gattungsdiagnose nicht aufgenommen.

Die Tiere bewegen sich rasch laufend zwischen den Sandkörnern ähnlich schlanken Tausendfüßern (*Géophilus*). Dabei dienen die Neuropodien als Beine, die Borsten als Krallen. Auf dem Boden eines Glasschälchens werden die gleichen Vor-Rückwärtsbewegungen der Neuropodien ausgeführt, da die Krallen aber keinen Widerstand finden, kommt das Tier schwer von der Stelle. Schwimmbewegungen wurden nie beobachtet.

A = seitliche Antennen, Al = Anallamellen, Tc = Tentakelcirren, uA = unpaare Antenne, Ur = Uriten.

II. *Polydora ligni* WEBSTER 1880 in der Ostsee.

Diese *Polydora* wurde von WEBSTER (1880) aus Great Harbour und (1884) von WEBSTER und BENEDICT aus Cape Cod Bay, Province Town und Wellfleet beschrieben. SÖDERSTRÖM (1920) fand in W-Schweden (Uddevalla, Kopparberg) eine *Polydora*, die bis auf die Größenverhältnisse mit der von WEBSTER beschriebenen Art übereinstimmt. In dem mir zur Bearbeitung von Herrn Dr. KRÜGER übergebenen Material aus der

Wismarschen Bucht fand sich eine *Polydora* in größerer Anzahl, die nach den Angaben SÖDERSTRÖM's nur zu dieser Art gerechnet werden kann. Da die Beschreibung SÖDERSTRÖM's in einigen Punkten unvollständig geblieben ist, möge sie hier kurz ergänzt werden.

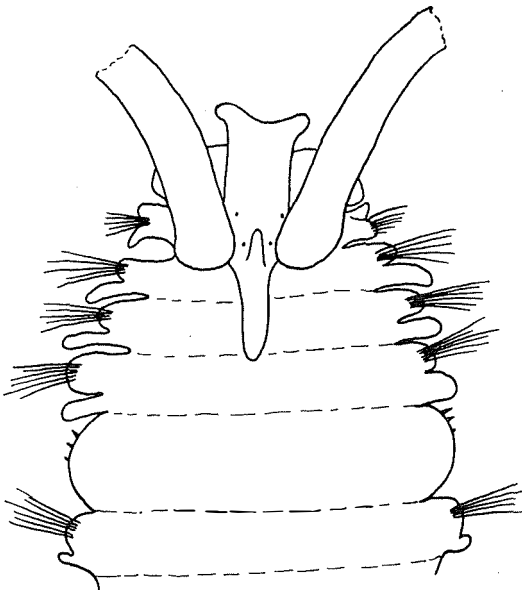


Abb. 5.

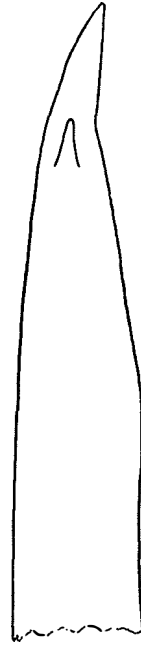


Abb. 6.

Die Größe der Tiere schwankt zwischen 10 und 28 mm; bei den größeren Tieren wurden noch einige reife Eier in der Leibeshöhle festgestellt. Das Prostomium ist bis zum Ende des dritten Borstensegmentes verlängert. Etwa in Höhe des Hinterrandes der Tentakelinsertion trägt es einen für die Art charakteristischen Occipitaltentakel, der bei allen Exemplaren nach vorn gerichtet ist. Vier Augen in trapezförmiger Anordnung sind vorhanden, doch sind die hinteren meist schwer sichtbar, da sie tiefer im Gewebe zu liegen scheinen. Die Tentakel sind schlank; sie reichen bis zum 19. oder 20. Körpersegment nach hinten (Abb. 5).

Die am 7. Borstensegment beginnenden Hakenborsten sind in der Zahl von 8—11 vorhanden (SÖDERSTRÖM gibt 10—11 an). Sie sind ziemlich stark gekrümmt und tragen am Ende neben dem rechtwinklig stehenden Hauptzahn einen wesentlich kleineren Nebenzahn. In bezug auf die vorderen kapillaren Borsten des 5. Segmentes verweise ich auf die Abb. 174, p. 266, bei SÖDERSTRÖM. Die hinteren groben Borsten des 5. Segmentes sind fast gerade mit kleinem Nebenzahn (Abb. 6). Am ersten Borstensegment fehlen dorsale Borsten. Die Borstensegmente 1—4 haben dorsale und ventrale Cirren, 6 besitzt lediglich einen Dorsalcirrus, vom 7. Borstensegment an sind ein Dorsalcirrus und eine lange fingerförmige Kieme vorhanden, die länger ist als der

halben Breite des Körpers entspricht. Das Parapodblatt ist nur sehr gering ausgebildet, so daß die Kieme völlig frei ist.

Der Analanhang entspricht den Angaben SÖDERSTRÖM's.

Die Angaben SÖDERSTRÖM's über das kolonieweise Vorkommen in losem Schlamm im seichten Wasser treffen nach den Mitteilungen Dr. KRÜGER's auch für den neuen Fundort zu.

Durch den Beginn der Kiemen und Haken am 7. Borstensegment kann bei oberflächlicher Betrachtung (zumal bei dem häufigen Fehlen des charakteristischen Hinterendes) leicht eine Verwechslung mit *P. ciliata* möglich sein, wenn nicht der schwer sichtbare Occipitaltentakel und die vorderen Notialborsten des 5. Segmentes besonders untersucht werden. Ich glaube daher, daß SÖDERSTRÖM's Synonymieangabe: „MÖBIUS, Kiel, 7—9 Faden, Mud“ wahrscheinlich ist, wenngleich mir die Art bisher aus der Kieler Bucht noch nicht zu Gesicht gekommen ist. Die Art ist wahrscheinlich vielfach übersehen oder verwechselt worden, wie sich aus dem neuen Fundort aus der mittleren Ostsee ergibt.

III. Über einige Klein-Polychaeten von Helgoland.

Aus dem Amphioxus-Sand von Helgoland sammelte Herr Prof. REMANE im Juni 1936 einige Klein-Polychaeten, die hier kurz besprochen werden sollen. Die Aufsammlung geschah neben anderen Arbeiten, so daß eine Vollständigkeit der Polychaeten-Fauna des Biotopes hiermit nicht zu erwarten ist.

a) *Macrochaeta helgolandica* n. sp.

Es lagen mir zwei vordere Bruchstücke mit 24 und 27 Segmenten vor, die eine Länge von 2 mm hatten. Die Farbe der konservierten Stücke war weiß. — Das Prostomium ist scheibenförmig rund, ohne Augen, mit zwei vorderen keulenförmigen Palpen. Es liegt dem Mundsegment dorsal auf. Das Mundsegment ist borstenlos, trägt aber ein Paar Kiemenfäden, wie sie auch an den folgenden drei Segmenten vorhanden sind (Abb. 7). Von den drei kiementragenden Rumpsegmenten ist das erste anscheinend borstenlos, an den beiden hinteren sind wie an allen folgenden Segmenten dorsal einfache lange Haarborsten, ventral zusammengesetzte Borsten ausgebildet. Die Zahl der Borsten beträgt in den ersten 6 Borstensegmenten dorsal und ventral je eine, dahinter dorsal und ventral je 2. Die zusammengesetzten Borsten scheinen in der typischen Ausbildung (Abb. 8a) ein Endzustand in der Entwicklung zu sein, da es Segmente in unregelmäßiger Verteilung gibt, in denen kleinere Borsten vom Typus der Abb. 8b vorhanden sind. Zwischen beiden Typen sind verschiedene Übergänge festzustellen.

Es ist bisher lediglich eine weitere Art dieser Gattung bekannt, *M. clavicornis* (SARS) 1835; die morphologischen Unterschiede beider Arten sind in der folgenden tabellarischen Übersicht zusammengestellt.

	<i>clavicornis</i> (SARS)	<i>helgolandica</i> n. sp.
Augen	4 vorhanden	fehlen
Prostomium	vorn mit abgestumpfter Verlängerung	vorn gleichmäßig abgerundet
Kiemensegmente	4, alle mit Borsten	4, die beiden ersten ohne Borsten
zusammengesetzte Borsten	Schaft mit gezähntem Rand, Endglied mit feiner Lamelle an der Innenseite	Schaft mit glattem Rand, Endglied ohne Lamelle an der Spitze

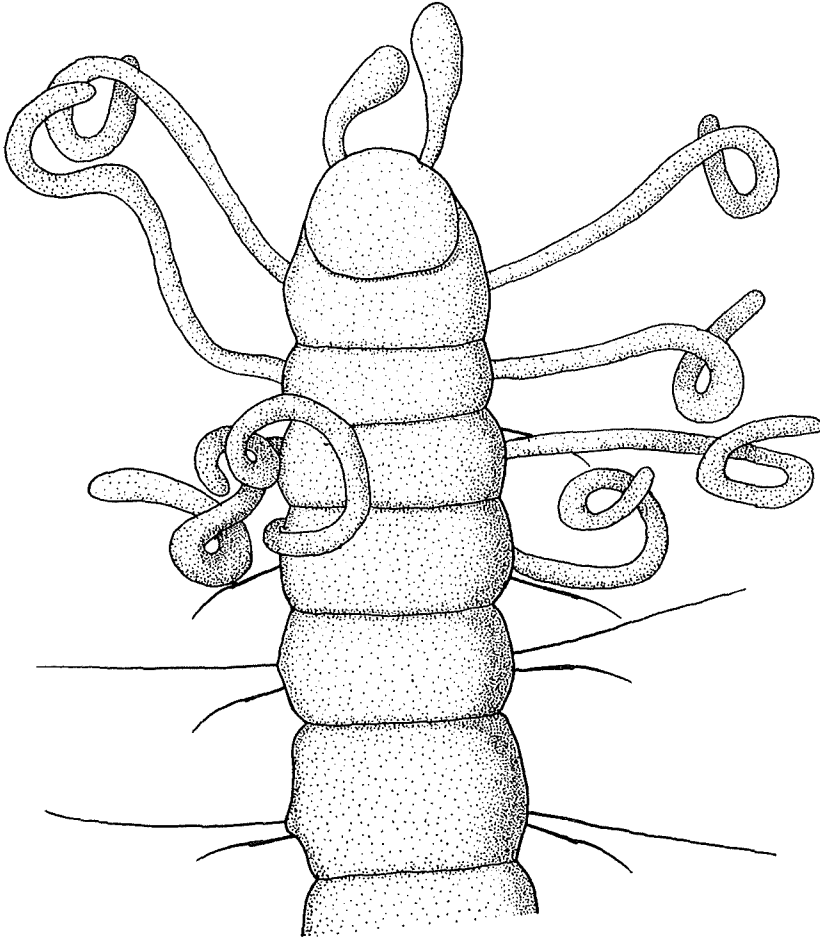


Abb. 7.

M. clavicornis ist bisher bekannt geworden von der norwegischen Küste (Floroën), von W-Irland und Madeira. Sie kommt vor in Algenrasen an Felsen, in Laminarienwurzeln und zwischen Korallen, scheint also andere Biotope zu bevorzugen als *M. helgolandica*, die wir als Sandform anzusprechen haben. *M. clavicornis* ist auch in der

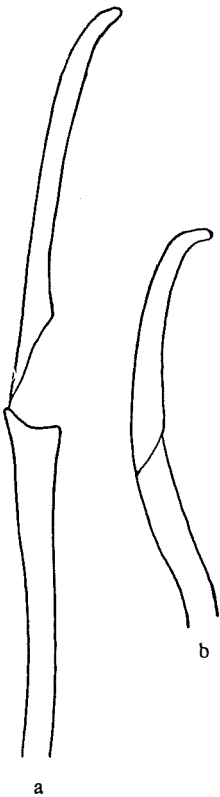


Abb. 8.

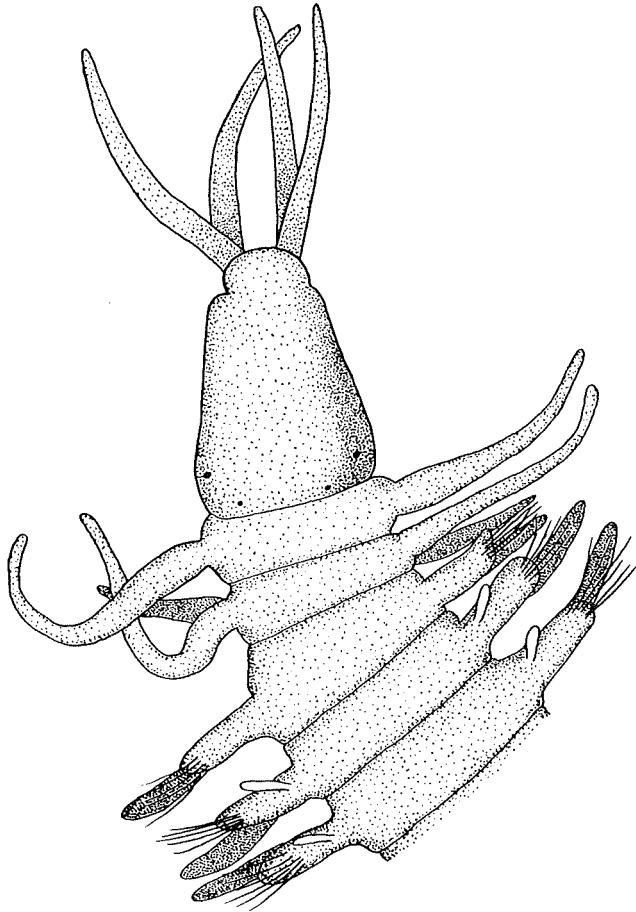


Abb. 9.

Nordsee zu erwarten, wie auch *helgolandica* eine weitere Verbreitung besitzen wird. — LEVINSSEN und ST. JOSEPH stellen die Gattung *Macrochaeta* zu den Syllideen, LANGERHANS, CAULLERY und MESNIL sowie FAUVEL rechnen sie zu den Cirratuliden, während SOUTHERN ihre Beziehungen zu den Syllideen für näher hält als zu den Cirratuliden. Auf Grund des geringen mir vorliegenden Materials kann ich hier in dieser Frage kein Urteil fällen, halte eine Klärung vor allem auf anatomischer Grundlage für sehr erwünscht.

Mystides augeneri n. sp.

Von dieser neuen Phyllodocide, die ich dem verdienstvollen deutschen Polychaetenforscher H. AUGENER (Hamburg) widme, lagen mir drei vordere Bruchstücke vor mit 7, 8 und 33 Borstensegmenten. Die Länge des größten Stückes betrug 2 mm, die Farbe der konservierten Stücke war hellbraun.

Das Prostomium (Abb. 9) ist stumpfkönisch, verlängert und trägt am hinteren Rande vier kleine Augen, die ein weit offenes Trapez bilden. Die vier Antennen sind

gleich lang. Drei Tentakelcirren an zwei getrennten Segmenten sind vorhanden, der ventrale Tentakelcirrus des zweiten Segmentes ist kürzer als die beiden dorsalen, aber nicht blattförmig gestaltet. Am dritten Körpersegment war an keinem der drei Bruchstücke ein Dorsalcirrus festzustellen. Durch die Verbindung dieser Merkmale: ventraler Cirrus des zweiten Segmentes zylindrisch, drittes Segment ohne Dorsalcirrus nimmt die Art eine Zwischenstellung ein zwischen den beiden bisher unterschiedenen Untergattungen *Mystides* s. str. und *Pseudomystides*, die damit also weiterhin nicht berechtigt sind. Die Parapodien (Abb. 10a) sind lang zylindrisch, tragen proximal einen kürzeren Dorsalcirrus und distal einen weit überragenden Ventralcirrus, sind mit einer Acicula und 4–6 zusammengesetzten Borsten versehen. Der Schaft der Borsten ist verlängert zweispitzig (Abb. 10b, c).

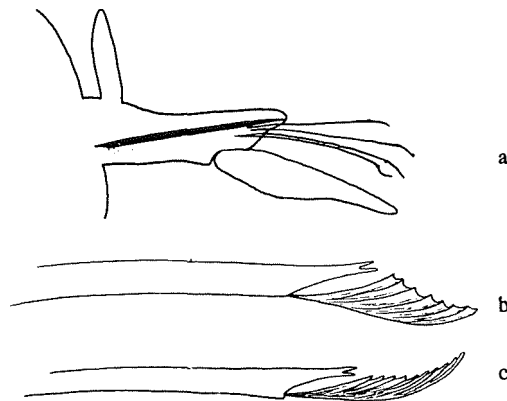


Abb. 10.

Ein Vertreter der Gattung *Mystides* war bisher m. W. für die Nordsee nicht angegeben. *M. elongata* SOUTHERN wurde von Irland aus Sand und feinem Kies beschrieben, *M. borealis* THEEL vom Mittelmeer, Madeira, W-Irland, Spitzbergen, Novaja Semlja und Eastport-Maine, *M. limbata* ST. JOSEPH ist bekannt vom Ärmelkanal (St. Vaast, Dinard) aus Brest, von W-Irland und von Plymouth. Bei der geringen Größe der Arten ist es wahrscheinlich, daß sie vielfach übersehen wurden. Zunächst macht es den Eindruck, als sei die Gattung amphiatlantisch verbreitet, wenn sich die Angabe von Eastport-Maine bestätigt, und als sei sie im Gebiet auch mit den anderen Arten zu erwarten. Als Lebensraum wird für die drei Arten Sand und feiner Kies angegeben, der ja auch für die vorliegende Art gilt.

Die vier genannten Arten der Gattung *Mystides* sind nach folgendem Schlüssel zu bestimmen:

1. 3. Segment mit Dorsalcirrus = 2,
— 3. Segment ohne Dorsalcirrus = 3,
2. Dorsalcirren eiförmig; Antennen kurz; ventrale Tentakelcirren des 2. Segmentes blattförmig; 2. Segment mit Borsten = *Mystides limbata* ST. JOSEPH,
— Dorsalcirren pfriemförmig; Antennen lang; ventrale Tentakelcirren des 2. Segmentes nicht blattförmig; 2. Segment ohne Borsten = *M. elongata* SOUTHERN,

3. 2 Augen; Tentakelcirren an der Basis angeschwollen; Antennen inserieren dorsal und ventral entfernt vom Rand des Prostomiums; Cirren breit blattförmig, Ventralcirren nur wenig länger als der Parapodast = *M. borealis* THEEL,
 — 4 Augen; Tentakelcirren gleichmäßig cylindrisch; Cirren pfriemförmig; Ventralcirren ragen weit über den Parapodast hinaus = *M. augeneri* n. sp.

In der Ausbeute fanden sich weiterhin: ein Bruchstück einer Hesionide, mehrere *Praegeria remota* SOUTHERN (1914) und zahlreiche *Staurocephalus kejersteini* Mc INTOSH (1869). Bei der Hesionide waren keine Antennen mehr vorhanden, offenbar waren überhaupt nur 2 Paar! Tentakelcirren ausgebildet, in den Parapodien fand sich je eine einfache lange Dorsalborste und mehrere zusammengesetzte Borsten mit sehr langem Endglied. Da nur ein vorderes Bruchstück vorlag, bleibt weiteres Material abzuwarten. — Die Pisionide *Praegeria remota* wurde 1914 von SOUTHERN aus W-Irland beschrieben und ist von REMANE für den Polygordiusschell in Helgoland (Zool. Anz. 1926) und bei Tonne A in der Kieler Förde nachgewiesen. Die Eunicide *Staurocephalus kejersteini* Mc INTOSH (1869) ist von Le Croisic, St. Vaast, W-Irland, Schottland und den Hebriden angegeben. In dem Material wurde vermißt *Microphthalmus szelkowi* MECZNIKOW, der ja auch von Helgoland beschrieben ist und ebenfalls ein Bewohner des groben Sandes ist. Das Fehlen dürfte nur zufälliger Natur sein.

Aus den vorstehenden kurzen Bemerkungen ergibt sich eine weitgehende Übereinstimmung zwischen den von SOUTHERN (1914) für W-Irland angegebenen Sandformen und den bei Helgoland gefundenen. Eine intensivere Durchforschung der Helgoländer Sand-Standorte müßte diese Beziehungen noch klarer erkennen lassen; sie würde regional-geographisch und ökologisch wertvolle Erkenntnisse liefern. Ich vermute, daß zahlreiche Formen, die von der lusitanischen Region bis in den Kanal hinein verbreitet sind, auch bei Helgoland gefunden werden können.

Außer den genannten Klein-Polychaeten ist mir lediglich *Glycera lapidum* QUATREFAGES als Macropolychaet zu Gesicht gekommen. Offenbar überwiegen also auch bei den Polychaeten die Microformen in der Sandformation, wie es bei anderen Gruppen der Fall ist (vgl. REMANE 1933).

