

Copyright ©

Es gilt deutsches Urheberrecht.

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

German copyright law applies.

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

Aus dem Zoologischen Institut der Universität Kiel

Experimente über Substratpräferenzen von *Capitella capitata* (Fabricius)

VON ANNEGRET AUGUSTIN UND KLAUS ANGER

Zusammenfassung:

1. Die Attraktivität verschiedener Substrate auf den als Indikator für organische Meeresverschmutzung häufig benutzten Polychäten *Capitella capitata* (FABRICIUS) wurde im Labor untersucht.
2. Wasserströmung beeinflusste das Verhalten der Versuchstiere nicht.
3. Die Substrate *Mytilus edulis*, Torf und *Zostera marina* wurden von *Capitella capitata* gegenüber reinem Sand bevorzugt. Steine hatten keinen signifikanten Einfluß auf die Verteilung der Versuchstiere.
4. Die Versuchsergebnisse stützen die von ANGER (im Druck) aufgrund qualitativer Bodengreiferproben gemachten Aussagen über die Rolle des Substrattyps.
5. Kopulation, Eiablage und Entwicklung der Jugendstadien fand unter Laborbedingungen ausschließlich in Röhren statt. Dabei wurde eine einfache Form der Brutpflege beobachtet.
6. *Capitella capitata* zeigte eine deutliche negative Phototaxis.

Experiments on the substrate preference of *Capitella capitata* (FABRICIUS) Summary: Attraction of the polychaete *Capitella capitata* to different types of substrates has been investigated in the laboratory. Some observations on the reproduction, development, and breeding behaviour, as well as on the reaction of the species to the factors sewage concentration, light, and current are reported.

Einleitung

Der Polychät *Capitella capitata* ist dank seines gehäuften Auftretens in Häfen und anderen stark verschmutzten Meeresteilen sowie aufgrund seiner weltweiten Verbreitung der bekannteste Indikator für organische Meeresverschmutzung: WILHELMI (1916), FILICE (1954, 1958, 1959), REISH (1955, 1957a, b, 1959, 1960, 1970), REISH und BARNARD (1960), GILET (1960), KITAMORI (1961), SWEDMARK (1966), TULKKI (1968), LEPPÄKOSKI (1968), BAGGE (1969), HENRIKSSON (1969), BELLAN und BELLAN-SANTINI (1970), STIRN (1970), ROSENBERG (1972, 1973), ANGER (im Druck).

Die Ursache der Förderung dieser Art durch Abwässer dürfte einerseits eine ungewöhnlich hohe Toleranz gegenüber niedrigen Sauerstoffspannungen (JACUBOWA und MALM, 1931, WOHLBERG, 1937, REISH, 1967, BAGGE, 1969, HENRIKSSON, 1969, ROSENBERG, 1973) und Chemikalien (BELLAN, REISH und FORET, 1972) sein, andererseits auch eine Verminderung der Konkurrenz durch empfindlichere Arten bei gleichzeitig gestiegenem Nahrungsangebot. Da Abwässer auch eine Aussüßung des Milieus bewirken, spielt sicher auch die Euryhalinität von *Capitella capitata* eine Rolle.

Bei Untersuchungen in einem stark durch organische Substanzen verschmutzten Teil der Kieler Bucht (westliche Ostsee) wurde nicht nur ein deutlicher Zusammenhang der Häufigkeit des Auftretens von *Capitella capitata* mit der Konzentration der Abwässer, sondern auch eine statistisch signifikante Abhängigkeit vom vorherrschenden Substrat-

typus an der jeweiligen Station beobachtet (ANGER, im Druck). Diese Befunde wurden durch die nachfolgend beschriebenen Laborversuche überprüft. Darüberhinaus wurden Beobachtungen über Reproduktion, Brutpflege und Entwicklung angestellt.

Den Herren Professoren Dr. W. NOODT und Dr. O. KINNE möchten wir für Anregungen und nützliche Kritik danken.

Material und Methoden

Die Versuchstiere, nach BAO-LING (1964) *Capitella capitata europaea*, wurden nördlich von Kiel mit einem van Veen-Greifer aus 3 m Tiefe in der Umgebung der Abwassereinleitungsstelle Bülk erbeutet. Für die Versuche wurden je 100 Exemplare von 1,5–2 cm Länge ausgesucht. Der Boden der Versuchsgefäße (Grundfläche 36×18 cm, Höhe 23 cm) war ca. 4 cm hoch mit Seesand (mittlere Korngröße um 300μ , durchschnittlicher Glühverlust um 0,5%) bedeckt. Das darüberstehende Ostseewasser (15⁰/₀₀) war im Verhältnis 9 : 1 mit Abwasser vom Düker Bülk vermischt. Nähere Angaben zur Zusammensetzung des Abwassers werden von ANGER (im Druck) gemacht. Verdunstetes Wasser wurde durch Süßwasser ersetzt. Die Temperatur wurde möglichst konstant bei 10° bis 14° C gehalten. Das Wasser wurde durchlüftet. Die Sandfläche wurde durch Markierungen an der Gefäßwand in 8 Bezirke von je 9×9 cm aufgeteilt (Abb. 1). An den vorderen Rand der Felder 1 und 2 wurden die Versuchstiere, an den hinteren Rand der Felder 7 und 8 die Testsubstrate eingebracht: 6–8 *Mytilus edulis*, die gleiche Anzahl Steine (ca. 3 cm Durchmesser), Torfstücke bzw. junge *Zostera marina*. Bei Versuchsende wurde in den Mittelpunkten der Bezirke (in ca. 0, 9, 18 und 27 cm Entfernung vom Testsubstrat) je eine Stechrohrprobe von 50 cm^3 entnommen.

Für die statistische Auswertung wurden jeweils die Häufigkeitszahlen gleicher Entfernungen addiert. In den Tabellen erscheinen deshalb nur 4 Werte pro Versuch. Die gefundenen Verteilungen wurden mit einer theoretischen homogenen (1 : 1 : 1 : 1) verglichen. Unterschiede wurden als signifikant erachtet, wenn nach dem χ^2 -Test α kleiner als 1% war.

Die Beobachtungen lassen Rückschlüsse auf wahrscheinliche Substratabhängigkeiten zu.

Jeder Versuch, der 14 Tage dauerte, wurde gleichzeitig mindestens zweimal durchgeführt.

V Versuchsergebnisse

Beobachtungen zur Reproduktion, Entwicklung und Brutpflege

Während einer längeren Hälterung (2 Monate) trat in allen Gefäßen Kopulation und Eiablage innerhalb der mit Sandkörnern verstärkten Schleimröhren auf. Die Jugendstadien von *Capitella capitata* entwickelten sich durchweg in den Röhren der Muttertiere, welche mit peristaltischen Bewegungen ständig frisches Wasser heranzuführten. Solche Irrigationswellen, die auch der Zirkulation der Coelomflüssigkeit dienen (LINDROTH, 1939), waren in Abwesenheit von Jungtieren wesentlich schwächer. Dieses Verhalten wird als einfache Form der Brutpflege interpretiert; Jungtiere sind gegen niedrige Sauerstoffkonzentrationen empfindlicher als Adulti (BAGGE, 1969). Bei Erreichen einer Länge von ca. 1 mm bauten sich die juvenilen Würmer stets eigene Röhren.

Auch SMIDT (1944) und HENRIKSSON (1969) fanden im Öresund nur „nicht-pelagische Larven“, während die meisten Autoren planktische Larven als den Normalfall beschrei-

ben (EISIG, 1882, THORSON, 1946, BELLAN, REISH und FORET, 1971). RASMUSSEN (1956) berichtet von beiden Möglichkeiten im Isefjord. Bei den im Gebiet um Bülk gefundenen Jugendstadien konnten nie Wimperkränze festgestellt werden. Hier scheint demnach ausschließlich die benthische Entwicklung vorzukommen. Als Nahrung dienen wahrscheinlich Nährzellen (modifizierte Eier) (RASMUSSEN, 1959).

Abwasser

Um die Verträglichkeit der für die Versuche verwendeten Abwässer zu überprüfen, wurden einige *Capitella capitata* in Konzentrationen zwischen 0 und 50% Abwasser in Ostseewasser 2 Monate lang gehältert. Alle Individuen überlebten, in vielen Fällen wurde Reproduktion beobachtet.

Licht

Bei den ersten Hälterungsversuchen wurde festgestellt, daß die Würmer sich bevorzugt auf der lichtabgewandten Seite der Gefäße aufhielten. Um eine Abhängigkeit der Verteilung vom Licht zu prüfen, wurden 100 Individuen in die Versuchsfelder 1 und 2 gesetzt. Die Felder 5—8 wurden abgedunkelt. Nach 14 Tagen befanden sich in den Proben aus diesem Teil des Gefäßes 31 Würmer, in der beleuchteten Hälfte dagegen nur einer. Wegen dieser starken Phototaxis wurden alle weiteren Versuche im Dunkeln durchgeführt.

Strömung

Die Belüftung verursacht eine gewisse Wasserströmung. Deren möglicher Einfluß auf die Versuche wurde geprüft: Eine in den Feldern 7 und 8 installierte Blasenpumpe erzeugte eine konstante Strömung. Wie Tabelle 1 zeigt, hatte diese Wasserbewegung jedoch keinen signifikanten Einfluß auf die Häufigkeitsverteilung.

Tabelle 1

Capitella capitata: Häufigkeitsverteilung bei konstanter Strömung

Abstand	0	9	18	27 cm	Summe
Indiv./Probe	8	10	4	9	31
Häufigkeit in %	25,2	32,1	13,7	29	100

Verteilung in reinem Sand

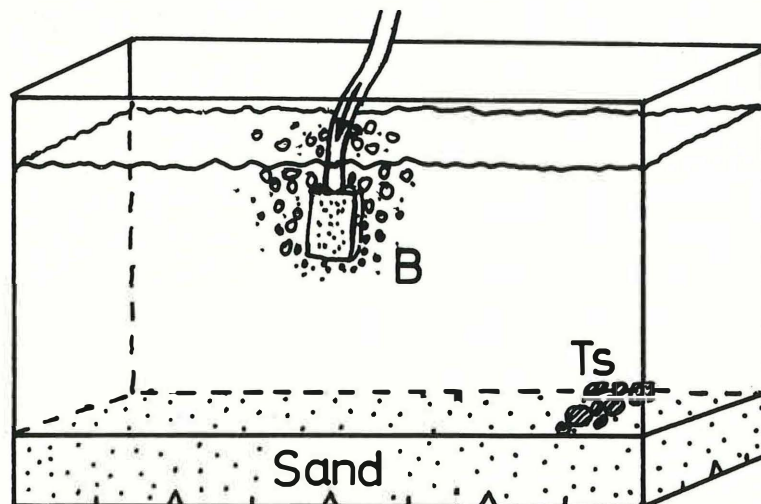
Vor den eigentlichen Attraktionsversuchen mußte festgestellt werden, ob sich *Capitella capitata* in einer homogenen Umwelt gleichmäßig verteilt. Dazu wurden 100 Individuen in die Felder 1 und 2 gebracht. Die Versuchsgefäße enthielten außer Sand kein Testsubstrat. Nach 14 Tagen wurde darin eine von der hypothetischen (1 : 1 : 1 : 1) nicht signifikant unterschiedliche Verteilung vorgefunden (Tab. 2). Man kann demnach davon ausgehen, daß *C. capitata* normalerweise weitgehend gleichmäßig über die Versuchsfläche verteilt ist. Nach dem t-Test können die Versuche 1 und 2 nicht zu verschiedenen Grundgesamtheiten gerechnet werden, entsprechende Werte können demnach addiert werden. Dasselbe gilt auch für die Versuche mit den Testsubstraten.

Tafel 1 (zu A. Augustin u. K. Anger)

Abb. 1

1	3	5	7
2	4	6	8
27	18	9	0 cm

Einteilung der Sandoberfläche in Versuchsfelder (Erläuterungen im Text) (Aufsicht). Abstände (cm) vom Testsubstrat bzw. der Blasenpumpe.



Versuchsgefäß mit Belüftung (B) und Testsubstrat (Ts).

Tabelle 2

Capitella capitata: Häufigkeitsverteilung in reinem Sand (2 Versuche)

Abstand	0	9	18	27 cm	Summe
Indiv./Probe (1)	8	3	9	11	31
Indiv./Probe (2)	7	12	9	6	34
Summe	15	15	18	17	65
Häufigkeit in %	23	23	27,8	26,2	100

Substrat *Mytilus edulis*

Es wurden insgesamt 4 Versuche durchgeführt, deren Ergebnisse in Tabelle 3 zusammengefaßt sind. Wie schon aus den qualitativen Greifer-Untersuchungen bei Bülk (ANGER, im Druck) geschlossen wurde, bevorzugt *Capitella capitata* deutlich *Mytilus*-Bänke vor reinem Sand. Auch die im Versuchsgefäß ermittelte, von einer homogenen Verteilung hochsignifikant unterschiedliche Verteilung zwingt zum selben Schluß, weil alle anderen Faktoren im Labor randomisiert wurden. Möglicherweise könnte dieses Verhalten durch die von *Mytilus edulis* abgegebenen Substanzen und durch vermehrt zwischen ihnen angesammelten Detritus bedingt sein. Im natürlichen Lebensraum könnte ferner ein Schutz vor Umlagerung des Substrates eine Rolle spielen. Die Grundlagen der Attraktivität von *M. edulis* bedürfen eingehender experimenteller Analyse.

Tabelle 3

Capitella capitata: Häufigkeitsverteilung in Sand mit *Mytilus edulis* (4 Versuche)

Abstand	0	9	18	27 cm	Summe
Indiv./Probe (1)	15	4	2	0	21
Indiv./Probe (2)	11	16	3	6	36
Indiv./Probe (3)	15	8	1	2	26
Indiv./Probe (4)	18	9	8	2	37
Summe	59	37	14	10	120
Häufigkeit in %	49,2	30,8	11,8	8,3	100

Substrat Torf

Auch dieses in der südlichen Kieler Bucht recht häufige Substrat wird von *Capitella capitata* bevorzugt (ANGER, im Druck). Dieser Freilandbefund wird durch die Laborversuche (Tab. 4) bestätigt. Als attraktive Stimuli wirken möglicherweise die im Torf vorhandenen organischen Substanzen.

Tabelle 4

Capitella capitata: Häufigkeitsverteilung in Sand mit Torf (2 Versuche)

Abstand	0	9	18	27 cm	Summe
Indiv./Probe (1)	12	5	2	2	21
Indiv./Probe (2)	16	6	1	2	25
Summe	28	11	3	4	46
Häufigkeit in %	60,9	23,9	6,5	8,7	100

Substrat *Zostera marina*

Die Verteilung im Versuchsgefäß (Tab. 5) wurde signifikant durch das Testsubstrat *Zostera marina* beeinflusst. Das scheint zunächst im Widerspruch zu den bei Bülk gemachten Beobachtungen (ANGER, 1974) zu stehen, läßt sich aber möglicherweise durch ein teilweises Absterben der Seegraswurzeln während der Versuche erklären. *Capitella capitata* ist im natürlichen Lebensraum demnach eher an toten Pflanzen als in einer organisierten Phytalgemeinschaft zu erwarten (vergl. MUUS, 1967).

Tabelle 5

Capitella capitata: Häufigkeitsverteilung in Sand mit *Zostera marina* (2 Versuche)

Abstand	0	9	18	27 cm	Summe
Indiv./Probe (1)	21	3	4	16	44
Indiv./Probe (2)	30	6	5	7	48
Summe	51	9	9	23	92
Häufigkeit in %	55,4	9,8	9,8	25	100

Steine

Durch Steine werden zwar Lückensysteme geschaffen, doch ergibt sich bei fehlendem Pflanzenbewuchs keine Anreicherung von organischen Stoffen. Steine beeinflussten die Verteilung der Versuchstiere nicht signifikant (Tab. 6). Anscheinend meidet *Capitella capitata* sogar steinigen Boden.

Tabelle 6

Capitella capitata: Häufigkeitsverteilung in Sand mit Steinen (2 Versuche)

Abstand	0	9	18	27 cm	Summe
Indiv./Probe (1)	3	3	9	14	29
Indiv./Probe (2)	9	3	8	12	32
Summe	12	6	17	26	61
Häufigkeit in %	19,7	9,8	27,9	41,6	100

Diskussion

Bei allen geprüften Substraten scheint die relative Menge toter organischer Substanzen eine entscheidende Rolle für die Substratattraktivität zu spielen: Im allgemeinen steigt die Attraktivität mit zunehmendem Anteil an organischer Substanz.

Mytilus, Seegras und Torf sind oft als kleine „Inseln“ unregelmäßig in die küstennahen Sandflächen eingefügt. Sie bewirken so ein fleckenhaftes Besiedlungsmuster der auf und zwischen ihnen lebenden Tiere. Deshalb muß die Art und der Zustand des Substrates (z. B. absterbendes Seegras, geschützt liegende, mit Detritus angereicherte *Mytilus*-Bank usw.) berücksichtigt werden, wenn man von der Häufigkeit oder Abwesenheit bestimmter Indikatorarten Rückschlüsse auf den Verschmutzungsgrad eines benthischen Ökosystems ziehen will. So hat z. B. ein Fund von *Capitella capitata* auf Torf noch keine Aussagekraft; erst das gehäufte Vorkommen dieser Art auf reinem oder steinigem Sandgrund kann als Indiz für eine vorliegende Verschmutzung gelten.

Das zeigt, daß das Indikator-Konzept allein nicht ausreicht, Veränderungen in einem Ökosystem zu charakterisieren, denn das System reagiert stets als Ganzes auf stoffliche oder energetische Inputs. Bei ausreichender Kenntnis des Systems und seiner Komponenten (dazu gehören u. a. das Substrat und seine Bedeutung für die Fauna, Konkurrenten, Räuber, abiotische Faktoren usw.) sind Indikatorarten jedoch eine wertvolle zusätzliche Hilfe für die Beurteilung einer Verschmutzung oder anderer Umweltveränderungen (vgl. auch ARLT, im Druck und MAJOR, 1969).

Literaturverzeichnis

- ANGER, K. (im Druck): Effects of sewage pollution on inshore benthic communities in the Southern Kiel Bay. Part 1. Qualitative studies on indicator species and communities. Merentutkimuslait. Julk./Havsforskningsinst. Skr.
- ARLT, G. (im Druck): Remarks on the indicator organisms (meiofauna) in the coastal waters of the GDR. Merentutkimuslait. Julk./Havsforskningsinst. Skr.
- BAGGE, P. (1969): Effects of pollution on estuarine ecosystems. I. Effects of effluents from wood-processing industries on the hydrography, bottom, and fauna of Saltkällefjord (West-Sweden). Merentutkimuslait. Julk./Havsforskningsinst. Skr. 228, 3—118.
- BAO-LING, W. (1964): Subspecies differentiations and ecological characteristics of *Capitella capitata*. Oceanologia Limnologia Sinica 6 (3), 260—271.
- BELLAN, G. and D. BELLAN-SANTINI (1970): Influence de la pollution sur les peuplements marins de la région de Marseille. FAO Techn. Conf. Mar. Poll. Effects on Living Resources and Fishing, Rome, 8 pp.
- BELLAN, G., D. J. REISH and J. P. FORET (1972): The sublethal effects of a detergent on the reproduction, development, and settlement in the polychaetous annelid *Capitella capitata*. Mar. Biology 14, 183—188.
- EISIG, H. (1882): Monographie der Capitelliden. Fauna Flora Golf v. Neapel.
- FILICE, F. P. (1954): A study of some factors affecting the bottom fauna of the San Francisco Bay estuary. Wasmann J. Biol. 12 (3), 257—292.
- FILICE, F. P. (1958): Invertebrates from the estuarine portions of San Francisco Bay and some factors influencing their distributions. Wasmann J. Biol. 16 (2), 159—211.
- FILICE, F. P. (1959): The effects of wastes on the distribution of bottom invertebrates in the San Francisco Bay estuary. Wasmann J. Biol. 17, 1—17.
- GILET, R. (1960): Water pollution in Marseille and its relation with flora and fauna. Waste disposal in the marine environment (ed. E. A. PEARSON). Pergamon Press, London, 39—56.
- HENRIKSSON, R. (1969): Influence of pollution on the bottom fauna of the Sound (Öresund). Oikos 20, 507—523.
- JACUBOWA, L. und E. MALM (1931): Die Beziehungen einiger Benthosformen des Schwarzen Meeres zum Medium. Biol. Zentralbl. 51, 105—116.
- KITAMORI, R. (1961): The relation between the genus *Capitella*, polychaetous annelids, and pollution. Bull. Naikai Reg. Fish. Res. Lab. 13, 1—10 (japan., m. engl. Zusammenfassung).
- LINDROTH, A. (1939): Beobachtungen an Capitelliden, besonders hinsichtlich ihrer Respiration. Zool. Anzeiger 127, 285—297.

- LEPPÄKOSKI, E. (1968): Some effects of pollution on the benthic environment of the Gullmarsfjord. Helgol. wissensch. Meeresunters. 17, 191—301.
- MAJOR, J. (1969): Historical development of the ecosystem concept. The ecosystem concept in natural resource management (ed. G. M. VAN DYNE), Academic Press, London, 9—22.
- MUUS, B. J. (1967): The fauna of Danish estuaries and lagoons: Distribution and ecology of dominating species in the shallow water reaches of the mesohaline zone. Medd. Dan. Fisk. Havsunders., N. S. 5 (1), 3—316.
- RASMUSSEN, E. (1956): Faunistic and biological notes on marine invertebrates III. Biol. Medd. Dan. Vid. Selsk. 23, 1—84.
- REISH, D. J. (1955): The relation of polychaetous annelids to harbour pollution. Publ. Hlth. Rep. Wash. 70 (11), 1168—1174.
- REISH, D. J. (1957a): Effects of pollution on marine life. Ind. Wastes 2, 114—118.
- REISH, D. J. (1957b): The relationship of the polychaetous annelid *Capitella capitata* FABRICIUS to waste discharges of biological origin. Biol. Problems in water pollution (ed. C. M. TARZWELL), Publ. Health service, Washington, US, 195—200.
- REISH, D. J. (1959): An ecological study of pollution in Los Angeles Beach harbors, California. Occ. Pap. Allan Hancock Fdn. 22, 119 pp.
- REISH, D. J. (1960): The use of marine invertebrates as indicators of water quality. Waste disposal in the marine environment (ed. E. A. PEARSON), Pergamon Press, London, 92—103.
- REISH, D. J. (1967): Relationship of polychaetes to varying dissolved oxygen concentrations. Proc. Third Internat. Conf. Water Poll. Res. Sect. 3, 199—208.
- REISH, D. J. (1970): A critical review of the use of marine invertebrates as indicators of varying degrees of marine pollution. FAO Techn. Conf. Mar. Poll. Effects on Living Resources and Fishing, 12 pp.
- REISH, D. J. and J. L. BARNARD (1960): Field toxicity tests in marine waters utilizing the polychaetous annelid *Capitella capitata* FABRICIUS. Pacif. Nat. 1 (21), 1—8.
- ROSENBERG, R. (1972): Benthic faunal recovery in a Swedish fjord following the closure of a sulphite pulp mill. Oikos 23, 92—108.
- ROSENBERG, R. (1973): Succession in benthic macrofauna in a Swedish fjord subsequent to the closure of a sulphite pulp mill. Oikos 24, 1—16.
- SMIDT, D. L. P. (1944): Biological studies of the invertebrate fauna of the harbour of Copenhagen. Vid. Medd. naturh. Foren. 107, 1—43.
- STIRN, J. (1970): Biocoenological methods for assessments of marine pollution and problems of indicator species. FAO Techn. Conf. Mar. Poll. Effects on Living Resources and Fishing, Rome, 7 pp.

- SWEDMARK, B. (1966): Bottenfauna förändringar i Göta Älvs mynning under 1900-talet. Vattenhygien. 22, 41—44.
- THORSON, G. (1946): Reproduction and larval development of Danish marine bottom invertebrates. Medd. Dan. Fisk. Ser. Plankton 4 (1), 101f.
- TULKKI, P. (1968): Effect of pollution on the benthos off Gothenburg. Helgol. wiss. Meeresunters. 17, 209—215.
- WILHELMI, J. (1916): Übersicht über die biologische Beurteilung des Wassers. Sitzungsber. Ges. Naturforsch. Freunde Berlin 9, 297—306.
- WOHLENBERG, E. (1937): Die Wattenmeer-Lebensgemeinschaften im Königshafen von Sylt. Helgol. wiss. Meeresunters. 1 (1), 1—92.