

Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen an Radulae einiger Nordseeschnecken (Gastropoda: Prosobranchia) mit Anmerkungen zur Funktionsmorphologie

Heike Wägele

Abstract: Radulae of some gastropods (*Taenioglossa* and *Stenoglossa*) of the North Sea were examined with scanning electron microscope. Special attention was paid to the bending plane. The studied snails belong to 2 different kinds of feeding-types, the „Weidegänger“ (grazers) and the „Reißer“ (certain carnivores) (ANKEL 1938). The taenioglossan radula may occur in both types of feeders, the stenoglossan radula is confined to the carnivorous gastropods of the „Reißer“-type. Conclusions on the kind of intake of food were drawn from the comparison of food, form of teeth and the position of the erected teeth on the bending plane.

Einleitung

Die Radula, ein Kennzeichen der Mollusken, wird seit über 100 Jahren (TROSCHEL 1856-63) als wichtigstes taxonomisches Merkmal für die Klassifizierung der Prosobranchiagruppen herangezogen. Vor allem ANKEL (1938) und EIGENBRODT (1941) verdanken wir die ersten und auch ausführlichsten Beschreibungen zur Funktion der Radulae von Gastropoden. Obwohl die seit den 70iger Jahren angewandte Rasterelektronenmikroskopie eine Beobachtung der Zähne in weitgehend natürlicher Lage ermöglicht, überwiegen in neuerer Zeit wieder die morphologisch-beschreibenden Arbeiten.

In dieser Arbeit werden durch rasterelektronenmikroskopische Bilder in Anlehnung an ANKEL (1938) 2 funktionell und morphologisch verschiedene Radulatyphen (Weidegänger und Reißer) dargestellt.

Material und Methoden

Die meisten Schnecken wurden bei Dredgefängen aus der Tiefen Rinne bzw. am Felswatt bei Helgoland gesammelt. Da bei dem Aufenthalt auf Helgoland nicht alle gewünschten Arten gefunden wurden, mußte auf Material von der Bretagne/Frankreich und Cornwall/England zurückgegriffen werden. Es handelt sich bei diesen Arten um Schnecken der Unterordnungen *Taenioglossa* und *Stenoglossa*, die charakteristisch für die Nordsee sind.

Alle Tiere wurden in 4%igem Formol/Seewasser fixiert. Nach Mazeration in konzentrierter, heißer Kalilauge, Entwässerung und anschließender Trocknung an der Luft wurden die Präparate mit Kohlenstoff und Gold bedampft und in einem Cambridge Stereoscan 180 untersucht.

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Arten, die in der Arbeit erwähnt werden, sowie über die Maße ihrer Schalen und Radulae.

Tab. 1: Systematik der erwähnten Arten und die dazugehörigen Maße der Schalen und Radulae.

2. Ordn. Monotocardia	Schale	Radulalänge
Unterordn. Taenioglossa		
Fam. Littorinidae		
<i>Littorina littorea</i>	Höhe: 28 mm	27 mm
<i>Littorina saxatilis</i>	Höhe: 19 mm	34 mm
<i>Littorina obtusata</i>	Höhe: 9 mm	?
Fam. Eratoidae		
<i>Trivia monacha</i>	Länge: 10 mm	2,5 mm
Unterordn. Stenoglossa		
Fam. Buccinidae		
<i>Buccinum undatum</i>	Länge: 60 mm	28 mm
Fam. Muricidae		
<i>Nucella lapillus</i>	Länge: 22 mm	5 mm

Die Ernährungstypen mit Beispielen

1. Weidegänger

Der Weidegänger stellt wohl den ursprünglichsten Ernährungstyp der Schnecken dar (RICHTER 1962). Charakteristisch ist die Art des Abweidens: Sitzt eine Schnecke auf einem für sie geeignetem Substrat, beginnt sie Biß neben Biß zu setzen, wobei sie ihre Schnauze in einem Halbbogen um ihr Vorderende herum führt. Ist sie ganz außen angekommen, kriecht sie ein Stück vor und frißt wieder einen Halbbogen zurück (Abb. 1). ANKEL (1938) spricht von einem Pendelfraß. Nach Aufsetzen der Schnauze auf den Untergrund entsteht ein Biß durch das Gleiten der Radulamembran, auf der die Zähne aufsitzen, über das Stützpolster. Die Arbeitsrichtung der Radulamembran, d. h. die Richtung, in der sie nach Aufsetzen auf das Substrat gezogen wird, ist bei allen Schnecken gleich (s. Abb. 2). Sie verläuft von ventral nach dorsal in Richtung Ösophagus. Der Odontophor (das Stützpolster mit Radula) kann entweder frontad arbeiten (gleichgerichtete Bewegung mit der Membran) oder caudad (entgegengesetzt), wobei dies artspezifisch ist

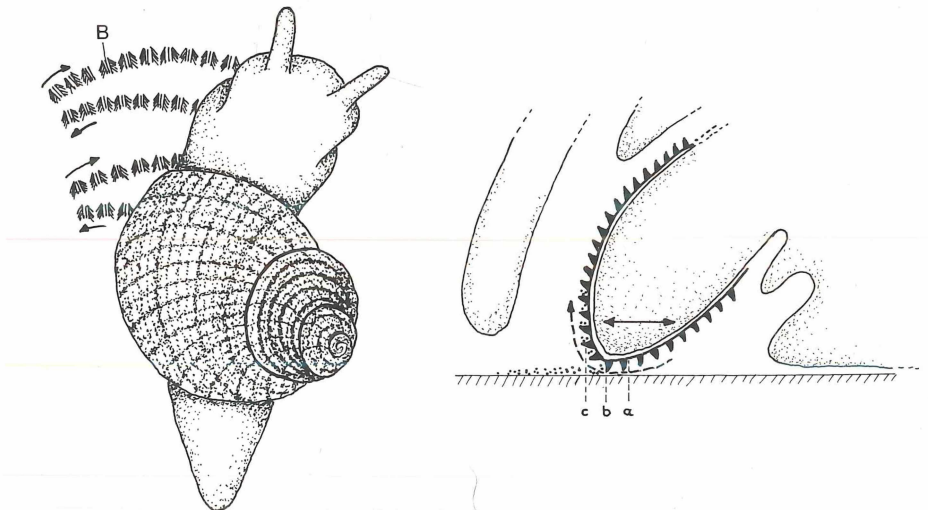
Abb. 1 (links): Pendelfraß einer *Littorina*. B: einzelne Bißspur.

Abb. 2 (rechts): Bukkalmasse schematisch im Sagittalschnitt. Gestrichelter Pfeil: Arbeitsrichtung der Radulamembran; durchgezogener Pfeil: Bewegungsrichtungen des Odontophors; a, b und c: hinter, an und vor der Knickkante. Nach RICHTER (1969).

(MÄRKEL 1964). Insgesamt kann man feststellen, daß der Pendelfraß eine kombinierte Bewegung von Radulamembran, Stützpolster, Schneckenkopf und Schneckenfuß ist.

Taenioglossa

Die Taenioglossa haben folgende Zahnformel: 2 1 1 1 2 (s. Abb. 3). Die Zähne führen während des Freßtaktes bestimmte Spreizbewegungen aus. Diese sind passiv und entstehen, wenn die Radulamembran über eine Knickkante des Stützpolsters gezogen wird. Kurz vor und hinter der Knickkante befinden sich die Zähne in Ruhelage, d. h. sie liegen der Membran flach auf und weisen mehr oder weniger zur Mitte. Läuft die Membran über die Kante, so treten in ihr Spannungen und Faltungen auf, die die Seiten- und Randzähne dazu zwingen, sich aufzurichten und zu spreizen, wobei der äußere Randzahn leicht in seiner gelenkartigen Verbindung gedreht wird. Die gespreizte Stellung wird bis über die Knickkante hinweg aufrecht erhalten (Abb. 5).

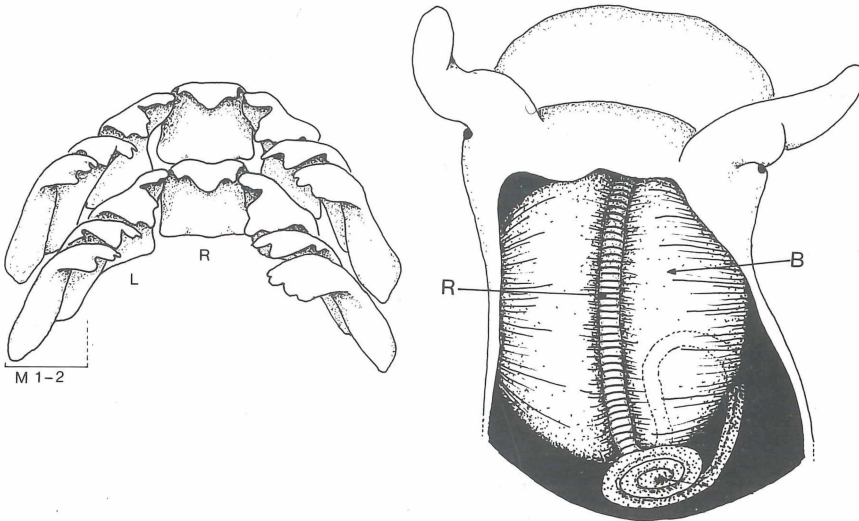


Abb. 3 (links): *Littorina littorea*: 2 Querreihen aus der Radula. M1-2: Marginale (Randzähne), L.: Laterale (Seitenzähne), R: Rhachidialzahn (Mittelzahn).

Abb. 4 (rechts): *Littorina*: Darstellung der Lage der Radula. Dorsalansicht der Kopfreigion. Die Radula (R) verläuft in der Knorpelrinne caudad. Ventrad der Bukkalmasse (B) führt sie eine Schleife nach rechts, zieht caudad leicht nach dorsal und bildet dort ca. 3 bis 4 in Schneckenform aufgerollte Schleifen.

Nur die Zähne unmittelbar hinter und an der Knickkante werden auf den Untergrund aufgesetzt. Infolge der Spreizung der Zähne wird ein Bezirk beweidet, der größer als die Radula ist. Die Mittel- und Seitenzähne werden gerade über das Substrat gezogen (ANKEL 1938, MÄRKEL 1964). Der Druck auf die Randzähne darf nicht zu groß werden, da sie wegen der Hebelwirkung an der Gelenkstelle abbrechen können. Sie führen nur leichte Kratzbewegungen auf dem Untergrund aus und nehmen das von den mittleren Zähnen abgeschabte Material auf. Von den taenioglossen Weidegängern wurden folgende Arten untersucht: *Littorina littorea* (LINNÉ, 1758), *L. saxatilis* (OLIVI, 1792), *L. obtusata* (LINNÉ, 1758).

Die Mittel- und Seitenzähne von *Littorina littorea* haben relativ spitze und lange Fortsätze. Die 2. Randzähne sind breit und schaufelförmig, die Flächen weisen in der Ruhelage nach außen (Abb. 6).

Abb. 7 zeigt einen Ausschnitt aus dem mittleren Teil der Radula von *L. saxatilis*. Im Gegensatz zu den Zähnen von *L. littorea* sind die Fortsätze der Zähne dieser Art stark abgerundet und wesentlich breiter. In Ruhestellung ist der 2. Randzahn eher nach hinten gerichtet, als nach lateral außen.

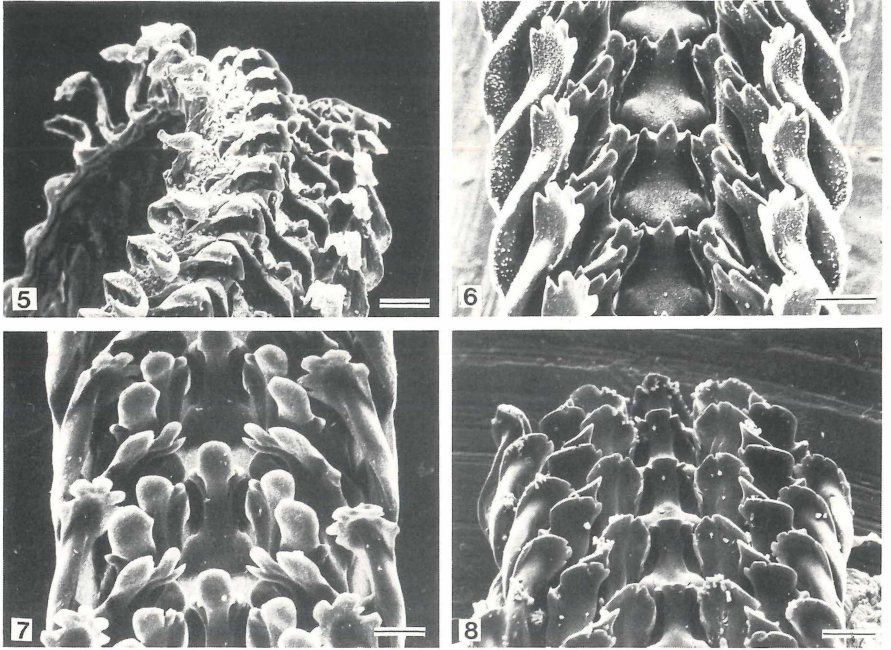


Abb. 5: *Littorina littorea*: Knickkante. Der von dorsal sichtbare Teil der Radula (rechts im Bild) liegt vor der Knickkante. Der 2. Randzahn ist zur Knickkante zu nach außen gespreizt und dabei leicht in seiner gelenkartigen Verbindung gedreht. Die gespreizte Stellung wird bis nach der Knickkante aufrechterhalten (links im Bild, etwas unscharf); Skala: 50 μ .

Abb. 6: *Littorina littorea*: Ausschnitt aus dem mittleren Teil der Radula. Mittel- und Seitenzähne mit spitzen Fortsätzen. Der 2. Randzahn schaufelförmig; Skala: 50 μ .

Abb. 7: *Littorina saxatilis*: Ausschnitt aus dem mittleren Teil der Radula. Fortsätze der Zähne stark abgerundet; Skala: 25 μ .

Abb. 8: *Littorina obtusata*: Ausschnitt aus dem vorderen Teil der Radula. Die Fortsätze der Zähne sind breit und stumpf; Skala: 25 μ .

Die Zähne von *L. obtusata* haben ebenfalls wie *L. saxatilis* sehr breite und stumpfe Fortsätze (Abb. 8). Dies ist nicht auf Abtragung zurückzuführen, da die Zähne im mittleren Teil der Radula die gleiche Form aufweisen. Die Arbeitsrichtung der Freßwerkzeuge geht bei allen 3 Bildern von oben nach unten.

Von den 3 erwähnten *Littorina*-Arten lebt allein *L. obtusata* auf Algen. Auffällig sind die im Verhältnis zu den anderen beiden Arten breiten Zahnschneiden (Abb. 8). Sie ernährt sich von der obersten Zellschicht der Tange und von deren Aufwuchs. Die Zahnschneiden von *L. saxatilis* sind auch noch relativ breit, ihre abgerundeten Fortsätze aber ausgeprägt groß (Abb. 7). Diese Art lebt auf Felsen im obersten Eulitoral und im Supralitoral. Auf gleichem Substrat lebt *L. littorea*, deren Zähne allerdings vorwiegend spitze Fortsätze aufweisen (Abb. 6). Inwieweit sich die unterschiedliche Form der Zahnschneiden auf die Nahrungsaufnahme beim Weiden auswirkt, ist offenbar noch unbekannt. Sicherlich vermag *L. littorea* mit ihren spitzen Zähnen wesentlich härteres Material abzukratzen als *L. saxatilis*. Ein intensives Studium der Nahrung beider Arten und des Substrates in der Zone, in der sich ihre Verbreitung überlappt, könnte die Frage wahrscheinlich klären. SCHÄFER (1950) beschreibt, wie *L. littorea* junge Balaniden frißt und im Aquarium auch Fleisch nicht verschmäht. Diese Art der Ernährung ist aber nur mit Hilfe spitzer Zähne möglich, wie sie eben für *L. littorea* typisch sind. Das Verbreitungsgebiet dieser Art erstreckt sich auch auf Sand und Mudd. Die in Abb. 6 dargestellte Radula ist meiner Ansicht nach nicht sehr gut zum Abweiden von Schlammsschichten geeignet. Durch Vergleich der Radulae von *L. littorea* aus verschiedenen Biotopen könnten eventuell bereits Anpassungen der Zahnform an das jeweilige Substrat festgestellt werden.

Die Schnecken, die zu den Reißern gezählt werden, können eine taenioglosse oder stenglosse Radula besitzen. Typisch für beide Radulaformen ist bei diesem Ernährungstyp die starke Reduktion von Fortsätzen und Zähnchen (s. ANKEL 1938). Die Zähne selbst werden zu kleinen Dolchen (Randzähne von *Trivia*, Seitenzähne von *Nucella*, oder sie haben einige wenige große dolchartige Fortsätze (*Buccinum*). Dieser Bau weist schon auf die Ernährung der Schnecken hin: Es sind Fleischfresser. Die Radula bearbeitet nicht nur die Oberfläche der Nahrung, sondern dringt mit ihren spitzen Zähnen tief in das Fleisch und reißt mehr oder weniger große Stücke heraus.

Taenioglossa

Zu den fleischfressenden Schnecken mit „Spreizzahnradula“ (ANKEL 1938) gehört die Gattung *Trivia*. Die hier dargestellte *Trivia monacha* (DA COSTA, 1778), ernährt sich von Synascidien. Zunächst legt die Schnecke die einzelnen Zooide einer Seescheidenkolonie frei, indem sie die Hülle um die Zooide, die Tunica, frißt. Die Hülle wird unverdaut wieder ausgeschieden. Anschließend werden die freigelegten Zooide im Ganzen hinuntergeschlungen (FRETTER 1951).

Die beiden Randzähne sind gleichgeformt, lang und dünn (Abb. 10). Sie weisen hinter der Knickkante stärkere Abnutzungerscheinungen auf (Abb. 11). Die Seitenzähne sind kräftig mit 2 großen Fortsätzen. An der Knickkante werden sie leicht nach außen gedreht (Abb. 11). Der scharfgezackte Mittelzahn sitzt wie üblich mit breiter Basis auf der Membran auf (Abb. 11).

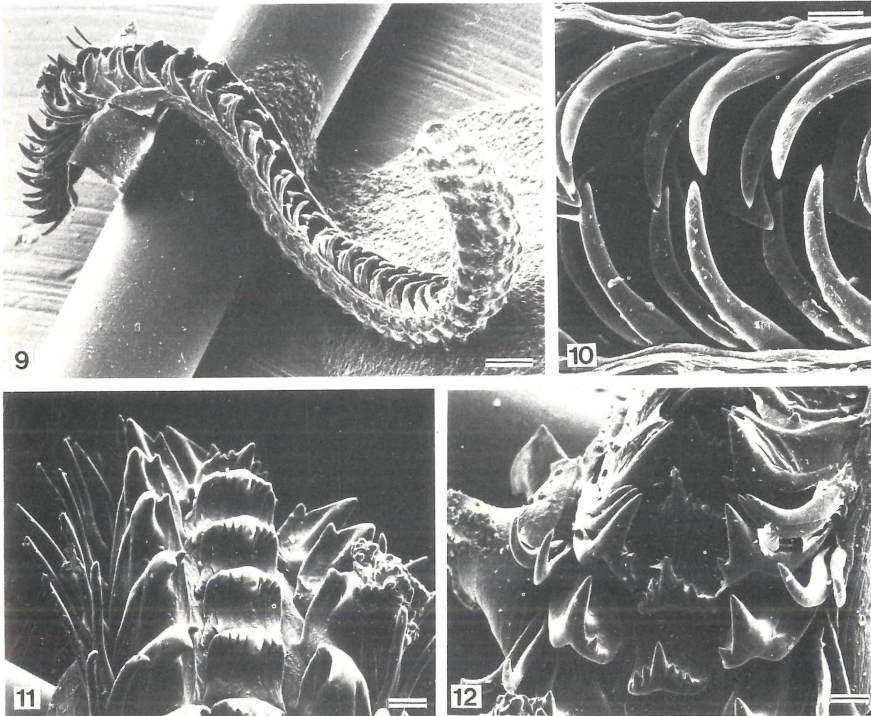


Abb. 9: *Trivia monacha*: Überblick über die ganze Radula. Rechts der jüngste Teil, links der älteste Teil mit Knickkante; Skala: 100 μ .

Abb. 10: *Trivia monacha*: Dorsalansicht des Bereiches an der Knickkante. Rand- und Seitenzähne sind stark abgespreizt. An den Randzähnen starke Gebrauchsspuren; Skala: 25 μ .

Abb. 11: *Trivia monacha*: Dorsalansicht des Bereiches an der Knickkante. Rand- und Seitenzähne sind stark abgespreizt. An den Randzähnen starke Gebrauchsspuren; Skala: 25 μ .

Abb. 12: *Trivia monacha*: Bereich vor der Knickkante. Beginn der Spreizung. Mittel- und Seitenzähne mit nur wenigen kräftigen Fortsätzen; Skala: 25 μ .

Die Radula von *Trivia* ist an das Fleischfressen gut angepaßt. Anscheinend werden nicht nur die Randzähne in das Beutetier geschlagen, sondern auch die Seitenzähne (Abb. 12: Stellung der Seitenzähne), deren Reißzahnform auch dieser Funktion entspricht. Die Anzahl der Spitzen ist bis auf eine dolchartige äußere und eine kleinere innere reduziert.

Stenoglossa

Die Radula liegt mit Stützpolster in einem vorstülpbaren, stark beweglichen Rüssel, wodurch die Bewegungsfreiheit des Freißwerkzeuges wesentlich erhöht ist (Abb. 13). Kennzeichnend für die stenoglossale Radula beim Ernährungstyp „Reißer“ ist die Reduktion der Anzahl der Zähne pro Reihe auf 3 Stück: 1 1 1 (s. Abb. 14). Die Stützpolsterbewegung fällt bei der stenoglossalen Radula weitgehend weg, der Freißvorgang erfolgt allein durch ein Gleiten der Radulamembran auf dem Radulaknorpel (ANKEL 1938). Der Knorpel ist auf der Ventralseite breit-flächenförmig, so daß die Radula (ca. $\frac{1}{3}$ der Gesamtlänge) ihm hier in ausgebreiteter Form aufliegt. Auf der Dorsalseite weist der Knorpel eine tiefe Rinne auf, in der die Radula in „geschlossenem Zustand“ verläuft. Die Spitze des Knorpels ist an der Knickkante nicht scharf, sondern fast rund. Trotzdem kommt es hier zu Spannungen in der Membran, durch die die Zähne aufgerichtet werden. Die Seitenzähne haben eine schwach gekrümmte Fußleiste (s. Abb. 14). Sobald die Krümmung der Membran beim Gleiten über das Stützpolster der Krümmung der Fußleisten entspricht, stehen die Zähne auf der flach ausgebreiteten Membran auf. Die Rinne im Stützpolster bewirkt, daß die Seitenzähne um 90° geschwenkt werden, daß die Dolche nach innen und unten klappen und sich dabei in das Fleisch bohren. Bei der Weiterbewegung der Membran halten die Seitenzähne die Beute weiterhin fest, während die Mittelzähne mit ihren Dolchen vorwiegend Nachschiebefunktion haben (ANKEL 1938).

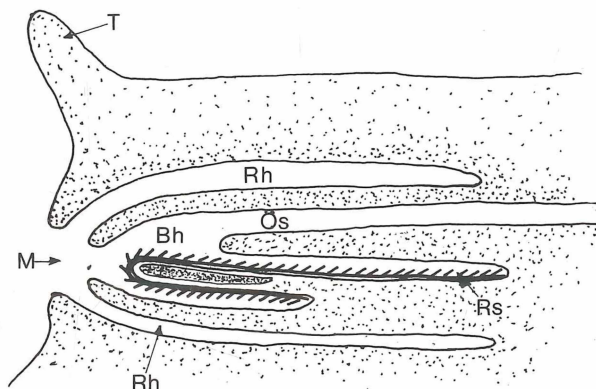


Abb. 13: Sagittalschnitt der Bukkalmasse, stark schematisch. Die Radula liegt in einem vorstülpbaren Rüssel (Proboscis), der hier in das Rhynchnodaeum (Rh) eingezogen ist. Bh: Bukkalköhle, M: Mund, Os: Ösophagus, Rs: Radulasack, T: Tentakel. Nach BROCK (1936).

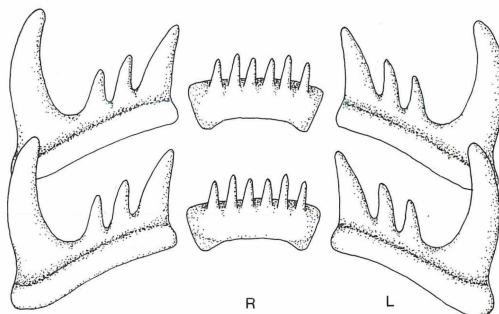


Abb. 14: *Buccinum undatum*: 2 Querreihen aus der Radula. L: Seitenzähne, R: Mittelzähne.

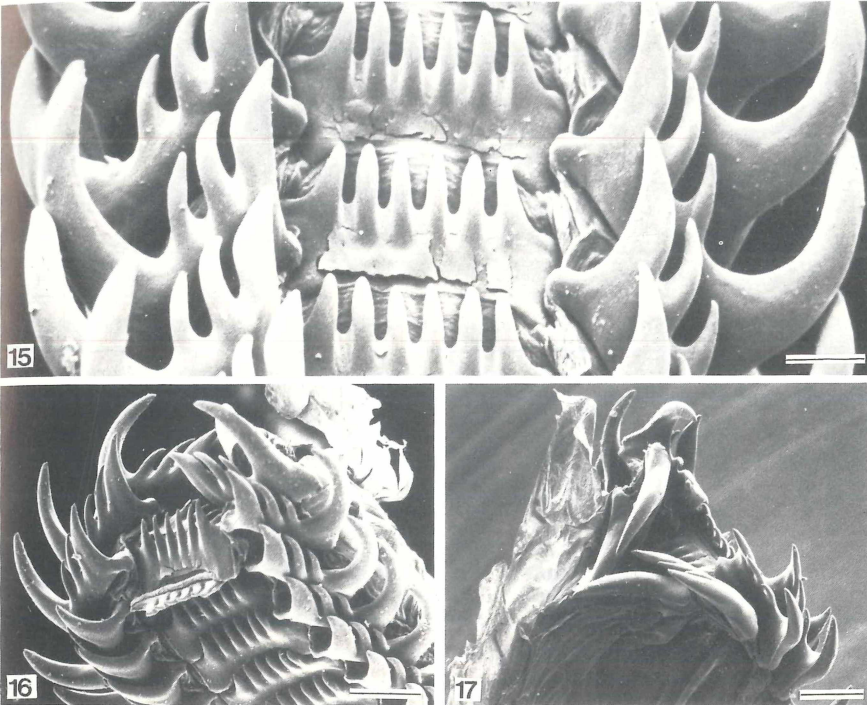


Abb. 15: *Buccinum undatum*: Ausschnitt aus dem mittleren Teil der Radula. Sie wurde beim Trocknen flach ausgebreitet, in natürlichem Zustand wäre sie an dieser Stelle zu einer Rinne geschlossen; Skala: 100 μ .

Abb. 16: *Buccinum undatum*: Ventralansicht der Knickkante. Die Zähne liegen flach auf dem Knorpel auf. An der Knickkante stehen die Mittelzähne hoch, die Seitenzähne führen eine leichte Drehbewegung durch; Skala: 150 μ .

Abb. 17: *Buccinum undatum*: Dorsalansicht der Knickkante. Die äußersten Dornfortsätze der Seitenzähne nähern sich, bis sie eine geschlossene Rinne bilden; Skala: 150 μ .

Als Beispiele werden *Buccinum undatum* LINNÉ, 1758 und *Nucella lapillus* (LINNÉ, 1758) vorgestellt (Abb. 14-17, 18-21).

Die Mittelzähne von *Buccinum* gleichen einem Kamm mit 6 schweren Zinken (Abb. 15). Die Seitenzähne sind ebenfalls kammartig, allerdings hebt sich der äußerste Fortsatz durch seine Größe deutlich von den kleineren inneren ab (Abb. 15). Ventral des Knorpels liegen die Zähne flach ausgebreitet auf der Radulamembran auf (Abb. 16). Zur Knickkante hin richten sich zunächst die Mittelzähne auf, dann die Seitenzähne. Dorsal des Stützknorpels berühren sich die äußeren Fortsätze der Seitenzähne und bilden eine geschlossene Rinne (Abb. 17).

Bei *Nucella* ist die Stellung der Zähne ähnlich wie bei *Buccinum* (vgl. Abb. 18 mit Abb. 16 und Abb. 19 mit Abb. 17), allerdings sind die Mittelzähne im Verhältnis zu den Seitenzähnen viel größer. Die mittlere Spitze des Mittelzahns ragt weit über die seitlichen Fortsätze hinaus (Abb. 20). Die Seitenzähne sind einfach gestaltet, lang und dünn (Abb. 19). Die flach auf der Membran aufliegenden Mittelzähne ventral des Stützknorpels zeigen sehr starke Gebrauchsspuren (Abb. 21). Die Spitzen der Fortsätze sind völlig abgeschliffen. Die Seitenzähne zeigen kaum Abnutzungsspuren.

Während bei *Buccinum* der Mittelzahn im Verhältnis zu den Randzähnen kleiner ist (Abb. 15), erscheint bei *Nucella* der Mittelzahn riesig. Da dieser bei *Nucella* zum Bohren eingesetzt wird (RUNHAM 1965), ist seine starke Abnutzung vorhersehbar. Vielleicht ra-

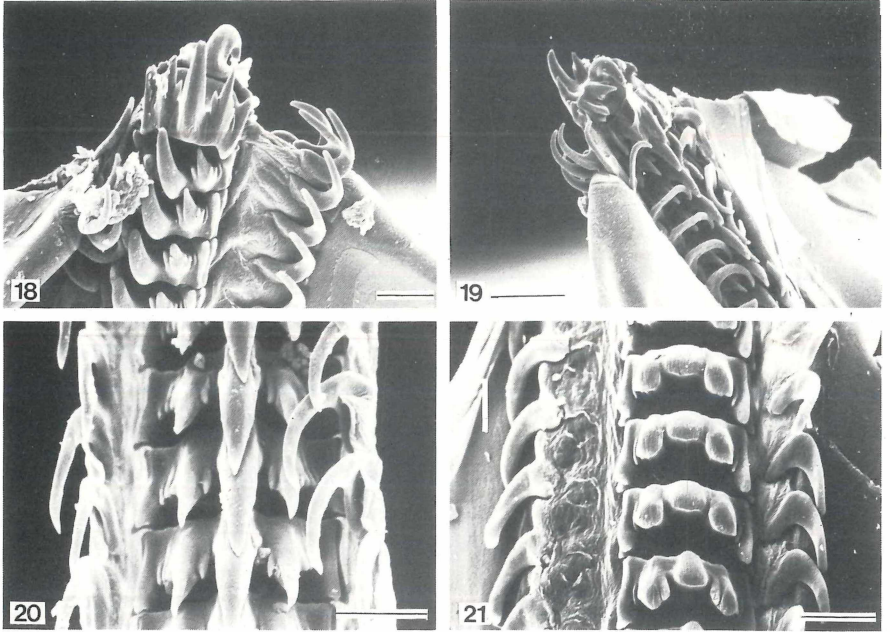


Abb. 18: *Nucella lapillus*: Ventralansicht der Knickkante; Skala: 25 μ .

Abb. 19: *Nucella lapillus*: Dorsalansicht der Knickkante. Der Mittelzahn ragt weit über die Seitenzähne hinaus; Skala: 50 μ .

Abb. 20: *Nucella lapillus*: Ausschnitt aus dem mittleren Teil der Radula. Der Mittelzahn ist viel kräftiger als die Seitenzähne; Skala: 25 μ .

Abb. 21: *Nucella lapillus*: Ausschnitt aus dem ventralen Teil der Radula. Die Mittelzähne sind stark abgenutzt; Skala: 25 μ .

gen deshalb die Mittelzähne an der Knickkante weit über die Seitenzähne hinaus (Abb. 19). Diese bohren die Schale der Beute an, ergreifen das Fleisch und jene schlagen erst anschließend in das Beutetier ein, halten es fest und führen es schlundwärts. So wäre auch zu erklären, daß die Seitenzähne nur geringe Gebrauchsspuren zeigen. Bisher konnte nicht sicher geklärt werden, ob an dem Bohrprozeß bei *Nucella* chemische Substanzen beteiligt sind. Für *Urosalpinx cineraria*, eine nah verwandte Art von *Nucella*, gelang der Nachweis von Säuren, die aus dem „accessory boring organ“ abgeschieden werden und das mechanische Bohren der Zähne unterstützen (CARRIKER 1978). Bei *Buccinum* sind es die Seitenzähne, die die Beute ergreifen, festhalten und ein Stück herausreißen. Die Mittelzähne haben nur Nachschiebefunktion.

Vergleichende Betrachtung der beiden Radulatyphen

Für die hier besprochenen Radulatyphen (taeniogloss und stenogloss) gilt ganz allgemein, daß nur ein kleiner Teil des gesamten Radulabandes beim Fressen „aktiv“ arbeitet bzw. Nahrungspartikel aufnimmt. Damit das aufgenommene Substrat ohne Schwierigkeiten und ohne negative Interaktionen der nicht beteiligten Zähne schlundwärts gelangen kann, sind alle anderen, dorsal des Knorpels gelegenen Zähne caudad und nach innen gerichtet (Abb. 10, 17, 19).

Für beide Radulaformen gilt das gleiche funktionelle Grundprinzip: Die Veränderung der Zahnstellung erfolgt durch ein Biegen und Krümmen der Radulamembran beim Gleiten über das Stützpolster (ANKEL 1938, RICHTER 1962). Je nach Verbindung der Zahnbasis

mit der Radulamembran erfolgt allerdings eine unterschiedliche Art der Aufrichtung der Zähne bei Taenioglossa und Stenoglossa.

Die Zähne der hier vorgestellten Weidegänger (taeniogloss) sind durch flache oder abgerundete Zahnscheiden, mit der Möglichkeit zum breiten Aufsetzen auf den Untergrund, ausgezeichnet. In *Littorina littorea* erkennt man in den spitzen Mittelzähnen bereits den Ansatz zu einer fleischlichen Ernährung, allerdings weisen die Seiten- und Randzähne noch mehr auf Weidetätigkeit hin.

Die Radula der Reißer (z. T. taeniogloss, stenogloss) muß im Gegensatz zu der der Weidegänger tief in die Nahrung geschlagen werden und Teile davon herauszerren. Die Kiefer können, wie ANKEL (1936: cit. ANKEL 1938) das zumindest für die Naticiden feststellen konnte, durch Schneiden mithelfen. Die taenioglossen Radula von *Trivia* ist z. B. an diese Art der Ernährung gut angepaßt. Ihre Mittel- und Randzähne gleichen den Mittel- und Seitenzähnen von *Nucella* sehr, allerdings ist *Trivia* keine bohrende Form.

Zusammenfassung

Die Radulae einiger Schnecken der Unterordnung Taenioglossa und Stenoglossa aus der Nordsee wurden rasterelektronenmikroskopisch untersucht, wobei vor allem der Bereich der Knickkante berücksichtigt wurde. Die untersuchten Schnecken gehören 2 verschiedenen Ernährungstypen an, den Weidegängern oder den Reißern (ANKEL 1938). Die taenioglossen Radula kommt bei Vertretern beider Ernährungsformen vor, die stenoglossen nur bei den Reißern. Auf Grund des Vergleiches von Nahrung, Zahnform und Zahnstellung an der Knickkante werden Rückschlüsse auf die Art der Nahrungsaufnahme gezogen.

Danksagung

Herrn Prof. Dr. H. K. Schminke möchte ich für die Anregung zu dieser Arbeit und seine Hilfe während der Betreuung danken. - Frau S. Seufer danke ich für die technische Assistenz bei der Herstellung der REM-Bilder.

Literatur:

- ANKEL, W. E. (1938): Erwerb und Aufnahme der Nahrung bei den Gastropoden. - Verh. Dt. Zool. Ges. **40**: 223-295.
- BROCK, Fr. (1936): Suche, Aufnahme und enzymatische Spaltung der Nahrung durch die Wellhornschnecke *Buccinum undatum* L.-Zoologica Heft **92**: 136 pp.
- CARRIKER, M. R. (1978): Ultrastructural analysis of dissolution of shell of the bivalve *Mytilus edulis* by the accessory boring organ of the gastropod *Urosalpinx cineraria*.-Mar. biol. (Berl.) **48**(2): 105-134.
- EIGENBRODT, H. (1941): Untersuchungen über die Funktion der Radula einiger Schnecken.-Z. Morph. Ökol. Tiere **37**: 735-791.
- FRETTER, V. (1951): Some observations on the british cypraeids.-Proc. malac. Soc. Lond. **29**(1): 14-20.
- FRETTER, V. & A. GRAHAM (1962): British prosobranch molluscs.-Ray Society, London, 755 pp.
- HIRSCH, G. Chr. (1915): Die Ernährungsbiologie fleischfressender Gastropoden I. - Zool. Jb. **35**: 357-504.
- MÄRKEL, K. (1964): Modell-Untersuchungen zur Klärung der Arbeitsweise der Gastropodenradula.-Verh. Dt. Zool. Ges.: 232-243.
- PETERS, R. (1971): Die Radula einheimischer Schnecken. - Mikrokosmos **60**: 261-269.

- RUNHAM, N. W. (1969): The use of the scanning electron microscope in the study of the gastropod radula: The radula of *Agriolimax reticulatus* and *Nucella lapillus*. - In: PAGET, O. E. (ed.), Proc. Third Europ. Malac. Congr. (Vienna, 4-6, Sept. 1968), *Malacologia* 9(1): 179-185.
- SCHÄFER, W. (1950): Über Nahrung und Wanderung im Biotop bei der Strandschnecke *Littorina littorea*.-Arch. Moll. 79:1-8.
- TROSCHEL, F. H. (1856-1863): Das Gebiß der Schnecken. Bd. 1 Berlin.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Biol. Heike Wägele, Fachbereich 7, Arbeitsgruppe Zoomorphologie, Universität Oldenburg, Postfach 2503, D-2900 Oldenburg

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Drosera](#)

Jahr/Year: 1983

Band/Volume: [1983](#)

Autor(en)/Author(s): Wägele Heike

Artikel/Article: [Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen an Radulae einiger Nordseeschnecken \(Gastropoda: Prosobranchia\) mit Anmerkungen zur Funktionsmorphologie 69-78](#)