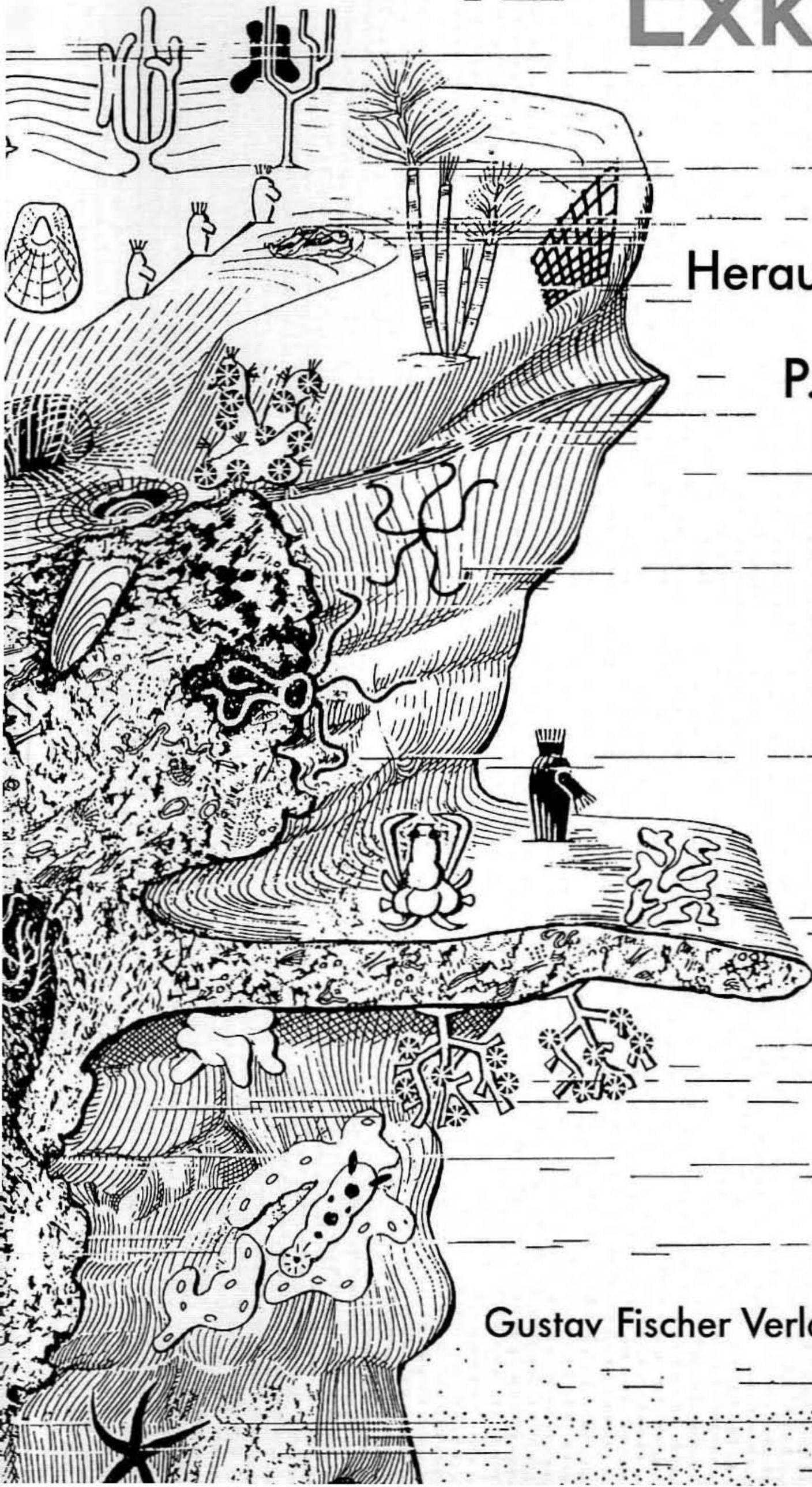


Meeresbiologische Exkursion



Herausgegeben von

P. Emschermann

O. Hoffrichter

H. Körner

D. Zissler



Gustav Fischer Verlag · Stuttgart · Jena

Flechte *Verrucaria amphibia* a) an wellenexponierten Stellen und b) an ruhigeren Standorten?

3. Vergleichen Sie das Vorkommen der nahe verwandten Krustenbraunalgen *Nemoderma*, *Ralfsia* und *Mesospora*. Welchen Phytalzen sind diese Arten zuzuordnen, und welche Faktoren sind für ihren Lebensraum entscheidend?
4. Wie unterscheiden sich Vertikalverteilung, Amplitude und Deckungsgrad von *Lithophyllum tortuosum* und *Mytilus galloprovincialis* an unterschiedlich exponierten Standorten?

Literatur

- Boudouresque, C.F. (1985): Groupes écologiques d'algues marines et phytocénoses benthiques en Méditerranée nord-occidentale: Une revue. Laboratoire Arago, Laboratoire d'Ecologie du Benthos, Banyuls/Luminy.
- Boudouresque, C.F., M. Perret-Boudouresque et M. Knoepfler-Peguy (1984): Inventaire des algues marines benthiques dans les Pyrénées-Orientales (Méditerranée, France). *Vie Milieu* 34, 41–59.
- Cinelli, F. and E. Fresi (1979): Deep algal vegetation of the western mediterranean. *Giorn. Bot. Ital.* 113, 173–188.
- Lüning, K. (1985): Meeresbotanik. Verbreitung, Ökophysiologie und Nutzung der marinen Makroalgen. Thieme, Stuttgart/New York.
- Marcot-Coqueugnot, J., C.F. Boudouresque et M. Knoepfler-Peguy (1983): Le phytobenthos de la frange infralittorale dans le port de Port-Vendres (Pyrénées-Orientales, France): Première partie. *Vie Milieu* 33, 161–169.

1.2.7 Mittelmeer: Faunenprofil des Felslitorals

*Denise Bellan-Santini und
Christan C. Emig*

Das Felslitoral beherbergt eine ebenso reiche Fauna, vor allem an Invertebraten, wie auch mannigfaltige Algenflora. Das Besiedlungsmuster all dieser Tier- und Pflanzenformen richtet sich einerseits nach den generellen Lebensbedingungen in den verschiedenen Klimastufen, den einzelnen Tiefenzonen, wird innerhalb dieser aber auch von lokalen Faktoren bestimmt, namentlich der Wasserbewegung und – im oberen Küstenbereich – auch der Wasserretention in Spalten und Löchern, im Algenbewuchs oder in «Rockpools» (s. Abschn. 1.2.10) des periodisch trockenfallenden Küstenstreifens. An einem Küstenprofil einer typischen mediterranen Kalksteinküste sollen Faunen- und Florenzonierung qualitativ und halb-quantitativ in ihrer Abhängigkeit von der Meeresexposition und örtlicher Biotopstruktur (Steilheit der Küste und

Neigung des Untergrundes, Brandungsstärke, Sonneneinstrahlung und Windexposition etc.) untersucht werden. Aus all diesen Angaben soll ein Diagramm der Faunen- und Florenzonierung im Untersuchungsgebiet erarbeitet werden.

1.2.7.1 Materialbedarf

Mehrere kräftige Hämmer und Meißel, einige grobe Messer, Eimer oder Kunststoffwannen, Handnetze oder Käscher von etwa 1–2 mm Maschenweite, feste Kunststoffbeutel und wasserfeste Filzstifte zur Beschriftung, mehrere möglichst zusammenlegbare Steckrahmen, flache weiße Sortierschalen, Tauch- oder Schnorchelausrüstung, Flasche mit 10% Formol/Meerwasser oder 70–80% Alkohol zum Fixieren, Stereomikroskop mit Auflichtbeleuchtung, Bestimmungstabellen für die wichtigsten Tier- und Pflanzenformen.

1.2.7.2 Versuchsanleitung und Beobachtungen

Entlang eines Vertikalschnittes einer Kalkküste mittlerer Hangneigung stecke man ein Profil vom Supra- bis zum Sublitoral ab und sammle und bestimme in den einzelnen Stufen die jeweils vorherrschenden Pflanzen und Tiere, wobei über die jeweilige Biotopstruktur (Bodentopographie, Wind-, Wellen- und Sonnenexposition etc.) der einzelnen Untersuchungsfelder (zur Erlangung vergleichbarer Ergebnisse jeweils mit gleich großem Rahmen abstecken) sorgfältig Protokoll zu führen ist. Das Einsammeln der Proben und deren Halterung zum Rücktransport ins Labor nehme man wie in Abschn. 1.2.9 beschrieben vor. Probenbeutel mit lebenden Tieren an geschützter schattiger Stelle (Rockpool) in Wasser schwimmend (Kühlung) halten. Aufwuchs und festsitzende Tiere (z. B. *Patella*) müssen mit scharfem Messer vorsichtig vom Substrat abgehoben werden; zur Erhaltung der Feinzonierung sedentärer Tiere für die spätere Untersuchung unter dem Stereomikroskop sollte man auch kleinere Substratbrocken mitsamt Aufwuchs abschlagen. Zur Gewinnung der endolithischen Fauna und Flora in Kalksteinbrocken zerschlage man diese, am besten erst im Labor, mit Hammer und Meißel. Auch Schwämme bergen oft eine reiche Infauna, die man durch deren Zerschneiden oder besser Auseinanderbrechen freilegt. Die vagile Makrofauna im Sublitoral (Fische, Garnelen) entzieht sich zumeist dem Einsammeln; Beobachtung beim Schnorcheln; Protokoll führen in Gruppen-

arbeit. Topographische und faunistisch-floristische Ergebnisse sollten in ein maßstabgerechtes (Profil grob vermessen) Schema des untersuchten Küstenprofils entspr. der Abb. 1.12 eingetragen werden. Folgende Zonen lassen sich küstenabwärts verfolgen:

A. Die Spritzwasserzone : das Supralitoral

Das Supralitoral besteht überwiegend aus nacktem Gestein, zerfurcht und spaltenreich aufgrund oberflächlicher Verwitterung durch die gemeinsame Einwirkung von endolithischen Algen und Tieren, welche die Oberflächen abweiden, namentlich

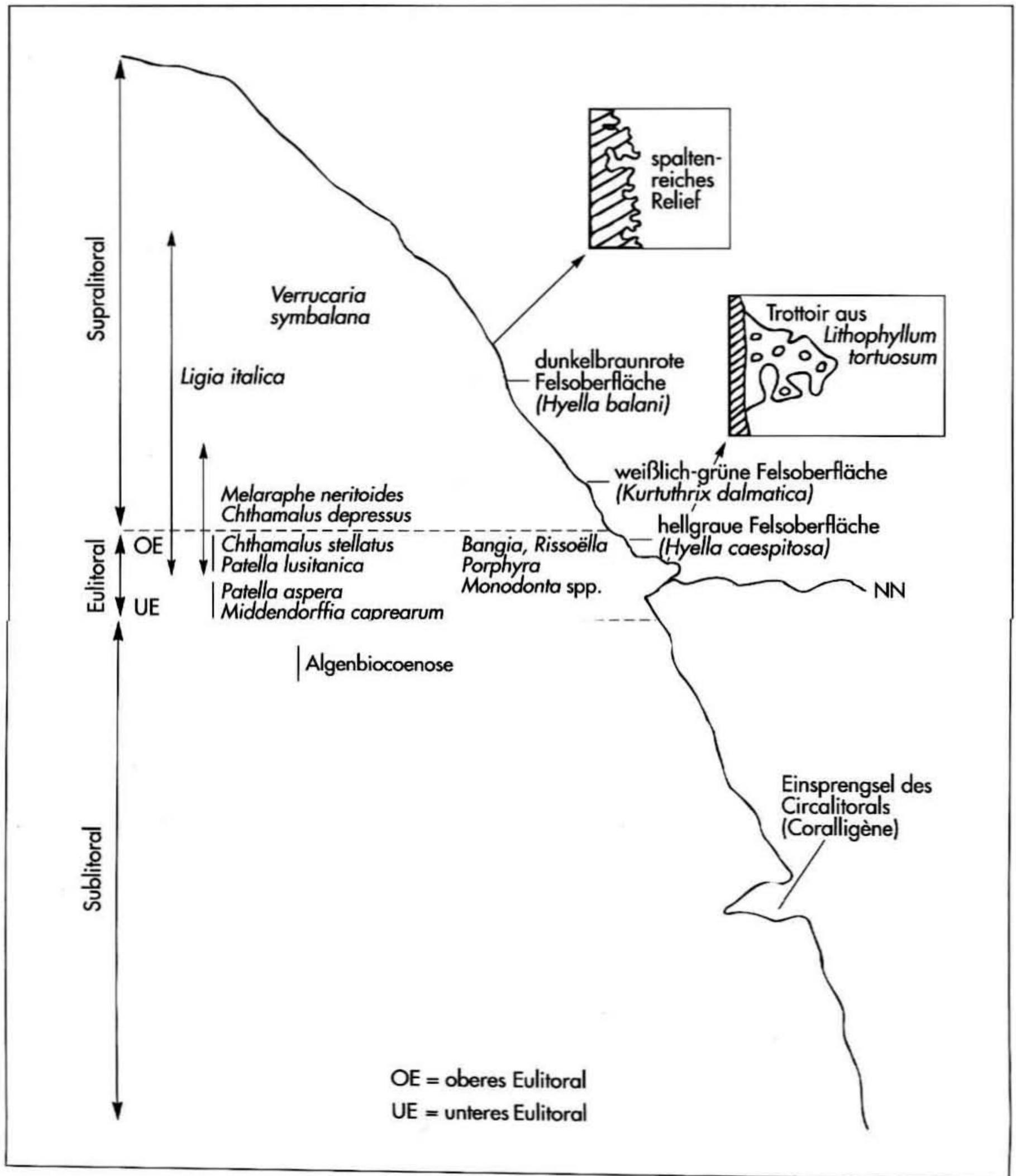


Abb. 1.12: Transekt eines mediterranen Felslitorals mit typischen Bewohnern

Schnecken. In zahllosen z. T. mit Verwitterungsmaterial gefüllten Kuhlen und Löchern, sammelt sich Spritz- und Regenwasser zu temporären Pfützen. So entsteht ein dichtes Mosaik unterschiedlicher Kleinbiotope. Die Gesteinsoberflächen sind größtenteils dunkelbraunrot gefärbt vom Cyanobakterienaufwuchs (vielfach *Hyella balani*); dazwischen graubraune Flechtenkrusten aus *Verrucaria symbalana*. Beide werden abgeweidet vor allem von dem Prosobranchier *Melaraphe* (= *Littorina*) *neritoides* und der detritusfressenden Klippenassel *Ligia italica*. Im tieferen Bereich der Spritzwasserzone bis ins obere Eulitoral besiedeln dann in zunehmender Dichte Seepocken die Gesteinsoberflächen, in der Regel *Chthamalus depressus*. Dichter Bewuchs mit dem Cyanobakterium *Kurtuthrix dalmatica*, wie man ihn auch bereits weiter oben an den Wänden feuchter Spalten und Löcher finden kann, verleiht den Gesteinsoberflächen hier eine schmutzig weißlich-grüne Farbe.

B. Die Gezeitenzone : das Eulitoral

Das Eulitoral (Medio- oder Mesolitoral), die Brandung und Wellengang ausgesetzte Zone, ebenfalls durch die ständige Welleneinwirkung zerklüftet und voller kleiner Höhlen, Spalten und Auswaschungen, erreicht je nach Brandungshöhe eine ganz unterschiedliche Tiefenausdehnung, innerhalb derer sich bei genügender Brandungsstärke zwei Stufen abgrenzen lassen:

Im oberen Eulitoral, welches nicht von jeder Welle erreicht wird, ist die vorherrschende Färbung ein helles Grau dichter Cyanobakterienrasen, vor allem von *Hyella caespitosa*. An Tieren trifft man hier auf einen dichten Besatz mit Seepocken, vor allem *Chthamalus stellatus*, ebenso auf Scharen von *Patella lusitanica*, zuweilen vermischt mit *Patella ferruginea*, die beide die Cyanobakterienrasen abweiden. Auch *Melaraphe neritoides* und *Ligia italica* ziehen sich bei sonnigem Wetter und ruhiger See in das feuchtere Eulitoral zurück, wenn es in der Spritzwasserzone zu trocken wird. Im unteren, stets genügend feuchten Bereich können mehrere Rotalgengürtel ausgebildet sein, zuoberst eine Zone mit *Bangia fuscopurpurea*, darunter folgend *Porphyra leucosticta* und – auf kristallinem Gestein – *Rissoella verruculosa*. Kann sich genug Wasser zwischen ihren Thalli halten, so findet man dort Amphipoden der Gattung *Hyale*.

Hartböden im periodisch von auflaufenden Wellen überspülten unteren Eulitoral sind im wesentlichen von krustenförmigen Kalkkrotalgen überwachsen, vor allem *Lithophyllum lichenoides* (= *Lithophyllum tortuosum*), das bis zu 1 m breite und mehrere Meter lange Trottoirs bilden kann (s.

Abschn. 1.2.12), daneben *Lithophyllum papillosum*, mancherorts auch *Neogoniolithon notarisii*. Auf ihnen weidet in Mengen die Napfschnecke *Patella aspera*, auch *Middendorffia caprearum* (Polyplacophora), und die Kreiselschnecken *Monodonta turbinata* und *Monodonta tubiformis*. Wuchsform und Größe der *Lithophyllum*-Thalli, von kleinen Plaques bis zu großflächigen schuppig gegliederten Trottoirs, sind abhängig von der Brandungsstärke. Die Spalten und Lücken der Kalkalgenkrusten bergen eine typische Kleinf fauna. Charakteristische Bewohner dieser Mikrobiotope sind der Nemertine *Nemertopsis peronea*, die Gehäuseschnecken *Fossarus ambiguus* und *Gadinia garnoti*, die Nacktschnecke *Oncidiella* (= *Oncidiella*) *celtica* und die Muschel *Lasaea rubra*, alle überwiegend von Diatomeen lebend, ebenso die kleine Assel *Campecopea hirsuta* und die winzige, überwiegend von Milben lebende Spinne *Desidiopsis rakovitzai* (Agelenidae). Unter günstigen Bedingungen bei hohem Wasserstand können auch Formen aus dem oberen Sublitoral bis hier heraufsteigen.

C. Das Sublitoral

Das ständig überflutete Sublitoral (oder Infralitoral) ist von solchen Arten bewohnt, die ein längeres Trockenfallen nicht überstehen würden. Der gesamte Raum ist geprägt von reichem Bewuchs mit dichten Tangwäldern. Zusammen mit den Seegrasswiesen der Sandstrände beherbergt diese Zone nach Artenreichtum und Individuenzahl wohl die reichste Lebensgemeinschaft des mediterranen Benthals überhaupt. Diese Algenbiocoenose (Biocoenose des Algues Photophiles = A.P.) ist überaus komplex und kann in mehrere Tiefenschichten und Gesellschaften untergliedert werden, die sich je nach lokalen Bedingungen zudem noch von Ort zu Ort unterscheiden.

Die wichtigsten dieser sublitoralen Gesellschaften sind:

die *Cystoseira stricta*-Gesellschaft (oder mit ihr vikiarierende Arten) in klarem, stark bewegtem Wasser, die *Cystoseira crinita*-Gesellschaft in ruhigerem, klarem Wasser geschützter Standorte, die *Corallina*-Gesellschaft in ruhigem, leicht verschmutztem Wasser, die *Lithophyllum incrustans*-Gesellschaft, deren krustenartige Flächen vor allem von Seeigeln abgeweidet werden und einer starken Erosion unterliegen, die *Mytilus galloprovincialis*-Gesellschaft in schwebstoff- und detritusreichem Wasser und die *Vermetus*-Gesellschaft, die sich nur dort ausbilden kann, wo die winterlichen Temperaturen nicht zu stark absinken.

In all diesen Gesellschaften der Tang- und Algen-

zone trifft man auf eine überaus formen- und individuenreiche Begleitfauna sessiler wie erranter Tiere, die ein ungewöhnlich komplexes synökologisches Gefüge bilden.

Die unterste Sublitoralzone, das **Circalitoral**, gewöhnlich geprägt durch die Faunengesellschaft des Coralligène (s. Abschn. 1.2.11), soll hier außer acht gelassen werden, da sie der Erfassung von der Küste aus ohnehin kaum zugänglich ist. Allerdings muß man darauf hinweisen, daß derartige Lebensräume als Einsprengsel auch im oberen Sublitoral auftreten können, etwa in Grotten, unter schattigen Felsüberhängen oder am Grund der Bewuchsschicht in der Zone der Tangwälder.

1.2.7.3 Auswertung und Fragen

Aufgrund der eigenen Untersuchungsergebnisse an einem Küstenprofil sollte man sich folgende Fragen beantworten.

Gibt es größere Wasserlöcher oder Pfützen im Supra- oder Eulitoral, zu welcher Zone gehört die Fauna? (Sublitoralenklaven mit veränderlichem Salzgehalt.)

Stellen Sie zusammen, wo überall *Patella*, *Melaraphe*, *Ligia* und *Monodonta* gefunden wurden. Traf man diese Arten ausschließlich in den für sie typischen Zonen an? Wenn nicht, warum?

Bei ruhigem Meer steigt *Patella* ins Supralitoral auf und weidet dort die Felsflächen ab. *Melaraphe* und *Ligia* dagegen fliehen bei ruhigem Meer vor der Trockenheit des Supralitorals hinab ins feuchtere Eulitoral. *Monodonta turbinata* wandert bei bewegter See aufwärts, *Monodonta tubiformis* bei ruhiger See.

Untersuchen Sie die relative Verteilung der Seepocken *Chthamalus* und *Balanus* und beobachten Sie ihre Lebensweise, ihre Atembewegungen, ihre Ernährung und ihre Trockenheitsresistenz, ebenso die Zonierung der Cyanobakterien. Was läßt sich daraus schließen?

Welche Umweltbedingungen veranlassen Ihrer Beobachtung nach Arten des unteren Eulitoral, ins obere Eulitoral aufzusteigen? Der Anstieg der Feuchtigkeit.

Wachsen im Eulitoral Grünalgen der Gattungen *Ulva* und *Enteromorpha*? Unter welchen Bedingungen?

Beide weisen auf anthropogene oder natürliche Eutrophierung hin. Stellen Sie die Quelle fest.

Welche verschiedenen Untergesellschaften (Fazies) ließen sich im Eulitoral entdecken? Welche ökologischen Gründe hat dies?

Welche Ursachen und Auswirkungen hat es, wenn Tiere von einer in die nächsthöhere Strandzone aufsteigen?

Welche Unterschiede im Felslitoral gibt es zwischen Kalk- und kristallinem Gestein? Beachten Sie die Oberflächenstruktur, das Auftreten calciphober Arten, das Fehlen von Lithophagen, die Probleme von biogenem Gesteinsauf- und -abbau.

Welche Unterschiede in der Wasserführung gibt es zwischen Hartböden und mobilen Weichsubstraten? Welchen Einfluß hat das für die Tiefenausdehnung der einzelnen Strandzonen?

Literatur

- Bellan-Santini, D. (1969): Contribution à l'étude des peuplements infralittoraux sur substrat rocheux (Étude qualitative et quantitative de la frange supérieure.) Rec. Trav. Sta. mar. Endoume 63 (47), 1-294.
- Bellan-Santini, D. (1985): The Mediterranean Benthos: Reflection and Problems Raised by a Classification of the Benthic Assamblages. In: Mediterranean Marine Ecosystems, M. Moraitou-Apostolopoulou and V. Kiortsis (Eds.), Plenum Press, New York.
- Margaleff, R. (Ed.) (1985): Western Mediterranean. 363 pp. Pergamon Press, Oxford.
- Pérès, J.M. (1967): The Mediterranean Benthos. Oceanogr. mar. Biol. Ann. Rev. 5, 449-553.
- Pérès, J.M. (1982): Ocean Management. In «Marine Ecology», vol. 5, (Part 1), Ed. O. Kinne. Wiley & Sons, Chichester.
- Pérès, J.M. et Picard, J. (1964): Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. Rec. Trav. Sta. Mar. Endoume 47, 1-137.

1.2.8 Mittelmeer: Flora der Sandküste

Hans Dieter Frey

Vor Sandküsten sind festgewachsene photoautotrophe Organismen im Meer selten, weil sich auf den mobilen Sand- und Schlickböden des Litorals nur wenige, dafür spezialisierte Arten festsetzen können. Ab einem Meter Tiefe findet man gelegentlich die Grünalge *Caulerpa prolifera* zusammen mit Seegräsern (z.B. *Cymodocea nodosa*). In größeren Tiefen wachsen direkt auf Sandböden wenige Braunalgen (z.B. *Arthrocladia villosa*, *Sporochnus pedunculatus*) sowie Kalkrotalgen (z.B. *Lithothamnium*-Arten). Im Gegensatz zu den dicht bewachsenen Felsküsten sind litorale Sande aufgrund ihrer besonderen Struktur artenarm. Der direkt an das Meer grenzende Vorstrand ist stark durchfeuchtet, salzreich und besonders im Frühjahr und Herbst über-

1.2.9 Mittelmeer: Faunenprofil des Sandstrandes

*Denise Bellan-Santini und
Christian C. Emig*

In und auf den mediterranen Sandstränden lebt eine insgesamt vielfältige Fauna freibeweglicher Wirbelloser. Ihre lokale Zusammensetzung und Individuendichte schwankt allerdings in weiten Grenzen je nach dem Großklima in den einzelnen küstenabwärts aufeinanderfolgenden Lebensräumen, und innerhalb dieser auch je nach örtlicher Bodenbeschaffenheit (Wasserbewegung, Korngröße, allgemeine Konsistenz, Sauerstoffangebot). Namentlich im Supra- und Eulitoral sind das Wasserangebot (Spritzwasseranfall, Grundwasserspiegel und Schwankungen der Wasserlinie, Regenmenge und oberflächliche Austrocknung durch Sonne und Wind), der Temperaturgang (Tag-, Nacht- und Jahreszeitenschwankungen) und das Nahrungsangebot (Anfall organischer Materie im Strandanwurf, als Treibholz und angeschwemmte Baumstämme oder auch als fein verteilt angeschwemmter und angewehter Detritus) faunenbestimmende Faktoren. Abhängig vor allem von der Amplitude der Wasserbewegungen kann die Breitenausdehnung der Biozöosen von wenigen Metern bis über 100 m betragen.

An den Mittelmeerküsten sind die Klimaunterschiede zwischen Sommer (hohe Temperaturen, ruhiger Wasserstand, Trockenheit) und im Winter (niedrige Temperaturen, feuchtes Klima, starke Winde) besonders groß, was sich in erheblichem Maße auf die jahreszeitliche Verteilung der mobilen Fauna auswirkt.

Eine gute Vorstellung der Faunenzonierung entlang der Küstenböschung gewinnt man aus einem Küstenprofil des Sandstrandes von der oberen Strandböschung bis ins Sublitoral, wobei es sich empfiehlt, die jeweils festgestellten ökologischen Bedingungen wie die faunistischen Befunde in ein Schemadiagramm einzuzeichnen.

1.2.9.1 Materialbedarf

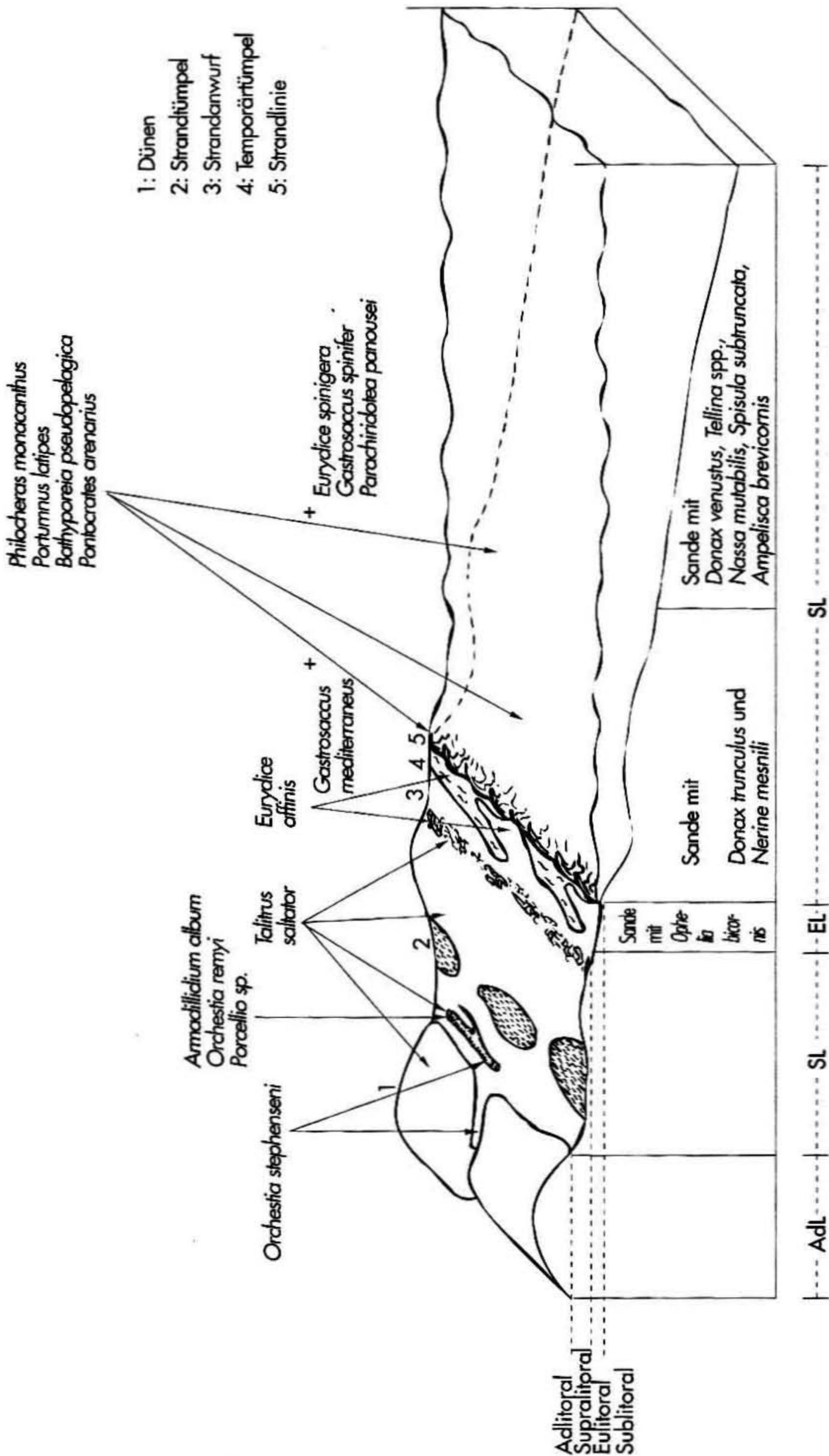
Spaten, mehrere flache Siebe von etwa 0,5 und 1 mm Maschenweite, 1 Harke, kleine Glasfläschchen, mehrere Eimer oder Kunststoffwannen, feste Kunststoffbeutel, wasserfeste Filzschreiber zum Be-

schriften der Kunststoffbeutel, Schnorchelausrüstung, Protokollpapier, Millimeterpapier, Bleistifte, flache möglichst weiße Sortierschalen, einige möglichst zusammenlegbare weiße Kunststoffrahmen von 0,25 m² Fläche (50 × 50 cm) zum Abstecken einheitlicher Probennahmeflächen, 1 Fl. 10% Formol oder besser 70–80% Alkohol zum Fixieren von Proben, Stereomikroskope.

1.2.9.2 Versuchsanleitung und Beobachtung

Man wähle eine geeignete, dem Wellen- und Gezeitengang ausgesetzte Strandzone aus, markiere dort ein Profil vom Supralitoral bis zum Sublitoral und sammle bzw. beobachte entlang dieser Linie sorgfältig sowohl die auf wie im Boden lebenden Tiere und Pflanzen. Um bei einer halb-quantitativen Auswertung der Untersuchungsergebnisse lokale Faunendifferenzen nicht überzubewerten, empfiehlt es sich, in jeder Tiefenstufe mehrere parallele Probennahmefelder abzusammeln. Dazu stecke man jeweils mit einem Rahmen ein Untersuchungsfeld ab und sammle repräsentative Proben aller vorgefundenen Organismen zuerst von der Oberfläche ab. Die im Boden lebende Fauna gewinnt man durch mehrmaliges Absieben von Grabeproben im abgesteckten Feld, möglichst fraktioniert in zwei bis drei Tiefenstufen, 1–10 cm, 10–20 cm und 20–30 cm. Alle gewonnenen Proben sind getrennt und sorgfältig beschriftet in festen Kunststoffbeuteln zum Rücktransport ins Labor zu halten (Proben aus dem Supra- und Eulitoral in Beuteln mit wenig, gut durchfeuchtetem Sand, Proben unterhalb der Wasserlinie in halb mit Meerwasser gefüllten Beuteln im Schatten aufbewahren). Über alle Biotopbedingungen (Wasserstand, Wind, Sonneneinstrahlung, Wellenexposition und Bodentopographie) führe man sorgfältig Protokoll. Einige Sedimentproben, deren Korngrößen im Labor ausgemessen werden können, lassen auch Schlüsse auf die Präferenzen bodenbewohnender Arten für bestimmte Bodentypen zu.

Im Labor können die einzelnen Proben in Sortierschalen ausgelesen und das Artenspektrum bestimmt werden; Auslese von Boden- und Schillproben auch unter den Stereomikroskop. Gradienten der verschiedenen Artenspektren und Individuendichten sind zusammen mit den ermittelten topographischen Angaben in ein Schema des Küstenprofils entspr. Abb. 1.14 einzutragen. In der Regel wird man folgende Zonierung antreffen:



A. Das Adlitoral

Im Adlitoral, dem eigentlich noch rein terrestrischen Lebensraum der obersten Strandböschung, eventuell auch der Dünenhänge, begegnet man – zumindest im Sommerhalbjahr – einer reinen Landflora und -fauna aus Spinnen und Insekten. Gleichwohl sollten wir diese Zone in unser Strandprofil mit einbeziehen, denn im Spätherbst und Winter flüchten sich manche Arten, so z. B. *Talitrus*, aus dem Supralitoral vor dem hohen Wellengang der mediterranen Herbst- und Winterstürme bis dort hinauf und überwintern dort auch. *Talitrus saltator* ist bis zum Frühjahr in Massen dort anzutreffen und bildet eine wichtige Nahrungskomponente für viele dort lebende Vögel.

B. Die Spritzwasserzone: das Supralitoral

Das Supralitoral wird namentlich bei windigem Wetter durch Gischt und Wellen ständig feucht gehalten. Charaktertier für diese obere Strandzone ist *Talitrus*. Er lebt in selbstgegrabenen Gängen und ist an deren zuweilen dicht an dicht beieinanderliegenden Eingangsöffnungen im feuchten Sand leicht zu entdecken. An weiteren Crustaceen trifft man hier die Strandassel *Armadillidium*. Unter reichem Strandanwurf findet man zahllose Amphipoden, neben *Talitrus* auch mehrere *Orchestia*-Arten, Isopoden, *Armadillidium album*, und Arten der Gattung *Porcellio*, zuweilen auch Diplopoden und einige Coleopteren, dies vor allem unter angespültem Holz.

C. Die Gezeitenzone: das Eulitoral

Das Eulitoral, der Spülsaum im Bereich der auflaufenden Wellen mit namentlich bei stärkerem Wellengang stets durchnäßigem Boden, wird bereits von verschiedenen sedimentfressenden, im Sand wühlenden Polychaeten bewohnt, z. B.: *Ophelia bicornis radiata*, daneben von der Assel *Eurydice affinis*, einem Detritus- und Aasfresser. Vereinzelt trifft man hier die Schnecke *Mesodesma corneum* und im tieferen Bereich den Polychaeten *Nerine cirratulus* an, der in Schleimröhren in den obersten Bodenschichten lebt.

D. Das Sublitoral

Das Sublitoral (oder Infralitoral) beginnt unter der MNWL, wenngleich bei sehr starkem Wellengang in stürmischem Wetter oder bei Hochdruckwetterlagen sein oberer Saum durchaus einmal kurzfristig trockenfallen kann.

Das obere Sublitoral entspricht praktisch der untersten Strandzone; bis zu einer Tiefe von etwa

5 m besteht der Grund aus oberflächlich stark bewegten Feinsanden (Biocoenose des Sables fins de haut niveau = S.F.H.N.) mit der Charakterfauna: *Donax trunculus* und *Macra lutea* (Bivalvia) sowie *Nerine mesnili* (Polychaeta). Hinzukommen kann in wechselnder Verteilung, je nach feineren Unterschieden in der Bodenbeschaffenheit, ob lockerer oder kompakter, eine Reihe weiterer Arten, so die Garnele *Philocheras monacanthus*, die Schwimmkrabbe *Portunus latipes*, verschiedene Mysidaceen der Gattung *Gastrosaccus*, Amphipoden der Gattungen *Bathyporeia* und *Pontocrates* und die Schwimmmasseln *Eurydice spinigera* und *Parachiridotea* sp.; an Mollusken neben *Donax trunculus* weitere *Donax*-Arten, dazu *Tellina tenuis* und *Lentidium mediterraneum* (Bivalvia), und *Cyclonassa donovani* (Gastropoda); an Polychaeten der sedentäre *Scolecopsis cantabra* (= *Nerinides cantabra*) und errante Arten der Gattungen *Glycera* und *Eteone*, und schließlich als Vertreter der Echinodermen der Mittelmeerherzseeigle *Echinocardium mediterraneum*.

Im unteren Sublitoral, etwa bis zur unteren Verbreitungsgrenze der submarinen Gefäßpflanzengesellschaften (Seegraswiesen mit *Cymodocea*-, *Halophila*- und *Posidonia*-Beständen) herrschen Feinsande (Biocoenose des Sables fins bien calibrés = S.F.B.C.) vor. Diese Zone reicht im allgemeinen bis in Tiefen von 20–30 m. In der entsprechend der Vielzahl ganz unterschiedlicher Kleinlebensräume formenreicheren Fauna dieser Zone sind nun die meisten Gruppen benthischer Tiere vertreten; charakteristischerweise setzt sie sich zusammen aus Hydrozoen (*Hydractinia echinata*), vielen erranten und sedentären Polychaeten (*Sigalion mathildae*, *Exogone hebes*, *Onuphis eremita*, *Diopatra neapolitana*, *Spiophanes bombyx*, *Prionospio malmgreni*) einem größeren Spektrum auf und im Boden lebender Muscheln (*Donax venustus*, *Cardium tuberculatum*, *Macra corallina*, *Spisula subtruncata*, verschiedenen *Tellina*-Arten und *Venus gallina*), Gastropoden (*Nassa mutabilis*, *Nassa pygmaea*, *Acteon tornatilis*, *Neverita josephinia*), verschiedensten Crustaceen, so typischerweise der Schwimmmassel *Idotea linearis*, bodenlebender Amphipoden (*Ampelisca brevicornis*) und Cumaceen (*Eocuma ferox*, *Iphinoë trispinosa*, *Pseudocuma longicornis*), Schwimmkrabben, vornehmlich *Macropipus barbarus* und von den Fischen hauptsächlich *Callionymus belenus* und *Gobius microps*.

Zusätzlich zu diesen regelmäßig vorkommenden Formen trifft man je nach lokalen Milieugegebenheiten noch auf eine Fülle weiterer Arten, deren einzelne jahreszeitenabhängig vorübergehend in Massen auftreten können und dann auch Räuber aus tieferen Bereichen, z. B. junge Seezungen oder andere Plattfische, anlocken.

1.2.9.3 Auswertung und Fragen

Für Auswertung der Untersuchung skizziere man **das** untersuchte Küstenprofil und trage alle gewonnenen Ergebnisse in das Schema (Abb. 1.14) ein. **Mit** seiner Hilfe versuche man folgende Fragen zu beantworten:

Welche Unterschiede lassen sich beim Vergleich der Biocoenosen in einem verschmutzten Strandtümpel, unter angeschwemmten Treibholz, in sonstigem Strandanwurf und im Sand rundum feststellen?

Welchen Anteil haben die Reste submariner Blütenpflanzen (*Posidonia*, *Halophila*, *Cymodocea*, *Zostera*) an der Zusammensetzung des Strandanwurfs im Untersuchungsgebiet? Sie geben Auskunft über die submarinen Pflanzengesellschaften im weiteren Umkreis und zeigen dort vorkommende Seegrasswiesen an. Gerade Posidonienreste können in großen Mengen angeschwemmt und an der Spülsaumgrenze zu hohen Banketten aufgehäuft werden. Auch aus der Zusammensetzung des restlichen Strandanwurfs lassen sich Rückschlüsse auf die Großgliederung des weiteren Umkreises des untersuchten Küstenabschnitts ziehen (anlandige oder küstenparallele Strömungen, Anhäufung von «Kulturmüll» oder Pflanzen- und Tierresten terrestrischer Herkunft etc.)

Was läßt sich über die Fauna kleiner temporärer Strandtümpel, Lachen und Löcher im Eulitoral sagen? Welche Bewohner der oberen Feinsande des Sublitorals trifft man auch hier an und warum?

Vergleichen Sie die relativen Anteile an Epi- und Infauna der Sand- und Schlickböden in den einzelnen Küstenbiocoenosen der verschiedenen Tiefenbereiche, und überlegen Sie, welche Lebensraumbedingungen für die festgestellten Unterschiede verantwortlich sind.

In welchen Bodentiefen trifft man welche Bodenbewohner bevorzugt an, aus welchen Tiergruppen stammen sie, und wie sind sie an ihren jeweiligen Lebensraum angepaßt?

Welche Ernährungsweisen (Strudler und Filtrierer, Detritus- und Aasfresser, Räuber) herrschen in den einzelnen Benthosbiocoenosen vor, und welche Umweltfaktoren begünstigen oder behindern diese oder jene Art des Nahrungserwerbs?

Vergleichen Sie die Besiedlung von kompakterem und lockerem Sandgrund in der gleichen Zone. Welche Unterschiede kann man feststellen?

Versuchen Sie die verschiedenen Arten von *Orchestia* (*O. remy* und *O. stephenseni*) morphologisch und nach ihrem bevorzugten Lebensraum zu unterscheiden, desgleichen von *Tellina* (*T. fabuloi-*

des, *T. pulchella* und *T. nitida*) und von *Donax* (*D. trunculus*, *D. multistriatus*, *D. venustus*). In welchen Lebensansprüchen unterscheiden sich die Arten?

Wie verändert sich die Faunen zonierung, wenn der Strand nicht wellenexponiert ist, etwa in einer ruhigen Bucht?

Literatur

- Bellan-Santini, D., J. Picard et M.L. Roman (1984): Contribution à l'étude des peuplements des invertébrés des milieux extrêmes. II: Distribution des Crustacés de la macrofauna des plages du delta du Rhône. Ecol. Médit. 10 (3/4), 1-7.
- Bigot, L., J. Picard et M.L. Roman (1984): Signification des peuplements d'invertébrés des plages des dunes du delta du Rhône; délimitations des domaines marins et terrestres. C.R. Acad. Sci. Paris 298, sér. III (1), 5-7.
- Massé, H. (1972): Contribution à l'étude de la macrofaune des peuplements de sables fins infralittoraux des côtes de Provence, V.: La côte de Camargue. Tethys 3 (3), 539-568.
- Pérès, J.M. (1967): The Mediterranean Benthos. Oceanogr. mar. Biol. Ann. Rev. 5, 449-553.
- Pérès, J.M. (1982): Ocean Management. In «Marine Ecology», vol. 5, (Part 1), Ed. O.Kinne. Wiley & Sons, Chichester.
- Pérès, J.M. et Picard, J. (1964): Nouveau manuel de bionomie benthique de la mer Méditerranée. Rec. Trav. Sta. Mar. Endoume 47, 1-137.

1.2.10 Analyse eines primären Hartbodens: Rockpools

Peter Götz

An allen felsigen Küsten existieren im Bereich der Spritzwasserzone sog. Rockpools (Lithotelmen), Tümpel, deren Wasser durch Wellenschlag, Regen und Verdunstung in unterschiedlicher Weise beeinflusst wird. Temperatur und Salzgehalt des Tümpelwassers sind starken Schwankungen ausgesetzt, die um so größer sind, je weiter die Tümpel von der mittleren Hochwasserlinie (MHWL) entfernt sind. Manche Tümpel werden nur noch bei extremer Brandung vom Spritzwasser erreicht. Erstaunlicherweise sind diese Tümpel trotzdem – allerdings in unterschiedlichem Maße – von (überwiegend marinen) Tieren und Pflanzen besiedelt. Ihre Bewohner müssen also in der Lage sein, Schwankungen der Temperatur und des Salzgehaltes, mitunter auch Austrocknung, sowie hohe Intensitäten der Sonneneinstrahlung zu überstehen.

Kieme der Strandkrabbe sind in dem Experiment zutage getreten?

3. Welche spezifischen Hemmstoffe wurden für diesen Nachweis verwendet?

Literatur

- Péqueux, A. & Gilles, R. (1978): Na^+/H^+ co-transport in isolated perfused gills of the chinese crab *Eriocheir sinensis* acclimated to fresh water. *Experientia* 34, 1593–1594.
- Siebers, D., Winkler, A., Lucu C., Thedens, G. & Weichart, D. (1985): Na-K-ATPase generates an active transport potential in the gills of the hyperregulating shore crab *Carcinus maenas*. *Mar. Biol.* 87, 185–192.
- Siebers, D., Lucu, C., Winkler, A., Dalla Venezia, L. & Wille, H. (1986): Active uptake of sodium in the gills of the hyperregulating shore crab *Carcinus maenas*. *Helgoländer Meeresunters.* 40, 151–160.
- Winkler, A. (1986): The role of the transbranchial potential difference in hyperosmotic regulation of the shore crab *Carcinus maenas*. *Helgoländer Meeresunters.* 40, 161–175.

1.3.26 Phoroniden: Bau, Verhalten und Regeneration

Christian C. Emig

Die Phoroniden gehören wie die Brachiopoden und Bryozoen zu den Tentaculata (Lophophorata); sie leben in selbstsezernierten, pergamentartigen, oft sandinkrustierten Wohnröhren, zuweilen in dichten Populationen, sowohl in Sedimentböden als auch bohrend in oder festgeheftet auf Hartsubstraten. Von den beiden bekannten Gattungen *Phoronis* und *Phoronopsis* kommt nur die erstere in europäischen Gewässern vor.

Phoroniden sind ohne Schwierigkeiten im Aquarium zu züchten. Sie sind in der Regel farblos transparent; so läßt sich ihre innere Organisation gut im Leben unter dem Stereomikroskop beobachten und bietet einen guten Einblick in die Baueigentümlichkeiten dieser noch unzureichend erforschten Gruppe. Zudem kann man leicht eine Reihe einfacher Experimente mit ihnen anstellen, etwa die Sekretion und den Bau ihrer Wohnröhre verfolgen, ihre Körperorientierung zur Strömung untersuchen, die Regeneration ihrer Tentakelkrone sowie ihren Blutkreislauf im Leben beobachten.

1.3.26.1 Untersuchungsobjekte und Materialbedarf

Beschaffung von Versuchstieren: Schon im strandnahen Flachwasser kann man zuweilen an Sandküsten von Mittelmeer und Atlantik mehrere Phoronidenarten finden. *Phoronis psammophila* lebt in senkrecht im Boden steckenden Röhren in sublitoralen Feinsanden (Sables fins bien calibrés = S.F.B.C.) oder schlickigen Sanden (Sables vaseux de mode calme = S.V.M.C.) Die Tiere sind leicht einzusammeln, indem man durch rasches Abwedeln mit der Hand auf kleinen Flächen die obersten 5–10 cm der Feinsedimentschicht abträgt und dann die so freigelegten, zerbrechlichen Röhren vorsichtig aus dem Grund zieht.

Phoronis hippocrepia baut Röhren auf oder bohrt in allerlei Hartsubstraten wie Muschelschalen und Kalkstein. Diese muß man zur Gewinnung der Tiere mit dem Meißel zerschlagen.

Phoronis australis lebt in *Cerianthus*-Röhren. Namentlich in der Gegend von Almeria an der spanischen Mittelmeerküste findet man diese Art regelmäßig in Massen.

Hälterung: In einem gut belüfteten Aquarium mit einer 8–10 cm hohen Schicht sandigen Bodengrundes und darüber mindestens 10 cm Wasserhöhe lassen sich die gesammelten Tiere bei regelmäßigem Wasserwechsel (2mal die Woche) problemlos in größerer Zahl über Wochen halten.

Versuchsausrüstung: Mehrere Glas- oder Kunststoffaquarien (ca. 25 × 15 × 20 cm); Belüftungspumpen und -fritten, Silikonschlauch, Stereomikroskop, Mikroskop, Objektträger und große Deckgläser; feine Pinzette, Skalpell, feine Präparierschere; einige Boveri-Schälchen oder kleine Petri-Schalen.

1.3.26.2 Versuchsbeschreibungen

- 1. Ausrichtung zur Strömung:** 5–10 Tiere in ihren Röhren werden in Aquarienmitte in 1–2 cm Abstand voneinander in den Bodengrund gesteckt, und die Belüftungsfritte wird in einer Ecke des Aquariums unmittelbar über der Sedimentoberfläche befestigt. Am folgenden Tag protokolliere man die Verteilung der Tiere im Versuchsbecken und die Orientierung ihrer Tentakelkronen. Dann fixiere man die Belüftungsfritte in der gegenüberliegenden Aquarienecke und stelle nach 1 Std. erneut die Ausrichtung der Tentakelkronen fest. Phoroniden sind Strudler; die Tentakelkrone – ein Trichter, an dessen Grund die

Mundöffnung und außerhalb dessen der After liegt – wird immer der Strömung entgegengerichtet.

2. **Röhrenbau:** Man setze ein Dutzend Tiere in ihren Röhren in ein meerwassergefülltes Versuchsbecken ohne sandigen Bodengrund, in den sich die Tiere eingraben könnten. In regelmäßigen Abständen über etwa 24 Std. sehe man nach, ob Tiere ihre Röhren verlassen haben.

Leere Röhren entferne man sogleich und beobachte, wieder über 24 Std., den Verlauf der Sekretion einer neuen durchsichtigen Wohnröhre. Man achte zugleich darauf, in welcher Körperregion der Röhrenbau beginnt (Stereomikroskop).

Auf frisch gebildete Röhren lasse man etwas Sand herabrieseln und beobachte, was mit den Sandkörnern geschieht. Man vergleiche die

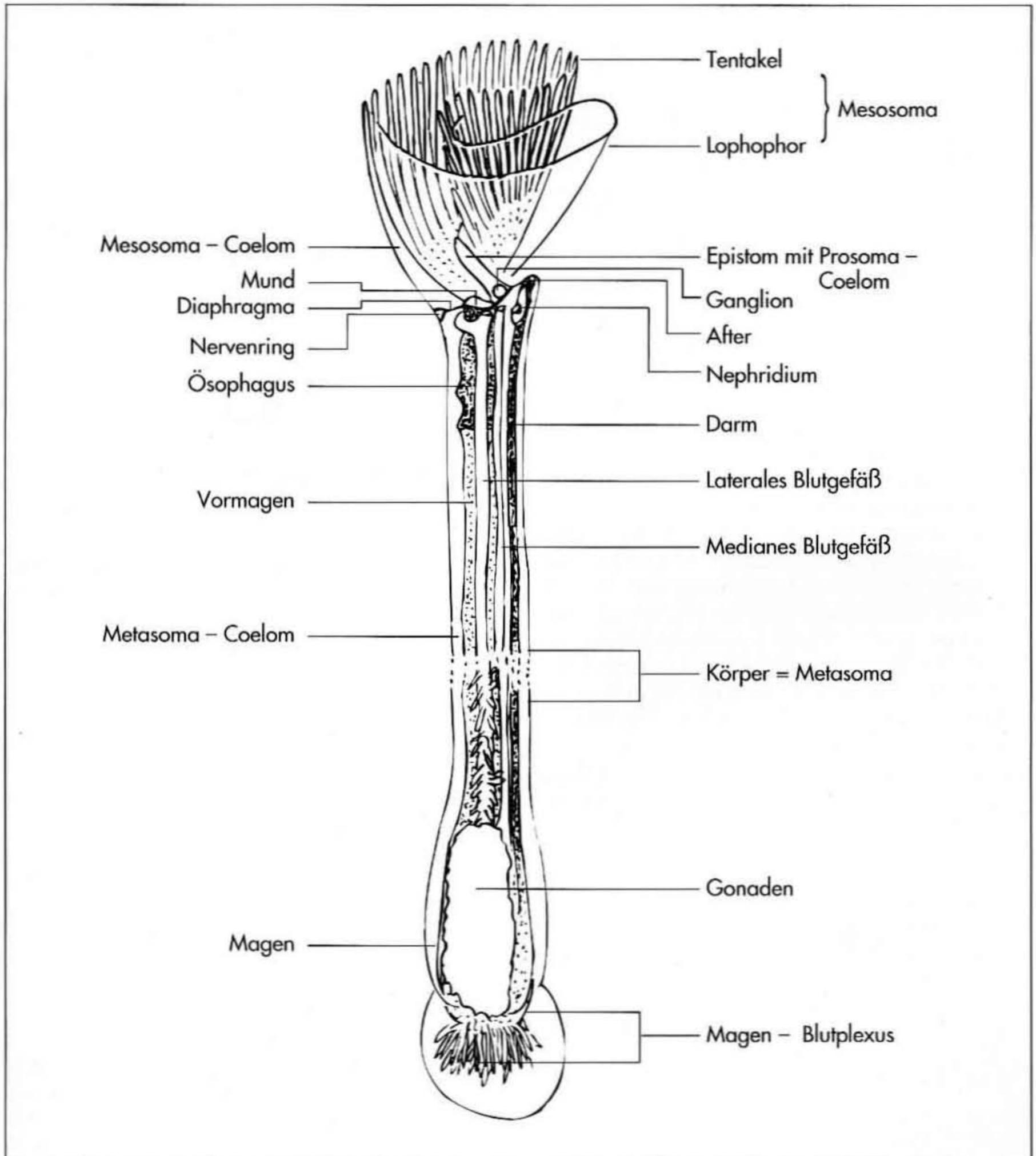


Abb. 1.44: Schematische Darstellung des Aufbaus eines Phoroniden

Struktur solcher Wohnröhren mit der ursprünglichen Röhren. Zum Schluß setze man ein röhrenloses Tier auf Sandgrund und verfolge, wie es sich in diesen eingräbt.

3. **Beobachtung der Lophophor-Regeneration:** Man entferne bei einem Dutzend Tiere die vordere Röhrenhälfte (Röhre zwischen den Fingern vorsichtig oberhalb der rötlich durchscheinenden Ampulle zerbrechen) und setze diese in ein Versuchsbecken ein. Am nächsten Tag lese man solche Tiere aus, die ihre Tentakelkrone abgeworfen haben, beobachte nun in regelmäßigen Abständen über etwa 2 Tage deren Regeneration unter dem Stereomikroskop und skizziere die Regenerationsstadien. Bei einer weiteren Versuchsgruppe amputiere man mit einem scharfen Skalpell die Tentakelkronen ca. 1 mm unterhalb ihrer Basis und verfolge gleichfalls deren Regeneration. Man protokolliere und vergleiche Dauer und Stadien der Lophophorregeneration bei beiden Versuchsgruppen.
4. Man sehe sich die **äußere** und **innere Organisation** eines aus seiner Wohnröhre befreiten Versuchstieres an, zuerst in einem Boveri-Schälchen mit wenig Meerwasser, dann, nachdem man das Tier unter einem großen Deckglas leicht gepreßt hat, unter dem Mikroskop (Blutkreislauf) und vergleiche das Gesehene mit der Schemadarstellung (Abb. 1.44).
5. Man bestimme das **Geschlecht der Tiere**, falls reife Gonaden entwickelt sind (*P. psammophila* ist getrenntgeschlechtlich, *P. hippocrepeia* und *australis* sind Zwitter.), und überprüfe, ob in der Lophophoröffnung zwischen Mund und After Sexualdrüsen – sogen. Lophophororgane bei ♂♂, Nidamentaldrüsen bei ♀♀ – ausgebildet sind. Alle drei Arten betreiben Brutpflege; die Larven entwickeln sich festgeheftet im mütterlichen Lophophor.

Falls man abgelöste reife Actinotrocha-Larven aus Planktonfängen isolieren kann, läßt sich an ihnen sehr eindrucksvoll unter dem Stereomikroskop die in wenigen Minuten ablaufende Metamorphose verfolgen. Hälterung der Larven in Boveri-Schälchen mit frischem Meerwasser.

6. Man presse ein röhrenloses Tier ganz leicht unter einem großen Deckglas und beobachte unter dem Mikroskop **Gefäßsystem** und **Blutkreislauf** (Erythrocyten mit Hämoglobin), die Längsgefäße im Rumpf und den Magengefäßplexus in der Ampulle, ebenso die Fließrichtung des Blutes in den Gefäßstämmen, die Gefäßkontraktionen und ihre Dauer sowie den Blutstrom in den Tentakelgefäßen. Beachten Sie die Formveränderungen der Erythrocyten in der Strömung und den Blutstrom vom Lophophorgefäß in die Tentakelkapillaren und zurück.

Literatur

- Emig, C.C. (1966): Anatomie et écologie de *Phoronis psammophila* Corti (Golfe de Marseille et environs; Etang de Berre). Rec. Trav. Stn. mar. Endoume **40**, 161–248.
- Emig, C.C. (1972): Régénération de la région antérieure de *Phoronis psammophila* Cori (Phoronida). Z. Morph. Tiere **73**, 117–144.
- Emig, C.C. (1973): Écologie des Phoronidiens. Bull. Écol. **4** (4), 339–364.
- Emig, C.C. (1979): British and other Phoronids. Synopsis of the British Fauna, **13** (Eds. D.M. Kermack and R.S.K. Barnes), 57 pp., Academic Press: London, New York.
- Emig, C.C. (1982): The Biology of Phoronida. Adv. mar. Biol. **19**, 1–89.
- Emig, C.C. et F. Béchérini (1970): Influence des courants dans l'éthologie alimentaire des Phoronidiens. Etude par séries de photographies cycliques. Mar. Biol. **5**, 239–244.
- Pourreau, C. (1979): Morphology, distribution and role of the epidermal gland cells in *Phoronis psammophila* Cori. Téthys **9**, 133–136.

1.3.27 Seeigel: Embryogenese und Larvalentwicklung

Helmut Vollmar

Nachdem Oskar Hertwig 1875 erstmals die Befruchtung am Seeigeli beobachtete, wurden diese Tiere ein bevorzugtes Objekt der Entwicklungsbiologie. Für ihre Verwendung in einem meeresbiologischen Praktikum sprechen folgende Vorteile:

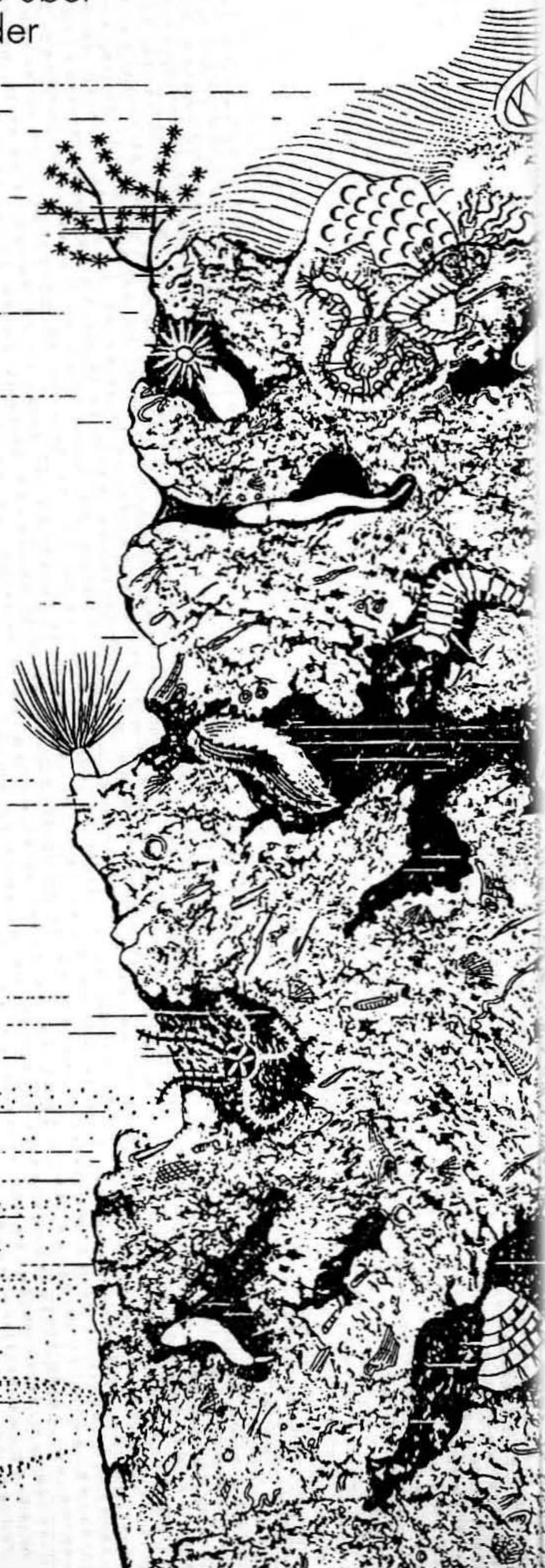
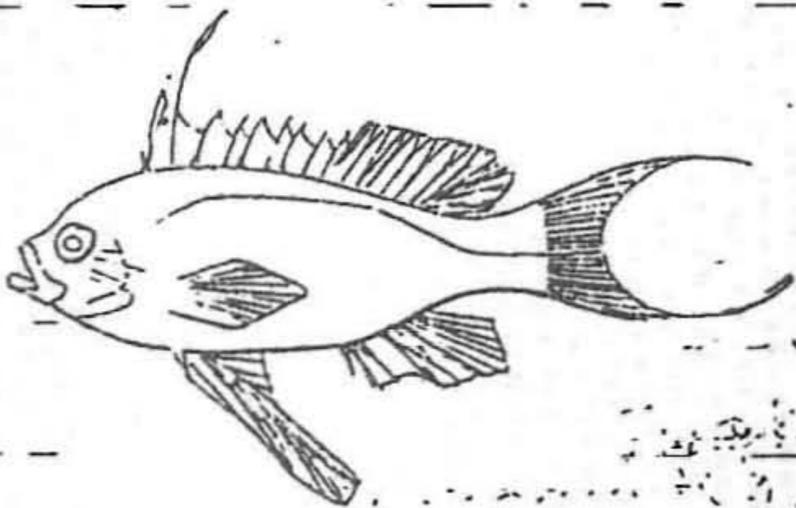
- Zu unterschiedlichen Jahreszeiten stehen jeweils verschiedene Arten in geschlechtsreifem Zustand zur Verfügung.
- Seeigel treten in der Regel mit hohen Populationsdichten auf, so daß ausreichend Versuchstiere vorhanden sind.
- Die hohe Ausbeute an Geschlechtsprodukten liefert die Voraussetzung für mannigfache Untersuchungen mit hoher statistischer Absicherung der Ergebnisse.
- Die Entwicklung läßt sich durch künstliche Besamung leicht in Gang setzen.
- Die Transparenz der Eihüllen bietet beste Möglichkeit zur Beobachtung der Entwicklung.

Normalentwicklung: Nach der Besamung des Seeigeli finden mehrere Kortexreaktionen statt, die mit der sichtbaren Abhebung einer Befruchtungsmembran enden und ein weiteres Eindringen von Spermien verhindern. Die Seeigeli teilt sich innerhalb von 60–120 min zum ersten Mal entlang einer Ebene, die durch den animalen und vegetativen Pol des Eies verläuft. Nachfolgende

Meeresbiologische Exkursionen sind besondere Höhepunkte des Biologiestudiums, weil Studenten bei kaum einer anderen Gelegenheit die überwältigende Formenmannigfaltigkeit der Organismen so unmittelbar lebend kennenlernen können.

47 Meeresbiologen aus Deutschland, Frankreich, Großbritannien und Österreich haben aus ihrem Erfahrungsschatz 60 faunistische und floristische, ökophysiologische und ethologische Versuche zusammengetragen, die jeweils eine geschlossene Einheit mit Anleitung, Material- und Literaturangaben darstellen. Die Gliederung folgt den drei Lebensgemeinschaften Benthos, Plankton und Nekton.

Dieses Buch soll Exkursionsleitern und -teilnehmern dazu dienen, Exkursionen an Nordsee, Atlantik und Mittelmeer vorzubereiten, durchzuführen und auszuwerten, wozu auch die Anschriften und Hinweise über die Ausstattung der großen meeresbiologischen Stationen beitragen.



ISBN 3-437-20414-9