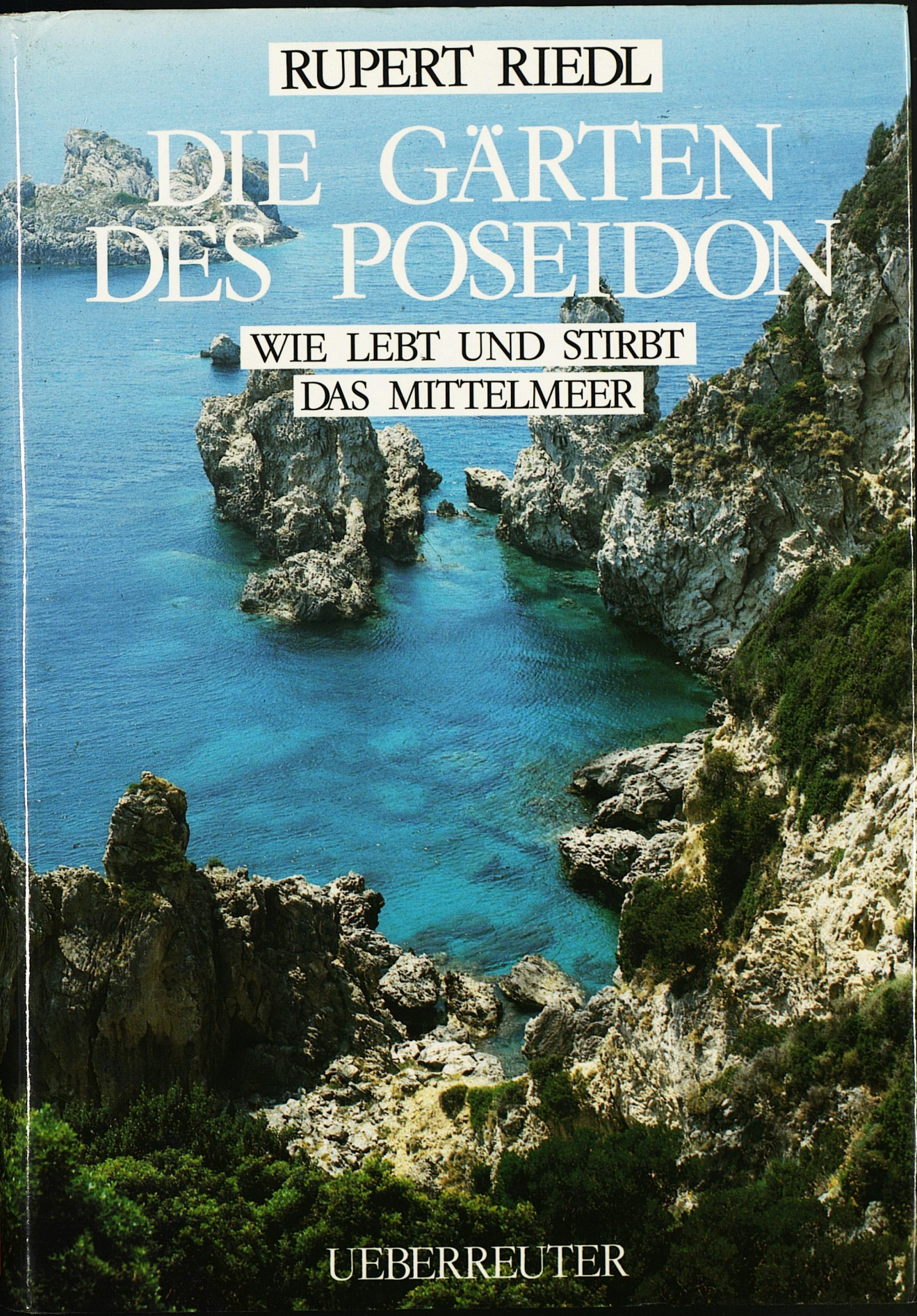
RUPERT RIEDL

DIE GÄRTEN DES POSEIDON

WIE LEBT UND STIRBT DAS MITTELMEER



UEBERREUTER

Noch ist es nicht zu spät für die »Gärten des Poseidon«, für jenes sensible ökologische System, das als eines der gefährdetsten Meere der Welt gilt: Laut Greenpeace werden mehr als zweieinhalb Millionen Tonnen Ölrückstände im »Hausmeer« Europas entsorgt – ein Drittel der gesamten Ölabfälle der Welt auf nur einem Prozent der Weltmeeresoberfläche.
Trotzdem streben jährlich hundert Millionen Menschen an die Küsten Italiens, Spaniens, Jugoslawiens und Griechenlands. Und auch sie sind die Verschmutzer, sie und die Bewohner des Hinterlands, deren Abwässer über die Flüsse das Mittelmeer erreichen.
Dieses Buch, das die gleichnamige Dokumentarserie von ORF und ZDF begleitet, will Antwort auf die brennenden und alle betreffenden Fragen geben: Wie lebt das Mittelmeer – und woran wird es sterben, wenn wir nicht bald handeln?
Rupert Riedl, der dieses Meer im wahrsten Sinn des Wortes »von Grund auf« kennt, beschreibt in leicht verständlicher Weise die vier Lebensräume des Mittelmeers: die Fels- und Sandküste, die Tiefe und den Wasserkörper; er erläutert das Tier- und Pflanzenleben, die Nahrungsketten und die biologischen Prozesse, die diese Welten über und unter Wasser beherrschen.
Dabei entwirft der Autor nicht nur triste Zukunftsvisionen. Er weist auch Wege aus der ökologischen Krise des Mittelmeers und zeigt mit reichhaltigem Bildmaterial die Schönheit dieses Meeres und seiner Bewohner.

UEBERREUTER

RUPERT RIEDL

DIE GÄRTEN DES POSEIDON

WIE LEBT UND STIRBT DAS MITTELMEER

UEBERREUTER

CIP-Titelaufnahme der Deutschen Bibliothek

Riedl, Rupert:
Die Gärten des Poseidon: Wie lebt und stirbt das Mittelmeer /
Rupert Riedl. – Wien: Ueberreuter, 1989
ISBN 3-8000-3330-5

Vignetten mit freundlicher Genehmigung © by Paul Parey Verlag, Hamburg und Berlin, aus: Riedl, FAUNA UND FLORA DES MITTELMEERES und BIOLOGIE DER MEERESHÖHLEN

AU 132/1
Alle Rechte vorbehalten
Titel und Schrift nach der gleichnamigen ORF-Fernsehserie
Schutzumschlaggestaltung von Brigitte Schwaiger unter Verwendung eines Fotos der griechischen Zentrale für Fremdenverkehr
Farbgrafiken von Vinzenz Horvarth
Copyright © 1989 by Verlag Carl Ueberreuter, Wien
Printed in Austria

Inhalt

Zu diesem Buch 9

Über unsere Sache 9
Über unser Team 10
Über unsere Chance 11

Zur Geschichte 13

Schicksal des Mittelmeers 14

Ein seltsames Klima 14
Die mediterrane Eiszeit 16
Wie das Meer überhaupt entstand 18
Rückblick auf das Schicksal 19

Die Geschichte unserer Kenntnisse 19

Suche in der Frühzeit 19
Der Beginn der Moderne 20
Zu- und Abkehr: Die Meeresstationen 23
Feldforschung unter Wasser 27
Die Belastung der Lebensräume 31

Die Felsenwelt 33

Woher die Felsküsten kommen 34

Welches die Beziehungen des Menschen sind 34
Wo mediterrane Felsgebiete sind 36

Leben auf Fels gebaut 38

Was Stabilität bedeutet 38
Das Leben an der Obergrenze 39
Das Leben an den Seitengrenzen 43

Felsenwelt unter Wasser 44

Konkurrenz um das Licht 45
Über die primäre Produktion 49
Konkurrenz um den Raum 50
Die seßhaften Filtrierer 52
Konsumenten der ersten Instanz 54
Konsumenten der zweiten Instanz 56
Die Welt der Fische 60
Der Räuber »Mensch« 63

Der Störfaktor »Mensch« 66

Belastendes Algenland 67
Verlust des Gleichgewichts 68
Grenzen biologischer Regulation 70
Die Seeigelschlacht – eine Groteske 71

Müssen wir Zerstörer bleiben? 73

Was tun? 73
Was wir tun müssen 74

Die Welt des Sandes 79

Was die Welt des Sandes ist 80

Warum die Sandstrände so lang sind 81
Woher der viele Sand kommt 82
Sand aus dem Meer 84
Welches die Beziehungen des Menschen sind 85

Leben auf Sand gebaut 88

Was Mobilität ist und bedeutet 88
Versteck für Räuber und Sammler 91
Mobilität der Seßhaften 93
Unterseeische Prärien 95
Seßhafte am Fließband 97
Wem ist das Seegras nützlich? 99
Der Spülsaum 102

Im größten Staubsauger der Welt 104

Blick in den Sandkörper 104
Strömungswelt zwischen Sandkörnern 106
Quellen der Lebens-Entstehung 107
Lebenswelt im Lückensystem 109
Grenzen der Sandwelt 111
Dimensionen der Wirkung 113

Was wir Menschen der Welt des Sandes antun 115

Belastete Welt des Sandes 116
Kann der Strand regenerieren? 117

Können wir noch helfen? 119

Was wir tun sollten 119
Was wir tun müssen 120

Die Welt der Tiefe 123

Was die Welt der Tiefe ist 124

Woraus die Tiefenböden bestehen 124
Über die Sedimente 125
Elektronische Betrachtung 126
Welches die Beziehungen des Menschen sind 128

Die Biologie der tiefen Böden 131

Was die Tiefe bedeutet 131
Abstieg zum Schlitten 133
Die Untersuchungen beginnen 135
Erste Instanz: Filtrierer 138
Reste vom Kontinent 140
Sammler und Räuber 142
Welt der Einsiedler 144
Das Einholen der Ergebnisse 146

Reste einer urtümlichen Welt 148

Welt der Tiefe im Seichten 149
Die Grabbauten 151
Urtümliche Organismen 153
Das Sulfid-System 154

Die Folgen unserer Tüchtigkeit 156

Tote Seeböden 157
Chronik eines Zusammenbruchs 158
Die Ursache des Sterbens und seine Wirkung 162

Wir können helfen 164

Was wir tun können 164
Was wir tun müssen 166

Die Welt des Wasserkörpers 167

Ein blauer Planet 168

Eine riesige Menge Wasser 169
Die Form des »Topfes« 169
Unterirdische Zuflüsse 170
Der große Zu- und Abfluß 173

Anschauliches aus der Ozeanographie 174

Die kritischen Gewichte 174
Die kritischen Tiefen 175

Das Leben im Pelagial 181

Die Produktion 181
Das Plankton 182
Medusen und Quallen 186
Die »blauen Fische« 190
Fischen in der Nacht 191
Die Thunfisch-Schlacht 195
Über die Haie 195
Die Fütterung des Kontinents 197

Was wir der Hochsee angetan haben 198

Wir Kapitäne zur See 198
Die Tanker 199
Die Algenplage 200
Die Schleim- und Schlickpest 202
Die Quallenpest 204
Die Öl- und Teerpest 206

Wir helfen, weil wir wissen 208

Was wir wirklich tun können 208
Was wir gewiß tun müssen 208

Welt als vernetztes System 211

Netzwerk Mittelmeer 212

Felsenwelt und Städte 213
Welt des Sandes und Tourismus 216
Welt der Tiefe und Industrie 219
Wasserkörper, Öl und Verkehr 221
Wie sich nun alles verflicht 223

Netzwerk der Ursachen 228

Woher die Ursachen kommen 229
Über die sogenannten Zwänge 231

Was schließlich zu tun bleibt 234

Was wir Bürger erreichen können 234
Wir und die Institutionen 235
Wir und die Staaten 235

Sachregister 237

Bildquellennachweis 241

Zu diesem Buch

Spät an einem Herbstabend 1948 kam ich erstmals ans Mittelmeer, bei Rapallo, und stieg sofort hinein. Das Wasser sikkerte langsam in die selbstgebaute Taucherbrille; und außer den Silhouetten der Felsen, Algen und huschenden Fischen konnte ich nicht viel gesehen haben. Aber ein Traum, in all seiner Buntheit, begann greifbare Wirklichkeit zu werden. Die ganze *terra incognita* der Unterwasserwelt lag vor uns.

Nur wenige Biologen waren bisher selbst in die See gestiegen. Wie wichtig mochte es also sein, der Meereskunde eine neue Disziplin der direkten Anschauung zu erschließen: die wissenschaftliche Taucherei.

Über unsere Sache

Damals, als die Pionierzeit der Unterwasserforschung begann, war Rapallo ein verschlafenes Villenstädtchen. Wir stellten unsere Fahrzeuge hin, wo es uns paßte, und die Zelte schlugen wir an der schönsten Stelle der Küste auf. Heute ist dort im Gedränge kaum mehr ein Parkplatz oder ein Liegeplatz für die Jacht zu ergattern, und das Hafenwasser stinkt.

Kamen wir noch zurecht, um das Werden des Problems »Mittelmeer« mitzuerleben und vor diesem warnen zu können? Zum Miterleben kamen wir zurecht; zum Warnen offensichtlich nicht.

In jenen vierziger Jahren unserer ersten Taucherexpedition, die uns vom Ligurischen und Tyrrhenischen Meer bis zu den nordafrikanischen Inseln führte, war vom Verfall noch nicht viel zu sehen. Und bis in die fünfziger Jahre konnte man noch weithin intakte Lebensgemeinschaften vorfinden. Die Kenntnisse darüber und die Erkenntnisse daraus wurden zur Grundbedingung, um ein Buch wie dieses schreiben zu können – über Leben und Verfall des Mittelmeeres. Kamen wir zu spät?

Zum einen kamen wir zu früh. Denn uns »Avantgardisten« verschlossen damals die vornehmen Meeresstationen noch die Tore. Zum anderen kamen wir spät. Denn es brauchte Jahrzehnte, bis die Feldführer, Lehrbücher und wissenschaftlichen Archive in der neuen Sicht geschaffen werden konnten – bis jeder Biologiestudent ins Wasser stieg, die Meeresstationen sich öffneten und sich nun schon jeder zweite Naturfreund unter Wasser umsieht.

Über unser Team

Daß aus der Pionierzeit der wissenschaftlichen Taucherei eine Disziplin der Meeresforschung werden konnte, verdanke ich als erstes meinen Freunden, die sich beherzt für die damals noch gefährliche Sache gewinnen ließen; der »Unterwasser-Expedition Austria« 1948–1949 (Abb. 34 bis 37, Seite 29 f.) mit FRANZ CECH, HEINZ HERDEGEN, PETER PRINZ, ERNST RILLE und WOLFGANG WIESER und der »Österreichischen Tyrrhenia Expedition« 1952 (Abb. 38 bis 40, Seite 30 f.) mit HERMANN KACHER, KURT SCHÄFER, HEINRICH STEINFEST und den Doktoren ERICH ABEL, JULIUS ERNST, KURT RUB und FERDINAND STARMÜHLNER.

Ich verdanke dies vielen meiner Schüler, welche die Gruppen der Schwämme, Korallen, Würmer, Mollusken, Krebse und Fische studierten. Die meisten unterrichten mittlerweile selbst, einige sind schon Professoren geworden. Allen voran danke ich den Professoren JÖRG OTT *(1)* sowie REINHARD RIEGER *(2)* und HEINZ SPLECHTNA, den Kollegen KURT FEDRA, ARMIN SVOBODA, BRANKO HERTWECK *(3,* rechts im Bild) und BRANKO VELIMIROV *(3,* links im Bild); für die jüngste Zeit gilt mein Dank besonders den Doktoren PETER DWORSCHAK *(4)*, REINHARD KIKINGER *(5)*, MICHAEL STACHOWITSCH *(6)* und WOLFRAM TERTSCHNIG *(7)*.

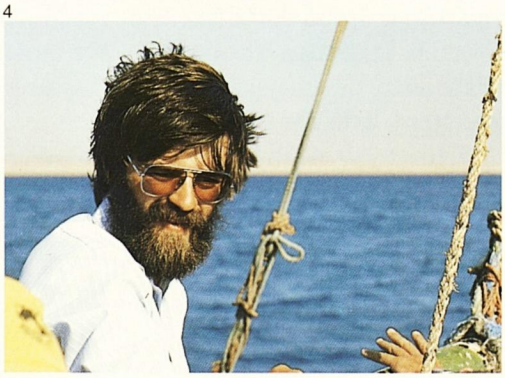
Ab 1954 begleitete mich filmend und tauchend meine künftige Frau SMOKY RIEDL. Sie machte nicht nur unsere Jahre an so vielen Küsten des Mittelmeeres möglich, sie half auch in der Forschung. Von ihr stammen die meisten Illustratio-

1

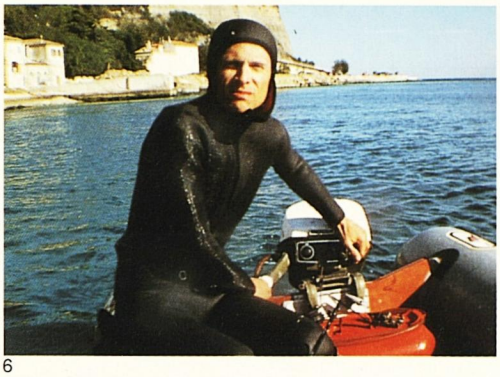
2

3

4

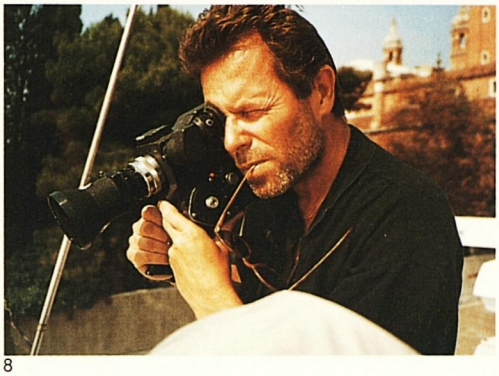


5



6

7



8

nen meiner Meeresbücher, denen auch die Schwarzweißgrafiken dieses Buches entnommen sind, und viele Unterlagen zu den Farbgrafiken. Und wir beide danken Prof. MARIA MIZZARO, Grafikerin meines Institutes, für jahrelange Hilfe.

Und schließlich sind es meine Freunde der »MR-TV-Film Wien«, Regie und erste Kamera Prof. ALFRED VENDL *(8)*, und sein Team, stets mit KURT JETMAR und MARTIN KREUZER, die durch hingebungsvollen Einsatz die Illustrierbarkeit meines Themas noch erweiterten. Auch ihnen sei Dank sowie den Direktoren und Kapitänen, Kollegen und Mannschaften vieler Meeresstationen, die uns nun überall die Tore öffneten.

Über unsere Chance

Ob das Mittelmeer mit seinen tiefliegenden Lebensproblemen eine Chance haben wird, das bleibt eine offene Frage. Eine Frage, die dem Leser selbst zu stellen ist.

Wenn es gelingt, ausreichend viele verantwortliche Menschen über die Zusammenhänge zu informieren und die Konsequenzen verständlich zu machen, so mögen die »Gärten des Poseidon« eine verbesserte Chance des Überlebens haben.

Wien, im Herbst 1989
Rupert Riedl

Zur Geschichte

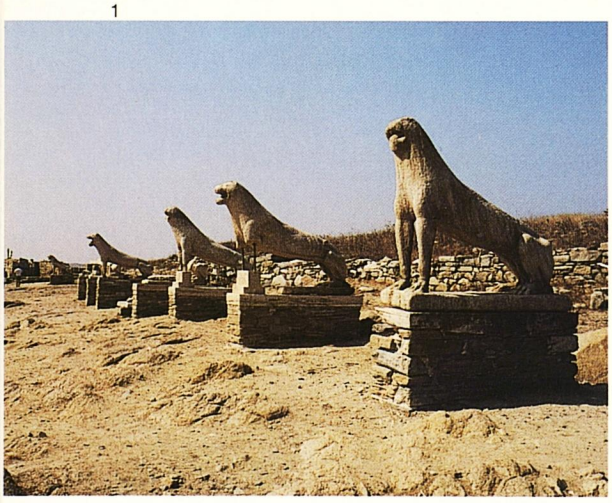
Was auch immer in dieser Welt Geschichte hat, hat auch ein Schicksal. Ebenso wie Menschen oder Kulturen haben auch Meere Schicksale. Ich will damit sagen, daß die Bedingungen ihrer Gegenwart nicht allein aus dieser Gegenwart zu verstehen sind, sondern aus einer Zeit, da irgend jemand oder irgend etwas schon längst die Weichen gestellt hatte.

Schicksal des Mittelmeers

Im Grunde verstehen wir schon die Verteilung der Nationen um das Mittelmeer nur aus deren Geschichte – aus der Geschichte Europas an seinem nördlichen Rand und der Ausbreitung des Islam entlang seiner Südküste; und beides zusammen aus den geographischen Strukturen eines solchen Randmeeres. Man erinnert sich an Wachstum und Zerfall des Römischen Reiches, zurück bis zu den frühen Kulturen, deren Grundstein die Phönizier mit ihrer Besiedlung vom Osten gegen Süden legten und die Griechen aus dem Norden um die südlichsten Teile der Nordküsten.

Auf Delos etwa, in den Kykladen, fand sich schon Mitte des zweiten Jahrtausends vor Christus die mykenische Kultstätte für eine weibliche Gottheit. Und eintausend vor Christus wanderten ionische Stämme ein und hinterließen uns Tempel, Phalli und Löwen *(1)*.

1



Es mag uns auch noch weiterhin wie eine Selbstverständlichkeit erscheinen, daß die Geschichte der Völker rund um andere Randmeere, wie die Ostsee oder den Persischen Golf, völlig andersartig verlaufen ist. Nicht nur die Völker, die siedelten, auch die Meere, an denen sie sich ausbreiteten, sind grundverschieden; und mit diesen Verschiedenheiten Ursache verschiedener Schicksale.

Die Geschichte der Kulturen lernt man anhand der Geschichte der Umrisse des Mittelmeers zu verstehen, und diese Umrisse haben nicht nur wiederum ihre eigene Geschichte, sie haben selbst schon auf unsere Früh- und Vorgeschichte ihren Einfluß genommen.

Ein seltsames Klima

Daß vier und sechs Jahrtausende vor Christus bereits die ersten Hochkulturen um das Mittelmeer entstanden, wird durch sein Klima gefördert worden sein. Es wirkt wie ein riesiger Warmwasserspeicher, der die Winter puffert und rings um das Meer für eine immergrüne Vegetation sorgt, wie etwa den Buschwald, die Macchie, die typisch für das Mediterran ist.

Man erinnert sich, daß in den frühen Hochkulturen des Mediterrans die Nacktheit eine Rolle spielte. Die mykenischen Damen trugen die Brüste frei, und die griechischen Athleten traten splitternackt zu ihren Spielen an. Das war in den umliegenden Hochländern schon klimatisch nicht möglich und mag die Freizügigkeit

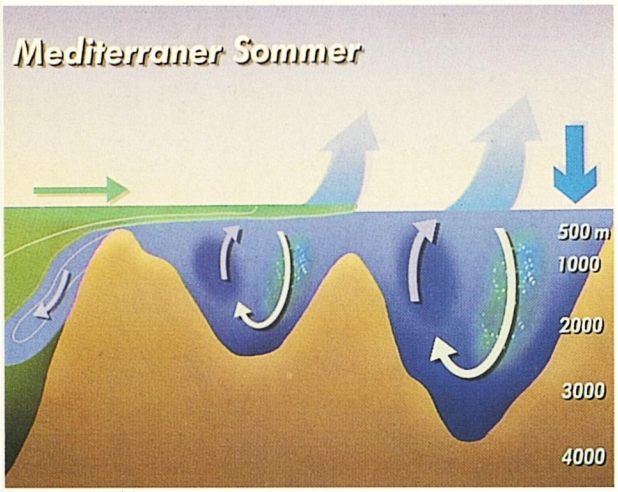
selbst in der Entfaltung ihres Geistes gefördert haben *(2)*.

Dieser Warmwasserspeicher des Mittelmeeres *(3)* hat zwei Ursachen. Einmal die schmale und seichte Schwelle zum Atlantik, die sich wie der Überlauf einer Badewanne zu deren Tiefe verhält *(4)*, nur daß dort mehr Atlantikwasser hineingesogen wird, als Mittelmeerwasser in diesen zurückströmt. In der Tiefe der Gibraltarschwelle existiert zwar etwas wie ein unterseeischer Wasserfall, der das schwerere Mittelmeerwasser in die Tiefe des Atlantik sinken läßt, aber der Einsog an der Oberfläche überwiegt den Ausstrom bei weitem.

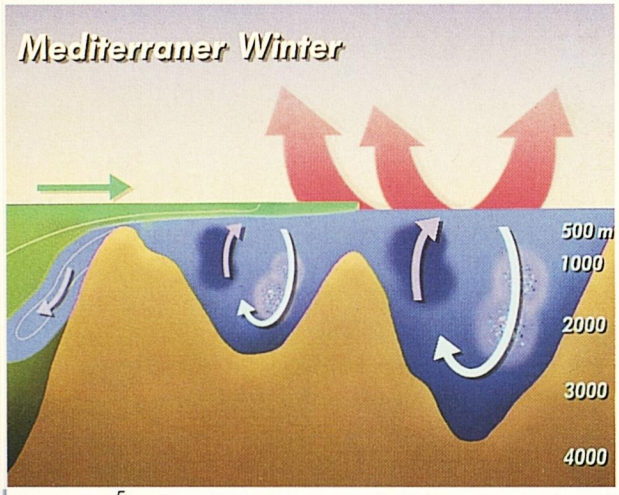
Und damit sind wir bei der zweiten Ursache: Im Mittelmeer verdunstet eine größere Menge an Wasser, als die Flüsse ihm zuführen. Damit wird das eingesogene Atlantikwasser im Sommer aufgeheizt und eingedickt und sinkt durch das Gewicht des höheren Salzgehaltes in die Tiefen der Becken. Im Winter hingegen ändert sich der Salzgehalt nicht, dafür wird das abgekühlte Oberflächenwasser

2

3



4



5

durch die verringerte Temperatur schwerer, sinkt wiederum *(5)* und verliert seine Kälte in dem Übervolumen des warmen Tiefenwassers.

Fachleute sprechen von einer Sommer- und einer Winterkonvektion, die große biologische Bedeutung haben: Diese beiden bewirken, daß zweimal jährlich sauerstoffreiches Oberflächenwasser in die Tiefen gelangt und nährstoffreiches Tiefenwasser mit dem Oberflächenwasser durchmischt wird. Dadurch kann weder die Tiefe erstickt noch die Oberfläche an Nährstoffen für die Vegetation ausgehungert werden.

Nur in Küstennähe wird die sogenannte Sommer-Thermokline deutlich – eine Sprungschichte der Temperatur, ein steiles Temperaturgefälle, das sich beim Freitauchen oft schon in wenigen Metern Tiefe bemerkbar macht.

Wo die Tiefentemperatur aller Ozeane mit vier Grad Celsius dem schwerstmöglichen Gewicht des Seewassers entspricht, sinkt sie im Mediterran nicht unter 12,8 oder 13 Grad.

Ein glückliches Schicksal, so scheint es uns, schon früh die Kulturen auf sich gezogen zu haben.

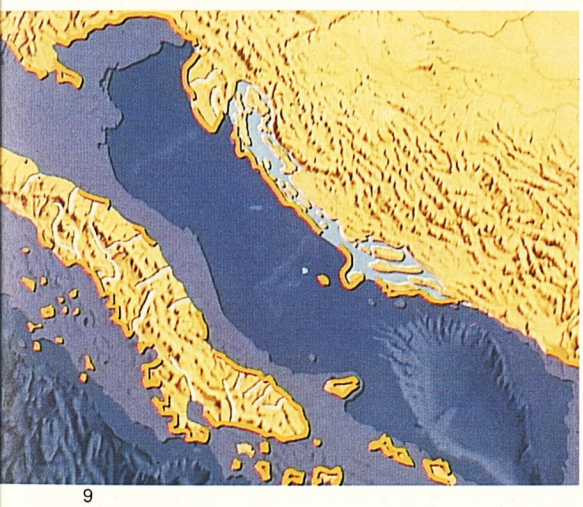
Die mediterrane Eiszeit

Aber Schicksale haben immer zwei Seiten: Während nämlich die Ostsee durch die Flüsse, die leider auch nicht mehr sauber sind, alle paar Jahre drainagiert wird *(6)*, beträgt die mittlere Verweilzeit des Wassers im Mediterran an die hundert Jahre.

6

7

8



9

10

Wie die Karte der Oberflächenströmungen zeigt *(**7, 8**)*, wird das Wasser im Mediterran nicht nur regelmäßig durchmischt, die beiden großen Wannen beiderseits der Sizilienschwelle werden kräftig durchgerührt. Doch auch dies ist wieder ein zirkulärer Vorgang im Mittelmeer selbst. Es schmort, wenn man so will, im eigenen Saft.

Es ist also sein Schicksal, Kulturen angezogen zu haben – gleichzeitig aber auch deren Abfälle zu kumulieren. Das hat vor dem Zeitalter der Industrialisierung und der damit verbundenen Explosion der Bevölkerung keine Rolle gespielt. Erst heute hat sich dies als trauriges Schicksal des Mediterran erwiesen, da keine Technik der industrialisierten Welt es aus dieser Lage zu befreien vermag.

Wenn wir noch weiter zurückblicken, läßt sich dieses Schicksal aus den Eiszeiten verstehen. Durch das Abschmelzen und Wieder-Sammeln des Eises auf den Kontinenten stieg und sank der Meeresspiegel um rund achtzig Meter. In den Warmzeiten *(**9**)* ragte zum Beispiel vom italienischen Stiefel nur eine Inselkette aus dem Meer. Wogegen in der Hauptver-

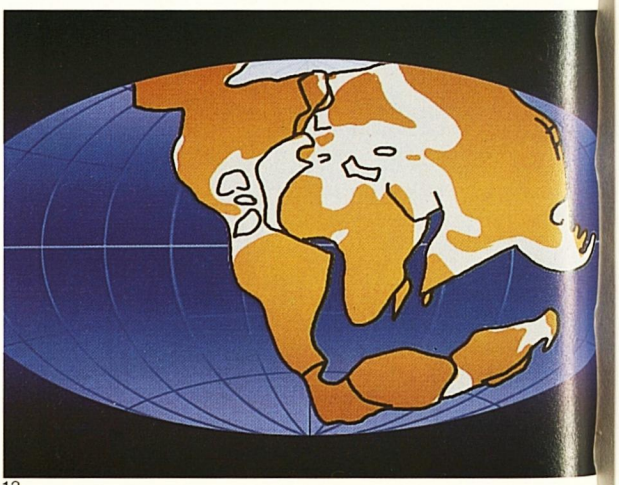
eisung *(10)* die frühen Menschen fast trockenen Fußes von Afrika zu den Apenninen gelangen konnten; und die beiden großen Binnenseen, die geblieben waren, sind sogar weitgehend zu tiefen Salzpfannen ausgetrocknet.

Wie das Meer überhaupt entstand

Wie kann denn ein Meer austrocknen? Wohin wäre das Wasser gelangt? Es ist verdampft und hat sich über Wolken und Regen wieder im Ozean gesammelt. Die Flüsse führten den Mittelmeerbecken weniger Wasser zu, als in ihnen verdunstete, und die Schwelle war zu hoch, als daß der Atlantik hätte nachgießen können.

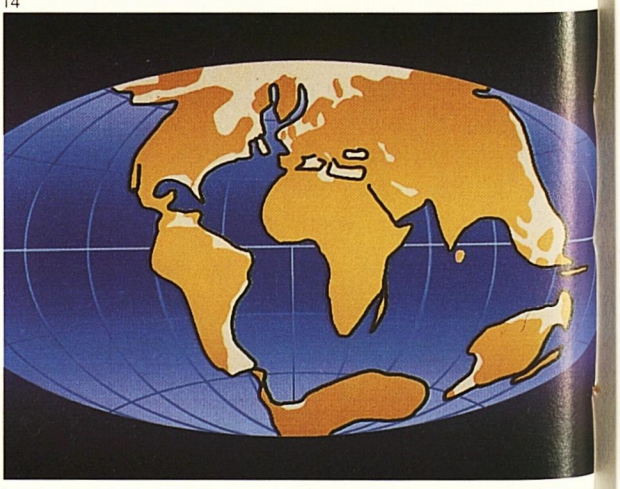
Dieses Schicksal wiederum geht auf seine geologische Geschichte zurück. Das Mediterran ist ein Überbleibsel des Tethys-Meeres, das einmal quer durch Europa vom Pazifik zum Pazifik verlief *(11)* – lange bevor sich der Atlantik durch das Auseinanderdriften der Kontinente öffnete *(12, 13, 14)*, als aber längst schon Säugetiere die Küsten bevölkerten. Denn man soll nicht vergessen, daß die Ge-

12

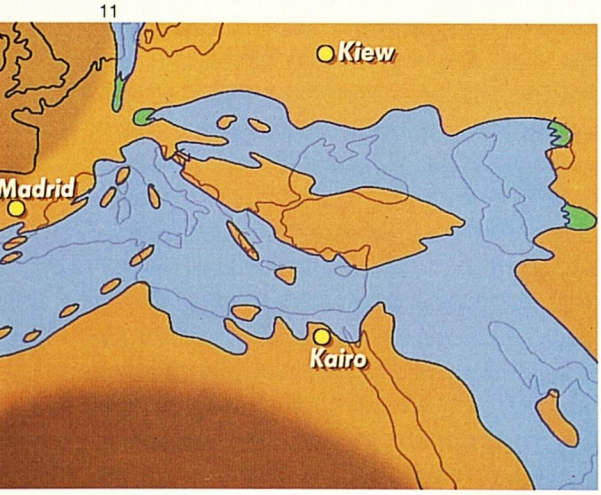


13

14



11



schichte unserer Kontinente relativ jung ist im Vergleich zu ihrer Tier- und Pflanzenwelt, vom Alter der Meeresorganismen ganz zu schweigen.

Und aus dieser Drift der Kontinente erklären sich auch die Wellen der Auffaltung so, als schöben sich schwere Teppiche aneinander oder Decken; so falten sich auch kilometerdicke Gesteinsdecken zu den Falten, die wir im Süden den Bogen der Atlasgebirge nennen, im Norden die Bögen der Alpen. Und beide Bogensysteme, aus welchen die Erosion die Atlasgebirge und die Alpen von heute herausgenagt hat, stehen ziemlich nahe dem Mittelmeer. Mit der Konsequenz, dem Mediterran das Regenwasser weniger zu- als vielmehr von ihm abzuleiten.

Rückblick auf das Schicksal

So verstehen wir das Werden eines typisch »ariden« Randmeeres mit seichter Schwelle – einladend für die Entwicklung von Kulturen, für Wachstum und für den Tourismus, doch erweist es sich als empfindlicher, als man sich dies gedacht hat.

Wie anders sieht dagegen das Schicksal eines Randmeeres aus, das weitgehend von seinen zuführenden Flüssen bestimmt wird, eines »humiden« Randmeeres, wie der Ostsee, oder wie anders mag sich das Schicksal etwa des »ariden« Toten Meeres gestalten, das mit einer viel tieferen Schwelle an seinen Ozean, den Indischen, grenzt.

So müssen wir uns fragen, wann und was wir wann von den Zusammenhängen im Mediterran begriffen haben. Und wie und ob das Zunehmen unserer Kenntnisse mit den Belastungen schrittgehalten hat, die wir dem Meer mit unserer Zivilisation zugemutet haben.

Die Geschichte unserer Kenntnisse

So lange wir die Geistesgeschichte kennen, trachten wir, diese Welt zu verstehen. Schließlich ist das ein Lebensprinzip aller Kreatur, denn richtige Voraussicht bedeutet Lebenserfolg, falsche kann lebensbedrohend werden. Leben selbst ist ein kenntnisgewinnender Prozeß; und um so mehr ist jede Kulturentwicklung ein Lernprozeß. Dabei hat dem Menschen das Hellwerden seines Bewußtseins geholfen, viele Rätsel zu lösen – aber gleichzeitig sind viele neue entstanden. Und wo immer die Lösung noch in weiter Ferne lag, mußte eine gedachte Lösung an ihre Stelle treten.

Ich will damit daran erinnern, daß es dem Menschen nie gelungen ist, weit in die Zukunft vorauszusehen. Und daß es sein Schicksal geblieben ist, sich für alles, was er nicht wissen konnte, vereinbarlich irgendeinen »Reim« zu machen.

Wer trennte Himmel und Erde? War es, wie die Griechen meinten, Chronos, der Titan, der mit geschärfter Sichel das kopulierende Paar seiner Eltern trennte, so daß forthin Gaia, die Breitbrüstige, die Erde bildete und Uranos den Himmel?

Suche in der Frühzeit

Was das Meer und seine Rätsel betrifft, so schildert schon Homer die Leiden des vielgewanderten Odysseus. Da ist es zunächst Poseidon, der ihn verfolgt, und Aiolos, der gütige Gott der Winde, will ihn endlich nach Hause segeln lassen, mit

15

einem Schlauch voll Sturm, den zu öffnen jedoch untersagt ist *(**15**)*.

Aber: *»Es siegt der böse Rat der Genossen, – Und sie lösten den Schlauch, und mit einmal entsausten die Winde. – Plötzlich ergriff sie der Sturm, und schleuderte weit in das Weltmeer – Hin die Weinenden, fern vom Vaterland . . .«* und so fährt der Sänger fort.

Doch schon im ersten Gesang stellt HOMER die Schuld der Götter in Frage, indem er sie sagen läßt: *»Welche Klagen erheben die Sterblichen wider die Götter! – Nur von uns, wie sie schreien, kommt alles Übel; und dennoch – Schaffen die Toren sich selbst, dem Schicksal entgegen, ihr Elend . . .«*

Dies stammt noch aus dem 8. Jahrhundert vor Christus. Aber der kritische Geist regt sich bereits. Und mit dem 5. und 4. Jahrhundert beginnt das wissenschaftliche Denken. Wieder im Mediterran, mit jenen Philosophen, die man ihrer Zeit nach die Vorsokratiker nennt. Und im 3. Jahrhundert vor Christus nimmt mit ARISTOTELES, dem Wegbereiter der Anatomie, der Embryologie und der Systematik, sogar schon die Wissenschaft der Biologie ihren Anfang.

Um so mehr aber sei nicht vergessen, daß auch die Wissenschaften, wie weit sie sich immer entwickelt haben, für das Unbegriffene, das sie nicht minder vor sich herschieben, ebensolche »gedachte Lösungen« vereinbaren müssen. Und was wir als Mythologie belächeln mögen, heißt in den Wissenschaften heute »Paradigma«. So mag man einmal unser Paradigma von der Weltentstehung, nämlich die Theorie vom Urknall, so seltsam finden, wie wir heute die Vorstellung von den Taten des Chronos.

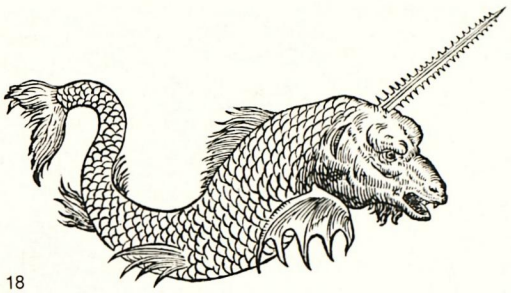
Der Beginn der Moderne

Dennoch hat sich so manche Weisheit als nahezu unvergänglich erwiesen. Welch weise Einsicht, die wir bereits bei Homer fanden. Sie ist nun schon über zweitausendachthundert Jahre alt – aber

haben wir sie beherzigt? An beides wollen wir denken, wenn wir uns bemühen, das Mittelmeer zu verstehen.

Nun, was sich wandelte, das war die Weite der Erfahrung. Was einmal Phantasterei war, das wurde zu Gebieten der Forschung. Und dieser Wandel folgte den Bedürfnissen der Jahrhunderte. Die erste Phase war die der Seefahrer, der Entdekker der Kontinente, Inseln und Küsten. Im 7. vorchristlichen Jahrhundert umsegelten schon phönizische Seeleute im Auftrag des Pharao NECHO vom Roten Meer aus erstmals den Kontinent Afrika. Man glaubte ihnen freilich nicht, besonders weil sie behaupteten, im mittleren Teil ihrer Reise hätte die Sonne rechts vom Mast gestanden. Eine Wunderlichkeit für die Vorstellung vom Sonnenwagen der Ägypter. Für uns Heutigen ist dies aber gerade der Beweis: Sie waren an der Südhemisphäre.

Um die Wenden der Jahrhunderte entstanden und wandelten sich die Welten der Fabelwesen, wie nur Seemannsgarn



18

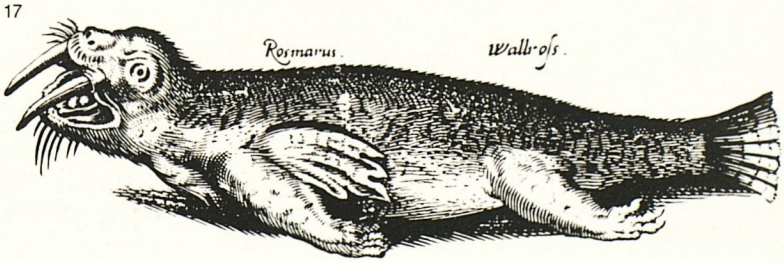
sie spinnen konnte. Von der reinen Phantasie noch im 16. Jahrhundert *(16)* zum allmählichen Überwiegen der Kenntnis *(17, 18)* im 17. Aber da man vom Seemannsgarn auch schon wußte, traute man seinen Produkten nicht. Entsprechend wurde noch der Kapitän, der das erste ausgestopfte Schnabeltier ans Londoner Museum brachte, verdächtigt, es – wie viele Seeleute vor ihm – aus verschiedenen Tieren gebastelt und zusammengenäht zu haben, um es zu einem guten Preis zu verkaufen.

Auf die Epoche der Seefahrer folgt die Zeit der Meeresexpeditionen erst spät im 18. Jahrhundert. Und um diese Zeit entsteht auch die biologische Meereskunde. Aber wie immer liegen die Pioniere vor der Zeit der etablierten Institutionen. Und umgekehrt knüpft unser Kulturgefühl gerne an das Vergangene.

Schon um 1780 ist der Neapolitaner CAVOLINI mit einfachster Ausrüstung ins Meer gestiegen, und ab 1840 sind Professor MILNE EDWARDS und sein Assistent QUATREFAGES mit Geräten der Pariser

16

17



19

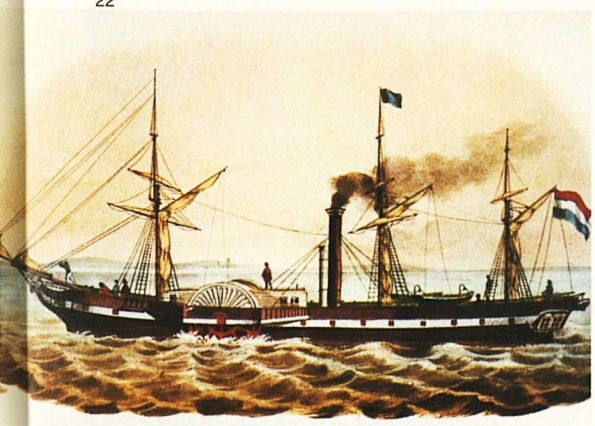
Feuerwehr in die Welt unter Wasser abgetaucht *(19)*.

Aber das Unheimliche wie das Phantastische, gerade des Mittelmeeres, hat uns bis in die Kunst ARNOLD BÖCKLINS in das so aufgeklärte 19. Jahrhundert begleitet *(20, 21)*, wiewohl die See schon von Dampfschiffen wimmelte *(22)*.

Man wollte von den alten Träumen nicht lassen, und wir modernen Menschen wollen das eigentlich auch nicht. Das Zauberhafte, vielleicht sogar das Mythische des Meeres, so empfinden viele, sollte uns trotz oder gerade wegen der Nüchternheit unserer technisierten Welt nicht genommen werden.

20

21
22



Zu- und Abkehr: die Meeresstationen

Der große Schritt zur Institutionalisierung der Meereskunde wurde von dem Deutschen ANTON DOHRN unternommen *(**23**, links im Bild; rechts ERNST HAECKEL)* – und wieder war das Mittelmeer Schauplatz für seine Entwicklungen. Um 1860 gründete er die »Zoologische Station« in Neapel *(**24**)*. Es war da-

23
24

mals leichter, die einfache Ausrüstung ans Meer zu schaffen als lebende Meerestiere ins Binnenland.

Freilich war diese Gründung keine leichte Sache. Und um eine Vorstellung davon zu geben, wie die damalige Stadtverwaltung den Plan beurteilte, sei erinnert, daß ein Wohn- und Übernachtungsverbot für die Station dekretiert wurde (das übrigens noch heute in Kraft ist). Man vermutete nämlich allen Ernstes die Errichtung eines Bordells.

Die Einrichtung der Station im Hafengebiet war deshalb nötig, weil man der Erfahrung der Fischer bedurfte *(25)*, und damals noch unbedenklich, da niemand die kommende Verschmutzung vorhersagen konnte. Es war eine Zeit der echten Zuwendung zum Meer. Und sie hatte eine

25

große Anziehungskraft auf viele und bedeutende Gelehrte, denen es vornehmlich darum ging, die Lehre DARWINS mit neuen Entdeckungen zu untermauern. Auch Künstler wurden abgezogen, wofür die Fresken im früheren Bibliotheksraum noch ein lebhaftes Dokument geblieben sind *(**26**)*.

DOHRN selbst stieg im Tauchgerät ab *(**27**)*. Mit dem Tauchgerät – so meinte er bereits 1880 – *»lassen sich Vorkommen und Verteilung der Formen auf das genaueste studieren, was sich für die Erforschung der Verbreitungsgesetze als unumgänglich notwendig herausgestellt hat«.* Und es ist erstaunlich, wie schnell diese »Notwendigkeit« wieder vergessen wurde. Schon nach einer Generation war den Geräten der Meeresbiologie anzuse-

26

27

hen, daß sie von dem Wunsche diktiert wurden, selbst nicht naß zu werden.

Aber die Hafengebiete, in denen auch die späteren Meeresstationen gegründet wurden, waren eben die ersten, die verschmutzten und verlandeten. Von Parks und Chausseen vom Meer abgeschnitten *(**28**)*, wandte man sich von der Anatomie der Meeresorganismen den physiologischen Studien zu, die im sauberen Labor durchzuführen waren. Dabei hätten gezielte Studien im Milieu selbst genügt, um den drohenden Verfall der Seeböden vorauszusehen.

Doch die Worte ANTON DOHRNS waren schon vergessen, und zwei Generationen mußten verstreichen, bis man sich ihrer wieder entsann – da aber war die Veränderung des Mediterrans schon weit fortgeschritten. Selbst 1948, als ich mit meiner ersten Tauch-Expedition an die Station Neapel kam, waren wir mit unserer Arbeitsweise dort gar nicht willkommen. Doch folgen wir der Geschichte der Reihe nach.

28

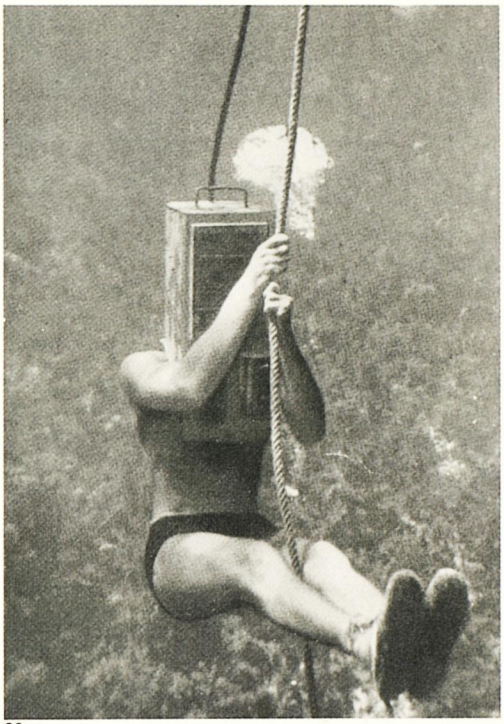
Feldforschung unter Wasser

So kam erst wieder mit dem Amerikaner WILLIAM BEEBE und dem Wiener HANS HASS *(29)*, gefördert durch die Erfahrungen der Kampfschwimmer des Zweiten Weltkrieges *(30)*, die Methode des von der Oberfläche unabhängigen »Freitauchens« zurück in das unmittelbare Milieu der See.

Angeregt dadurch und, nun einmal ganz persönlich gesagt, auch durch eine »zu frühe« Lektüre von JULES VERNES »20 000 Meilen unter dem Meer« *(31)* begannen wir als Biologiestudenten unsere ersten Tauchausrüstungen zu entwikkeln. Und freilich war wieder das Phantastische, vielleicht auch die Traumwelt der Entdecker, das, was uns bewegte. Das war bald nach dem Zweiten Weltkrieg, und die Studierstube allein schien uns keine geeignete Umgebung. Wir wünschten uns selbst einzusetzen für das Unbekannte. Waren da nicht noch weiße Flecken auf den Seekarten, die es zu erforschen galt? Sollte nicht der körperliche Einsatz für die Erkenntnis dieser Welt neben den intellektuellen gestellt werden?

Mußte nicht das Tauchgerät all das, was Schleppnetze oder die üblichen Bodengreifer an biologischen Zusammenhängen zerrissen hatten, nun in einem ungestörten Ganzen enthüllen? Die Unterwasserforschung, so dachten wir, mußte zum Elektronenmikroskop der Meereskunde werden. Sie würde uns alles noch mehr vergrößert und klarer vor Augen bringen.

Nun aber zurück von diesem jugendlichen Enthusiasmus – den ich erwähnen mußte, damit man die Antriebe versteht – zur folgenden Pionierzeit der Unterwasserforschung. Wir bauten Tauchmasken



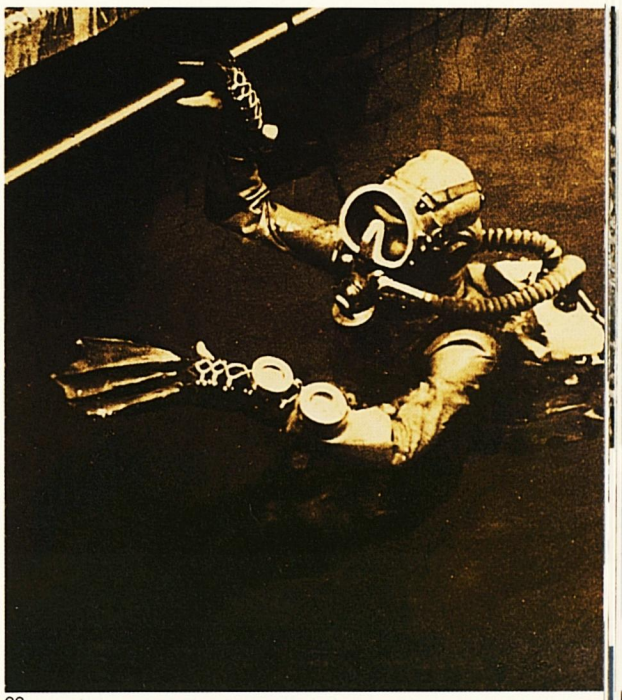
29

30

(32) und Atemgeräte, erfanden Hand- und Fußflossen *(33)*, von denen sich freilich nur die letzteren bewährten, und plagten uns mit selbst entworfenen Unterwasser-Kameras und -Anzügen.

31

32



33

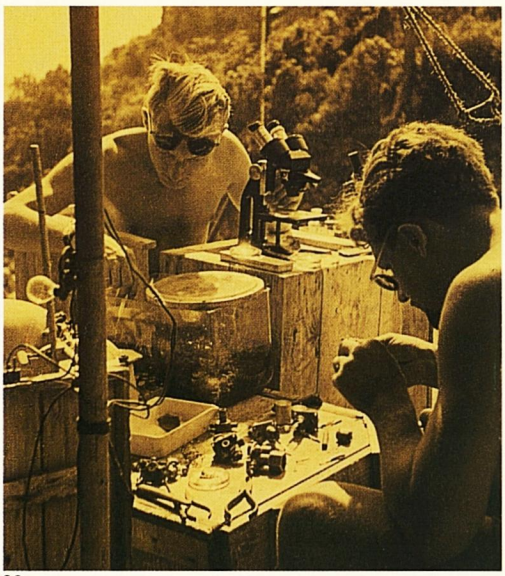
Unsere erste Tauchexpedition, 1948 bis 1949, führte uns einmal wieder ins Mediterran, in eine Unterwasserwelt, mit der wir keinerlei Erfahrung hatten.

Das war freilich schon zu einem relativ späten Zeitpunkt, denn die Hafengebiete waren schon weitgehend zerstört, die Meeresstationen wollten uns nicht aufnehmen und lagen ohnedies ungünstig – also nahmen wir unsere Arbeit draußen an den Küsten auf.

Das war eine entscheidende Lehrzeit *(**34, 35**)*. Das Labor wurde in einem Hauszelt untergebracht. Sauerstoff und Preßluft waren vom Geländewagen abzufüllen. Die Mikroskope *(**36, 37**)* standen auf Packkisten. Wir hatten aber in Wind und Wetter an der Küste alles vor Augen, was jenen in den verlandeten Labors verborgen blieb: die feine Reaktion der Organismen auf Sturm und Seegang, den Wandel

34

35



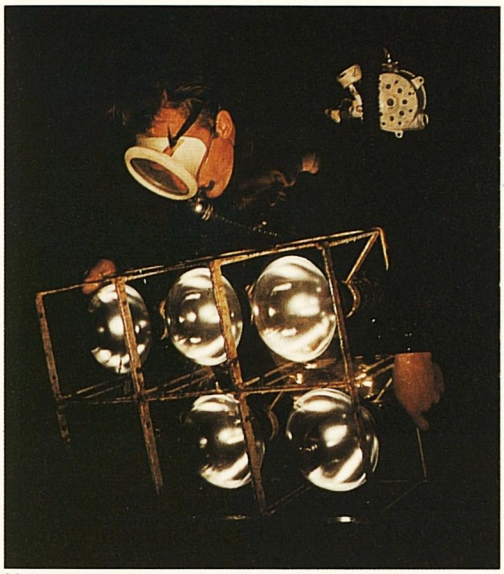
36

mit den Tageszeiten, der Morgendämmerung und der Nacht, die Periodik der großen Schwärme und alle Zonierung. Darunter versteht man die naturgesetzliche Anordung und Abfolge der Besiedlung mit Organismen. All das fanden wir so, wie ANTON DOHRN es vorausgesagt hatte. Doch wir mußten schon bald erkennen, daß die entstehende Kenntnis begann, dem Verfall nachzuhinken. Waren die Besiedlungszonen von den offenen Küsten gegen die Häfen noch natürlich oder schon eine Folge der Zivilisation?

Die Österreichische Tyrrhenia-Expedition, die ich 1952 führte, operierte bereits mit mehr Erfahrung. Wir brachten Licht in die See *(**38**)* – freilich wieder von improvisierten Feldlabors aus *(**39**)*.

37

38



39

40

Aber nun wurden die ökologischen Zusammenhänge sichtbar. Wir begannen, die Ursachen für die Zonierung zu verstehen; die Abhängigkeit der Organismenverteilung nach den Bedingungen des Lichts *(**40, 41**)*, den Formen der Wasserbewegung, der Stabilität des Untergrundes, der Raumkonkurrenz und dem eindriftenden Sediment. Wir fingen an, die Wirkung von Öl und Abwässern ebenso zu erkennen wie die Bedeutung von Faunen-Vielfalt und -Armut.

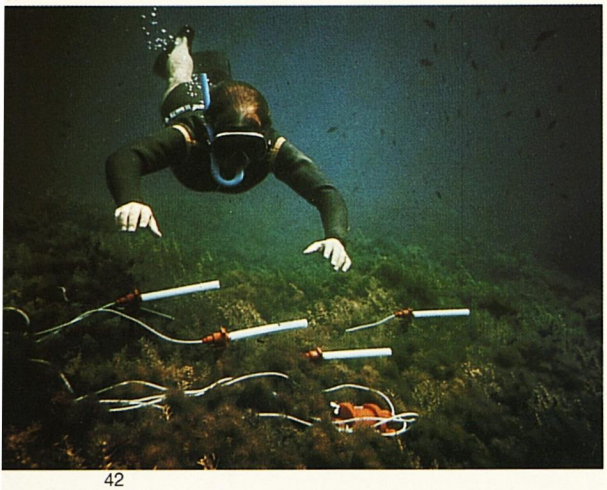
41

Die Belastung der Lebensräume

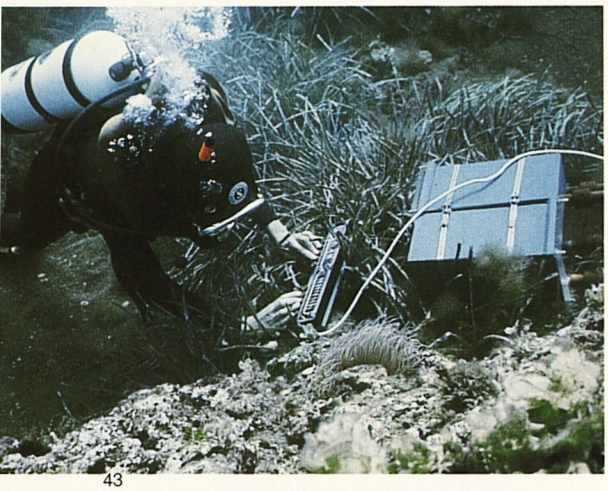
Aber in jenen sechziger Jahren, da wir begannen, die Sensibilität der Lebensräume zu verstehen, wurde ihr Zusammenbruch schon überall sichtbar. Wo wir die Felsböden mit automatischen Meßinstrumenten untersuchten *(**42, 43, 44**)*, setzte gerade die Verheerung durch den Schmutz der Städte ein.

Wo wir das Leben der Sandböden bereits mit sehr verbesserten Methoden unter die Lupe nahmen, war der Tourismus schon über sie gequollen.

Bei der Erforschung der Tiefenböden mit Fernseh-Schlitten *(**45**)* und Zeitraffer

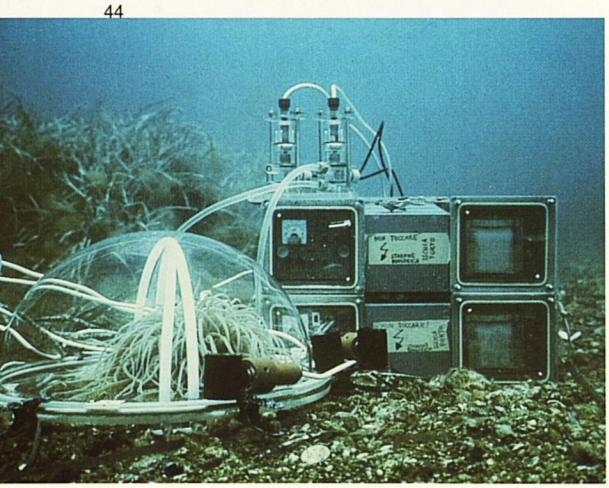


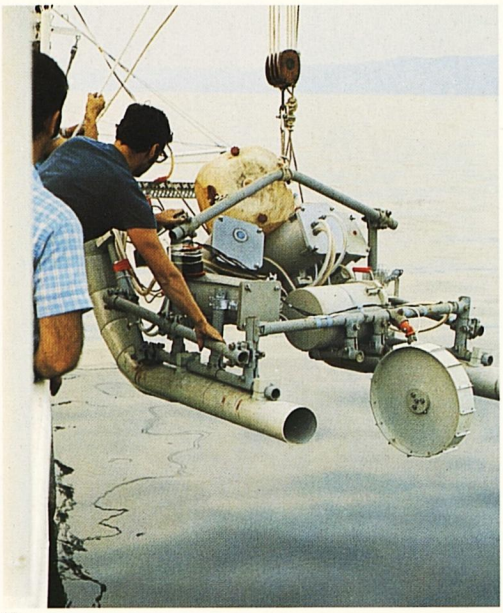
42



43

44





45

waren die Leichenfelder deutlich zu sehen, die Industrieabwässer zur Konsequenz hatten.

Und im offenen Wasserkörper war die Wirkung von Tankern und Verkehr nicht minder auffällig.

Wie das nun alles zusammenhängt, beginnen wir erst heute allmählich zu begreifen, und wir fragen uns, ob es nicht schon zu spät ist.

Darüber sollen die folgenden Kapitel Aufschluß geben. Ich will mich bemühen, ein treuliches Bild von den vier wichtigsten Lebensräumen des Mediterran zu zeichnen. Ich will zeigen, wie sie entstehen, sich abgrenzen und wie ihr Leben organisiert ist. Ich will das Netz ihrer Lebenszusammenhänge entwirren und zeigen, wo dessen sensible Knoten liegen. Und ich will zeigen, wie diese Schwachstellen durch den Einfluß des Menschen bedroht sind, und angeben, wie wir ihre natürliche Regeneration wieder beleben können – so gut wir es eben wissen.

Die Felsenwelt

Wie man weiß, trennten sich auf unserem Planeten schon früh Himmel und Erde. Das geschah im Übergang vom Proto-Planeten Erde zur Planetenform vor ungefähr vier Jahrmilliarden oder einem Drittel des Alters dieses Kosmos. Alles Gestein entstand aus der Erstarrung fließender Schmelze.

Dieses Gestein zerfiel, wie man sich von Seite 18 erinnert, in die Schollen, die wir Kontinente nennen, und türmte sich unter gewaltigem Druck zu beträchtlichen Höhen. Diese tektonischen Prozesse falteten die Gebirgsketten auf. Und als das Wasser kondensierte, nagte es aus ihnen unsere heutigen Gebirge heraus und die Formen der Küsten.

Woher die Felsküsten kommen

Das muß vor rund dreieinhalb Jahrmilliarden gewesen sein, als einige der Oberflächen unter 100 Grad Celsius abkühlten. Der Regen aus den ungeheuren Gewittern jener mächtigen Methan-Schwefelwasserstoff-Atmosphäre verdampfte also nicht mehr völlig auf den glühendheißen Felsen, und an einigen Stellen bildeten sich brodelnde Lachen – die Geburt des Urmeeres.

Sehr bald darauf entstand, bei immer noch hohen Temperaturen, in den Sedimenten an deren Küsten auch schon das Leben mit bakterien- oder blaualgenähnlichen Formen. Dabei muß die Atmosphäre noch hundertmal so dick und so dicht gewesen sein, daß kein Sonnenstrahl sie durchdringen konnte. Die Szene der ersten Felsküsten kann man sich nur von den Gewittern und Lavaströmen beleuchtet vorstellen. Leben entstand also in voller Finsternis.

Erst als wiederum viel von jener Atmosphäre in den Weltraum abgegeben wurde, fortgeblasen durch noch sehr starken Sonnenwind, drang Licht bis zum Urmeer. Die Lichtquanten erlaubten die Entwicklung einer effektvolleren Energiegewinnung von Zellen. Mit den Algen entstanden die ersten echten Pflanzen, und aus deren Stoffwechselprodukten, dem Sauerstoff, entstand allmählich unsere Sauerstoff-Stickstoff-Atmosphäre.

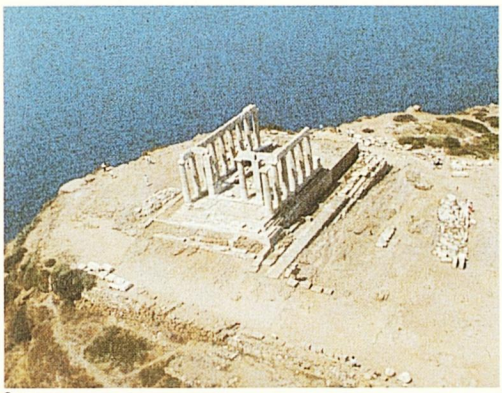
Heute sind es wieder neue Vulkangesteine und Sedimente der See, die, gepreßt und emporgehoben, zur Felsenwelt der Küsten beitragen. Doch so sehr sich ihr Gesicht auch verändert haben mag, die Felsenwelt bleibt der älteste Teil des Meeres.

Welches die Beziehungen des Menschen sind

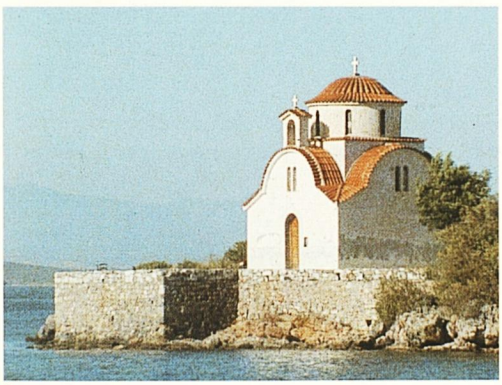
Bereits HOMER sang von den Gefahren dieser Küsten – den schiffeverschlingenden. Für die Schiffahrt waren sie schon immer eine Bedrohung in jenen frühen Tagen; aber gleichzeitig auf besondere Weise *(1)* Stätten der inneren Einkehr, des Opferns zur Beschwichtigung der Götter und der Kontemplation.

Es nimmt uns gar nicht wunder, die schönsten griechischen Tempel gerade an Aussichtspunkten über der See zu finden *(2)*, ebenso wie die Kapellen unserer Zeit *(3)*, denn so manchen von uns aufgeklär-

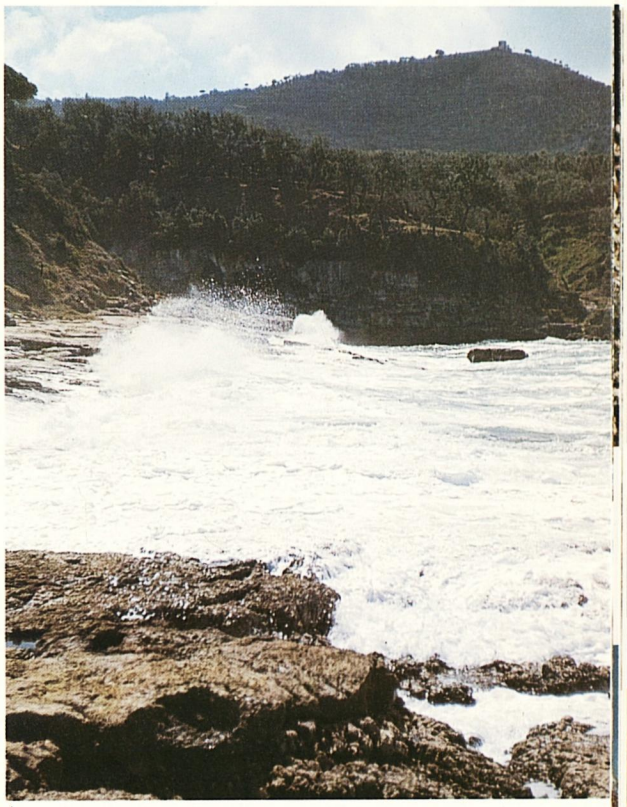
1



2



3



4

5

ten Menschen wird ein Schauer packen, wenn tief unter ihm die Sturmflut an den Felsen zerschellt und ein ganzes Kap erzittern läßt *(4)*.

Und freilich waren die Felsküsten auch schon immer wirtschaftlich genützt; erst ihre Gestade von Sammlern, dann ihre Fischgründe von Fischern in ihren kleinen Booten. Was wir heute Klein-Küsten-Fischerei nennen, hat einst ganze Völker ernährt. Und für die Fischer abseits der Industrialisierung ist sie die wichtigste Lebensquelle geblieben. Und überall dort, wo die Felsküste auch natürlichen Schutz, die Anlage kleiner, aber sicherer Häfen *(5)* oder geschützte Strände bietet, hat sich diese Lebensquelle aus dem »Segen des Meeres« erhalten *(6)*.

6

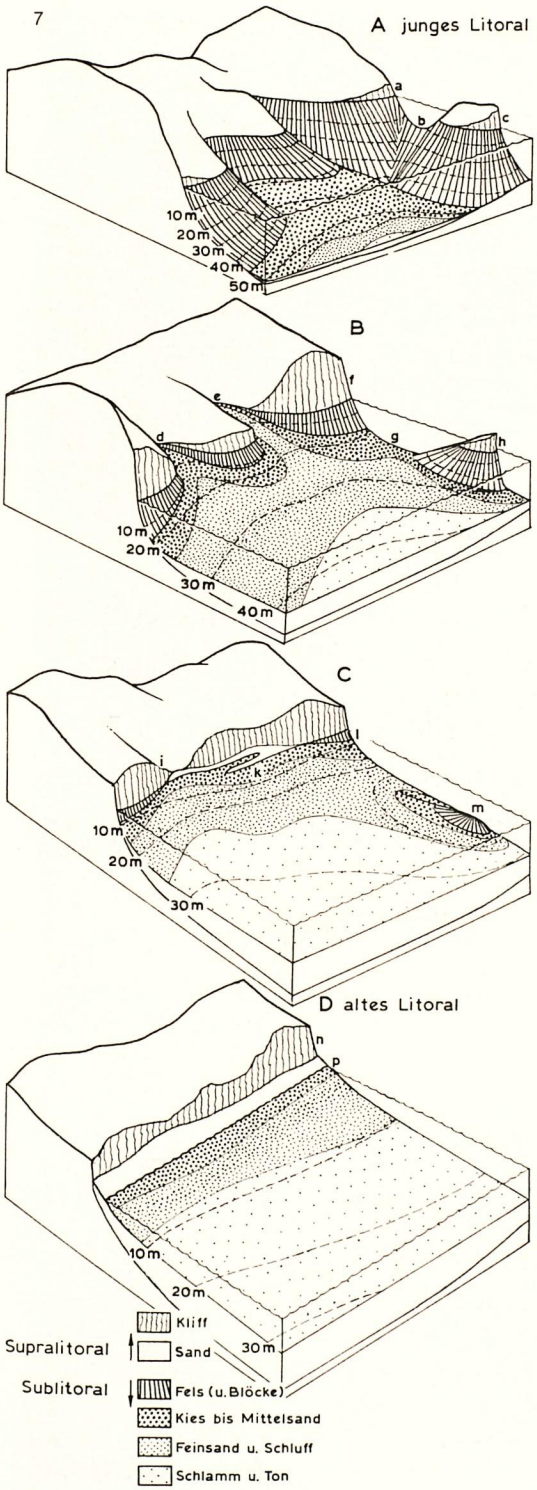
Wo mediterrane Felsgebiete sind

Felsküsten erhalten sich, wo immer das Gestade ins Meer sinkt – üblicherweise nur etliche Millimeter in einem Jahrhundert, außer in den vulkanischen Gebieten, wo die Bewegungen mitunter einige Meter erreichen können. Denn ruhende Küsten altern und würden durch die Kräfte der Brandung allmählich in Sandstrände verwandelt *(7)*.

Doch auch die geringen Bewegungen reichen aus, um in geologischen Zeiträumen die Erosionsformen des Landes mit ihren Bergrücken und Tälern ins Meer sinken zu lassen. In Dalmatien beispielsweise ***(8)*** gewinnt man geradezu den Eindruck, eine sinkende Gebirgswelt vor Augen zu haben.

Die zweite Bedingung für die Erhaltung der Felsküsten ist dort gegeben, wo

7



8

die Brandung des Seegangs offenen Zugang zur Küste hat – das heißt bei hoher Exposition – an Kaps also, wo der Öffnungswinkel zum Seegang weit und die Neigung des Seegrundes flach ist, die Wellen daher ungebrochen an der Küste auslaufen.

Felsküsten finden wir in Spanien, Frankreich, Teilen Italiens, weit über Dalmatien, den Peloponnes und die Türkei verstreut *(9)* und an den meisten Inseln. Weitgehend fehlen sie an der italienischen Ostküste und der afrikanischen, denn diese befinden sich im Sinken. Doch überall bedeutet die Felsküste dasselbe: stabile Häfen und vielfach reiche Fischgründe, solange sie der Verschmutzung noch nicht anheimgefallen sind.

9

Leben auf Fels gebaut

Was vorerst wie eine Selbstverständlichkeit erscheint, Meeresleben auf festem Grund, ist in der Welt der See aber eher die Ausnahme. Tatsächlich nehmen die Felsgründe nur einen verschwindenden Prozentsatz der Meeresböden ein. Man findet sie in Küstennähe oder unterseeisch in aktiven Vulkangebieten.

Alle übrigen Bodengebiete sind längst von Sedimenten, von Sanden und Tonen bedeckt und bieten mobile Oberflächen mit ganz anderen Lebensbedingungen.

Aber so gering der Anteil an felsigen Seeböden auch sein mag, sie sind von beträchtlicher Bedeutung. In erster Linie, weil sie von dichtgedrängtem Leben bevölkert sind und dadurch einen entsprechend großen biologischen Beitrag zum Leben des Meeres liefern.

10

11

Was Stabilität bedeutet

Nun, Stabilität ist eine relative Sache. Für den Menschen ebenso, wie für die Organismen der Felsküste. Es geht dabei um die Dauerhaftigkeit, die Festigkeit des zu besiedelnden Grundes. Am besten beginnen wir mit dem Beispiel der Insel Ischia an den leicht erodierbaren Vulkantuffen *(**10**)*. Hier ist der Eindruck der Vergänglichkeit am deutlichsten, ganz anders als auf der Nachbarinsel Capri etwa und Teilen der Sorrentiner Halbinsel mit ihren harten Kalken *(**11**)*.

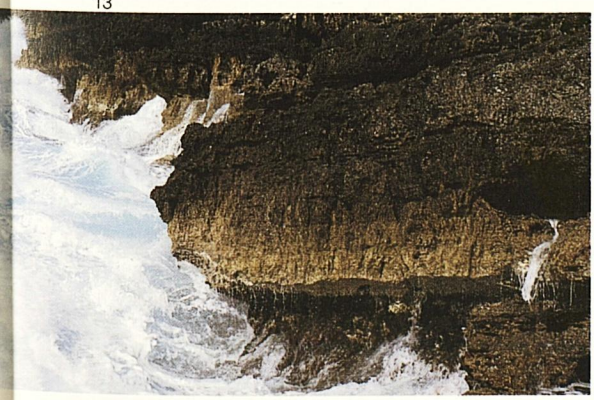
Diese widerstehen zwar den Kräften der Brandung ungleich besser, sind jedoch wasserlöslich. Die Folge davon sind

12

zahlreiche alte Karsthöhlen, die als Grotten ins Meer gesunken sind *(12)*. Das Karstwasser hat vor-, der Seegang nachgeformt. So ist es zu verstehen, daß die unterseeische Ausdehnung einer Insel mit all ihren Unterhöhlungen größer sein kann als ihre äußere Oberfläche.

Freilich kann auch die Brandung allein im Zusammenwirken mit den felsbohrenden Algen und Muscheln Brandungshöhlen bilden. Aber meistens reichen diese weniger tief in den Berg. Eher sind es »Brandungs-Hohlkehlen«, welche die exponierten Küsten säumen *(13)*.

13

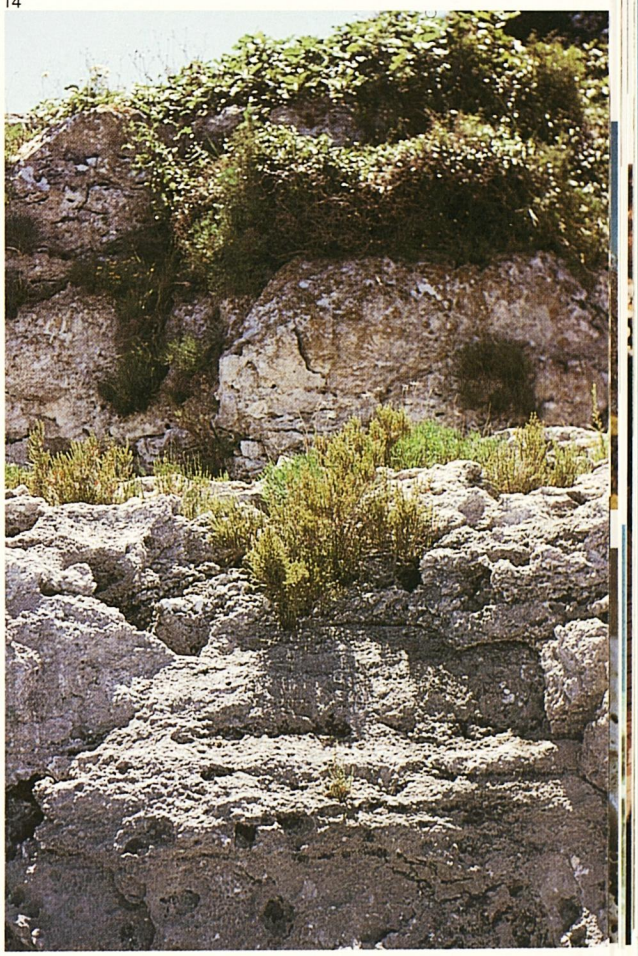


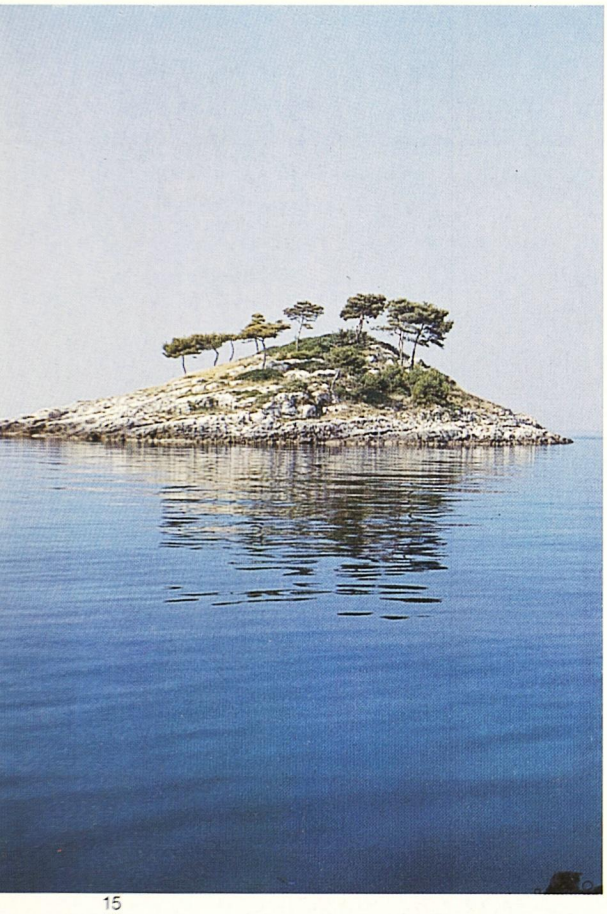
Das Leben an der Obergrenze

Die Obergrenze der marinen Felsenwelt ist breit verzahnt zwischen Meer und Land *(14)*. Gut kenntlich ist die oberste, die »weiße Zone«, die so weit reicht, als die Brandung jährlich Erde abträgt *(15, 16)*, und nur wenigen sehr charakteristischen Salzpflanzen *(17, 18)* ein Dasein ermöglicht.

Und sie reicht wenigstens bis dorthin, wo das Spritzwasser noch Tümpel füllt, wenn auch keine sehr dauerhaften. Mückenlarven und kleine Käfer *(19, 20)* voll-

14





15
16

17

18

Meeresstrand-Alant

Gegitterte Sandnelke

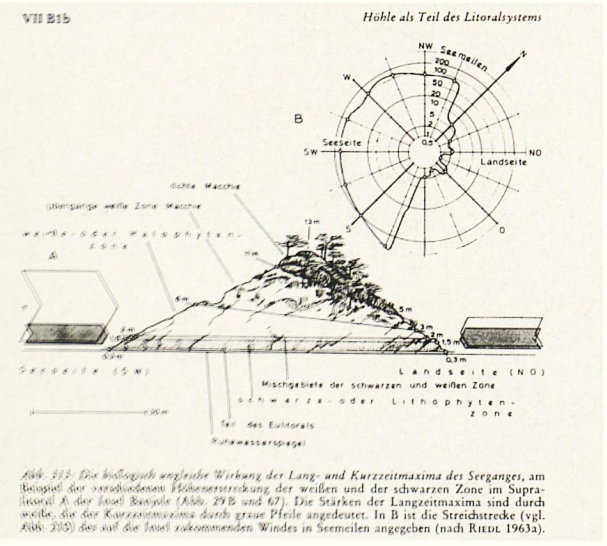
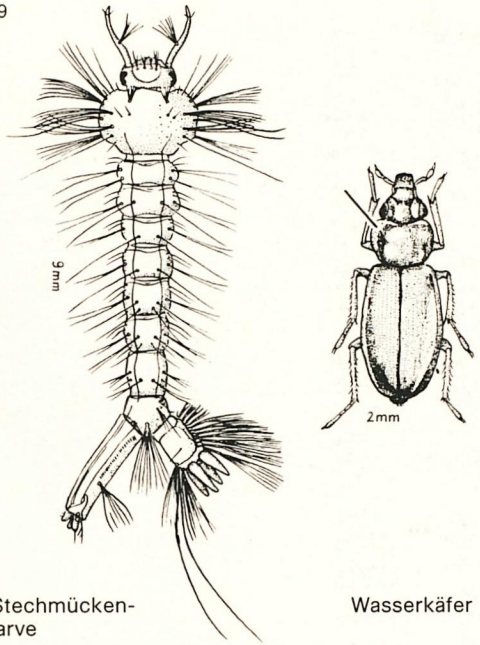


Abb. 215: Die biologisch ungleiche Wirkung der Lang- und Kurzzeitmaxima des Seeganges, am Beispiel der verschiedenen Höhenerstreckung der weißen und der schwarzen Zone im Supralitoral A der Insel Banjole (Abb. 29B und 67). Die Stärken der Langzeitmaxima sind durch weiße, die der Kurzzeitmaxima durch graue Pfeile angedeutet. In B ist die Streichstrecke (vgl. Abb. 216) des auf die Insel zukommenden Windes in Seemeilen angegeben (nach RIEDL 1963a).

enden jedoch ihren Lebenszyklus oder wandern weiter, bevor die Sonne diese unbeständige Welt in eine Salzkruste verwandelt *(**21**)*.

An diesen Lebensraum ist die kleine Strandschnecke angepaßt *(**22, 23**)* – die Ausgewachsenen überdauern hier Wochen der Hitze und Trockenheit, während die jüngsten, die aus marinen Schweblar-

19

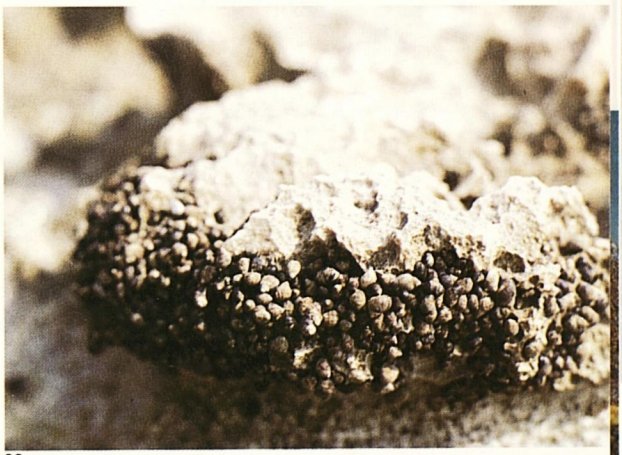


Stechmückenlarve

Wasserkäfer

20

21

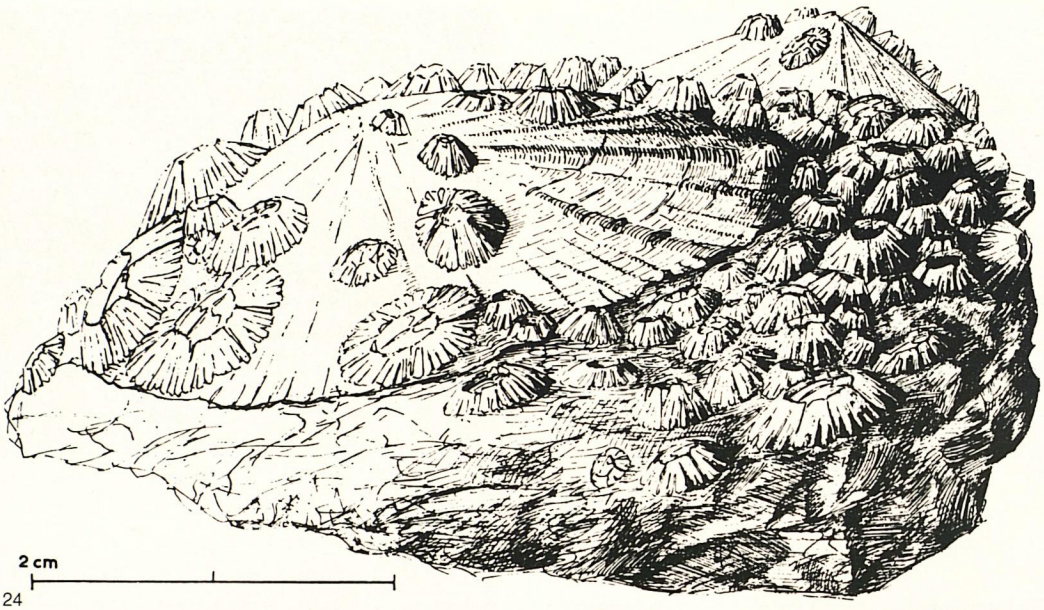


22

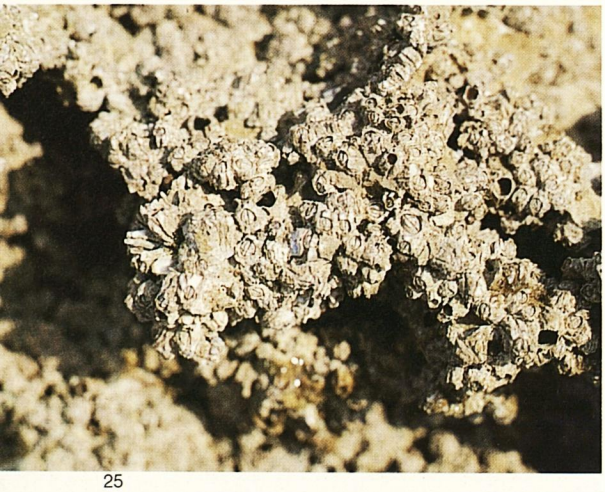
23

ven entstehen, die Zone des Wellenschlages nicht verlassen können.

Doch da sind wir bereits in der schwarzen Zone angelangt, zernagt von bohrenden Blaualgen, die überall dort aktiv sind, das heißt den Kalk zerlegen, wo sie am längsten benetzt bleiben; also in allen Vertiefungen. Das führt dazu, daß scharfe Spitzen von den Felsen aufragen, die



24

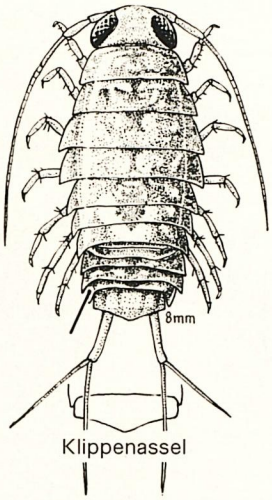

25

26

einem das Gehen auf ihnen beträchtlich erschweren.

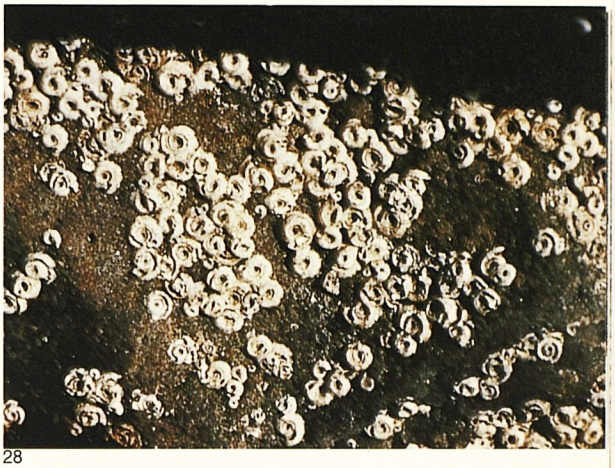
Es sei denn, daß näher an der See dichte Kolonien von Seepocken *(**25**)* auf dem Fels siedeln. Vor Jahrmillionen waren diese Seepocken bewegliche Krebschen, die mit dem Kopf festwuchsen und nun aus Schale und Deckel ihre Beine als Fangreusen herausstrecken, um aus den zurücklaufenden Wellen das Plankton abzufischen.

Dies ist ein reich gedeckter Tisch und folglich herrscht Gedränge, so daß man selbst auf den Napfschnecken siedelt *(**24**)*. Sie leben gewissermaßen amphibisch, indem sie aktiv sind, wenn sie von den Wellen überrauscht werden, dagegen aber »die Luken dicht machen«, wenn sie von



Klippenassel

27



28

einer längeren Zeit der Trockenheit heimgesucht werden.

Amphibisch, allerdings im umgekehrten Sinne, leben die Klippenasseln *(**26, 27**)*, die bei Niedrigwasser sowie in allen Augenblicken, da sie nicht von einer Welle überrollt sind, behende sammeln und bei Wellenüberlauf erstarren und sich festhalten.

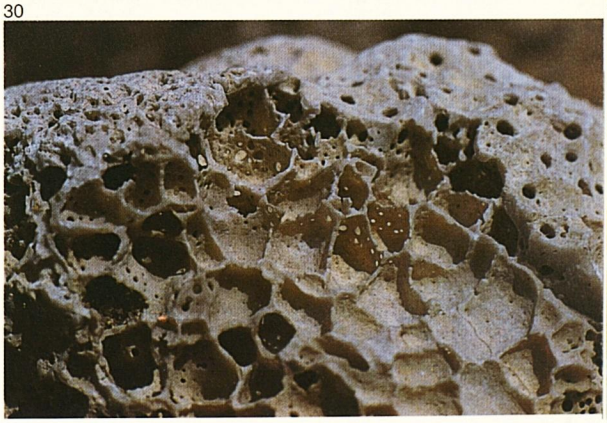
Das Leben an den Seiten-Grenzen

Ganz anders grenzt sich das Leben der Felsenwelt nach seinen Seiten ab. Nun sind es anstelle der Reichweite der Wellen die Bedingungen der Stabilität.

Stabilität hängt wieder mit der Exposition zusammen, worunter man das Ausgesetztsein gegenüber den Kräften des Seegangs versteht. Nimmt die Exposition langsam ab, dann wandelt sich der Fels zu Blockfeldern und Geröllen von immer wahrscheinlicherer Mobilität. Unter diesen Bedingungen kommen nur die Schnellwüchsigen voran, winzige Röhrenwürmer beispielsweise *(**28**)*, oder man bohrt seine Wohnhöhlen in das Innere der Steine, wie etwa die Bohrschwämme *(**29**)*, wobei darauf zu achten ist, daß trotz bester Raumausnützung die Stabilität wenigstens des Rollsteins nicht verlorengeht.

29

30



31

Ist das Tier abgestorben, dann zeigt der geöffnete Stein diese Regelmäßigkeit der Kammern *(30)*. Eine »Intelligenzleistung« dieser Schwämme – Organismen noch ohne Nervensystem.

Und nimmt die Exposition schnell ab, dann grenzen Kies und Gerölle an die Felsenwelt und werden oberflächlich zu einer lebensfeindlichen Zone *(31)*.

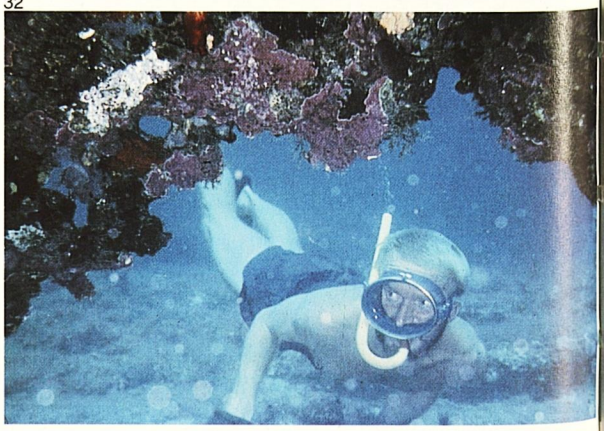
In geologischen Zeitmaßen sind diese Küstenstreifen stets gewandert und die Organismen mit ihnen. Man kann sich das am besten vergegenwärtigen, wenn man sich (wie auf Seite 17 gezeigt) vor Augen hält, wie die Küsten allein in den Perioden der Vereisung auf- und abgestiegen sind, mit den großen Änderungen des Wasserspiegels, aber auch, daß die Felsküsten seitlich entlang der Küste wanderten, jeweils nach den veränderten Expositionsbedingungen.

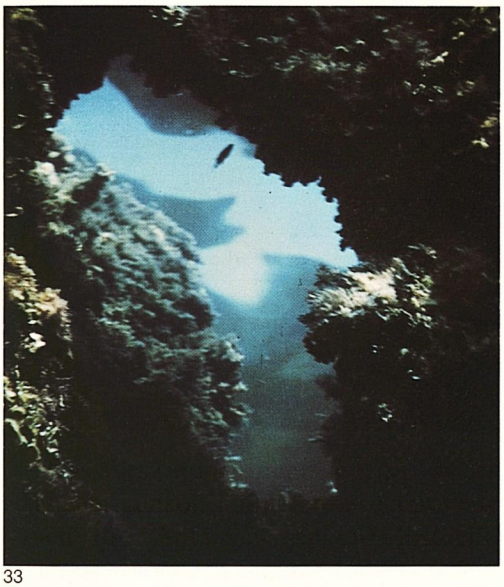
Felsenwelt unter Wasser

Hier kommen wir in eine Lebenswelt, an die der Schnorchler wie der Gerätetaucher als erstes denken wird, wenn vom Leben unter Wasser die Rede ist. Und das ist nicht so überraschend. Denn hier sind die meisten Organismen nicht so versteckt wie auf den Sandböden, und man muß auch nicht große Strecken zurücklegen oder tief tauchen, um eine Vielfalt von Lebensformen anzutreffen.

Die unterseeische Felsenwelt ist eben stark gegliedert *(32, 33)* und läßt damit sehr unterschiedliche Lebensgemeinschaften auf engem Raum entstehen. Und noch eines: Die Felsengebiete sind ja dadurch bedingt, daß in ihnen mehr Sediment und Geschwebe fort- als zugeführt wird. Alles Bewegliche wird abgetragen; gleich ob mineralischen Ursprungs, wie Sand und Kies, oder ob organischer Herkunft, Abrieb von Pflanzen und toten Tieren. Sie zeichnen sich daher durch eine größere Klarheit des Wassers aus.

32





33

Das alles sind Bedingungen, die für den Taucher günstig sind. Dort also absolviert auch der Anfänger sein »Lehrstück«. Aber vergessen wir nicht, daß es sich eben nur um einen sehr kleinen Ausschnitt der Seeböden handelt.

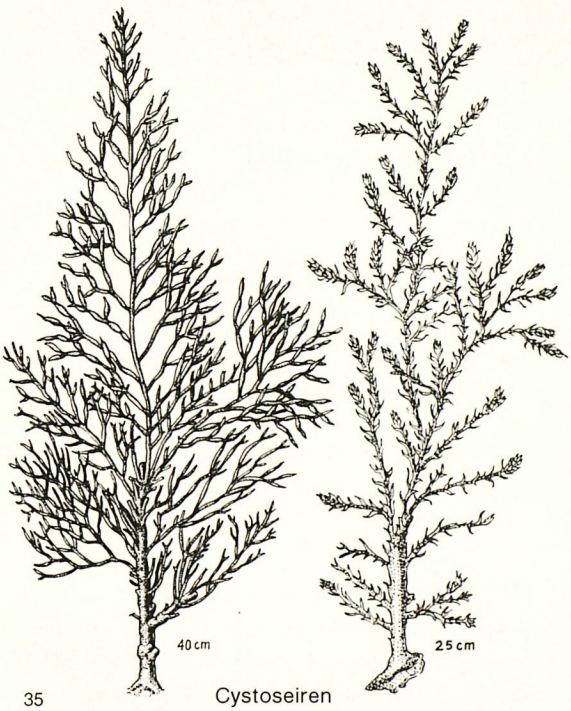
Konkurrenz um das Licht

Wesentlich sind hier vor allem die Gefälle des Lichts und die Licht-Zonen mit ihren verschiedenen Lebensbedingungen.

Die Starklicht-Zone mit ihren hohen Brauntangen *(34, 35, 36)* reicht bei klarem Küstenwasser bis in eine Tiefe von rund 20 Meter, wo sie von der Schwachlicht-Zone abgelöst wird, die nur mehr Niederwuchs von Grün- und Rotalgen *(37, 38, 39)* aufweist. Ab einer Tiefe von 50 Meter geht diese wiederum in die Restlicht-Zone über, wo nur mehr Krustenalgen mit Schwämmen und anderen seßhaften Tieren um den vorhandenen Platz konkurrieren.

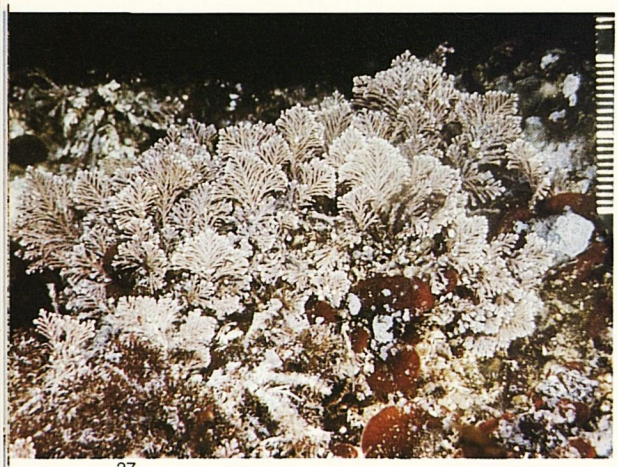
Die Grenzen zwischen diesen Zonen liegen jeweils bei einem Zehntel, einem

34



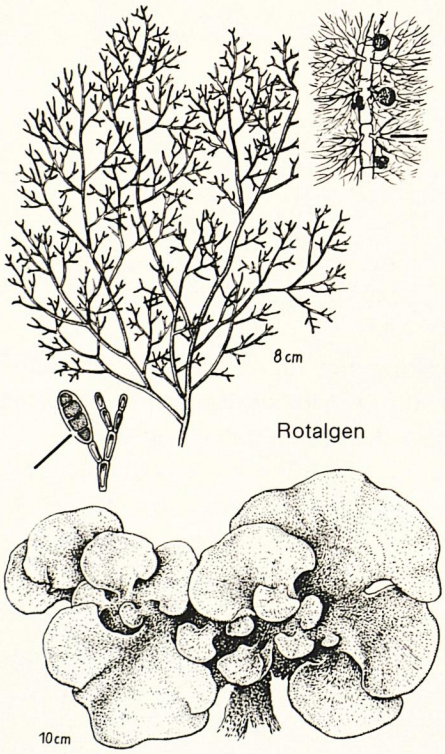
35 Cystoseiren

36



37

38



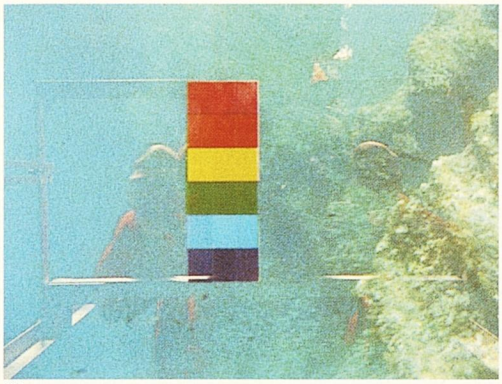
39

Hundertstel und einem Tausendstel des vollen Lichtes, das durch die Wasseroberfläche dringt. Und bei einem Hunderttausendstel, bei klarem Küstenwasser in rund 100 Meter Tiefe, endet auch die Restlicht-Zone. Die Lichtintensität ist dann selbst für die bescheidensten mikroskopisch kleinen Algen zu schwach, um zu assimilieren.

All das hängt zunächst von der Klarheit des Wassers ab. Bei sehr klarem Wasser sind die Farben an den seichten Stellen der Starklicht-Zone fast unverändert.

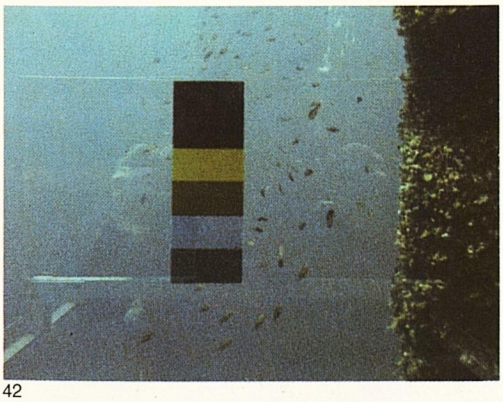
Doch es geht nicht nur um die Intensität, sondern auch um die Farbe des verbleibenden Lichtes. Es geht nicht nur um die Quantität, sondern auch um die Qualität, die Farbzusammensetzung des Lichts. Um diese Änderung der Farben deutlich zu machen, nehmen wir eine Farbskala mit und fotografieren sie dicht unter der Oberfläche *(**40**)* sowie in 10 *(**41**)* und in 30 Meter Tiefe *(**42**)*. Man erkennt, wie zuerst die Rotanteile schwinden und endlich nur mehr blaues Licht übrigbleibt.

Und noch eine Untergrenze besteht in dieser Algenwelt, nämlich dort, wo die Felsen unter dem Sediment verschwinden. Man kann dies *(**43**)* bereits im Seichten vorfinden oder noch nicht einmal in 30 und 50 Meter Tiefe.



40

41



42

Licht- und Sedimentgrenze hängen oft zusammen, denn klares Wasser gibt es nur da, wo kein Sediment in der Nähe ist. Denn Sediment wird durch den Seegang leicht aufgewirbelt und verändert – solange es in Schwebe gehalten wird – die Lichtdurchlässigkeit des Wasserkörpers.

43

Ein weiteres Lichtgefälle liegt in den Algenwäldern selbst vor. So finden wir etwa im Unterwuchs *(**44**)* viele der niederwüchsigen Algen, die wir aus der Schwachlichtzone kennen. Und unter diesen, wiederum vom Licht abgeschirmt, leben manche Krusten-Algen, die üblicherweise in der Restlicht-Zone vorkommen.

Dieses Gefälle im Algenwald hängt mit der Lichtadsorption durch die Pflanzen zusammen. Man denke vergleichsweise an das Grünlicht, das einen umfängt, wenn man einen dichten Laubwald betritt. Die Gegenüberstellung der Lichtgefälle wird durch die nebenstehende Grafik *(**45**)* veranschaulicht, die noch eine dritte Art des Lichtgefälles erkennen läßt.

Diese hat mit dem Einfallswinkel des Lichtes zu tun und wird besonders an Nord- und Steilwänden deutlich.

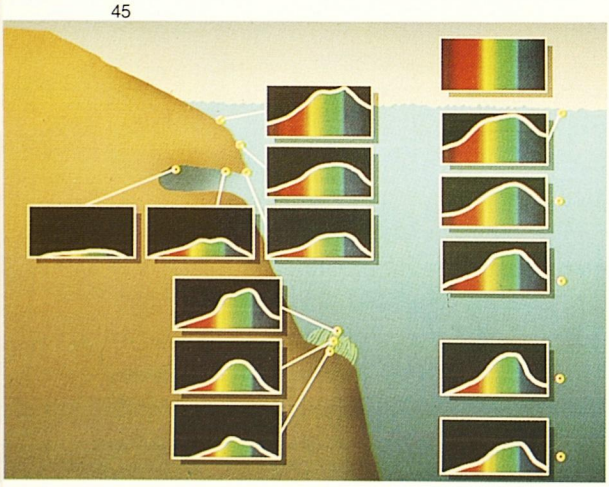
Am steilsten aber ist dieses Gefälle in den Eingängen der Höhlen; da finden wir einen Lichtverlust auf wenige Meter komprimiert, der sich üblicherweise auf mehr als hundert Meter Wassertiefe erstreckt. Ganz konsequent – davon kann man sich leicht überzeugen – stehen im Eingangsbereich die großen Tange der Starklicht-

44

Zone. Dann folgt der Niederwuchs der Schwachlicht-Zone bereits mit Schwämmen und Nesseltieren durchsetzt, bis schließlich nur mehr Krustenalgen zwischen den üppiger werdenden Tierbeständen zu finden sind *(**46**)*.

Dieser Wechsel hängt mit der Raumkonkurrenz zusammen. Die seßhaften

45



46

47

Tierbestände, die wir hier finden, werden vor der Höhle von den schnellerwachsenden Algen verdrängt. Erst wo diesen das Licht zuwenig wird, können sich die tierischen Siedler durchsetzen.

Zuletzt gibt es nur mehr Tierbestände, wie man sie in Tiefen unter der Restlicht-Zone findet *(**47**)*, bis der Wasseraustausch im Hintergrund der Höhlen zu schwach wird, um die seßhaften Filtrierer zu ernähren, und auch diese ausbleiben.

Über die primäre Produktion

Was in der unterseeischen Felsenwelt an Organismen existiert, das lebt zumeist von den Algen. Diese sind die sogenannten »primären Produzenten«, denn sie produzieren organische Strukturen aus anorganischen. Diese Produzenten der Felsenwelt leben also vom Licht, das sich auf die drei Gefälle verteilt: nach der Tiefe, dem Schichtenbau und nach der Abschirmung.

Doch sie leben nicht vom Licht allein, sondern auch von Nährstoffen, Phosphaten und Nitraten, die von allem, was abstirbt – meist aus dem Stoffwechsel der Bakterien und großteils vom Seeboden her – den Pflanzen wieder zugeführt wird. Was diesen Algenwäldern nun von unserer Zivilisation droht, das ist die Reduktion des Lichtes durch die fortschreitende Wasserverschmutzung, paradoxerweise jedoch noch mehr eine Überfütterung oder Überdüngung mit jenen Phosphaten und Nitraten aus Waschmitteln und Abwässern.

Konkurrenz um den Raum

Ist man mit Futter überreichlich versorgt, beginnt – bei Algen wie bei Menschen – die Konkurrenz um den Raum.

Es ist ein Prinzip, daß jede Art und jeder Lebensraum an vorgegebene Grenzen stößt. Man nennt dies einen Minimum-Faktor. Und von diesem hängt es ab, in welcher Weise der Massenentwicklung ein Limit gesetzt wird. In der Felsenwelt ist das biologische System nun seit vielen Jahrmillionen auf Raumkonkurrenz eingestellt.

Und um das in seiner Dynamik zu verstehen, muß man auf einige Details genauer eingehen.

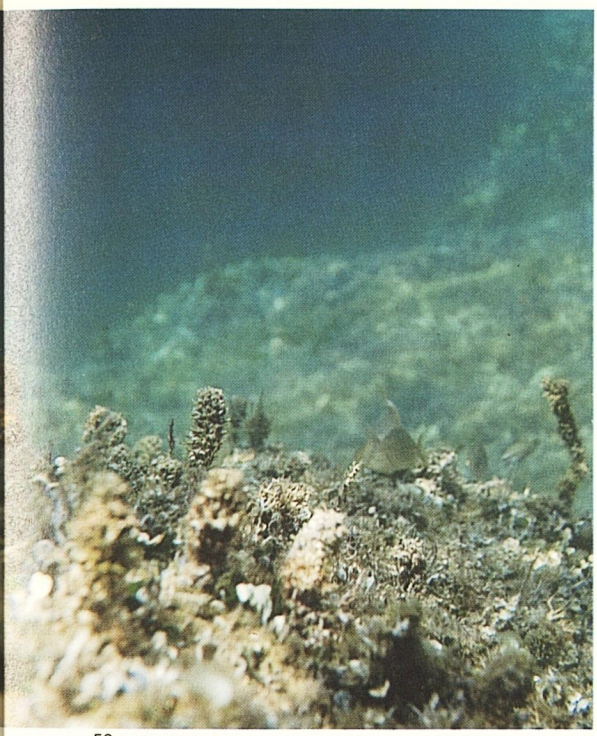
Zunächst erkennt man nur das Gedränge, eben die Raumkonkurrenz. Wer Licht und Platz hat, kann hier leben *(**48**)*. So kommt es, daß auch Algen auf Algen siedeln *(**49**)*, die sich meist nicht mehr gegen die Siedler wehren, vielmehr ihren Lebenszyklus auf das Bewachsenwerden eingestellt haben – jede Art mit ihrer eigenen Überlebens-Strategie.

Die Überlebens-Strategie der kleinen Algen, die auf den großen Tangen wachsen – man nennt sie Epiphyten –, besteht in einem schnellen Lebenszyklus. Sie müssen diesen so schnell durchlaufen, wie ihnen die Tange noch Platz zum Siedeln lassen. Die Überlebens-Strategie der Tange, die überwachsen werden, mußte sich daher anders entwickeln.

Die Besiedlung beginnt im Winter, wenn die Tange hochwachsen, zunächst ganz harmlos. Die kleinen Pflänzchen schaden nicht. Gegen den Sommer zu wird dieser Epiphyten-Aufwuchs aber so dicht, daß dem Träger eine Art Erstikkung droht. Der Tang kann nicht mehr assimilieren, also werden zunächst die

48

49



50

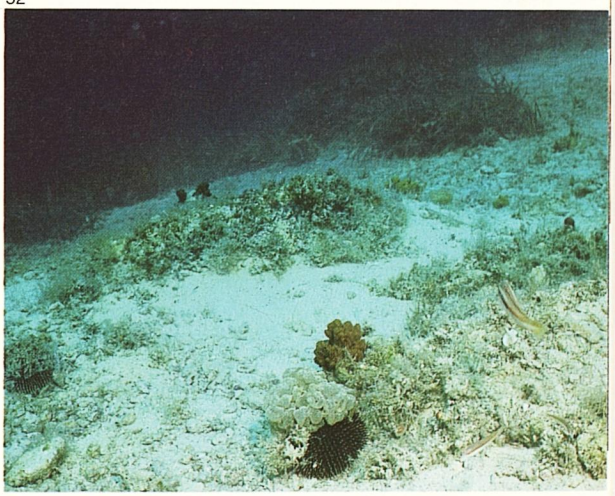
51

Reservestoffe aus den Ästen in den Stamm gezogen und die Äste abgeworfen *(**50**)*. Was übrigbleibt, sind die »Flaschenbürsten-Formen« der Tange im Herbst *(**51**)*.

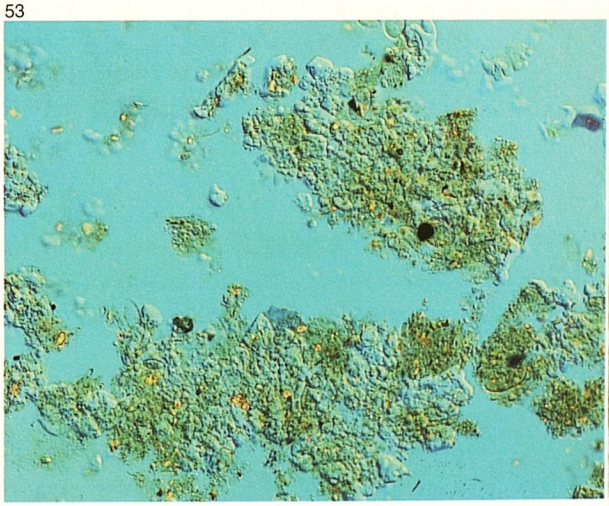
Schließlich werden die Reservestoffe in die basale Scheibe zurückgezogen, und auch der Stamm wird abgeworfen. Damit haben sie ihre Wachstumsgrundlage erhalten, sind allen Aufwuchs wieder los und beginnen gegen Winter wieder hochzuwachsen.

Das gesamte abgeworfene Material, ähnlich dem Laubfall unserer Bäume, steht nun den weiteren Kreisläufen zur Verfügung. Es sinkt abgedriftet meist in die Tiefe der Sedimentböden *(**52**)*, wo es

52



53



54

von Kleintieren zerkaut, von Pilzen und Bakterien zerlegt, wie man unter dem Mikroskop *(53)* und dem Elektronenmikroskop erkennen kann *(54)*, der See die Nährstoffe zurückgibt.

Die seßhaften Filtrierer

Im Wald der Algen spielen natürlich auch Tiere eine Rolle. Besonders fundamental solche, die auf Tangen festgewachsen sind und sich von Plankton und Geschwebe ernähren, die die Wasserbewegung vorbeitreibt. Diese sind deshalb wichtig, weil sie das Wasser von Sinkstoffen und Partikeln säubern. Und so klein sie sind, sie wirken auf der riesigen Besiedlungsfläche der Algenwälder in der Masse wie ein riesiger Staubsauger, der das Küstenwasser reinhält.

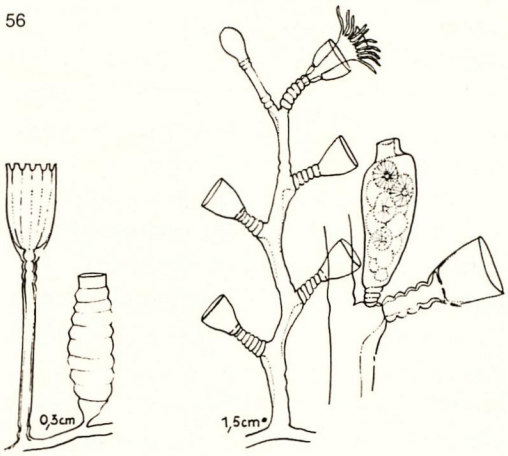
In einem zweiten Sinn sind sie von einer grundlegenden Wirkung: Sie binden durch ihre Filtertätigkeit weiteres Material an die Algenwiese, produzieren also durch ihr eigenes Wachstum organische Substanz in einem zweiten Glied.

Man nennt sie daher »Sekundär-Produzenten«. Denn sie reichern damit die Felsenwelt mit Futter für eine Vielzahl kleiner beweglicher Organismen an.

Zwei Techniken des Planktonfanges haben sich bei jener Filtertätigkeit bewährt. Betrachten wir zunächst jene Formen, die wir zu den »passiven Filtrierern« zählen. Es sind meist Kolonien kleiner Nesseltiere, Hydroiden *(55, 56)* und winziger Korallen *(57)*, die mit den Harpunen ihrer Nesselkapseln fangen, was an Freßbarem an ihnen anstreift. Aber sie sind passiv, also darauf angewie-

55

56



Hydroiden

sen, was ihnen die Wasserbewegung zuführt, und finden sich daher in erster Linie an gut beströmten und dem Seegang ausgesetzten Stellen *(**58**)*.

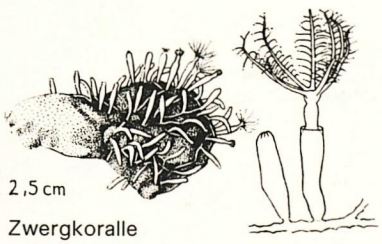
Andere verlassen sich nicht nur auf die transportierende Wasserbewegung, sondern erzeugen selbst noch Strömung, in-

58

59

60

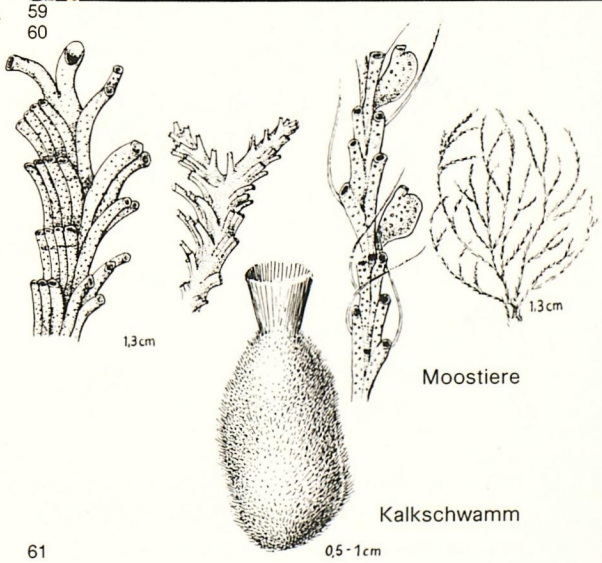
57



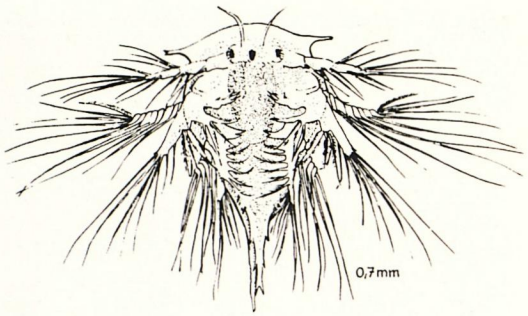
Zwergkoralle

dem sie, wie die Kolonien der Moostiere *(**59, 60**)*, ihren Strömungsgenerator außen auf den Tentakeln tragen oder innen in den Geißelkammern, wie die Schwämme *(**61**)*.

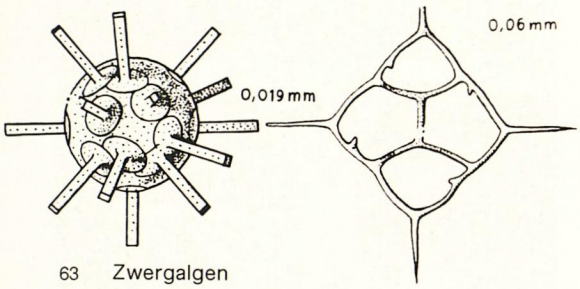
Dabei ist es aufschlußreich, daß sie zwar um den Raum, nicht aber um das Futter konkurrieren, denn die Hydroiden fressen meist Pfeilwürmer und Kleinkrebse *(**62**)*, Moostiere hingegen größere Einzeller, Schwämme wiederum die



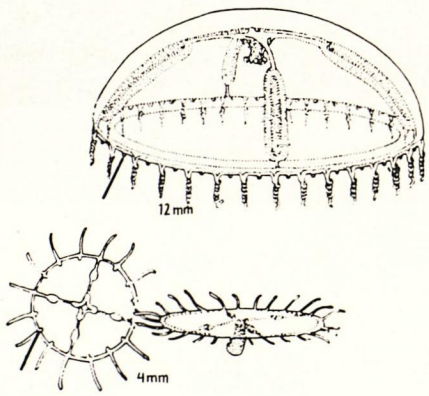
61



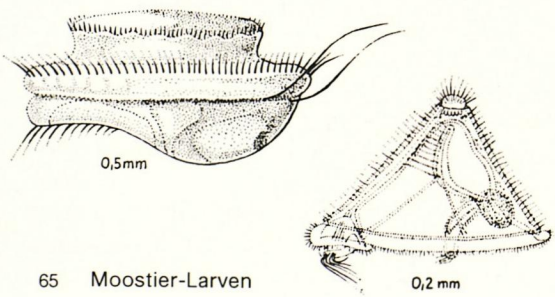
62 Crustaceenlarve



63 Zwergalgen



64 Hydromedusen



65 Moostier-Larven

kleinsten der mikroskopisch kleinen Algen *(63)*. Daran läßt sich erkennen, wie lange diese Lebensgemeinschaften schon existieren und auf das feinste ausbalanciert wurden.

Ihre Strategie ist wieder ein rascher Lebenszyklus, ihre Nachkommen von den Algen ins freie Wasser zu exportieren, bevor ihr Siedlungsgrund aufgegeben wird. Es sind die schnellerlaufenden Rädchen im Uhrwerk der Felsenwelt.

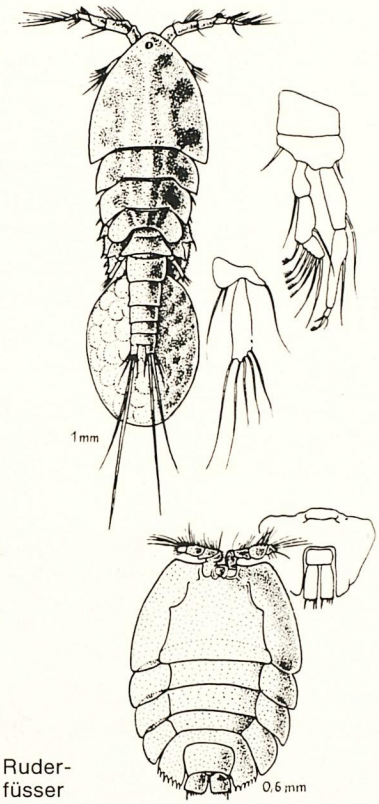
Freilich geht all diese Pracht mit dem Algenabwurf jedes Jahr zugrunde, aber alle haben ihre Lebenszyklen darauf eingestellt, entlassen ihre Nachkommenschaft rechtzeitig ins freie Wasser und kehren im Jahreszyklus mit ihren schwebenden Larven wieder *(64, 65)*.

Konsumenten der ersten Instanz

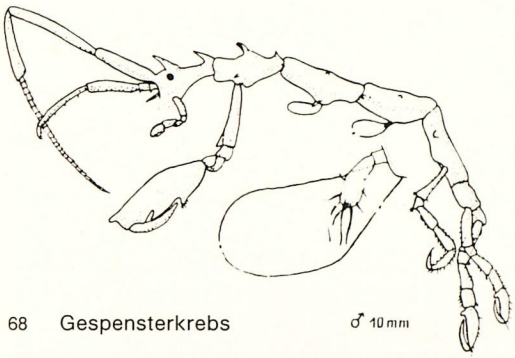
All das lebt noch nicht von der Substanz, sondern bindet organisches Material; säubert das Wasser von Detritus und Geschwebe, worunter wir ein Gemisch aus totem Plankton und Abrieb von sonstigen Organismen verstehen. So wie die Algen die Überdüngung steuern, indem sie dem Küstenwasser ihre Nährstoffe, Phosphate und Nitrate, entziehen.

Von der Substanz lebt zunächst die migrierende, die wandernde Kleinfauna um die Millimetergrößen.

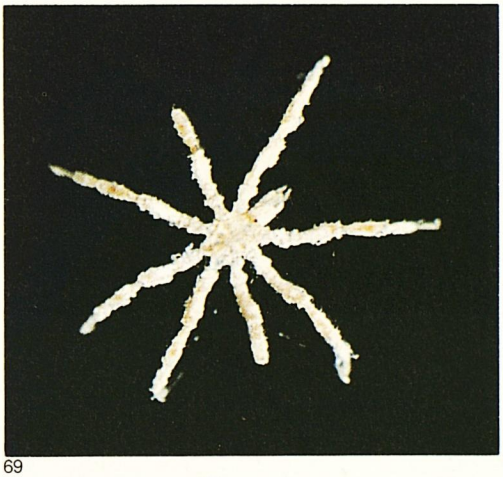
Ruderfüßer *(66)* und Schnecken *(67)* weiden am kleinsten Algenaufwuchs. Gespensterkrebse *(68)* lauern auf die Ruderfüßer. Pantopoden *(69, 70)* stechen wieder die Hydroiden an. Wollte man »Pantopoden« ins Deutsche übersetzen, sie müßten »Nichts-wie-Füßler« heißen. Endlich sind da noch die Vertreter der Asseln und Scherenasseln daheim. Sie nähren sich



66 Ruderfüsser

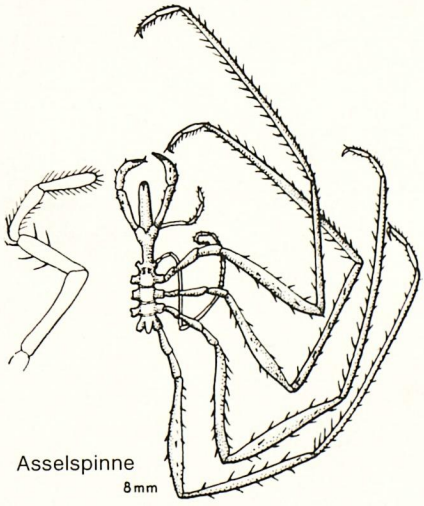


68 Gespensterkrebs ♂ 10 mm



69

67



70 Asselspinne 8 mm

von dem, was sie finden können. Nichts, was lose ist oder abstirbt, geht verloren.

Es geht jedoch nicht nur um Ökonomie. Um diese geht es in der Natur freilich immer. Es geht auch darum, das System sauberzuhalten, der Gefahr eines Überhandnehmens von Bakterien und Verpilzungen vorzubeugen.

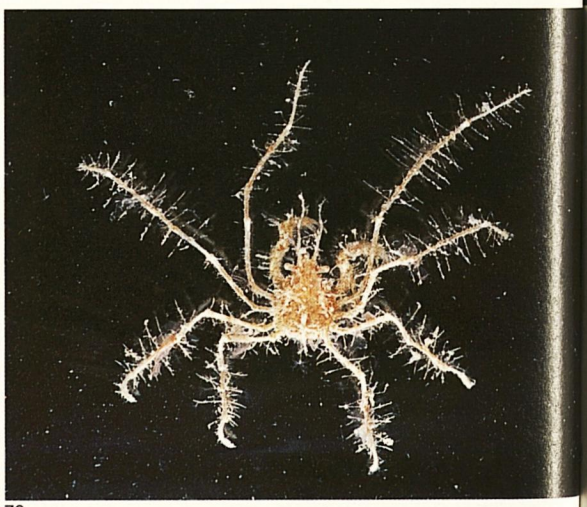
Konsumenten der zweiten Instanz

Jene kleinen Formen, die ich erwähnte, zählt man zur »Meiofauna«, weil man sie erst im Mikroskop richtig unterscheiden und klassifizieren kann. Ihnen stellt man zwei Faunentypen gegenüber. Einerseits die »Mikrofauna«, die schon submikroskopischen Pilze und Bakterien, von ihnen war bei den Abbauprozessen (Seite 51, 52) schon die Rede. Andererseits die sogenannte »Makrofauna« – Tiere, die man schon richtig anfassen und mit freiem Auge bestimmen kann. Sie bilden das zweite Glied in der Kette der Konsumenten wie in der parallelen Kette des Saubermachens.

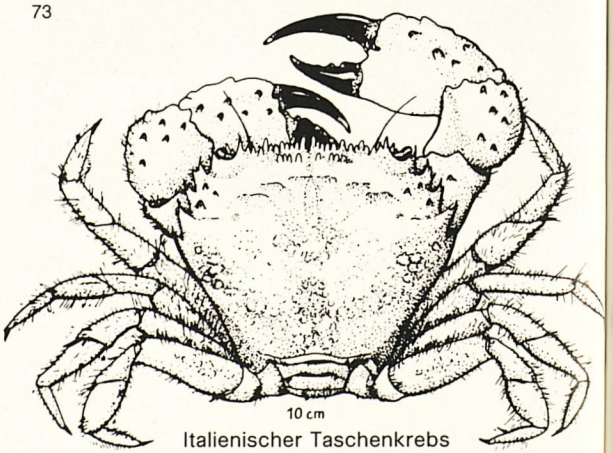
In der Makrofauna spielen die Felsengarnelen *(**71**)* eine solche Rolle zusammen mit einer ganzen Welt kleiner Krabben *(**72, 73, 74, 75**)*, die selbst wieder von jenen Schnecken und Krebsen leben. Manche von ihnen sind durch ihre Farbe oder Form so trefflich getarnt, daß sie einem wandelnden Algenwald ähneln.

Andere wiederum, wie die Seeigel, sind mit effizienten Stacheln bewehrt. Sie sind langsame Gesellen *(**76, 77**)*, jedoch mit be-

71



72
73

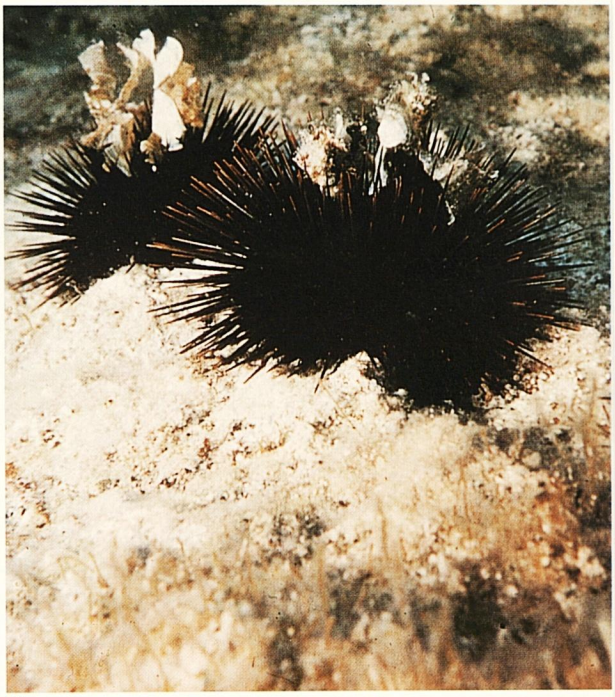


Italienischer Taschenkrebs

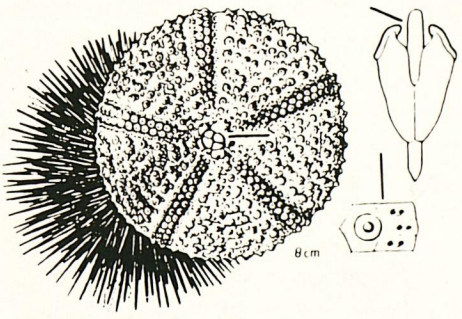
74

75

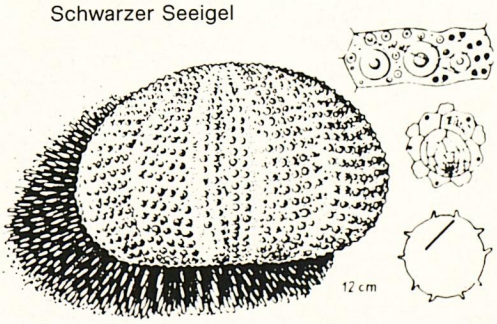
trächtlichem Durchsetzungsvermögen. Der »schwarze Seeigel« und vor allem der »Steinseeigel« *(**78**)* werden in meiner Geschichte noch wichtige Rollen spielen.



76



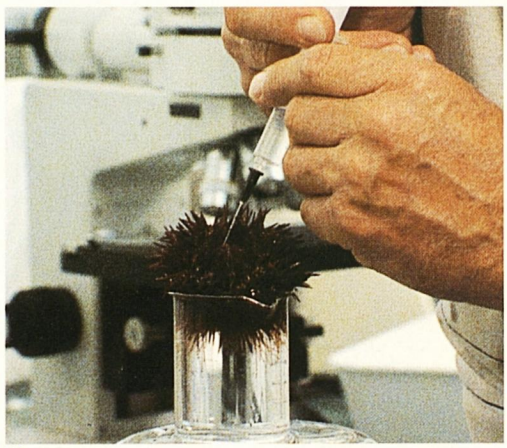
Schwarzer Seeigel



77 Violetter Seeigel

78

79



80

Im folgenden möchte ich jene Theorie darstellen, die meiner Ansicht nach die durch den Menschen verursachten Störungen und Zusammenbrüche der Algenbiotope am plausibelsten erklärt. Und in dieser Art der Darstellung haben die Seeigel eine Titelrolle.

Auf einer festen Unterlage sind die Seeigel nahezu unverwundbar. Mit ihren Saugfüßen halten sie sich fest und schützen damit ihre empfindlichere Mundseite. Rücken und Seiten sind so dicht mit Stacheln besetzt, daß sie kaum angegriffen werden können. Im Algengestrüpp dagegen sind sie unbeholfen, die Saugfüße finden weniger Halt, und die Unterseite wird leichter exponiert. Zu alledem sind die Stacheln bei der Fortbewegung sehr hinderlich.

Seine Bewegungen sind sehr langsam, aber der Zeitraffer läßt die Technik erkennen. Wenn der Seeigel im komplizierten Terrain der Algenbestände umkippt und nicht rechtzeitig auf die »Beine« kommt, kann es ihn das Leben kosten.

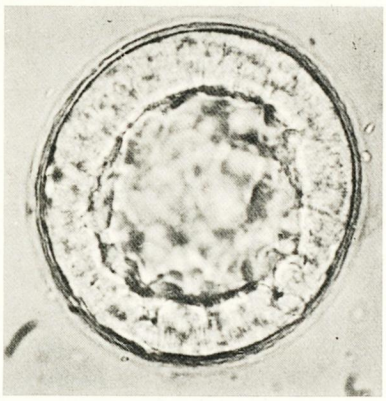
Was die Biologie der Seeigel betrifft, so zeigt eine Injektion, die die Tiere zum Laichen anregt *(**79, 80**)*, wie fruchtbar sie sind.

Eier und Sperma werden wie bei seßhaften Meerestieren ins Wasser gelassen, und die Befruchtung, die wir bei dem Experiment im Glas vornehmen, erfolgt frei in der See.

Mit einem Jahr sind die Seeigel geschlechtsreif und produzieren in einer Lebensspanne von sechs bis acht Jahren viele Millionen Nachkommen, woran man auch erkennen kann, wie gering ihre Überlebenschancen sind.

Nach einigen Stunden ist die Zellteilung vollzogen *(**81, 82**)*, und nach wenigen Tagen entsteht die Pluteus-Larve *(**83**)*. Ihre langen versteiften Arme sind mit

81



82

Wimperbändern versehen und sorgen bereits für Nahrung aus dem Kleinplankton sowie für wochenlanges Schweben der Larve im Plankton. Damit sichert sie sich auch eine Verbreitung über viele weitere Küstenkilometer.

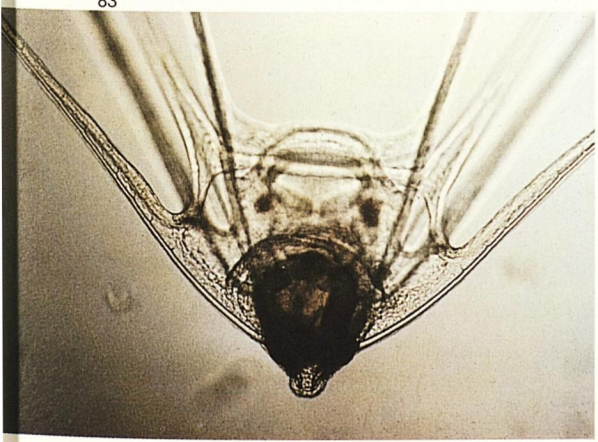
Während einer Metamorphose entsteht ein rund 1 mm großer Seeigel, der zu Boden geht. Landet er auf festem Grund, sind seine Überlebenschancen ziemlich hoch, im unsicheren Terrain hingegen sehr gering. Der Algenwald besitzt also, solange er dicht ist, bereits dank seiner Struktur Schutz gegen Seeigel.

Alles Organische in Reichweite der Seeigel dient ihnen als Nahrung. Sie machen sich nicht nur über Algen her, sondern auch über alle seßhaften Kleintiere und tote Organismen.

Und wenn sie mit Größen von 5 bis 10 Millimetern nicht Krabben oder Seesternen zum Opfer fallen, werden sie nach einem Jahr wieder geschlechtsreif und produzieren weiter. Sie sind ungemein produktiv.

Wer selbst einen Seeigel knackt, kann beobachten, daß sehr rasch Fische zur Stelle sind, die sich an seinen Gonaden, tatsächlich das einzig Nahrhafte, das er enthält, gütlich tun *(**84**)*. Ohne fremde Hilfe sind die meisten Fische jedoch keine erfolgreichen Seeigel-Räuber. Sie sind lediglich die »Nutznießer«, weil sie flinker sind als Krabben, die unter Umständen einen Seeigel knacken können.

83



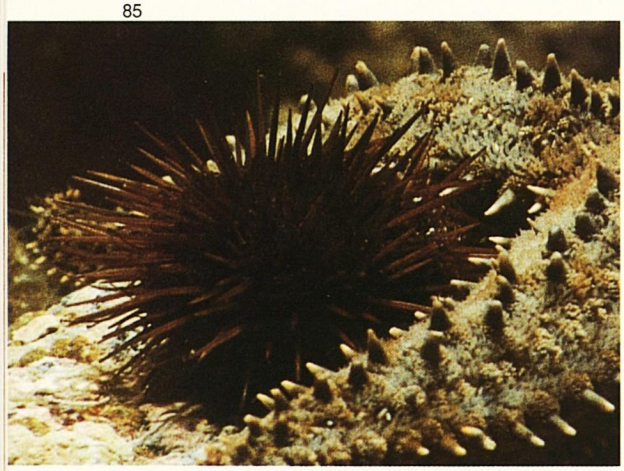
84

Die einzigen von der Stammesgeschichte geradezu »vorgesehenen« Feinde der Seeigel sind nahe Verwandte: die Seesterne *(**85, 86**)*. Sie haben eine ungemein lange, gemeinsame Geschichte. Und eine solche Wechselabhängigkeit produzierte Konsequenzen, denn auch hier können nur die großen Arten, wie zum Beispiel der Eisstern, einen Seeigel, der nicht fest verankert ist, umwenden und verdauen.

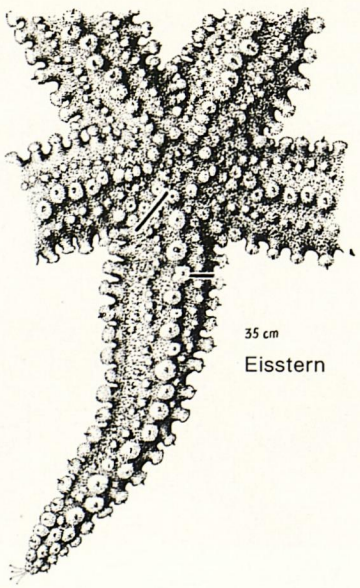
Die übrigen Konsumenten einer dritten Instanz, nämlich die Fische, sind ihnen weit weniger gefährlich. Sie haben es schwer, einen Seeigel zu knacken, wenn diese sich fest auf blankem Fels verankern. Nur falls sie auf Algen klettern und kippen, können Fische Seeigel von der Unterseite her erfolgreich attackieren.

Man kann schon erahnen, worin das Problem der Algenwälder besteht – nämlich darin, daß die dichte Algenvegetation, die sich gerade durch ihre Dichte vor einer Invasion von Seeigeln schützt, aus der Balance gerät. Von diesem Zusammenhang wird später noch ausführlicher die Rede sein. Zunächst aber folgen wir den Enden der Nahrungskette.

85



86



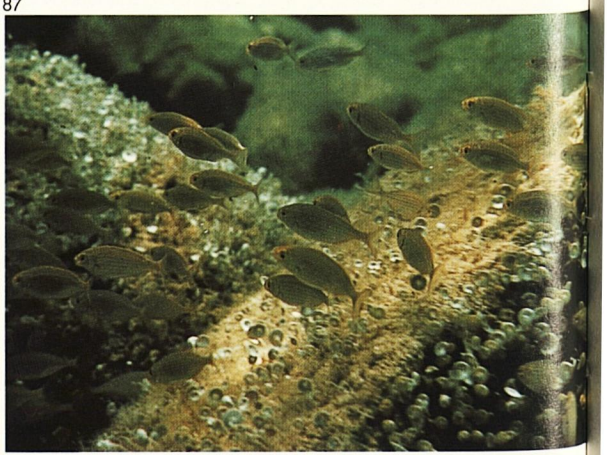
Die Welt der Fische

Hier schließt erst die Welt der Fische an. Sie leben kaum von Algen allein – ein Happen tierischer Beute wird stets bevorzugt.

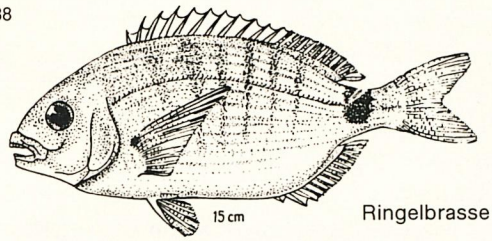
Die meisten Fische der Felsböden sind Sammler und verlassen nur selten die Bodennähe. Sie leben häufig solitär oder in kleinen Schulen, wie etwa die Goldstriemen *(**87**)* und einige weitere Formen der Meerbrassen *(**88**)*.

Nur die Fluchtrichtung, die sie bei Ge-

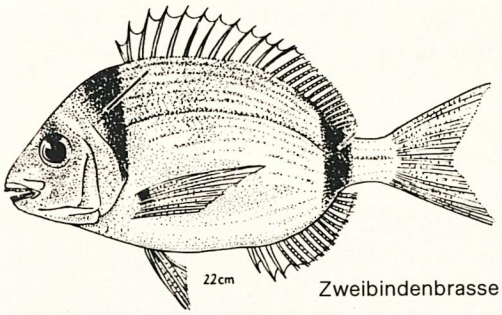
87



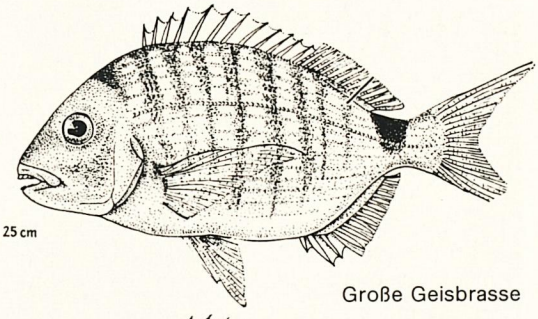
88



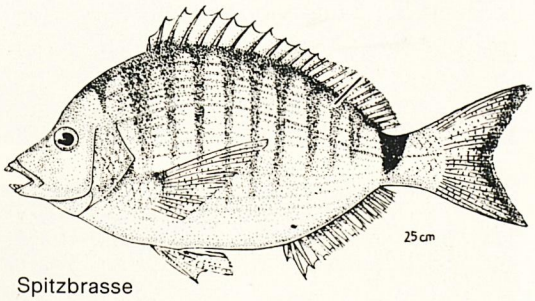
Ringelbrasse



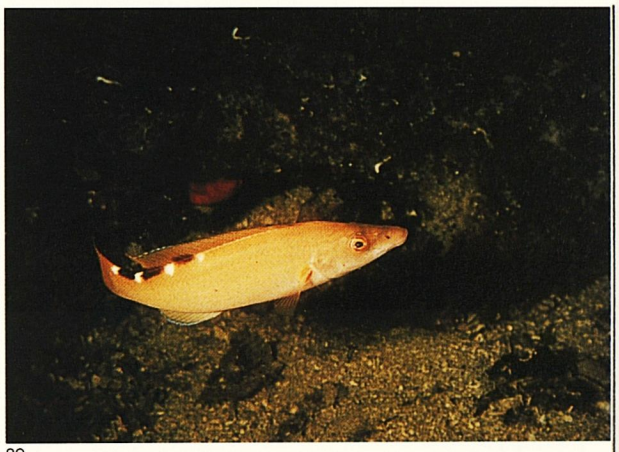
Zweibindenbrasse



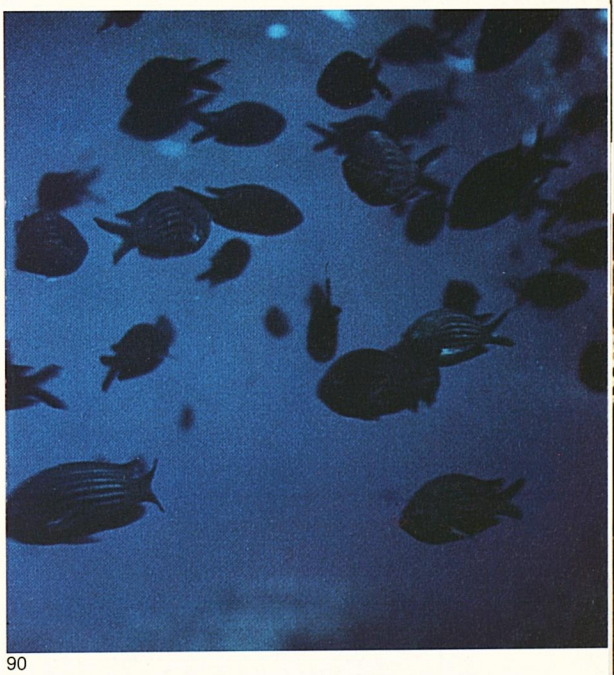
Große Geisbrasse



Spitzbrasse

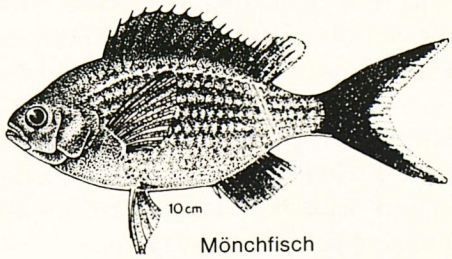


89



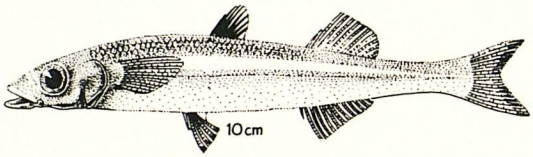
90

fahr einschlagen, verrät, ob sie ursprünglich pelagische Arten aus der offenen See oder Bodenfische waren *(**89**)*. Während die Mönchsfische *(**90, 91**)* zum Boden flüchten, weichen die Ährenfische *(**92, 93**)* ins freie Wasser aus. Das zeigt, wie sehr die Geschichte einer Tierart in ihrem Verhalten erhalten bleibt.

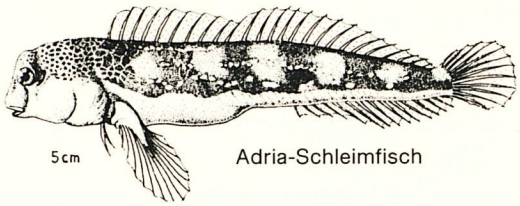


91 Mönchfisch

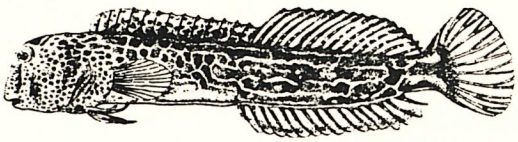
92



93 Großer Ährenfisch



Adria-Schleimfisch

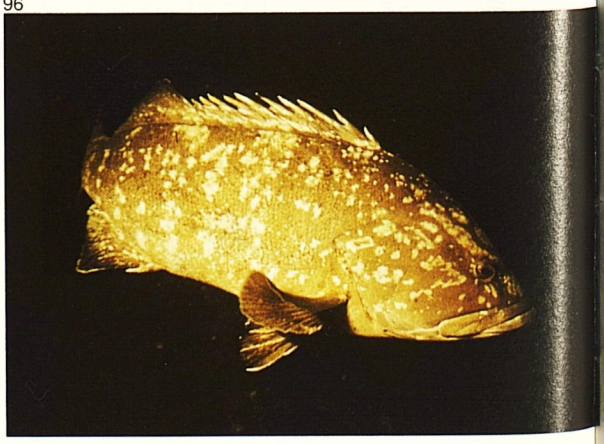


Gelbwangen-Schleimfisch

94

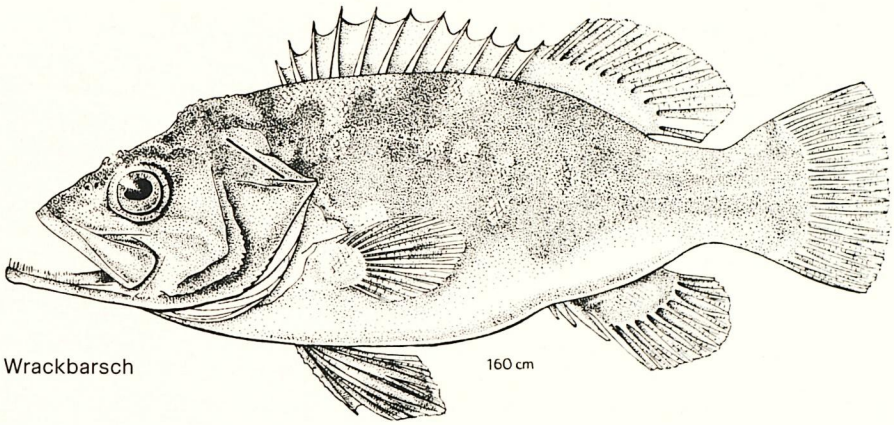
95

96



Vor allem das Auftreten der »Friedfische« und »Sammler« in Schulen und großen Schwärmen hat eine lebenswichtige, arterhaltende Funktion. Würden die Individuen eines Schwarmes einzeln an dem Versteck eines Räubers vorbeiziehen, könnte er sie gewissermaßen einen nach dem anderen abfangen. Zieht der Schwarm aber geschlossen vorüber, ist ihm das Einzelziel genommen, und er erhascht höchstens einen oder stößt überhaupt nur ins Leere, mitten durch den sich vor ihm öffnenden Schwarm, ohne einen einzigen Fisch zu erbeuten.

Von den räuberisch lebenden Arten sieht man als Schnorchler am häufigsten die kleineren unter ihnen, wie zum Beispiel Vertreter der Schleimfischchen *(**94**)* und den Schriftbarsch *(**95**)*. Er läßt sich in seinem Verhalten gut beobachten, weil er schon im seichten Wasser vorkommt und gerne an einem Standort bleibt.



97 Wrackbarsch 160 cm

Die großen Verwandten, wie den Braunen Zackenbarsch *(96)* und den noch größeren Wrackbarsch *(97)*, findet man natürlich viel seltener und in der Regel erst in größeren Tiefen.

Das erklärt bereits ein biologisches Grundprinzip: Da in jeder Nahrungskette, so auch von den Algen zu den Kleinformen, über die Friedfische bis zu den Raubfischen, in jeder Stufe aufgrund der Stoffumsätze jeweils rund eine Größenordnung an Substanz verlorengeht, sind die Räuber unter den Fischen auch nicht zahlreich.

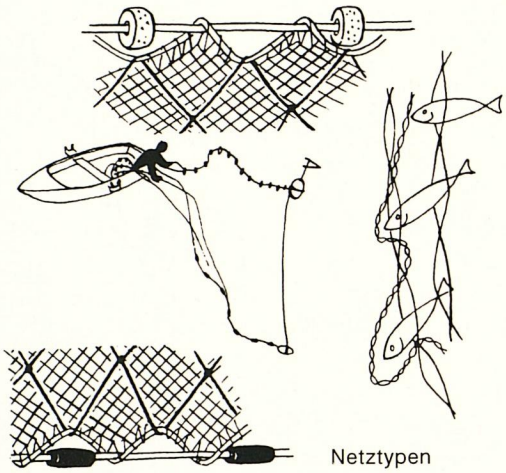
Der Räuber »Mensch«

An dieser Stelle schließt der Mensch in der Nahrungskette an. Er ist gewissermaßen der Letzt-Konsument, weil er in der Regel nicht mehr von weiteren Räubern konsumiert wird. Den Verzehr eines Menschen durch einen Löwen zählen wir zu den selteneren Todesursachen. Um aber im marinen Bereich zu bleiben: Nicht einmal Haie fressen Menschen auf. Sie lassen von ihnen ab, sobald sie einen tüchtigen Bissen genommen haben. Doch davon etwas später.

Auffallend ist jedoch, daß dem Menschen die Letzt-Konsumenten aus der See besser schmecken als die Produzenten und Erst-Konsumenten. Algen werden bei uns kaum verzehrt, Austern, Krabben und Garnelen gelten als eine Art Massen-Luxus. Verfolgt man aber die Konsumentenreihe bis zu den Sardinen, Schollen und Thunfischen, so findet man nur mehr »Güter« des Massenkonsums vor. Ihnen voran aber die zuvor erwähnten großen Barsche, die als besondere Leckerbissen gehandelt werden.

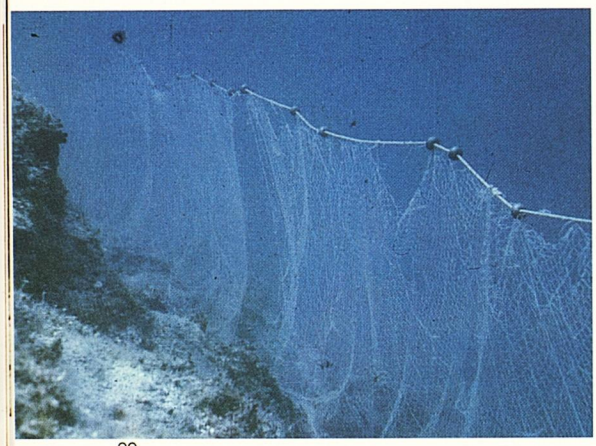
Wenn man sich nochmals vor Augen hält, daß in jedem Schritt der Nahrungskette jeweils eine Größenordnung an Nahrung, also rund 90 Prozent der organischen Substanz, verlorengeht, fällt auf, daß sich der Konsument »Mensch« am äußersten und biologisch kostspieligsten Ende des Stoff- und Energietransfers befindet.

Als wir Menschen noch nicht so zahlreich und so anspruchsvoll waren, da war unsere Stellung als Konsumenten fünften Grades biologisch noch gut balanciert. Die Fische, die wir aus dem Meer holten, machten Platz für neue Individuen derselben Art. Vor allem zu einer Zeit, da die Methoden der Fischerei noch einfach waren.



Netztypen

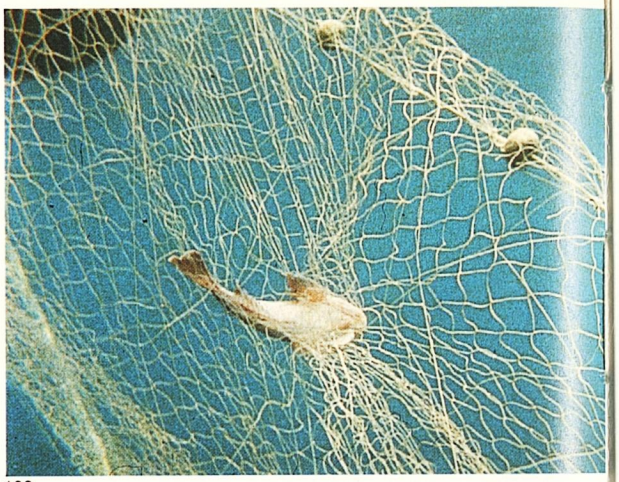
98



99

Ein gutes Beispiel dafür ist die Klein-Küstenfischerei, die seit Generationen mit Stellnetzen *(**98, 99**)*, die am Boden stehen, mit mehr Blei am Untersimm als Korken am oberen, zu Werke geht. Oder mit Hängenetzen, bei denen der Auftrieb der Korken überwiegt.

Schon über Nacht kann dies reiche Ernte einbringen. Teils, weil die Fische bei dem Versuch, sich durch die Maschen zu zwängen, mit den Kiemen hängenbleiben *(**100**)*, teils, weil sie im dichten Zwischennetz eine Tasche in das Außennetz drücken und nicht mehr zurück können.



100

Der Konsument vierten oder fünften Grades ist mit dieser Szene wohl vertraut, hat er doch mit diesen einfachen Methoden über Jahrtausende den Bestand noch nicht zerstört *(**101**)*. Wo man Netze auswarf, wurde eben wieder Platz für die Nachkommen frei.

Auch später, als man begann, die Fische, zum Beispiel Sardinen, mit Hilfe von Lampen in ganzen Schwärmen zusammenzuholen, war die Gefahr des Raubbaus noch nicht akut.

Und auch die alten Fangmethoden mit

101

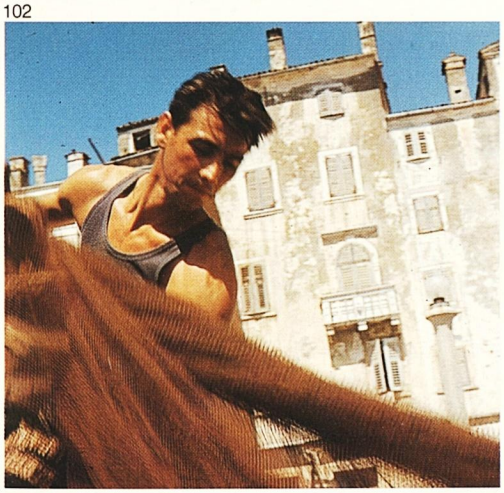
»Tonaren« haben den Thunfischbestand nicht gefährdet. Man kann diese großen Stellnetz-Anlagen noch gelegentlich sehen, etwa in Dalmatien, und erkennt sie von weitem an den hoch über die Küste aufragenden Leitern, die den Ausguck tragen. Doch von diesen Hochseefischern soll erst später ausführlich die Rede sein.

All das trägt zu dem bescheidenen Einkommen der Klein-Küstenfischerei bei *(**102, 103**)*, hängt aber gleichzeitig von den Produzenten in der Felsenwelt ab, letztlich von der Produktion der Algenwälder.

Die bescheidene Variante war von Anfang an mit Erfolg gekrönt – doch Erfolg, so meint man, zieht Erfolg nach sich, und ein Mehr des Guten scheint das Bessere zu versprechen.

Was die Klein-Küstenfischerei *(**104, 105, 106, 107**)* noch geschont hat, wird durch die industrielle Fischerei bereits arg bedrängt. Heute ziehen schon Hunderte Hochseeschiffe aus aller Herren Länder, selbst aus Japan, auf Thunfisch- und Sardinenfang durch das Mittelmeer. Schnelle Schiffe mit modernen Großnetzen, die

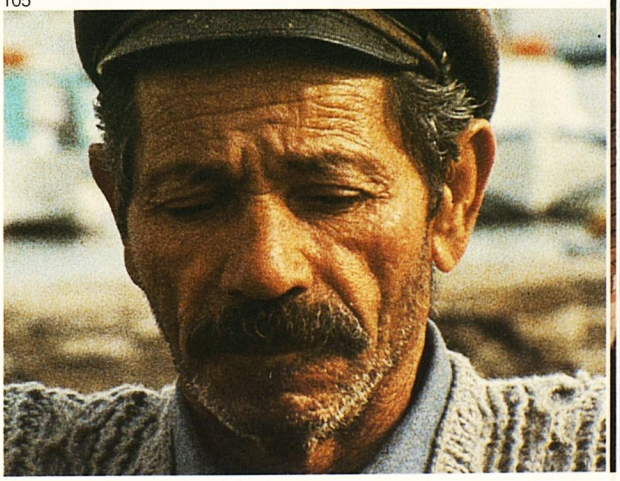
102



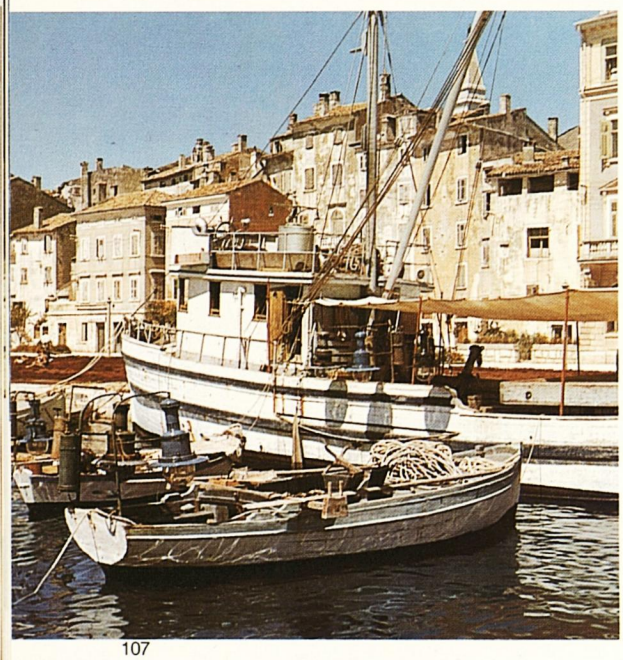
104

103

105



106



107

nicht nur die Thunfischbestände grausam dezimieren, sondern Mengen der miteingeholten Delphine töten.

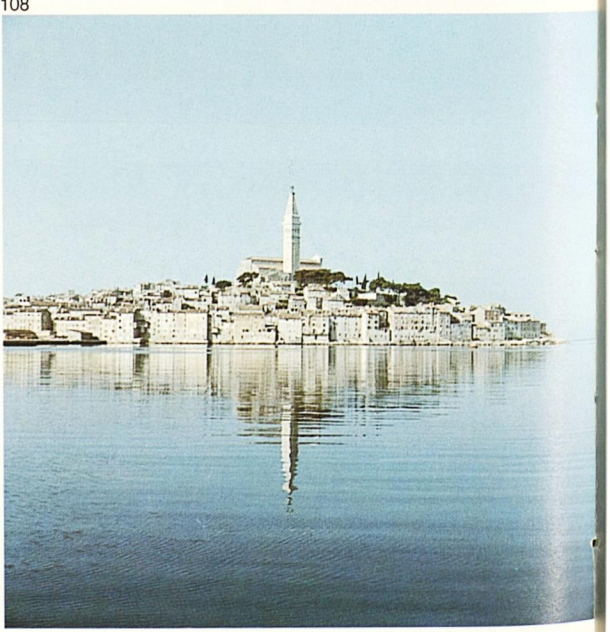
Der Protest ist weltweit – allerdings hat sich bisher noch kein Erfolg abgezeichnet.

Der Störfaktor »Mensch«

Das alte Lied ist uns bekannt: Wir sind zu viele geworden, und die vielen sind zu unbekümmert. Aus den kleinen Städtchen *(**108, 109**)* wurden Metropolen, aus Fischerdörfchen wurden Sammelplätze für Touristen, aus den Wäscherumpeln wurden Waschmaschinen und aus verträumten Buchten Öl-Umschlaghäfen. Und nun wälzen sich Phosphate, Nitrate, Schwermetalle und Öle tonnenweise in die See hinaus.

Aber auch die Idylle des Erholungsortes, die einsame Küste, beginnt sich zu bevölkern *(**110, 111**)*. Wir sind zu tüchtig, zu mobil geworden – und wieder zu unbekümmert – und überschwemmen die See mit unserer meist ungeklärten Jauche nun auch schon an offener Küste.

108



109

110

111

Belastetes Algenland

Aber wie können Häfen und Touristen-Zentren jemals das Leben der offenen Felsküsten beeinträchtigen? Nun, sie können es. Da die Küstenströmungen gerade jene Verbindungen, die den Lebenszyklus der Algenwälder stören, weit hinaus ins Meer führen.

Selbst weit draußen, an der offenen, unbewohnten Küste, wo das Wasser noch recht klar erscheint, ist es mit Phosphaten und Nitraten überladen. Man sollte sich diesbezüglich nichts vormachen. Die Durchsichtigkeit einer Flüssigkeit, man denke nur an eine Säure oder Lauge, ist noch lange kein Hinweis auf ihre Harmlosigkeit.

Freilich sind die Ballungsgebiete und Flußmündungen den stärksten Belastungen ausgesetzt. Am schlimmsten sind die Gebiete mit wenig Strömung und Wasserreserve betroffen. Das sind blinde Enden von Meeresteilen und Seitenbuchten mit einem flachen Seeboden und wenig Reserve an Tiefenwasser, um einen Austausch herbeizuführen.

Doch von da greifen die Folgewirkungen schon fast auf alle angrenzenden Küsten über. Wie schädlich das Küstenwasser tatsächlich ist, verrät die Vegetation der Algen als erstes.

Diesen Zustand überhöhter Phosphat- und Nitratspiegel nennt man »Eutrophierung«, eine Art Überfütterung oder Überdüngung der Wasserpflanzen. Warum aber sollte die Überfütterung so sehr stören?

Nun, wir müssen beginnen, in System-Zusammenhängen zu denken und alle Komponenten verflechten, um das zu erklären.

Man kann sich nämlich nicht nur dar-

auf verlassen, daß die Überdüngung durch stärkeres Wachstum sich selbst wieder regulieren werde. Das geht nur bis zu einem gewissen Grad, nämlich dem der Selbstreinigung, mit dem ein Ökosystem von Natur aus ausgestattet ist. Aber die Eingriffe, die es auszugleichen vermag, indem es in seinen semistabilen Zustand zurückschwingt, dürfen nicht größer sein, als die, mit denen es in den letzten Jahrtausenden fertigwerden mußte. Diese Anpassungszeit gab keine Ursache, sich für noch gröbere Stöße bereitzuhalten.

Noch eines sollte man nie vergessen: Ein Mehr des Guten muß nicht zum Besseren führen. Selbst ein See von Schlagobers, fielen wir in ihn hinein, würde unseren Gaumen nur wenige Minuten lang erfreuen. Bald darauf wären wir erstickt.

Verlust des Gleichgewichtes

An vielen mediterranen Felsküsten findet man am Seegrund weite kahle Stellen, blanken Fels, der lediglich von unzähligen Seeigeln bevölkert ist *(**112**)*. So manche leidvolle Erfahrung mit abgebrochenen Stacheln in der Fußsohle mag man schon hinter sich haben.

Sollten die Seeigel die Ursache für die Plage sein? Was könnten sie mit der Überdüngung zu tun haben? Bei näherer Betrachtung klärt sich der Zusammenhang.

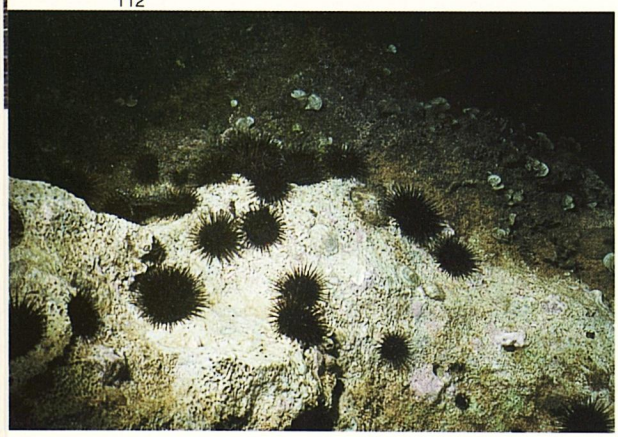
Uns Biologen ist zuerst aufgefallen, daß die Tange schon im Sommer ihren Herbstaspekt zeigen – so nennt man auch die Flaschenbürsten-Formen, die wir bereits kennen; jene Tange also, die als Folge der Überwucherung mit Epiphyten die Äste bereits abgeworfen haben.

Es sind also die Epiphyten, die durch die Überdüngung zu stark ins Kraut schießen, und der Rhythmus der Tange kommt dadurch aus dem Tritt. Sie werden zu früh überwachsen und werfen ihre Äste zu früh ab. Folglich wird der Bestand lichter, so daß die Seeigel eindringen können.

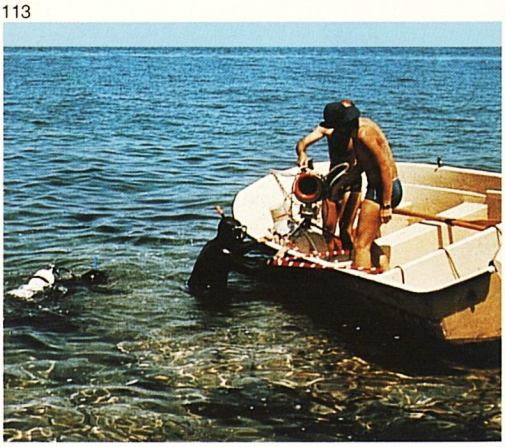
Ja selbst die Flaschenbürsten-Stämme, an die man sich (von Seite 50) erinnert, werden von den Tangen vorzeitig abgeworfen, um nicht zu ersticken, beziehungsweise um ihre Reserven nicht durch mangelnde Assimilation zu veratmen, und ziehen ihre Reservestoffe in die Basis, den Discus, zurück.

Es fehlt nun zunächst jenes mechani-

112

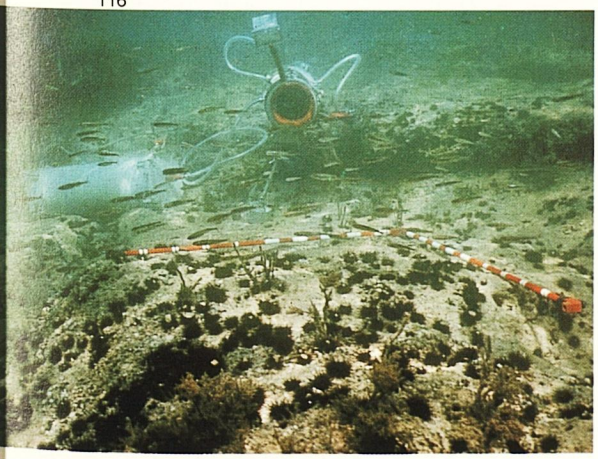


113



114
115

116



117

sche Hindernis, das die Seeigel einbremsen könnte. Sie wandern in Massen ein, fressen sich fett und vermehren sich nahezu ungehindert. Ihre Bewegung ist allerdings so langsam, daß erst der Einsatz unseres automatischen Zeitraffers *(**113, 114, 115**)* über diese Aktivität aufklärt.

Die Seeigel gehen beinahe wie eine Armee vor *(**116**)* und fressen die Flächen kahl. Sie nagen die Reste der Stämme ab, den Unterwuchs und selbst die Basalscheiben der Tange *(**117**)*.

Dadurch bricht das System zusammen, das die Phosphate und Nitrate hätte binden sollen, die ja vom Seeboden nach wie vor produziert werden, ganz abgesehen von jenen, die unsere Zivilisation im Überschuß hinzufügt.

Gleichzeitig setzt die Filterwirkung aus. Geschwebe und Sinkstoffe kumulieren, die dem Wasser bisher von jenen passiven und aktiven Filtrierern. entzogen wurden, die auf den riesigen Oberflächen der Algenwälder zu Hause waren.

Und mit den Primärproduzenten, den Algen, verschwinden auch alle weiteren Glieder der Nahrungskette, bis schließlich mit den Fischen auch die Klein-Kü-

stenfischerei zugrunde geht. Im Sommer werden die Fischerboote zu Ausflugsbooten – dann ergreift der Tourismus von den kleinen Fischerhäfen Besitz, um sie im Winter menschenleer zurückzulassen.

Grenzen biologischer Regulation

Natürlich ist diese Deutung vom Verlust des Lebensgleichgewichtes der Tangwälder Theorie, das sagte ich ja bereits – aber, so scheint mir, die plausibelste, die wir derzeit besitzen.

Biologisch wäre ja nun mit Regulation zu rechnen, denn wo die Beutetiere überhandnehmen, werden sehr bald die Räuber mit ihrer Vermehrung aufholen. Doch bereits der prominenteste unter den Seeigel-Räubern, der Eisstern *(118)*, fehlt im Ostmediterran und steigt außerdem selten über die 20-Meter-Linie. Ebensowenig hat sich die aggressive Luida vermehrt, ein Seestern mit meist sieben und sehr flachen Armen, und ist heute sogar nur mehr selten anzutreffen.

Warum also haben sie sich in den letzten Jahrzehnten nicht in Mengen entwikkelt und wagen sich nach oben, wo ihr Tisch so reich gedeckt scheint?

118

Setzen wir solche Arten in der Seeigel-Halde aus, so zeigt sich aus der Nähe betrachtet die Gegenwehr eines überraschten Seeigels. Seine Stacheln wenden sich wie ein Lanzenwald, und Fahnen von Schleim erschweren den Saugfüßen des Seesternes das Anfassen.

Bei der Beobachtung über längere Zeit hilft wieder unser Zeitraffer. Im Gegensatz zu einem Schnorchler, der bloß Minuten, und einem Gerätetaucher, der für etwa eine Stunde Luft und Geduld hat, um zu beobachten, faßt uns der Raffer die Ergebnisse geradezu beliebig langer Zeiträume zusammen.

Ich denke dabei besonders an das, was im Laufe einer Nacht passiert, was uns üblicherweise völlig verborgen bliebe.

Vorausgesetzt, daß kein Netz eines Fischers und keine Ankerkette einer Yacht das Gerät umwirft, ein Taucher es zu grob visitiert oder gar mit nach Hause nimmt. Deshalb empfiehlt es sich, selbst sein Lager an der Szene aufzuschlagen *(119)*.

Der Raffer enthüllt die erstaunlich geringe Effizienz der Räuber. Die Seeigel flüchten oder sind nicht vom Fels zu lösen, und die Räuber räumen unverrichteter Dinge wieder das Feld.

Offenbar ist die Verankerung der Seeigel am blanken Fels zu perfekt. Verwundbar scheinen sie nur in exponierten Lagen, wie auf dem unsicheren Untergrund des Algenwaldes. Doch dieser fehlt. Und bei wohlverankerten Seeigeln ist mit einer effektiven Regulation durch die Räuber nicht zu rechnen. Ein ganzer Lebensraum ist, wie es scheint, unwiederbringlich zerstört. Unwiederbringlich? Könnten wir nicht selbst eingreifen?

119

Die Seeigelschlacht – eine Groteske

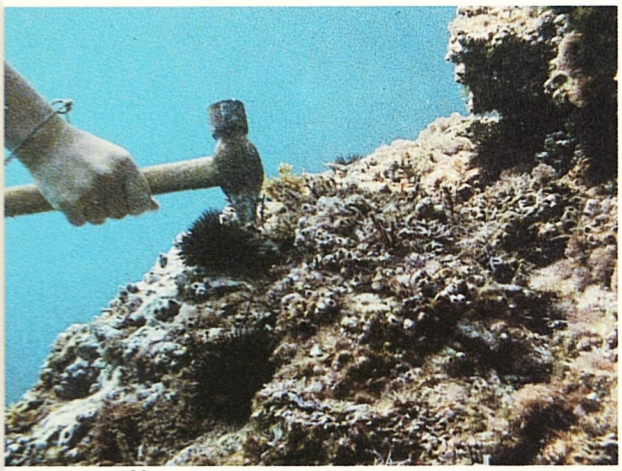
Betrachten wir also nochmals unsere Kenntnis sowie ihre Grenzen.

Natürlich ist unsere Deutung der mangelnden Adaptierung der Räuber an die neue Situation wieder nur Theorie. Und vielleicht steht sie auf noch unsichereren Beinen als die Theorie, daß der Jahres-Rhythmus der Algen durch die Überfütterung der Epiphyten aus dem Tritt gerät.

Obwohl unsere meeresbiologischen Kenntnisse bereits ganze Bibliotheken füllen, wissen wir, was die meisten Einzelheiten »am Tatort« anlangt, noch viel zu wenig. Nun gibt es aber noch eine ganz andere Einsicht, die wir nicht unserem Zeitraffer verdanken, sondern der Folge des Tourismus. Sie wertet nicht die Ereignisse von Tagen aus, sondern von Jahren.

Die Seeigel an der Felsküste fordern ja bekanntlich ihren Tribut, besonders von solchen Touristen, die barfuß oder ohne Flossen ins Wasser steigen. Im Wellenschlag und auf dem unebenen Grund der Felsen kann schon mancher das Gleichgewicht verlieren und verunsichert herumtappen. So wird oft auf Seeigel gestiegen und gelitten. Einmal eingetreten, brechen die Stacheln ab und sind, wie man weiß, nicht leicht zu entfernen.

Und da gerade in den Ballungsgebieten die Tangwälder zerstört und die Seeigelhalden häufig sind, hat so manche Hotelverwaltung ein paar Schnorchler gedungen, die Seeigel zu »vernichten«.



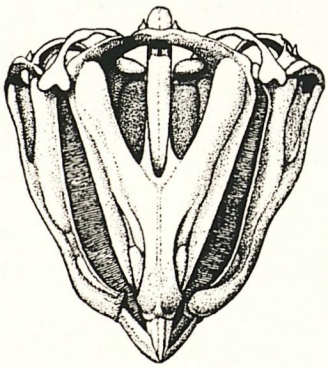
120

Die Selbsthilfe schien zunächst vielversprechend *(**120**)*, denn schon ein leichter Schlag mit dem Hammer auf die Schale tötet sicher und gibt die Reste als Futter preis.

Aber das Eingreifen des Menschen hat sich bisher als wenig wirksam erwiesen. Für den Augenblick wird den Fischen etwas Futter verschafft *(**121**)*, doch im Handumdrehen ist die Szene wieder leere Wüste. Die Jungformen werden nämlich nicht zerstört, die Nachbarn füllen die Lücken, und nach einigen Wochen bietet sich ein Anblick dichter Bevölkerung. Zudem entstehen durch den Eingriff ideale neue Besiedlungsflächen für die Seeigel der nächsten Generation, und in Monaten hat sich die Besetzung der Halde nur noch vermehrt.

121

Warum aber kommen die Algen nicht zurück? Nun, sie kommen zurück. Millionen winziger Keime kommen aus dem Geschwebe und versuchen auf den für sie scheinbar nicht minder idealen neuen Besiedlungsflächen ihr Glück. Doch ein Heer von Seeigeln erwartet sie dort, und jedes Pflänzchen, das sich allmählich greifbar macht, wird von den ohnedies ausgehungerten Tieren mit fünf scharfen



122

Zähnen, der sogenannten »Laterne des Aristoteles« *(**122**)*, abgeschabt und verzehrt – die Halde bleibt wie gehabt *(**123**)* völlig leer.

Seeigel sind nämlich virtuose Hungerkünstler. Im Prinzip bleibt die Halde der Seeigel stabil, weil sie länger hungern können als alle anderen Arten des Systems – selbst als die Algen; man vermutet bis zu einem Jahr.

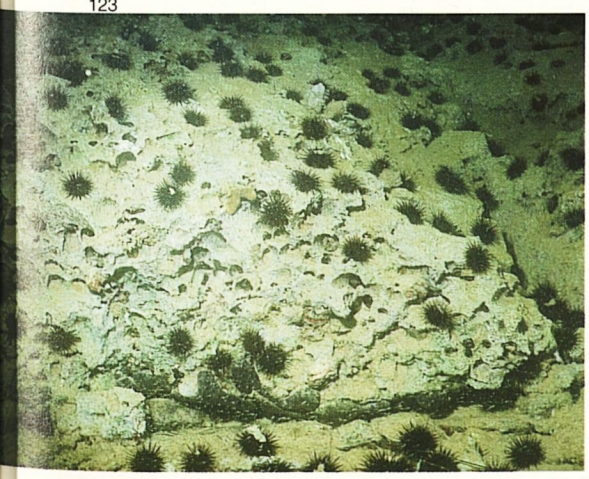
Müssen wir Zerstörer bleiben?

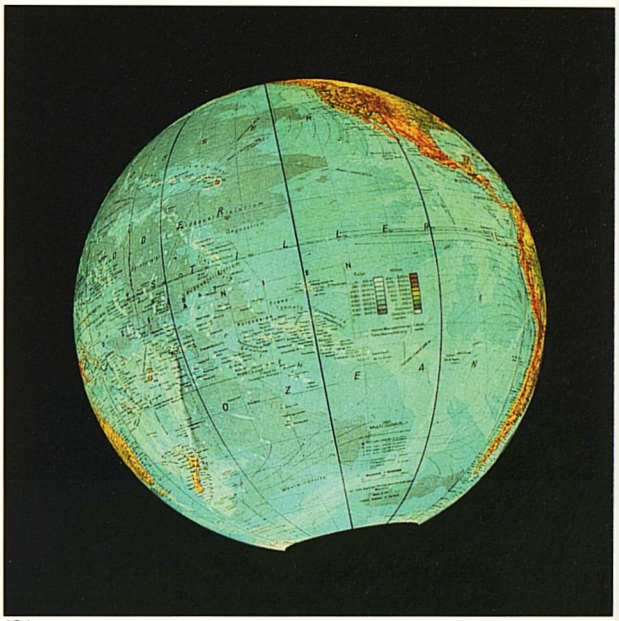
Man sollte es nicht für möglich halten, daß wir Menschen in der Lage sind, die See zu ruinieren. Wer je mit einem kleinen Schiff über den Pazifik gereist ist, würde das glatt von der Hand weisen. Zu gewaltig erscheint der Wasserkörper *(124)* und zu bescheiden die Besiedlung durch den Menschen.

Zwei Drittel der Erde sind vom Meer bedeckt, doch nicht nur bedeckt: Das Volumen ist so gewaltig, daß, wären die Kontinente eingeebnet, die gesamte Erdoberfläche 2 500 Meter unter Wasser läge.

Nun, im Mediterran ist das anders zu sehen; wie bei allen Randmeeren, deren Wasseraustausch mit den Ozeanen zu gering ist. Und noch gravierender in den Flachstufen des Mittelmeeres, wo auch der »interne Austausch« mit den Wasserreserven aus den Tiefen reduziert ist. Was also dort an Zerstörung beginnt, kann,

123





124

wie wir gesehen haben, weder von den mediterranen Tiefengebieten, noch vom Atlantik und schon gar nicht vom Pazifik aus regeneriert werden.

Was tun?

Es fragt sich eher, was wir tun können. Und wer ist »wir«?

Ich, der ich am Mittelmeer mein Brot verdiene *(125, 126)*? Ich, der ich hier meinen wohlverdienten Urlaub verbringe *(127)*?

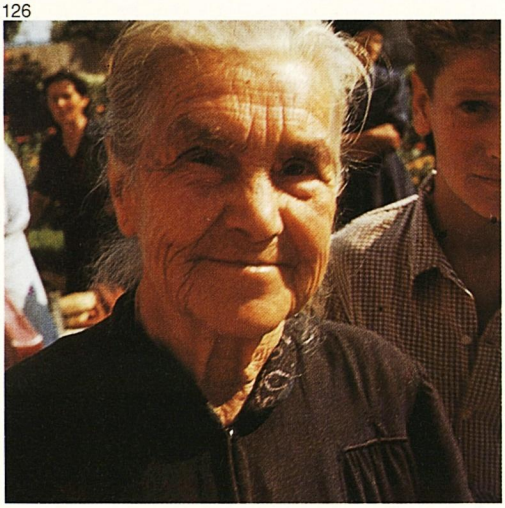
Wir sind wohl einfach zu viele geworden, zu mobil, zu anspruchsvoll, und wir drängen zur falschen Zeit ans Meer, da es gerade aufgrund der hohen Temperaturen am empfindlichsten ist.

Aber gegen zu viele ist am wenigsten zu machen. Vielleicht ist etwas mit unserer Vernunft anzufangen.

Fragt man, warum es mit unserer Vernunft so unvernünftig zugeht, dann sieht

125

126



127

man gleich, daß hier offenbar von zweierlei Vernunft die Rede ist. Einmal meint man damit den klaren Verstand gegenüber dem des dummen Viehs, ein andermal spricht man den Lebenserfolg an, und der hat naturgemäß den Überlebenserfolg zur Voraussetzung. Was wir also tun sollen, ist, uns selbst besser kennenzulernen, und unseren Anteil am Zusammenhang der Natur, die uns erhält.

Wir sind possessive Wesen, keine Frage. Wir wollen unsere Lebensumstände verbessern und die unserer Kinder. Aber wir sollen wahrnehmen, daß unsere Gesellschaft in eine Welt hineingestolpert ist, in der versucht wird, die Lebensqualität nur mit Stoff- und Energieumsatz zu heben. Welch ein Irrtum!

Wir haben das Bibelwort, uns die Erde untertan zu machen, vielleicht mißverstanden. Denn wir bemerken heute nur zu deutlich, daß auch wir ihre Untertanen sind. Wir lernen die Empfindlichkeiten, die sensiblen Stellen dieser Natur kennen, von der wir leben; und wir sollen von dieser Kenntnis mit Vernunft Gebrauch machen.

Was wir tun müssen

Haben wir Urlauber uns je gefragt, wie unser Hotel ausgestattet ist? Nicht mit Disco oder Minigolf, sondern ob die Abwässer des Hotels in eine Kläranlage münden oder, wie so oft, ungeklärt ins Meer fließen. Haben wir bedacht, daß wir oft im eigenen Unrat baden oder in dem der Zimmernachbarn? Haben wir unseren Aufenthalt, oder besser unser Kommen, von solchen Installationen abhängig gemacht?

Freilich sind solche Anlagen kostspielig, und der Verdienst mag bei der Kon-

kurrenz steigen, wenn man darauf verzichtet. Aber so mancher Hotelier würde die Installation eher in Erwägung ziehen, wenn die Gäste plötzlich ausblieben. Seien wir doch in dieser Hinsicht dem Druck der Konkurrenz behilflich.

Freilich sind wir Touristen nicht an allem schuld – aber immerhin beteiligt.

Und gilt die Frage, was wir tun können, dann lautet die Antwort: Auf Sauberkeit bestehen, überlegen, ob die Hauptsaison nicht zu vermeiden wäre; ob es wieder die Ballungsgebiete sein müssen, die wir aufsuchen; ob der schwere Camper *(**128**)*, das große Boot wirklich für die Erholung notwendig ist. Ist es nicht absurd, mit 40 PS außenbords herumzuknattern, anstatt zu rudern, und die Muskeln dann im dumpfen Fitneß-Keller des Hotels zu strapazieren?

Kurz: Wir sollen nachdenken. Und viele tun das ja bereits. Die Naturschützer nehmen allerorts zu, und wir sind mit ihnen in bester Gesellschaft.

Doch auch wir, die wir am Mediterran Fabriken lenken, den Handel oder den Transport, oder uns geplagt fühlen, in diesen Unternehmungen unseren Unterhalt zu bestreiten, sind beteiligt.

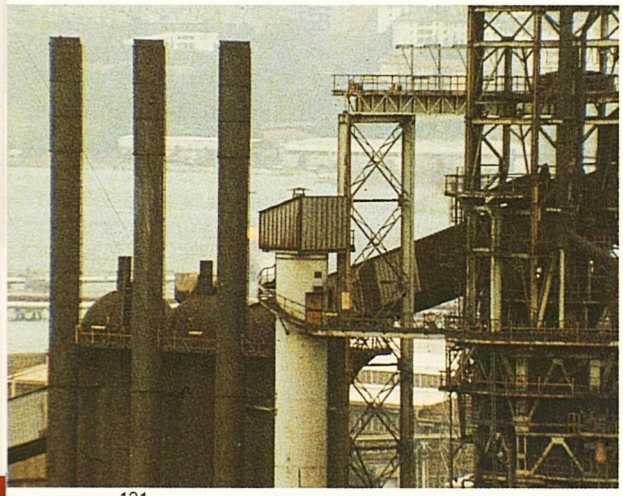
Haben wir unsere Stadtväter gefragt, ob alles zur Sauberkeit getan ist *(**129**)*? Haben wir selbst bedacht, wie wir die Umwelt schonen könnten? Hat unser Gemeinderat auch die verantwortungsvollsten Persönlichkeiten versammelt? Denn es gibt noch genug überfrachtete Kläran-

128

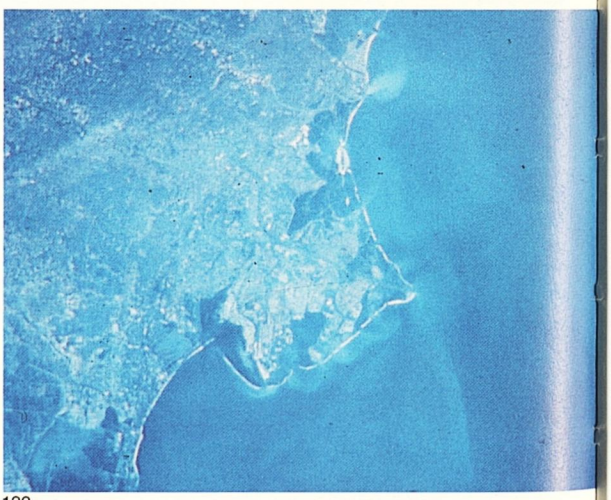
129

130

132



131



133

lagen in den Städten, genug Städte, Hafenanlagen *(**130**)* und Fabriken, die ihre Abwässer überhaupt nicht klären, sondern einfach ins Meer schütten *(**131**)*. Und überall finden wir noch das Nebeneinander von Prachtbauten neben düsteren Kloaken mit verheerendem Auswurf.

Aber nicht allein wir an den Küsten tragen die Schuld.

Da gibt es noch ein weites Land dahinter, in dem vielleicht die meisten von uns zu Hause sind, aus dem Schmutz und Gift in die See zieht. Und die Lasten, die es dem Mediterran zuführt, entsprechen dem Ausmaß und der Bevölkerungsdichte dieses Hinterlandes.

Haben wir jene, die wir als Repräsentanten gewählt haben, gefragt, ob für alles vorgesorgt wurde? Haben wir die Richtigen gewählt? Jene, die auch an die künftige Welt unserer Kinder gedacht haben? Denn auch wir im Hinterland sind in die Sache verstrickt, weil wir die Gifte über Flüsse *(**132**)* und Grundwasser einfach

134

fortziehen lassen, wo uns schon Bilder aus dem Weltraum den Schmutz, den wir anrichten, vor Augen führen *(**133**)*; weil wir, ohne zu denken, das Meer, das uns fern erscheint, zur Endstelle, zur Letztkloake dieser Welt degradieren. Dabei haben wir uns alles so schön gedacht – aufgeklärt und industrialisiert, gebildet und automatisiert wie wir sind; freuen uns noch an idyllischen Küstenbildern *(**134**)* und Buchten, der angestrebten »heilen Welt« unserer Urlaubsphotos – Erinnerungen.

Dennoch haben wir das Mittelmeer und unsere Rolle in ihm nicht ganz verstanden und zerstören in ihm einen seiner wichtigsten Lebensräume – die Algenwälder seiner Felsenwelt. Fänden Sie nicht auch, daß es schade wäre, wenn diese zauberhaften Algenwälder der Felsküste zugrunde gingen? Zumal wir nun wissen, worauf es ankommt, sie zu erhalten – diese Fülle unwiederbringlicher Arten, ihre Bedeutung für die Fischerei und vor allem für die Reinhaltung dieses so bedeutenden Teils des Mediterran.

Die Welt des Sandes

Wird sich in der »Welt des Sandes« eine ganze Lebenswelt finden lassen, wie wir sie von der Felsenwelt kennen? Tatsächlich hätte noch vor wenigen Jahrzehnten ein solches Kapitel nicht geschrieben werden können: Der Sand hielt lange Zeit seine Geheimnisse verborgen. Wir danken die Weitung unseres Horizonts Zoologen wie ADOLF REMANE, die erstmals »zwischen die Sandkörner« sahen. Und erst als sich dort eine erstaunliche Lebensfülle zeigte, begannen sich Biologen weithin für den nun entdeckten Lebensraum zu interessieren. Und heute kennen wir ihn als einen der wichtigsten des Meeres.

Was die Welt des Sandes ist

Die Küsten der Meere sind erstaunlich lang: zwei Millionen Kilometer. Und 80 Prozent davon nehmen allein die Sandstrände ein.

Von einer Dimension dieser Größenordnung kann man sich nur mit Hilfe eines anschaulichen Vergleichs ein Bild machen. Die Strecke würde zweimal zum Mond und zurück reichen und ließe sich vierzigmal um den Äquator legen.

Das ist begreiflicherweise auf die komplizierten Umrisse der Kontinente zurückzuführen, auf die vielen Inseln und Inselchen und die Differenzierung all ihrer Küsten in Buchten, Meeresarme und Systeme von Lagunen. Dennoch ist diese Strecke überraschend lang. Und man wird voraussehen, daß ein belebtes System *(1)*, das man vierzigmal um den Äquator wickeln könnte, auch einen beträchtlichen Einfluß auf das Leben des Meeres haben wird.

Was sich dem Auge nämlich leicht entzieht, sind die Bewohner der Sandküsten, noch mehr aber ihre biologische Funktion für das Meer. Sie sind teils so winzig, daß sie im Lückensystem zwischen den

1

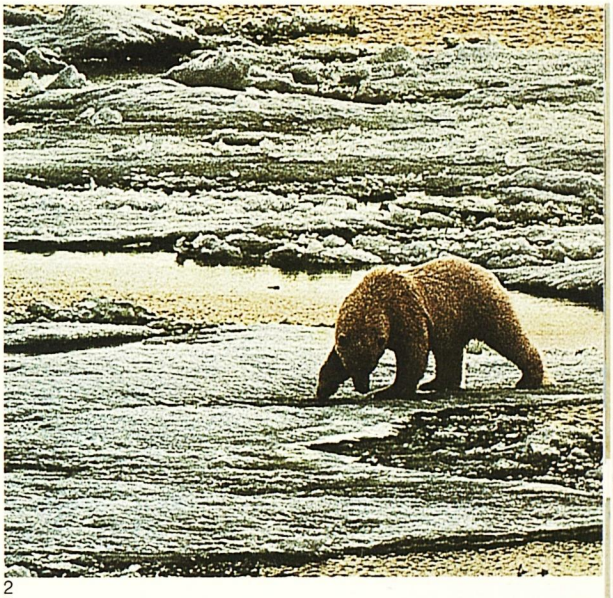
Sandkörnern herumschlüpfen können, und auch die größeren Sandbewohner haben nicht nur die Möglichkeit, sondern tun sogar gut daran, sich zu vergraben. Diesem Zusammenhang wollen wir zunächst einmal nachgehen.

Warum die Sandstrände so lang sind

Sandstrände bauen selbst an der Verlängerung der Küstenlinien. Man kann das schon im Atlas belegt finden. Was man im Mediterran Lido und Lagune nennt, kennt man in Nordeuropa als Haff und Nehrung und in den USA als Outer Banks und Sound. Es handelt sich um dieselbe geomorphologische Struktur, also um eine Landschaftsform gleicher Art und gleichen Ursprungs.

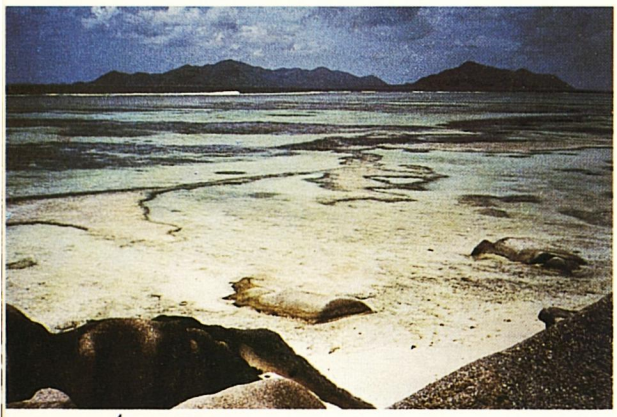
Im wesentlichen beruhen diese Formen darauf, daß Sand ein besonders mobiler Untergrund ist und leicht transportiert wird. Er bildet Sandbänke vor den Küsten, Sandinseln und Inselketten, die sich mit der Küstenströmung vereinen und in die Länge ziehen und bereits in historischen Zeiten ihr Wandern erkennen ließen.

Sandstrände gibt es an allen Küsten der Welt. Von den Polarmeeren *(**2**)* bis zu den Tropen. Der Palmenstrand ist ja geradezu ein Symbol für das Tropenmeer *(**3**)*. Auch daß kleine Inseln und Atolle vorwiegend von Sandstränden gesäumt sind, hat wieder seine Gründe. Meist sind sie nämlich von Riffen umgeben, die dicht an die Wasserlinie heranreichen. Dort werden die Brandungskräfte beinahe zur Gänze gebrochen, und übrig bleiben Restwellen, die gerade stark genug sind, Sand an die Küsten zu schaffen, ohne ihn jedoch wieder abzutragen *(**4**)*.



2

3



4

5

Im Mediterran sind diese Formen typisch für Venedig, die Große und die Kleine Syrte, die Mündungsgebiete des Nils und der Rhône und viele andere Orte *(in **5** gelb eingetragen)*.

Selbst auf Karten im Maßstab von eins zu zehn Millionen kann man die Sandstrände sicher an den weiten Schwüngen ihres Verlaufs sowie an den häufig gebildeten Lagunen erkennen. Daß die Welt des Sandes weit in die See hinausreicht, soweit die Schelfgebiete der Kontinente reichen, wird uns später noch beschäftigen.

Woher der viele Sand kommt

Nun kann man sich fragen, woher wohl der viele Sand kommt – und warum von so vielen Sedimentformen gerade diese. Denn es versteht sich von selbst, daß ein Lebensraum von so spezieller Art für das Leben im Meer von einer besonderen Bedeutung ist.

Sand ist nun überwiegend ein Produkt der Bewegungsenergien unserer Biosphäre – von Wind und Wetter.

Während die Kräfte der Tektonik, die in geologischen Zeiträumen Gebirge auffalten, wirksam sind, arbeitet die Erosion vor allem mit hydrodynamischen Kräften an deren Abtragung. Zunächst sind es Hitze und Frost sowie das Gleiten der Gletscher, die an den Flanken der Gebirge nagen, Felsbrocken absprengen und in die Tiefe stürzen lassen. Sobald loses Material auf den Hängen liegt, beginnt das herabstürzende Wasser es in Bewegung zu setzen. Es entsteht eine gewaltige Gesteinsmühle, die die Blöcke zu Geröll, Kies, Sand und schließlich zu Schluff zerkleinert *(**6, 7**)*. Und es bedarf nicht mehr viel Phantasie, sich vorzustellen, was die Erosion etwa aus den Alpentälern abgetragen, zermalmt und abtransportiert hat.

Alles Material, das zwischen den Bergen fehlt, und genaugenommen noch viel mehr, ist in geologisch gar nicht langer Zeit abgetragen worden und füllt die Niederungen und Küstenebenen der Kontinente, wird aber größtenteils über die Flüsse und Deltas weiter in die See geschwemmt.

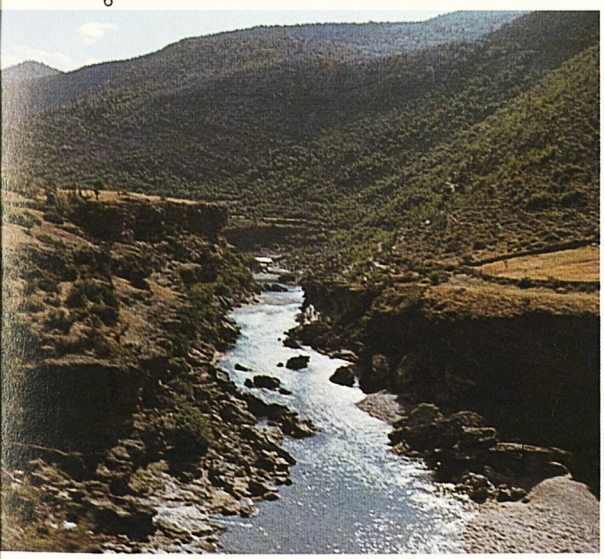
Aber auch die Küste selbst ist Quelle solcher »terrigener«, das heißt von den Kontinenten stammender, Sedimente. Die kinetischen Kräfte sind nun die des

Windes, der die rollende Bewegung des Seegangs erzeugt, welcher, in Küstennähe in Brandung umgesetzt, seit Jahrmillionen an den Küsten nagt *(**8**)*.

An den Hohlkehlen exponierter Kaps, wir begegneten diesen schon in der Felsenwelt, treten ungeheure Staudrucke auf: bei großen Wogen bis zu 100 Tonnen pro Quadratmeter.

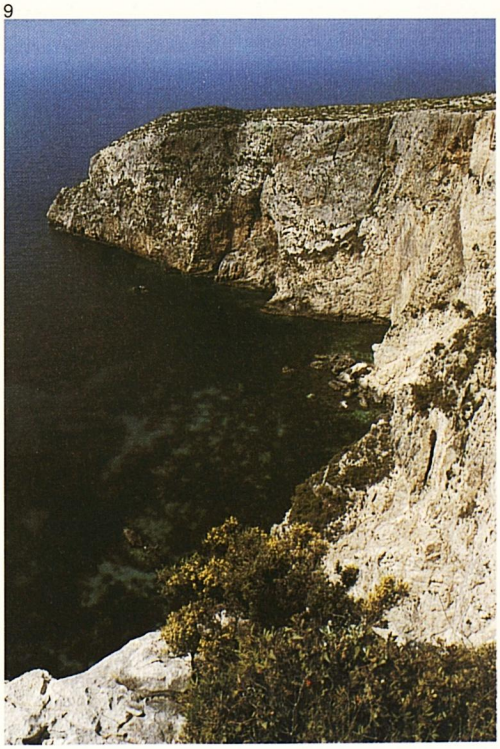
So ist den Küsten leicht anzusehen, wie ihre Formen zustande kamen: im Dolomit *(**9**)*, im weichen Vulkantuff *(**10**)* oder

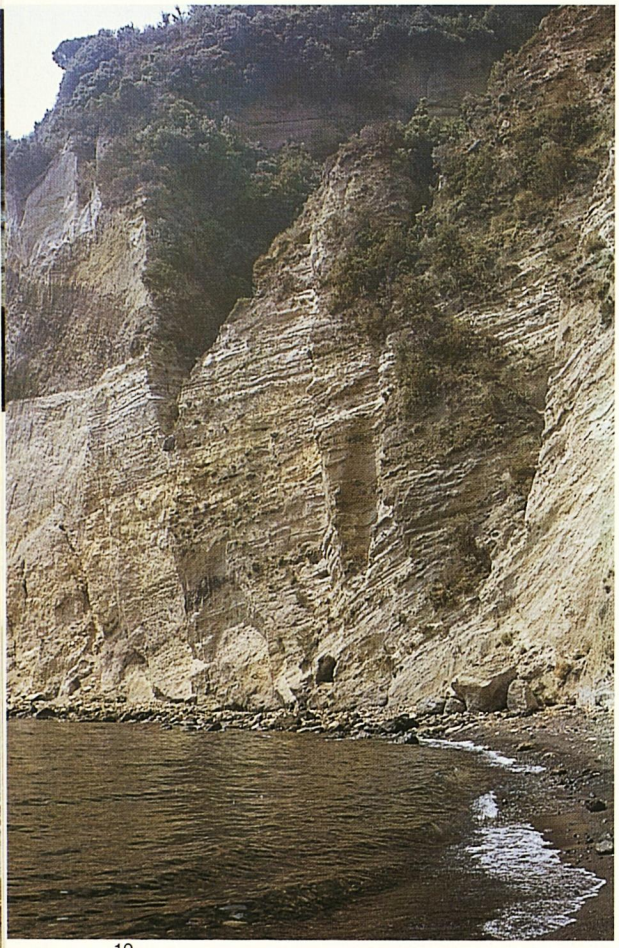
6



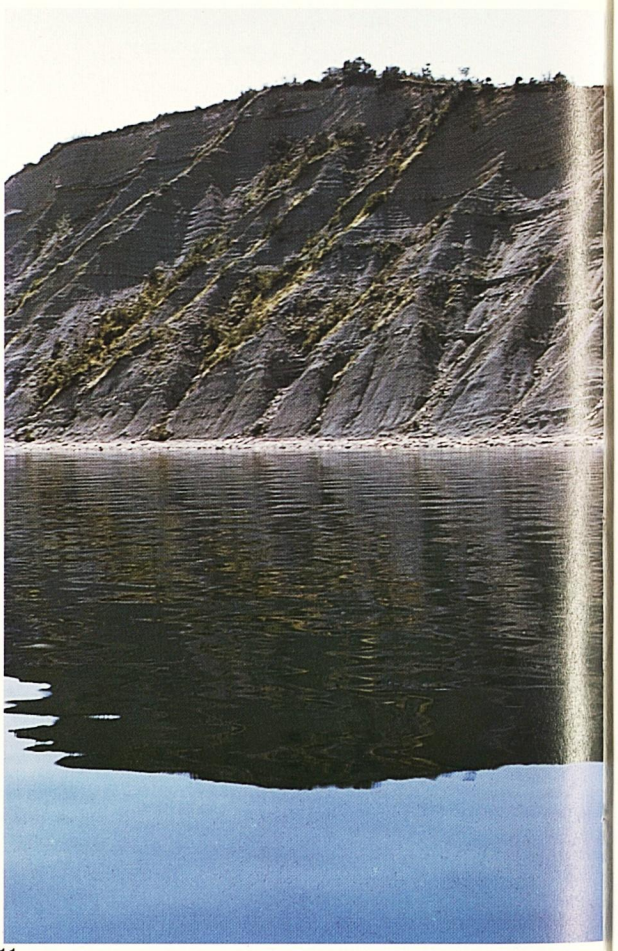
7

8
9





10



11

in Konglomeraten oder losem Sedimentgestein *(11)*. Da kann man besonders leicht erkennen, wie die See die Küste bearbeitet und Geröll und Sand direkt vor den Kliffs aufgeschüttet hat.

Aber die Windenergie kann auf noch einem anderen Weg Sand ins Meer schaffen. Dort, wo der Sand in rauhen Mengen vorhanden ist, fegt der Sturm ihn direkt in die See. Man findet die feinen Fraktionen von Saharasanden in den Sedimenten des Mittelmeeres bis hin zu denen der Nord-Adria.

Sand aus dem Meer

Neben den kontinentalen Sanden produziert das Meer freilich auch seine eigenen; und man stellt diese als »thalassogene« Sedimente den »terrigenen Sedimenten« gegenüber.

Im Mittelmeer spielen diese »thalassogenen« Sedimente allerdings eine ganz untergeordnete Rolle. Ihr Ursprung ist leicht zu erkennen, wenn man mit einer Handvoll Sand auch gleich eine Menge an Muschelschalen, Schalenstücken und –

etwas schlechter zu erkennen – Muschelgrus zutage fördert. In diesem Fall sind es die Kalkschalen von Meerestieren, die ein wenig zu den Sandküsten des Mittelmeeres beitragen *(12)*.

An den Korallenküsten der Tropen verhält es sich genau umgekehrt. Die nahezu unerschöpfliche Kalkproduktion der Riffe läßt alles abgestorbene Material, das in der Brandung zerbricht, als Korallenschutt die Abhänge der Riffe oder die Strände dahinter füllen *(13)*. Die Atolle bestehen schließlich nur mehr aus Korallenschutt und -sand. Ja die Riffe selbst wachsen auf ihrem Schutt empor und weiten sich zu den für sie typischen Ringformen aus.

Welches die Beziehungen des Menschen sind

Im Mediterran hat der Sandstrand lange Zeit zu seinen einsamsten Gebieten gezählt. Noch in den sechziger Jahren konnte man im Mittelmeer Strände finden, die, außer den Spuren einiger Ziegen, völlig unberührt waren.

12

13

Die Fischer gaben den Häfen an den Felsküsten den Vorzug, denn nur dort ließen sich ohne allzu großen Aufwand stabile Molen errichten, die vor rauhem Seegang schützten und das Verladen von Gütern erleichterten. Nur für die kleinen Boote waren die Sandbuchten noch willkommene Liegeplätze. So kam es, daß nur die Ärmsten an den langen, offenen Stränden zurückblieben.

Der Badestrand ist ein Phänomen des modernen Tourismus. Da die meisten Bauern und Fischer nicht schwimmen konnten, duschten sie bloß im seichten Wasser bei den Booten oder vor ihren Feldern. Und noch in den fünfziger Jahren, wenn sich die Bauernmägde von der staubigen Olivenernte kühlten, blieben sie in ihren langen Unterkleidern und im hüfttiefen Wasser. Keine konnte schwimmen. Wieviel also hat sich in nur einer Generation verändert!

Freilich begann die »kühne« Avantgarde schon um die Jahrhundertwende im Meer zu baden – in Triest, Venedig oder Nizza *(14)*. Aber man war dabei noch reichlich bekleidet. Die Damen kamen überhaupt erst bei Sonnenuntergang an den Strand und trugen ausladende

14
15

16

Hüte, um ihren blassen Teint zu bewahren.

Man bevorzugte dabei eine Art schwimmender Badeanstalten, wie man diese von den Flüssen und Binnenseen gewohnt war *(15, 16)*, denn draußen an den offenen Küsten gab es keine Straßen, Läden oder Hotellerie – was wir Infrastruktur nennen –, kurz, die Strände blieben weithin einsam.

Das hat sich heute, weiß Gott, geändert.

In weniger als dreißig Jahren ist ein Sonnenland entstanden, das so neu ist wie unserer Generation selbstverständlich. Die Liegestühle stehen in endlosen Reihen, und mancher ist hoch zufrieden, wenn ihm sein Platz schon in der 15. Reihe zugewiesen wird. Die Kulisse zu diesem Alptraum bildet die Skyline einer Hotelstadt, und das Gewimmel wird bisweilen so dicht, daß man von Glück reden kann, wenn man überhaupt bis zum Wasser vordringt *(17, 18)*.

Viele dieser Städte werden im Winter zu Geisterstädten. Doch manche sind selbst schon so groß geworden, daß sie ihre eigene Infrastruktur bilden, ein Heer von Handwerkern zu Betreuern haben, die im Winter bauen und reparieren, was im Sommer zu klein, zu eng oder zu schäbig geworden ist.

Eine Sonnenwelt, die uns schon selbstverständlich erscheint und uns zu der Annahme verleitet, daß das, was wir selbst gerade noch ertragen oder aber im Gedränge suchen, auch das Meer noch ertragen könnte. Mit den Konsequenzen dieses Trugschlusses, auf die wir so gut wie gar nicht vorbereitet sind, werden wir uns noch eindringlich befassen.

17

18

Leben auf Sand gebaut

Wir können davon ausgehen, daß die Sandstrände so alt sind wie das Meer selbst, und es gibt gute Gründe für die Annahme, daß das Leben nicht im offenen Meer, sondern in den Küsten-Sedimenten entstanden ist.

Das muß zu einer Zeit gewesen sein (vor etwa 3½ Milliarden Jahren), als es noch keinen freien Sauerstoff in unserer Atmosphäre gab, die noch überwiegend aus Schwefelwasserstoffgas bestand und so dick war, daß die Sonnenstrahlen noch nicht an die Erdkruste vordringen konnten.

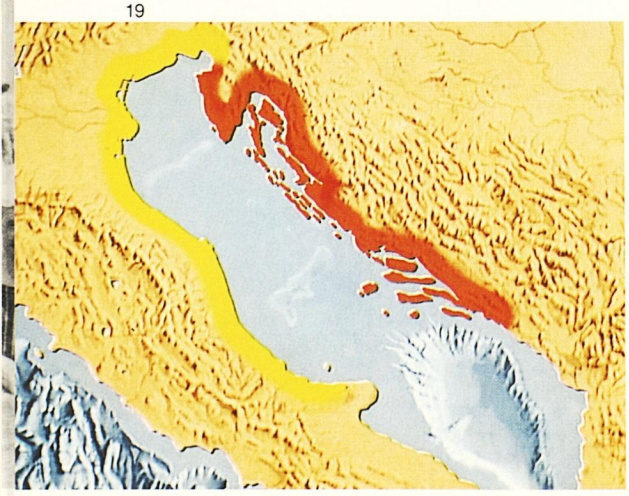
In den Sedimentstränden des Urmeeres jener Zeit ist das Leben entstanden, mit bakteriengroßen Kreaturen, und hat sich von dort über die Meere verbreitet. Freilich nahmen mit der zunehmenden Erosion auch die Sandstrände zu, und sie begannen, mit der Kontinentaldrift und der Gebirgsbildung die Ränder der Kontinente zu umschließen.

Und auch heute findet man sie überwiegend in den Regressionsgebieten; das heißt dort, wo die Küste gegenüber dem Meeresspiegel steigt. Damit tragen sie, wie wir später sehen werden, alle Charakteristika des Meeresgrundes; sie sind zunächst einmal flach, von einer weiten Einheitlichkeit und bestehen aus Sediment.

Freilich spielt bei der Strandbildung auch der Sedimenttransport durch die Flüsse eine Rolle. Ein gutes Beispiel dafür sind eben die Küsten der Nordadria, um das Nildelta oder westlich der Rhône. Da Sand aber so leicht transportierbares Material ist, finden wir, wie man sich von der Karte der Sandstrände (Seite 82) erinnert, auch entlang der afrikanischen Küste ausgedehnte Sandstrände, wo gar keine Flüsse in der Nähe sind. Die Bedingungen des Sandtransportes werden wir nun sogleich näher ansehen.

Also sind die Regressionsgebiete geradezu prädestiniert für die Bildung von Sandstränden. Ein Paradebeispiel dafür ist die italienische Adriaküste, ganz im Gegensatz *(19)* zur dalmatinischen, der man, wie erinnerlich, beinahe ansieht, wie ihre Gebirgszüge allmählich ins Meer absinken.

19



Was Mobilität ist und bedeutet

Daß 80 Prozent aller Küsten Sandstrände sind und sich über eine Strecke ausdehnen, die zweimal zum Mond und zurück reichen würde, ist darauf zurückzuführen, daß Sand eben der mobilste aller Sedimenttypen ist.

Sehen wir uns doch die Zusammenset-

zung eines solchen Küstensediments einmal näher an: Rüttelt man es durch einen Satz von Sieben *(20)*, deren Maschen nach unten hin enger werden, so zeigen die einzelnen Fraktionen *(21)*, aus welchen Korngrößen sich das Sediment zusammensetzt – man sagt auch, wie es sortiert ist.

Diese Fraktionen haben verschiedene Chancen erodiert, das heißt, mit der Strömung von Sandboden abtransportiert zu werden. Bereits bei geringer Wasserbewegung werden die Körner zwischen ½ und 1 mm Durchmesser, der sogenannte Mittelsand, in Bewegung gesetzt. Um auch Grobsand und Kies zu mobilisieren – das ist naheliegend – bedarf es dementsprechend einer fünf- bis zehnmal so starken Strömung *(22)*.

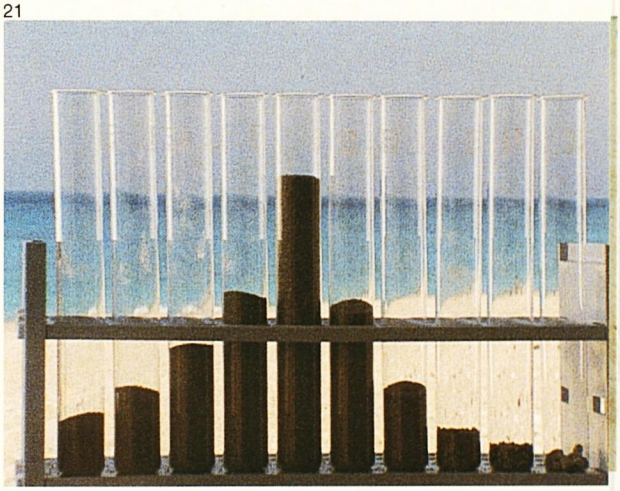
Weniger naheliegend ist es allerdings, daß dies auch für den Fein- und Mehlsand gilt und in noch höherem Maß für Schluff und Ton. Das hängt mit dem Klebeeffekt zusammen, der die Partikel um so besser zusammenhält, je feiner sie sind. Der Mittelsand ist somit der beweglichste und bildet daher den Hauptanteil des Sandes, also die stärkste Fraktion. Und tatsächlich ist der Sand ja immer in Bewegung.

Nimmt man eine abgemessene Sandprobe bei Gezeiten-Niedrigwasser, trocknet, siebt und färbt die Fraktionen mit Fluoreszenzfarben und setzt sie vermischt wieder ein *(23)*, dann braucht man nur einen Gezeitengang abzuwarten, um sie, verteilt und nach Farben gegliedert, rund um den Ort, wo man sie ausgesetzt hat, wiederzufinden.

Daraus läßt sich die Karte der Verdriftungen gut entwickeln.

Was im Prinzip geschieht, ist eine zweifache Sandversetzung: zunächst mit jeder

20



21

22

23

Welle und den Gezeiten auf und ab, dann aber mit der Strömung hin und her, also parallel zur Küste.

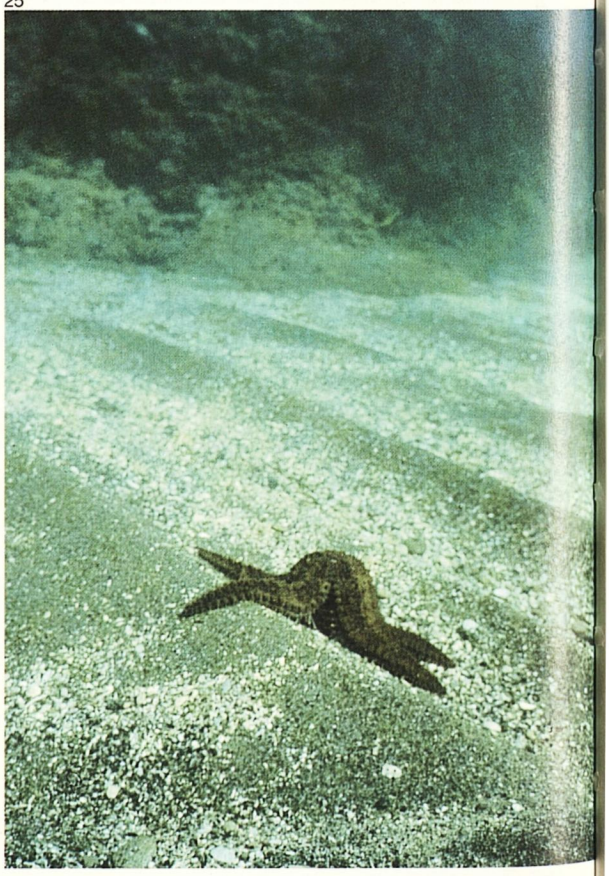
So kommt mit steter Nach- und Umsortierung eine Sägezahn-Bewegung zustande, die allen Oberflächensand wandern läßt. Bei ruhigem Wetter werden nur wenige Zentimeter abgetragen und wieder aufgeschüttet. Bei Sturm hingegen *(**24**)* kann unter Umständen ein halber Meter und mehr des Oberflächensandes fortgeschafft werden, um an ganz anderer Stelle aufgeschüttet oder erst viel später schrittweise wieder nachgefüllt zu werden.

24

Und freilich gilt dieses Prinzip, das sich am Strand leichter zeigen läßt, auch für die tiefer gelegenen Sandböden, denen die Wirkung des Seegangs deutlich an den Sandrippeln *(**25**)* anzusehen ist. Es gilt die Regel, daß der Seegang halb so tief reicht wie die Wellen lang sind, was bei starker Dünung gut hundert Meter Wassertiefe bedeuten kann.

So hat sich alles in diesem bewegten Lebensraum auf Mobilität einzustellen, das heißt, für kompensatorische Bewegung zu sorgen. Wird Sand durch den Seegang fortgeschafft, so gräbt man in die Tiefe, wird er angeschüttet, so wandert man in die Höhe, um nicht verschüttet zu werden.

25



Versteck für Räuber und Sammler

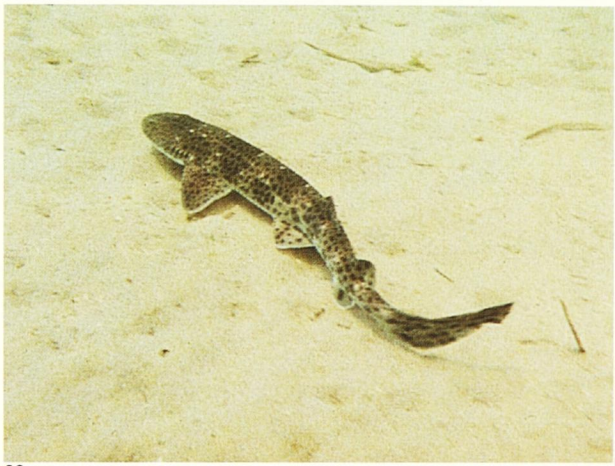
Will man sich ein Bild von den Lebenszusammenhängen der Sandböden machen, so beginnt man am besten mit den größeren Arten. Zunächst will ich an die kleinen Katzenhaie erinnern, die hier zu Hause sind und sich vorwiegend von Schalentieren ernähren *(26)*.

Ganz nahe Verwandte sind die Rochen *(27)*, von denen man eine Vielfalt von Formen im Mittelmeer kennt *(28)*. Und mit ihnen beginnen wir bereits jene Anpassungen zu beobachten, die alle eine Folge des Lebens am Sandboden sind. Die auffallende Verbreiterung der Rumpfseiten zu den flügelartigen Bewegungsorganen war wohl nicht das vordringliche Ziel evolutiver Anpassung. Sie mögen sich erst im Nachhinein als Flügel geeignet haben. Entstanden sind sie wohl durch einen anderen Selektionsdruck, denn es erwies sich als vorteilhaft, durch undulierende Bewegungen schnell und fast vollständig im Sand verschwinden zu können. Lediglich die Augen und das Spritzloch verraten die Präsenz eines eingegrabenen Rochens.

Viele andere Fische, wie die kleinen Drachenfische und die Sterngucker, vergraben sich ebenfalls im Sand *(29, 30)* mit Hilfe einer ähnlichen, allerdings seitlichen Vibration des Körpers.

Vorsicht ist bei diesen Arten stets geboten. Sie lassen den Taucher nahe herankommen und können blitzschnell mit dem Rücken- oder Kiemenstachel zustoßen. Ihr Gift ist ähnlich gefährlich wie das einer Viper. Es empfiehlt sich daher auf Sandböden wenigstens Flossen oder Schuhe zu tragen.

Bestens adaptiert für das Eingraben im Sand sind bekanntlich die Schollen – nur



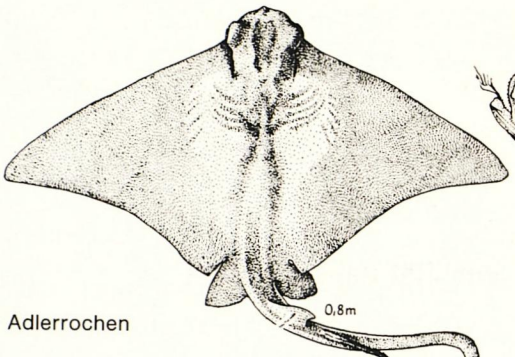
26

27

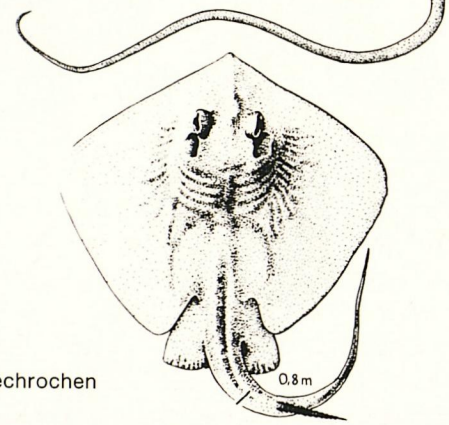
die Art der Anpassung unterscheidet sich von der der Rochen.

Die Abplattung erfolgte in die Symmetrie-Ebene des Körpers, und so wanderte bei den Schollen und Seezungen das linke Auge auf die rechte Körperseite, bei den Butten das rechte Auge auf die linke Seite. Höchst seltsame Gesichter kommen dadurch zustande *(31, 32)*.

Sähe man nicht das Ergebnis, man würde es nicht für möglich halten, daß der Druck der Anpassung und die Formbarkeit eines Fischschädels so groß sein können, daß eine derartige Umstrukturie-



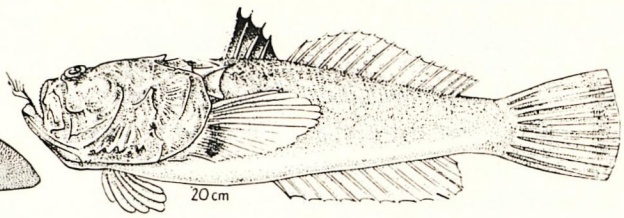
Adlerrochen



Stechrochen

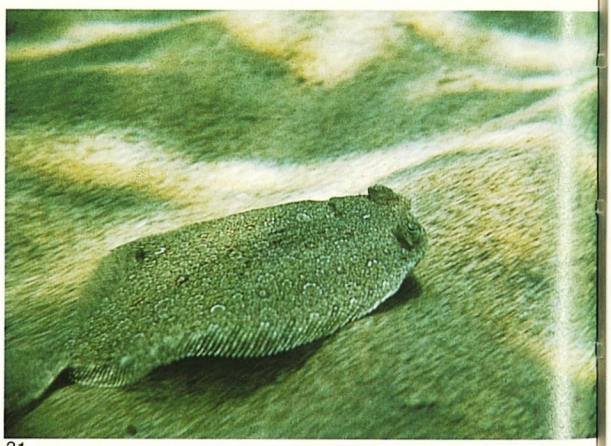
28

29

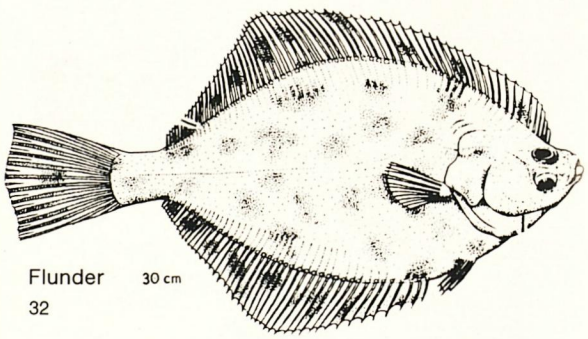


Sterngucker

30



31

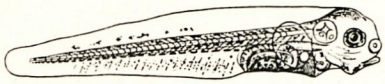


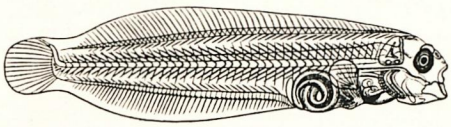
Flunder

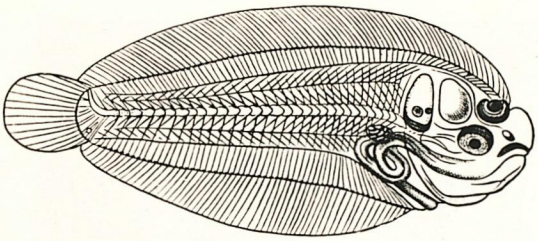
32

rung durchgesetzt wird. Die Jungfische *(**33**)* sind nämlich noch von völlig symmetrischer Gestalt.

Viel Zeit war dafür erforderlich: Jahrmillionen. Das muß man sich immer vor Augen halten, wenn man sich mit der Adaptierbarkeit der Natur befaßt oder, wie wir es bald tun werden, mit der Belastbarkeit und Flexibilität der Sandböden.

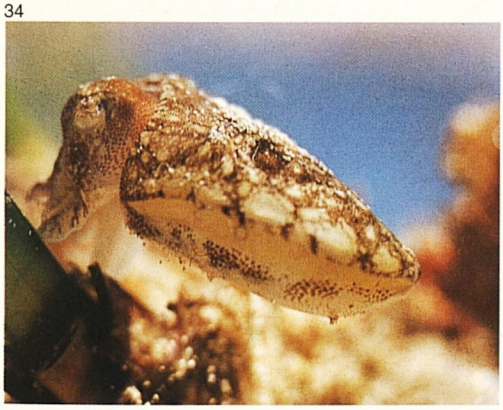




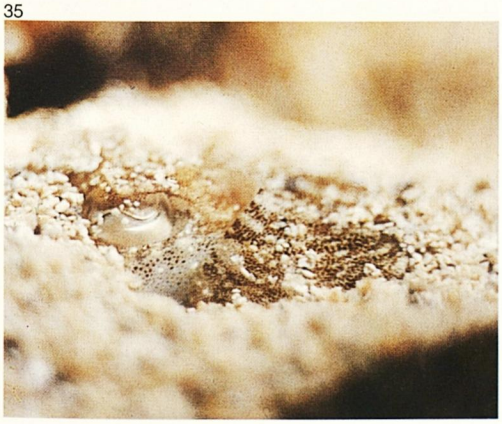


33

34



35



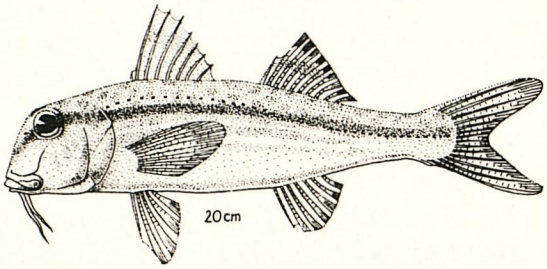
Wieder eine andere Technik, im Sand zu verschwinden, hat die Sepia *(**34**)* entwickelt. Durch den Schlag der Seitenflossen versinkt sie einfach in ihm, bis nur mehr ihre Augen heraussehen *(**35**)*.

Mobilität der Seßhaften

Viele dieser größeren Formen lauern also vergraben auf Beute. Und den Mittelgroßen, wie vielen Weichtieren und Würmern, ist es nicht geraten, auf der Oberfläche zu wandern. An ihrer Stelle lebt man besser im Sand vergraben.

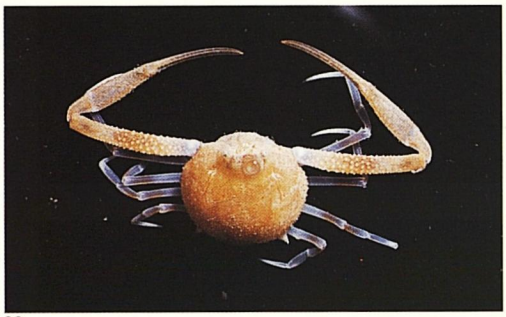
Selbst die Muscheln, die wir am Fels angeheftet oder sogar festgewachsen kennen, entwickeln hier höchst mobile Arten. So lebt man hier, gut angepaßt an die grabende Lebensweise, überwiegend *im* Sand. Diese Lebenswelt jener grabenden Formen nennt man in der Meeresbiologie das »Endopsammon«. Es unterscheidet sich vom »Epipsammon«, jenen Formen, die *auf* dem Sand leben, und dem »Mesopsammon«, jenen Arten, die winzig genug sind, um im Lückensystem zwischen den Sandkörnern leben zu können. Erstere wollen wir gleich betrachten; aber auch auf die letzteren werden wir noch einmal zu sprechen kommen.

Wer nun draußen lebt, im »Epipsammon«, ist darauf eingerichtet, seine Nahrung entsprechend dennoch im Sand zu suchen. Charakteristisch dafür sind die Meerbarben *(**36**)*. Leicht zu erkennen an zwei Barteln am Kinn, mit denen sie so behende wie mit Fingern den Sand nach Futter durchstöbern. Die Knurrhähne wiederum haben das Problem auf andere Weise gelöst. Die ersten Flossenstrahlen ihrer Brustflossen haben sich zu einer Art von Beinen spezialisiert *(**37, 38**)* und sind

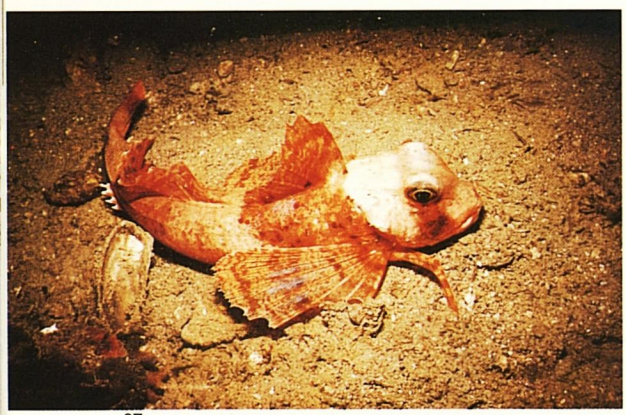


Meerbarbe

36



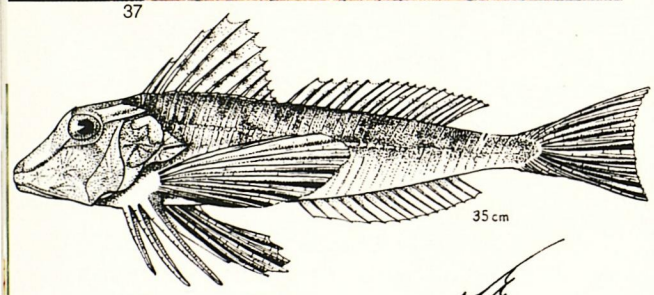
39



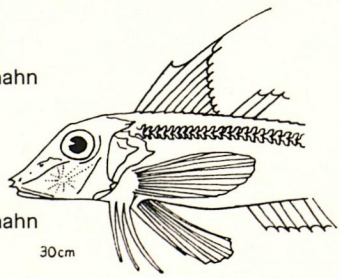
37

40

41



Gestreifter Seehahn



Fähnrich-Knurrhahn

38 30cm

für das Aufstöbern von Beute an ihren Enden mit Geschmacksknospen ausgestattet.

Wer zu groß ist, um sich einzugraben, hat lange Beine entwickelt, wie die Kugelkrabbe *(**39**)*, oder sogar als Muschel das

42

43

Schwimmen zur Flucht erlernt *(40)*. Denn überall lauern Räuber – umherziehend oder im Sand verborgen.

Nur zwei Lebensformen haben sich hier, auf dem ewig Beweglichen, mit einer halbstabilen Mobilität durchgesetzt: die eine ist durch die große Steckmuschel vertreten *(41)* mit dem in ihr wohnenden Muschelwächter *(42)*, die andere durch die Seegräser.

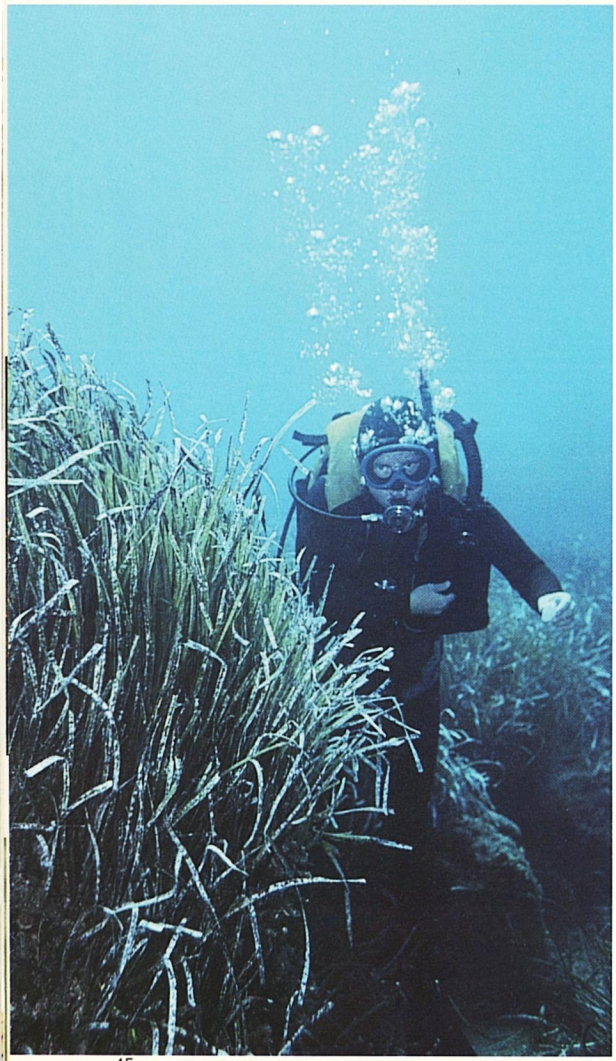
Unterseeische Prärien

Es sind echte Gräser, ehemalige Landpflanzen, die ihre Fähigkeit, sich den migrierenden Küstensanden anzupassen, in die unterseeischen Sandgebiete mitgenommen haben *(43)*.

Im Mittelmeer sind das Tanggras und zwei Arten des Kleinen Seegrases häufig *(44)*. Ihre Wiesen stehen meist in geschützten Gebieten, also auf schlammigen Sanden, und werden nur zehn bis zwanzig Zentimeter hoch.

Das Große Seegras oder Neptungras hingegen bildet Prärien, die zwischen eineinhalb und ein Meter hoch werden. Sein festes Wurzelwerk gibt ihm auch auf stärker exponierten Seeböden, also auf Mittel- und Grobsanden *(45)*, ja sogar auf Felsen festen Halt.

44



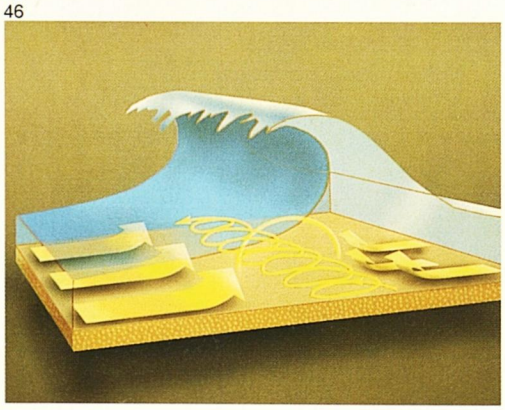
45

Stellenweise bedeckt das Neptungras weite Flächen, die sich über mehrere Seemeilen erstrecken. Und da es wie eine »Sedimentfalle« wirkt, wächst es mit dem Grad der Zuschüttung in die Höhe, wobei sein Wurzelwerk nachweislich viele Meter unter dem Sand verankert bleibt. Auf diese Weise bietet es vielen Stränden des Mittelmeers einen sicheren Wellenschutz.

Wenn es allerdings mit dem sich häufenden Sediment zu dicht an die Zone der anbrandenden Sturmwellen heranwächst, können seine Matten vom Seegang aufgerissen werden. Ihre höchsten Geschwindigkeiten erreichen die Brandungswellen *(**46**)* nämlich dort, wo sie brechen. Dies erfolgt bei einer Wassertiefe, die dem Zweieinhalbfachen der jeweiligen Wellenhöhe entspricht. Ist das Wurzelsystem bis auf drei oder zwei Meter Wassertiefe heraufgewachsen, kommt es in Gefahr. Dann erst wird seine Wirkung als Brandungsschutz deutlich, denn an den aufgerissenen Stellen waschen die Wellen sogleich tiefe Kolken aus dem Sand *(**47**)*.

So robust diese Prärien auch aussehen, man sollte sich ihre mechanische Empfindlichkeit immer vor Augen halten und möglichst nicht auf Neptungras ankern. Denn durch das Losziehen des Ankers

46



47

wird die Bildung der Kolke gefördert, und der Schutz, den die Seegrasbarriere der Sandküste bietet, im wahrsten Sinn des Wortes untergraben. Das heißt, der Sandstrand geht immer weiter verloren.

Im übrigen fällt auf, daß kein Tier sich so recht am Seegras weidet, was auf eine besondere Eigenheit zurückzuführen ist: Das Neptungras etwa enthält gallbittere Geschmacksstoffe, die jedem seinen Genuß verleiden.

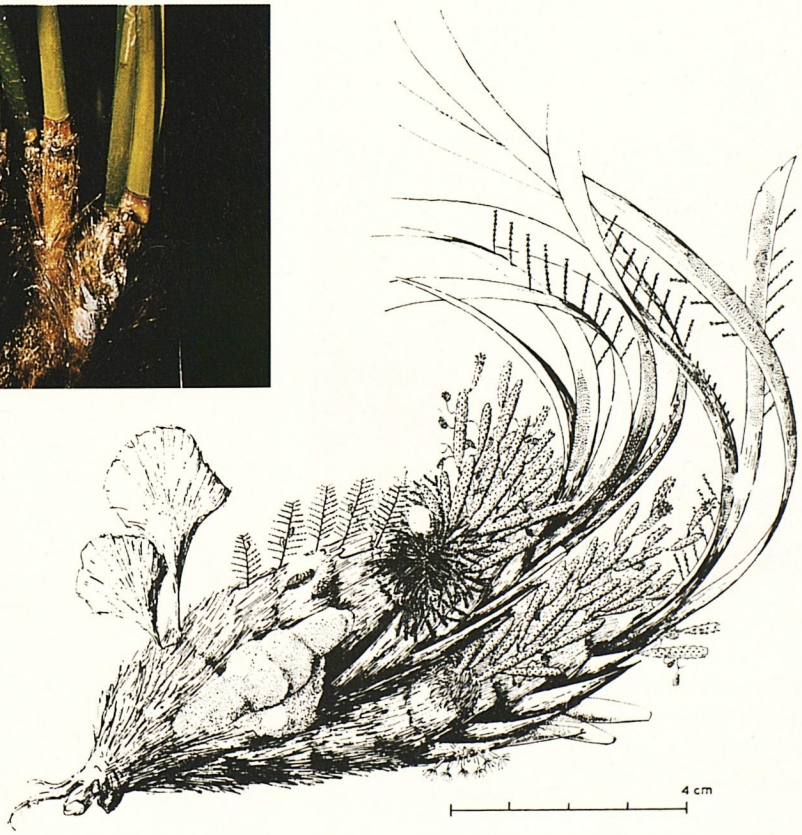
Seßhafte am Fließband

Nun, zunächst ist das Neptungras die Grundlage für einen eigentümlichen, unsteten Lebensraum. Wenn es auch als Prärie Jahrhunderte überdauert haben mag, so sind seine Oberflächen doch nur von sehr relativer Stetigkeit. Auf den Pinseln alter Blattreste *(48)* existiert nun, für ein bis zwei Jahre, eine relative Stabilität.

Doch diese relative Stabilität genügt all jenen Lebewesen, die bereits in dieser Zeitspanne reif werden und ihre Medusen oder Larven wieder ins Wasser entlassen.

In sauberem und zureichend bewegtem Wasser kann man auf diesen knollenförmigen Blattresten eine ganze Lebenswelt von seßhaften Formen finden *(49)*: Hydroiden, Schwämme *(50)*, aber vor allem eine Vielfalt von Moostier-Kolonien *(51, 52)*. Sie alle haben, wie im Algenwald der Felsküsten, die Funktion eines marinen Staubsaugers, der Plankton aufnimmt und das Meer von Schwebepartikeln säubert.

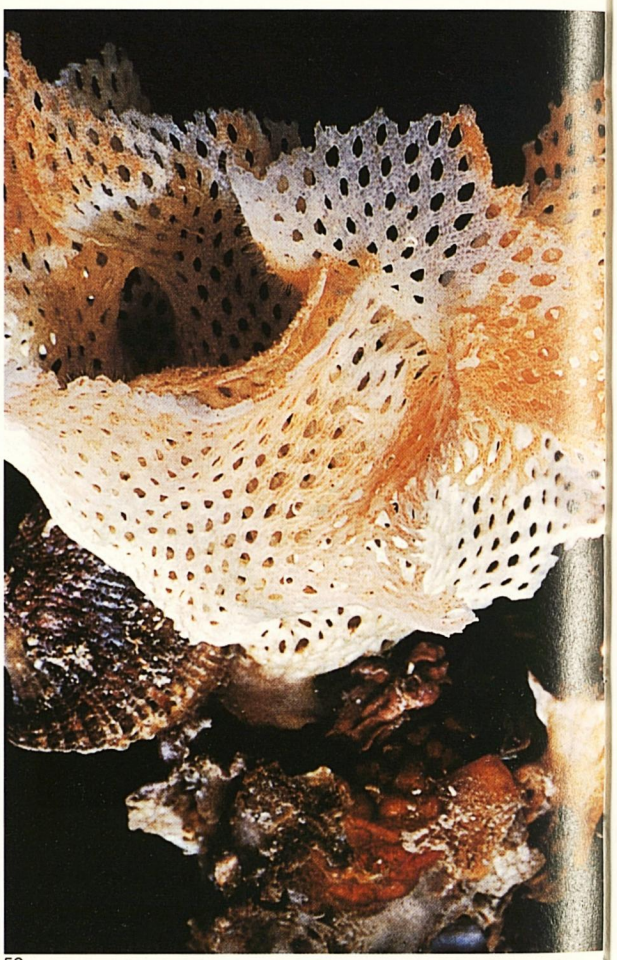
48



49

50

51

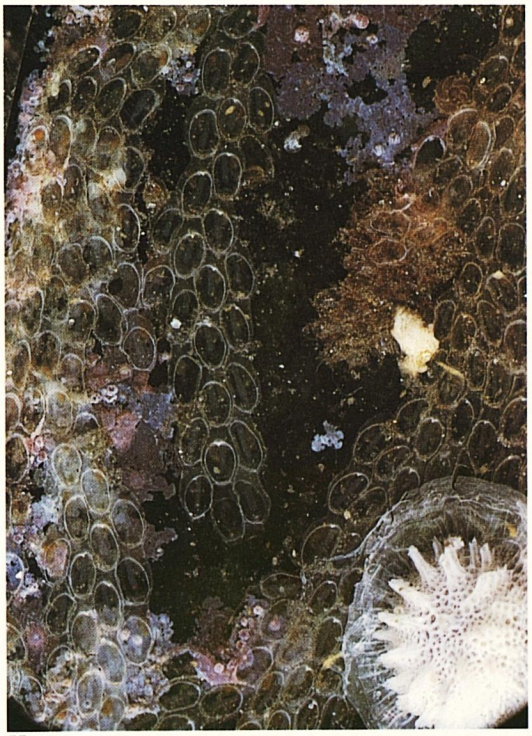


52

Wie auf einem Fließband sitzen jene, die auf den Blättern festgewachsen sind. Hier haben sich jene Zwergarten der Moostiere und Hydroiden durchgesetzt *(**53**)*, deren Kolonien mit derselben Geschwindigkeit der Bewegung des Fließbandes wachsen, jedoch nach unten *(**54, 55**)*, weil das Blatt durch sein Wachstum an der Basis wie ein Filmstreifen nach oben geschoben wird.

Und sie tun gut daran, hinunterzuwachsen, denn nach oben hin nimmt mit zunehmender Lichtintensität die Konkurrenz des niedrigen Algenwuchses zu und mit dem Alter der Blatteile ihr Verfall. In der Abbildung *(**56**)* sind der unterste (links), ein mittlerer und oberer Teil desselben Posidonia-Blattes zum Vergleich nebeneinander gestellt.

53
54

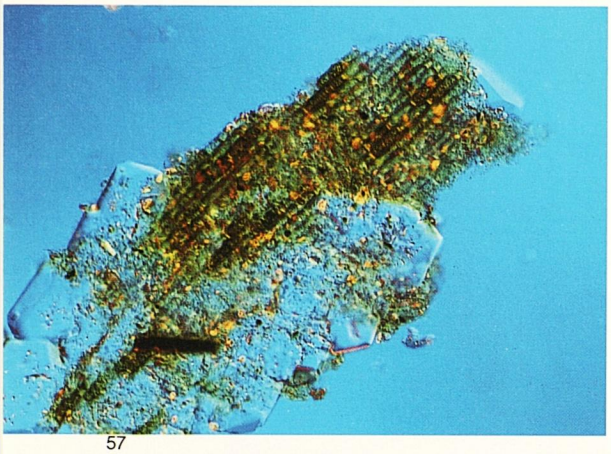


55

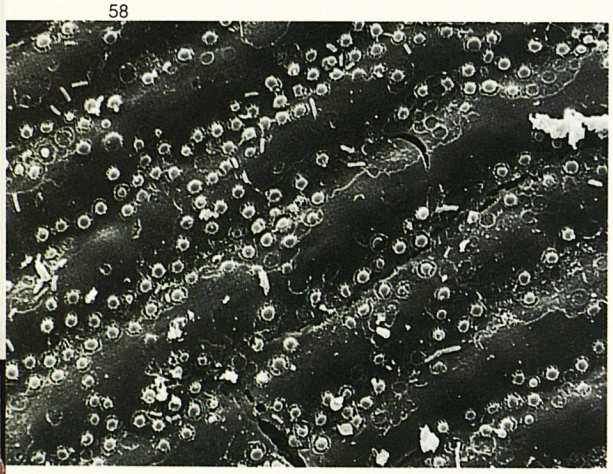
56

Wem ist das Seegras nützlich?

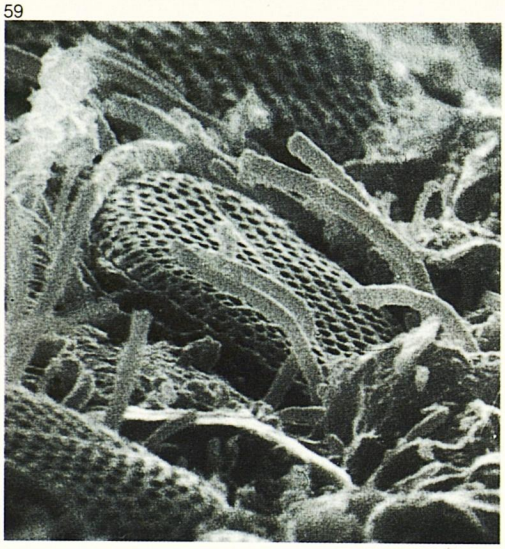
Man muß solche Blätter unter dem Mikroskop betrachten *(57)*, um ihren Verfall zu verstehen, oder besser noch unter dem Elektronenmikroskop, wo man in zehn-



57



58



59

tausend- bis hunderttausendfacher Vergrößerung die Perspektive der »Ultra-Ökologie« zu sehen bekommt *(**58, 59**)*.

Die Heere der Kieselalgen, die Filze der Pilzhyphen, und vor allem die Bakterien, die sich nun, ungeachtet der gallbitteren Abwehrstoffe der Pflanze, daran machen, sie abzubauen.

Dieser Zusammenhang bringt Licht in das System der Nahrungskette in der Seegraswiese, das für die gesamte mobile Welt der Sandböden kennzeichnend ist. Das organische Material, das die Seegräser aus Sonnenlicht und Nährstoffen produzieren, dient teils als Siedlungsfläche für winzige Algen und seßhafte Filtrierer, teils als eine Art Rohstoff, der von Pilzen und Bakterien aufbereitet wird. Erst diese bilden zusammen die Nahrung für die weiteren Glieder der Kette.

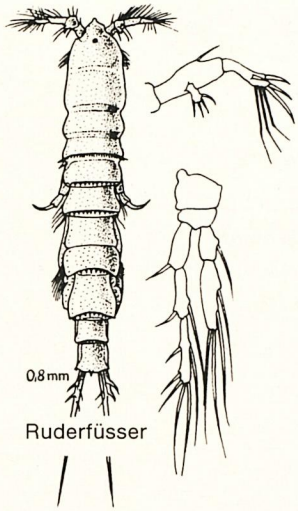
Da gibt es winzige Krebse *(**60**)* und kleine Schnecken, die den Aufwuchs abweiden *(**61**)*, und eine Vielzahl zum Teil vorzüglich getarnter Krebse *(**62**)* und Fische, wie die Seenadeln und Pfeifenfische *(**63**)*, und natürlich die unverwüstlichen Seeigel *(**64**)*, die wiederum vom Aufwuchs und von den kleineren Weidetieren leben.

Das Seegras selbst wird also überwiegend von den Mikro-Organismen abgebaut – zum Teil noch an den Enden der lebenden Pflanze, in erster Linie aber nachdem die Blätter abgefallen sind.

Das bedeutet, daß die langen Blätter, wie beim Laubfall in unseren Wäldern, sehr regelmäßig abgeworfen und wieder ersetzt werden. Doch anders als am Land, wo die Blätter größtenteils im Wald selbst verrotten, werden die Seegrasblätter von der Wasserbewegung fortgeschwemmt.

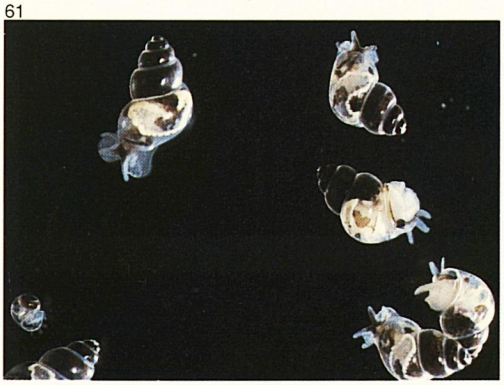
Sie verrotten dann auf den tieferen

60



Ruderfüsser

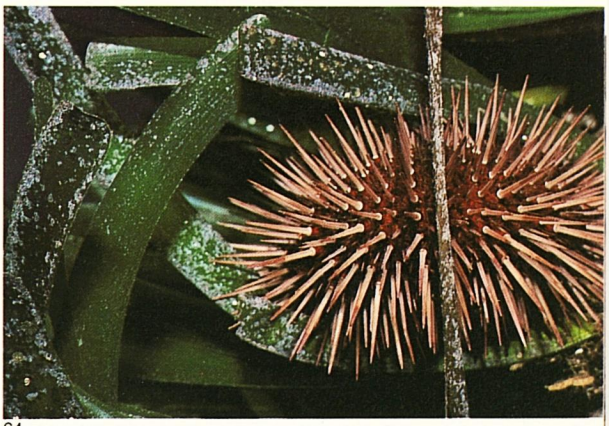
61



62

63

64



Sand- und Schlammböden *(65)*, wo die Mehrzahl von ihnen zur Ruhe kommt.

Die Pilze und Bakterien bilden da weiterhin das erste Glied in der Nahrungs-

65

kette. Ihnen folgen Sammler von Kleinorganismen, die wiederum vielen Wirbellosen und Fischen als Nahrung dienen. Alle zusammen entlassen durch ihre Tätigkeit gelöste organische Stoffe ins Wasser und produzieren Nitrate und Phosphate – die Nährstoffe für den Zyklus der Pflanzenwelt im Wasserkörper – sowie eine Fülle von gelösten organischen Stoffen, die uns noch beschäftigen werden.

Der Spülsaum

Nur ein kleiner Teil des Blattfalles wird ans Ufer transportiert, und alles, was Beine hat, hat das treibende Gut freilich schon verlassen *(66)*. Aber viel an organischem Material, die Pflanzenzellen der Blätter mit ihren Pilzen und Bakterien, erreicht das Ufer und bildet den sogenannten Spülsaum. Angeschwemmte Seegrasblätter, die zu manchen Jahreszeiten und in den geeigneten Lagen meterdicke, kilometerlange Bänke bilden.

Manchem Strandwanderer mögen auch die »Seebälle« aufgefallen sein *(67)*. Es sind braune, faserig leichte Bällchen von meist 1 bis 5 cm Durchmesser, die oft an Sandstränden zu liegen kommen. Sie entstehen aus den Blattresten des Neptungrases, die von der Brandung so lange gerollt werden, bis sie zu Kugeln verfilzen und angespült werden.

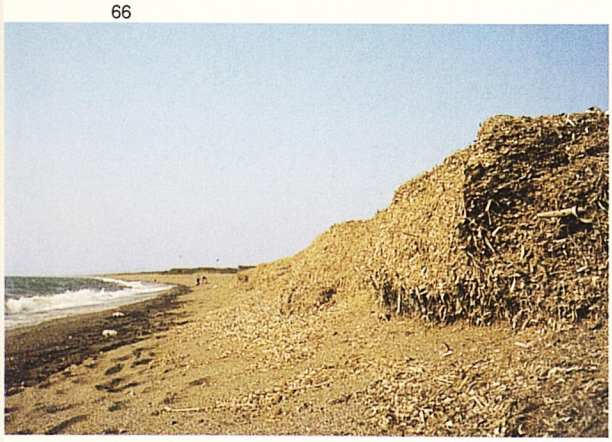
67

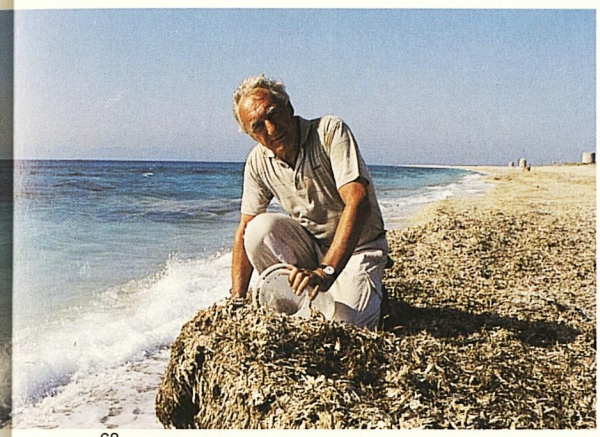
In den Spülsaum wandert nun eine ganz andere Gesellschaft ein, und an die will ich erinnern. Nicht etwa, weil das Meer so viel von ihr hätte, sondern um eine Vorstellung davon zu geben, wie organisches Material, auch wenn es die See verläßt, stets seine Abnehmer findet.

Man muß nur eine Handvoll Seegras abheben *(68)*, und schon scheucht man Sandhüpfer *(69)*, eine Art der Flohkrebse, auf, die massenweise davonspringen. Es sind Krebse marinen Ursprungs. Doch die meisten Bewohner des Spülsaums sind Landtiere, die wir mit Hilfe von bodenbiologischen Methoden sichtbar machen können.

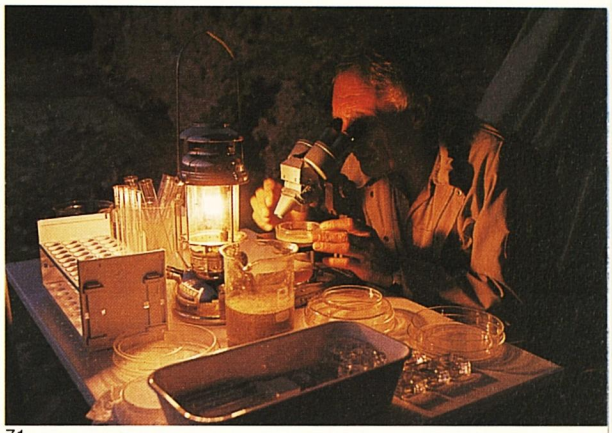
Zu diesem Zweck verwenden wir einen »Berlesetrichter« *(70)*. Dies ist ein nach

66

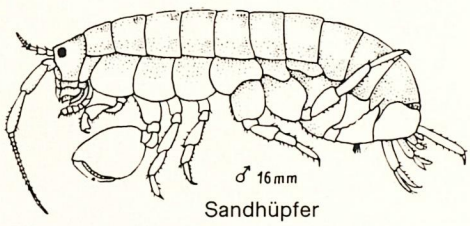




68



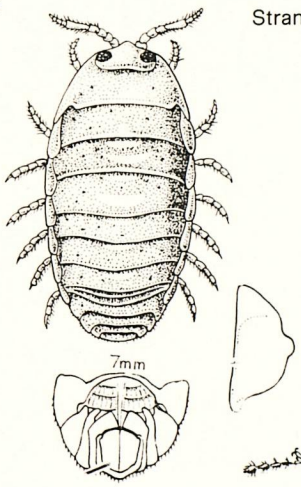
71



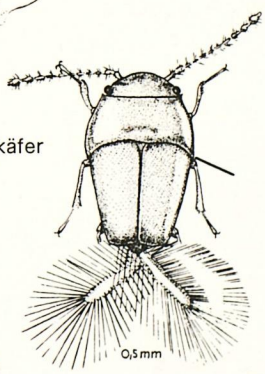
69
70 Sandhüpfer

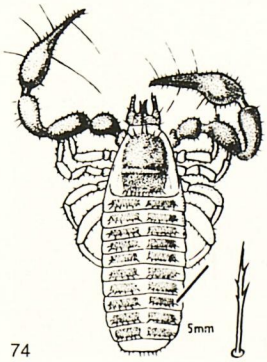
dem Bodenbiologen BERLESE benannter Glastrichter, in dem wir das Material von oben her mit Hilfe einer Wärmelampe austrocknen. Die Tiere wandern der absinkenden Feuchtigkeit nach, bis sie schließlich an der Mündung des Trichters in eine Sammelschale fallen *(**71**)*.

72 Strandassel



73 Zwergkäfer





74 Pseudoskorpion

Nach etwa einer Nacht kann man sich das Resultat bereits ansehen. Zunächst kann man nur ein Gezappel von Punkten erkennen – eine Fülle von Leben jedenfalls.

Da sind marine Arten, wie zum Beispiel die Flohkrebse, die uns schon zuvor begegnet sind, aber auch marine Asseln, etwa die Arten der Strandasseln *(72)*, die weit ins Trockene (oder Feuchte) heraufziehen. Umgekehrt aber auch Landtiere, die Salz und Feuchtigkeit vertragen – Zwergkäfer etwa *(73)* oder harmlose Pseudoskorpione *(74)*, alle um die 2 bis 5 mm lang, Pinselfüßer, deren phantastische Formen erst unter stärkerer Vergrößerung sichtbar werden.

Ein Fall also, in dem selbst Landtiere vom Meer ernährt werden. Doch wenn der Spülsaum verrottet ist, müssen sie sich vorsehen, bis die Stürme diesen Lebensraum neu aufgebaut haben.

Im größten Staubsauger der Welt

Nun aber zurück zum Sand selbst – genaugenommen in ihn hinein, in das Innere des Sandkörpers, in die Welt seiner Lückenräume.

Erinnert man sich der gewaltigen Ausdehnung der Sandküsten, und daß die anschließenden Sandböden in eine Tiefe bis zu hundert Meter reichen, und bedenkt man weiter, daß der Sandkörper noch in einer Schichtdicke von rund zwei Meter bewohnt sein kann, so wird man ein Gefühl für die Masse dieses Systems bekommen.

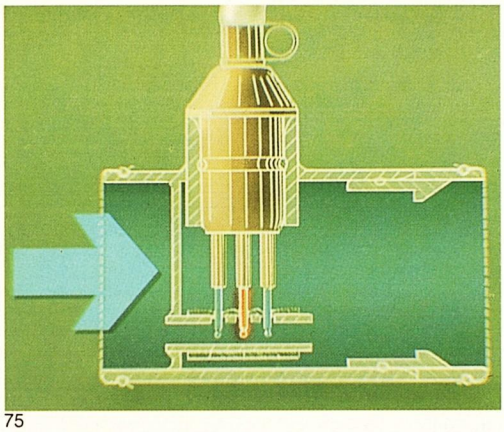
Das Lückenraum-System zwischen den Sandkörnern dieses riesigen Lebensraumes ist sein zentrales Gebiet. Die wichtigsten seiner Lebensbedingungen nehmen dort ihren Anfang. Wie aber sieht man in den Sand hinein?

Blick in den Sandkörper

Zunächst haben wir Geräte entwickelt, die uns erlauben, die Strömungsverhältnisse im Sand-Lückensystem zu messen.

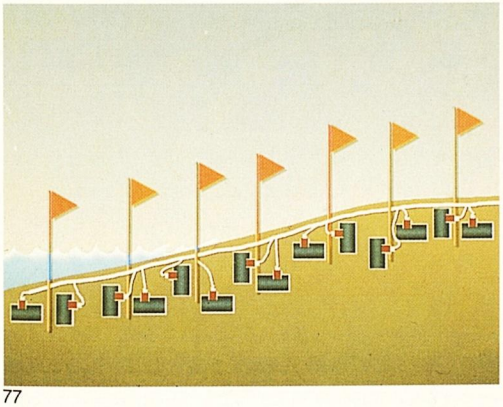
Die Gitter an den Enden des Zylinders *(75)* nehmen einen Querschnitt der Strömung auf. Das Diafragma in seiner Mitte beschleunigt auf meßbare Geschwindigkeiten, und die ferngeheizten Sensoren melden anhand ihrer Abkühlung Geschwindigkeit und Richtung der Strömung.

Verlegt man die Kabel im Sandkörper *(76, 77)* und setzt bei Niedrigwasser je zwei Geräte pro Meßstelle horizontal und



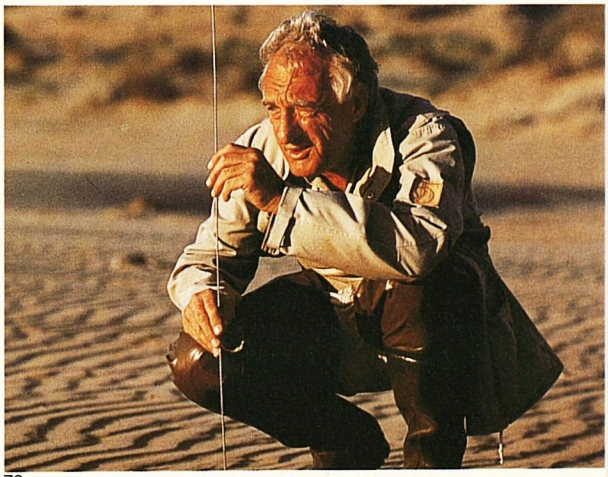
75

76



77

78



79
80

vertikal entlang der Positionsstangen *(78, 79)* ein, dann wird die nächste Flut die Löcher glätten, die wir gegraben haben, und die Geräte beginnen den Gang der Gezeiten zu messen *(80)*. Mit dem Auf

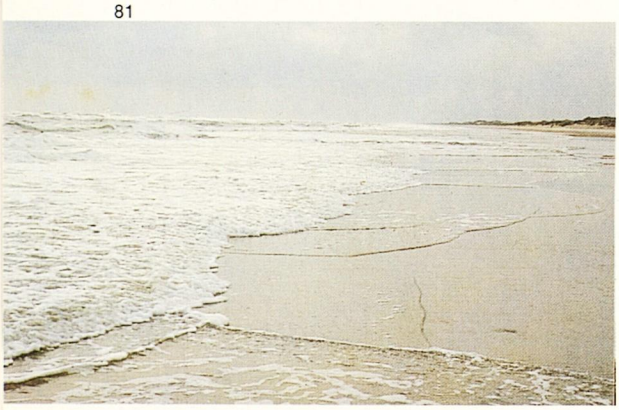
und Ab der Gezeiten atmend, füllt und leert sich das Lückensystem des Sandkörpers, welches, gleich einem gewaltigen, pulsierenden Schwamm, mit den übrigen Lebensräumen der See verbunden ist.

In ihm versteckt beginnen und enden die Probleme dieser Lebenswelt – und das Drama, das wir Menschen diesem Lebensraum bereitet haben.

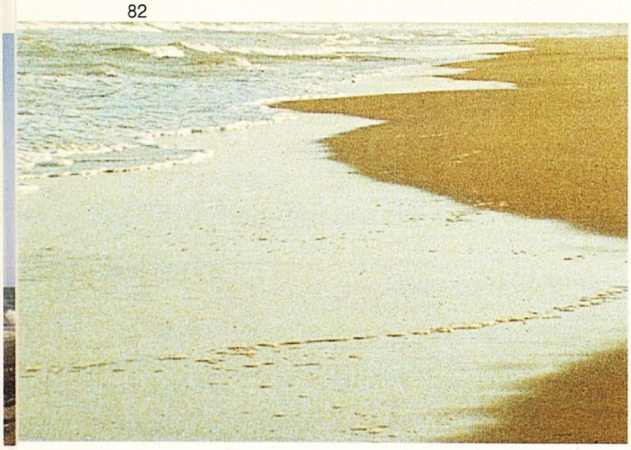
Strömungswelt zwischen Sandkörnern

Blickt man bei Seegang einen Strand entlang *(**81, 82**)*, so gewinnt man eine erste Ahnung vom Atmen dieses Sandkörpers. Zieht nämlich eine Wellenzunge über ihre »Waschfläche« den Strand hinauf, dann sättigt sie die Lückenräume mit Wasser. Wenn sie zurückläuft, kann man beobachten, wie der überspülte Strandteil wieder matt wird – also wieder Luft in die Sandlücken eingesogen wird. Dieser Prozeß ist im Gange, seit Wellen an die Sandstrände der Erde laufen.

81



82

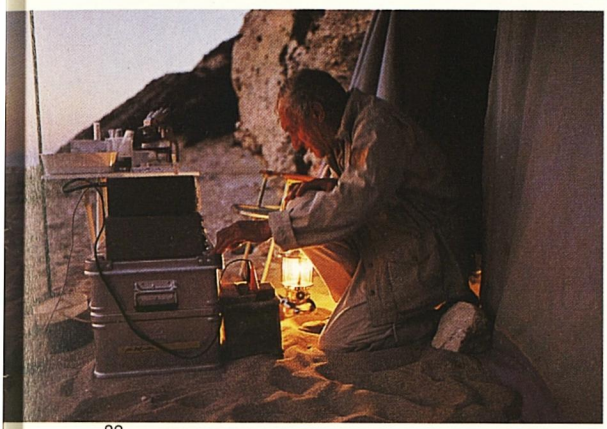


Nun können wir uns die Meßvorgänge unserer Strömungsfühler ansehen *(**83**)*. Achtet man auf das Geräusch der uns am nächsten liegenden Wellenzunge, so kann man den synchronen Ausschlag des Zeigers beobachten, der die Strömungsgeschwindigkeit nun auch im Lückensystem anzeigt.

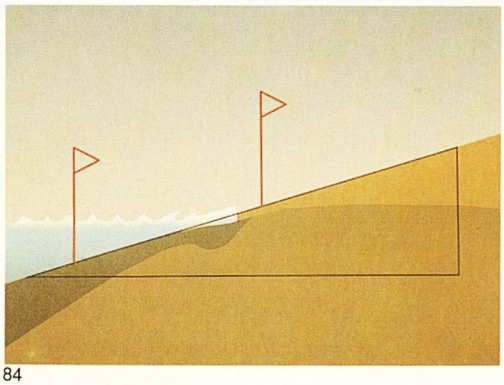
Dieser Vorgang ist erstaunlich kompliziert, denn das Seewasser wird nicht, wie es auf den ersten Blick scheint, von oben in die Lufträume nachgefüllt, sondern seitlich von unten durch die schnellen Kapillarströme zwischen den Sandkörnern eingesogen. Wie die Graphik zeigt *(**84**)*, entsteht unter den Wellenzungen entlang der Waschfläche ein Strömungsgebiet im Sandkörper, das wir als »Fülltasche« des Strandes bezeichnen. In ihrem Bereich werden die Lücken ständig mit Seewasser gefüllt.

Die mikroskopisch kleinen Organismen, die in der Fülltasche durch die Lückenräume schlüpfen, sind zwar besonders gut mit Sauerstoff versorgt, wurden aber gezwungenermaßen zu Spezialisten im Festhalten, was ihnen mit Hilfe ihrer Klebedrüsen gelingt, die ähnlich wie ein Zwei-Komponenten-Kleber plus Lösungsmittel wirken.

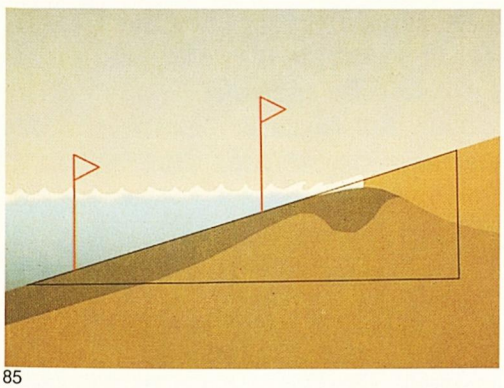
Mit den Gezeiten wandert die Fülltasche nun regelmäßig den Strand auf und ab *(**85**)*. Je höher die Gezeiten und je flacher der Strand, desto weiter führt ihre Wanderung. Das ist besonders an den



83



84



85

Stränden des Atlantik sehr eindrucksvoll, aber auch am Mittelmeer vielerorts in ausgeprägter Form vorhanden.

Bei steigender Gezeit wird der Strand sowohl gefüllt als auch durchgespült, beim Rücklauf in Richtung auf die See entleert.

Dieser Wasserdurchzug ist für die Lüftung, also für die Sauerstoffversorgung des Sandkörpers erforderlich, dient aber gleichzeitig der Ernährung seiner vielen winzigen Bewohner.

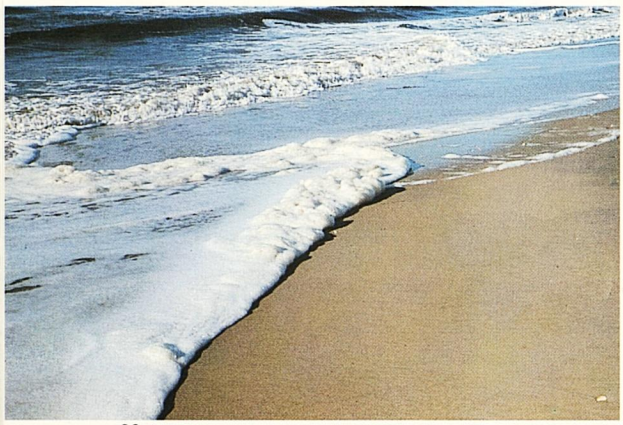
Quellen der Lebens-Entstehung

Das Futter dieser Organismen ist, entsprechend ihrer Größe, mikroskopisch klein und wird nur bei stärkerer Häufung sichtbar; nämlich als Meerschaum. Dieser besteht in der Hauptsache aus winzigsten Klumpen organischer Moleküle und Resten kleinster Planktonorganismen und wird regelmäßig zwischen die Sandkörner eingefiltert.

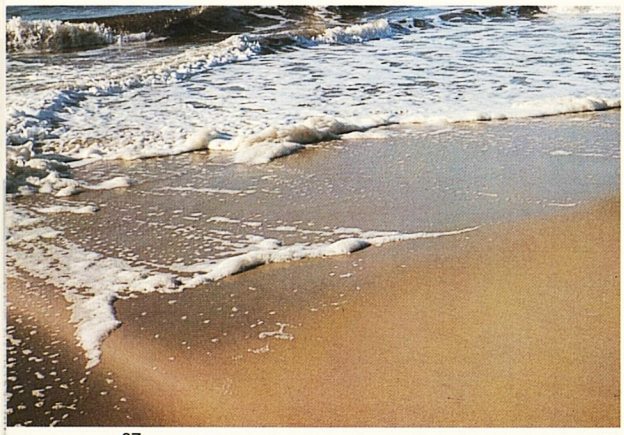
Man kann am Oberrand der Wellenzungen oft gut beobachten, wie der Schaum an den Strand geschoben *(**86**)*, dort deponiert wird *(**87**)* und wieder versickert, bevor die nächste Wellenzunge ankommt.

Wir haben gute Gründe anzunehmen, daß ähnlich einfache Moleküle den ersten Organismen des Urmeeres als Nahrung dienten. Das war vor immerhin dreieinhalb Milliarden Jahren, als einige Stellen der Erdkruste unter 100 Grad Celsius abgekühlt waren und die Urmeere entstehen konnten. Damals waren es die ständigen Schwefelwasserstoff-Methan-Gewitter, die energiereiche Moleküle synthetisierten und ins Meer spülten. Sie verwandelten es in eine »heiße Suppe«, von der die Vorläufer der Organismen ihren Stoff- und Energiebedarf deckten.

An dieser Stelle unserer Überlegungen zur Lebensentstehung mag es sich lohnen, einen Augenblick innezuhalten, um sich der frühen Mythologie unserer Kultur zu erinnern: So mutet es bereits mehr als symbolisch an, daß die Griechen



86

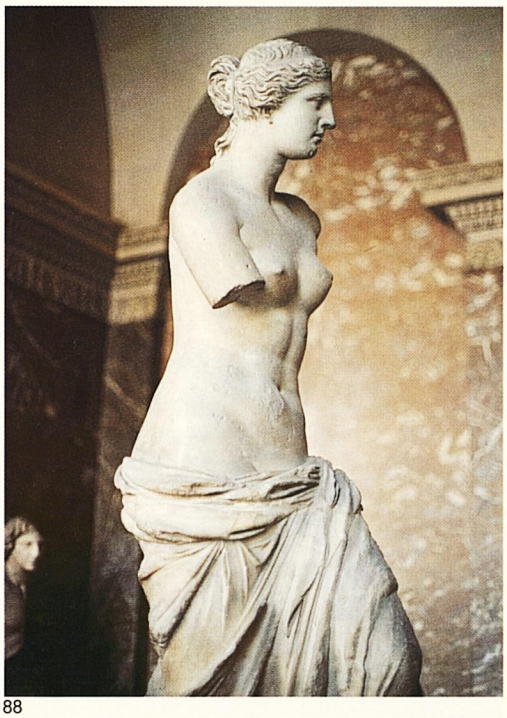


87

meinten, Venus *(88)*, die Schaumgeborene, sei aus eben diesem Meerschaum entstanden. War das Ahnung oder ein seltsamer Zufall? Doch nehmen wir den Faden des heute erkannten Zusammenhangs wieder auf.

Jene organischen Moleküle also, von welchen wir gerade sprachen, die in Dichte das Meer vergiften würden, werden im Sandkörper durch mikroskopisch kleine Organismen ausgefiltert, und klares Wasser, angereichert mit Nährstoffen, wird dem Meer wieder zurückgegeben.

Der Schaum selbst entsteht dadurch, daß die Brandung Luftblasen ins Wasser reißt *(89)*. Und der Taucher weiß, daß je



88

nach Stärke des Seegangs der Luftreigen bis in 30 Meter Tiefe zu beobachten ist. Je feiner die Bläschen zerstäubt sind, um so tiefer können sie vom Seegang hinabgewirbelt werden, bevor sie steigend wieder die Oberfläche erreichen.

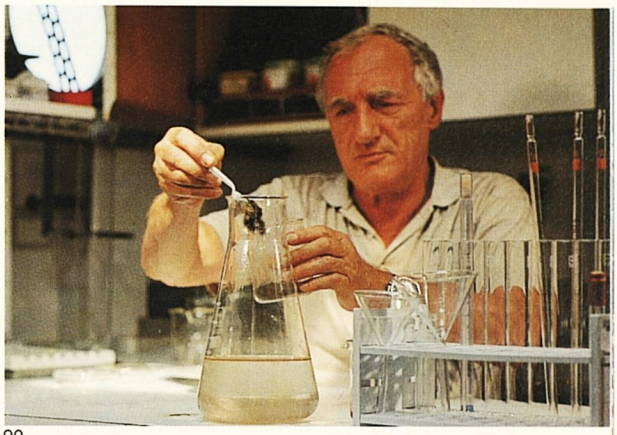
Beim Aufsteigen der Blasen wird der gesamte Wasserkörper auf Moleküle, die

89

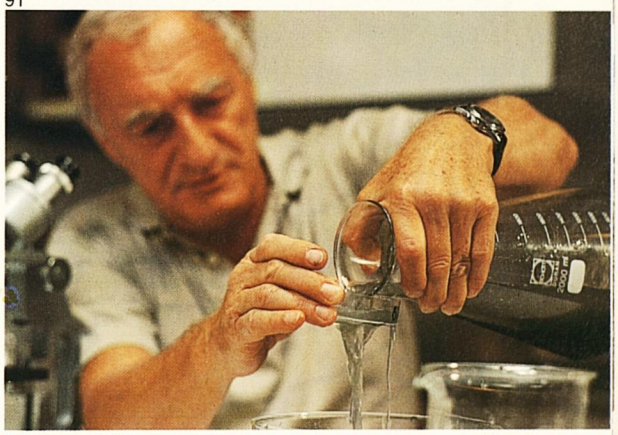
an der Oberfläche der Bläschen hängenbleiben, durchgekämmt; und wenn sie an der Oberfläche der See zerplatzen, fällt das Sammelgut zu jenen mikroskopisch kleinen Klümpchen zusammen, die den Meerschaum bilden.

Gewiß eine glückliche Methode der Selbstreinigung, die darin besteht, jene gelösten organischen Stoffe aufzuschäumen, die selbst zu klein und zu verstreut wären, um von Bakterien wieder genützt zu werden – ähnlich wie es uns mehr Energie kosten würde, Brotkrumen einzeln vom Teppich aufzulesen, als uns das Nahrungsenergie liefern würde. Sobald solche Molekül-Krümel aber aufgeschäumt werden, nehmen die Stoffe wieder Partikelform an und können so, in den Sand eingefiltert, an der riesigen Oberfläche des Lückensystems von Pilzen und Bakterien verwertet und dem Meer wieder als Nährstoffe zugeführt werden.

Das Drama der Sand-Welt besteht jedoch darin, daß auch aller Unrat, den wir Menschen ins Meer entlassen, in derselben Weise aufgeschäumt wird.



90



91

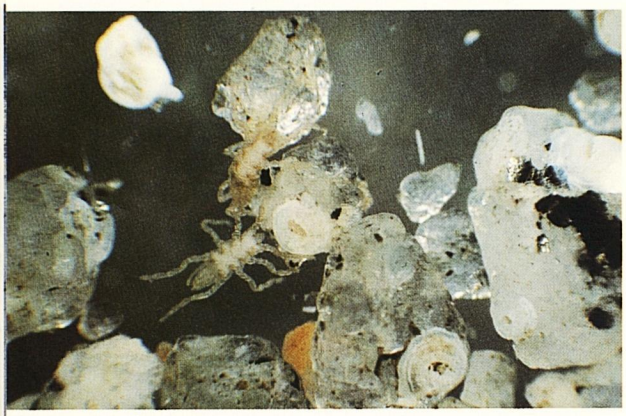
Lebenswelt im Lückensystem

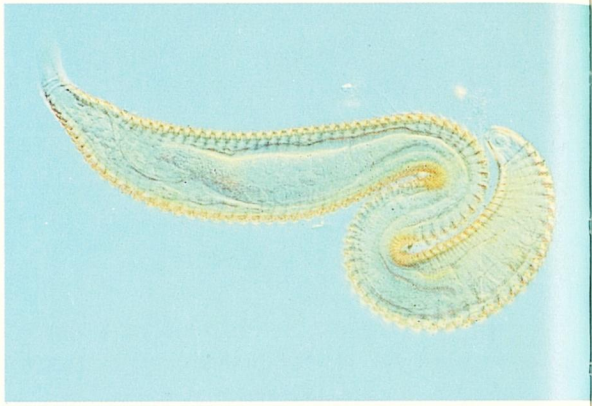
Um die kleinsten Organismen kennenzulernen, die darauf adaptiert sind, in den Lückenräumen zu leben, müssen wir sie betäuben, weil sie sonst die Sandkörner nicht loslassen würden. Wohlgemerkt: Sie sind Meister im Festhalten.

Zu diesem Zweck übergießt man die feuchte Sandprobe etwa mit einer Magnesiumchlorid-Lösung. Sobald das geschehen ist, kann man sie aus dem schwereren Sand schlämmern *(**90**)* und in feine Netze gießen, weil die winzigen Organismen länger in Schwebe bleiben als der Sand, der sich nach vorsichtigem Durchmischen *(**91**)* relativ schnell absetzt.

Im Netz, das man in eine flache Schale mit Seewasser stellt, finden sich dann die Organismen vermischt mit etwas Schluff, jenem feinsten Sand, und Geschwebe. Sobald die Tiere im Seewasser wieder zu sich kommen, kann man auf ihre Taxien zählen. Das heißt, man kann sich auf ihre angeborenen Verhaltensweisen verlassen, daß sie wieder ihren optimalen Umweltbedingungen zustreben werden.

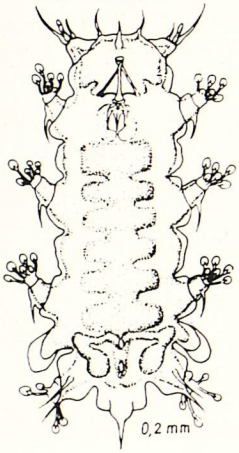
Ähnlich wie die Bodentiere im Berlese-Trichter die schützende Feuchtigkeit in der Tiefe suchten, versuchen auch die Bewohner des Sand-Lückensystems weiter



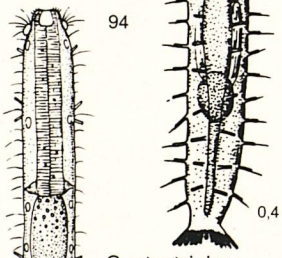


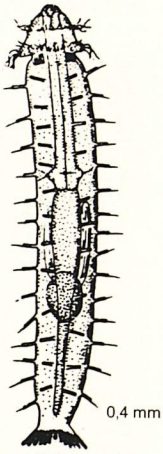
97

92
93 Bärtierchen



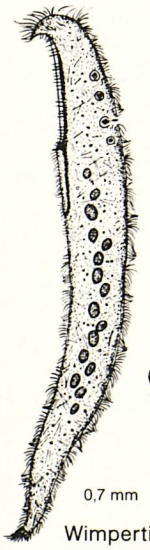
94





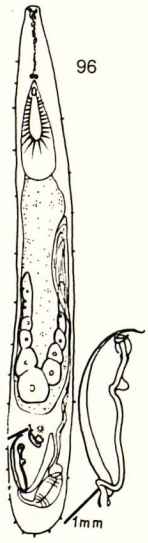
Gastrotrichen

95



Wimpertierchen

96



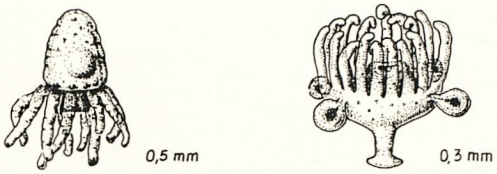
Kleinturbellar

unten, in dem dort erwarteten Sandkörper Schutz zu finden. Also kriechen sie durch die feinen Netzmaschen; und nun heben wir das Netzchen ab und können sie sofort in der Schale unter dem Stereomikroskop betrachten *(**92**)*.

Nur die feinsten Sandkörnchen sind mit durchgeschlüpft, und die Organismen sind deutlich zu sehen. Mit einer haarfeinen Pipette werden sie aufgenommen; unter ein Deckglas gebracht und mit der stärksten Vergrößerung zeigt sich ihre Artenvielfalt unter dem Mikroskop.

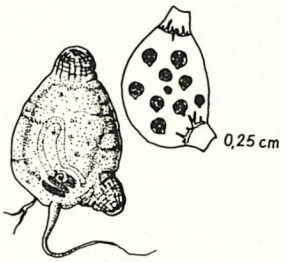
Die extreme Vergrößerung ist deshalb notwendig, weil es sich um die kleinsten Vielzeller handelt, die wir kennen. Manche Bärtierchen *(**93**)* erreichen eine Körperlänge von nur 1/20 Millimeter, und die Gastrotrichen (oder Bauchhaarlinge) sind selten länger als 1/10 Millimeter *(**94**)*.

Daneben finden sich die winzigsten räuberischen Arten aus den Gruppen der Cilliaten oder Wimpertierchen *(**95**)*, der Kleinturbellarien, winzige Strudelwürmer *(**96**)* und der Fadenwürmer *(**97**)*. Sie werden schon 1 bis 2 Millimeter lang, sind aber ungemein schlank gebaut. Doch wie es eben in Nahrungsketten üblich ist, sind die Räuber nicht die häufigsten. Die häufigsten sind die Sammler.

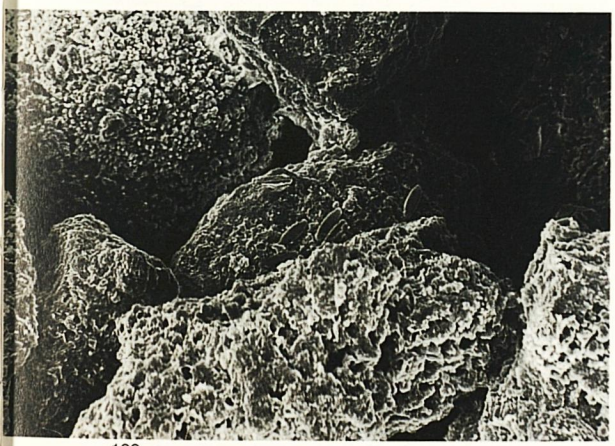


98 Zwergform einer Becherqualle

Zwergform einer Meduse

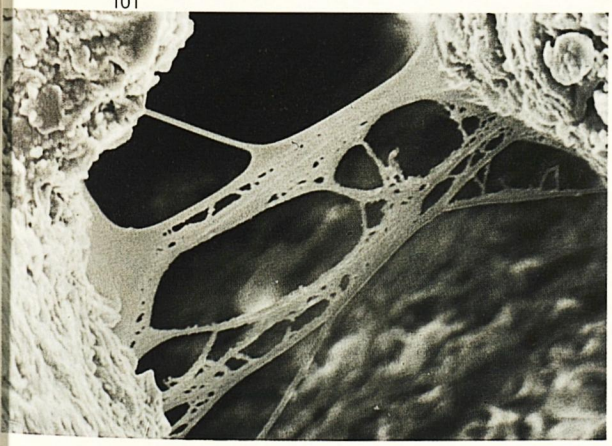


99 Zwergseescheide



100

101



Und diese enorme Vielzahl an Arten lebt meist von Pilzen und Bakterien.

Eine Wunderwelt tut sich mit ihnen auf. So kennt man aus diesem Sand-Lückensystem die kleinsten Medusen und Polypen der Welt *(**98**)*, die kleinste Zwergschnecke, das kleinste Moostier und die kleinste Seescheide *(**99**)*. Alle Tiergruppen, die in der Lage waren, sich zu verzwergen, findet man hier versammelt.

Sucht man sie zwischen den Sandkörnern ihres Lebensraumes, werden sie einem im Größenvergleich selbst zu den kleinen Sandkörnern winzig erscheinen. Und weiters muß man sich den Vergrößerungen des Elektronenmikroskops anvertrauen, um sich ein Bild von den Pilz- und Bakterienrasen *(**100, 101**)* zu machen, welche diese Sandkörner überziehen.

Dabei ergeben sich aus dem Submikroskopischen riesige Dimensionen.

Die Oberfläche, die in einem einzigen Kübel Feinsand versteckt liegt, entspricht der eines Fußballfeldes. Nun, wieviele Kübel ließen sich mit dem Sand der Meere füllen?

Grenzen der Sandwelt

Die Welt der marinen Sande hat vier Grenzen. Die oberste liegt an den Dünen *(**102**)*, dort wo Sturmwellen noch hinreichen und das Grundwasser noch beeinflussen.

Eine zweite Grenze findet sich an Stränden mit zu geringer Exposition *(**103**)*, wo das Feinsediment in zu geringem Maße ausgeschwemmt, das Lückensystem zu eng wird und das Atmen des Sedimentkörpers aufhört. Marschen und Schlamm-Watte schließen hier an *(**104**)*.

Ganz anders verhält es sich bei der

102

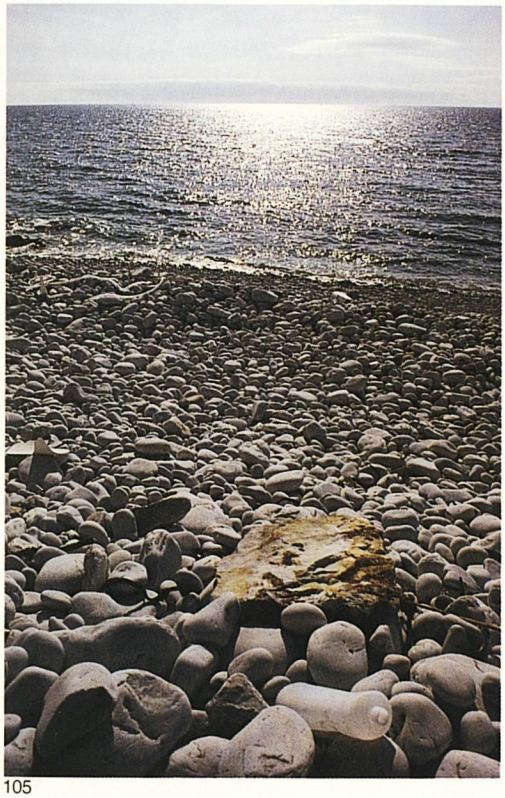
104

dritten Grenze: gegen die Kies-, Schotter- und Geröllböden *(**105**)*. Hier wird zuviel des Sandes abtransportiert, und nur grobes Sediment hält seine Lage. Der Lebensraum wird durch die Reibungskräfte an der Oberfläche des bewegten Schwersediments aber lebensfeindlich, wie wir dies schon aus der Felsenwelt kennen.

Vor allem stürzt das Wasser der Wellenzungen so schnell durch das Lückensystem, daß keine Lückenfauna entstehen und keine Filterwirkung mehr erzielt werden kann.

Dies also sind die drei Grenzen an der Oberfläche und an den Seiten. Die vierte liegt in der Tiefe – dort, wo wiederum die

103



105

Exposition zu wenig von dem Feinsediment fortschafft; etwa da, wo die Wellen nicht mehr den Grund berühren, bei alter, das heißt langer Dünung also in einer Tiefe von 100 bis 200 Meter.

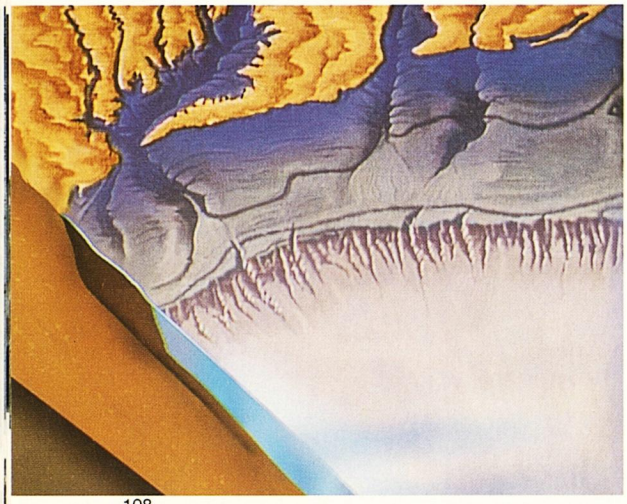
106

107

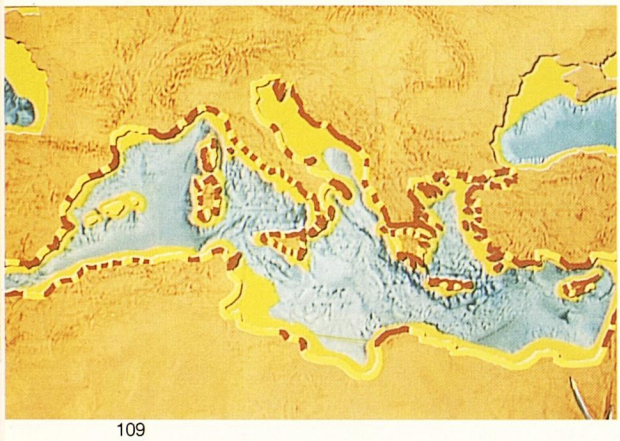
Die Rippelmarken am Sandboden *(**106**)* und das Schwingen des Wasserkörpers sind Anzeichen dafür, daß die Wellen noch den Grund berühren. Und selbst in dieser Tiefe, wie unsere Messungen zeigen *(**107**)*, wird das Wasser Schwingung für Schwingung, wie mit einer unterseeischen Pumpe, durch das Sediment gesogen.

Die Dimensionen der Wirkung

Hier haben wir es also mit einem Lebensraum zu tun, dessen Obergrenze so lang ist wie zweimal die Strecke zum Mond und zurück. Doch auch seine Breite – sie kann, wie gesagt, bis zu einer Tiefenlinie von 100 bis 200 Meter reichen – ist beeindruckend. Jene Zone der Meeresböden nennt man Schelfgebiete. Wie

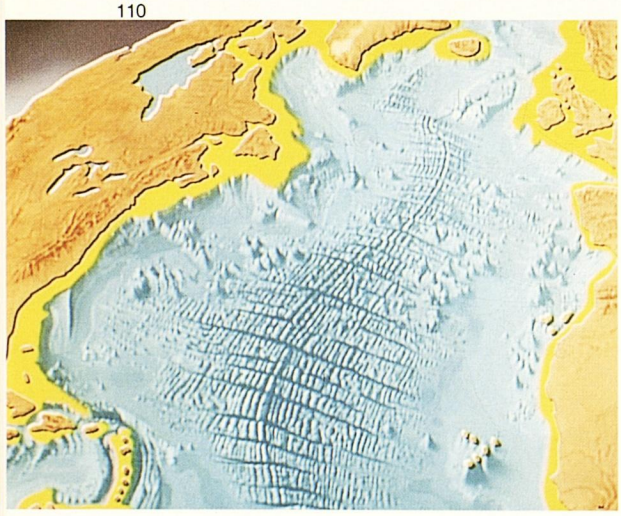


108



109

110



auf einem Sortierbrett wird alles Sediment von den Kontinenten durch die Strömung und den tiefreichenden Seegang auf ihnen abgeladen, aussortiert und aufgebreitet. Es sind nur leicht gegen die Tiefenböden abfallende Flächen, die mit ziemlich scharfen Rändern, den Kontinentalschultern, von der Tiefsee abgegrenzt sind. Ihre steilen Hänge werden nicht mehr vom Seegang geformt, statt dessen vom »Schüttwinkel« der Sedimente bestimmt *(**108**)*.

Sie nehmen im Mediterran weite Gebiete ein, besonders in der Nordadria und in der Syrte *(**109**)*.

Noch ausgeprägter sind Schelf, Kontinentalschulter und -abhang zur Tiefsee an den ozeanischen Küsten *(**110**)*. Das hängt mit der größeren Stetigkeit und Stärke der Dünung zusammen – jenem Seegang also, der aus den Windseen der Wettergebiete hinaus an die Küsten läuft und auf dieser Reise zwar glatter und flacher, dafür aber schneller und länger wird. Und, wie bereits erwähnt, wächst die Tiefenwirkung des Seegangs mit seiner Länge. Diese Schelfgebiete der Kontinente gehören also größtenteils zu jenem Filtersystem der Sande, das wir bereits genauer betrachtet haben.

Und so kann man errechnen, daß der jährliche Wasserdurchsatz durch die Sandfilter der Weltmeere sich in einer Größenordnung bewegt, die jener Wassermenge gleichkommt, die alle Flüsse der Erde zusammen den Weltmeeren jährlich zurückführen.

Also scheint es durchaus berechtigt, diese Welt des Sandes als größten Staubsauger der Welt zu bezeichnen.

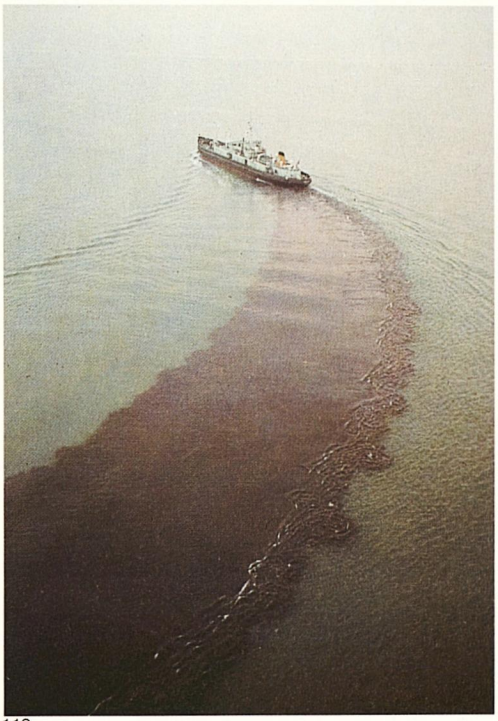
Was wir Menschen der Welt des Sandes antun

Ein mariner Lebensraum von solcher Größe und so enormem Wasserdurchsatz muß in seiner Funktion als Partikelfilter für das Gleichgewicht des Meereslebens, vor allem aber für die Reinhaltung der See, von fundamentaler Bedeutung sein.

Dieses Gleichgewicht, das sich über Jahrmillionen aufgebaut und erhalten

111

112



113
114

hat, begannen wir Menschen auf das gefährlichste zu stören.

Zu viele von uns sind zu tüchtig geworden und zu zahlreich und bedenkenlos ans Meer gezogen *(**111, 112**)*. In ungeheuren Mengen gehen Waschmittel sowie unser Unrat ungeklärt ins Meer. Vielerorts wird der gesamte Unrat der Städte ganz systematisch ins Meer gekippt – »verklappt«, wie der Fachausdruck für diese Art der marinen Müllentsorgung lautet *(**113, 114**)*. Doch auch die meisten Schiffe kippen ihre Abfälle mit der größten Selbstverständlichkeit ins Meer oder warten damit bestenfalls, bis sie außer Sicht sind.

Belastete Welt des Sandes

Ebensowenig sichtbar, jedoch um so gefährlicher, da ihre Produzenten weit abgelegen sein können, sind die Industrieabwässer, die öligen Abwässer der Schiffe *(**115**)*, vor allem aber jener Tanker, die ihre leeren Rümpfe mit Seewasser ausspülen – allerdings verschämt erst auf dem offenen Meer, wofür ihnen im Mittelmeer sogar offiziell eine eigene

115

116

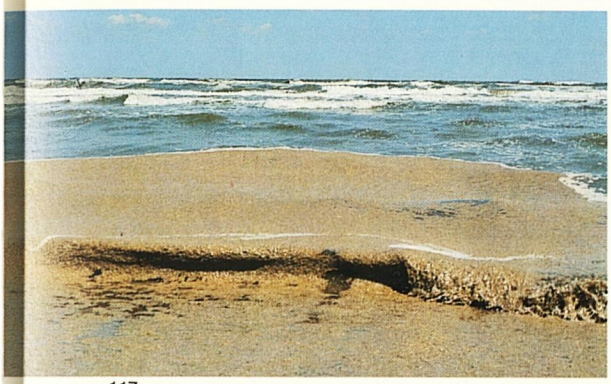
»Wasch-Zone« eingeräumt wurde *(**116**, Belastungsgebiete braun bis rot)*.

Auch die »moderne« Technik, Industrieabfälle auf Spezialschiffen auf See zu verbrennen, ist freilich keine Lösung. Denn die Verbrennungsgase sind zwar nicht alle sichtbar, treiben aber über dem Wasserspiegel und werden auf den weiten Flächen größtenteils im Wasser gelöst, wo sie letztlich auch bleiben.

All das Geschwebe aus Öl, Ölrückständen, Staub, Ruß und sämtlichen anderen höhermolekularen Verbindungen wird nun im Seegang zerkleinert und treibt gemeinsam mit den kleineren Partikeln, die überall in der Brandung aufgeschäumt werden, an die Küsten. Dort stehen sie als giftiger Schaum *(**117**)* an den bereits toten oder fast völlig verklebten Stränden *(**118**)*.

Der Laie weiß gar nicht, was es bedeutet, den größten Filter der Erde zu verstopfen, ahnt nicht, daß dem Meer gerade zum Zeitpunkt seiner höchsten Belastung die natürliche Einrichtung zu regenerieren entzogen wird.

Und nur dort, wo die Küste sichtbar grob verschmutzt, wo Unrat verteilt ist und Teer aus den Ölrückständen am Strand klebt, wird ihm die Sache klar – oder dort, wo das aufgeschäumte Gift vom Seewind bereits ins Landesinnere ge-



117

118

119

tragen wurde und wo die skelettierten Wälder *(**119**)* ihm die Folgen vor Augen führen: Waschmittel haben beispielsweise die Eigenschaft, unauffällig über Kanäle und Flüsse im Meer zu verschwinden. Doch dort werden die Moleküle durch den Schaum an die Wasseroberfläche befördert und werden, wie ein Bumerang, zu ihren Produzenten ins Landesinnere zurückgeweht, wo sie die Vegetation verätzen.

Viele haben aber noch gar keinen Blick auf die Vegetation geworfen und kennen auch den Zusammenhang nicht. Sie machen, da sie ordentliche Leute sind, ihren Strand sauber, trachten auch, den Teer zu entfernen, und wissen dabei nicht, daß die eigentliche Krankheit tief im Inneren des Sandkörpers selbst steckt.

Kann der Strand regenerieren?

Kann also der Strand selbst regenerieren? Nun, im Prinzip kann er das.

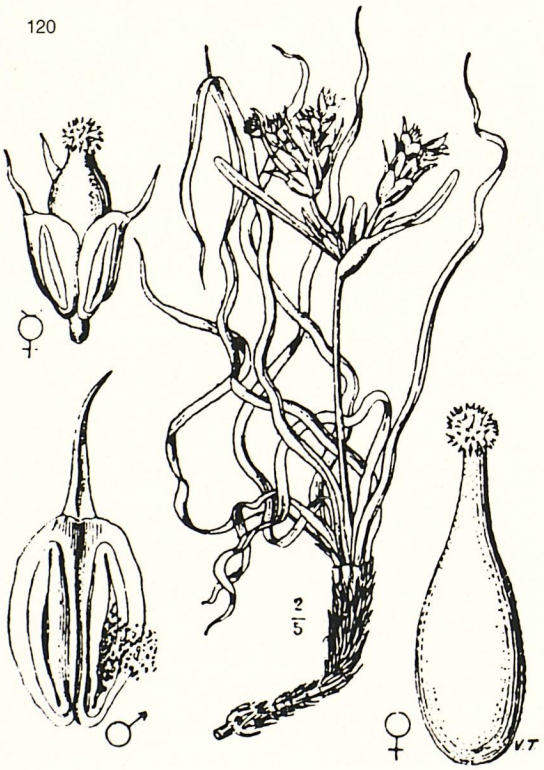
In geologischen Zeiträumen werden ganze Strände abgetragen und wieder aufgebaut. Doch auf geologische Zeiträume können wir nicht warten. Dagegen altern die meisten Küsten des Mediterrans, wie man sich der Vorgänge (abgebildet auf Seite 37) erinnert. Das bedeutet, daß die Sedimentküsten zwar im Zunehmen sind, ihre Sandfilter aber feiner und empfindlicher werden.

Wenn der Untergrund grau wird oder gar schwarz und nach Öl riecht, dann ist es um den Sandfilter geschehen. Nun wäre noch auf Umlagerung durch den Seegang zu hoffen, aber die Schübe der Verschmutzung sind häufiger als die Stürme. Einmal verklebt, ist, wie wir wissen, das Sediment nicht mehr so leicht zu erodieren.

Doch der Mensch setzt dem Strand nicht nur durch Verschmutzung zu, er verstümmelt ihn sogar. In manchen Mittelmeerländern ist die Strandfläche auf ein Fünftel zurückgegangen. Das ist in erster Linie auf unsinnige Bauten an der Küste zurückzuführen. Selbst Wellenbrecher können dazu beitragen, daß die Auskolkungen und die Abdrift der Sande nur noch zunimmt.

Mancherorts – man glaubt, es sich leisten zu können – versucht man, den Sandstrand vor den Winterstürmen zu retten, indem man ihn mit Planierraupen gegen die Dünen schieben läßt. Natürlich verliert er dort, dem Wellenschlag entzogen, seine Filterwirkung, sein biologisches System bricht ebenfalls zusammen und erholt sich auch nicht, wenn er nur in der Sommersaison wieder ausgebreitet wird.

120



So bleibt die Frage nach der Selbstreinigung durch die Organismen. Doch überall dort, wo das Lückensystem verstopft und das Wasser vergiftet ist, sind sie längst abgestorben. Das heißt, auch mit der biologischen Regeneration ist es vorbei.

Das betrifft zwangsläufig auch die unterseeischen Sandböden, die sich jedoch fast gänzlich unserer Aufmerksamkeit entziehen. Ein Indikator mögen die Prärien des Neptungrases sein, die bereits im gesamten Mediterran dramatisch zurückgegangen sind: Seit Jahren hat man in vielen Gebieten ihre Blüten *(**120**)* nicht mehr gesehen.

Dabei erinnern wir uns, daß diese Prärien Sandfallen darstellen und damit die Strände davor schützen, abgetragen zu werden. Man kann bereits erahnen, wie wechselseitig verwoben all diese Phänomene sind.

Also haben wir gerade dort alle Chancen der Selbstreinigung vertan, wo das Meer die Reinigung am nötigsten bräuchte?

Können wir noch helfen?

Zunächst kann das ja gar keine ernstgemeinte Frage sein, ob wir könnten – wir müssen wohl.

Wir können es uns gar nicht leisten, ein Meer zugrunde gehen zu lassen. Wie wir sehen werden, geht es auch nicht nur um den Sandstrand, sondern um die Erhaltung eines Filtersystems – denn wenn dieses zusammenbricht, wird zunächst der Wasserkörper als biologisches System geschädigt, dieser trifft auf das Leben in der Felsenwelt ebenso wie auf die Tiefenböden, und diese schlagen mit den ihnen zugefügten Schäden zurück und treffen in vollem Umfang das Leben in der Welt des Sandes.

Im letzten Teil dieses Buches werde ich diesen Zusammenhang systematischer darlegen, doch vorerst gilt es, noch die Systeme der Tiefenböden und des Wasserkörpers kennenzulernen.

121

122

Was wir tun sollten

Sind also noch Chancen gegeben? Im Prinzip gewiß! Nachdem wir den Schaden allein angerichtet haben, sollten wir wohl in der Lage sein, ihm zu begegnen.

Es wäre gut, wenn wir nicht so viele wären, aber da sich das nicht ändern läßt, sollten wir wenigstens unsere Ansprüche zurückschrauben. Darauf wird es immer wieder ankommen. Denn es fragt sich schließlich, ob mehr Aufwand glücklicher macht. Haben wir bedacht, was es war, das uns Erholung brachte? Den Nachbarn an Aufwänden zu übertrumpfen konnte es nicht gewesen sein. Wir werden also noch über Werte nachdenken müssen.

Viel wäre schon erreicht, wenn wir nicht immer alle auf einmal kämen *(**121**)* – aber Ferienzeiten werden uns offenbar vorgeschrieben *(**122**)*. Ist dieser Stoßbelastung denn gar nicht auszukommen? Das gilt für Touristen ebenso wie für Einheimische. Wir denken kaum daran, daß wir unser Herdenleben, selbst im Alltagstrott, als störend empfinden *(**123**)*. Und noch weniger fällt uns auf, wo wir überhaupt

123

124

baden. Kommt den niemandem das Grausen bei dem Gedanken, daß Tausende morgens die Klospülung betätigen, um darauf, wieder zu Tausenden *(**124**)*, voll ungetrübter Badefreuden an den Strand zu pilgern?

Wir haben ja kaum bedacht, was sich unter dem vom Strandmeister fein säuberlich gerechten Sand verbirgt und sich dort Jahr für Jahr vermehrt. Nun aber wissen wir, worauf seine Selbstreinigung beruht und welche Funktion er für das Meer besitzt.

Was wir tun müssen

Gegen so manches, was wir lassen *sollten*, wird nicht viel zu machen sein. Aber es gibt anderes, das wir tun oder lassen *müßten*.

Wir müßten darauf bestehen, zu erfahren, woher beispielsweise die »frutti di mare« stammen, die wir zu verspeisen gedenken. Und wenn wir selbst dazu nicht in der Lage sind, wird unser Reiseleiter bestimmt hilfreich einspringen. Wird man auch erfahren, daß sie aus gefährdeten Gebieten stammen, um sie verläßlich nicht zu berühren? Und selbst, wenn die Küche guten Glaubens handelt, kann sie wissen, woher die Fänge stammen?

Außerdem müßten wir jenen Stränden skeptisch gegenüberstehen, an denen die Hotellerie Swimmingpools als Alternative anbietet. Denn das ist teils ein Hinweis darauf, daß das Meerwasser schon hoffnungslos verschmutzt ist, teils, daß keine Kläranlagen vorhanden sind. Vielfach sind Pools nämlich billiger in der Anschaffung als Kläranlagen. Und zu alledem sind die Pools nicht dazu angetan, das Meer zu schonen – ganz im Gegenteil: Wo das zum Zweck des »Sauberhaltens« chemisch vergiftete Poolwasser früher oder später landen wird, kann man sich leicht vorstellen.

Tun wir doch den Schritt, und fragen wir nach den Kläranlagen der Strandhotels! Lassen wir uns diese zeigen! Das mag im konkreten Fall wie eine Mutprobe erlebt werden, aber sie lohnt. Außerdem zeigt sie, daß man gelernt hat, sich nicht von den Institutionen bevormunden und gängeln zu lassen. Also, nur Mut!

Wer gefährdete Strände meidet, schützt sie wie sich selbst.

Aber freilich geht es noch mehr um un-

125

sere kollektiven Leistungen, unsere Region zu schützen. Denn letztlich kommt es auf uns an, was wir an Gesetzen zur Reinhaltung durchzusetzen vermögen und ob das uns Versprochene auch gehalten wird.

Wir werden beispielsweise noch von Ring-Leitungen für Abwässer hören, aber es wird sich herausstellen, daß auch diese kaum geklärt ins Meer münden.

Mit unserer Wahl können wir Mediterranen wohl manches bewirken – oder durch die Kontrollen der Gesetze, die jeder einzelne von uns mitverantwortet. Wie sonst sollten wir auf die Städte im Hinterland wirken, um nicht schon aus den Flüssen selbst Abwasserkanäle werden zu lassen? Denn es ist unser aller Land, dessen Werte und Schönheit wir schützen, so wie einst der Sandstrand das Meer *(125)* und die Seegraswiesen die Strände schützten.

Nun kennen wir schon zwei der mediterranen Systeme und erkennen ihre Unterschiede sowie ihre Abhängigkeiten. Nehmen wir uns nun das dritte vor, um das Bild zu erweitern.

Die Welt der Tiefe

Wenn wir Meeresbiologen mit den Ozeanographen über die Welt der Tiefe sprechen, dann ist für sie diese Welt der Tiefe der Meeresboden schlechthin. Was wir Meeresbiologen als Felsen- und Sandwelt bezeichnen, ist für sie lediglich eine Randerscheinung. Was die Abmessungen anlangt, ist das nicht einmal so abwegig, denn nur ein geringer Prozentsatz der Seeböden ist von porösen Sandkörpern bedeckt und ein noch geringerer von Felsböden; die ersteren reichen noch in die Gebiete des Schelfs hinein, die letzteren kennt man nur aus der unmittelbaren Nähe exponierter Küsten oder, in größerer Tiefe, aus dem Umfeld vulkanischer Tätigkeit. Um das zu verstehen, muß man sich des Baus dieser Welt erinnern – der Kontinentalschollen, die auf der zähen Erdkruste driften.

Was die Welt der Tiefe ist

Merkwürdigerweise sind die Kontinente auf unserem Planeten, wie man sich (von Seite 18) erinnert, aus einer einzigen Scholle entstanden. Man kann sie sich vorstellen wie den Rest einer Eierschale auf einem hartgekochten Ei, das bereits zu zwei Drittel geschält ist. Das Zentrum dieser zunächst einheitlichen Scholle befand sich dort, wo heute das nördliche Afrika liegt. Erst später, wie uns die Geologie beweist, haben sich Brüche in der Scholle aufgetan, und die Teile drifteten, als würden sie von Zentrifugalkräften gezogen, vom heutigen Afrika fort; erst Australien und die Antarktis, dann Asien und zuletzt Süd- und Nordamerika.

So dünn diese treibenden Krusten im Verhältnis zum Durchmesser unseres Planeten auch sein mögen, sie ragen, wie der Schnitt zeigt *(1)*, immerhin gut vier Kilometer über die Masse hinaus, auf der sie driften, und sind, Pontons gleich, noch beträchtlich in diese eingesenkt. Die Tiefen wurden von den Urmeeren aufgefüllt, und da und dort ragten die driftenden Schollen zum Großteil aus dem Meer – sie sind unsere Kontinente. Die gewaltigen Flächen dazwischen sind Tiefseeböden, die durchschnittlich vier Kilometer tief liegen.

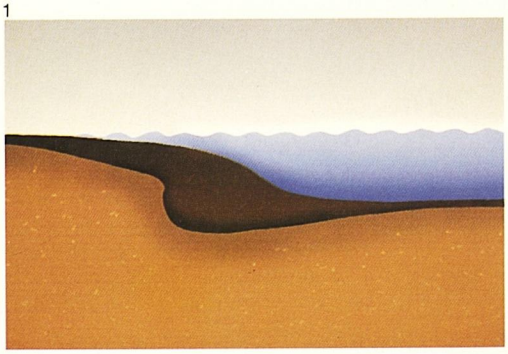
Woraus die Tiefenböden bestehen

Im Prinzip ist diese »Vier-Kilometer-Stufe« auch heute noch um alle Kontinente erhalten, wenn auch geringfügig verändert durch das, was wir den Abraum von kontinentalen Sedimenten nennen; die enormen Mengen an Sediment, die durch Erosion auf den Kontinenten entstanden und durch die Ströme abgeräumt, in die See geschafft wurden.

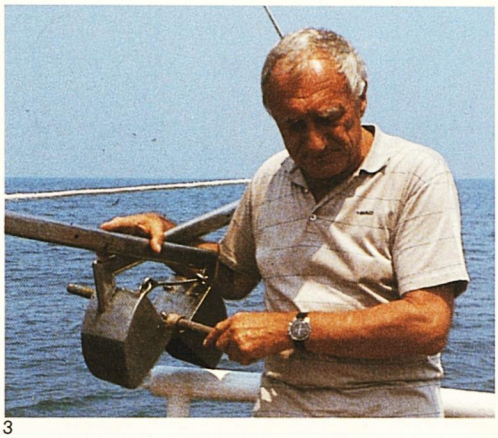
Wie bereits bei der Entstehung der Sande erwähnt, hat die Erosion ein Vielfaches von dem, was zwischen unseren Berggipfeln fehlt, in die Ebenen und weiter ins Meer geschafft und dort schließlich deponiert. Das Grobsediment blieb in Küstennähe – die Sande wurden wie auf einem Schüttelbrett um die Kontinente herum angeschüttet, und zwar bis zur Höhe der sogenannten Kontinentalschulter. Diese Sedimentpakete sind also bis zu vier Kilometer stark. Erst an der Kontinentalschulter werden sie vom Kontinentalabhang begrenzt, der etwa dem Schüttwinkel entspricht. Nur das allerfeinste Sediment, das am längsten in Schwebe bleibt, wird weit hinaus in die See transportiert, wo es als Tiefseeton zur Ruhe kommt.

In den Randmeeren überwiegen die Schelfgebiete. So auch im Mediterran. Eigentlich liegen im Mittelmeer nur zwei Reste von Tiefenbecken vor, und die Adria ist, wie die Karten (Seite 114) deutlich gezeigt haben, praktisch zur Gänze ein Schelfgebiet.

1



2


3

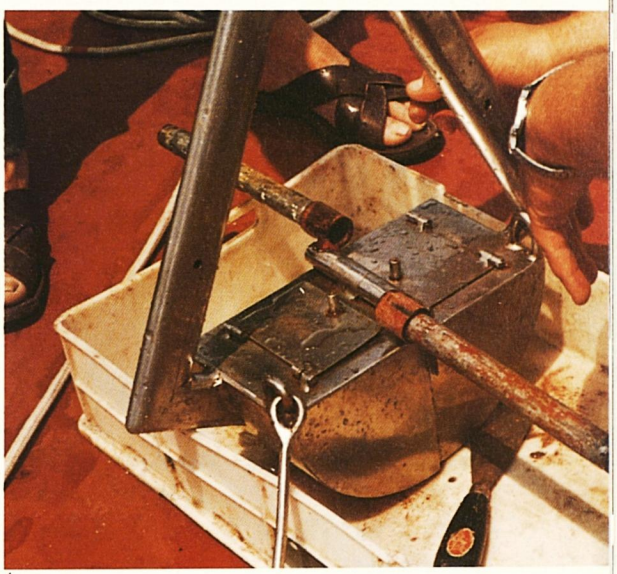
Über die Sedimente

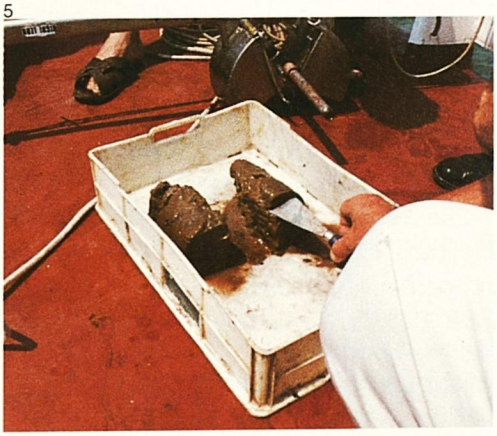
Um uns von dem Gesagten auch in der Praxis zu überzeugen, wollen wir auf dem Forschungsschiff »Umberto D'Ancona« eine Reise *(2)* in die Adria unternehmen.

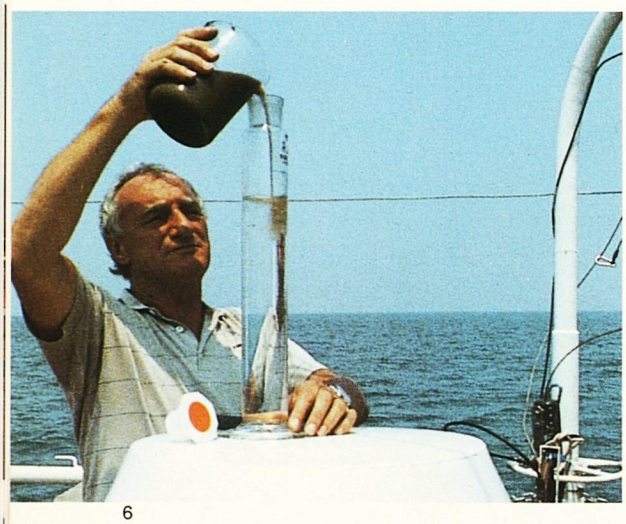
Sehen wir uns zunächst die Sedimente an. Zu diesem Zweck läßt man einen kleinen Bodengreifer *(3)* in die Tiefe hinab, die hier gerade 30 Meter beträgt. Der Greifer schließt vor dem Hochziehen und fördert ein kleines Sedimentpaket *(4)* an Deck.

Entnimmt man dem Paket aus einer der Schichten eine Probe *(5)* und setzt sie in einen Meßzylinder ein, dann läßt sich rasch erkennen, was die Sedimentologen den »Sortierungsgrad« nennen *(6)*: Während die Grob- und Mittelsedimente, etwa die Sande, rasch zum Boden absinken, bleiben die Feinsedimente, wie die Tone, lange in Schwebe.

Es besteht ein fundamentaler Zusammenhang zwischen der Korngröße eines Sedimentpartikels und seiner Sinkgeschwindigkeit. Der uns bereits bekannte Küstensand mit einer Korngröße von 1 mm Durchmesser legt rund 10 cm pro Sekunde zurück. Die Tonpartikel hinge-


4
5





6

gen, mit einem Durchmesser von 1/100 und 1/1000 mm, sinken nur ein Viertel bis ein Vierhundertstel Millimeter in der Sekunde.

Wenn wir unsere Probe wieder über Bord kippen, so wissen wir, daß die Sandanteile in zirka fünf Minuten am Meeresgrund aufkommen werden, und zwar noch in unmittelbarer Nähe der Position unseres Schiffes; die Tone aber erst vierzehn Tage später und, wie man sich denken kann, fern von der Stelle, an der wir sie ins Meer warfen, und weit verdriftet in der Adria.

Und befänden wir uns nicht über einer Tiefe von 30 Meter, sondern über einem Tiefenbecken mit 4 Kilometer Tiefe, so würde der Sand 12 Stunden brauchen, die Tone aber 180 Tage bis 57 Jahre, um den Boden zu erreichen.

Die meisten Feinsedimente, die für die Tiefenböden so charakteristisch sind, können also um die halbe Erde, ja sogar mehrmals um die Erde gereist sein, bis sie zur Ruhe kommen. Das ist auch der Grund dafür, daß die Tiefenböden weltweit so einheitlich sind.

Elektronische Betrachtung

Das Echolot, das auf der Kommandobrücke ständig in Betrieb ist *(7)*, zeigt nicht nur die Wassertiefe und die sanften Wellen des Seebodens an. Mit hartem Schall durchdringt es das Sediment und tastet die darunterliegenden alten Felsböden ab. Es zeigt, daß in unserem Fall das Sediment eine Dicke von rund 100 Meter erreicht hat. Doch es kann 4 Kilometer Dicke oder mehr erreichen – wiederum ein Merkmal (vergleiche Seite 114) der Schelfböden.

7

Eine weitere Möglichkeit, Informationen einzuholen, liefert der Echo-Fühler. In jenem Teil, den wir Fisch nennen *(8)*, befindet sich ein Sender. Wenn wir ihn auf halber Höhe zwischen Schiff und Grund schleppen, dann ergibt sich eine Situation, die in der nebenstehenden Graphik *(9)* erläutert wird.

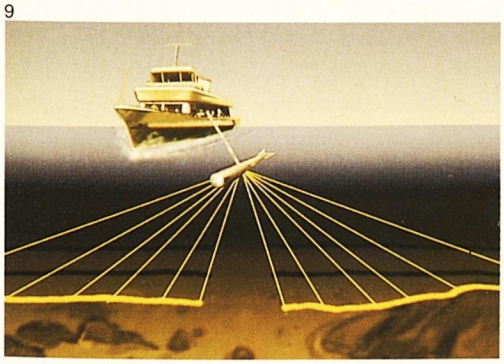
Im Prinzip kann man sich die Vorgangsweise eines solchen »Side-Scanning-Sonar« wie das Kreisen eines Radarschirms vorstellen, das Echos aus bestimmten Richtungen registriert. Im »Fisch« werden zwei sehr genau gebündelte Schallwellen abgestrahlt, die regelmäßig vertikal und nach den Seiten pendeln, und die zurückkommenden Echos

8

werden nach genau demselben Pendelmuster nach ihrer Stärke verschieden aufgezeichnet *(10)*.

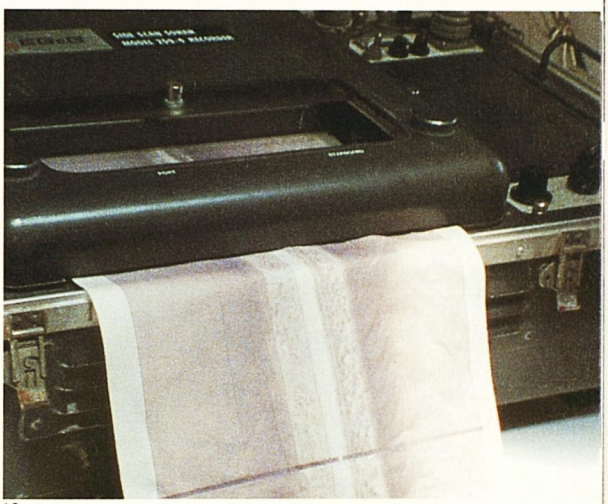
Bei der geringen Tiefe von 30 Meter und genauer Einstellung kann man noch Objekte bis zu Faustgröße ausnehmen.

9



Steine, Steckmuscheln, noch leichter Felsrippen, die aus dem Sediment ragen (eine Spezialität der nordadriatischen Böden – Reste von Küstenformationen aus der letzten Eiszeit, da der Wasserspiegel zum Unterschied von heute bei 30 Meter lag).

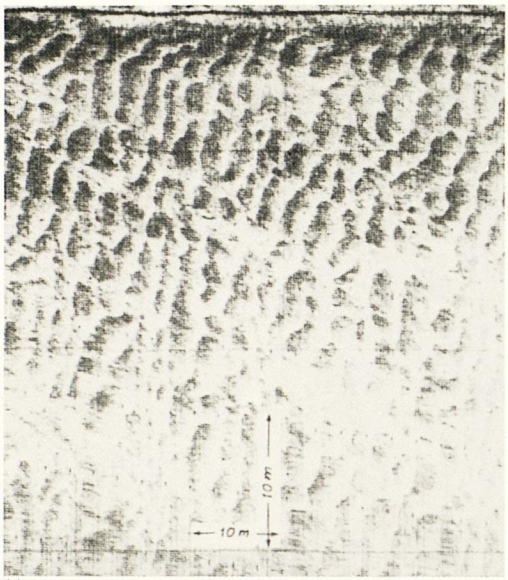
Aber auch die Rippelmarken des Seebodens lassen sich ausnehmen *(11)*, die zeigen, aus welcher Richtung und wie das Bodenrelief vom letzten starken Seegang



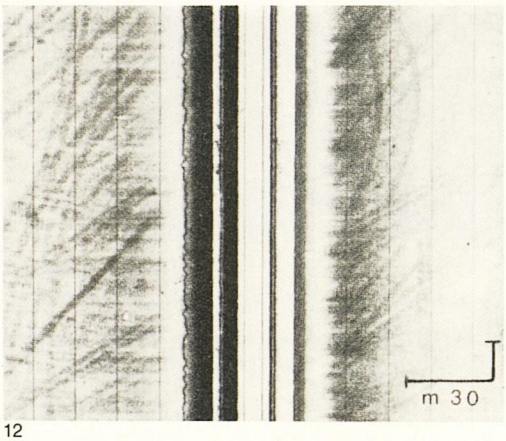
10

modelliert wurde. Wir sehen auf diese Weise bereits elektronisch in jenes »Schüttelbrett« der Schelfgebiete hinein, von dem bereits die Rede war. Die Rippeln entstehen durch die Umlagerung von oberflächlichen Sedimentschichten. Das bedeutet stets, daß das Sediment »nachsortiert« wird, wobei die Sande gleich wieder absinken, die Feinsedimente aber stunden- und tagelang auf die Reise gehen.

Schließlich kann man auch noch die Spuren erkennen, die der Mensch gezogen hat. Es handelt sich um die Narben, welche die schweren Netze der Muschelfischer *(12)* im Seeboden hinterlassen haben – die sogenannten »Dredgen«, die



11



12

sich über spannetief in das Sediment graben und auf diese Weise auch die im Sand verborgenen Formen zutage fördern.

Welches die Beziehungen des Menschen sind

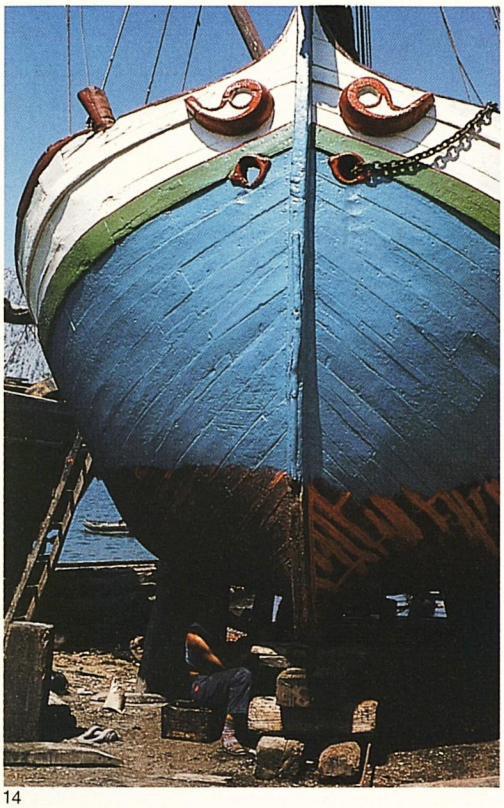
Solche Dredgen – von den Italienern »mussuleri« oder fast intermediterran »draghe« oder »dragues« genannt – spielten schon früh eine wichtige Rolle in der Küstenfischerei des gesamten Mittelmeerraumes. Zusammen mit den großen Schleppnetzen verhalfen sie so manchem Fischereihafen zu frühem Wohlstand.

Es sind diese Schelfböden nämlich reich an Detritus. Darunter versteht man Schweb- und Sinkstoffe zerfallender Tier- und Pflanzenteile, die zum Großteil aus den küstennahen Algen- und Seegraswiesen stammen. Sie sind neben den Planktonorganismen die Hauptnahrung jener Organismen, die sich durch das Filtrieren von Wasser ernähren; zu diesen zählen fast alle Muscheln. Es ist daher verständlich, daß sie gerade auf und in diesen Sedimentböden besonders arten- und individuenreich wurden und die gesamte Mussulero-Fischerei entstehen ließen.

13

Ein typisches Beispiel für diesen frühen Reichtum durch eine solche Fischerei ist Chioggia *(13)*. Bis Ende des 14. Jahrhunderts noch ein echter Rivale Venedigs, ist sein Wohlstand bis ins 18. Jahrhundert weiter gewachsen, und noch vor dreißig Jahren waren seine Fischmärkte und sein Schiffbau *(14)* so berühmt wie charaktervoll.

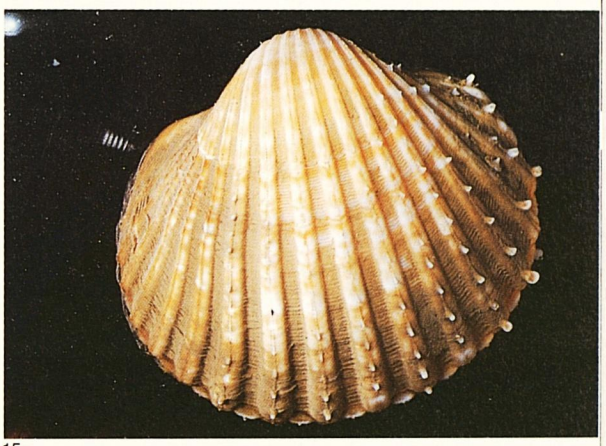
Von den Muscheln, die diesen Wohlstand zum Teil herbeigeführt hatten, waren es die Arten der Herz- und Venusmu-



14

Jahren noch intakt war, konnte vor zwanzig Jahren in seinem Verfall gerade erst erahnt werden. Vor zehn Jahren erkannten wir als Taucher die ersten unterseeischen Friedhöfe. Vor fünf Jahren begannen wir den Vorgang dieser Zusammenbrüche am Seeboden mitzuverfolgen und seine komplexen Ursachen zu verstehen.

Heute sind fast alle Böden dieser Gegend biologisch tot. Und die Muscheln



15

16

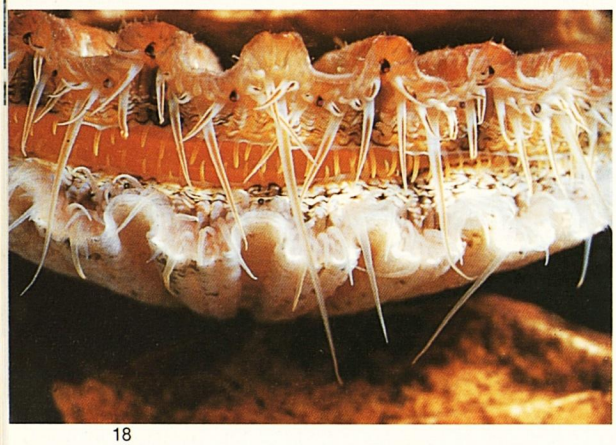
scheln *(15, 16)*, die in Massen feilgeboten wurden: die großen Steckmuscheln, die Jakobs-Pilgermuscheln, die Pfeffer-, Scheiden- und Trogmuscheln *(17, 18, 19)*, um nur ein paar der wichtigsten zu nennen.

Und mit diesen, auch oft in Mengen, der Große Heuschreckenkrebs *(20)*, die Große Seespinne *(21)* und die Sandkrabbe *(22)* – oft in solchen Massen, daß sie als billiges Massennahrungsmittel verschleudert, schlimmer noch, getrocknet und gemahlen als Viehfutter, ja sogar als Dünger verwertet wurden.

Das hat sich freilich dramatisch geändert. In einer galoppierenden Entwicklung sind die Seeböden gerade dieser Gegend zugrunde gegangen. Was vor dreißig

und Krabben, die in kleinen Mengen noch auf den Märkten angeboten werden, kommen aus entlegeneren Teilen der Adria und sind mit Vorsicht zu genießen

17



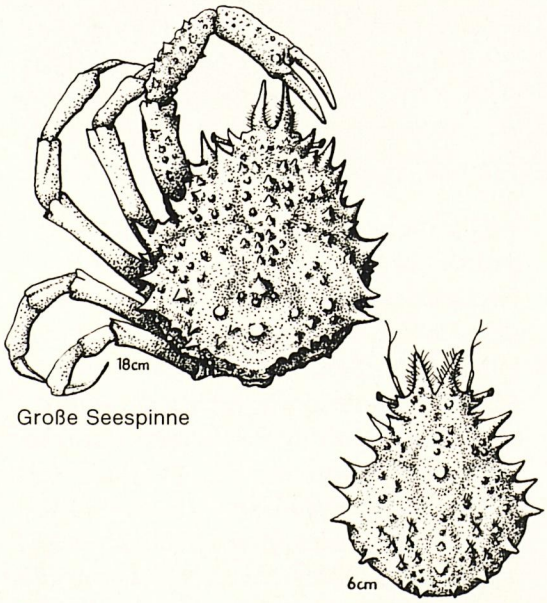
18

20

oder stammen nun überhaupt aus dem Atlantik.

Dieses Thema wird uns später noch beschäftigen. Vorerst ist aber der Tiefenboden in seinen Zusammenhängen zu verstehen, in der Vernetzung seiner biologischen Abhängigkeiten und in der Art der Gefahren, die ihn bedrohen.

19



Große Seespinne

Kleine Seespinne

21

22

Die Biologie der tiefen Böden

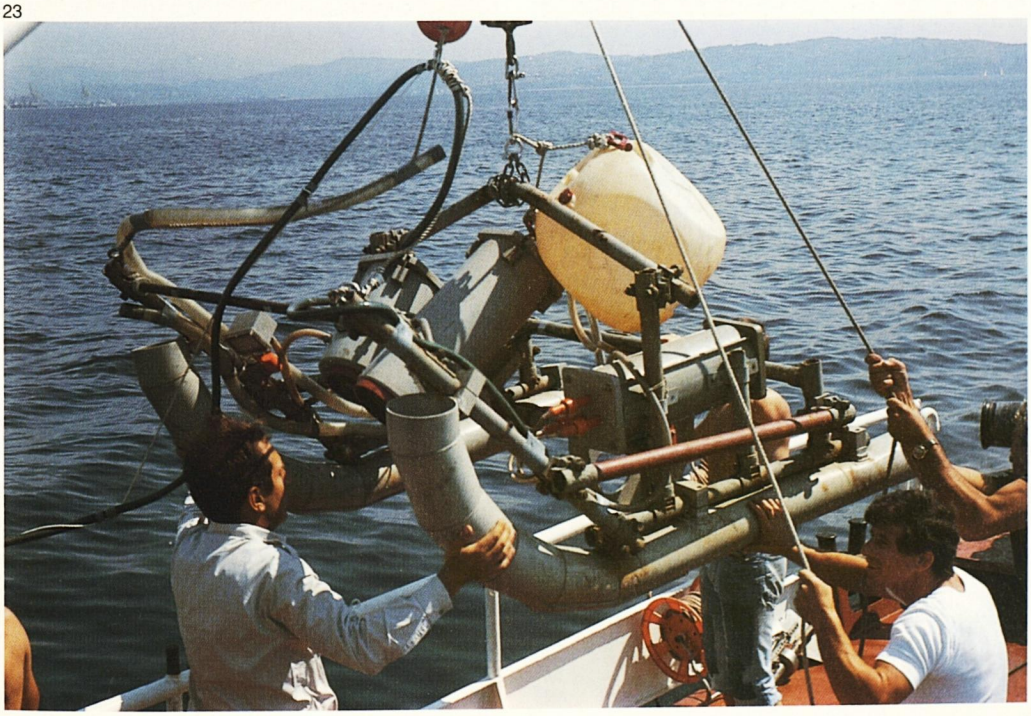
Tiefenböden sind anders als andere Böden. Was wir als Taucher in der Felsenwelt oder der Sandwelt noch selbst überschauen konnten, ist in diesem Fall für die persönliche Erkundung nicht nur reichlich tief, sondern vor allem viel zu weitläufig. Hier sind Strecken bis zu hundert Seemeilen zu überblicken und Vorgänge über mehrere Tage hinweg zu beobachten, was kein Taucher mehr bewältigen kann.

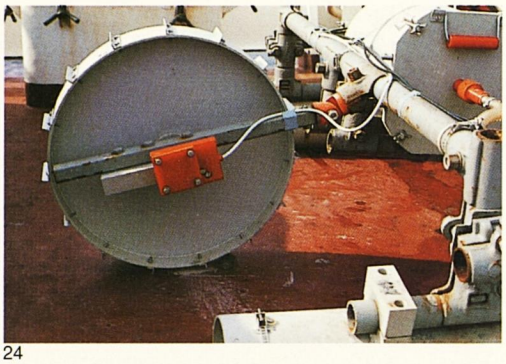
Wir haben daher dem Tauchgerät weitere Geräte hinzugefügt, die unsere Kapazität nach Raum und Zeit verlängern. Den Unterwasser-Zeitraffer kennen wir bereits. Vorzustellen ist diesmal unser Fernsehschlitten *(**23**)*.

Was die Tiefe bedeutet

Unser Schlitten ist durch Kabel mit dem Monitor, dem Strom und den Steuergeräten an Bord verbunden; deshalb kann er nicht beliebig tief operieren. Allein der Zug der Strömungen an dieser »Nabelschnur« könnte ihn in zu großer Tiefe funktionsunfähig machen. Er ist für eine sichere Tauchtiefe von hundert Metern konzipiert, und das reicht völlig, um die Schelfgebiete zu erkunden und ihre Pro-

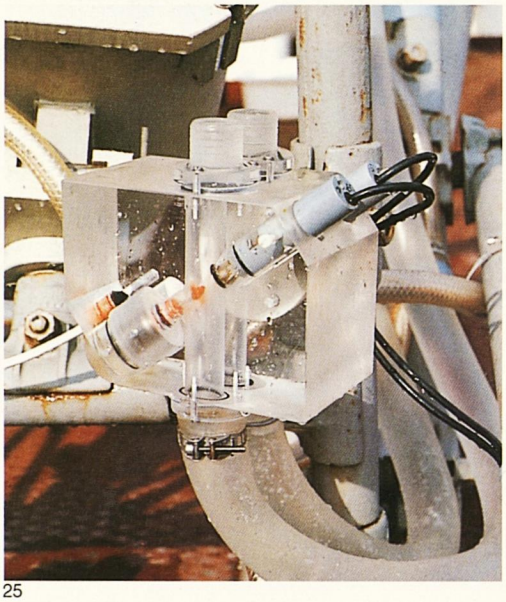
23





24

Photokamera, die Scheinwerfer und den Elektronenblitz sowie ein Zählrad *(**24**)*, das die zurückgelegten Strecken vermißt, darüber hinaus eine automatische Anlage *(**25**)* zur laufenden Messung des Sauerstoffs im Wasser. Er läuft auf dicken Rohrkufen, die das Einsinken im weichen Grund verhindern, und ist mit einem Auftriebsack versehen, der das gerade Aufsetzen sichert *(**26**)*.



25

26

bleme zu diagnostizieren. Je tiefer nämlich die Böden liegen, um so mehr schwindet, wie wir gesehen haben, das Licht und mit ihm die primäre Produktion auch der einzelligen Algen sowie die Zufuhr von organischem Detritus.

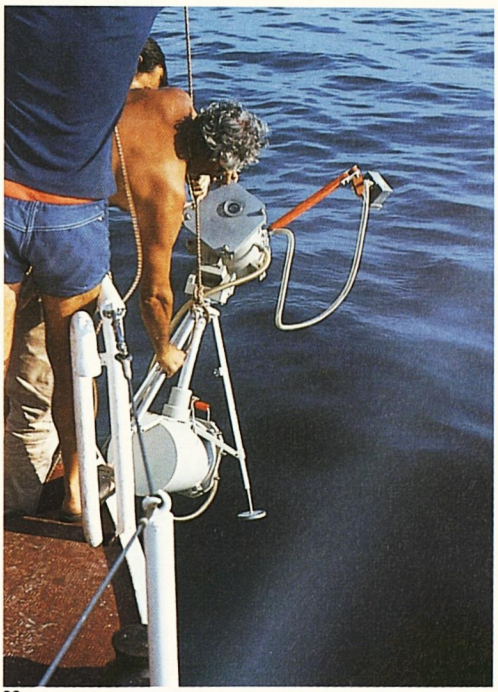
So werden die Besiedlung, die Stoffumsätze und deren Bedeutung für den Haushalt des Meeres über die Kontinentalschulter in die Tiefsee immer geringer. Der Schelf geringerer Tiefe ist also das beste Modell.

Unser Schlitten enthält ein Gehäuse für die Fernsehkamera, die Laufbild- und

Geht der Schlitten über Bord, nimmt das Schiff leichte Fahrt auf, um das Kabel straff auszulegen, und wir warten, bis der

27

28



29

Boden am Monitor sichtbar wird. Allerdings sieht man ihn nicht lange, denn das Bild wird von einer Schlammwolke getrübt, die zwangsläufig durch das Aufsetzen entsteht.

Hier bestätigt sich noch einmal, was wir über die Schwebzeit von Sedimenten herausgefunden haben: Das leichte Sediment liegt zuoberst auf dem Meeresgrund.

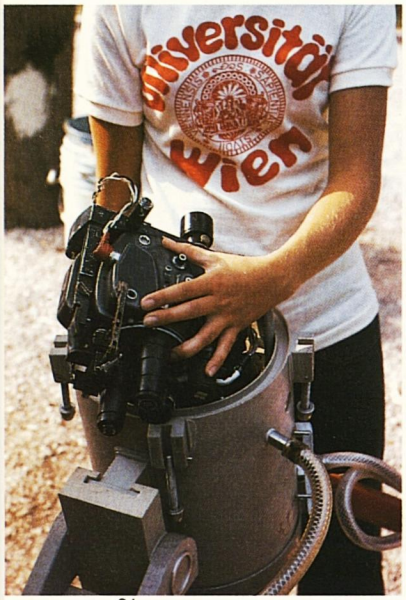
Das Schiff hält für einige Minuten. Dann kann die Fahrt aus der selbsterzeugten Schlammwolke in bessere Sichtverhältnisse beginnen. Und nun offenbart sich dem Betrachter eine weitere Dimension der Tiefe: leichte Sedimente, wenig oder gar kein Licht und endlose Ebenen.

Auffällig ist zunächst auch der karge Besatz mit Organismen. Da zieht eine Seegurke vorbei – dort sehen wir ein paar Schlangensterne *(**27**)*. Die im Sediment versteckten Muscheln erkennt der Fachmann an den Löchern im Boden. Meilenweit bietet sich derselbe Anblick. Die dichter besiedelten Böden warten weiter im Süden auf uns.

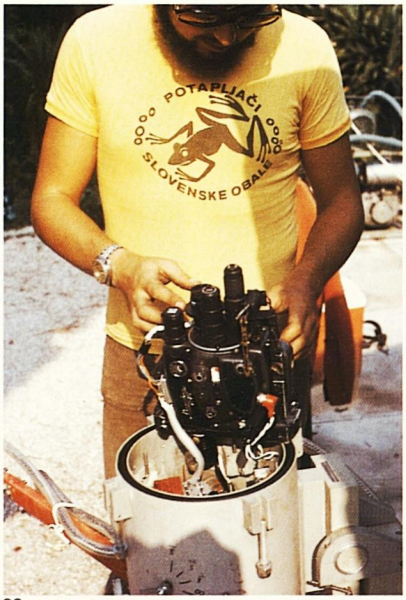
Abstieg zum Schlitten

Sobald das Gebiet mit der dichteren Besiedlung erreicht ist, wollen wir selbst

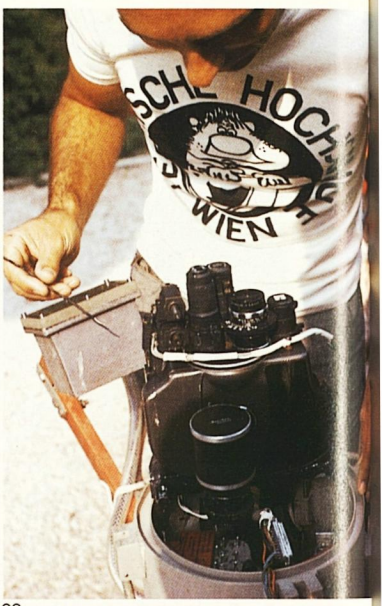
30



31



32



33

zu unserem Schlitten abtauchen und mit den gezielten Untersuchungen beginnen. Für den Abstieg in diese Tiefe empfiehlt es sich, gut ausgerüstet zu sein *(**28**)*.

Da ist zunächst der Zeitraffer einzusetzen *(**29**)*. Da die Aufenthaltsdauer für den Taucher begrenzt sein muß, wird die über Stunden gehende Registrierung der Elektronik übertragen. Die Meßquadrate werden mitgenommen *(**30**)*. Übrigens kann man von den unterschiedlichen Hemden der Mitarbeiter auf die interdisziplinäre Zusammensetzung des Teams schließen *(**31, 32, 33**)*.

Ferner haben wir eine Meßstation zur Registrierung von Temperatur, Licht und Sauerstoff-Spannung, die mitkommen soll *(**34**)*, ebenso wie die sogenannte Ausguß-Einrichtung, mit deren Hilfe wir die Grabbauten im Seeboden erforschen werden. Durch deren gemeinsamen Einsatz erspart man sich die Wiederholung der lästigen Dekompressionszeiten beim Auftauchen.

Während die Taucher unter Wasser sind, sollte das Boot möglichst immer nahe der aufsteigenden Luftblasen warten. Die Erfahrenen tauchen niemals allein und tragen sogar ein gutes Messer bei sich – weniger der Haie wegen, sondern für den Fall, sich unglücklich in einer Leine zu verfangen und nicht mehr loszukommen.

Im Forschungsschiff werden inzwischen die Maschinen gestoppt, der Anker wird gesetzt und auf der Brücke sehr genau die Position bestimmt *(**35, 36**)*.

Tatsächlich haben wir mit unserem Gerät in den vergangenen zehn Jahren schon einen Gutteil der besonders gefährdeten Gebiete der Nordadria untersucht und aufgenommen. Als Gäste auf italienischen wie jugoslawischen Forschungsschiffen haben wir wertvolles Material gewonnen, das *(**37**)* uns erstmals einen weiten Einblick ermöglicht hat: nämlich sowohl über die jugoslawischen wie über die italienischen Hoheitsgewässer.

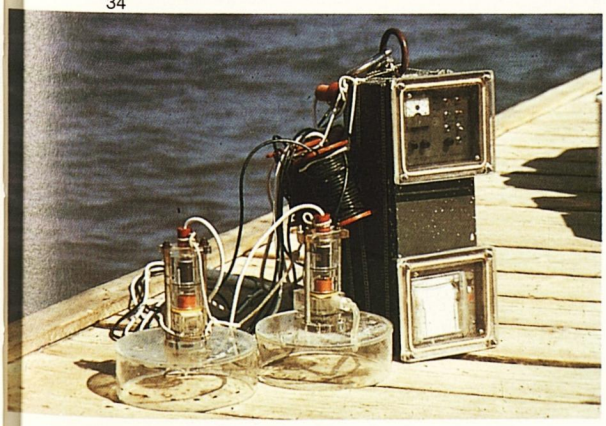
Wir verdanken dieses Privileg unserer doppelten Neutralität. Einmal aufgrund der politischen Neutralität Österreichs, ein andermal wegen der Neutralität des Binnenländers am Meer. Und dank unserer Pionierarbeit für die Meeresbiologie zählen wir sowohl in den nationalen Forschungsstationen als auch in den internationalen Organisationen zu den gern gesehenen Gästen.

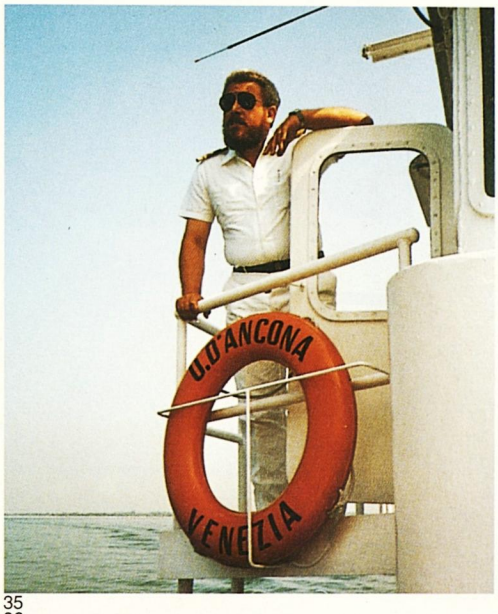
Die Untersuchungen beginnen

Die schweren Geräte gehen an Leinen in die Tiefe, die auch den Tauchern zur Orientierung dienen. Schon bei der Landung lernt man, daß man sich hier vorsichtig bewegen muß – denn es wird dabei viel leichtes Sediment aufgewirbelt, das seine Zeit braucht, um sich zu verziehen.

Zuerst wird der Zeitraffer in Position gebracht *(**38, 39**)*, denn er soll zwölf Stunden lang die Vorgänge auf einem Quadratmeter Grund aufzeichnen. Hinzu kommt ein Meßquadrat, das später hilft, Größen und Distanzen abzumessen. Uhr und Strömungsfähnchen müssen ebenfalls ins Bild *(**40**)*, weil wir die Erfahrung gemacht haben, daß sich gewisse Verhaltensweisen mit dem Restlicht, noch mehr

34

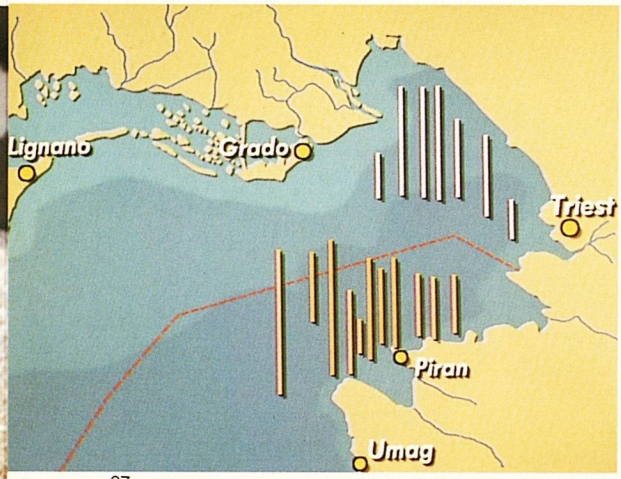




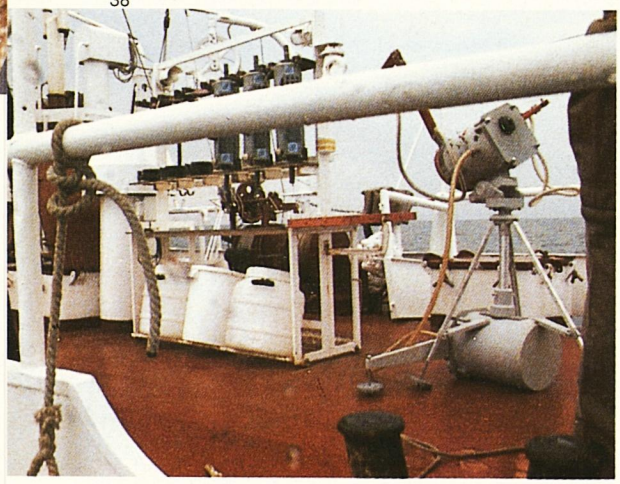
35
36

aber mit dem Kentern der Gezeitenströmung ändern *(**41**)*, worunter man die Umkehr der Strömungsrichtung mit dem Wechsel zwischen Ebbe und Flut versteht.

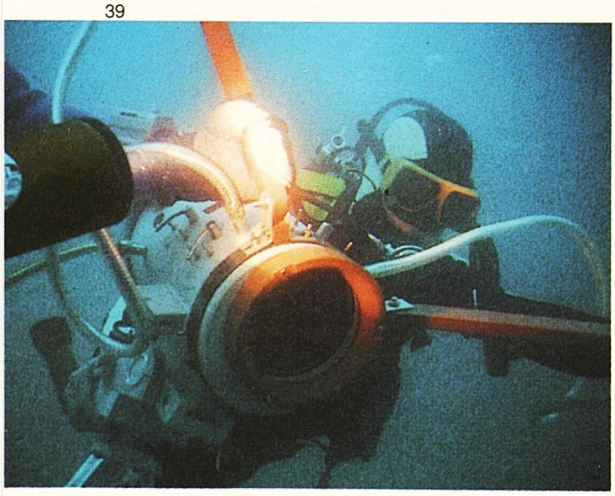
Als nächstes stellen wir Ausgüsse von den Grabgängen im Sediment her. Denn das honigflüssige Drei-Komponenten-Plastik, das bis in die feinsten Verzweigungen der Grabgänge vordringt, indem es das Wasser in ihnen vollständig verdrängt, braucht Zeit zum Aushärten, be-



37
38



39



vor man das System wieder ausgraben kann.

Diese völlig unscheinbaren Löcher an der Sedimentoberfläche *(42)* führen mit ganz erstaunlichen Verzweigungen oft

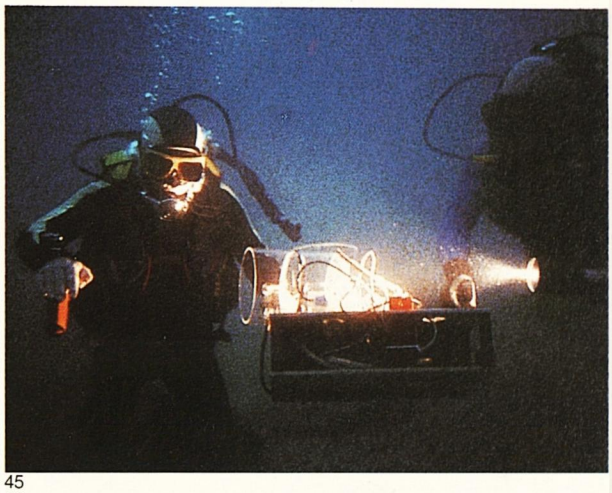
40

41
42

43

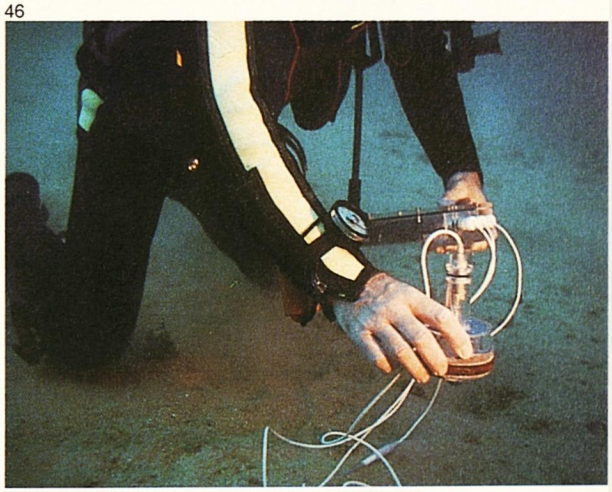
einen Meter und mehr in die Tiefe. Stellenweise stehen diese Grabbauten so dicht, daß die »innere Oberfläche« des Grundes größer werden kann als die äußere. Dieses Phänomen verhält sich ana-

44

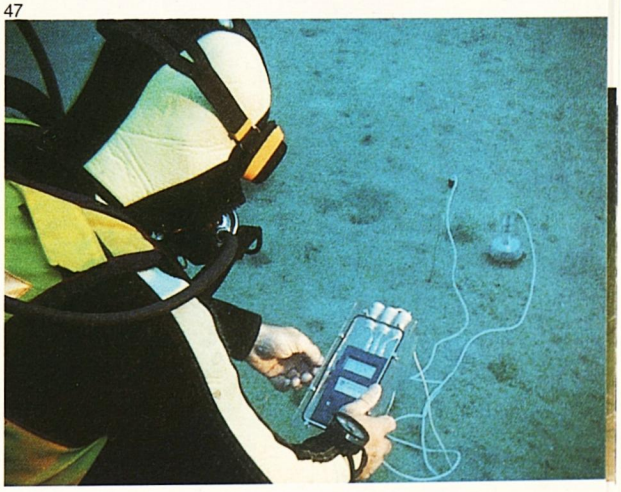


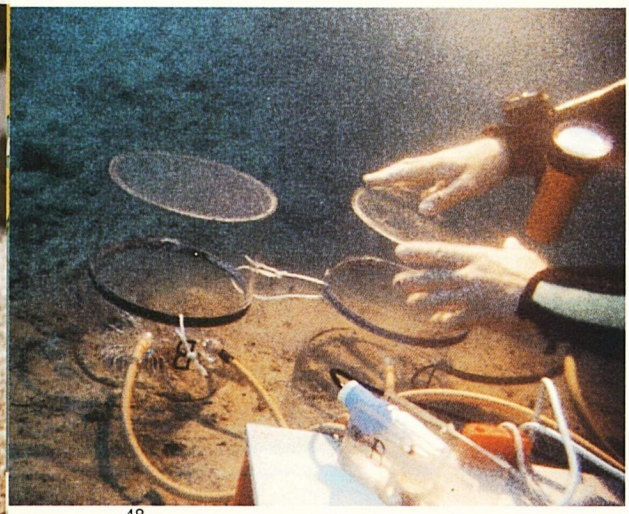
45

46



47





48

49

log zu den bereits erwähnten »inneren Oberflächen« der Karstküsten, die durch unterseeische Höhlen zustandekommen.

Wir erkennen die Art der Grabgänge sowie deren Hersteller und Bewohner meist schon an der Art und Lage der Löcher und haben vor, drei verschiedene dieser Gänge auszugießen *(43)*. Dabei ist es wichtig, wieder äußerst behutsam vorzugehen *(44)*, weil man sich sonst die Sicht vernebelt.

Warum unser Interesse an diesen Grabbauten so groß ist, hängt mit der biologischen Funktion der inneren Oberflächen des Seebodens zusammen, die ich später anhand eines Beispiels erläutern möchte.

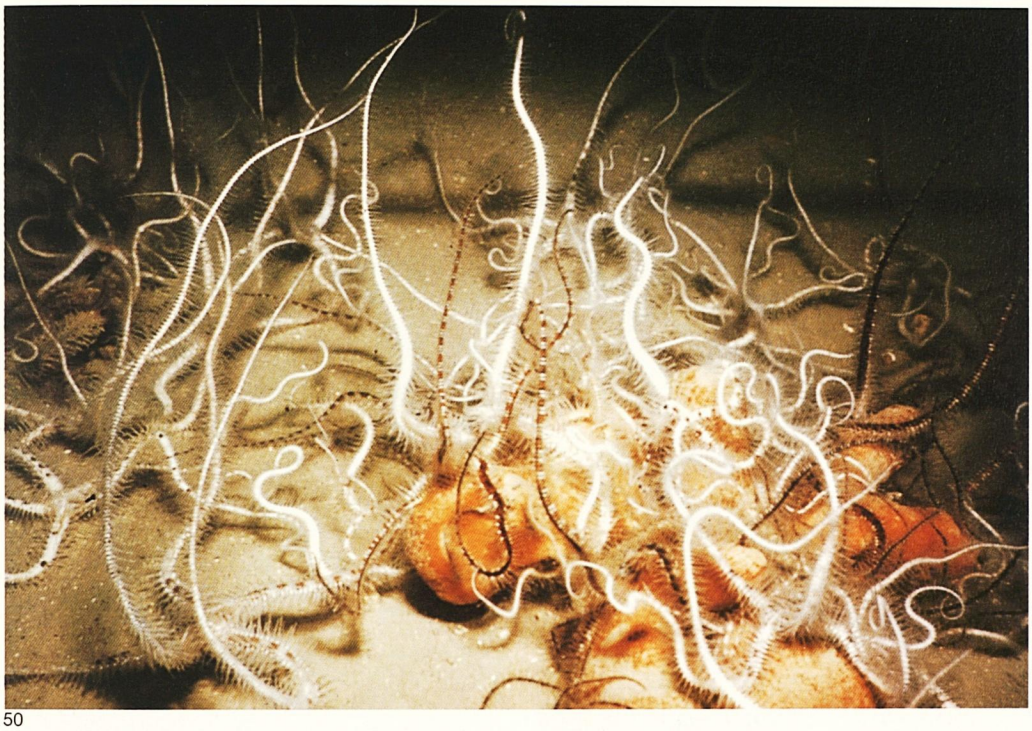
Am einfachsten ist die Meßstation einzurichten, denn sie arbeitet ganz automatisch. Nur der Redox-Fühler *(45, 46, 47)* muß eingesetzt werden. Er ist so konstruiert, daß er kontinuierlich in jedem Zentimeter der Schichten des Sediments, in das wir ihn stecken, die Stauerstoffspannung des Lückenwassers im Verhältnis zu den Schwefelwasserstoff-Verbindungen mißt. Dieses Reduktions-Oxydations-Verhältnis verwenden wir als ein Grundmaß für alle Bedingungen der Atmung, die überall von Bedeutung sind.

Und in der Glocke *(48, 49)* messen wir dasselbe Austausch-Verhältnis, diesmal aber zwischen dem Seeboden und dem Wasserkörper.

Erste Instanz: Filtrierer

Nun ist es an der Zeit, die Lebewesen vorzuführen, die hier über dem Sediment daheim sind: Es sind in erster Instanz der Nahrungskette Filtrierer, die dem Wasserkörper Plankton und Geschwebe entnehmen – und zwar Filtrierer von zweierlei Lebensweise und Lebenschance.

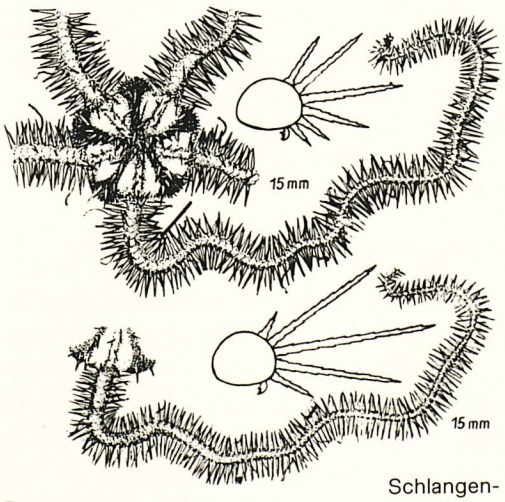
Der eine Typus ist durch bewegliche Arten repräsentiert, allen voran die Schlangensterne *(50, 51)*. Sie sind sehr zahlreich vertreten – ein Zeichen dafür, daß es hier nicht an Nahrung fehlt. In voller »Freß-Stellung« haben sie drei der fünf Arme auf dem Boden und recken zwei in Filterstellung in die Strömung *(52)*. Die Schwebepartikel, die an ihren



50

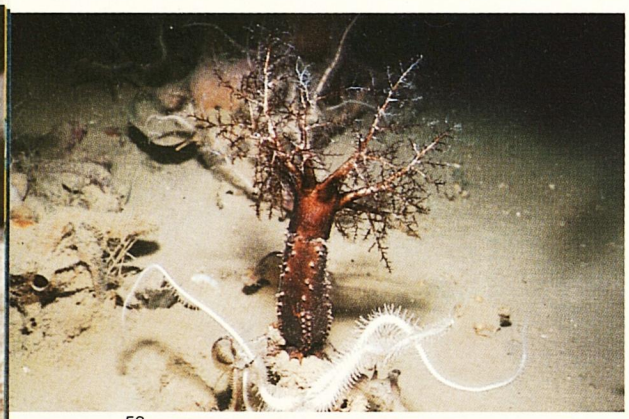
Armen hängenbleiben, werden an einer Rinne entlang in die Mundöffnung geschleust.

Ganz ähnlich ernähren sich manche ihrer nahen Verwandten: die Seegurken *(**53**)*. Sie sammeln zwar auch mit ihren Mund-Tentakeln (sie dienen übrigens gleichzeitig als Kiemen) am Boden, filtern aber auch das Wasser nach Plankton. Dazu klappen sie jeweils einen partikelüberzogenen Tentakel in alternierendem Rhythmus ein *(**54**)*, um ihn gewissermaßen abzulecken.

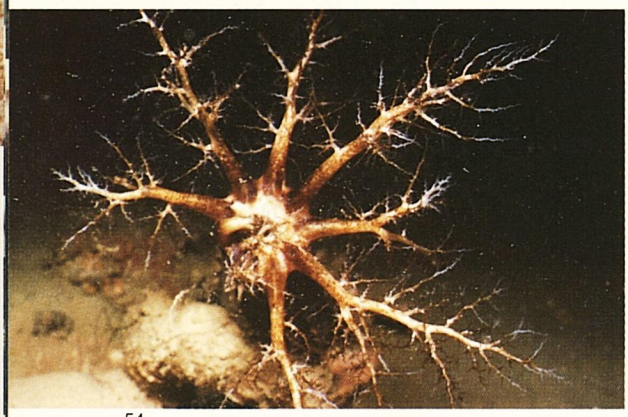


51 Schlangensterne

52



53



54

55

Der zweite Typus setzt sich aus seßhaften Organismen zusammen, die viel feineres Geschwebe filtrieren. Ihr Problem besteht darin, eine feste Unterlage zu finden und sich auf einer solchen gegen die Konkurrenz um den beschränkten Raum durchzusetzen.

Wichtig unter diesen sind die Schwämme *(**55**)* und die Seescheiden, die in Form von großen Einzelindividuen *(**56, 57, 58**)* wie in Kolonien von winzigen Tieren vorkommen *(**59**)*. Sie alle benötigen eine beständige Unterlage, um zu siedeln, doch so etwas ist rar. Schließlich geht es nicht nur darum, ein Schalenstück zu finden, auf dem die winzigen Larven *(**60, 61**)* mit der Besiedlung beginnen können, sondern darum, nicht von dem ständig bewegten Sediment verschüttet und erstickt zu werden.

Auf die eigentümlichen Lösungen, die sich für die Lebensgemeinschaften auf solchen Weichböden entwickelt haben, werde ich noch zurückkommen.

Reste vom Kontinent

Die Bedeutung der Raumkonkurrenz kann am besten an jenen Felsrippen gezeigt werden, die gerade zwischen diesen nordadriatischen Weichböden als Reste alter Felsküsten aus der Eiszeit übriggeblieben sind *(**62**)*.

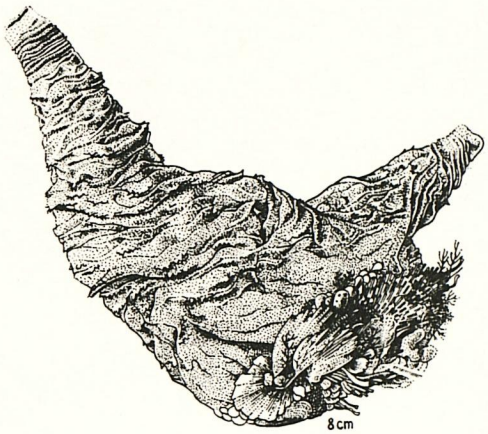
Sie lassen erkennen, daß, wo immer

reichlich Futter vorhanden ist, der Raum, der zum Siedeln zur Verfügung steht, der begrenzende Faktor ist. Und tatsächlich ist jeder Quadratzentimeter festen Grundes von seßhaften Filtrierern dicht besiedelt: von Schwämmen, Seescheiden, aber auch einer Fülle anderer Formen *(**63, 64**)*.

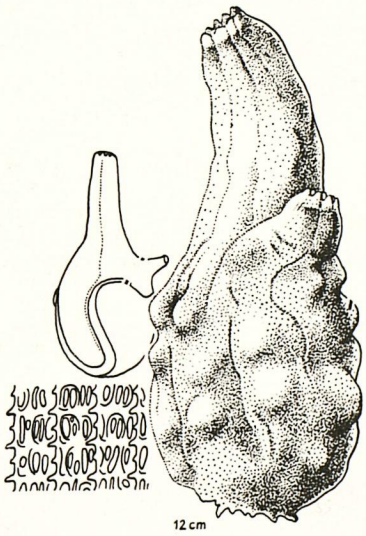
Außerdem bieten diese Felsen noch Schlupflöcher und Verstecke für Hummer *(**65**)* und Langusten *(**66**)*, die man auf den offenen Flächen nur selten zu Gesicht bekommt.

Die biologische Bedeutung solcher Felsrippen beruht auf der Dichte ihres Bestandes. Die Fülle von filtrierenden Organismen trägt zur Säuberung des Wassers bei, zur Ernährung vieler Fische und Schalentiere (was natürlich auch der Fischerei zugute kommt) ebenso wie zur Produktion großer Mengen an Larven, die wiederum zur Besiedlung der Weichböden beitragen.

Aber nun zurück zu den großen Flächen der Weichböden, um die es im gegebenen Zusammenhang geht.



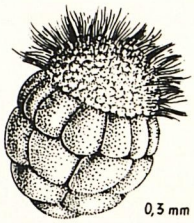
57 Solitäre Seescheide



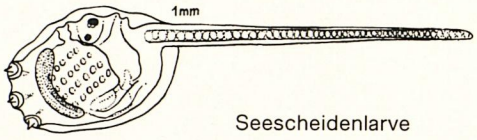
58 Solitäre Seescheide

56

59

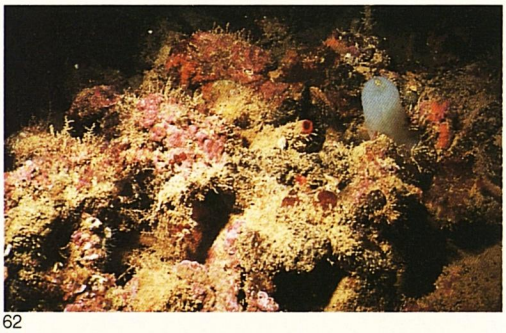


60 Schwammlarve

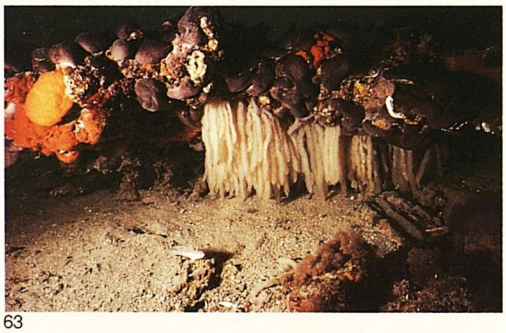


Seescheidenlarve

61

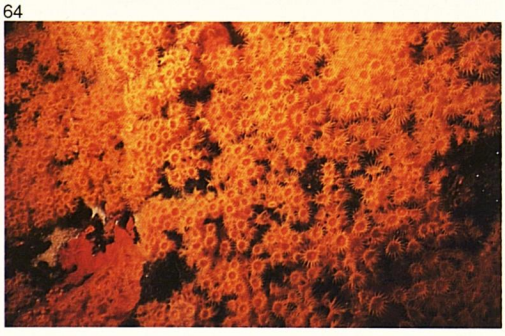


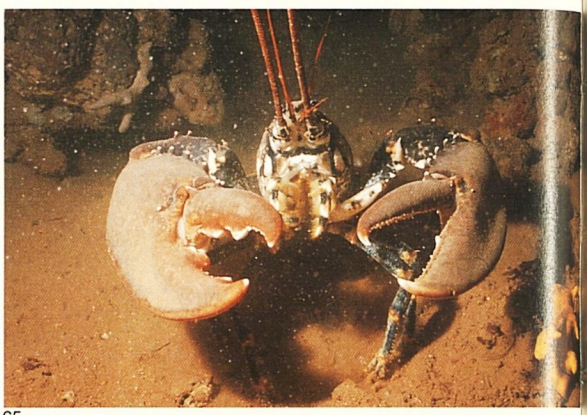
62



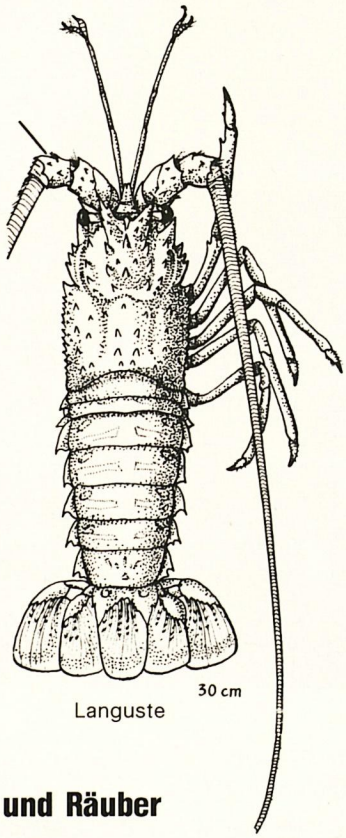
63

64





65



Languste

66

Sammler und Räuber

Als Räuber und Sammler kommt den Seesternen eine wichtige Rolle zu *(67)*. Sie erfüllen die Funktion einer »Gesundheits-Polizei«, die alles Kranke und Hinfällige verzehrt. Sie brechen bekanntlich auch Muscheln auf, die sie grabend *(68)*

67

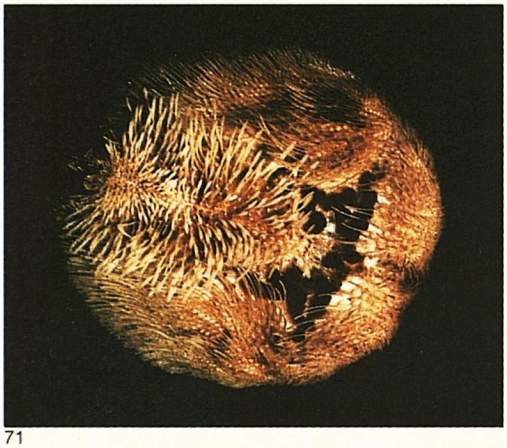
68

69

im Sediment aufstöbern, und machen sich gelegentlich über Schlangensterne her, sosehr diese auch vor ihnen auf der Hut sind.

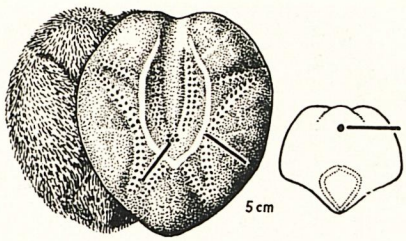
Doch auch die Seesterne haben Feinde: Die großen Langusten- und Hummerverwandten können ihnen schon gefährlich werden.

70

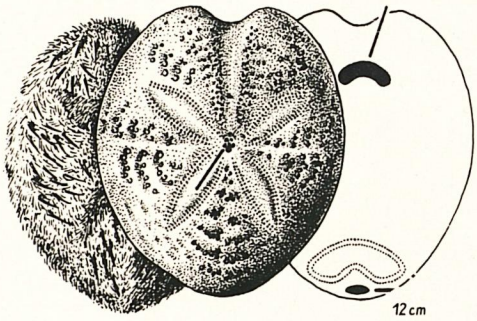


71

Als entsprechende Anpassungsformen finden sich hier Muscheln, die schwimmen oder weit zu springen vermögen, wie die Kammuscheln *(69)*, sowie Seesterne *(70)*, die sich nicht nur eingraben können, sondern größtenteils vergraben leben; und Seeigel, die ständig grabend im Sediment leben und bezeichnenderweise ihre fünfstrahlige Symmetrie in ein Vorne und Hinten (diese Form nennen wir bilaterale Symmetrie) umgebaut haben, um ihrer bevorzugten Bewegungsrichtung zu entsprechen *(71, 72)*.



Kleiner Herzigel



72 Violetter Herzigel

Welt der Einsiedler

Sammler von besonderer Bedeutung sind die Einsiedlerkrebse, und zwar nicht nur als »Gesundheits-Polizei« – vielmehr, weil sie in diesem Lebensraum der unsicheren Böden neuen Lebensgemeinschaften von seßhaften Filtrierern festen Halt und neue Siedlungsfläche auf ihren Schalen bieten *(73)*.

Das mag zunächst bescheiden mit schnellwüchsigen Hydroiden und Borstenwürmen beginnen, geht aber weiter mit der Besiedlung durch ganze Kolonien von Schwämmen und Seescheiden *(74)*, bis nach zwei Jahren, wenn sich auch noch Schwämme angesiedelt haben, solche gewaltigen Türme *(75)* von Aufbau entstanden sind, daß der Einsiedlerkrebs seine Schale gar nicht mehr schleppen kann. Diesen Zusammenhang haben die Forscher unserer Gruppe aufgedeckt, in-

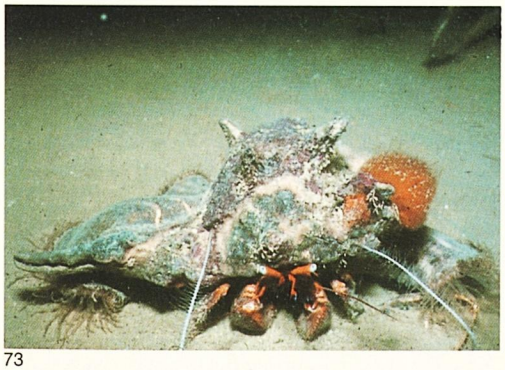
dem sie die Einsiedler eines ganzen Gebietes individuell markierten *(76)* und dieselbe Stelle zwei Jahre später aufsuchten.

Wird der Aufwuchs zu groß, muß der Einsiedler seine komplett überwucherte Schale verlassen und sich ein neues, noch unbewachsenes Gehäuse aus dem Sediment suchen. Die alte Schale läßt er zurück. Diese hat aber bereits – abgehoben von der Sedimentoberfläche und nicht mehr in Gefahr, zusedimentiert zu werden – eine völlig neue Funktion gewonnen: Sie wird zum Besiedlungsraum für weitere Siedler. Es entsteht »sekundärer Hartboden« *(77)* und mit ihm jeweils ein ganzer Mikrokosmos neuer Lebensbedingungen *(78)*.

75

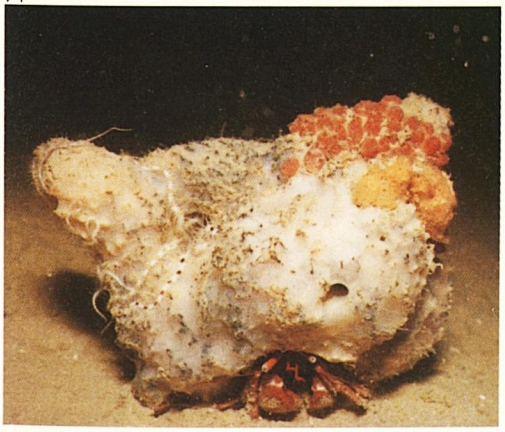
76

77



73

74

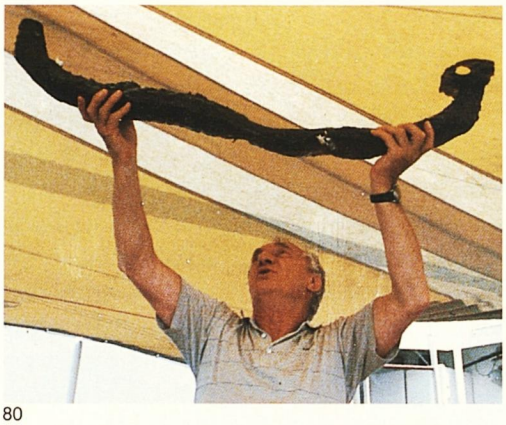


78

Das Einholen der Ergebnisse

Was am folgenden Tag bevorsteht, ist das Einholen zunächst der Geräte. Meßstation und Zeitraffer werden versorgt und zum Schiff aufgezogen. Das ist relativ einfach. Wirkliche Schwerarbeit erfordert das Ausgraben der gehärteten Ausgüsse der Grabbauten.

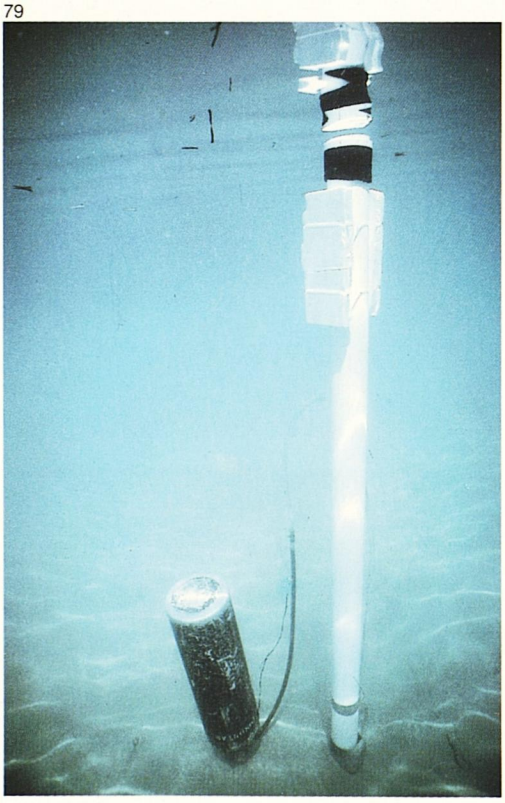
Man kann sich jedoch mit einer Art Saugpumpe helfen, indem man Preßluft in einen aufsteigenden Schlauch entläßt *(**79**)*. Die emporschnellende und sich ausdehnende Luft reißt einen steten Schwall von Wasser mit sich, den man dazu verwendet, das Sediment rund um den Ausguß wegzusaugen. Im einzelnen ist diese Arbeit nur schwer in Bildern darzustellen, da sich das Aufwirbeln von Sediment kaum vermeiden läßt.



80

Die Ergebnisse kann ich erst an Bord erläutern: Denkt man sich das Sonnensegel über dem Achterdeck als die Sediment-Oberfläche und uns selbst im Sedi-

79



81

82

83

ment befindlich, dann wäre dies *(**80**)* die Lage eines Grabenbaus, wie ihn der Große Heuschreckenkrebs anlegt.

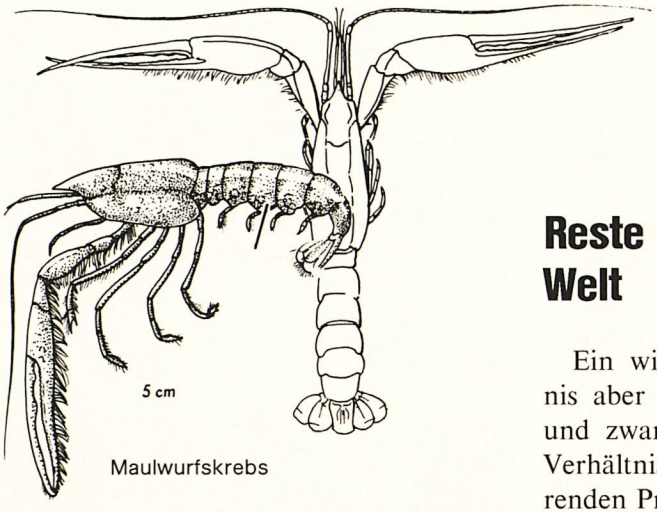
Der Bau des Maulwurfkrebses oder Sandkrebses *(**81, 82, 83**)* sieht dagegen so aus, und der des Strandkrebses *(**84, 85**)* läßt erkennen, daß an seiner Konstruktion noch andere grabende Untermieter, meist Würmer, beteiligt sind.

Was allerdings um die Grabgänge herum geschieht, kann ich erst im Gezeitengebiet illustrieren.

Eine Fülle von Einsichten erbringt der Zeitraffer, obwohl er lediglich die Vorgänge auf einem Quadratmeter Grund registriert – allerdings über einen Zeitraum von vierundzwanzig Stunden. Anhand der Uhr und der Strömungsfähnchen kann man das Schwanken und Drehen

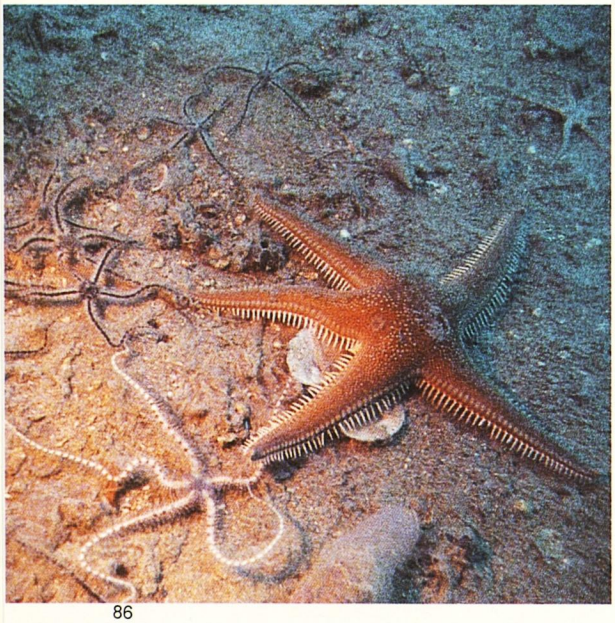
84

der Strömungen erkennen und wie sich beispielsweise die Schlangensterne darauf einstellen. Auch die Aktivitätsphasen und Wanderungen der Einsiedlerkrebse lassen sich schön beobachten und vieles mehr.



Maulwurfskrebs

85



86

In dieser Sequenz von Stehkadern (***86***; vergleiche dazu die Abb. 40, 41, Seite 136) kann ich zeigen, wie die Schlangensterne vor einem durchwandernden Seestern auf der Hut sind. Kaum einer wird von ihm auch nur berührt. Trotz ihrer bescheidenen Sinnesorgane nehmen sie den Räuber wahr und weichen ihm erfolgreich aus.

Reste einer urtümlichen Welt

Ein wirklich bemerkenswertes Ergebnis aber hat die Meßstation erbracht – und zwar im Zusammenhang mit dem Verhältnis der oxidierenden und reduzierenden Prozesse in den Schichten der untersuchten Sedimente. Gewiß, das klingt sehr kompliziert, ist aber so wichtig für das Verständnis aller Meeresböden, die Feinsediment enthalten und reichlich Detritus auffangen, daß ich näher darauf eingehen muß. Besagte Prozesse bilden nämlich einerseits ein System der Entsorgung von Abbaustoffen – ähnlich einer Deponie –, andererseits sind sie gerade dadurch der wunde Punkt dieses Lebensraumes; seine Zusammenbrüche haben damit unmittelbar zu tun.

Ob es in meinen Ausführungen nun um die Felsenwelt, die Welt des Sandes oder die Tiefe ging, ich bin dabei immer von einem Klima oder einer Atmosphäre ausgegangen, die uns Menschen vertraut ist. Es ist das jene Welt, in der es Sauerstoff gibt, und zwar in jener freien Form, wie wir ihn zum Atmen – überhaupt für unseren gesamten Energiebetrieb – brauchen. Das gilt natürlich genauso für das Wasserklima und alle Organismen, denen wir bisher begegnet sind. Das heißt: In diesem Teil unserer Welt dominiert der Sauerstoff die Lebensprozesse. Man spricht daher von den oxidierenden Prozessen.

87

88

Nur wenige Zentimeter unter der Oberfläche dieser Sedimente verhält sich das völlig anders. Dort ist nicht ein einziges freies Sauerstoffmolekül mehr vorhanden. Man sagt: Es ist reduziert worden – dort herrscht die Schwefelwasserstoff-Welt.

Welt der Tiefe im Seichten

Diesen Zusammenhang kann ich, wie schon erwähnt, im Gezeitengebiet der sogenannten Watte anschaulich machen. Äußerlich sehen sie den Sandstränden ähnlich und schließen, wie wir gesehen haben, auch oft an diese an.

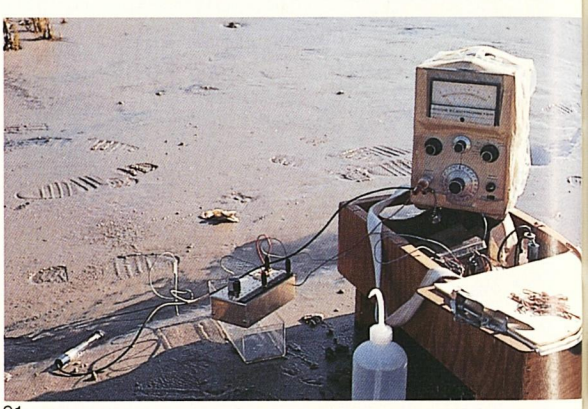
Was sie aber grundlegend unterscheidet, liegt im Verborgenen. Die Watte enthalten eine – wenn auch nicht große –

89

Menge an Feinsediment, die jedoch ausreicht, das Porensystem zwischen den Sandkörnern weitgehend zu verschließen. Sie bleiben daher auch bei Niedrigwasser feucht. Den Beweis dafür liefern die Salzpflanzen, die auf ihnen wachsen *(**87**)*, und die Lacken, die beim Rückgang der Gezeiten auf ihnen stehenbleiben.

90

Zudem erkennt man die Watte daran, daß die Löcher zu den Grabbauten erhalten bleiben, was für eine geringe Umlagerung und Nachsortierung der Sedimente spricht – womit wir auch schon beim Wesentlichen wären: Sie liegen in geschützten Gebieten, in Lagunen und an sehr fla-

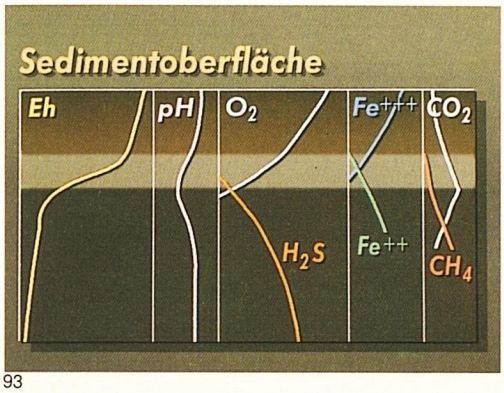


91

92

chen Küsten, wo die anbrandende Wellenenergie bereits weitgehend verbraucht ist.

Und aufgrund aller dieser Voraussetzungen – der geringen Exposition, Umlagerung und Sortierung der Sedimente, der mangelnden Durchspülung und des geschlossenen Porensystems – gleichen sie weitgehend unseren Tiefenböden. So



93

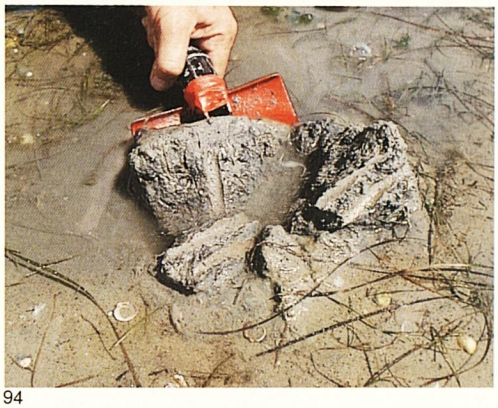
kann ich hier bei Niedrigwasser im feuchten Sediment Zusammenhänge erklären, die auch für die Tiefe ihre Gültigkeit besitzen, dort allerdings ungleich schwieriger zu demonstrieren wären.

Hier im Watt genügt ein Schaufelstich, um das Wesentliche aufzudecken *(**88, 89**)*. Ein Blick auf die glatte Fläche des Einstichs zeigt eine deutliche Abstufung der Farbe. Nur ein bis zwei Zentimeter des Oberflächensediments, oft sogar noch weniger, zeigt die gewohnte gelbbraune Färbung. Es folgt eine blaugraue Schichte, und unter dieser wird das Sediment dunkelgrau bis schwarz *(**90**)*.

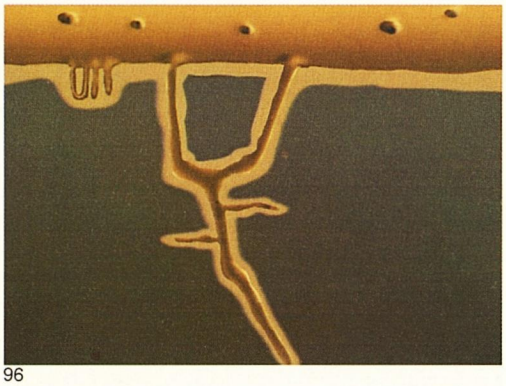
Setzen wir an einer solchen Stelle unsere Platinelektrode ein *(**91, 92**)* und gehen den Schichten nach in die Tiefe des Sediments, dann erweist sich das Klima im gelben Abschnitt in der gewohnten Weise oxidiert, im schwarzen dagegen zunehmend reduziert. Dort hat der Schwefelwasserstoff bereits jedes freie Sauerstoffmolekül verdrängt. Die graue Schichte bildet die Übergangszone – eine Diskontinuität zwischen der reduzierten und der oxidierten Welt – eine Redox-Potential-Diskontinuität, kurz genannt RPD-Schichte *(**93**)*.

Die Grabbauten

Diese RPD-Schichte findet man in allen wenig exponierten Sedimentböden des Meeres, und die darüber liegende oxidierte Sedimentschichte bildet nur einen dünnen Deckel, um den für Organismen


94

95



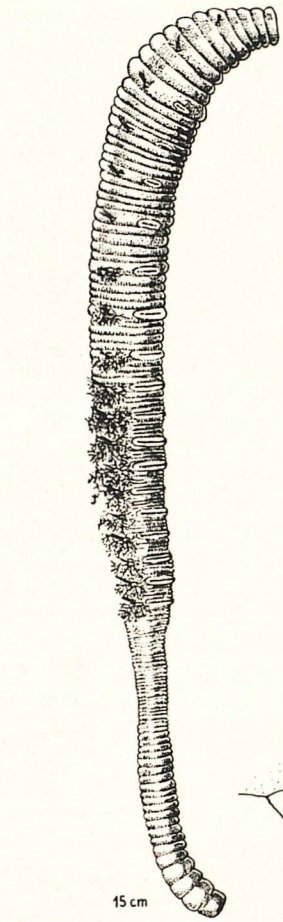
96

der Sauerstoffwelt giftigen Schwefelwasserstoff zurückzuhalten.

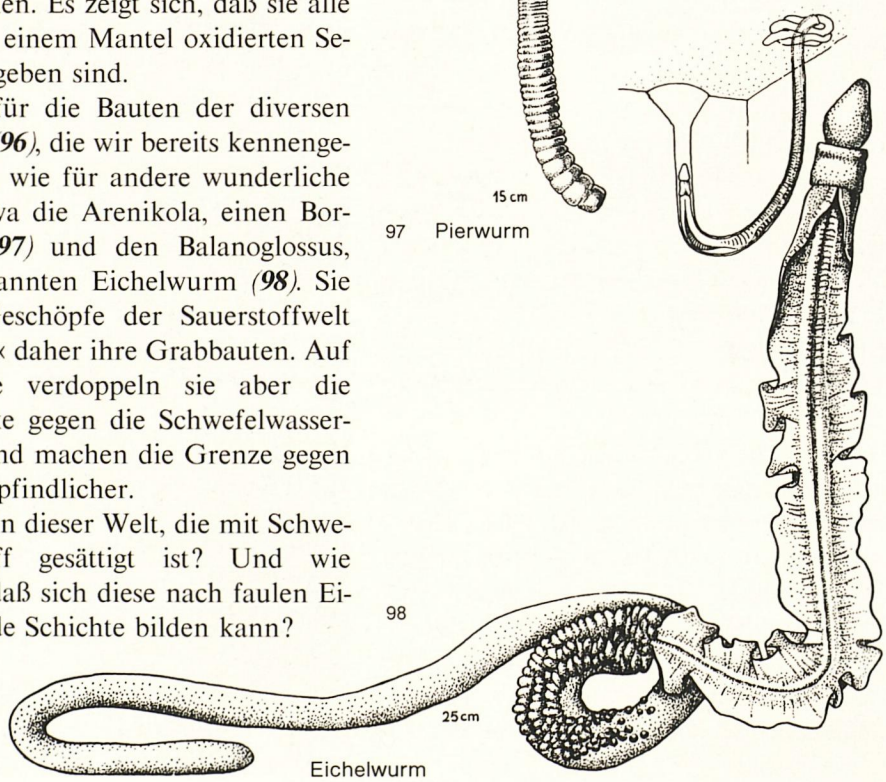
Das ist eine an sich schon riesiggroße, aber dünne und daher empfindliche Decke, die zusätzlich durch die Grabbauten noch vergrößert wird. Wir können uns davon leicht überzeugen, indem wir das Sediment in der Ebene der Grabbauten aufbrechen. Es zeigt sich, daß sie alle *(**94, 95**)* von einem Mantel oxidierten Sediments umgeben sind.

Das gilt für die Bauten der diversen Krebsarten *(**96**)*, die wir bereits kennengelernt haben, wie für andere wunderliche Formen: etwa die Arenikola, einen Borstenwurm *(**97**)* und den Balanoglossus, einen sogenannten Eichelwurm *(**98**)*. Sie alle sind Geschöpfe der Sauerstoffwelt und »lüften« daher ihre Grabbauten. Auf diese Weise verdoppeln sie aber die dünne Decke gegen die Schwefelwasserstoff-Welt und machen die Grenze gegen sie noch empfindlicher.

Was lebt in dieser Welt, die mit Schwefelwasserstoff gesättigt ist? Und wie kommt es, daß sich diese nach faulen Eiern stinkende Schichte bilden kann?



97 Pierwurm



98 Eichelwurm

Urtümliche Organismen

Die Methode der Betäubung und Extraktion, die wir bereits bei den Bewohnern des Sandes angewandt haben, gewährt uns auch einen Einblick in die Schwefelwasserstoff-Welt. Man muß nur das oxidierte Sediment abtragen *(**99**)* und einige Löffel von dem schwarzen Sedi-

99

ment mit der Lösung aufschwemmen, und schon findet man nach dem Schlämmen winzige Organismen in den Petrischalen unter den Netzen (siehe Seite 109).

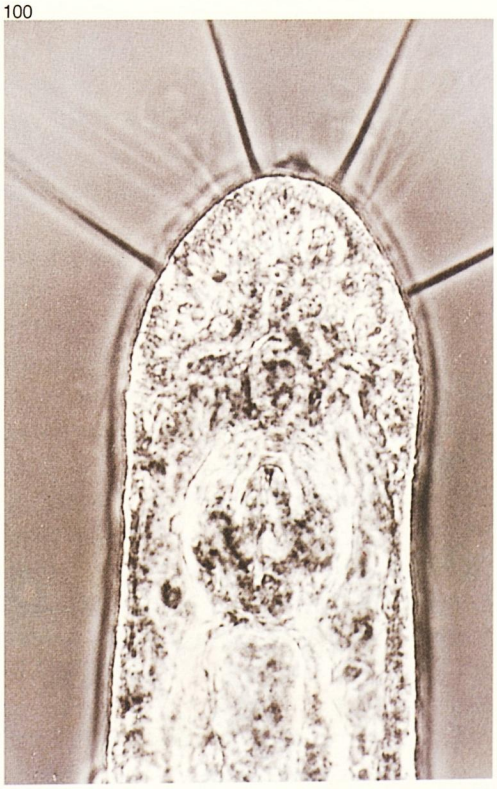
Freilich müssen wir sie unter hochleistenden Mikroskopen und unter dem Elektronenmikroskop weiter untersuchen. Die größten erreichen nämlich gerade die Millimeterlänge, und die kleinsten sind nur wenige Tausendstel Millimeter lang. Den weitaus größten Anteil dieser Organismen stellen die sogenannten anäroben Bakterien dar (was den marinen Sedimentologen auch schon seit geraumer Zeit bekannt ist). Genauer gesagt handelt es sich um Sulfid- und Sulfat-Bakterien, die hauptverantwortlich sind für das anärobe Klima.

Viel jünger ist allerdings unsere Entdeckung, daß dieser so lebensfeindlich wirkende Raum auch von einer Fülle tierischer Vielzeller bewohnt wird, die man nie für möglich gehalten hätte.

Zu den eigentümlichsten und überraschendsten Entdeckungen zählen die Gnathostomuliden oder Kiefermäuler – wurmförmige Kreaturen, die kaum 1/20 Millimeter Durchmesser erreichen *(**100, 101, 102**)*. Sie sind so urtümlich gebaut, daß ihre Wimperzellen jeweils nur eine Geißel tragen, wie wir das vor allem von den Schwämmen kennen.

Ferner finden sich schlanke Verwandte der Strudelwürmer, zum Beispiel Nemertoderma-Arten *(**103**)*, die ihr Nervensystem noch in der Haut tragen, so wie dieses vor Urzeiten einmal entstanden sein

100



muß; mit Retronectiden, die den Wimperschlag auf ihrer Haut noch wie die Urtierchen umkehren können *(104)*. Sie alle leben überwiegend von Bakterien und weiteren eigentümlichen Arten, die zwischen Bakterien und Blaualgen stehen (Beggiatoa).

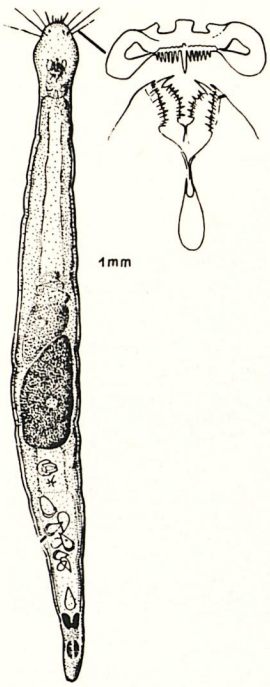
Daneben gibt es auch mundlose Arten, die ihren Energie- und Stoffwechsel durch die Körperhaut betreiben, und schließlich die Fadenwürmer, Stilbonematinen, die einen wohlorganisierten Bakterienrasen auf ihrer Haut *(105, 106)* wie ein eigenes kleines Gemüsebeet mit sich tragen.

Das Sulfid-System

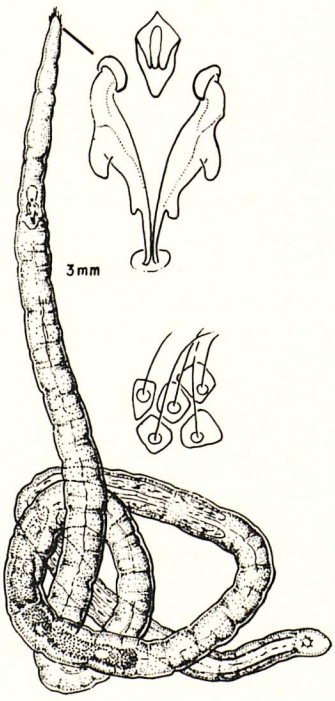
Neben diesen sehr urtümlichen Vielzeller-Typen kennen wir nur noch die großen Einzeller aus der Gruppe der Wimperinfusorien, die in den Schwarzschichten der marinen Weichböden zu Hause sind. All diesen Bewohnern nach zu schließen, haben wir es hier wohl mit einem der urtümlichsten Lebensräume zu tun, die auf unserem Planeten erhalten sind.

Und in diesem Zusammenhang erinnert man sich, daß das Leben auf unserer Erde unter sehr ähnlichen Klimabedingungen entstanden ist. Nachdem sich die Oberfläche unseres zunächst gasförmigen Planeten zu einer festen Kruste verhärtet hatte, wurde auch die erste, wohl reine Wasserstoffatmosphäre in eine Zweitatmosphäre verwandelt. In ihr dominierten Schwefelwasserstoff und Wasserdampf, und sie muß noch so dick und dicht gewesen sein, daß kein Sonnenstrahl an die Erdoberfläche und die entstehenden Urmeere dringen konnte.

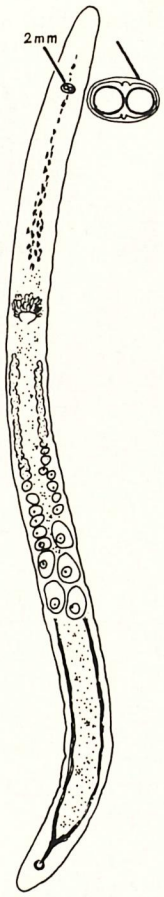
Der Energie- und Stoffwechsel der frühen Organismen muß also viele Jahrmil-



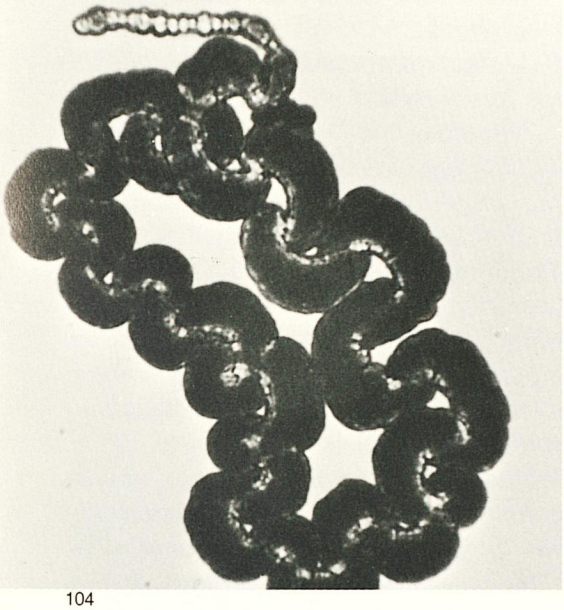
101
102 Kiefermäuler



Nemertoderma



103

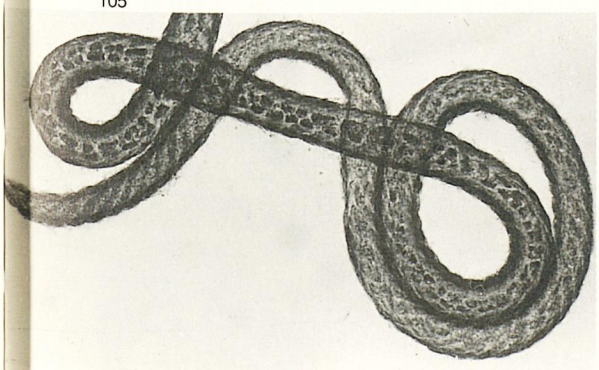


104

lionen hindurch jenem, den wir hier entdeckt haben, entsprochen haben. Erst als diese Zweitatmosphäre dünn genug wurde, konnte sich die energetisch vorteilhaftere der Photosynthese durchsetzen. Es entstanden die pflanzlichen Organismen und aus ihren Stoffwechselprodukten die oxidierte dritte Atmosphäre der Erde.

Wie aber konnte sich ein solches sauerstoffloses System unterhalb einer bald alles beherrschenden Sauerstoffwelt auf

105



diesem Planeten behaupten, und zwar über Hunderte Jahrmillionen? Offensichtlich dadurch, daß die Mikroorganismen durch die nahrungsreiche Diskontinuitäts-Schichte wanderten und auf diese Weise mehr abbaubare Substanz in die tieferen Schichten gelangte, als Sauerstoff bei der Dichte des Sediments nachzusikkern (zu diffundieren) vermag.

Es wird in diesen marinen Weichböden also tatsächlich ein Überschuß an organischem Material in eine Deponie abgeführt, in der Schwefel- und Kohlenwasserstoffe übrigbleiben, mit denen die Organismen nichts mehr anfangen können. Diesen Zusammenhang nennen wir das Sulfid-System.

106 Stilbonematine

Und wir haben gute Gründe anzunehmen, daß die Schwefel- und Kohlenwasserstoffe, welche Hauptbestandteil unseres Erdöls sind, unter ganz ähnlichen Bedingungen entstanden sind. Allerdings über Zeiträume von etwa hundert Jahrmillionen.

Die Folgen unserer Tüchtigkeit

Das Paradoxon unserer Tüchtigkeit wird in diesem Zusammenhang besonders offenbar.

Man wird vor Augen haben, daß die Tüchtigkeit unserer Industrie, unseres Verkehrs und Transportes, selbst unserer Heiz- und Plastiktechnik durch die Verwendung von Erdöl revolutioniert wurde. Das bedeutet für uns Ökologen, daß der Energiehaushalt in der Biosphäre stark verändert wurde. Wir bestreiten den Energiehaushalt in der industrialisierten Gesellschaft nicht mehr aus den sich regenerierenden Ressourcen der Biosphäre (wie Wind-, Muskel- und Wasserkraft, Holz und Pflanzenöl), sondern greifen auf fossile Brenn- und Baustoffe zurück.

Wie leben auf Kosten einer energetischen Deponie. Wir leben damit nicht nur auf Kosten sich nicht (oder wenigstens nicht gleich schnell) regenerierender Ressourcen. Wir holen hervor, was eine balancierte Biosphäre über hundert Jahrmillionen ausgeschieden hat, und wir greifen mit Energien, eben mit solchen fossilen Brennstoffen, in diese Biosphäre ein, für die sie nicht stabilisiert ist.

Und das besondere Paradoxon besteht darin, daß wir durch die Verwendung jener Schwefel- und Kohlenwasserstoffe, eben jener Deponie des Erdöls, durch Industrie und Verkehr eine Tüchtigkeit schaffen, in deren Folge die gleichen Schwefel- und Kohlenwasserstoffe aus

107

den Seeböden ausbrechen, die das marine Leben vergiften. Dies ist wohl eine der überraschendsten Folgen unserer Ansprüche an verbrauchbarer Energie.

Wir erzeugen ungeheure Zusammenbrüche, von denen noch die wenigsten wissen, wie sie zustande kommen.

Wir siedelten entlang des Meeres, als es noch Schutz bot, und ließen vertrauensvoll Städte, wie zum Beispiel Venedig *(107)*, gerade dort entstehen, wo das Meer heute am ärgsten gefährdet ist; so daß heute die ernste Sorge besteht, daß dieses Meer, das uns einst schützte, nunmehr uns preisgegeben ist und zuletzt uns selbst preisgeben wird.

Tote Seeböden

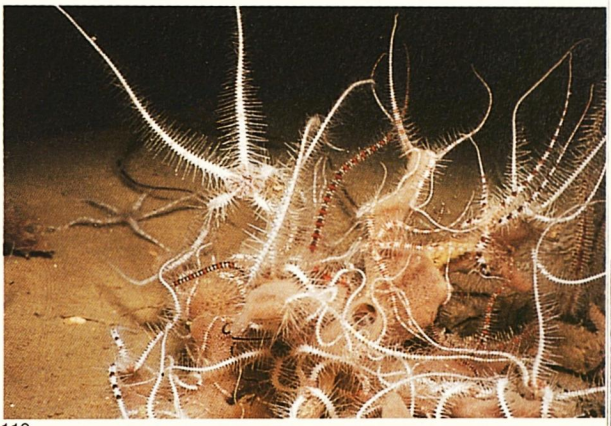
Natürlich wundert man sich kaum mehr, daß das Leben der Böden in den Hafengebieten zugrunde gegangen ist.

108

Doch daß diese Entwicklung in die offenen Golfe hinausgreift, ist schon einigermaßen bedenklich.

Wo vor dreißig Jahren noch freundliche Seegraswiesen standen *(108)*, haben sich mittlerweile Faulschimmel-Böden

109



110

111

(109) ausgebreitet, die nur mehr von Pilzen und Bakterien bewohnt werden. Und dort, wo einst die Gesellschaft der Filtrierer auf den Tiefenböden daheim war *(110)*, bietet sich durch den Zusammenbruch dasselbe traurige Bild *(111)*.

In solchen Gegenden ist meist das Bodenwasser in einer Weise vergiftet, daß sich nach einem Tauchgang die sorgfältige Desinfektion wenigstens der Schleimhäute dringend empfiehlt.

Wie gesagt, daß die großen Häfen wie Marseille, die Lagune von Tunis, Neapel, Triest, Piräus, die Gewässer vor Alexandria und so weiter bereits schwer belastet sind, ist nur halb so besorgniserregend wie das langsame Absterben der offenen Seeböden, wie etwa in der nördlichen Adria.

113

Chronik eines Zusammenbruchs

Freilich hat man schon wiederholt Tierfriedhöfe auf den Sedimentböden des offenen Meeres gefunden, doch wir zeigen hier wohl zum erstenmal, wie es bei einem solchen Zusammenbruch zugeht.

Dabei kommt es keineswegs darauf an, dabeigewesen zu sein. Vielmehr geht es darum, die Ursachen einer solchen Katastrophe zu erkennen – erfahrungsgemäß

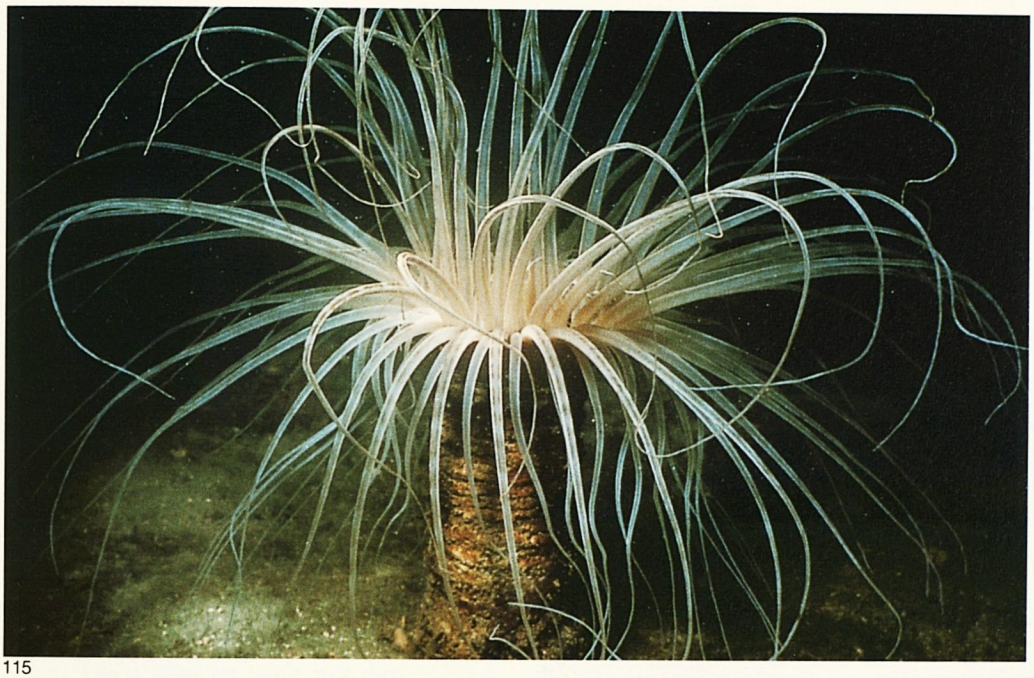
112

114

gibt bereits die Entwicklung eines Vorgangs Hinweise auf seine Ursachen!

Rufen wir uns die nordadriatischen Böden mit ihren Schlangensternen, Einsiedlern und Aufwuchs-Gesellschaften wieder ins Gedächtnis.

In einem solchen Untersuchungsgebiet der Nordadria, das wir seit 1972 gut kannten, war uns bereits 1974 ein unterseeisches Leichenfeld von etwa 25 Quadratmeter Größe aufgefallen. Im September



115

116

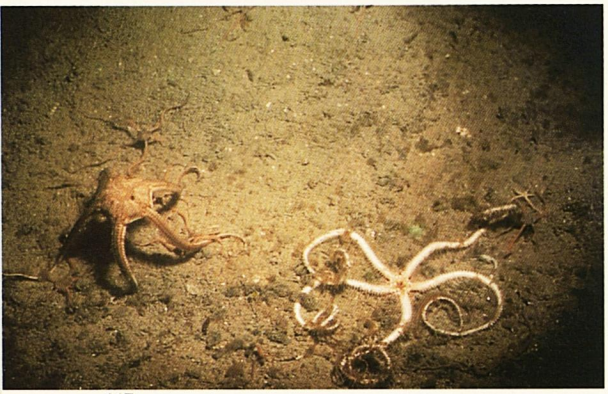
1983 besuchte wieder ein Team dasselbe Gebiet *(**112**)*. Am 7. und 10. September war der Wiener Biologe Dr. Stachowitsch unterwegs zur Station 1. Dort fand er noch alles wie gewohnt *(**113**)*. Am 11. September verhinderte ein starker »Yugo«, ein Südwind, einen erneuten Tauchgang. Am 12. September stieg er noch einmal zu Station 1 und fand den Beginn dramatischer Veränderungen.

An jenem Tag 1 des unterseeischen Dramas waren Arten, die sonst immer im Sediment verborgen liegen, hervorgekommen. Selbst Heuschreckenkrebse hatten ihre sicheren Grablöcher verlassen *(**114**)*.

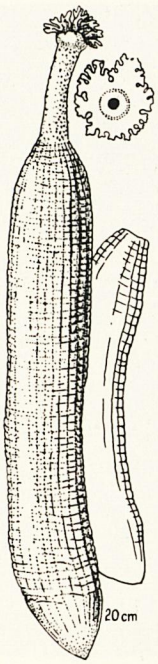
Es war etwas mit dem Sediment geschehen, und naturgemäß galt der erste Verdacht den Grabbauten der Heuschreckenkrebse mit ihrer enormen Ausdehnung und ihrem dünnen Mantel aus oxidiertem Sediment.

Am Tag 2 waren die Schwämme nicht

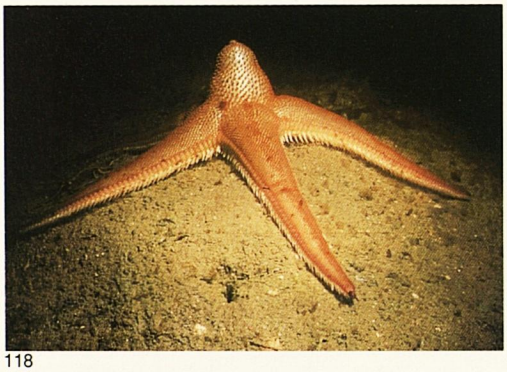
mehr wie üblich von Schlangensternen bevölkert. Stattdessen waren sie mit grauem Schleim überzogen und bereits am Absterben. Wir kennen das »Abschleimen« der Schwämme als Ankündigung ihres Untergangs. Sie mußten erstickt oder vergiftet worden sein, und die sonst so prächtigen Zylinder-Rosen ***(115)*** zeigten deutlich ihren Verfall ***(116)***.



117



120 Spritzwurm



118

121

119

122

Die Schlangensterne lagen flach und regungslos *(117)* an erhöhten Stellen – vielfach schon im Todeskampf oder umgewendet, tot. Anders als die Schwämme konnten sie sich ja bewegen. Wenn sie nun erhöhte Stellen aufsuchten, geschah das wohl, um einer Gefahr zu entgehen, die vom Boden selbst ausging. Eine Theorie begann sich abzuzeichnen: Vergiftete das Sediment selbst das Bodenwasser?

An jenem Tag 2 der Katastrophe waren ihre Erbfeinde, die wir von den Zeitraffer-Aufnahmen (Seite 148) kennen, noch am Leben. Und nicht nur das, sie hatten sich zum Bersten mit Schlangensternen vollgefressen *(118)*. Die Schwächung der Schlangensterne muß somit langsam eingetreten sein. War also an einen allmählichen Diffusionsprozeß zu denken?

Am Tag 3 ging es auch mit den vollgefressenen Seesternen zu Ende *(119)*; die robustesten unter den grabenden Formen,

123
124

125

die Spritzwürmer *(120)*, hatten das Sediment verlassen *(121)*, und die Bodenfische lagen weiß verschleimt auf dem Grund *(122)*. Aber warum gerade die Bodenfische? Wahrscheinlich weil das ihre angeborene Fluchtrichtung bei Schreck oder Katastrophen ist. Die anderen Fischarten waren längst verschwunden. Der Wasserkörper mußte also schon weithin lebensbedrohend geworden sein.

An demselben Tag waren auch die üblicherweise unverwüstlichen Borstenwürmer hervorgekommen – tot *(123)*; die Anemonen waren von ihren Wohnplätzen abgefallen.

Am Tag 7 starben schließlich auch die robusten Anemonen – ihre Füße abgelöst und aufgedunsen, die wehrhaften roten Nesselfäden ausgestoßen, als wollten sie einen lebensbedrohenden Feind abwehren.

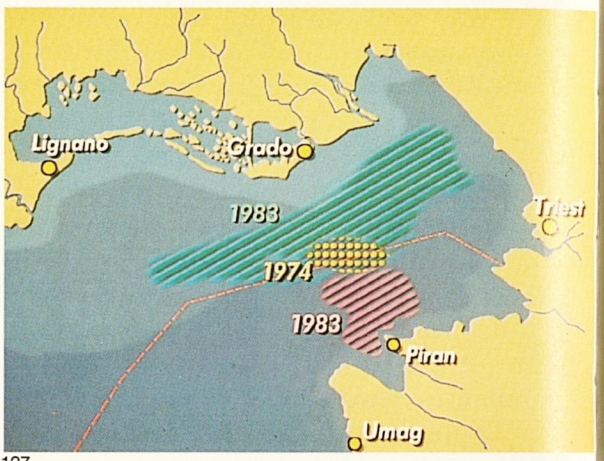
Am Tag 10 waren selbst die zähesten Arten, die Seegurken, umgekommen und bereits in Auflösung – wieder verschleimt und verpilzt *(124)*. Diese Symptome wollen wir uns einprägen, weil sie Hinweise auf weitere Katastrophen liefern, von denen später die Rede sein wird.

Zurück blieb ein Leichenfeld; und auf den sich schwärzenden Böden *(125)* fanden sich nur noch Bakterien – als einzige, die unter diesen Bedingungen zu leben vermochten.

Die Ursache des Sterbens und seine Wirkung

Mit dieser Beobachtung »schwarzer Böden« wird der Zusammenhang klar: Das Sulfid-System ist durch die oxidierte Sedimentschichte gedrungen. Die Decke ist dabei aufgebrochen, Schwefelwasserstoff ausgetreten, hat den Restsauerstoff aufgezehrt und auf diese Weise das Bodenwasser vergiftet. Das ist jedoch nur der letztliche Auslöser. Warum aber ist die Decke überhaupt aufgebrochen? Was kann gerade an jenen Tagen die Ursache gewesen sein?

126



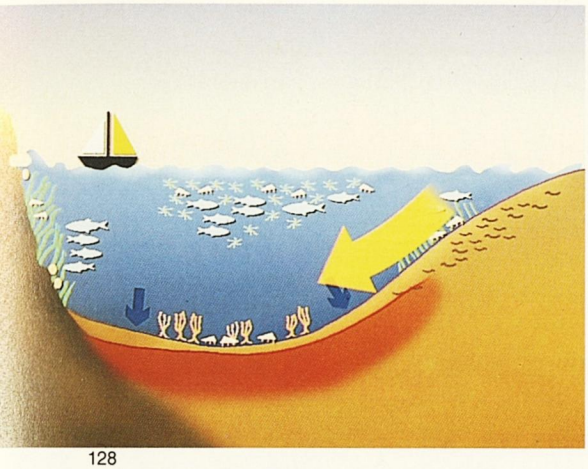
127

Wie so oft ist es nicht eine Ursache, sondern es sind mehrere. Fünf treffen zusammen, und eine besorgt den Rest.

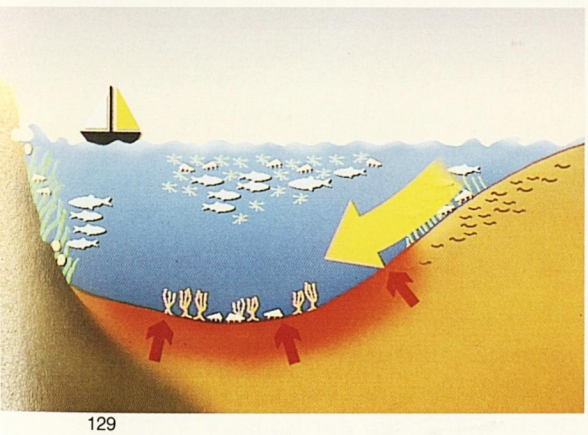
Zunächst ist da die tiefliegende Kaltwassergrenze des ungewöhnlich heißen Sommers 1983. Zweitens die Abwasserleitung des nahen Städtchens unterhalb der Thermocline, also der Grenze gegen das warme Oberflächenwasser, am Höhepunkt der Touristensaison. Das bedeutet eine Isolierung des Tiefenwassers. Drittens das Plankton, das sterbend und zu zehn Meter langen Schleimfahnen verklebt *(**126**)* in die Tiefe sinkt. Viertens das Fehlen des Gezeitenstroms in jenen Septembertagen. Und fünftens die Westablenkung der Küstenströmung, die einen Gegenstrom aus den Industriegebieten heranzieht.

Die Koinzidenz dieser fünf Faktoren sendet eine Zunge sauerstoffarmen Tiefenwassers über den Boden, und dies löst den Stoppel: Die Redox-Diskontinuität hält nicht mehr. Schwefelwasserstoff bricht aus und nimmt dem Bodenwasser fast allen restlichen Sauerstoff.

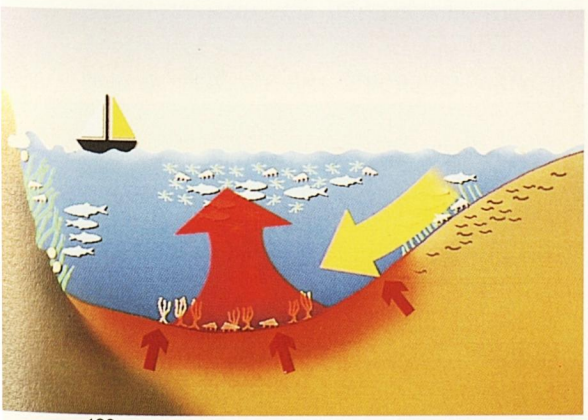
Sechs Jahre sind seither schon vergangen. Die Katastrophe umfaßte damals erst



128



129

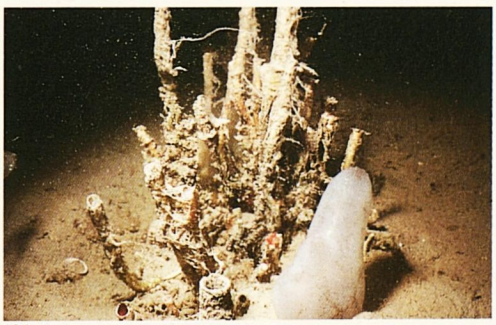


130

wenige Quadrat-Seemeilen *(127)*. Heute hat diese Entwicklung bereits sehr weit um sich gegriffen. Doch das Prinzip, nach dem sich die Ursachen verbünden, ist sichtbar geworden.

Bedingungen wie jene von Piran tragen dazu bei, sauerstoffarmes Tiefenwasser zu produzieren. Erreicht eine Zunge solchen Wassers *(128)* eine Weichboden-Gesellschaft, dann wird der Rest des Sauerstoffs veratmet, die Sauerstoffspannung der Sedimentdecke sinkt, die RPD-Schichte wandert an die Sediment-Oberfläche *(129)*, Schwefelwasserstoff diffundiert ins Bodenwasser *(130)*, reduziert dort den letzten freien Sauerstoff und vergiftet alles Leben der Sauerstoffwelt.

Die Regeneration dauert viele Jahre. Nach einem Jahr findet man erst wieder die ersten Röhrenwürmer und Seescheiden. Nach einem weiteren die ersten Schwämme *(131)*. Aber selbst nach drei Jahren sind die Hauptformen dieses Lebensraumes noch nicht zurückgekehrt.



131

Was das zur Folge hat?

Nun, früher reinigten dichte Bestände von Filtrierern, Schlangensternen, Seescheiden und Schwämmen das Meer von Geschwebe, indem sie organisches Material banden. Mikroorganismen leiteten die Überschüsse ins Sulfidsystem ab. All das existiert nicht mehr. Der Wasserkörper wird nicht entsorgt, vielmehr wird er noch zusätzlich belastet.

Wir können helfen

Ganz gewiß! Und wir hätten das schon längst tun sollen. Warum aber ist noch fast nichts geschehen, obwohl die Katastrophe nicht mehr nur ein paar Quadrat-Seemeilen umfaßt, sondern beinahe alle Tiefenböden der nordadriatischen Flachküste?

Schon 1983 roch das Tiefenwasser nach Schwefelwasserstoff. Aber nur das Tiefenwasser – der Geruch erreichte leider nicht die Oberfläche der See. Der Gestank nach faulen Eiern hätte die Öffentlichkeit bestimmt wachgerüttelt.

Unsere Erfahrungen sind zwar in den »Archiven der Meereskunde« veröffentlicht worden. Die Medien haben kaum Interesse gezeigt. Die Sache wurde als zu wenig spektakulär in die Lade gelegt. Die Industrie wollte nicht schon wieder behelligt und die Tourismusindustrie nicht wieder beunruhigt werden.

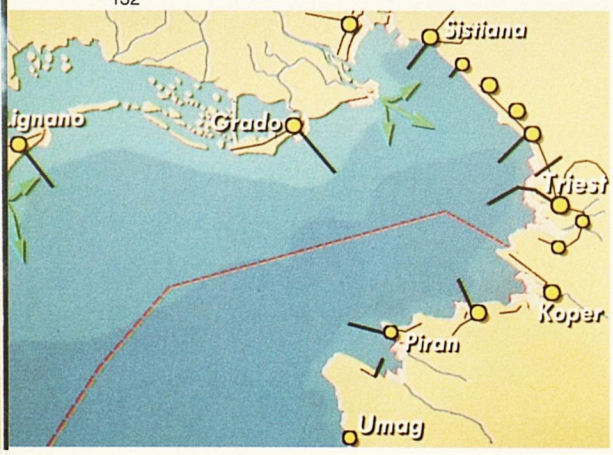
Erst heute, da alle Schäden, auch aus der Felsenwelt und der Welt des Sandes, zusammenwirken und wiederum den Wasserkörper belasten, beginnt man hellhörig zu werden. Jetzt, da der Algenschlick viele Kilometer der Tiefenböden bereits zugrunde gerichtet hat und auch endlich an die Oberfläche kommt, werden Säuberungsaktionen gestartet – als ob die Gefahr des Eisbergs gebannt wäre, sobald man seine Spitze aus dem Weg geräumt hat.

Was wir tun können

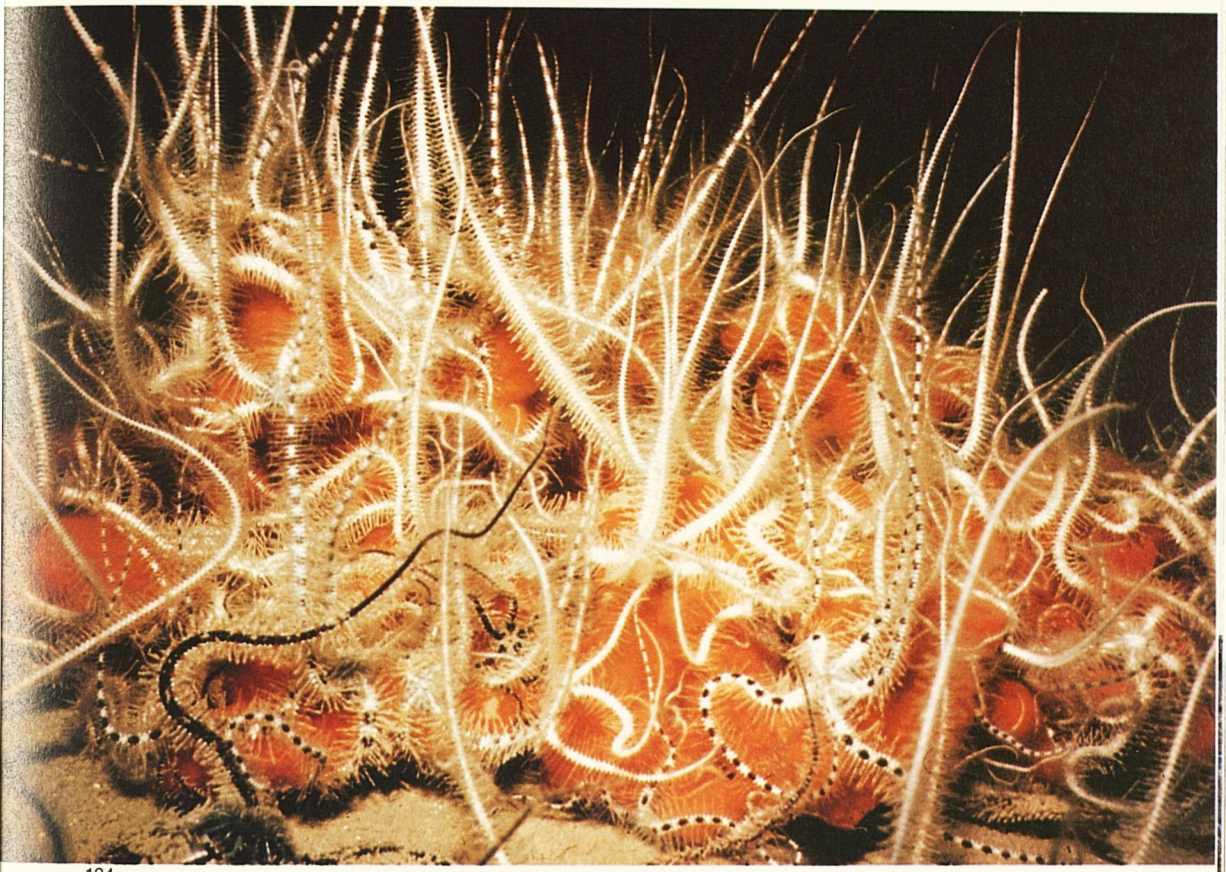
Wir sollten zunächst die Zusammenhänge sehen. Wir sollten erkennen, daß man Probleme nicht löst, indem man sie aus den Augen (und aus der Nase) schafft. Nehmen wir also nochmals unser konkretes Beispiel:

Da sind zunächst die Küstenstädte – auch die vielen kleinen. Gerade in diesen vertrat man oft die Meinung, daß eine kleine Gemeinde mit ihren Abwässern nicht viel Schaden anrichten könnte. Die Bürger wählten also statt einer guten und teuren Kläranlage die billigere Variante der Abwasserleitung, die nur ein paar

132



133



134

hundert Meter weit und zehn bis zwanzig Meter tief ins Meer reicht *(**132**)*. Das Abwasser, schlecht bis überhaupt nicht geklärt, war damit aus dem Blick geschafft, und das Problem schien gelöst.

Wir sehen, daß die billigere Variante keine Lösung war. Leitungen sind gewiß angebracht, aber nur für sorgfältig geklärte Abwässer. Denn wir wissen nun, wie empfindlich auch die Tiefenböden sind, wie leicht dort Schwefelwasserstoff austreten kann. Und wir ahnen bereits, wie ein Friedhof auf den Seeböden über den Wasserkörper auf die Küsten zurückschlagen wird.

Was für die kleinen Gemeinden gilt, gilt natürlich für uns alle. Für die Hoteliers wie für die Bürgermeister in den Großstädten an der Küste und nicht minder für das gesamte Hinterland. Dabei denke ich an die Überdüngung der Felder mit Phosphaten und Nitraten, die der Regen in die Flüsse spült und die Flüsse ins Meer waschen. Und das Problem betrifft alle Industrie und alle Städte im Hinterland, die sich nicht um Klärung und Entsorgung bemühen.

Verantwortlich für die Katastrophe zeichnen alle jene, die meinen, das Meer werde ihren Abfall schon entsorgen – die meinen, ein Problem wäre aus der Welt geschafft, sobald es aus der Sicht ist.

Was wir tun müssen

Zu allererst gehen wir von unserer Erkenntnis aus, wie die Dinge zusammenhängen. Man hat die Meeresbiologie und erst recht die Forschung unter Wasser für eine Art sportlichen Zeitvertreib gehalten. Damit möchte ich sagen, daß die Zusammenhänge selbst schon spät genug erkannt wurden. Auch die etablierten Meeresstationen haben ihre Erforschung zu lange nicht gefördert.

Heute müssen selbst wir Laien lernen, daß alles, was abfällt, letztendlich im Meer landet und daß nur destilliertes Wasser das Meer wieder verläßt – alle Belastungen daher in ihm zurückbleiben. Es ist der einzige Ausguß der Welt.

Was kann man denn schon als einzelner tun? Im Prinzip alles. Als Bürger, so sagt man uns, sind wir Souverän des Staates. Also sollte man uns anhören. Und wo immer eine Meinung gehäuft auftritt, beginnt man uns für gewöhnlich auch anzuhören. Und wo gar eine mehrheitliche Ansicht entsteht, ist sie bereits politisch durchführbar.

Wir werden also nicht nur über Werte, sondern auch über politische Machbarkeit nachdenken müssen. Und wir werden uns auch noch mit dem Phänomen der Vernetzungen auseinanderzusetzen haben.

Vieles würde sich rasch ändern, erfahrungsgemäß sogar sehr schnell.

Und mit voller Absicht erinnere ich noch einmal daran: Selbst was die Entsorgung in den Großstädten und Industriegebieten betrifft, haben wir immerhin noch den Wahlzettel, um Unverantwortlichen einen Denkzettel zu verpassen.

Verloren ist noch nichts. Natur kann regenerieren. Aus Faulschlammböden *(133)* können wieder funktionierende Tiefenböden werden *(134)* – bereits in wenigen Jahrzehnten, wenn wir zusammenhelfen. Dabei kommt uns die Kenntnis der Zusammenhänge sehr zugute. Drei der mediterranen Biosysteme haben wir bereits kennengelernt. Nehmen wir uns also das vierte vor, das sie alle miteinander verbindet.

Die Welt des Wasserkörpers

Welten des Meeres setzten wir einander gegenüber – so, als ob sie sich voneinander trennen ließen. Freilich sind sie räumlich getrennt, und nach ihren Strukturen trennen sie Welten. Allein, sie sind alle miteinander verbunden; und nicht nur das: Sie sind auseinander entstanden, denn das, was sie miteinander nicht nur verbindet, sondern sie auseinander hervorgehen ließ, das ist das Element des Wassers selbst. Jene Wiege des Lebens, die auch der Träger sämtlichen Lebens geblieben ist.

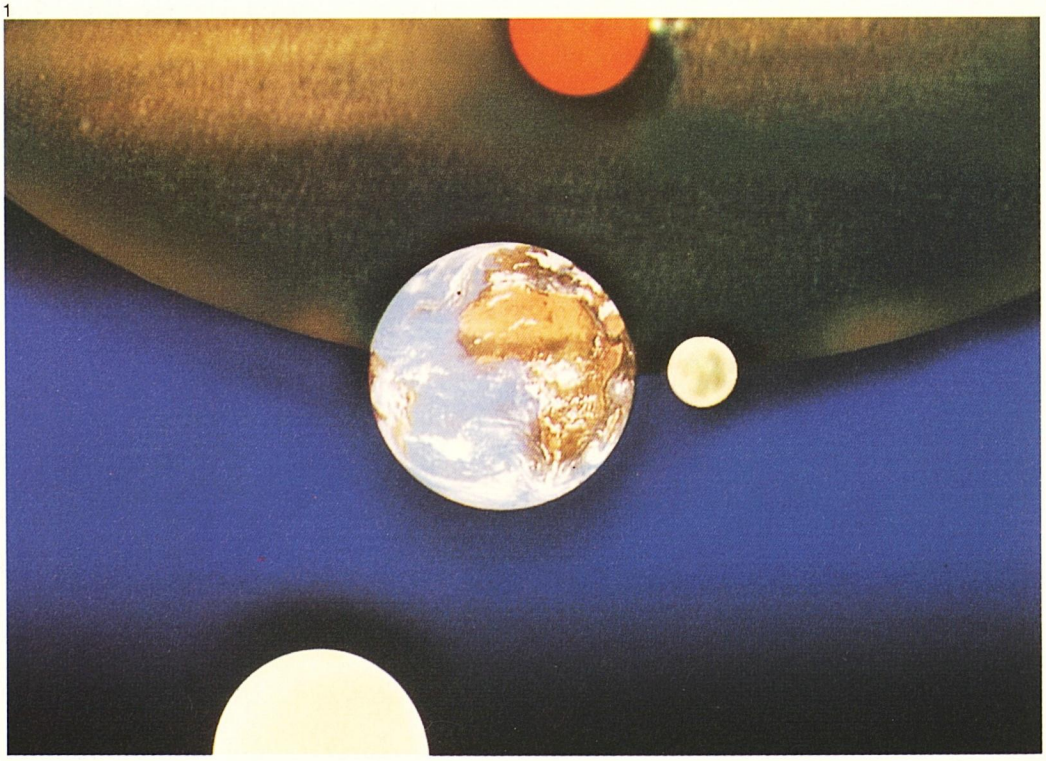
Ein blauer Planet

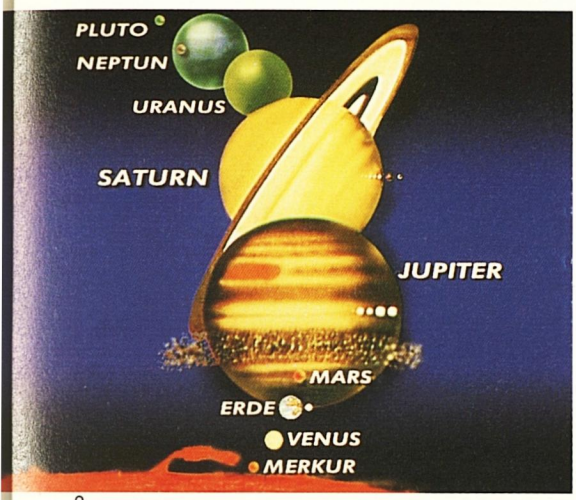
Unser Planet Erde ist in vieler Hinsicht ungewöhnlich. Verglichen mit den übrigen Planeten des Sonnensystems, ist er der größte unter den vier Zwergen – den »inneren Planeten« *(1)* – und fällt durch seine Farbe auf. Alle anderen strahlen rotes oder gelbes Licht zurück, während unserer blau und weiß leuchtet.

Das hängt bekanntlich mit seiner Atmosphäre zusammen und dem Wasserdampf, den Wolken, die sie stetig transportiert. Diese Wolken gehen auf die ungeheure Menge an Wasser zurück, die der Planet führt. Und das Bemerkenswerte an dieser gewaltigen Wassermenge ist, daß sie überwiegend in flüssiger Form auftritt. Nur ein Bruchteil des Wassers kommt in Form von Eis und Schnee vor, und noch weniger davon ist gasförmig.

Warum gerade flüssiges Wasser auf der Erde am häufigsten vorkommt, hat mit dem Abstand unseres Planeten zur Sonne zu tun: Nur ein wenig näher zu ihr, wie zum Beispiel die Venus, und es wäre viel zu heiß dafür – oder weiter weg, wie etwa der Mars, und es wäre viel zu kalt. Verglichen mit dem Durchmesser des Sonnensystems, würde sich der Bereich, in dem die Bedingungen unserer Erde gelten, im Maßstab unserer Graphik innerhalb einer Strichbreite *(2)* bewegen. Wie merkwürdig, sich gerade in dieser verschwindend kleinen Strichbreite zu befinden.

1





2

Eine riesige Menge Wasser

Wie gesagt, auf diesem blauen Planeten gibt es ungemein viel Wasser, so viel sogar, daß, gäbe es weder Erhebungen noch Täler in der Erdkruste, das Wasser überall gleichmäßig 2½ Kilometer tief stehen würde. Betrachtet man den Planeten von der Pazifikseite (wie auf Seite 73), so scheint er überhaupt völlig vom Wasser bedeckt zu sein. Aber auch »unsere Seite« führt noch genug davon. Schließlich liegen zwei Drittel der Erdoberfläche unter den Ozeanen und Randmeeren begraben.

So ist es kein Wunder, daß dieser riesige Wasserkörper für den Ozeanographen die wichtigste Komponente des Meeres ist *(3)*; Küsten und Seeböden wären lediglich der »Topf«, nicht aber Teil des Inhalts. Demnach hätten wir uns bislang nur mit dem Topf befaßt. Nun, würden wir die Sache vom Standpunkt des Ozeanographen aus sehen, so ginge es uns jetzt nur um den Inhalt.

Meeresbiologisch betrachtet, ist die Situation jedoch anders. Für uns ist der Wasserkörper des Meeres selbst eine Lebenswelt, die wie ein Verbindungssystem zwischen den verschiedenen biologischen Welten, wie ein Puffer, Störungen auffängt oder überträgt. Und das ist der Grund, warum ich meine Schilderung der marinen Systeme nicht mit dem Wasserkörper beginne, sondern mit ihm beschließe.

Die Form des »Topfes«

Zunächst ist die Form des Gefäßes von großem Einfluß auf die Art, wie sich das Meer in ihm bewegt. An den Westküsten unserer Nord-Süd-Kontinente, Afrika und Nord- und Südamerika, sind die Strömungen anders als an ihren Ostseiten. Das gilt auch für den unterschiedlichen Transport von Temperaturen, für welche diese Strömungen verantwortlich sind. Europa, beispielsweise, könnte seiner geographischen Lage nach so gut wie gänzlich vereist sein, wenn es nicht vom Golfstrom umspült würde, der reichlich Wärme aus der Karibik, dem tropischen Westatlantik, mitführt.

Die Bedeutung allein der Form für den Charakter einer See ist in den Randmeeren noch deutlicher ausgeprägt. Das wurde bereits im ersten Kapitel erwähnt, und wir erinnern uns, daß das Mittelmeer zum Typ eines »ariden Randmeers mit seichter Schwelle« zählt – also ein Meer ist, in dem die Verdunstung größer ist als die Wasserzufuhr durch Regen oder Flüsse, und dessen Verbindung zum Atlantik sich beinahe so verhält wie der Überlauf einer Badewanne zu ihrer Tiefe; allerdings mit dem Unterschied, daß im Überlauf eine größere Wassermenge aus dem Atlantik einfließt, als Mittelmeer-

3

wasser ausströmt (man erinnert sich der Darstellung auf Seite 16).

Wenn man sich vor Augen hält, wieviel Wasser allein über die Flußdeltas ins Mittelmeer gelangt, dann kann sich der Leser vielleicht ein Bild von dem Ausmaß dieser Verdunstung machen.

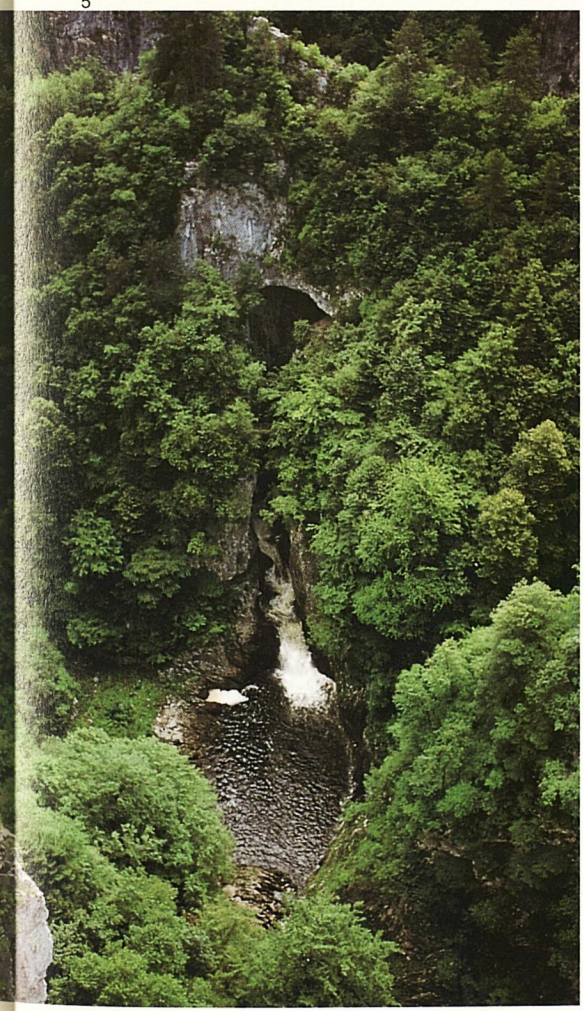
Und so wird auch die Wassermenge, die von der Donau und vom Nil über das Schwarze Meer zugeführt wird, von der Verdunstung vor allem im Ostmediterran übertroffen.

Unterirdische Zuflüsse

Aber wir wollen die Sache nicht nur oberflächlich betrachten: Daß der Karst, der am Mittelmeer weit verbreitet ist *(4)*, so wasserarm ist, liegt daran, daß Wasser Kalk löst. Der Regen verschwindet in den Spalten und bildet in der Tiefe Flüsse, die wieder ins Mittelmeer münden.

Wenn man selbst nie im istrianischen Sankt Kanzian gewesen ist, kann man sich kaum vorstellen, welche Dimensio-

4
5

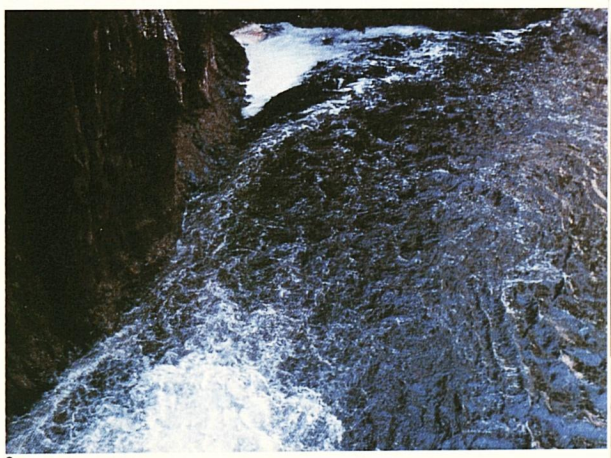


nen das Wasser im Kalk auszuhöhlen vermag *(5)*.

Doch auch hier: Selbst der unterirdische Fluß, der nur kurz an der Felsschlucht auftaucht und wieder verschwindet, ist bereits verschmutzt.

Ein bedeutendes Naturdenkmal erzeugt durch die Abwässer jugoslawischer Industrien einen abscheulichen Schaumreigen *(6)*, den nicht einmal sein langer unterirdischer Lauf klären konnte. In diesem Fall bekommt man gerade noch zu sehen, was üblicherweise versteckt im Grundwasser geschieht.

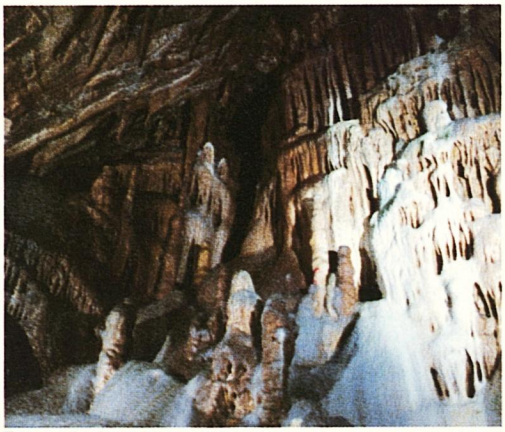
Auf das, was die oberirdischen Flüsse selbst anrichten, werden wir noch zu sprechen kommen.



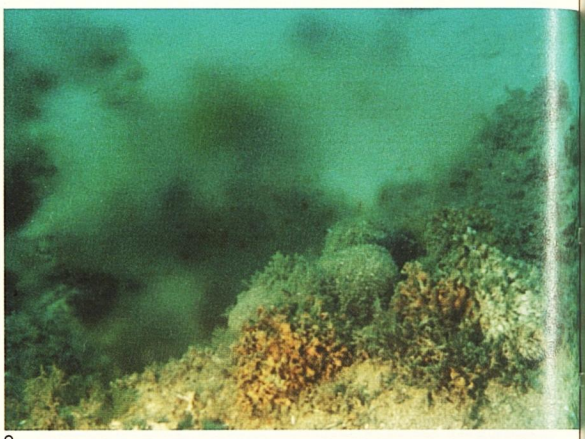
6

Die Tropfsteinhöhlen selbst finden wir dort, wo der unterirdische Fluß sich bereits einen tieferen Weg gegraben hat *(7)* und nur mehr Sickerwasser durch die Decken rieselt.

Manche Tropfsteingrotten, wie die am Südpeloponnes, sind vor Jahrtausenden wieder unter den Meeresspiegel gesunken, was die Stalakmiten beweisen, die heute unter Wasser stehen.



7



9

8

10

Der Grotta Nettuno auf Sardinien muß es wohl ähnlich ergangen sein, sie hat sich aber nachträglich, eben weil sie wieder über den Seespiegel gehoben wurde, wieder mit Tropfsteinen gefüllt. Die längste dieser Grotten ist die Grotta Bue Marino, deren Lauf sich auf Meeresniveau vier Kilometer weit ins Innere der Insel Sardinien verfolgen läßt. Sie alle führen dem Mediterran Süßwasser zu. So manche von ihnen kennt man noch gar nicht, sondern nur die auffälligsten Mündungen, wie jene in Timavo *(**8**)* bei Triest. Sie alle sind aber aufschlußreich für das Bild, das wir uns vom Wasserhaushalt und von der Geschichte des Mittelmeeres machen.

Viele münden wahrscheinlich, für uns nicht mehr sichtbar, unter dem Meeresspiegel. Doch dort, wo sie unseren Blikken zugänglich sind, haben wir eine Spezialfunktion dieser unterseeischen Quellen kennengelernt: Der Süßwasserstrom wird von dem schwereren Seewasser mit großer Wucht nach oben gedrängt und reißt rundum Meerwasser mitsamt seinem Plankton mit, an dem sich eine in dieser Tiefe ganz ungewöhnliche und reiche Fauna seßhafter Filtrierer gütlich tut *(**9, 10**)*.

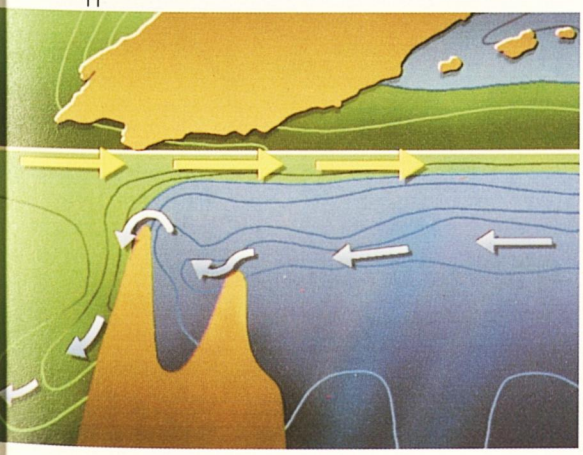
Der große Zu- und Abfluß

Nun aber wieder zurück zu den großen Dimensionen: Der wesentlichste Zu- und Abfluß erfolgt über die Schwelle von Gibraltar, und man erinnert sich, daß an der Oberfläche der Gibraltarstraße Atlantikwasser ins Mittelmeer gesogen wird, während darunter das schwerere Mittelmeerwasser in die Tiefe des Atlantik fällt *(11)*.

Dieser Zusammenhang war schon vor dem Ersten Weltkrieg bekannt und wurde von den U-Booten *(12)* benützt, um unentdeckt durch die Straße von Gibraltar zu manövrieren. Motorgeräusche wurden nämlich von der Blockade geortet und gejagt; mit abgestelltem Motor hingegen waren die U-Boote kaum zu bemerken. Man ließ sich also mit der Strömung treiben, und bei der Eindrift ins Mittelmeer konnte man in den üblichen Tauchtiefen von zwanzig bis dreißig Meter bleiben.

Die Drift in den Atlantik war schon gefährlicher, weil man dabei 100 bis 200 Meter weit absinken sollte – in Tiefen, die erst später von moderneren U-Booten gefahrlos angetaucht werden konnten.

11



12

Ozeanographie hat mit Hydro- und Geodynamik zu tun. Beide Gebiete sind der Physik verwandt und formulieren auch möglichst in physikalischen Begriffen. Das möchte ich hier vermeiden; vielmehr will ich versuchen, Zusammenhänge zu veranschaulichen, die nötig sind, um die Problematik des Mediterran nachzuvollziehen.

Zunächst genügt es, sich zu erinnern, daß vom Atlantik eine größere Wassermenge ins Mittelmeer einfließt, als es selbst abführt. Das heißt, es hat die Tendenz, Verschmutzung zu kumulieren, anstatt abzuleiten; ferner, daß seine Temperatur und sein Salzgehalt relativ hoch liegen und daß es zweimal jährlich gegen die Tiefe durchmischt wird.

Anschauliches aus der Ozeanographie

Im Grunde geht es bei der ozeanographischen Beschreibung des Wasserkörpers um Bewegungen, Gezeiten-, Dichteströmungen und Seegang.

Die Gezeiten spielen im Mittelmeer eine eher weniger bedeutende Rolle. Die Becken sind zu klein und zu stark gegliedert, als daß Gezeiten von über einem halben Meter entstehen könnten. Bedenkt man dagegen, daß in den tieferen Buchten des Nordatlantik Gezeiten mit zwölf bis fünfzehn Meter herrschen, kann man sich vorstellen, wieviel Wasser dort versetzt wird und welche Ströme dabei täglich auftreten müssen.

Die kritischen Gewichte

Die wichtigen Strömungen sind auch im Mittelmeer eine Folge verschiedener Gewichte des Seewassers. In diesem Sinn besteht das Wasser eines Meeres aus getrennten, sich gegeneinander bewegenden Wasserkörpern – wobei die ersten Ursachen, wie bereits erwähnt, Temperatur und Salzgehalt sind. Sie bestimmen das Gewicht, die sogenannte »Dichte«, des Seewassers. Und der stete Ausgleich der Gewichte führt zu den Strömungen, die sich den Formen der Meeresbecken anpassen, wie man sich (Seite 15 f.) erinnert.

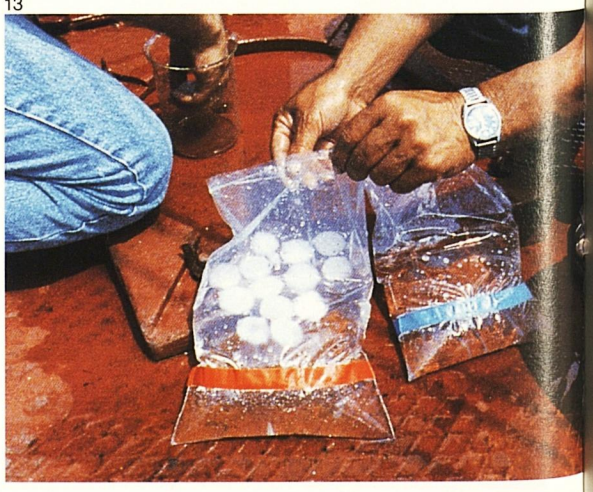
Die klassischen Methoden beruhen darum auf der direkten Messung der Bewegung mittels eines Propellers. Ist das Schiff zureichend verankert, geben Geschwindigkeit, Uhrzeit, Himmelsrichtung und Tiefe, die er registriert, ziemlich verläßliche Werte.

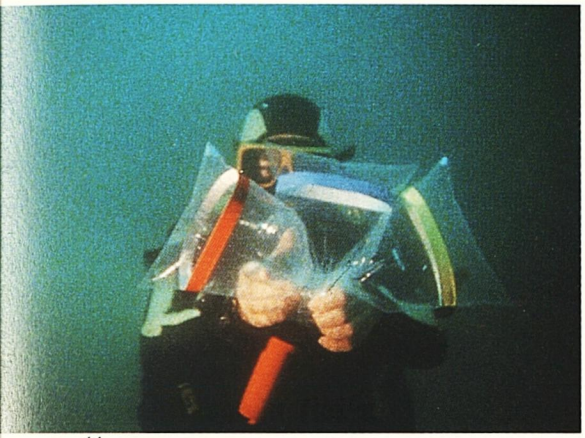
Umfassender ist die indirekte Messung wie mit dem sogenannten »Nansen-Schöpfer«. Er mißt die Temperatur und den Salzgehalt, aus denen die großen Bewegungen berechenbar werden. Natürlich geht das alles längst schon elektronisch, was allerdings nur mehr abstrakt darzustellen ist.

Der Anschaulichkeit zuliebe wollen wir folgendes Experiment durchführen:

Drei Nylonsäcke haben wir neben dem Schiff ins Meer gelassen und sie mit Seewasser gefüllt. Sobald sie ausgewogen und in Schwebe sind, lassen wir einen unverändert zur Kontrolle. Mit den verbleibenden werden wir experimentieren. Wir geben in den einen Sack einen Schuß Süßwasser zu. Der geringere Salzgehalt erleichtert ihn und wird ihn aufsteigen lassen. Dem anderen geben wir einige Eiswürfel aus gefrorenem Seewasser zu *(**13**)*. Obwohl das Eis natürlich schwimmt, wird dieser Sack nach dem Schmelzen des Eises aufgrund seiner etwas geringeren Wassertemperatur sinken; und die Kontrolle im Wasser *(**14, 15**)* bestätigt dies.

13





14

15

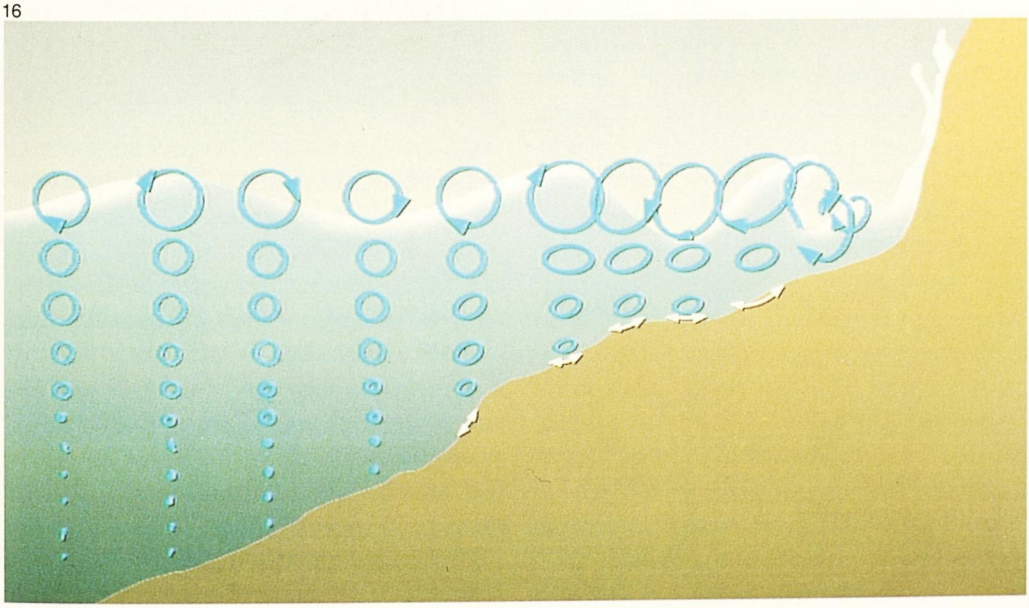
Die kritischen Tiefen

Eine simple Methode, die Durchsichtigkeit oder Klarheit des Oberflächenwassers zu messen, ist nach ihrem Erfinder, SECCHI, benannt. Läßt man die »Secchi-Scheibe« in die Tiefe und nimmt den Mittelwert der Tiefe, wo sie gerade noch oder gerade nicht mehr mit freiem Auge zu erkennen ist, erhält man handfeste Werte, die vom trüben Hafenwasser zum reinen Hochseewasser zwischen einem halben und über dreißig Meter variieren können.

Diese sogenannten Sichtwerte haben Einfluß auf die Lichtverteilung im Oberflächenwasser – die kritischen Tiefen des Lichts im Meer, die uns bereits in der Felsenwelt begegnet sind.

Zudem herrscht in der Regel Seegang (so nennt man die Summe aus Windsee

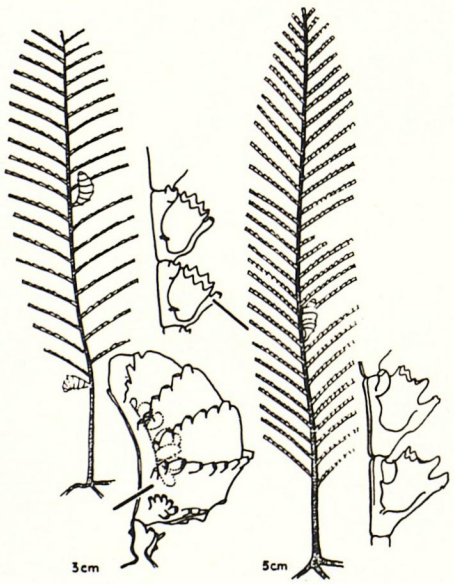
16



17

und Dünung). Nun, auch der Seegang hat durch Brechung und Schaumreigen eine gewisse Wirkung auf die Sichtweite, die ein Kriterium für die Reichweite des Lichtgefälles in die Tiefe darstellt.

Wichtiger ist aber der Seegang als Bewegung. Jenen von uns, die er mit Seekrankheit plagt, mag er durchaus entbehrlich erscheinen. Er ist jedoch unter der Oberfläche mit seinen Energien von größter Bedeutung.

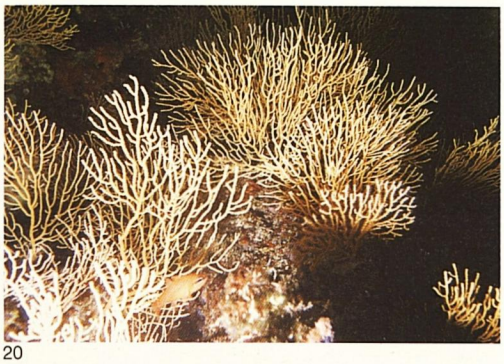


18 Flächige Aglaophenien

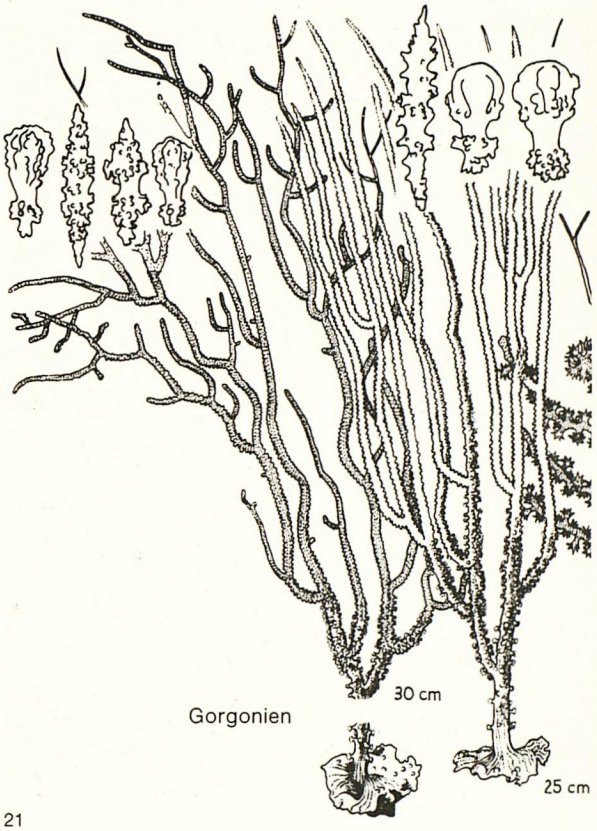
19

Der Seegang führt zu einer annähernden Kreisbewegung der Wasserteilchen, einer »Orbitalbewegung«. Der Kreisdurchmesser entspricht der Wellenhöhe. Der »Wellenfortschritt« bedeutet kein Fortschreiten der Wasserteilchen, sondern nur der Energie, wie man sich anhand von treibenden Gegenständen überzeugen kann.

Diese Orbitalbewegung teilt sich den tieferen Wasserteilchen mit, so daß der ganze seichtere Wasserkörper schwingt. Sie ist bis zu einer Tiefe wirksam, die



20



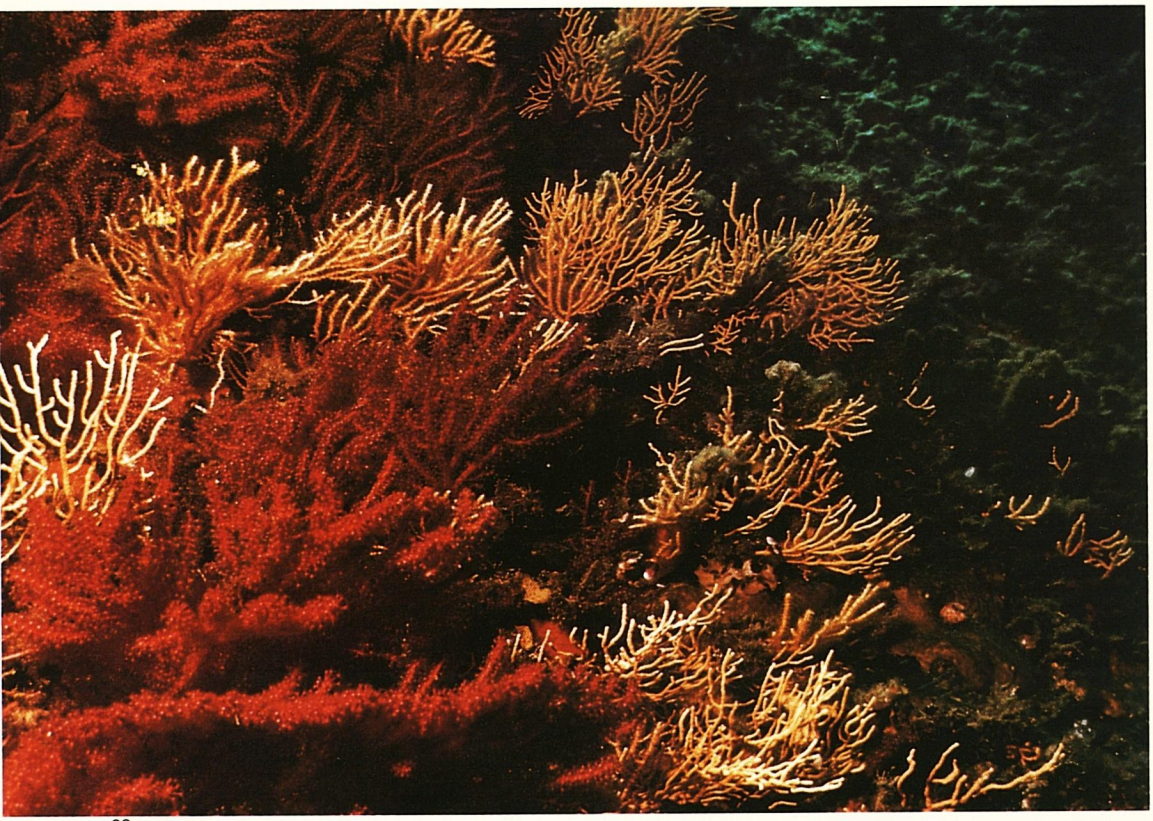
21

etwa der halben Wellenlänge entspricht *(16)*. Bis zu dieser Tiefe, wie bereits erwähnt, berührt die Welle den Boden.

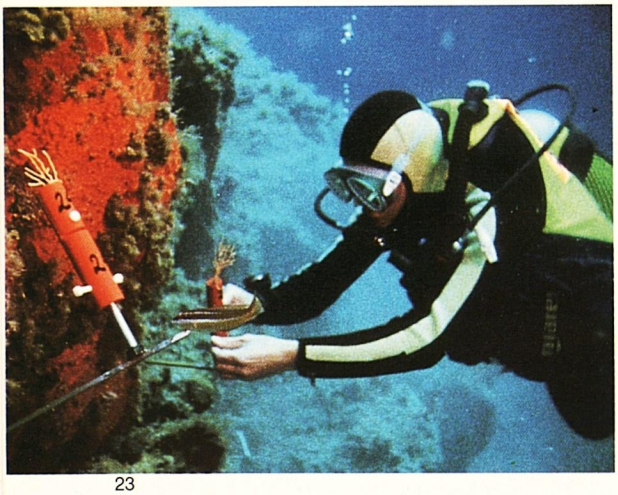
Um das besonders deutlich zu machen, halten wir uns an eine Steilküste . . . An festen Landmarken läßt sich das Kreisen der Bewegung besser mitverfolgen. An den Wänden der Felsküsten schlägt sie in eine senkrechte Pendelbewegung um. Seßhafte passive Filtrierer sowie viele Nesseltiere haben ihre Kolonien zu Flächen ausgeformt, wo immer bevorzugte Wasserbewegung herrscht. Und schon in geringer Tiefe sind die Flächen der Filtrierer normal zur Pendelbewegung orientiert, um ein Maximum an Wasserdurchzug zu gewährleisten: Zum Beispiel bei diesen gefiederten Nesseltieren, den Aglaophenien *(17, 18, 19)*, deren Kolonien wie der Fittich eines Vogels beisammenstehen und sich mit jedem Auf und Ab der Wellen öffnen und schließen und dadurch ein Maximum an Plankton aus dem Wasser filtern.

Noch deutlicher werden wir das an den großen Hornkorallen beobachten, wenn wir etwas tiefer gehen. In einer Tiefe von zehn bis fünfzehn Meter treffen wir sie bereits an *(20, 21)*. Sie stehen mit ihren Fächern horizontal und zeigen damit, daß die Wasserbewegung hier noch überwiegend senkrecht mit der Wellenbewegung pendelt *(22)*.

Vor zwei Jahren nahmen wir eine junge Kolonie ab und befestigten sie wieder mit einem Gelenk an einem Mauerhaken *(23)* – diesmal allerdings um neunzig Grad verdreht. Um unsere Theorie zu prüfen, stellten wir ihre Fläche vertikal in eine Strömung, in der sie eigentlich horizontal hätte wachsen müssen, und warteten gespannt, ob sich die Kolonie im Zuge ihres weiteren Wachstums wieder waagrecht anordnen würde – und tatsächlich krümmten sich die Zuwachsenden wieder in die Horizontale, um so ein Maximum an vorbeiziehendem Futter abzufangen. Die Kolonie integrierte die vorherrschende Bewegung *(24)*.



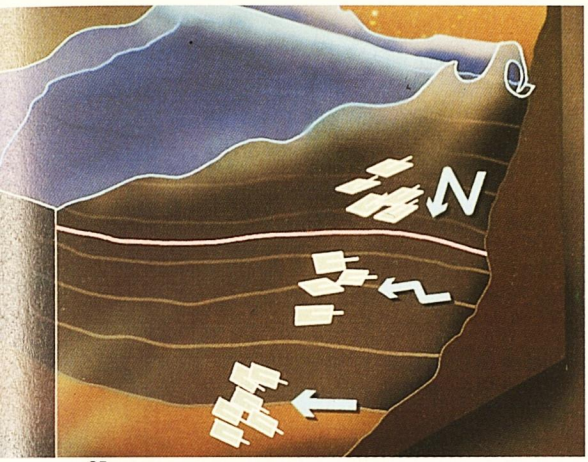
22



23

24

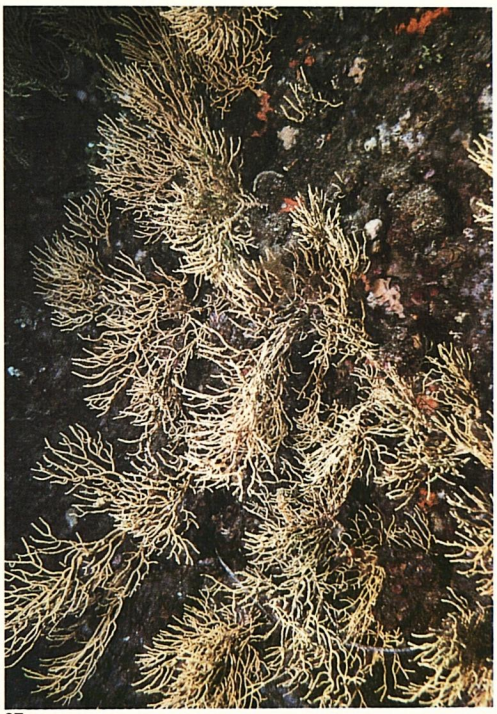
Wir nähern uns nun einer »kritischen Tiefe« – etwa achtzehn Meter unter der Oberfläche. Sie ist dadurch gekennzeichnet, daß die vertikale Pendelbewegung



25

des mittleren Seegangs schon so gering geworden ist wie die vorherrschende (natürlich horizontale) Küstenströmung *(25)*.

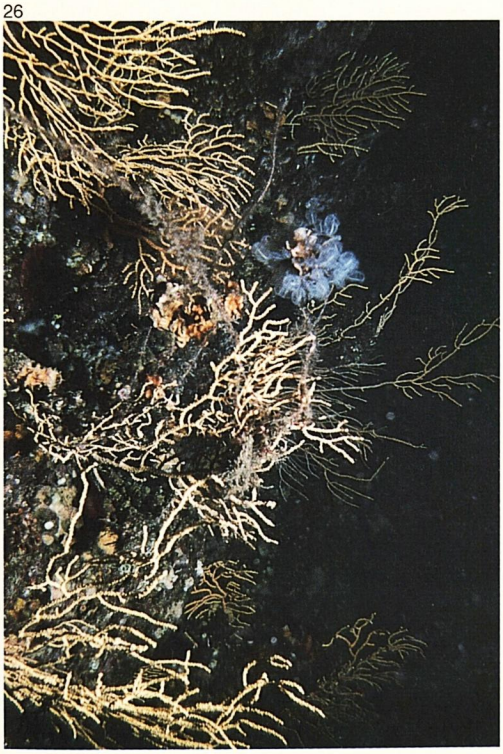
Die Anordnung der Kolonien, durch die wir überhaupt erst auf diese kritische Tiefe aufmerksam wurden, ist nun völlig

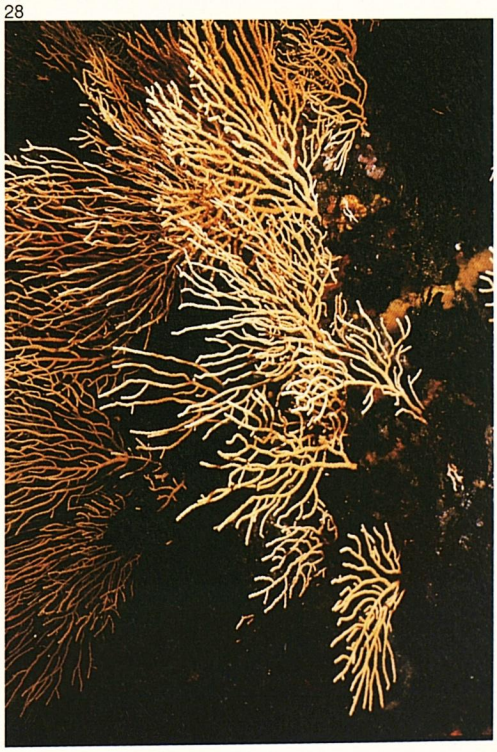


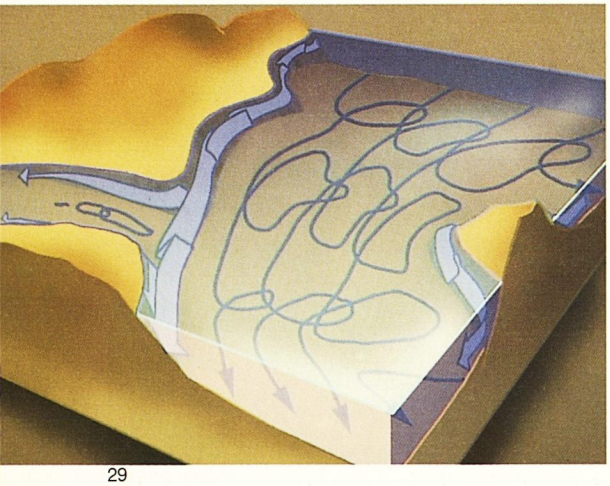
27

28

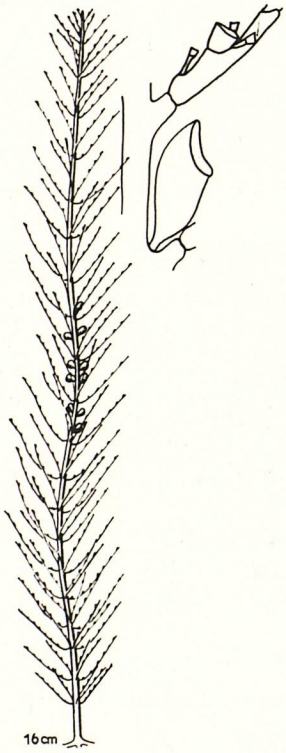
26







29



Nemerfesia

30

durcheinander – selbst von ihrem flächigen Bau sind sie etwas abgekommen *(**26**)*.

Erst in Tiefen von zwanzig bis fünfundzwanzig Meter stehen die Kolonien wieder in Flächen und geordnet da – diesmal aber allesamt vertikal *(**27, 28**)*, denn hier ist nur mehr die horizontale Küstenströmung erhalten (wie uns der Färbetest zeigt). Und nun wird diese Hauptrichtung der Bewegung voll ausgenützt.

Erst dort, wo die Böden flach werden, die Küstenebenen des Schelfs beginnen, hört die bevorzugte Strömungsrichtung weitgehend auf *(**29**)*. Und wieder verdanken wir diese Einsicht dem Bau der passiven Filtrierer: Hier herrschen radiär gebaute Wuchsformen vor, wie die Nemertesien *(**30**)* oder die Cylinder-Anemonen, weil es darauf ankommt, Strömungen aus allen Richtungen zu nützen. Die Organismen haben die gegebenen Bewegungsvorzüge im Wasserkörper also längst durch ihre genetischen Programme wahrgenommen. Und selbst wenn wir über diese Bewegungen und deren Stetigkeit nichts wüßten, von jenen Organismen können wir es erfahren.

Das Leben im Pelagial

Man kann sich vorstellen, daß das Leben im offenen Wasserkörper – gewissermaßen ohne Grund und Boden – spezielle Formen entwickelt hat. Denn in diesem Lebensraum gilt es, schweben und treiben zu können und über spezielle Arten der Orientierung zu verfügen.

Dennoch ist die pelagische Lebenswelt (daß heißt jene, die ganz im freien Wasserkörper zu Hause ist) nicht unabhängig von den Seeböden; denn die Nahrungskette beginnt wieder mit den Algen, auch wenn sie hier nur winzig klein sind. Und diese brauchen Licht und Nährstoffe: Phosphate und Nitrate, die überwiegend Stoffwechselprodukte der Pilze und Bakterien sind, und diese dominieren, wie wir bereits wissen, in der Welt der Tiefe.

Es kommt also auf den Austausch mit den Tiefenböden an, auf die Konvektionsströmungen, die den Großteil der Nährstoffe liefern (vergl. Seite 16). Boden und Pelagial – Topf und Inhalt – sind also wieder verflochten.

Die Produktion

Solange das Licht reicht, werden die Nährstoffe das Produktionslimit der Algen bestimmen und damit die Lebensdichte im Pelagial. Ist diese eher gering, nimmt das Wasser eine blaue Farbe an; ist sie hoch, wird das Wasser grün, sogar bräunlich grün, je nach den Pigmenten der Algenmassen.

Insofern ist die Aussage »Blau ist die Wüstenfarbe des Meeres« ganz richtig. Unser Mittelmeer war lange Zeit ein typisches blaues Meer. Es war auf geringe Nährstoffe eingespielt und daher nicht durch Massen von Individuen, sondern durch Artenreichtum gekennzeichnet – war also damit auf eine besonders feine Balancierung angewiesen.

Wir werden sehen, wie sich das heute geändert hat. Das Verhältnis beginnt zu kippen. In manchen Teilen des Mittel-

31

meers verschwinden ganze Artengruppen, während sich bestimmte Einzelarten explosionsartig vermehren. Doch darauf ist sein System nicht vorbereitet.

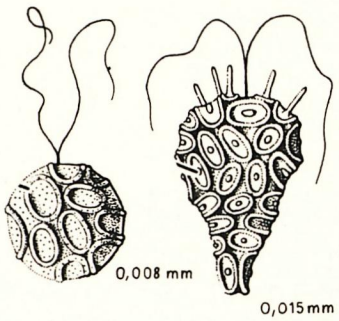
Die Phosphate und Nitrate werden heute durch die Abfälle der Haushalte, der Industrie und des Tourismus nachgeliefert – allerdings in absurden Mengen. Die Überdüngung bringt das System, wie wir sehen werden, aus dem Gleichgewicht. Wir prüfen die Situation mit Plankton-Netzen *(31)*, deren Maschenweite man nach der Größe der zu fischenden Organismen wählt.

Das Plankton

Das Plankton des Mediterran ist also relativ individuenarm, dafür aber höchst formenreich *(32)*. Das gilt auch schon für die Planktonalgen.

32

Kennzeichnend sind beispielsweise die Goldalgen *(33)*, die mit Körpergrößen zwischen fünf und fünfzehn Tausendstel Millimeter zum »Zwergplankton« gehören und so winzig sind, daß sie nicht einmal einer Schwebeinrichtung bedürfen. Denn ihr Gewicht ist so gering, daß in



33 Coccolithineen

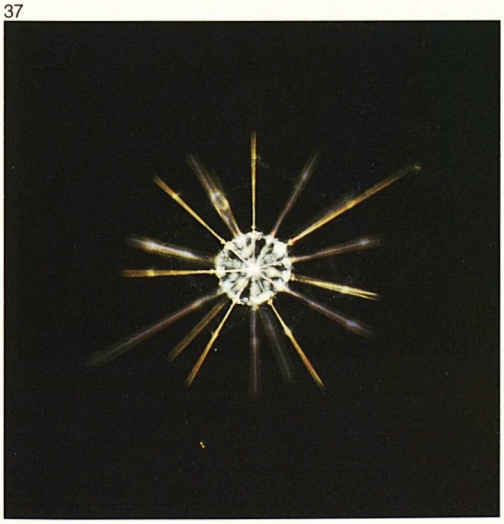
34

35

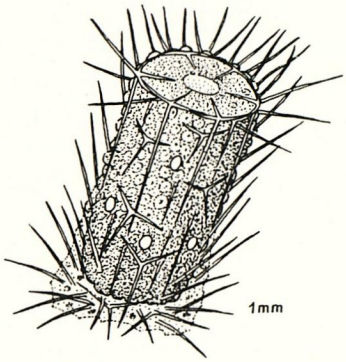
diesen Mikrodimensionen schon die Viskosität des Wassers reicht – sie ist in diesen Größen schon honigartig – um sie zureichend in Schwebe zu halten. Ihr näheres Studium, etwa der noch winzigeren Plättchen ihrer Panzer, ist nur unter dem Elektronenmikroskop möglich *(**34, 35**)*.

Zu den etwas größeren Formen gehören die Panzer- und die Kieselalgen *(**36**)*, die ein Fünftel bis einen halben Millimeter Länge erreichen und durch ihre

36

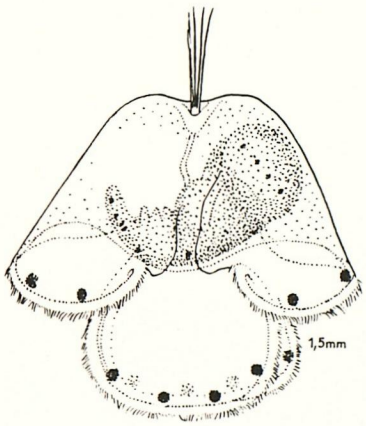


37



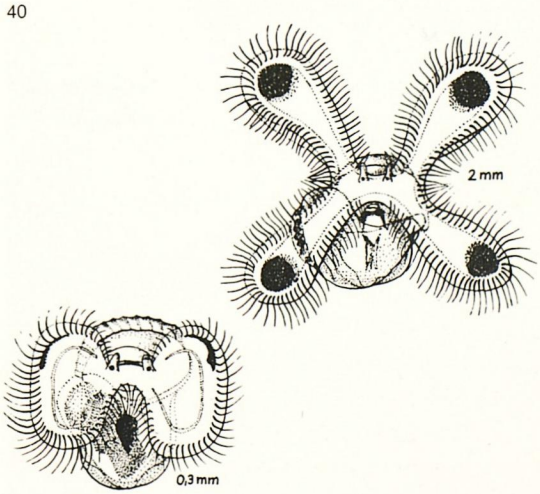
Schwammlarve

38

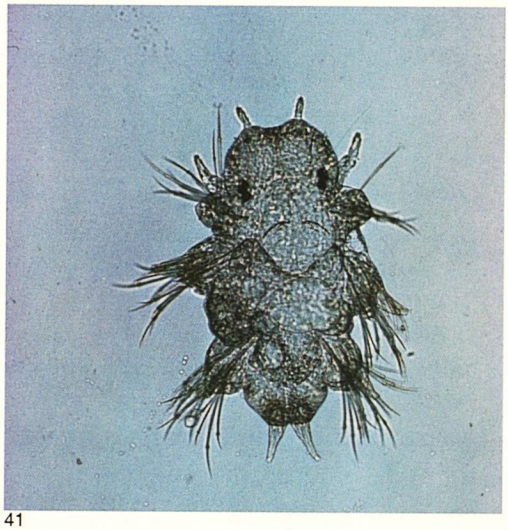


39 Fechterhutlarve

40



Veligerlarven

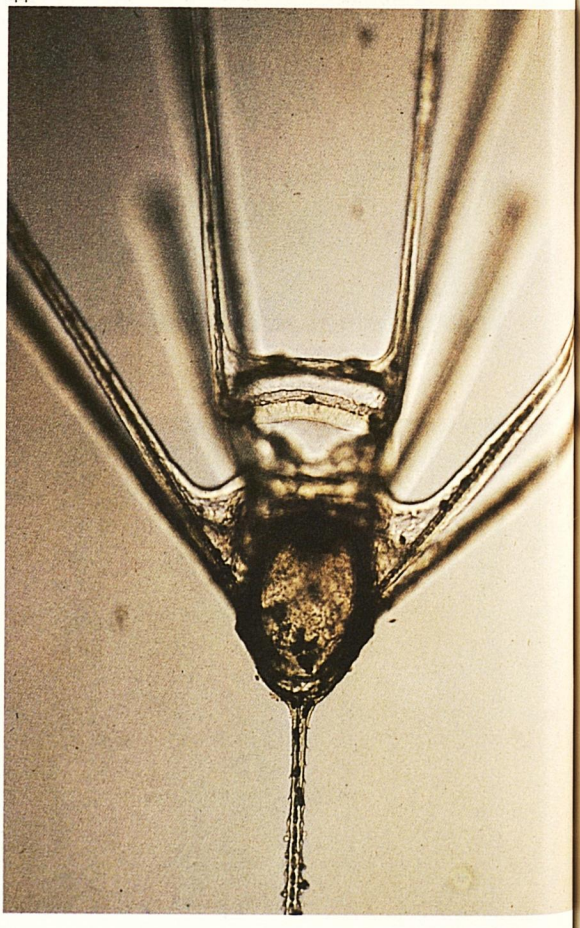


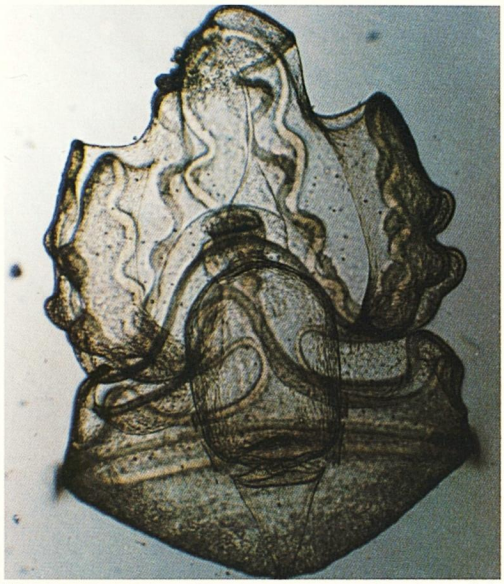
41

43

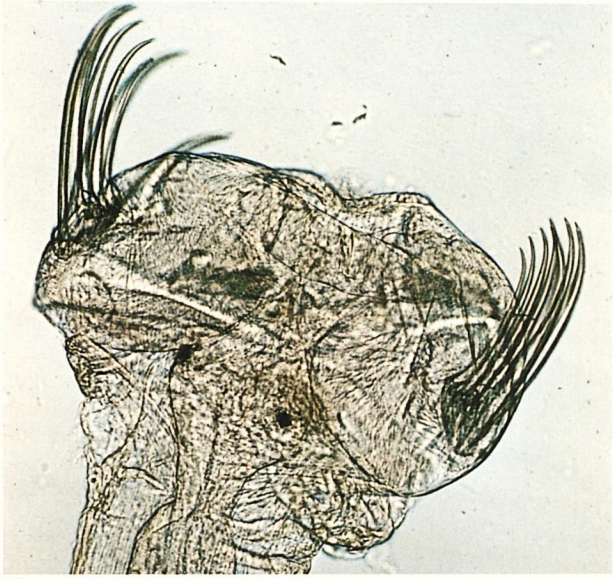
42

44



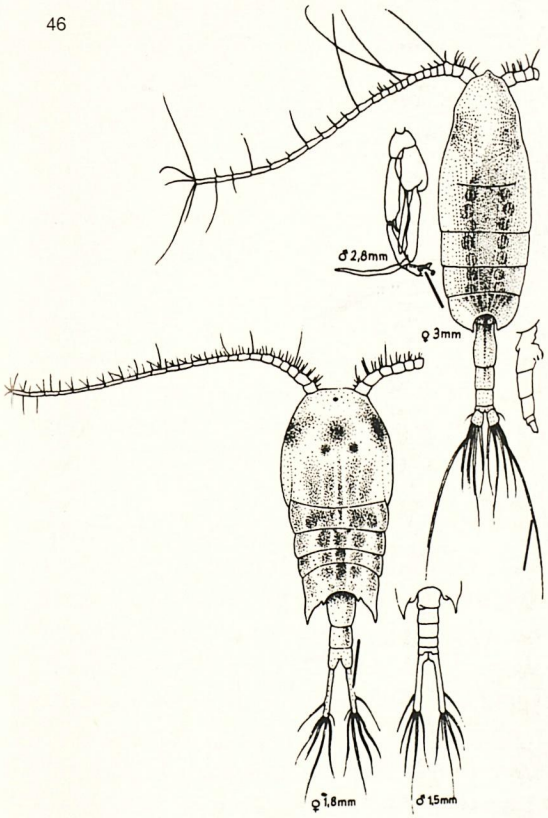


45



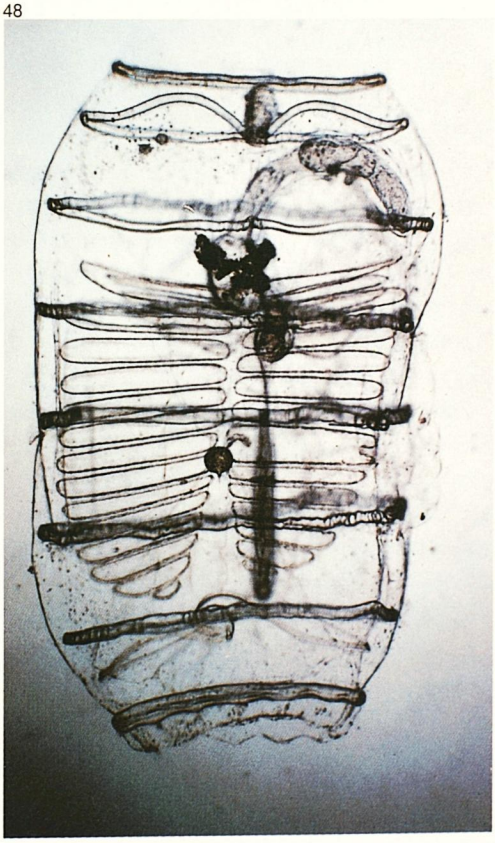
47

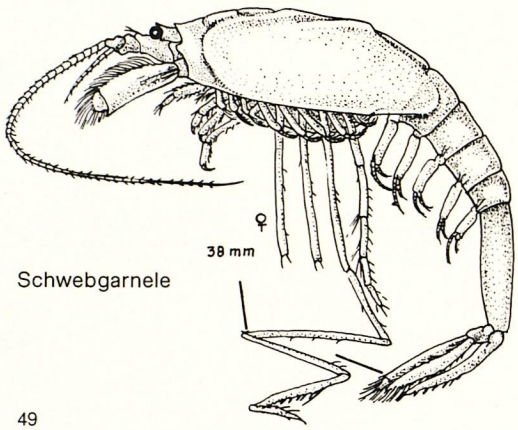
46



Calaniden

48





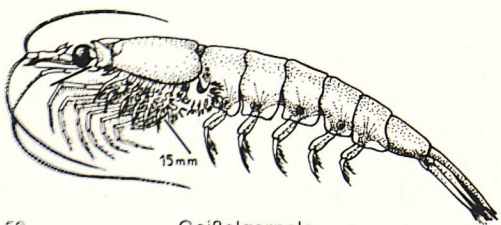
Schwebgarnele

49

Schwebefortsätze gekennzeichnet sind; oder die strahligen Skelette *(37)* der Wurzelfüßer, die sich bereits wie Tiere ernähren.

Besonders auffällig aber ist im Mediterran der Formenreichtum des tierischen Planktons. Denn es gibt kaum eine Tiergruppe, die nicht wenigstens mit ihren Larven im Wasserkörper vertreten ist, welche sich dort auch bereits ernähren. Um nur ein paar von ihnen zu nennen: die Larve des Kalkschwammes *(38)*, des Schnurwurmes *(39)*, zweier Schneckenarten *(40)*, die Schweblarven von Borstenwürmern *(41)*, Heuschreckenkrebsen *(42)*, Seepocken *(43)*, Seeigeln *(44)* und Eichelwürmern *(45)*.

Selbstverständlich steckt hinter dieser Fülle analoger Lösungen eine ganz bestimmte Strategie: nämlich Nachkommen in Massen zu produzieren, die sich anstelle reicher »Mitgift« (das heißt Ausstattung mit Dotter) früh selbst ernähren. Das ist eine der Methoden, die Art zu verbreiten und ihre Erhaltungschancen zu fördern.



50 Geißelgarnele

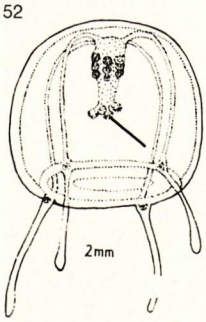
Übergroß ist auch die Artenfülle von Formen, die ihren gesamten Lebenszyklus im Pelagial abwickeln. Typische Repräsentanten dieser Tiere sind die Ruderfüßer *(46)*, die Pfeilwürmer *(47)* und die Salpen *(48)*; wenn man die Nahrungskette zu den größeren Schalentieren weiterverfolgt, finden sich verschiedene Arten der Schwebgarnelen *(49)* und Geißelgarnelen *(50)*, die bereits den Hochseefischen (und selbst den Walen) als Nahrung dienen.

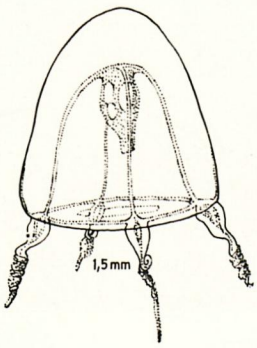
Medusen und Quallen

Eine eigene Welt des Pelagials bilden die glashellen Medusen. Ihre Formen reichen von den winzigen Zanklea- und Podocoryna-Arten *(51, 52)* bis zu den fünf bis zehn Zentimeter großen Tima- und Aequorea-Arten *(53)*, deren galertige Glocken bereits so fest sind, daß man sie am Strand aufsammeln kann. Sie alle sind die Geschlechtstiere der Hydroiden; während sich die Polypen ungeschlechtlich durch das Knospen neuer Polypen und der sich ablösenden Medusen vermehren, geben die Medusen Eier und Samenzellen ins Wasser ab.

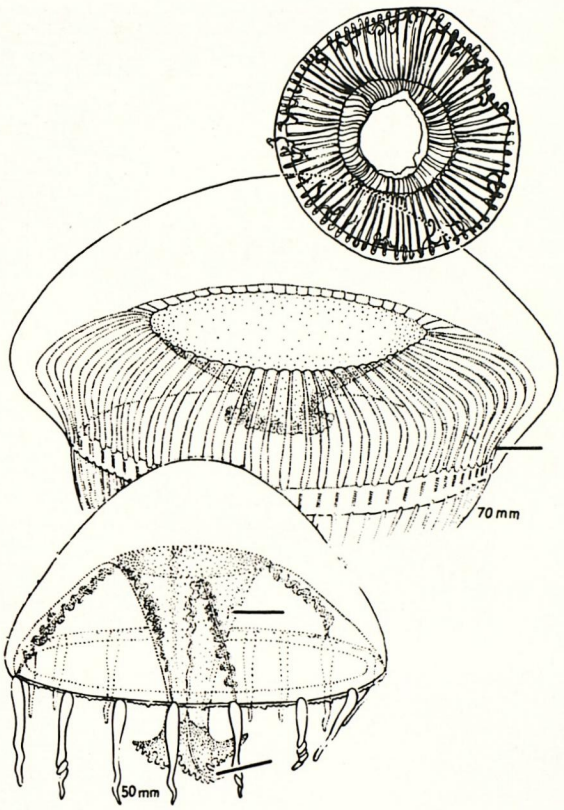
Noch auffallender sind die Schirmquallen. Die winzigen Entwicklungsstadien *(54)* messen nur wenige Millimeter, wenn sie sich von den kleinen Polypen ablösen. Wogegen die erwachsenen Formen einen Schirmdurchmesser von zwanzig bis fünfundzwanzig Zentimeter erreichen und bisweilen in riesigen Schwärmen *(55)* auftreten können. Sie gehören zu den größten ihrer Artgenossen: zum Beispiel die

51
52





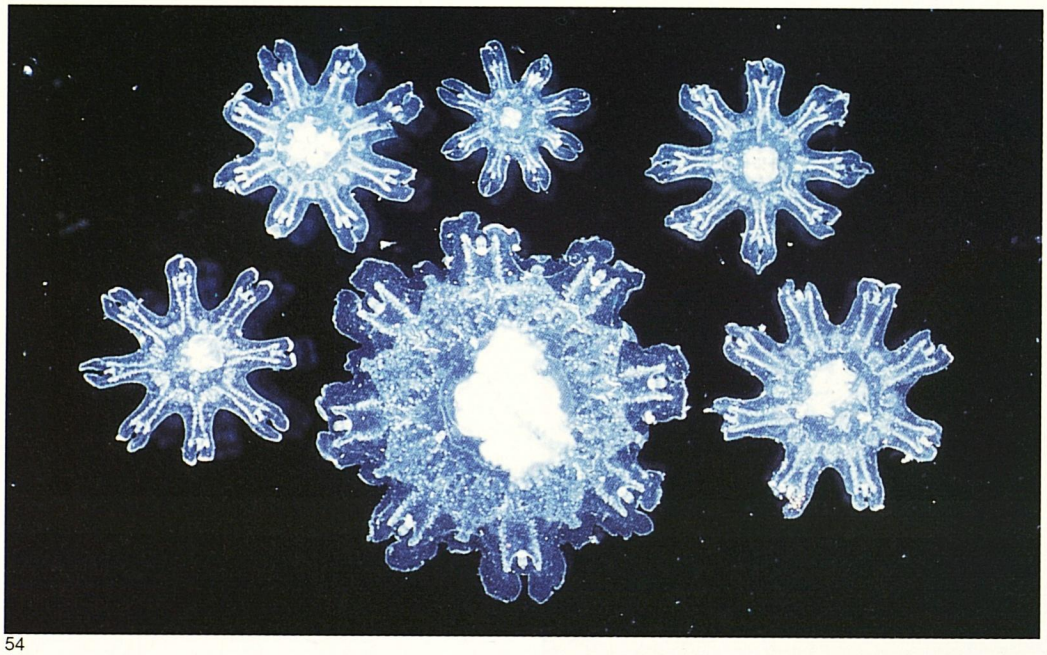
Hydromedusen



53 Hydromedusen

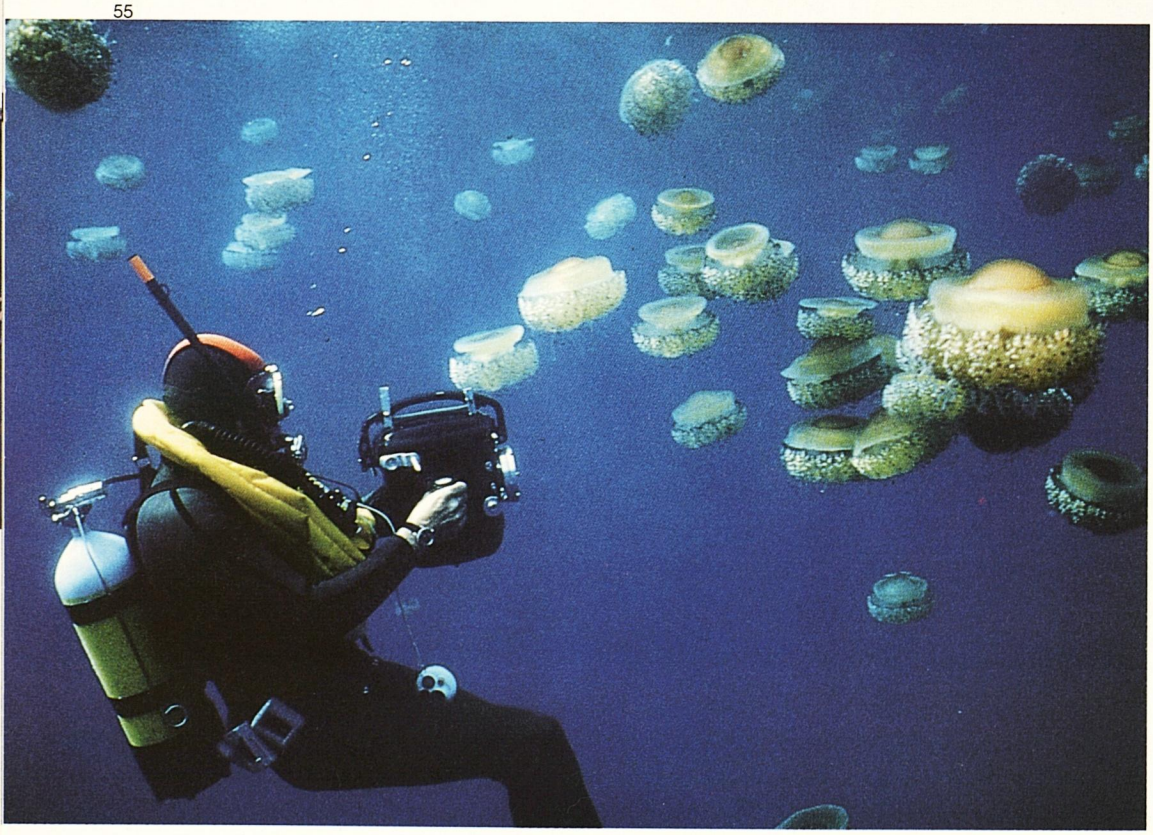
bräunliche Cotylorhiza und die bläuliche Rhizostoma *(**56, 57**)*, die auch oft von Fischen »bewohnt« wird *(**58**)*; meist sind es Formen der Stachelmakrelen, die ½ bis 1 Meter lang werden *(**59**)*.

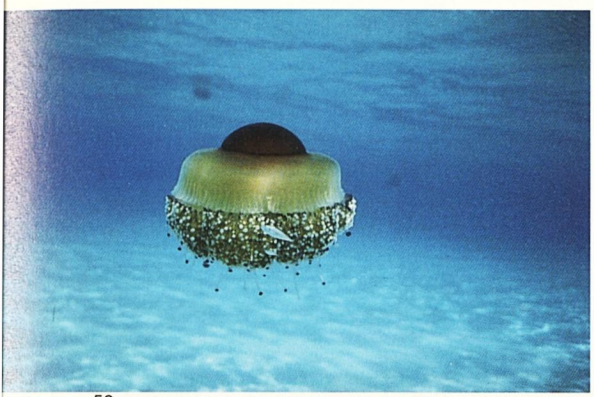
Sie sind harmlose Nesseltiere, die man anfassen kann, ohne sich zu verbrennen. (Hat man eine Qualle berührt, sollte man sich jedoch nicht unmittelbar danach die Augen reiben oder die Finger an die Lippen führen, weil unsere Schleimhäute empfindlich auf ihr Gift reagieren.) Diese Quallen ernähren sich von Kleinplankton, indem sie das Wasser durch ihre Mägen pumpen.



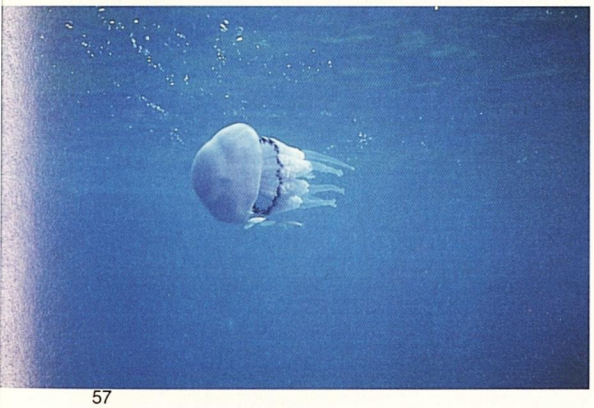
54

55

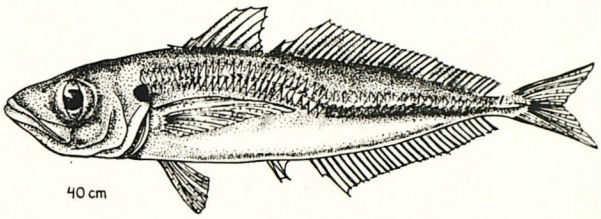




56



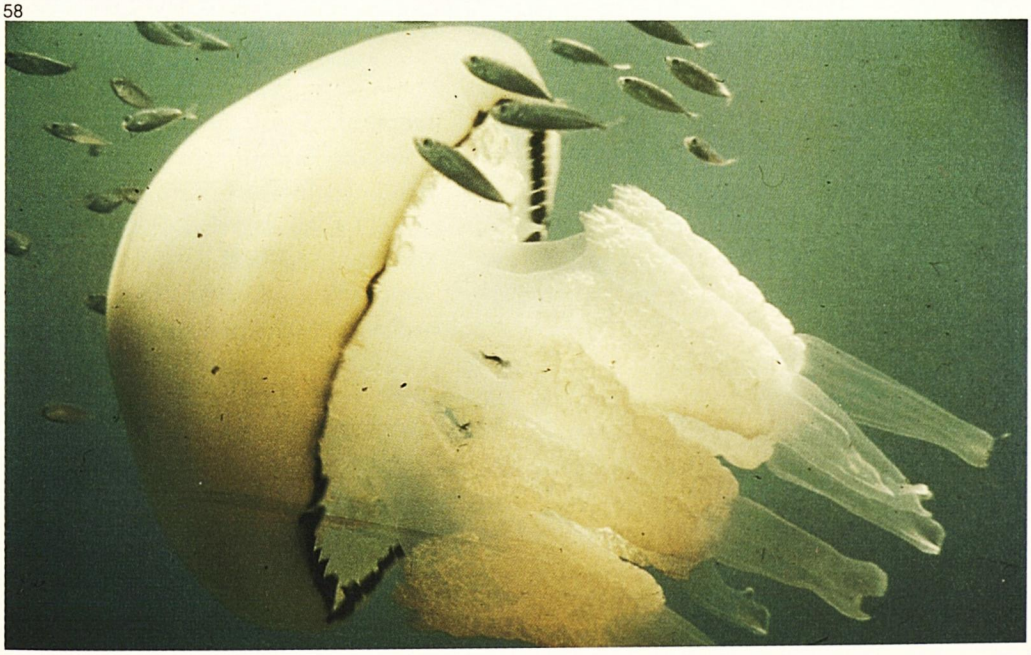
57
58

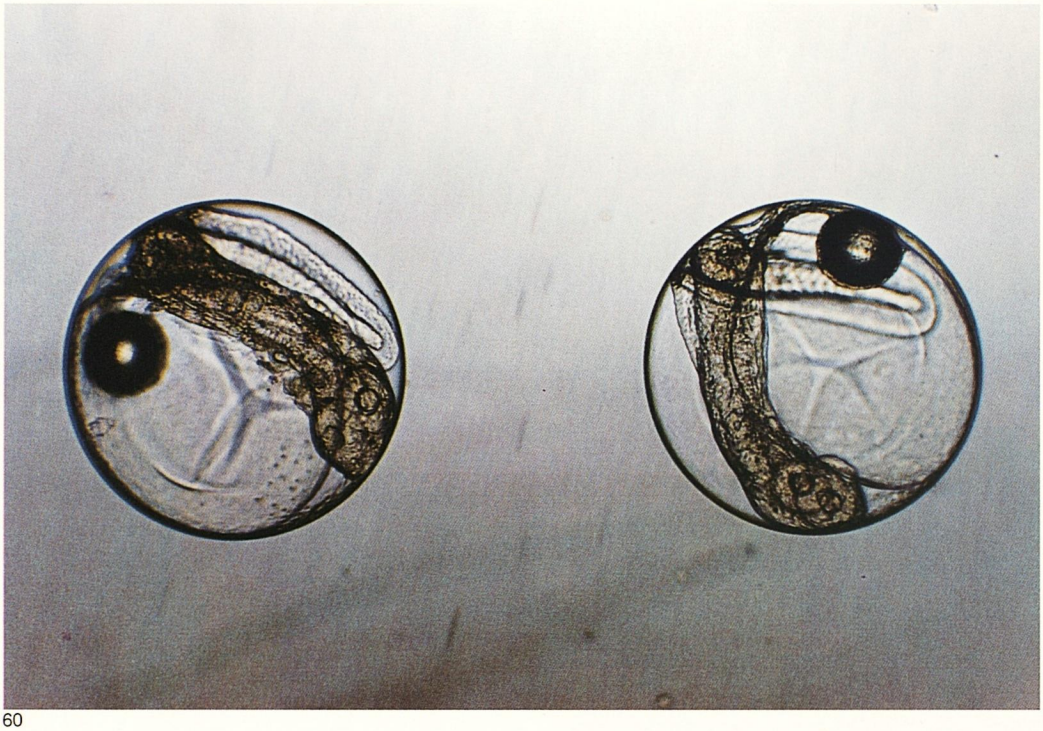


Stöcker

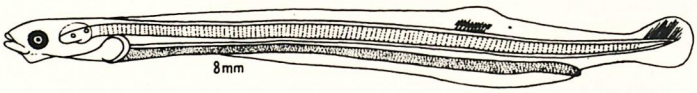
59

Cotylorhiza lebt auch von und mit ihren symbiontischen einzelligen Algen. Die Algen haben dabei den Nutzen, die Stoffwechselprodukte der Zellen der Qualle zu verzehren. Die Zellen der Qualle nützen dagegen den von den Algen produzierten Sauerstoff. Entsprechend stellt sich die Qualle, über den Nutzen für die Algen zum eigenen Nutzen, je nach Sonnenstand, auch in bestimmten Tiefen ein.





60



61 Sardinenlarve

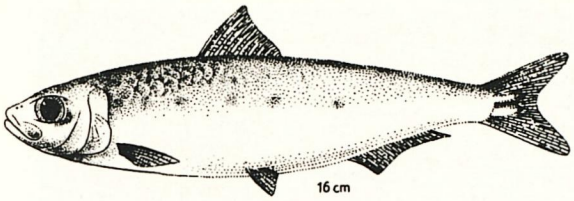
Die »blauen Fische«

Aus der Fülle all dieser pelagischen Arten werden im Mediterran nur einige wenige Garnelenverwandte auf den Märkten angeboten. Ganz anders hingegen ist es um die Fische der Hochsee bestellt. Vor allem jene Arten, die in Schulen oder riesigen Schwärmen vorkommen, sind die Grundlage der großen und der industriellen Fischerei.

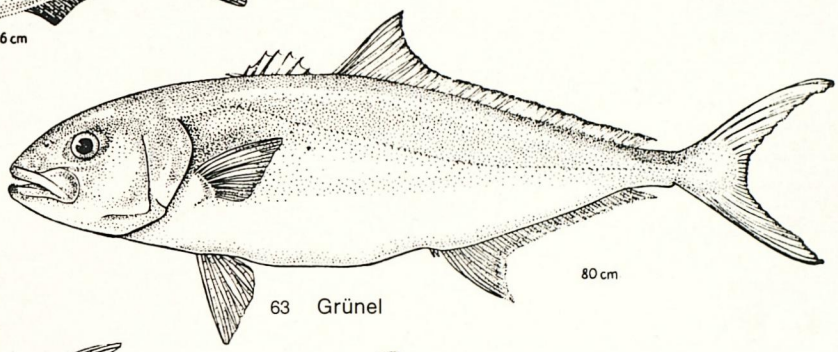
Viele dieser Hochseefische laichen auch im Pelagial, und man findet ihre charakteristischen Eier *(**60**)* und Larven, etwa der Sardinen *(**61**)*, oft im Plankton. Ihr gesamter Lebenszyklus beginnt und schließt sich also im Wasserkörper selbst.

Man verwendet für Hochseefische auch den Begriff »Blaufische« oder »pesce bianco«, und das kommt nicht von ungefähr. Denn anders als die oft bunt gefärbten Bodenfische sind sie meist von bläulich-silbriger Färbung: blauer Rücken und silberner Bauch sind die beste Tarnung in der Hochsee – ob von oben oder von unten betrachtet. Die Silhouette dieser Fische hebt sich optisch am wenigsten vom Wasser im Hintergrund ab.

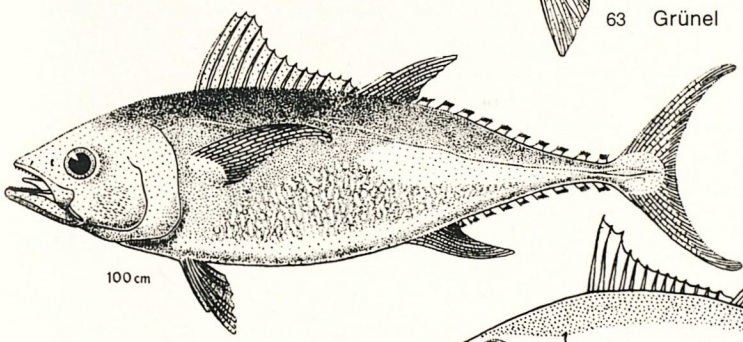
Große Bedeutung kommt den Heringsfischen und Sardinen zu *(**62**)*, einigen Stachelmakrelen *(**63**)*, Makrelen und den Thunfischen, wie zum Beispiel dem Großen und dem Weißen Thunfisch *(**64**)* – Raubfische, deren Fleisch besonders geschätzt wird.



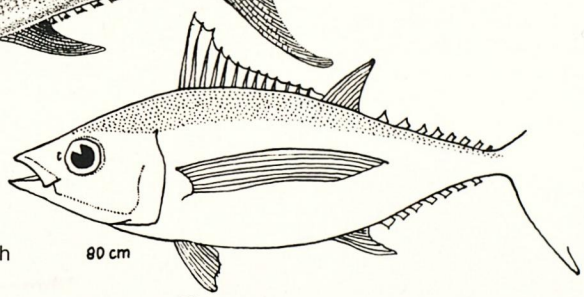
62 Sardine



63 Grünel



64 Großer Thunfisch



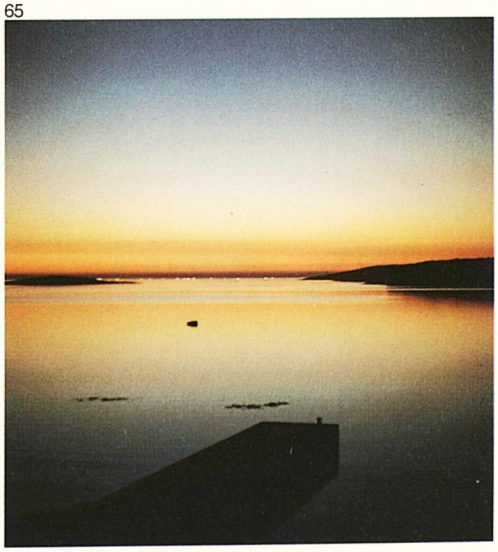
Weißer Thunfisch

Fischen in der Nacht

Jeder, der das Mediterran erlebt hat, wird sich wahrscheinlich an die Lichtfischer erinnern. Manche Nacht schimmern so viele Lichter draußen auf dem Wasser, als läge dort eine ganze Stadt im Meer *(**65**)*.

Mancher hat vielleicht auch die Kutter beobachtet, und es sind ihm die riesigen Netze aufgefallen, die man zum Trocknen und Flicken auf den Molen ausgebreitet findet *(**66**)*, oder er hat Gelegenheit gehabt, beim Verladen zuzuschauen *(**67**)*. Doch gibt es nur wenige, die mit dabei waren, wenn die Fischer mit diesen

65

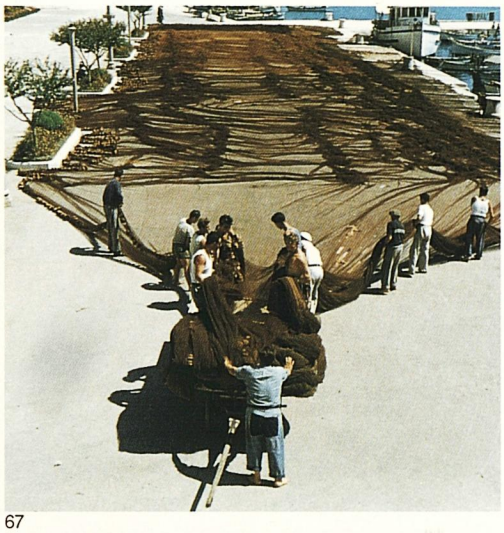


66

Kreisschließnetzen *(69)*, auch Ringwaden genannt, zum Sardinenfang auszogen.

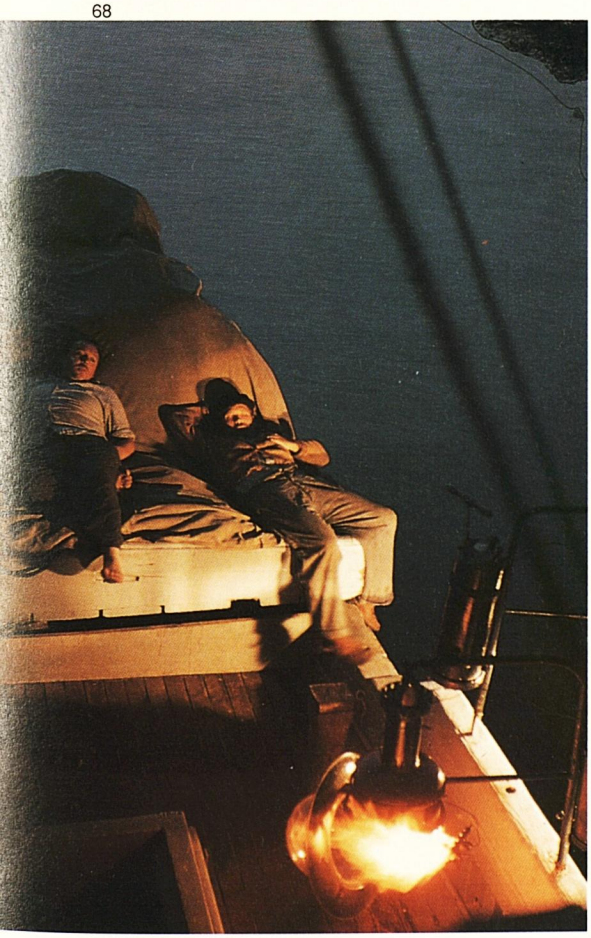
Gewöhnlich wird abends ausgefahren, und meist hat der Kutter einige Barken im Schlepp, die alle starke Lampen führen. Dort wo ein Sardinenschwarm vermutet wird, machen die Fischer halt und entzünden die Lampen – oft noch Karbid- oder Gaslampen. Dann warten sie *(68)*, bis die Dämmerung hereinbricht. Sie warten darauf, daß Luftblasen aus dem Meer steigen – ein sicheres Zeichen, daß die Sardinen aufsteigen.

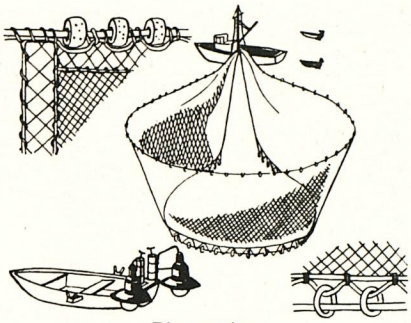
Sobald das der Fall ist, bewegen sich die Boote ohne Licht strahlenförmig vom Kutter weg, dessen Lampen entzündet



67

68





69 Ringwade

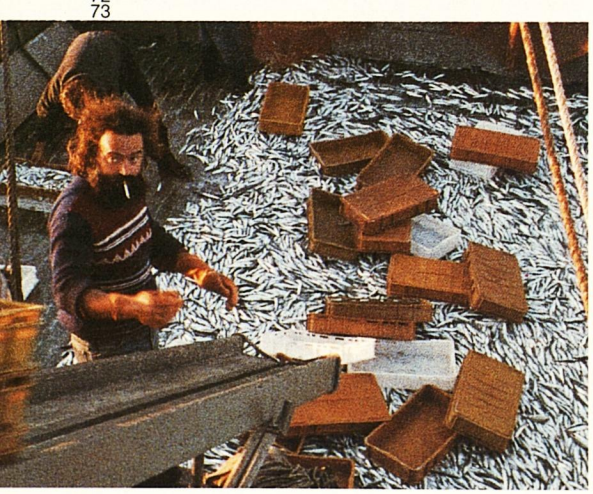
bleiben. Dann gehen auch wieder die Lichter auf den Booten an, und die Fischer treiben, wie mit einem Besen aus Licht, die Sardinenreigen auf den Kutter zu *(**70**)*. Das kann sich wiederholen, oder es folgt sogleich der aufregende Augenblick, da das Netz um den Schwarm gelegt wird *(**71**)*.

Manchmal bevölkern auch Thunfische oder Delphine den Schauplatz, um sich dort zu einer üppigen Mahlzeit zu verhelfen. Die schweren Tiere würden das Netz zerreißen oder stark verheddern, deshalb versuchen die Fischer, sie mit Schüssen oder Steinwürfen zu vertreiben – deshalb die Kisten mit Steinen, die man bisweilen auf Fischkuttern zu sehen bekommt.

70

71

72
73



74

Hat sich die Ringwade mit Hilfe der Boote um den Schwarm geschlossen, beginnen die Fischer, das Netz über den Kutter einzuziehen. Tausende Fische hängen dann unter Umständen im Netz *(**72**)* und müssen zuletzt mit Handnetzen oder Körben an Deck geschaufelt werden, bis man oft knietief in zappelnden Fischen watet.

75

Erst wenn das tolle Treiben vorbei ist *(73, 74)*, werden sie auf der morgendlichen Heimfahrt in die vorbereiteten Steigen geschlichtet. Später im Hafen laden die Fischer sie zum Verkauf um, ohne natürlich auf ihre armen Verwandten *(75)* zu vergessen.

Die Thunfisch-Schlacht

Heute werden Hochseefische, besonders Thunfische, leider schon häufiger mit industriellen Methoden gefangen: entweder mit kilometerlangen, schweren Reihenangeln oder groben Netzen, die zwischen schnellfahrenden Schiffen *(76)* gespannt sind. Man erkennt die »Thunfischflotten« übrigens an den Mastkörben ihrer Schiffe, die, hoch oben am Hauptmast montiert, als Sitz für den Ausguck dienen.

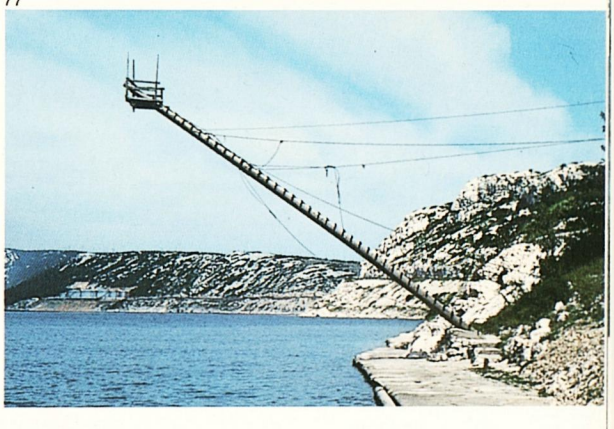
Von der alten Fangmethode ist man weitgehend abgekommen. Die Tonaren findet man noch in manchem tiefen Meeresarm Dalmatiens und erkennt sie von weitem an den hohen Leitern, die, mit Seilen gehalten, weit über die Küste ragen *(77)*.

Sie funktionieren folgendermaßen: jene Fische, die entlang der Küste ziehen, werden in ein System von Netzen geschleust, aus dessen letzter Netzkammer es kein Entrinnen mehr gibt. Von dort werden die schweren, erbittert kämpfenden Tiere mit Enterhaken in die Boote gezerrt – ein blutiges Schauspiel, das niemand, der einmal zugesehen hat, so schnell wieder vergißt.

Über die Haie

Ein guter alter Freund, ein dalmatinischer Seebär, sagte einmal zu mir: »Weißt

76



77

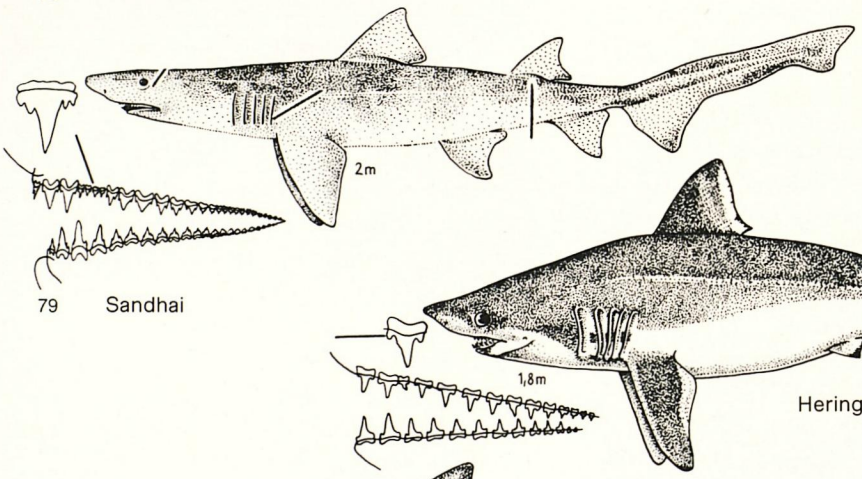
du, Haie fressen nur Lehrerinnen, und von diesen nur tschechische Lehrerinnen, von denen nur die blonden, und da wieder nur die dickeren von den blonden tschechischen Lehrerinnen.«

Gewiß, das war nur ein dummer Witz, doch nach hartnäckiger Befragung stellte sich heraus, daß von all den Hai-Geschichten und Unfällen mit Haien in den dreißiger Jahren, da der Badebetrieb erst so richtig begann, sich wahrscheinlich nur eine einzige wirklich zugetragen hat. Damals war eine Lehrerin vom Schwimmen nicht wiedergekommen, und man führte das Unglück auf die Attacke eines Hais zurück.

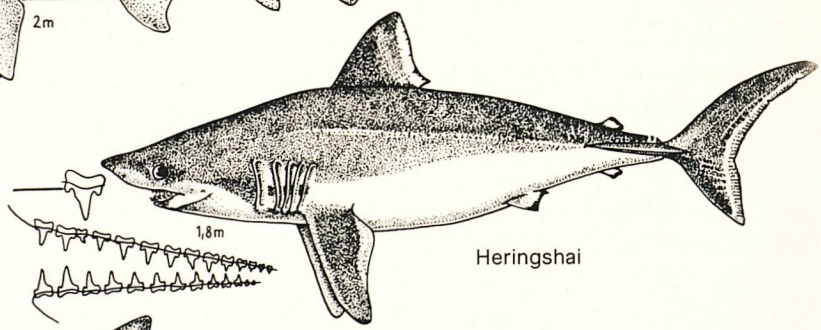
78

Soviel man weiß, fressen Haie keine Menschen – sie schmecken vielleicht nicht. Natürlich kommt es vor, daß manche der großen Haie Menschen anbeißen, aber sie beißen alles an *(78)*, was nach Blut riecht, sich bewegt oder gar zappelt, denn das ist für sie der Hinweis auf ein krankes oder verletztes Tier.

Derartige Bisse sind allerdings oft tödlich. Die scharfen Zähne stehen in mehreren Reihen, und die kräftigen Kiefer besonders des Sandhais *(79)*, des Hering- und des Menschenhais *(80)* können den Brustkorb eines Menschen durchtrennen. Übrigens: auf den Abbildungen sind jeweils nur die mittleren Größen angegeben. Diese Haie werden drei bis vier Meter lang, der Menschenhai sogar bis zwölf Meter. Es ist auf jeden Fall gut, sich vor ihnen in acht zu nehmen: nie zu weit hinauszuschwimmen, vor allem nicht dort-

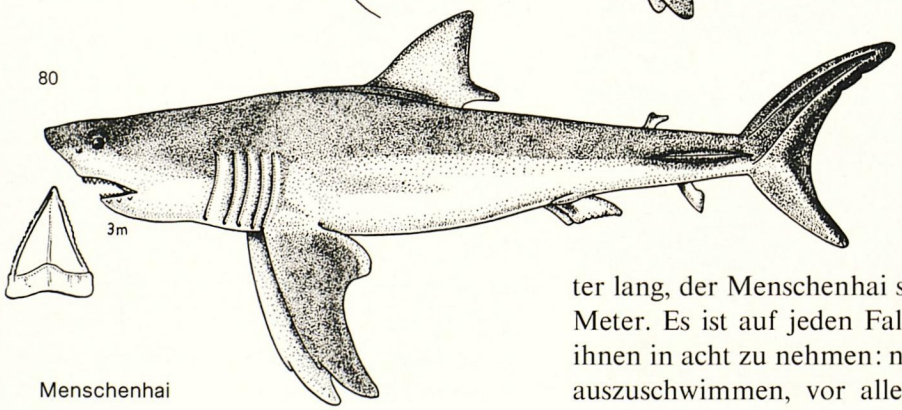


79 Sandhai



Heringshai

80



Menschenhai

hin, wo große Schiffe vorbeiziehen. Denn solchen folgen sie gerne über weite Strecken, drehen dann in Küstennähe ab und machen auf ihren Beutezügen Badestrände unsicher. Diese Häufung von Haien in solchen Gebieten hat denn auch das Haie-Angeln zu einem neuen, häßlichen Sport im Mittelmeer werden lassen *(81, 82)*.

Heute gibt es tatsächlich im Mittelmeer jedes Jahr mehrere Unfälle mit Haien, was mit dem zunehmenden Bade- und Yachtbetrieb zu tun haben muß. Wahrscheinlich liegt die Dunkelziffer sogar zwischen zehn und zwanzig Unfällen pro Jahr – denn man weiß ja, daß in Urlaubsgebieten so manches aus wirtschaftlichen Gründen verdunkelt wird.

81

82

Die Fütterung des Kontinents

Man erinnert sich der Faustregel, wonach mit jedem Glied der Nahrungskette rund 90 Prozent der Biomasse verlorengehen. Vom Algen- zum kleinen und weiter großen tierischen Plankton und zur Sardine muß also das Tausendfache und zum Thunfisch das Zehntausendfache im Netzwerk der See vergehen, bis die Nahrung zu uns auf den Tisch kommt. Wir ernähren uns also wieder vom kostspieligen Ende.

Und was die industrielle Fischerei betrifft, so wissen wir auch nicht mehr, woher die Produkte stammen. Der Fisch verläßt die kongeniale Kombination aus einer schwimmenden Fischfang- und Konservenfabrik erst fein säuberlich container-verpackt, englisch oder japanisch etikettiert. Wobei gar nicht leicht zu sagen ist, ob es sich nun um Fänge der Japaner handelt, die in Italien konserviert und etikettiert werden, um die Reise nach Amerika antreten zu können, oder ob es Fänge der Jugoslawen sind, die von den Japanern verarbeitet werden, um nach Rußland verfrachtet zu werden.

Einst durch Fischernetze zusammengefangen, werden die Fische dann von den Netzen des Handels wieder in alle Winde verstreut.

Und selbst bei Ihrer Konserve daheim können Sie nicht wissen, welchen dieser Wege sie gegangen ist.

Was wir der Hochsee angetan haben

Ich sagte es schon: Wenn man mit einem kleinen Schiff über den Pazifik steuert und sich vorstellt, das Meer würde die Erde rundum mit zweieinhalb Kilometer Wasser bedecken – vorausgesetzt, ihre Oberfläche wäre glatt –, dann hält man es für ausgeschlossen, daß der winzige Mensch die gewaltige See zerstören könnte. Fährt man allerdings über die Nordadria, ist die Zerstörung nicht mehr zu übersehen.

Und wenn man sich fragt, was geschehen ist, stellt sich heraus, daß wir das Meer im Grunde nicht verstanden haben.

Noch Jahre nach dem Krieg stand in Trapani, auf Sizilien, folgender Schriftzug an einem Lagerhaus: »Se per gli altri il mare è una strada, per noi Italiani è la vita.« – Mussolini. (»Wenn das Meer für die anderen nichts weiter als eine Straße ist, für uns Italiener ist es das Leben.«) Der Spruch hat seine Zeit überdauert.

Doch das Meer ist auch für die Italiener zu einer unentbehrlichen Straße geworden. Wohl auch deshalb, weil man nicht in es hineinschauen kann. Sieht es nicht aus wie eine Straße, die in alle Richtungen offen ist? Verschwindet denn nicht der Abfall, den man vom Schiff aus ins Meer kippt?

Wir haben einfach nicht daran gedacht, daß auch das offene Meer ein großes Lebewesen ist, das atmet, das krank werden und sterben kann.

Wir Kapitäne zur See

Beginnen wir doch gleich mit uns selbst. Noch vor zwanzig Jahren war es eine große Seltenheit, einer anderen Yacht zu begegnen, und ein ganzes Ritual von Grüßen und Erfahrungen wurde ausgetauscht.

Heute gibt es keine einsamen Gegenden mehr. Die guten Ankerplätze sind überlaufen *(**83**)*, die Yachten drängen sich in den Häfen, und wer zu spät kommt,

83

84

muß zusehen, wo er bleibt. Hunderttausende sind unterwegs: kleine, große und sehr große, und bald wird eine Million von ihnen auf und ab kreuzen. Alle sprudeln sie ihr Öl hinaus, die meisten ihr Abwasser und viele sogar ihren Müll.

Viele sehen im Meer immer noch eine Mischung aus Straße und Ausguß.

Aber nicht nur die Privatkapitäne sind hier beteiligt. Wir sind insgesamt beweglicher und regsamer als früher. Nicht nur die Yachten tummeln sich in Doppelreihen an den Piers *(**84**)*, auch Fährschiffe verdrängen einander von den Molen. Dem Verkehrsinfarkt auf der Straße ist der Verkehrsinfarkt zur See gefolgt.

Und niemals kann es schnell genug gehen. Wer früher gemächlich in einer Fähre übersetzte, jagt heute in Tragflügelbooten kreuz und quer über die See; in beinahe symbolischer Weise ziehen sie schwarze Auspuffwolken hinter sich her.

85

86

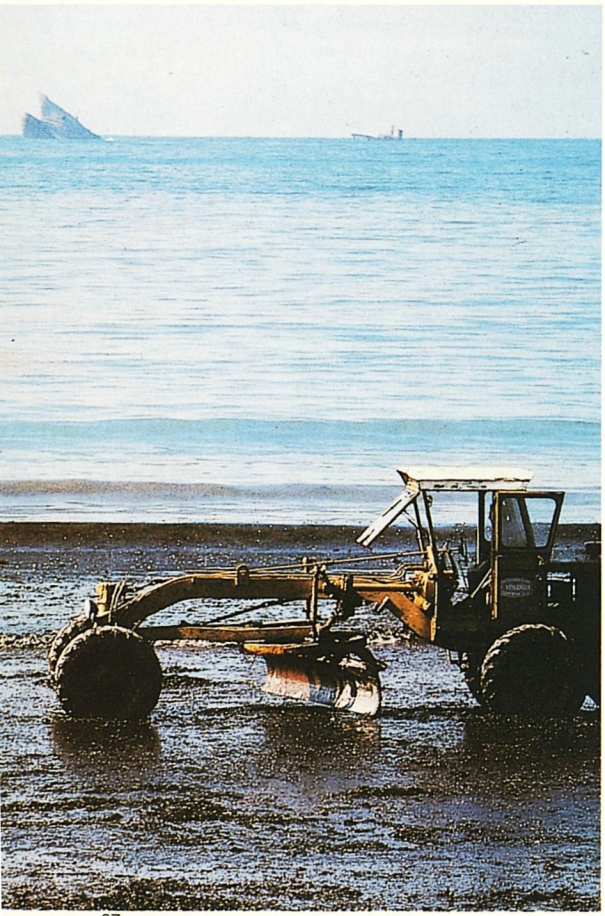
Die Tanker

Der klassische Ausdruck der Bestürzung: »Wir hatten keine Ahnung von den Zusammenhängen«, darf heute nicht mehr als Entschuldigung gelten.

In unseren großen Lexika *(Auflage von 1973)* werden wir, dessen ungeachtet, unter Tanker immer noch folgendermaßen belehrt: »Infolge der besseren Wirtschaftlichkeit werden in den letzten Jahrzehnten größere Tanker gebaut (Super-T. zwischen 150 000 und 500 000 Tonnen; T. von 1 000 000 Tonnen sind in Planung); die Größe ist nur durch die Benutzbarkeit von Häfen, Fahrwassern und Seekanälen begrenzt.«

Tatsächlich stiegen die Tonnagen und Abmessungen in geometrischer Progression *(**85, 86**)*, und ganz entsprechend stiegen die Ausmaße der Tanker-Katastrophen *(**87**)*. Sie stehen noch nicht in den Lexika, werden aber sicher bald darin berücksichtigt werden. Und vielleicht wird man jene Wirtschaftlichkeit gegen jene Zerstörungen zu verrechnen beginnen.

Man wird die Steigerung der Brutto-National-Produkte gegen die Zerstörung von Brutto-National-Vermögen setzen müssen. Aber was ist ein Meer wert? Wie steht seine Gesundheit mit Fischerei, Erholung und Erhaltung unserer Atmosphäre zu Buche?



87

Freilich, die Tanker sind versichert. Aber die Seevögel sind es nicht, die Robben und Fische auch nicht, die Fischer, die Hoteliers und wir Erholungsuchenden. Und worin versichern wir uns, wenn wir die Erhaltung der Meere nicht sichern?

Doch da ist noch etwas Merkwürdiges: Die Tanker waschen regelmäßig das Restöl mit dem Ballastwasser aus den Laderäumen. Früher haben sie das, wo immer es gerade gepaßt hat, getan – natürlich ins Meer. Heute hat man ihnen, wie bereits erwähnt, im Mediterran ein eigenes Waschgebiet zugewiesen (Seite 116). Offenbar ist diese Maßnahme von dem Wunsch diktiert, die Dinge aus der Sicht zu schaffen. Das ist absurd!

Tatsächlich können diese Riesen, einmal leergepumpt, ohne Ballast-Wasser nicht mehr sicher navigieren. Und wo sollte das Wasser auch hin? Schließlich besitzt nur die Hälfte aller achtzehn Ölhäfen im Mittelmeer Kläranlagen für diesen Zweck.

Nun wissen wir schon, daß das Pelagial mit seinen Küsten und Seeböden biologisch verflochten ist. Wenn es den Belastungen nicht mehr gewachsen ist, wird es nicht allein krank, sondern alles gemeinsam.

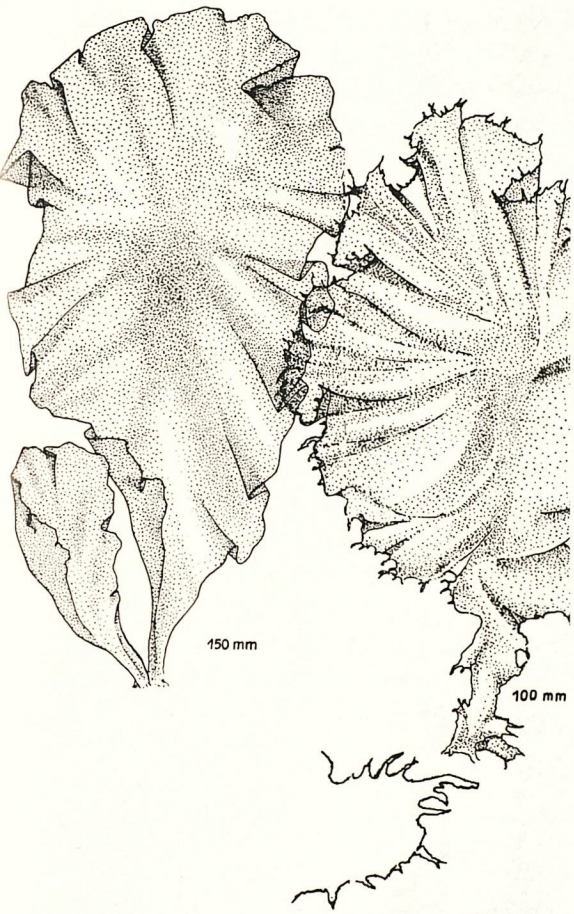
Bei genauerer Betrachtung hängen alle marinen Lebensräume miteinander zusammen. Und nur der Übersichtlichkeit halber behandle ich vier von den Plagen gesondert, die heute über den Wasserkörper fühlbar werden.

Die Algenplage

Die Algenplage hängt in erster Linie mit der Überdüngung zusammen. Wenn man bedenkt, daß erst ein Drittel der großen Küstenstädte am Mittelmeer mit Kläranlagen versehen sind, wenn man sich erinnert, in welch tiefgreifender Weise das Mediterran isoliert ist, kann man sich die Belastung des Wassers vorstellen.

Das sichtbare Resultat sind ganze Matten der Grünalgen Ulva lactuca und rigida *(**88, 89**)*, die an die Küsten gespült werden, dort trocknen und bleichen oder faulen *(**90**)*, oder die in breiten Teppichen im seichten Wasser schaukeln.

Diese Arten des »Meeressalates« sind dafür bekannt, besonders in verschmutz-



Meersalat

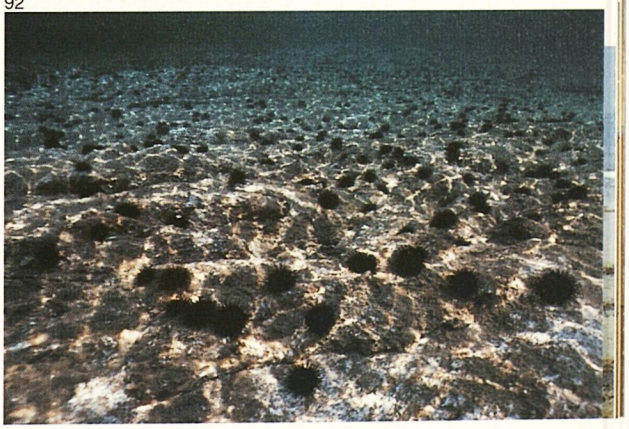
88
89

90

91

ten Gebieten gut zu gedeihen. Vor vierzig Jahren fand man sie nur in den innersten Hafenteilen; heute wachsen sie schon weit entlang der Küsten. Sie siedeln bereits auf den instabilsten Unterlagen, wie

92



Schalenstückchen und Sandkörnern, und werden so groß, daß der Seegang sie ablöst und mit dem Wind an die Küsten schiebt.

Ob sie die Gesundheit gefährden? Nun, wenn ein Erwachsener darin herumsteigt, gewiß nicht. Wenn allerdings ein Kind an dem vergärten Anwurf lutscht, ganz bestimmt.

Nun könnte die Rettung in den Tangwäldern der Felsenwelt liegen. Dort wird von Natur aus immer stark produziert *(**91**)*, was hoffen läßt, sie könnten dem Nährstoff-Überschuß Herr werden.

Doch leider haben wir die Erfahrung gemacht, daß eben dieser Überschuß die Tange beeinträchtigt. Sie werden unter dem gewaltigen Algenaufwuchs erstickt, müssen ihren Zyklus frühzeitig beenden und stehen schließlich in so lichten Reihen, daß die Seeigel ungehindert einfallen und ihre Überreste kahlfressen können *(**92**)*. Von der Rettungsmöglichkeit, die uns anfangs noch vorschwebte, kann keine Rede mehr sein. Im Gegenteil: Nun wird gar nichts mehr von dem Überschuß gebunden; die Überdüngung steigt nur noch mehr.

Die Schleim- und Schlickpest

Wenn die großen Algenwälder mit der Überdüngung nicht mehr fertig werden, bleibt aller Überschuß im Wasserkörper. Dort schießen nun die winzigen Planktonalgen ins Kraut, das tierische Plankton mästet sich, und die schleimigen Stoffwechselprodukte bilden zusammen mit den zerfallenden Leichen und den Produkten der wuchernden Pilze und Bakterien einen neuen Mikrokosmos.

In den ersten Jahren seines Auftretens

93

wurde dieses Phänomen noch ganz harmlos als »Meeres-Schnee« bezeichnet, denn diese Mikrokosmen traten in weißlichen Flocken auf – was sie an den ozeanischen Küsten immer noch tun.

94

95

96

Im geschlossenen Mediterran sahen wir sie bereits vor fünfzehn Jahren zu meterlangen Schleimbahnen zusammengeflossen *(**93**)*. Wir fanden später heraus, daß sie bis auf den Seeboden absinken und dort die Filtrierer ersticken, um dann in noch stärkerer Dichte wieder an die Oberfläche zu steigen. Und was sie dort auf den Seeböden an weiteren Katastrophen nach sich ziehen, werde ich noch zeigen.

Heute treiben sie als dezimeterdicke, kilometerbreite und bis zu vierzig Kilometer lange Bahnen auch schon an der Oberfläche *(**94**)*. Sie werden an die Küsten versetzt *(**95, 96**)*, wo sie den Erholungsuchenden zur Plage werden.

Und mit der Gefahr für die Gesundheit verhält es sich ähnlich wie bei den Algen. Eine Jugoslawin demonstrierte sogar, daß man den Schleim essen kann. Ißt aber ein Kind von dem vergärenden Schleim, so wird es krank werden.

Wo also sind die biologischen Filtersysteme, die dem Boom der Einzeller und Bakterien Einhalt gebieten könnten?

Nun, das wären zunächst die riesigen Sandkörper der Küsten. Aber es ist der Schleim selbst, der sie verkebt, falls sie nicht ohnedies schon leblos geworden

97

98

99

sind. Und da wären noch die unzähligen Filtrierer, die wir von den Algenwäldern und den Tiefenböden bereits kennen. Aber der Schlick erstickt sie, sofern sie nicht ohnedies schon ihre Heimat in der Felsenwelt verloren haben oder auf den Tiefenböden vergiftet worden sind.

Also versucht der Mensch, sich selbst zu helfen *(**97**)*: Er schickt Planierraupen, den Schlick vom Sand zu schieben *(**98**)*, mit dem Ergebnis, daß die Decke oxidierten Sediments auch zerstört wird und die darunterliegende Schwarzschicht zum Vorschein kommt *(**99**)*.

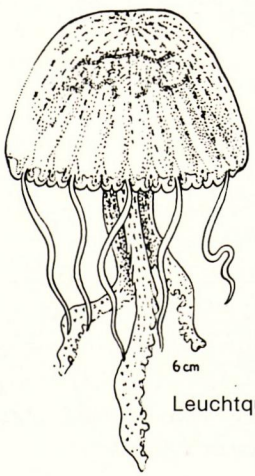
Die Quallenpest

Vieles hat sich im Mediterran verändert, seitdem die Zivilisation so nachhaltig ihre Wirkung tut, und so manche Ursache ist auch dem Fachmann noch verschlossen.

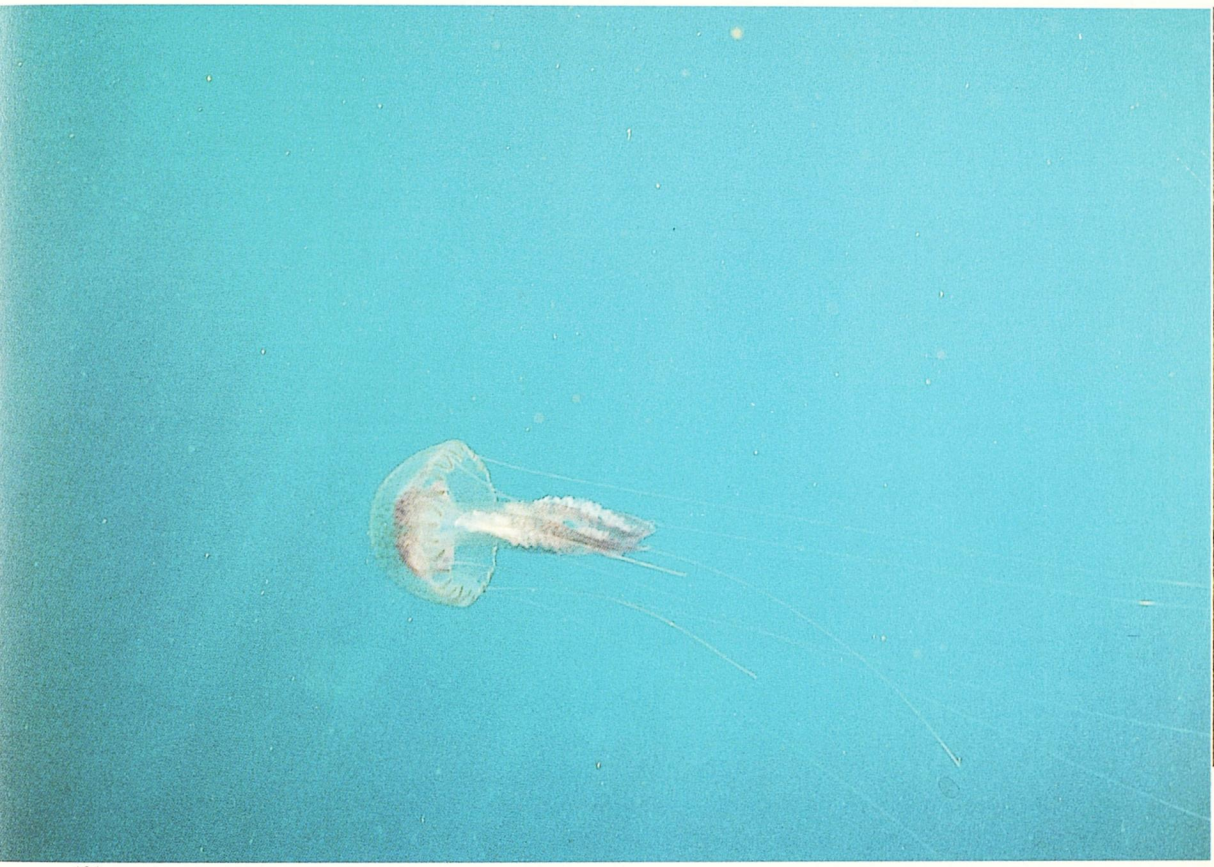
In diesem Zusammenhang erscheinen mir zwei Quallenarten besonders erwähnenswert, weil sie zu einer regelrechten Heimsuchung geworden sind.

In allen verläßlich berichteten Fällen waren es Schwärme der Leuchtqualle *(**100, 101**)*. Sie ist rosa-violettlich gefärbt und etwa so groß wie ein Hühnerei. Jahrzehntelang kannte man sie als eine eher seltene Art, die in der Hochsee des Südmediterrans zu Hause war. Vor etwa zehn Jahren wurde sie erstmals in riesigen Schwärmen in die Buchten getrieben und machte das Baden unmöglich. In den letzten Jahren ist sie wieder fast ganz verschwunden. Aber auch das ist noch kein gutes Zeichen. In Zukunft wird sie vielleicht in noch größeren Schwärmen auftreten. Sie nesselt empfindlich; doch wirkliche Gefahr besteht nur, wenn man in einen ganzen Schwarm von Leuchtquallen gerät.

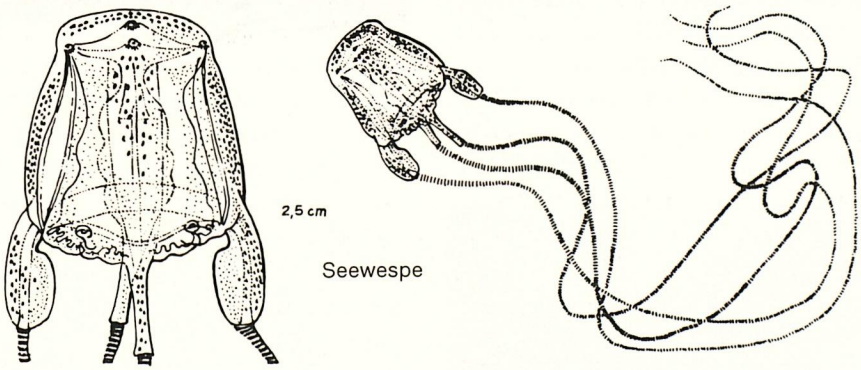
100



Leuchtqualle



101
102



Seewespe

Immer wieder kann man aber auch auf eine Seewespe oder Feuerqualle *(**102**)* stoßen. Sie ist transparent-schillernd, eichelgroß mit rot geringelten Tentakeln und ebenfalls eine weltweit verbreitete Art der tropischen Meere.

Bis dato war die Feuerqualle eine Seltenheit im Mittelmeer. Nun findet man sie immer häufiger. Mit Sicherheit weiß man, daß sie vermehrt in den Tropen vorkommt und dort schon manchem Taucher das Leben gekostet hat. Die peit-

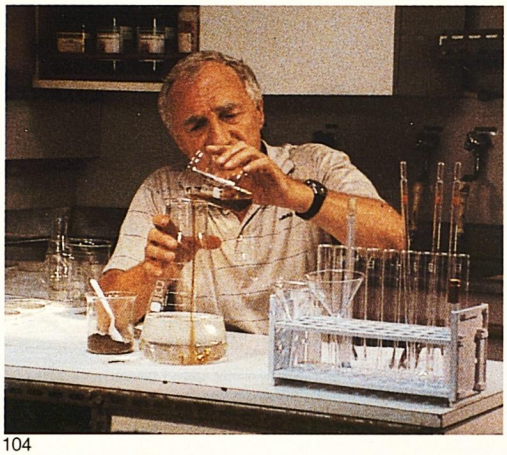
schenförmigen Verbrennungen, die die Nesselkapseln der Tentakel zurücklassen, sind äußerst schmerzhaft. Bei Auftreten von Übelkeit ist sofort ein Arzt aufzusuchen.

Warum diese Arten so überhand genommen haben, ist noch nicht bekannt. Die physische Schwächung sowie die Zunahme ihrer pelagischen Beutetiere, meist Fischlarven und Fische, die ungefähr ihre Körpergröße erreichen, kommen als mögliche Erklärungen in Betracht.

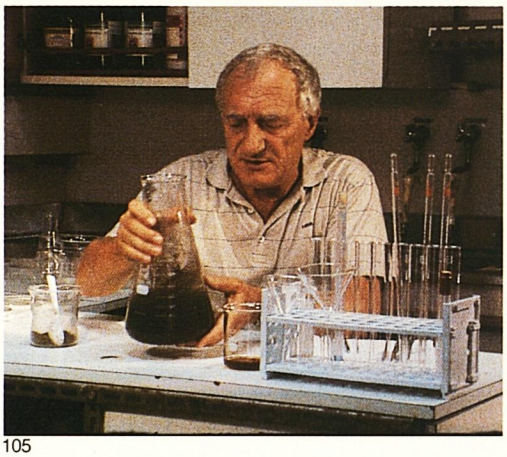
Die Leuchtqualle ist, wie gesagt, ja auch wieder fast verschwunden, wird aber wahrscheinlich in Wellen wiederkehren (das ist kein unbekanntes Phänomen). Sollte also die Algen- und Schlickpest ein bis zwei Jahre ausbleiben, wäre es darum nicht minder zu erwarten, daß sie um so stärker zurückkommt.

Die Öl- und Teerpest

Und schließlich ist noch an eine vierte Pest zu erinnern: die Öl- und Teerpest. Auch diese wird schon jedem Küstenbesucher bekannt sein. Die einzige wirksame Waffe gegen diese Ölprodukte – damit meine ich die unliebsamen Teerflekken – sind wieder Ölprodukte, etwa Sonnenöl, das die Organismen natürlich nicht zur Hand haben.



104



105

Die Verursacher kennen wir. Die unmittelbarsten finden wir auf See, und zwar überall dort, wo geölte Maschinen laufen, das heißt, wo Öle in die See fließen und die ersten schwimmenden Filme bilden *(**103**)*.

Mittelbar gelangt Öl mit den ungeklärten Abwässern aus den Städten und Industrien ins Meer – allerdings weit unauffälliger, weil bereits in fettigen Emulsionen eingemischt. Und noch mittelbarer tragen die Flüsse aus den Ballungsgebieten zur Ölpest bei.

103

106

Der Weg ist stets derselbe: Zunächst breiten sich die Öle als Film über eine Wasseroberfläche aus, und einige aromatische Anteile verflüchtigen sich in der Atmosphäre (überall dort, wo es nach Öl stinkt.)

Aber der Ölfilm hält sich nicht lange, sondern wird durch den Seegang mit dem Geschwebe zu einer Emulsion aufgeschäumt *(**104**)*. Und noch bevor die Mikroorganismen Zeit haben, sie abzubauen, verkleistert sich die Emulsion mit schwebendem Sediment und getötetem Plankton zu den verschiedensten Formen des Ölschlicks *(**105**)*.

Dieser verklumpt im Wasser zu Teerflocken, die den Abbauprozessen noch weniger zugänglich sind.

So treiben sie dahin, verkleben, was da immer kommt, um als Teerklumpen auf dem Seeboden oder an irgendeiner Küste zu landen.

Nun hilft kein biologischer Filter mehr. Man kann zwar frische Ölfilme noch durch Absprühen von Chemikalien zum Untergehen bringen *(**106**)*, nicht aber abbauen, und der Schaden, der damit angerichtet wird, ist wieder einmal aus der Sicht geschafft. Wir wissen bereits, daß dadurch die Filtrierer der Tiefenböden sterben.

Auch der riesige Filter der Sandstrände ist keinem Ölfilm gewachsen. Wo immer der Sand nach Öl riecht, geht seine Lebewelt bereits zugrunde, und er kann auch anderen bedrohten Lebensräumen nicht mehr beistehen – am allerwenigsten seinem dominierenden Nachbarn, dem Wasserkörper.

Die vier Plagen wirken also zusammen: Algen- und Seeigelpest, Schleim- und Schlickpest, Quallenpest und Öl- und Teerpest. Und das hat uns noch keine Angst gemacht?

Wir helfen, weil wir wissen

Nach all der Pest, die wir uns angesehen haben, wird man sich fragen, was konkret zu tun ist.

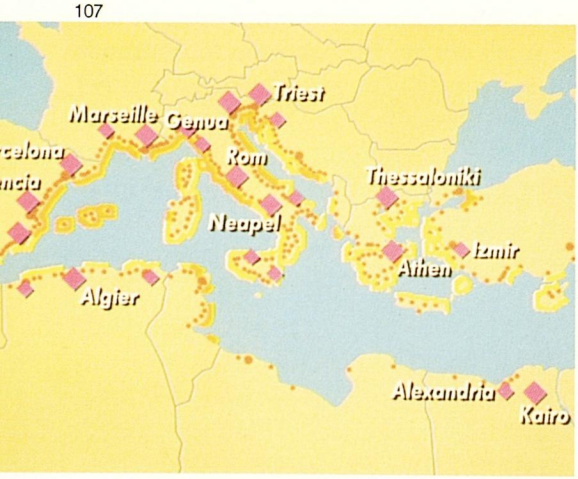
Nun, zunächst sollten wir unser Wissen einsetzen.

Wir müssen die Fakten vernetzen und gewichten. Ersteres ist eine Frage der Ausbildung, letzteres eine Frage der Werte, die uns Menschen wichtig sind. Ich glaube, daß Kenntnisse wichtig sind. Wir haben einfach zu wenig gewußt. Und ich glaube, daß wir Menschen im Grunde dieser Natur nichts Böses wollen. Es wäre ja auch zu absurd, dem Boot ein Loch zu schlagen, in dem wir alle sitzen.

Was wir wirklich tun können

Um bei den harten Fakten zu bleiben: Die am meisten besuchten Erholungsgebiete der Europäer im Mediterran decken sich *(107)* mit den Ballungszentren gerade der gefährdendsten Industrien und den Ballungszentren der Großstädte – der Raffinerien, der Petrochemie, der Stahl-, Blei- und Chemoindustrie.

107



Ein groteskes Faktum – doch die Zusammenhänge sind so alt, wie verflochten sie sind. Es hat mit dem zu tun, was wir Infrastruktur nennen. Straßen, Versorgungen und Hotellerie haben sich für Industrie und Tourismus gleichzeitig entwickelt. Und wer sollte dieses Gewirr entflechten?

Ein einzelner kann das Gespinst nicht auflösen. Aber wir sind auch nicht so arg eingeflochten, wie wir vielleicht meinen. Wir sollten an den Wandel der Werte denken, der sich vorbereitet, und uns nicht gängeln lassen.

Wir sollten überlegen, ob ein Spaziergang an einer sauberen Küste *(108)* nicht die Kosten und die Plackerei aufwiegt, die wir in Kauf nehmen, um den Urlaub im stinkenden Hafen in der zweiten Yachtreihe zu verbringen. Kommt es darauf an, dem Nachbarn zu imponieren?

Wir sollten auch bedenken, ob die gemütliche Bummelei auf einem Küstendampfer oder Frachter nicht dem heißen Pferch und Gedränge auf einem Tragflügelboot vorzuziehen wäre. Kommt es darauf an, schneller zu sein als der Nachbar?

Was wir gewiß tun müssen

Ist man bereit, die Dinge profunder zu nehmen, so gilt es, an der Entschärfung jener Zwänge zu wirken. Wir haben nach der Erfahrung aus der Felsenwelt den Wert der Kenntnisse wahrgenommen. Die Welt des Sandes hat uns nach den Werten der Lebensqualität fragen lassen und die Rettung der Tiefenböden nach

108

den Bedingungen politischer Machbarkeit.

Hier spinnen sich nun diese Fragen zusammen. Es geht insgesamt um eine Gewichtung von Werten. Und eben das ist es, was wir unter Bildung verstehen. Die Lösung des Umweltproblems ist eine Frage der Bildung.

Wir müssen die Verflechtungen zwischen Tourismus, Städten und Industrie verstehen. Es genügt nicht, sich zu beklagen, daß es noch immer Ölhäfen ohne Kläranlagen gibt und Tanker, die immer noch Restöl ins Meer spülen. Wenn es wahr ist, daß wir Menschen im Grunde nichts Böses wollen, dann geht es um das Verständnis der Zusammenhänge und eine Gewichtung unserer Urteile.

Wir müssen die Verflechtungen der marinen Lebensräume mit den Verflechtungen in unserer technisierten Welt in Beziehung bringen – mit dem, was man landläufig eben als Zugzwänge bezeichnet. Wir Akteure und Verursacher sind nicht weniger in einen Systemzusammenhang eingeflochten wie die Akteure, die das System eines Meeres beleben.

Wir haben ihnen aber zweierlei voraus. Wir können es zerstören, sind aber auch in der Lage, über diese Verflechtungen nachzudenken. Wir müssen nicht auf die Regulation eines Ungleichgewichtes durch das Eliminieren einer Art warten – im gegebenen Fall unserer eigenen. Es steht uns frei, selbst an der Regulation mitzuwirken.

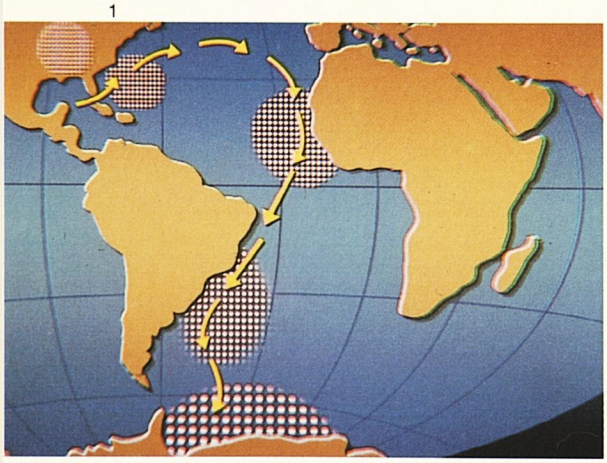
Welt als vernetztes System

Werden die homerischen Götter
recht behalten? Schaffen wir
Toren uns selbst, dem Schicksal
entgegen, unser Elend?
Nun, heute säumen Hunderte
Meeresstationen die Küsten,
Feldstationen entstehen, und
zahlreiche Forschungsschiffe
kreuzen auf dem Meer.

Netzwerk Mittelmeer

Aus den Schäden, die wir selbst angerichtet haben, lernen wir nun die Welt als vernetztes System kennen. Wer hätte zum Beispiel vermutet, daß die Bekämpfung von Getreideschädlingen in Texas die Pinguinweibchen der Antarktis treffen würde? Was die Flüsse an dem Insektenvertilgungsmittel DDT ins Meer schaffen, ist schließlich von kaum meßbarer Verdünnung. Doch vom mikroskopisch kleinen Algen-Plankton wird es aufgenommen, und von da an steigt die Konzentration mit jedem weiteren Glied der Nahrungskette auf das rund Zehnfache. Vom Phyto- bis zum kleinen und zum großen Zooplankton *(**1**)* auf zirka das Hundertfache; von den kleinen bis zu den großen Fischen auf das Zehntausendfache. Und auf die millionenfache Konzentration kommen mitunter die Pinguine, die von diesen Fischen leben.

1



Die empfindlichen Schalendrüsen der Weibchen nehmen als erste Schaden, produzieren zu dünne Schalen, und die gesamte Population wird dezimiert.

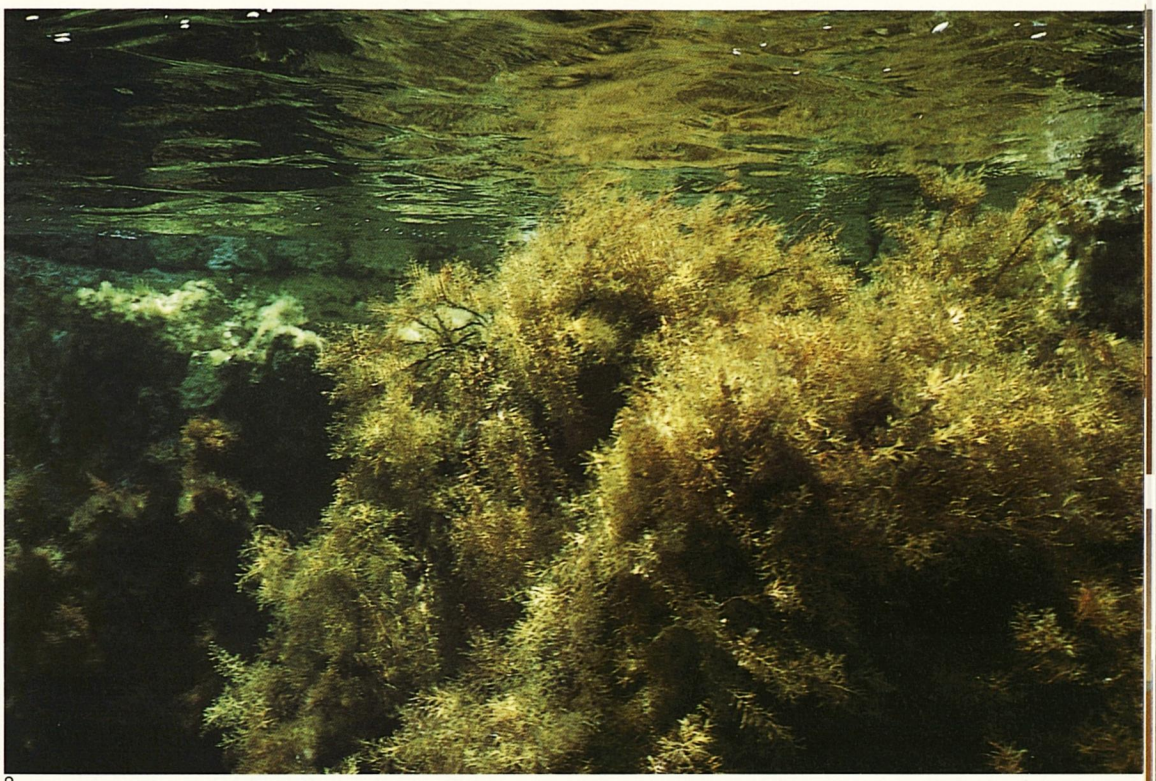
Schon dieses eine Beispiel hat uns die Augen für die weltweite Vernetzung geöffnet – für die Differenzierung der Sensibilität der Organismen und der Lebensräume.

Es kann gar kein Zweifel bestehen: Auch im Mittelmeer muß man sich alle Faktoren verflochten denken – noch dichter als im Atlantik. Denn, wie man sich erinnert, zählt das Mittelmeer zum ozeanographischen Typus des ariden Randmeeres mit seichter Schwelle.

Dazu kommen die sommerlichen und winterlichen Konvektions-Ströme (von Seite 16), die zweimal im Jahr für eine Boden-Oberfläche-Durchmischung der Wasserkörper sorgen. Und es genügt ein weiterer Blick auf die Karte der Oberflächenströmungen (Seite 17), um sich zu überzeugen, daß jede kleinste Veränderung in allen Lebensräumen spürbar werden muß.

Fassen wir also nochmals die Erfahrungen zusammen, die wir bisher in den vier wichtigsten Lebensraum-Typen gemacht haben, und versuchen wir, das Netzwerk zu rekonstruieren, das hier vorliegen muß.

Um uns die Sache ein wenig zu erleichtern, wollen wir jeweils einen Zusammenbruch mit einem Hauptverursacher in Verbindung bringen. Das ist gewiß eine Vereinfachung, die aber unserer Anschauung entgegenkommt. Erst dann können wir darangehen, den Gesamtzusammenhang darzustellen.



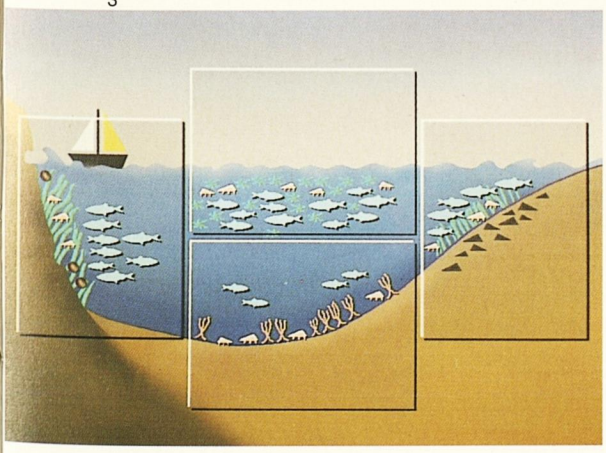
2

Felsenwelt und Städte

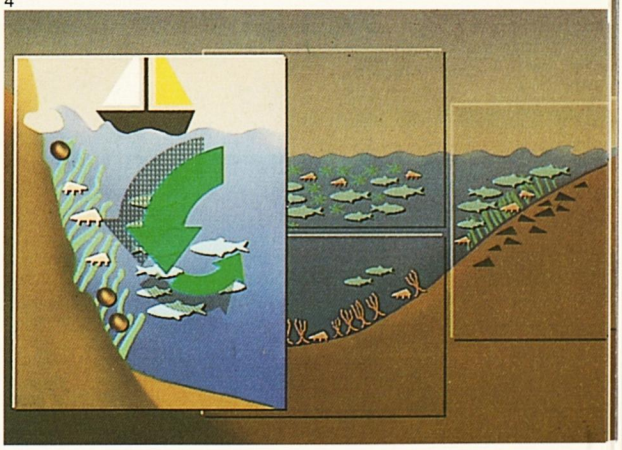
Auf den Felsböden bildeten die großen Tange den ersten sensiblen Punkt.

Sie tragen den Algenaufwuchs und binden damit die Nährstoffe *(2)*. Sie bieten reiche Siedlungsfläche für Tierkolonien, die wiederum Schwebstoffe filtern. Zudem ernähren und schützen sie große Mengen von Kleintieren, die entlang der Nahrungskette die mittelgroßen und schließlich die großen Arten erhalten *(3)*.

3



4



5

6

Der erste Störfaktor ist die Überdüngung mit Nährstoffen *(4)*, beispielsweise durch die Phosphate und Nitrate aus den Waschmitteln der Städte *(5, 6)*.

Die Aufwuchsalgen schießen zu früh ins Kraut, und die Ausgewogenheit des Systems gerät durcheinander. Sie erstikken die Tange, die auf einen langsameren Rhythmus eingestellt sind. Der Rückgang des Tanggestrüpps *(7)* erlaubt den Seeigeln ungehindert einzuwandern.

Eine Unzahl von diesen Invasoren wird aufgefüttert, und da sie länger hungern können als Algen, fressen sie in den Seeigelhalden, die einst dicht mit Tangen bewachsen waren, jedes Pflänzchen ab, das wieder zu siedeln versucht *(8)*.

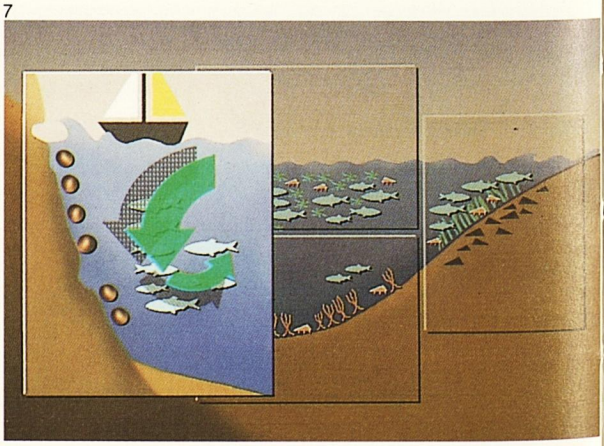
Die Nahrungskette löst sich auf. Mit dem Algenbestand verschwindet so gut wie die gesamte Kleinfauna, die seßhaften Filtrierer ebenso wie die beweglichen Mollusken, Würmer und Krebse, und mit ihnen die Nahrung der Küstenfische. Damit ist die Felsenwelt, wie wir wissen, biologisch tot.

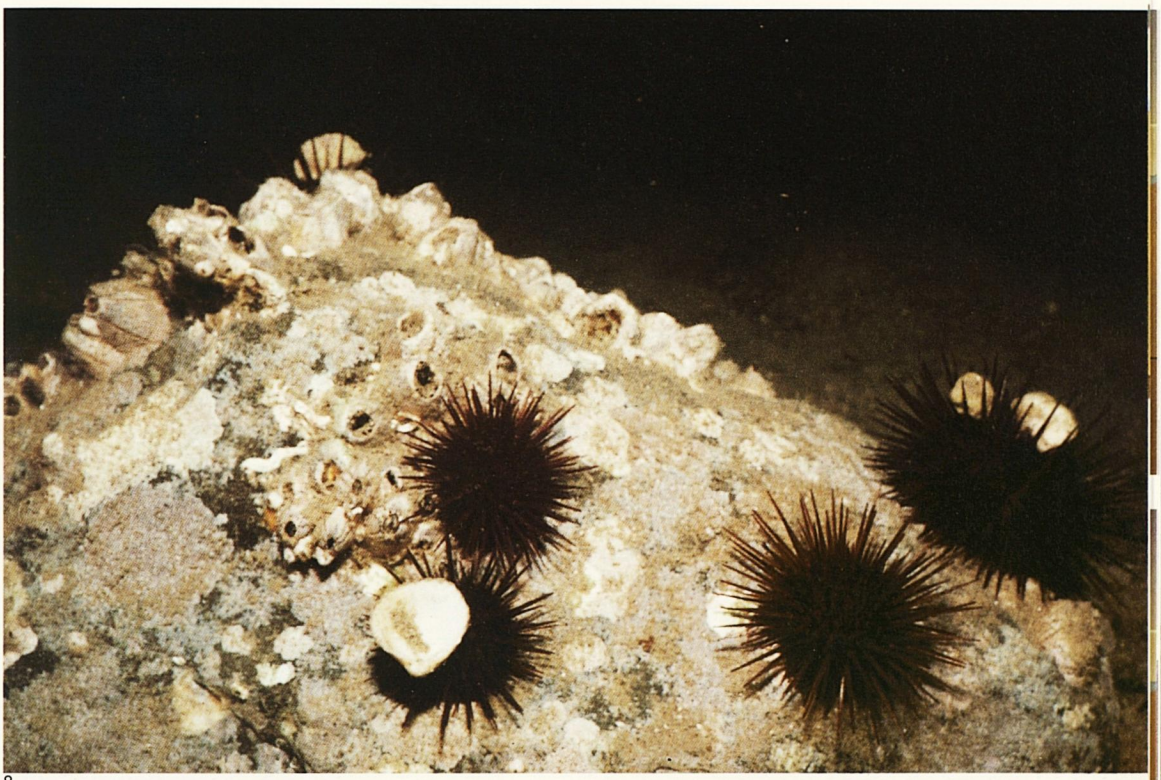
In der Folge verschwinden natürlich auch die Küstenfische *(9)*. Und wo keine Fische mehr vorhanden sind, kann sich auch keine Fischerei mehr halten.

Die Klein-Küstenfischerei löst sich auf; ein ganzer Berufsstand verschwindet, was schwerwiegende Folgen für die Berufsstruktur einer Küstenlandschaft nach sich zieht. Denn eine Bevölkerung, die von der Fischerei lebt, wird sich mit ihren Infrastrukturen, Booten, Schuppen, Geräten und Kenntnissen in die Dienste des Tourismus stellen, sobald die Fischerei keine Zukunft mehr bietet.

Mit dem Verschwinden der Algenwelt

7





8

wird aber auch nichts mehr gefiltert, und keine Nährstoffe werden mehr gebunden. Schwebstoffe und Überdüngung nehmen weiter zu und belasten zwangsläufig auch die anderen Lebensräume.

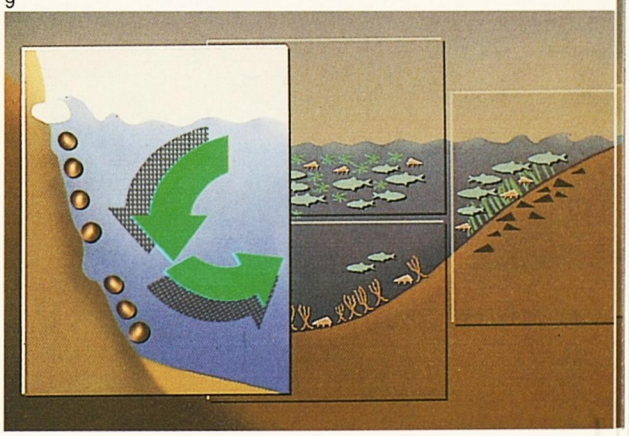
Strebt man eine lebendige Felsenwelt des Meeres an, so müssen vor allem die Abwässer aus den Städten geklärt werden.

Dann erlangt die Felsenwelt auch wieder ihre Fähigkeit zu regenerieren. An manchen Stellen werden auch die Tange wieder siedeln, ihren Rhythmus finden und die Seeigel zurückdrängen. Und sie werden, sobald das gelingt, der gesamten Kleinfauna wieder Nahrung und Unterschlupf bieten.

Mit der intakten Nahrungskette kommen auch die Fischschwärme wieder zurück – und die Fischer; und mit ihnen, sowie mit einer klugen Kommunalpolitik, auch der Fischmarkt einer heilen Welt.

Doch der Erhalt der Felsenwelt, die gerade im Mediterran weiter verbreitet ist als in anderen Meeren, sollte auch den anderen Lebensräumen zugute kommen

9



und ihnen einiges an Belastungen, wie Überdüngung oder Schwebstoffe, abnehmen; denn umgekehrt ist ja auch sie von all ihren Nachbar-Lebensräumen abhängig.

Welt des Sandes und Tourismus

Die Sandstrände sind, wie man sich erinnert, überhaupt weit verbreitet, weil Sand eben die mobilste Form unter den Sedimenten ist. Fortgesetzt befindet sich der Sand – je nach Seegang und Strömung – auf Wanderschaft und bildet dennoch stets einen massigen und belebten Körper.

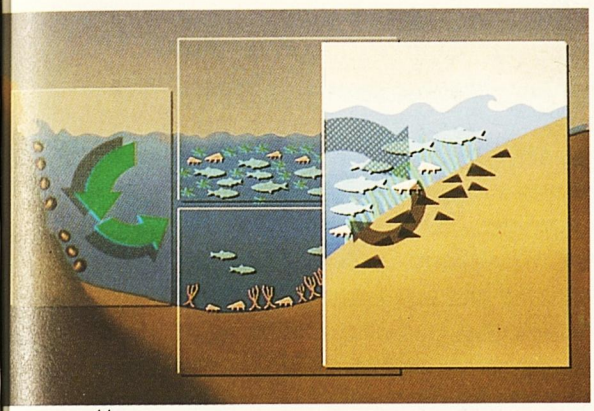
Sein erster wunder Punkt ist das System seiner Lückenräume, das ständig vom Seewasser durchspült wird – gut zu beobachten am Versickern der Wellenzungen am Prallhang *(**10**)*.

Wir haben die Potenz und das Wandern dieser »Fülltasche« vermessen und im Querschnitt durch die Küste rekonstruiert, wie sie mit Flut und Ebbe auf- und niedersteigt (Seite 106 f.). Und unter dem Wasserspiegel fanden wir die Rippelmarken auf dem Meeresgrund, die andeuten, wie die Pumpe des Seegangs auch hier Seewasser durch den Porenkörper zieht.

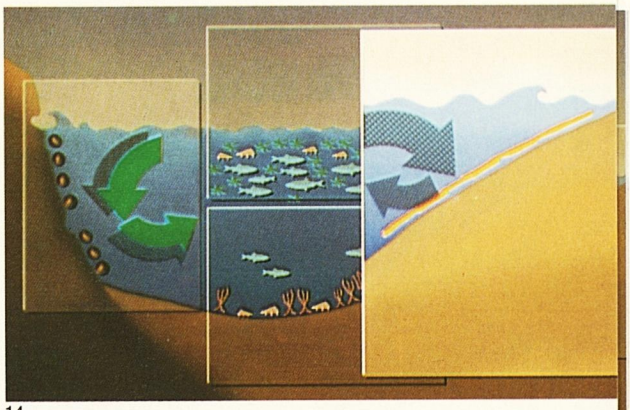
Es zeigte sich, daß eine ungeheure Wassermenge durch die Sandböden der Meere gepumpt wird, sofern sie nicht verstopft sind. Das entspricht ungefähr der Menge, die alle Flüsse der Welt den Meeren zurückführen.

Das Extraktions-Experiment führt uns vor Augen, welche Fülle von Kleinstorga-

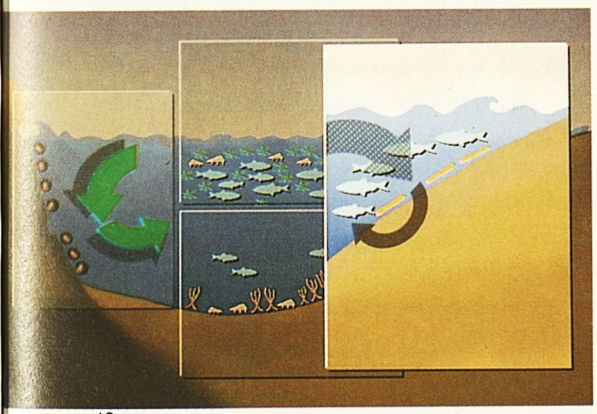
10



11



14



12

13

nismen dieses Porensystem beleben. Sie alle ernähren sich von Pilzen und Bakterien, die wiederum die organischen Partikel abbauen, die von der Wasserbewegung durch die Poren geführt werden.

Eine heile Welt des Sandes bietet das wohl voluminöseste und mit Hilfe der Brandung potenteste Filtersystem der Meere, das Schwebstoffe, aber auch nur molekülgroße Partikel, die selbst für Bakterienfutter zu klein sind, durch Auf-

schäumen verdichten und auf diese Weise abbauen kann.

Und von dieser Mikrowelt im Sandkörper lebt wieder eine ganze Welt grabender Kleinfauna: Würmer, Muscheln und Krebse. Und von diesen wiederum ernähren sich Tintenfische, Bodenfische, Haie und Rochen.

Der gesamte Sandkörper funktioniert wie ein riesiger, sich selbst reinigender Filter, was sich leicht am Versickern des Meerschaums beobachten läßt *(**11**)*.

Und gerade dieser Meerschaum ist es, der die molekularen Partikel, die den Wasserkörper immer mehr belasten würden, durch den Filter setzt.

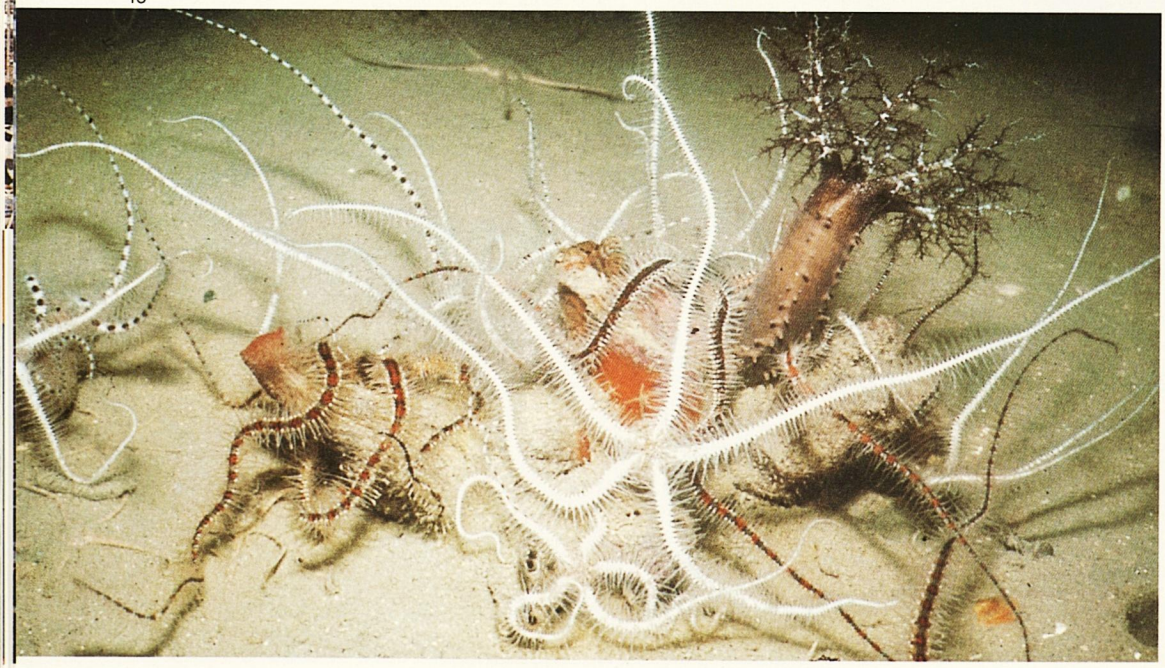
Kommt aber Öl in die Quere, eine übergroße Menge an organischem Material, verklebte Partikel oder gar Schleim oder Schlick, so verklockt das Porensystem, die Nahrungskette löst sich auf *(**12**)*, und die Filterwirkung bricht zusammen.

Hauptverursacher sind wohl in erster Linie die Ballungsgebiete des Tourismus, zumal, wie wir gesehen haben, nicht Kläranlagen, sondern Planierraupen eingesetzt werden, um dem Problem beizukommen. Aber selbstverständlich sind auch die Städte und Industrien, einschließlich jener im Landesinneren, sowie Verkehr und Tanker zu den Verursachern zu zählen.

Das Ergebnis sind nicht nur tote Sandkörper *(**13**)*. Die Folgen greifen wesentlich weiter um sich. Es verschwindet die gesamte Kleinfauna aufgrund des Verschwindens ihrer Nahrung. Weiters wird der Wasserkörper nicht mehr gefiltert und somit schwer belastet, und zugleich mit der Kleinfauna verschwinden wieder die Fische und die Fischerei *(**14**)*.

Mit Kläranlagen und Disziplin werden wir uns filternde, atmende Seeböden voll von Leben erhalten können.

15



Welt der Tiefe und Industrie

So verschieden bereits die Welt des Sandes und die der Felsgründe sind, die Welt der Tiefe ist, wie wir sahen, wieder von ganz anderer Art – unter anderem wegen ihres gewaltigen Flächenanteils.

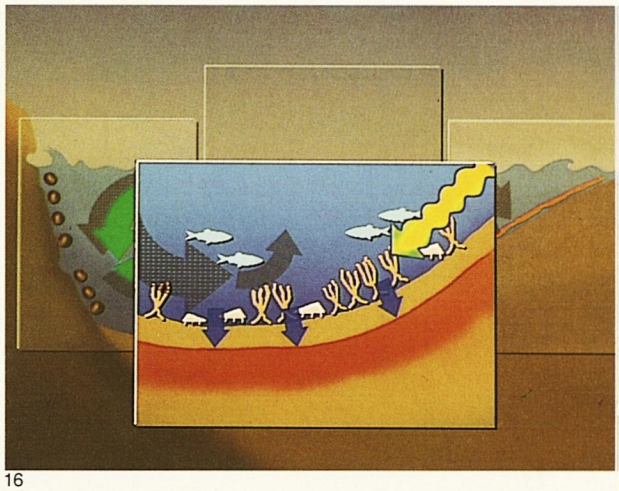
In diesem Zusammenhang erinnern wir uns ja, daß die biologischen Umsätze rascher und wirkungsvoller vonstatten gehen, je seichter das Gebiet ist. Die quantitativ riesige Fläche gegenüber den Sand- und Felsböden wird dadurch qualitativ in ihrem Einfluß kompensiert. So können wir die Bedeutung dieser Lebensräume annähernd gleich bewerten, da ihre Wirkungen im Zusammenspiel qualitativ ohnedies verschieden sind.

Die empfindlichste Stelle dieser Tiefenböden ist eben ihre große Oberfläche, die durch Grabbauten ungefähr verdoppelt wird. Ihr gesunder Zustand ist es, der die Gefahr zurückhält, die unter ihr lauert.

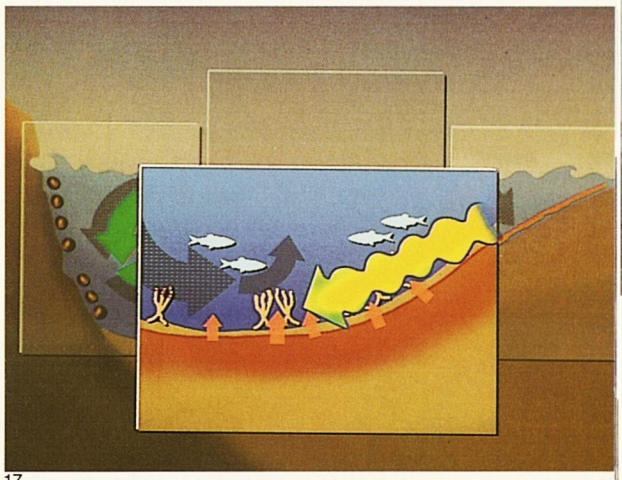
Das stärkste Glied im Stoffumsatz der Tiefenböden sind die filtrierenden Organismen wie die Schlangensterne, die Seescheiden, Schwämme und Muscheln *(**15**)*. Sie alle filtern ihren Anteil aus dem Geschwebe, zum Beispiel Plankton und tote Partikel, und dienen selbst wieder Krabben, Seesternen, Einsiedlerkrebsen und zuletzt Fischen als Nahrung.

Alle zusammen reichern das Sediment mit organischem Material an, das nun, von Bakterien und Pilzen aufbereitet, zum Teil in die Nahrungskette der Sedimentbewohner weitergeht oder, im Sediment verschlossen und erstickt, zum Sulfidsystem wird, das in Jahrmillionen zu Erdöl werden kann.

Dieses Material, das allen Sauerstoff aufgezehrt hat, eine Schwefelwasserstoff-Welt, ist die Gefahrenstelle, während die

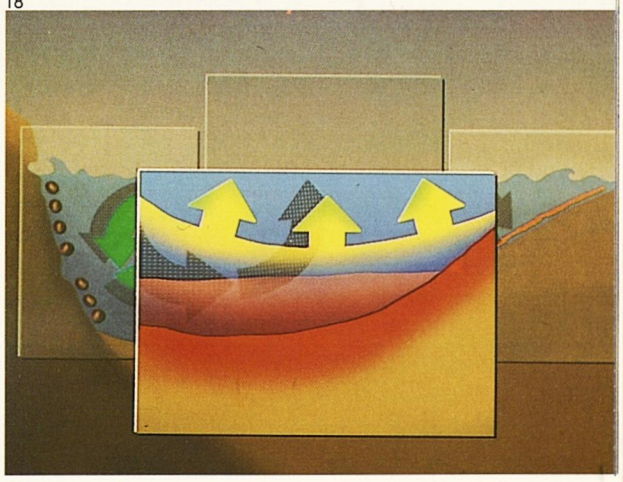


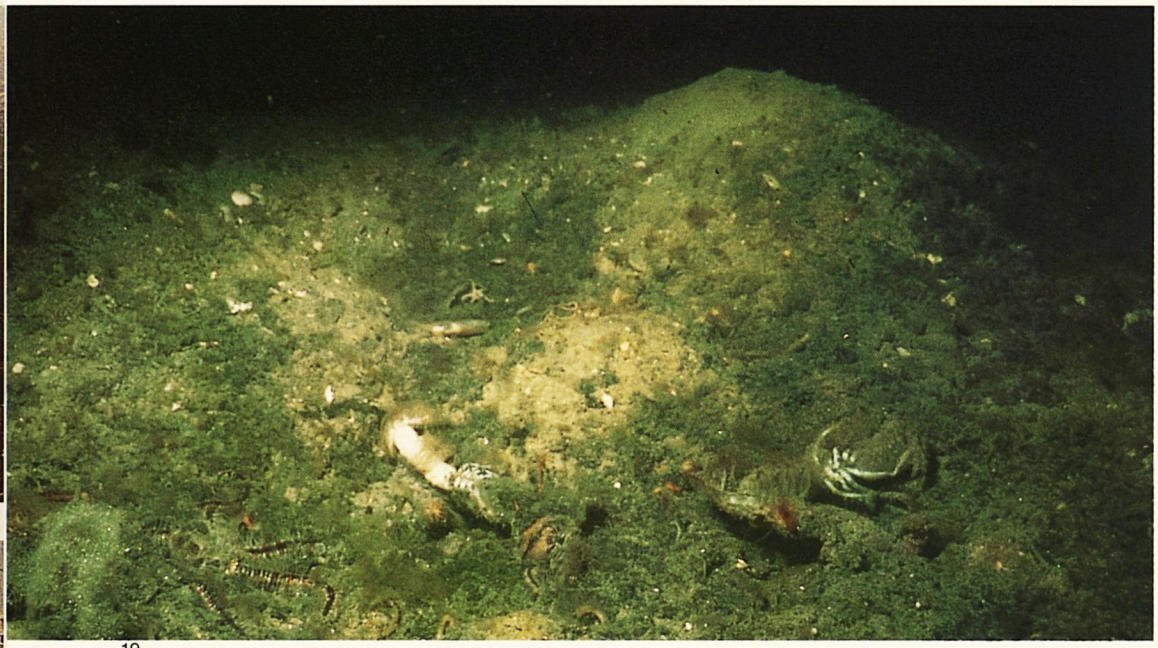
16



17

18





19

20

oxidierte Sedimentdecke die Achillesferse des Systems ist.

Erreicht eine Zunge sauerstoffarmen Wassers den Boden, so sterben erst die Filtrierer *(**16**)*, die dadurch weiteren Sauerstoff verbrauchen. Die oxidierte Sedimentdecke schließt nicht mehr, Schwefelwasserstoff tritt aus, zehrt den letzten Sauerstoff und erstickt alle *(**17**)*.

Nicht einmal die bewegliche Kleinfauna kann entkommen; selbst die Bodenfische sterben, die pelagischen ziehen fort, ebenso wie die Mussuleri *(**18**)*. Quadratseemeilen von Leichenfeldern sind das Ergebnis *(**19**)*.

Ursache sind meist Vergiftungen im Wasserkörper, wie sauerstoffarme Zungen von Tiefenwasser, die direkt von der Küste *(**20**)* oder über die Flüsse aus ungeklärten Industrieabwässern in die See gelangen. Aber freilich ist auch die Wirkung der ungeklärten Abwässer generell daran beteiligt.

Nun ist aber nicht nur ein Seeboden tot. Mit dem Wegfall der Filtrierer und der Ableitung der Partikel über die Nahrungskette in das Depot des Sulfidsystems nimmt die Belastung des Wasserkörpers mit organischem Material weiter zu. Und, was noch schlimmer ist, der austretende

Schwefelwasserstoff drückt weiter auf die Sauerstoffbilanz des Bodenwassers.

Daß der Wasserkörper aber nicht nur dieser Art von Belastung ausgesetzt ist, wird noch zu zeigen sein.

Und wieder sind Disziplin und die Entsorgung der Abwässer die Voraussetzungen für ein vitales Produktions- und Filtersystem der Tiefenböden.

Wasserkörper, Öl und Verkehr

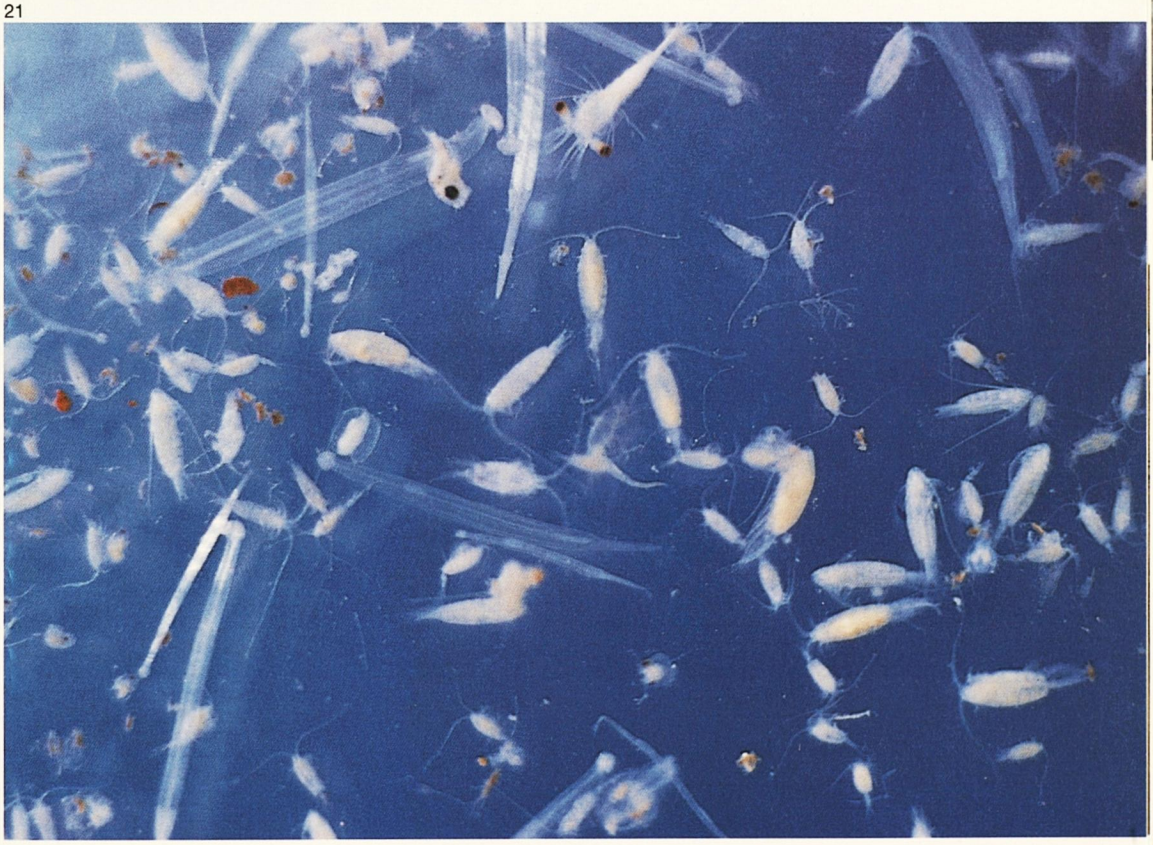
Die Schwachstelle des Wasserkörpers ist nochmals anders geartet. War bislang von der Sensibilität des »Gefäßes Mittelmeer« die Rede, so muß nun vom Inhalt gesprochen werden.

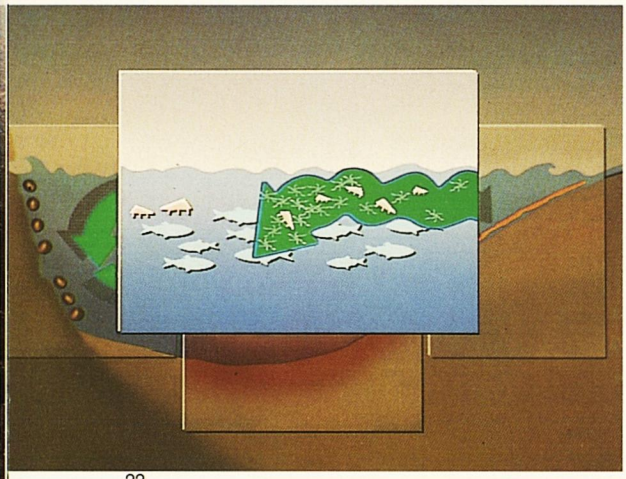
Während im Luftraum bloß Vögel und Insekten zu Hause sind und nur die leichtesten Pflanzensamen passiv vertragen werden, sind im Pelagial alle Stämme des Tier- und Pflanzenreichs vertreten – wenigstens mit ihren Larven und Sporen.

Das hängt mit den ganz anders gearteten Transport-Eigenschaften des Wassers zusammen. In ihm kann man sich auch ohne Energieaufwand ausbalanciert treiben lassen. Es herrscht eben ein komplexes biologisches System im Wasserkörper, das der Luftraum nicht kennt.

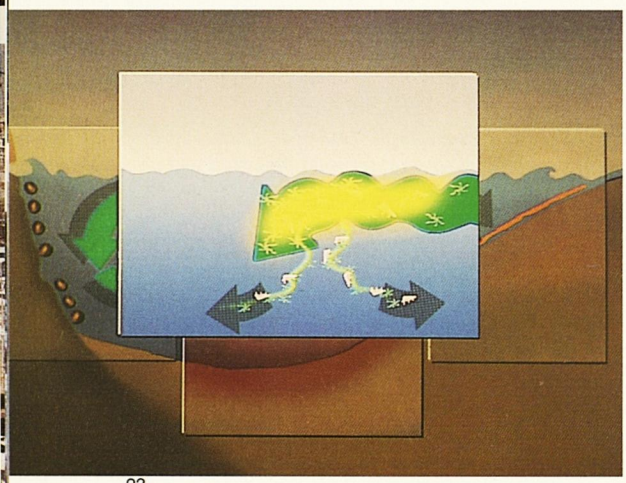
Dazu kommt noch die Bedeutung seines Volumens: Gut drei Millionen Quadratkilometer Oberfläche des Mittelmeers und eine mittlere Tiefe von fast

21

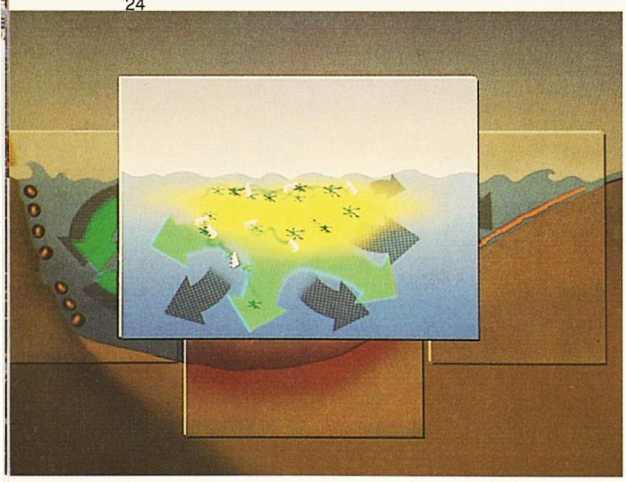




22



23
24



eineinhalb Kilometer ergeben immerhin ein Volumen von viereinhalb Millionen Kubikkilometer Wasser. Und wie uns bereits bekannt ist, befinden sich die Wasserkörper dieses fast geschlossenen Systems in steter Bewegung und wiederkehrendem Austausch.

Hier beginnt die Serie der Lebensvorgänge – mit der Produktion der winzigen Planktonalgen in den ersten zwanzig bis zu zweihundert Meter Wassertiefe, je nachdem, wie weit das Sonnenlicht reicht.

Die Nahrungskette, die übrigens nirgends so deutlich ist wie hier, führt zu den Krebsen, Quallen, Larven und Pfeilwürmern des Zooplanktons *(**21**)*. Dieses wiederum ernährt die großen Medusen ebenso wie Jungfische, und alle enden schließlich in den Mägen von Hochseefischen aller Größen und diese zum Teil in den Netzen der Fischer.

Das anfälligste Glied des Systems bilden die winzigen Schwebalgen. So mikroskopisch klein sie auch sind, sie stellen naturgemäß, als erstes Glied der Nahrungskette, den mit Abstand größten Teil der Biomasse.

Gelangt Gift ins Meer, Öl oder Phosphate und Nitrate, so sterben sie ab und verkleben oder vermehren sich dermaßen exzessiv *(**22**)*, daß sie allein durch ihre Stoffwechselprodukte mitsamt dem Zooplankton verkleistern, verpilzen und im Schleim der Pilze und Bakterien zugrunde gehen *(**23**)*.

Neue Überdüngung und Partikelbelastung ist die eine Konsequenz, und der Entzug von Sauerstoff ist die gefährlichste Folge davon. Die Fischbrut stirbt, und mit dem Sauerstoff- und Nahrungsmangel verlassen auch die Fische die Szene – und mit ihnen die Hochseefischerei *(**24**)*.

25

Auf der Hochsee scheint das Öl und der stets ungeklärte Abfall des Boots- und Schiffverkehrs, allen voran der der Tanker, Verursacher Nummer eins zu sein. Aber auch das Küstenwasser, das vom Tourismus, den Städten und der Industrie schwer belastet ist, gelangt mit den Strömungen ins offene Meer hinaus und trägt nicht minder zu den beobachteten Katastrophen bei.

Auch für den Laien wird nun offensichtlich, daß es nicht bei der Sauerstoffzehrung und dem Abwandern der pelagischen Fische bleibt. Der Mikrokosmos des »marinen Schnees« entwickelt meterlange Schleimbahnen, welche die Filtrierer ersticken und ihre Leichen zu ganzen Schlick-Teppichen *(**25**)* sammeln. Diese treiben schließlich an die Küste und töten dort auch noch das Filtersystem des Sandes.

Ungeklärte Abwässer in die Tiefe zu kanalisieren und den Tankern das Waschen nur in Küstennähe zu verbieten, hat überhaupt keinen Sinn. Ein Problem aus der Sicht zu schaffen macht es noch gefährlicher.

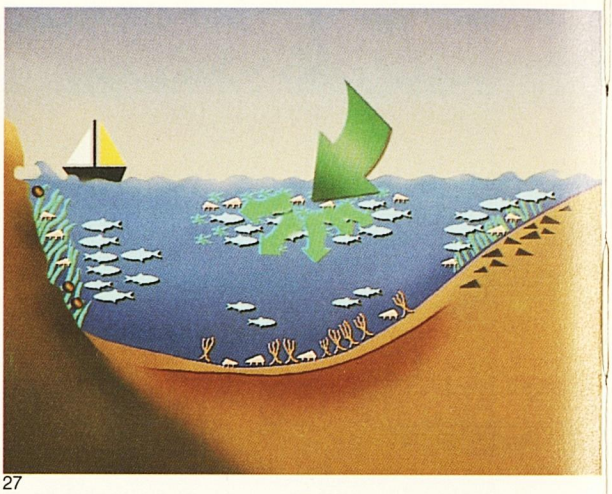
Nur wenn die Öle und Abwässer des gesamten Schiffverkehrs, der Gemeinden, Städte, Industrien und Tankerhäfen geklärt würden, könnte man die Regenerationsfähigkeit des Wasserkörpers wieder fördern.

Wie sich nun alles verflicht

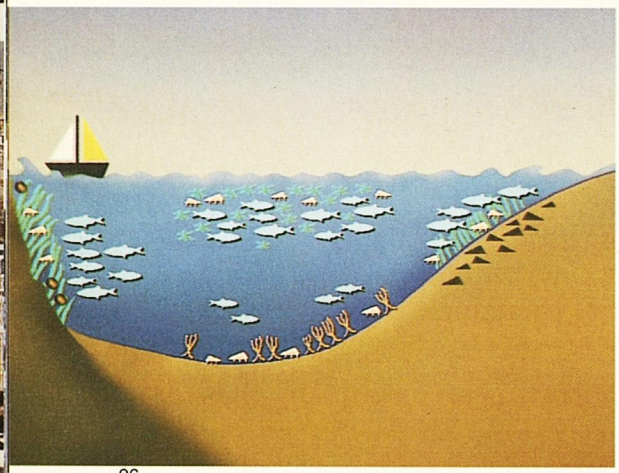
Da sind wir nun und fragen uns, ob wir im Kreis gegangen sind. Was ist nun wessen Ursache? Vergiftet der Wasserkörper die Tiefenböden oder umgekehrt? Oder ist der Niedergang der Felsenwelt Ursache der verstopften Sandfilter *(**26**)*?

Nun, wir haben es eben mit Systemzusammenhängen zu tun, und ein System ist eine Struktur, in der es kein erstes Funktionsglied gibt, von dem man mit einer Beschreibung ausgehen könnte. Dennoch zwingt uns schon die Linearität unserer Sprache, jeweils nur einen Faden des Netzes zu verfolgen, ihn auszulassen und später den Gedanken am Knoten wieder aufzunehmen.

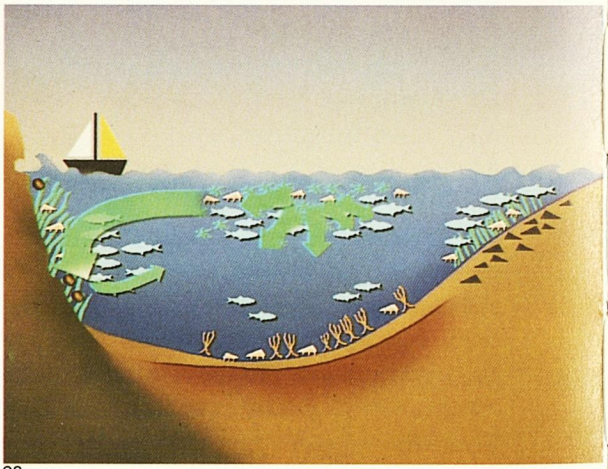
Verfolgen wir in diesem Netz zunächst die Wege der Überdüngung. Da sehen wir schon, daß Städte, Tourismus und Industrie allesamt Verursacher sein können.



27



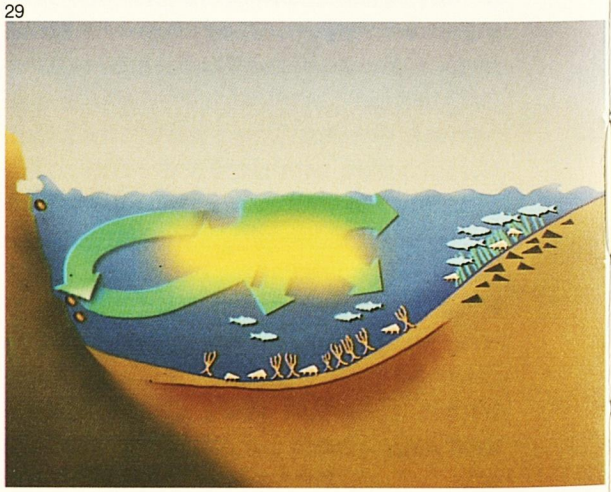
26



28

29

Woher die Phosphat-Nitrat-Wolke auch kommt, sie trifft in erster Linie die Pflanzenwelt *(**27**)*. In den Felsgebieten bricht das System durch den Niedergang der Tange zusammen *(**28**)*, im Wasserkörper durch das Absterben des Planktons. Die unmittelbare Folgewirkung betrifft zunächst die Nährstoffe, die Partikel (hier in Punkten dargestellt) und den Sauerstoff. Die Tange binden die Überdüngung nicht und oxidieren das Wasser nicht mehr; Seeigel zehren am Sauerstoff *(**29**)*. Die Filtrierer im Algenwald sind ver-

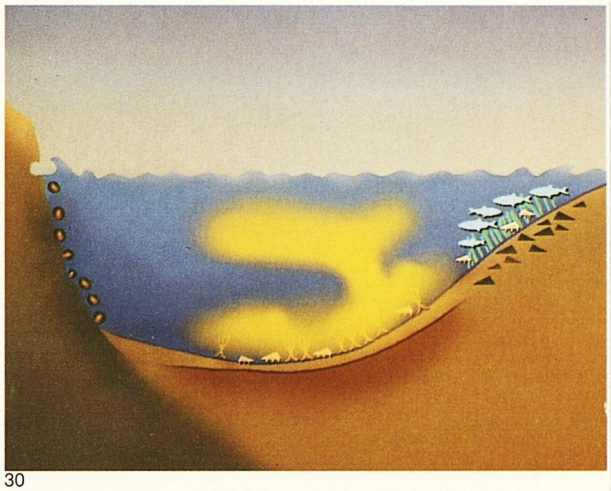


schwunden, die Partikelflut zieht massiv weiter, belastet neuerlich den Wasserkörper, und der Planktonkollaps führt zu weiterer Sauerstoffzehrung und zu einer neuen Überdüngung.

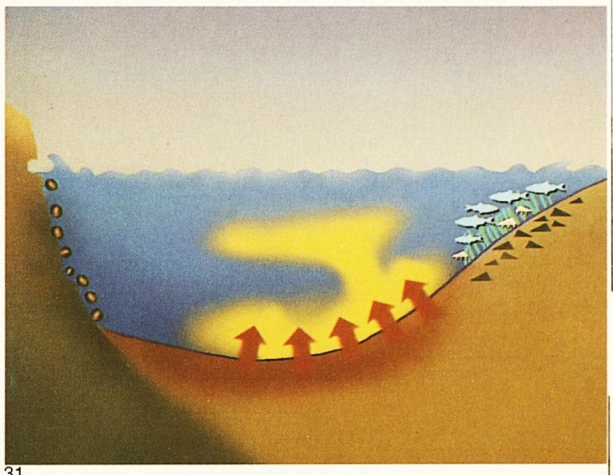
Wir wissen, was das bedeutet. Erreicht das reduzierte Wasser den Seeboden *(30)*, so bricht die Decke auf, Schwefelwasserstoff tritt aus *(31)*, vergiftet alles ringsum und reduziert das Wasser noch weiter. Dies kann einen weiteren Phosphat-Nitrat-Stoß nach sich ziehen, da weitere Organismen absterben und die Stoffwechselprodukte der Pilze und Bakterien, die sie aufzehren, in den Wasserkörper gelangen *(32)*. Ebenso wird nicht mehr gefiltert und keine organische Substanz mehr ins Sulfidsystem abgeführt. Alles kehrt zurück in den Wasserkörper; und das bedeutet für die Algen der Felsenwelt sowie des Pelagials eine weitere Minderung der Lebenschancen.

Die Algensysteme der Felsenwelt hatten aber neben der Funktion, Sauerstoff zu produzieren und Nährstoffe zu binden, ja auch noch die Funktion, Geschwebe auszufiltern. Und die Tiefenböden besaßen zusätzlich zu ihrer Filterfunktion *(33)* auch noch jene Möglichkeit, organisches Material ins Sulfid-System abzuleiten. Also wird der Nährstoff-Schub nochmals auf den Wasserkörper wirken.

Schließlich wird zu alledem die Partikelflut weiter zunehmen und die Welt des Sandes verstopfen. Ein verstopfter Sandkörper wird aber seine Funktion, Partikel wie Moleküle zu filtern, nicht mehr erfüllen, dem Wasserkörper damit die Belastung nicht mehr abnehmen und weiter zur Schleimbildung beitragen *(34)*.

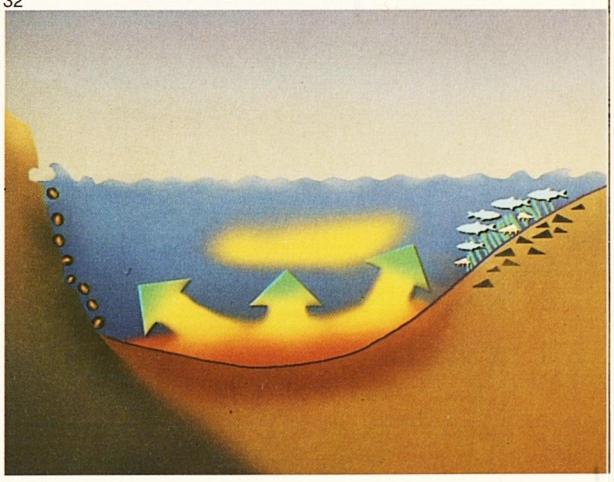


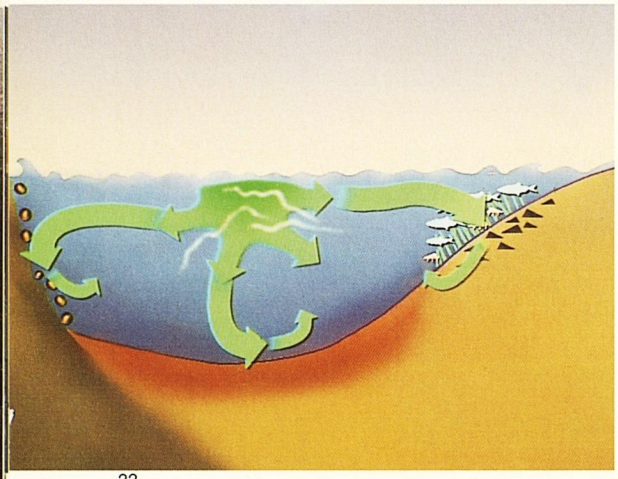
30



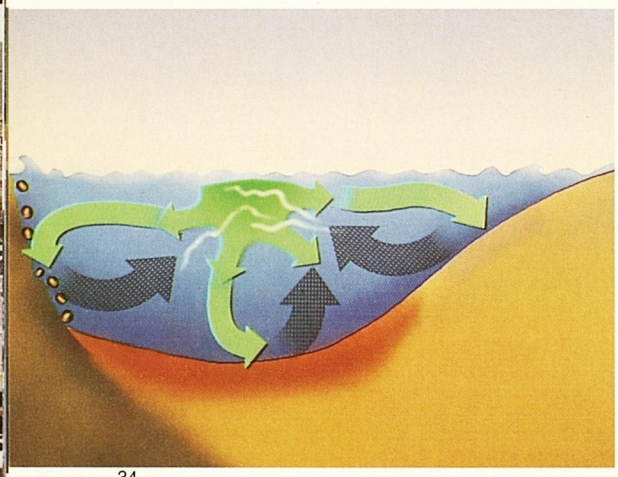
31

32





33

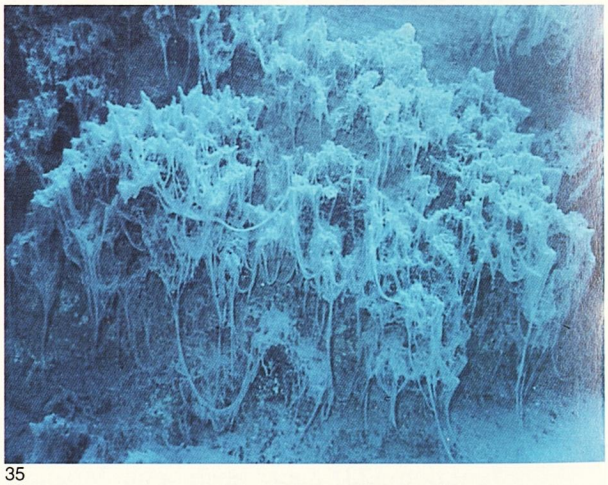


34

Nun, diese Ausführungen dürften genügen, um zu zeigen, daß das Meer ein vernetztes System ist und die Probleme an der Oberfläche eben nur die Spitze des Eisbergs sind. Denn was die Verschleimung auf den Seeböden anrichtet, in der Felsenwelt *(37)*, auf den Tiefenböden *(35)* und in den Seegraswiesen *(36)*, das muß man sich erst vor Augen führen: gespenstische Bilder wie aus einer anderen Welt. Und man wird schon voraussehen, wie dies alles nochmals auf den Gesamtzusammenhang des Lebens im Mediterran zurückwirkt.

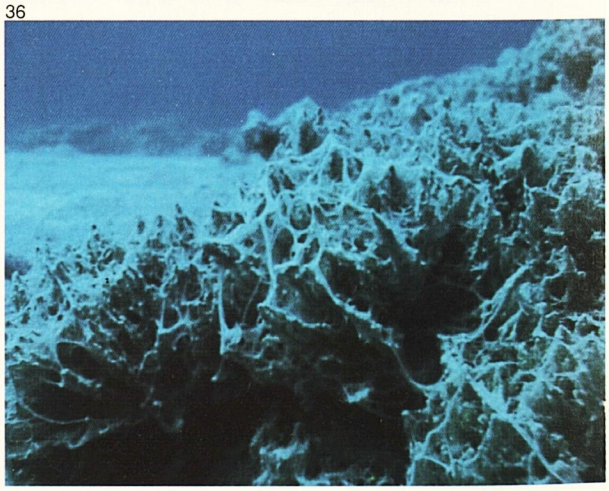
Ich hätte das Netzwerk der Störungen freilich auch aus der Wirkung der Öle, der Schwefel- und der Kohlenwasserstoffe entwickeln können oder der Stickstoffverbindungen, die der Verkehr produziert; oder aus der Wirkung der Schwermetalle, die Verkehr und Industrie zurücklassen. Doch ich möchte es bei dem einen typischen Beispiel der Vernetzung bewenden lassen.

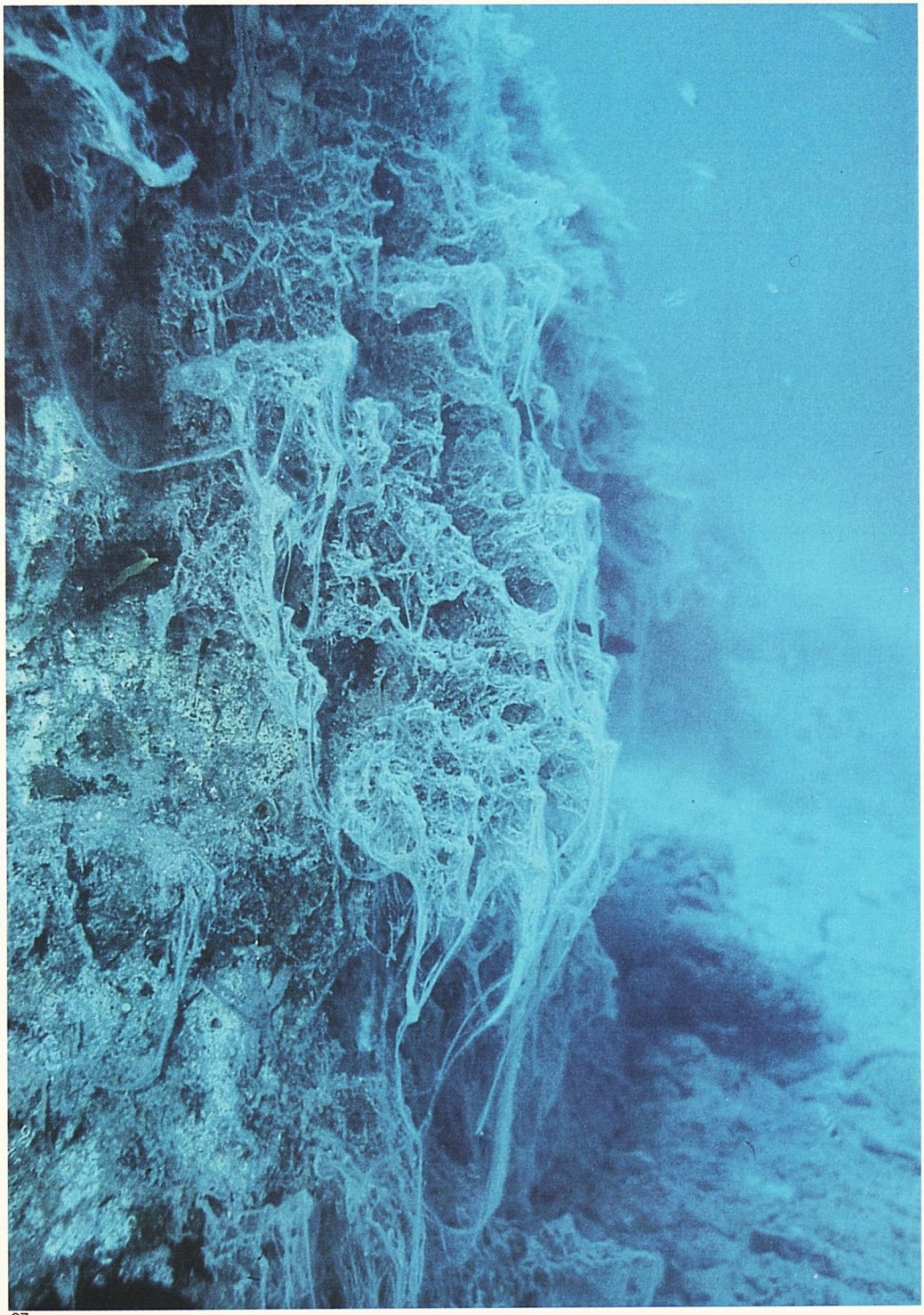
Vielmehr liegt mir daran zu erinnern, daß die marinen Biosysteme natürlich auch Regenerationskräfte und allerlei Zu-



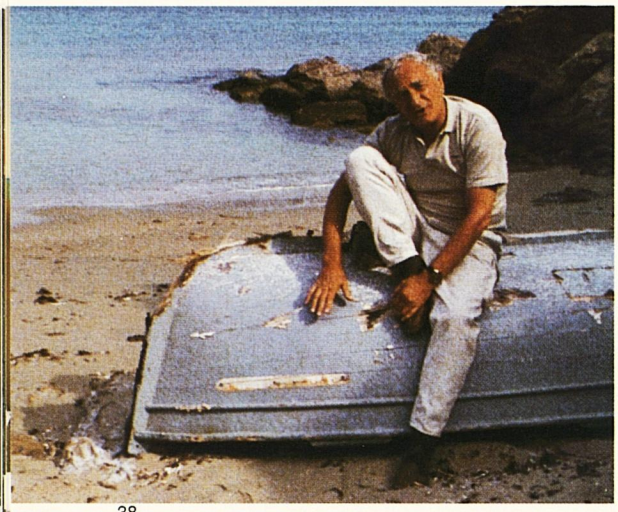
35

36





37



38

fallschancen besitzen. Räumt etwa ein Wintersturm einen Sandstrand ab und baut ihn das Frühjahr wieder auf, so hat er neue Chancen. Allerdings unter der Bedingung, daß er von unzerstörten Sandböden der Nachbarschaft wieder besiedelt werden kann und ihm auch wieder ein gesundeter Wasserkörper gegenübersteht.

Auf den Tiefenböden hingegen dauert die Regeneration eines Leichenfeldes viele Jahre. Auch dies ist eine Frage der Wiederbesiedlung und somit abhängig von der Größe der zerstörten Fläche.

Ob und wie sich die Tange erfangen werden, bleibt noch abzuwarten. Die Kleinküsten-Fischerei jedenfalls, ist sie einmal verschwunden, habe ich auch im Laufe von Jahrzehnten noch nirgendwo wieder aufkommen gesehen *(**38**)*.

Netzwerk der Ursachen

Gewiß, ein trübes Bild, das ich hier zu zeichnen hatte. Doch ebenso wie ein Arzt bei seinem Patienten sollte auch der Ökologe, gleichsam als »Umwelt-Arzt«, eine ehrliche Diagnose stellen. Ein in seiner Ursache erkanntes Leiden wird jedenfalls leichter zu heilen sein als ein unbemerktes oder eines unbekannter Ursache.

Schließlich gibt es noch weite Teile im Mediterran, die zwar belastet, aber nicht außer Balance sind. Und an den balancierten Beispielen haben wir gelernt, wie Ökosysteme des Meeres aus dem Gleichgewicht geraten.

Und diese noch kaum zerstörten Gebiete sind es ja auch, von denen die Regeneration des bisher Zerstörten noch ausgehen kann.

Auch kann man die Vernetzung der marinen Lebensräume verkehrt herum sehen, indem man fragt, wie die Regenerationsfähigkeit zwischen den Systemen wohl wirken könnte. Außerdem bewirken diese Verknüpfungen, daß die Belastungen auf alle Systeme gleichmäßig verteilt werden. Wir müssen uns vorstellen, daß dieselben Zusammenhänge auch entlang der Stammesgeschichte der Organismen aus diesen Funktionen entstanden sind. Denn übriggeblieben sind nur jene Systeme, die Belastungen gemeinsam am besten bewältigen.

Wenn alle Systeme betroffen sind, stößt freilich auch die Regenerationsfähigkeit an ihre Grenzen. Werden diese überschritten, entstehen epidemieartige Häu-

fungen, gegenseitige Schädigungen und Katastrophen.

Es kommt letztlich auf den Gesamtzusammenhang an. Und es sei nochmals daran erinnert, daß die Schleim- und Algenpest, die derzeit die Gemüter bewegt, nur die Spitze des Eisbergs ist. Das Wesentliche, das im Grunde die Gemüter noch mehr bewegen sollte, liegt nicht minder am Grunde dieses Meeres verborgen.

Woher die Ursachen kommen

Jedes Kind kann sehen, daß die größten Schäden dort entstehen, wo wir Menschen am dichtesten beisammen sind und am tüchtigsten wurden.

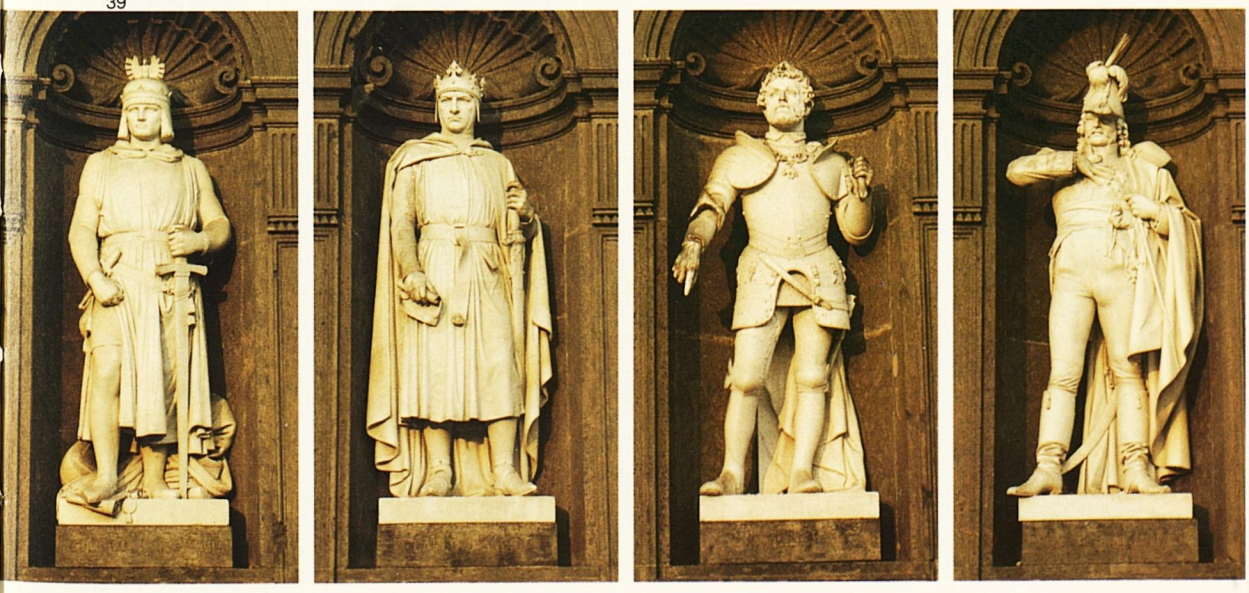
Also sind wir Menschen die Verursacher – das ist gewiß. Alle? Und wenn nicht alle, welche? Es ist leicht, Städte, Industrie, Tanker oder den Tourismus zu verurteilen. Doch in Wahrheit ist schon wieder eines die Ursache des anderen. Ja, die Ursachen selbst sind – wie diese komplexe Welt nun einmal gemacht ist – wiederum vernetzte Systeme.

So wie das Meer hat auch unsere Zivilisation ein Schicksal. Damit will ich sagen, daß die Bedingungen ihrer Gegenwart wiederum nicht allein aus dieser Gegenwart zu verstehen sind, sondern aus einer Zeit, da irgend jemand oder irgend etwas schon längst die Weichen gestellt hat. Davon sind wir ja ausgegangen.

Auch die Geschichte unserer Zivilisation ist uns gewissermaßen passiert, wir sind in sie hineingestolpert: ebenso wie jene Menschen, die Geschichte machen wollten und schließlich auch gemacht haben, nie wissen konnten, welche Geschichte sie gemacht haben werden.

Was konnten die Herrscher, um bei einem mediterranen Beispiel zu bleiben, die vor dem Palazzo Reale in Stein verewigt sind, von der Zukunft gewußt haben – wie sehr sie sich auch um ihre jeweilige Zeit bemühten: FRIEDRICH II, KARL I, KARL V oder MURAT *(**39**)*.

39



40

Es hat ja auch keinen Sinn, den Erfinder des Explosionsmotors, CARL BENZ, *(40)* für die Autobahnstaus verantwortlich zu machen, den Entdecker der Gesetze der Mechanik für die Versklavung durch die Technik oder die frühen Schmiede für den Schmutz der Industrie; und alle zusammen für die Gefährdung der Atmosphäre und der Meere.

Also, wie sind wir Menschen gemacht, oder wie waren wir gemacht, als wir das Mediterran besiedelten?

Man kann mit Sicherheit behaupten, daß all unsere Vorfahren wenigstens so viel Lebenserfolg hatten, daß wir heute noch übrig sind. Hätte auch nur eine Generation unserer Vorfahren keinen Reproduktions-Erfolg gezeitigt, wären wir ja nicht da und könnten auch nicht über das Mittelmeer reden.

Bestimmt waren sie stets betriebsam *(41)*.

Aber auch diese Betriebsamkeit ist durch die industrielle Revolution zu einer absurden Hektik pervertiert.

Sicher bemühten sie sich darum, ihr Leben zu verbessern.

Doch unser Bestreben, das Leben zu verbessern, führte durch Werbung, Management und Wettbewerb zur Absurdität einer Wegwerf- und Abfallwelt, obwohl es uns im Grunde nur um Lebensqualität ging. Die Massenprivilegien des Konsums haben die Lebensqualität durch Lebensquantität zerstört.

Wir errechnen unsere Lebensqualität nach dem Brutto-National-Produkt und verlieren dadurch an Brutto-National-Vermögen, weil wir, indem wir die Produkte vermehren, Vermögen zerstören. So bedrohen wir beispielsweise mit unseren Öl-, Chemie- und Stahlkochern ebenso die Wälder am Land wie die Algenwälder im Meer.

Und das kann uns deshalb so leicht passieren, weil wir unser Vermögen noch gar nicht zu berechnen wissen. Die Tonne Öl oder Stahl rechnet sich, sehr einfach, weltweit in Dollar. Was aber ist unser Vermögen wert, das unsere Existenz ebenso bestimmt wie unsere Produktivität?

Was ist denn ein intaktes Erholungsgebiet wert, und was verlieren wir, wenn es zerstört wird *(42)*? Rechnet sich der Verlust in den Kosten einer Vermehrung der Spitäler, der psychiatrischen Anstalten, der Gefängnisse und der Besserungsanstalten?

Wieviel Dollar ist eine gesunde Küstenvegetation wert *(43)*? Da steht ja wohl nicht nur der Holzwert zu Buche. Was sind die hundert Jahre wert, die man sie in Ruhe gelassen hat? Und was ist der Boden wert, den sie erhalten hat, der die

Erosion, die Verkarstung und das Abwandern der Menschen verhindert? Und was, daß sie die Luft regeneriert, ebenso wie unsere Lungen und unsere Nerven? Dabei haben wir eine intakte Umwelt noch vor Augen. Wie schwer wird es späteren Generationen fallen, den Wert einer gesunden Unterwasserwelt gegenüber den Kosten einer stinkenden Brühe einzuschätzen?

Über die sogenannten Zwänge

Nun hat ja keiner von uns einen Strand zerstört, noch weniger einen Wald und

41

schon gar keinen Meeresteil. Wir haben uns ganz korrekt verhalten; eben so, wie man es erwarten konnte:

Wir machten dort Urlaub, wo wir ihn uns leisten konnten. Wir räumten auch den Abfall weg, wenn nicht gerade zuviel davon da war. Schließlich machen wir ja auch zu Hause sauber. Wir reisten nicht weiter als nötig, und wir strebten nach einem Standard, der nicht viel höher war als der unserer Nachbarn.

Übrigens: Hat uns überhaupt jemand danach gefragt, wie wir es eigentlich haben wollen? Stecken wir nicht in Selbst-

42

43

verständlichkeiten, die andere gemacht haben? Sind das nicht dieselben Zugzwänge, denen die Industrie ebenso unterliegt wie der Tourismus?

Und falls es ein Prinzip geben sollte: Sind es nicht immer die Großen, die die Kleinen fressen?

Nun, in der Natur ist das nicht ganz der Fall. Die Großen in unserer Meeresgeschichte, wie die Haie, Thunfische und Delphine, leben nicht nur von den Kleinen. Sie werden im Kreislauf ihrer Existenzen wieder zur Nahrung der Allerkleinsten. Diese Kreisläufe sind wohl ausbalanciert, das heißt sie wirken regulierend. Jede Eskalation wird schon bald durch eine Katastrophe ausgeschaltet. Konkurrenz kann sich auf Dauer nur in der Regulierung innerhalb des nächstgrößeren ökologischen Systems durchsetzen.

Wie dagegen ist das zum Beispiel mit den Staaten?

Ist es nicht so, daß Italien und Jugoslawien um die Bettenpreise und alle Staaten um die Frachtraten konkurrieren müssen? Und blockieren sie damit nicht den Bau von Kläranlagen?

Dazu noch folgender Gedanke zur komplizierten Situation des Mediterran: Wenn die Industrien in Izmir, Piräus, Rijeka, Venedig, Marseille und Barcelona das Meer vergiften, warum sollten sich die Algerier, Tunesier und Libyer dann noch bemühen, es nicht weiter zu belasten? Wie also wären Rechte und Pflichten zu verteilen?

Offensichtlich haben wir noch eine Menge zu lernen.

Was schließlich zu tun bleibt

Denkt man an das Getriebe einer Großstadt im Mediterran oder sonst wo, es wird einen unweigerlich das Gefühl beschleichen, daß wir aus dem Unwesen der Zwänge aus Macht und Hektik und den Konsequenzen aus Lärm, Gestank, Abfall und Unrat nicht herausfinden werden. Mich selbst, muß ich gestehen, beschleicht diese Ahnung nicht selten.

Gelingt es aber, nur ein wenig Abstand zu gewinnen, sich zu fragen, wie all das entstehen konnte, und wie das Ende des 20. Jahrhunderts zu verstehen ist, dann läßt sich durch die Wolke des Unsinns, die uns umgibt, schon da und dort hindurchsehen.

Allmählich zeigt sich, daß wir an den Spätfolgen der Aufklärung leiden. In jener Epoche, vor gerade 200 Jahren, glaubte man zu Recht, den Menschen durch das Machbare glücklicher zu machen. Heute, da wir industrialisiert sind, müssen wir entdecken, daß wir des Machbaren schon zuviel gemacht haben und daß das Zuviel nicht glücklicher macht.

Es ist kaum mehr zu übersehen, daß wir in einer Zeit der neuen Errungenschaften und Entdeckungen leben, in der es noch vieles zu lernen gibt. Viele neue Ausdrücke tragen den Stempel dieser Zeit, wie »Raumschiff Erde«, »Biosphäre« oder »Ökologie«; und man spricht neuerdings auch von einer »Grünen Bewegung« und ... der »Welt als vernetztes System«.

Man sollte sich also zunächst darüber klarwerden, in welcher Zeit wir uns befinden.

Was wir Bürger erreichen können

Aber was kann der einzelne Bürger schon ausrichten? Im Grunde genommen alles; denn diese Zivilisation besteht aus nichts anderem als aus uns Bürgern.

Es gilt vorerst einigen gedanklichen oder geistigen Abstand von den Zwängen des täglichen Getriebes zu gewinnen. Dann wird man bemerken, daß wir in einer Art stillen Revolution leben. Die technische Revolution, die ein Jahrhundert lang den Ton angegeben hat, wird nun allmählich von einer ökologischen Revolution überlagert, die im Prinzip nichts anderes ist als eine Revolution der Werte.

Sobald sich diese stille Revolution nicht mehr unbemerkt vollzieht, und viele sind bereits darüber wach geworden, lohnt es sich, über Wertewandel nachzudenken und die neuen Werte zu formulieren.

Doch das ist freilich nicht so einfach. Neue Werte können nicht von heute auf morgen Fuß fassen. Steht der Zweitwagen gegen den grünen Baum, mein Konto gegen meine Gesundheit, mein Status gegen mein Lebensgefühl? Aber mit der Schwierigkeit, ihre neue Werteordnung zu formulieren, hat wohl jede Revolution zu kämpfen.

Mit dem nötigen Abstand sollten wir darangehen, über unsere Zivilisation und über ihr Meer nachzudenken.

Wir und die Institutionen

Als sich die Gefahren des Ozonlochs herumzusprechen begannen, hieß es, man sollte die Verwendung von Spraydosen mit Treibgas vermeiden. Die Industrie, dazu aufgefordert, erklärte diese Maßnahme aus wirtschaftlichen Überlegungen für undurchführbar. Dabei ist mir kein Industrieller bekannt, der darauf bedacht wäre, das Ozonloch zu vergrößern – beziehungsweise das Krebsrisiko seiner Kinder.

Letztlich waren nur Zugzwänge ausschlaggebend – vielleicht die tüchtigere Konkurrenz. Es bedurfte tatsächlich nur eines kleinen Prozentsatzes an Kunden, die fragten, ob man denn die Dosen nicht auch ohne Treibgas haben könnte, und schon wurden sie produziert. Und dieselben Industrien, die sich anfangs dagegen sträubten, werben heute mit ihren treibgaslosen Produkten.

Dieser Erfolg beweist, daß auch andere Initiativen, zum Beispiel gegen verbleites Benzin, Energieverschwendung, unverrottbare Verpackung, überhaupt gegen alle Übel dieser Wegwerfgesellschaft gelingen können.

Wir haben doch wohl längst durchschaut, daß die Werbung nicht unser Wohl im Auge haben kann, sondern das Wohl derer, die solche Unsummen für sie aufwenden.

Wir haben auch verstanden, daß eine Bank, wieviel Chrom und Marmor sie auch zur Schau stellt, nur von unserem Fleiß lebt. Wir sind diejenigen, die die Werte schöpfen und den Ertrag von ihr verwalten lassen. Täten wir das nicht, würde kein Bankinstitut mehr existieren.

Wenn wir eine gesunde Welt haben wollen, brauchen wir nicht auf die Unterstützung der Institutionen zu warten und schon gar nicht auf einen »starken Mann«. Diese wollen zwar auch keine kaputte Welt und kein kaputtes Meer, doch sind ihre Zwänge oft ärger und ihre Freiheiten oft geringer als die unseren.

Lassen wir uns also nicht beeindrucken oder gar indoktrinieren. Wenn wir die Sache selbst in die Hand nehmen, stehen die Chancen noch am besten, eine heilere Welt und ein wieder regenerierendes Meer zu schaffen.

Wir und die Staaten

Noch etwas Wesentliches können wir tun: Wir können den Staat beeinflussen. Zum einen natürlich mit dem Wahlzettel, zum anderen aber auch durch unsere gemeinsame Haltung.

Man erinnert sich, daß manches Ministerium für Umweltschutz nicht dank der weisen Voraussicht großer politischer Fraktionen entstand, sondern aufgrund bürgerlicher Unruhe.

Wir sind eben anders gemacht als unsere Staaten. Wir tragen die Sorge für die Zukunft in uns eingebaut. Das erkennt man daran, daß jede gesunde Familie danach trachtet, ihren Kindern Werte weiterzugeben, aber nicht minder solche wie Bildung und Gesundheit. Und manches geplagte Dasein rechtfertigt sich sogar damit, »daß es den Kindern einmal besser gehe«.

Das muß der Staat erst lernen – das heißt: aus den Zugzwängen der Legislaturperioden herauszukommen.

Man muß sich vor Augen halten, daß der Verantwortungsumfang und das Verantwortungsbewußtsein in unseren Institutionen negativ korrelieren. Die absicht-

liche Schädigung eines Nächsten gilt im Familienkreis als abscheulich, im Kreise der Staaten dagegen als eine Art von Vernunft, eben als »Staatsräson«.

Auch das haben Institutionen wie Staaten noch zu lernen. Doch das Problem unserer Zeit wirkt noch über die Staaten hinaus: ökologische Probleme kennen keine Staatsgrenzen, und wir werden unsere Staaten motivieren müssen, ihr Umweltgewissen wahrzunehmen und in geeigneten Gesetzen zu verankern.

Das würde letztlich auch der zwischenstaatlichen Verständigung zugute kommen.

Die immer effizienter werdenden internationalen Organisationen sind ein Zeichen dafür, daß dem internationalen Zusammenwirken der Staaten bereits ein umweltpolitisches Zusammenwirken gefolgt ist.

Wir dürfen nur den Mut nicht verlieren. Ich rate deshalb zu einem optimistischen Kultur-Pessimismus oder umgekehrt.

Die Zugzwänge, die es zu überwinden gilt, stimmen mich gewiß pessimistisch, doch als Biologe bin ich natürlich Optimist. Leben ist gemacht, um zu überleben.

In diesem Sinn mögen auch die Gärten des Poseidon, ebenso wie wir selbst und unsere Kultur, in diesem vernetzten System noch ihre Chance haben.

Sachregister

Adlerrochen *92*
Adria-Schleimfisch *62*
Aequorea 186
Aglaophenien *176*, 177
Algen 38-46, 225
Algen-Plankton 212
Anemonen 161
Arenikola 152
Assel 55
Asselspinne *55*
Auster 63
Ährenfisch 61, *62*
Ährenfisch, Großer *62*

Balanoglossus 152
Barsch 63
Bauchhaarlinge 110
Bärtierchen 110, *110*
Becherqualle, Zwergform der *111*
Beggiatoa 154
Blaualgen 154
Blaufische 190
Bohrschwamm 43, *43*
Borstenwürmer 144, 152, 161, *161*
Borstenwürmer (Larve) *184*, 186
Brauntange 45, *45*
Butt 91, *92*

Calaniden *185*
Cilliaten 110
Coccolithineen *182*
Cotylorhiza 187, 189, *189*
Crustaceenlarve *54*
Cylinderanemone 180
Cystoseiren *45*

Delphine 66, 193, 233
Drachenfisch 91, *92*

Eichelwürmer 152, *152*, 186
Eichelwürmer (Larve) *185*
Einsiedlerkrebse 144, *145*, 147, 219
Eisstern 60, *60*, 70, *70*
Endopsammon 93
Epiphyten 50, *50*, 71
Episammon 93

Fadenwürmer 110, 154
Fähnrich-Knurrhahn 94
Fechterhutlarve *183*
Felsengarnelen 56, *56*
Feuerqualle 205
Flohkrebs 102, 104
Flunder *92*

Garnele 63
Gastrotrichen 110, *110*
Geisbrasse, Große *61*
Geißelgarnelen 186, *186*
Gelbwangen-Schleimfisch *62*
Gespensterkrebs 54, *55*
Gnathostomuliden 153
Goldalgen 182
Goldstrieme 60, *60*
Gorgonien *176*
Grünalgen 45, *45*, 200
Grünel *191*

Haie 195, 196, *196*, 197, 218, 233
Heringsfische 190
Heringshaie 196, *196*
Herzigel, Kleiner *144*
Herzigel, Violetter *144*
Herzmuscheln 128, *129*
Heuschreckenkrebs, Großer 129, *130*, 147
Heuschreckenkrebse 159, *159*, 186
Heuschreckenkrebse (Larve) *184*
Hornkorallen 177, *178*, *179*

Hummer 141, *142*
Hydroiden 52, *52*, 53, *53*, 54, 97, 98, *98*, *99*, 144, 186
Hydromedusen *54*, *187*
Hydromedusen, Zwergform der *111*

Jakobs-Pilgermuscheln 129, *130*

Kalkschwamm *53*
Kalkschwamm (Larve) 186
Kammuscheln 144, *144*
Katzenhai 91, *91*
Käfer 39, *40*
Kiefermäuler 153, *153*, *154*
Kieselalgen 100, 183
Kleinkrebse 53
Kleinplankton 187
Kleinturbellarien 110, *110*
Klippenassel *42*, 43, *43*
Knurrhahn 93
Krabben 56, *56*, *57*, 59, 63, 129, 219
Krebse 42, 56, 100, *101*, 214, 218, 222
Krustenalgen 45, 47, 48, *48*
Kugelkrabbe 94, *94*

Langusten 141, *142*
Laterne des Aristoteles 72
Leuchtquallen 204, *204*, *205*, 206
Luida 70

Makrelen 190
Makrofauna 56
Maulwurfskrebs 147, *148*
Medusen 111, 186, 222
Meerbarben 93, *94*
Meerbrassen 60
Meeresstrand-Alant *40*
Meersalat *201*
Meiofauna 56
Menschenhaie 196, *196*
Mesopsammon 93
Mikrofauna 56
Mollusken 214
Moostiere 53, *53*, 98, 111
Moostierkolonie 97, *98*
Moostierlarve *54*
Mönchfisch 61, *61*
Muscheln 39, 93, *94*, 95, 128, 129, 218, 219
Muschelwächter *94*, 95
Mückenlarve 39, *41*

Napfschnecken 42, *96*, 97
Nemertesien 180, *180*
Nemertoderma 153, *154*
Neptungras 95, 96, 118
Nesseltiere 48, 52, 177, 187
Nesseltiere, gefiederte 177

Pantopoden 54, *55*
Panzeralgen 183, *183*
Pesce bianco 190
Pfeffermuscheln 129
Pfeifenfisch 100
Pfeilwürmer 53, *185*, 186, 222
Phytoplankton 212
Pierwurm *152*
Pilzhyphen 100
Pinguine 212
Pinselfüßer 104
Plankton 52, 97, *126*, 138, 162, 182, *182*, 186, 190, 197, 219
Planktonalgen 182
Pluteus-Larve 58, *59*
Podocoryna 186
Polypen 111, 186
Posidonia 98, *99*
Pseudoskorpion *103*, 104

Quallen 187, 189, 222

Retronectiden 154, *155*
Rhizostoma 187, *189*
Ringelbrasse *61*
Rochen 91, *91*, 218
Rotalgen 45, *46*

Röhrenwürmer 43, 163
Ruderfüßer 54, *55*, *101*, *185*, 186

Salpen *185*, 186
Sandhaie 196, *196*
Sandhüpfer 102, *103*
Sandkrabbe 129, *131*
Sandkrebs 147
Sandnelke, Gegitterte 40
Sardinen 63, 64, 190, *191*, 192, 197
Sardinenlarve *190*
Scheidenmuscheln 129
Scherenasseln 55
Schirmqualle (Entwicklungsstadium) *188*
Schirmquallen 186, *188*
Schlangensterne *132*, 133, 138, *139*, 143, 147, 148, 158, 160, *160*, 161, 163, 219, *219*
Schleimfische 62
Schnabeltier 21
Schnecken 54, *54*, 56, 100, *101*
Schnurwurm (Larve) 186
Scholle 63, 91
Schriftbarsch 62, *62*
Schwammlarve *142*, *183*
Schwämme 45, 48, 53, 97, *98*, *131*, 140, *140*, 141, 144, 153, 159, 161, 163, 219
Schwebgarnelen 186, *186*
Seegras, Großes 95
Seegras, Kleines 95, *95*
Seegurken *124*, 133, 139, *140*, 161
Seehahn, Gestreifter *94*
Seeigel 57, *57*, *68*, 68–72, *101*, 144, 186, 202, 214, *214*, 224
Seeigel (Larve) *184*
Seeigel, schwarzer 57, *57*
Seeigel, violetter *57*
Seeigel, Zellteilung 58, *59*
Seenadel 100, *101*
Seepocken 42, *42*, 186
Seepocken (Larve) *184*
Seescheide, Solitäre *141*
Seescheiden 111, 140, 141, *141*, 144, 163, 219
Seescheiden (Larve) *142*
Seespinne, Große 129, *130*
Seespinne, Kleine *130*
Seesterne 60, *60*, 142, 143, *143*, 144, *144*, 148, *160*, 161, 219
Seewespe 205, *205*
Seezunge 91
Sepia 93, *93*
Spitzbrasse *61*
Spritzwürmer *160*, 161
Stachelmakrelen 187, 190
Stechmückenlarve *41*
Stechrochen *92*
Steckmuschel 94, *94*, 95, *95*, 129, *130*
Steinseeigel 57, *58*
Sterngucker 91, *92*
Stilbonematinen 154, *155*
Stöcker *189*
Strandassel *103*, 104
Strandschnecke 40, *41*
Strudelwürmer 110, 153

Tange 213, *213*, 214, 224
Tanggras 95
Taschenkrebs, ital. *56*
Thunfisch, Großer 190, *191*
Thunfisch, Weißer 190, *191*
Thunfische 63, 190, 193, 195, 197, 233
Tima 186
Tintenfische 218
Trogmuscheln 129, *130*

Ulva lactuca 200
Ulva rigida 200

Veligerlarve *183*
Venusmuscheln 128, *129*

Wale 186
Wasserkäfer *41*
Wimperinfusorien 154

Wimpertierchen 110, *110*
Wrackbarsch 63, *63*
Wurzelfüßer *183*, 186
Würmer 147, 214, 218

Zackenbarsch, Brauner *62*, 63
Zanklea 186, *187*
Zooplankton *221*
Zooplankton (Larven) 222
Zooplankton, großes 212
Zooplankton, kleines 212
Zweibindenbrasse *61*
Zwergalgen *54*
Zwergkäfer *103*, 104
Zwergkoralle 53
Zwergplankton 182
Zwergseescheide *111*
Zylinderrose *159*, 160

Bildquellennachweis

Abkürzungen

Erich Abel (ea); Peter C. Dworschak (pd); Kurt Fedra (kf); Rupert Riedl: Fauna und Flora des Mittelmeeres. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin 1983 (ff); Heidi Grillitsch (hg); Reinhard Golebiowski (rg); Günther Hertweck (gh); Rupert Riedl: Biologie der Meereshöhlen. Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin 1966 (hö); Vinzenz Horvarth (vh); Kaderbilder (ka); Lilly Kikinger (lk); Reinhard Kikinger (rk); Martin Kreuzer (mk); Maria Mizzaro (mm); Foto Mutschlechner (mu); Rudolf Novak (rn); ORF-Photo (op); Jörg Ott (jo); Mary Parrish (mp); John Pearse (jp); Peter Peduzzi (pp); Peter Pervesler (pv); Marjan Richter (ri); Rupert Riedl (rr); Reinhard Rieger (re); Kurt Schaefer (ks); Heinz Splechtna (hs); Michael Stachowitsch (ms); Antonio Stefanon (st); Herbert Stradner (sh); Armin Svoboda (as); Wolfram Tertschnig (wt); Branko Velimirov (bv).

Zu diesem Buch

1: jp; 2: jo; 3: pd; 4: rg; 5: lk; 6: pd; 7: jo; 8: rr.

Zur Geschichte

1: Griechisches Fremdenverkehrszentrum, Wien; 2: Fotoarchiv Hirmer, München; 3: vh; 4: vh; 5: vh; 6: vh; 7: vh; 8: vh; 9: vh; 10: vh; 11: vh; 12: vh; 13: vh; 14: vh; 15: Ashmolean Museum, Oxford; 16: Privatarchiv; 17: Privatarchiv; 18: Privatarchiv; 19: hö; 20: Gottfried-Keller-Stiftung, Kunstmuseum Basel. Colorphoto Hans Hinz; 21: Öffentliche Kunstsammlung Basel, Kunstmuseum. Colorphoto Hans Hinz; 22: Kunsthalle Hamburg; 23: Ernst-Häckel-Haus, Jena; 24: Stazione zoologica, Neapel; 25: Stazione zoologica, Neapel; 26: Stazione zoologica, Neapel; 27: Stazione zoologica, Neapel; 28: Foto Mario Scippa, Neapel; 29: Hans Hass; 30: Ullstein Bilderdienst; 31: Jules Verne: Zwanzigtausend Meilen unter'm Meer. A. Hartleben's Verlag Wien - Pest - Leipzig 1875; 32: rr; 33: rr; 34: rr; 35: rr; 36: rr; 37: rr; 38: ks; 39: ks; 40: rr; 41: ks; 42: as; 43: as; 44: as; 45: jo.

Die Felsenwelt

1: rr; 2: ka; 3: ka; 4: rr; 5: rr; 6: rr; 7: hö; 8: ka; 9: vh; 10: rr; 11: rr; 12: rr; 13: jo; 14: pd; 15: rr; 16: hö; 17: as; 18: ff; 19: ff; 20: ka; 21: ka; 22: jo; 23: rr; 24: hö; 25: jo; 26: ka; 27: ff; 28: rr; 29: rr; 30: rr; 31: jo; 32: mu; 33: ea; 34: rk; 35: ff; 36: as; 37: as; 38: mm; 39: ff; 40: ka; 41: ka; 42: ka; 43: as; 44: hö; 45: vh; 46: as; 47: rr; 48: rr; 49: rr; 50: rr; 51: ka; 52: rk; 53: pp; 54: rn; 55: mm; 56: ff; 57: ff; 58: as; 59: mm; 60: ff; 61: ff; 62: ff; 63: ff; 64: ff; 65: ff; 66: ff; 67: hs; 68: ff; 69: mm; 70: ff; 71: rr; 72: mm; 73: ff; 74: mm; 75: ks; 76: rr; 77: ff; 78: ms; 79: ka; 80: ka; 81: Helena Curtis: Biology. Worth Publishers, New York 1968; 82: Helena Curtis: Biology. Worth Publishers, New York 1968; 83: rr; 84: ka; 85: ka; 86: ff; 87: as; 88: ff; 89: as; 90: rr; 91: ff; 92: ea; 93: ff; 94: ff; 95: rr; 96: as; 97: ff; 98: ff; 99: ri; 100: ka; 101: pd; 102: rr; 103: rr; 104: rr; 105: ka; 106: rr; 107: mk; 108: rr; 109: rr; 110: ka; 111: ka; 112: ms; 113: rr; 114: ka; 115: ka; 116: kf; 117: rr; 118: ka; 119: mk; 120: ka; 121: ka; 122: Alfred Kästner: Lehrbuch der speziellen Zoologie Teil I: Wirbellose. G. Fi-

scher Verlag, Jena 1963; 123: ms; 124: hg; 125: rr; 126: rr; 127: ka; 128: pd; 129: rr; 130: ka; 131: ka; 132: ka; 133: ka; 134: pd.

Die Welt des Sandes

1: pd; 2: rr; 3: rr; 4: rr; 5: vh; 6: rr; 7: ka; 8: jo; 9: jo; 10: rr; 11: rr; 12: pd; 13: pv; 14: Österreichische Nationalbibliothek, Wien; 15: Österreichische Nationalbibliothek, Wien; 16: Österreichische Nationalbibliothek, Wien; 17: ka; 18: ka; 19: vh; 20: ka; 21: ka; 22: ka; 23: mk; 24: pd; 25: wt; 26: ka; 27: ka; 28: ff; 29: as; 30: ff; 31: as; 32: ff; 33: Korschelt u. Heider: Vergleichende Entwicklungsgeschichte der Tiere. G. Fischer Verlag, Jena 1936; 34: rr; 35: rr; 36: ff; 37: as; 38: ff; 39: mm; 40: rr; 41: as; 42: mm; 43: wt; 44: ff; 45: wt; 46: vh; 47: wt; 48: rr; 49: hö; 50: hs; 51: rr; 52: rr; 53: as; 54: mm; 55: hs; 56: rr; 57: pp; 58: pp; 59: rn; 60: ff; 61: mm; 62: mm; 63: hs; 64: wt; 65: ka; 66: gh; 67: gh; 68: mk; 69: ff; 70: ka; 71: mk; 72: ff; 73: ff; 74: ff; 75: vh; 76: mk; 77: vh; 78: mk; 79: mk; 80: mk; 81: jo; 82: ka; 83: mk; 84: vh; 85: vh; 86: rr; 87: rr; 88: pd; 89: rk; 90: mk; 91: mk; 92: jo; 93: ff; 94: ff; 95: ff; 96: ff; 97: rn; 98: ff; 99: ff; 100: pd; 101: pd; 102: pd; 103: pd; 104: jo; 105: pd; 106: as; 107: wt; 108: vh; 109: vh; 110: vh; 111: ka; 112: ka; 113: op; 114: op; 115: ka; 116: vh; 117: ms; 118: ka; 119: ka; 120: Sandro Pignatti: Flora d'Italia. Edagricole, Bologna 1982; 121: ka; 122: ka; 123: mk; 124: ka; 125: rr.

Die Welt der Tiefe

1: vh; 2: rr; 3: ka; 4: rr; 5: ka; 6: ka; 7: rr; 8: jo; 9: vh; 10: ka; 11: st; 12: st; 13: rr; 14: rr; 15: rr; 16: rr; 17: ms; 18: mm; 19: rr; 20: mm; 21: ff; 22: mm; 23: rr; 24: jo; 25: jo; 26: jo; 27: as; 28: rr; 29: rr; 30: rr; 31: rr; 32: rr; 33: rr; 34: jo; 35: rr; 36: rr; 37: vh; 38: ka; 39: ka; 40: kf; 41: kf; 42: pd; 43: ms; 44: ms; 45: ka; 46: ka; 47: ka; 48: ka; 49: ka; 50: as; 51: ff; 52: ms; 53: ms; 54: kf; 55: kf; 56: as; 57: ff; 58: ff; 59: rr; 60: ff; 61: ff; 62: st; 63: st; 64: st; 65: st; 66: ff; 67: kf; 68: pd; 69: hs; 70: rr; 71: hs; 72: ff; 73: ms; 74: ms; 75: ms; 76: ms; 77: as; 78: ms; 79; mp; 80: ka; 81: pd; 82: pd; 83: pd; 84: pv; 85: ff; 86: ka; 87: pv; 88: rr; 89: mk; 90: ka; 91: rr; 92: mk; 93: vh; 94: mk; 95: pd; 96: vh; 97: ff; 98: ff; 99: ka; 100: re; 101: ff; 102: ff; 103: ff; 104: re; 105: mm; 106: ff; 107: Privatarchiv; 108: as; 109: ms; 110: ms; 111: ms; 112: rr; 113: ms; 114: ms; 115: ms; 116: ms; 117: ms; 118: ms; 119: ms; 120: ff; 121: ms; 122: ms; 123: ms; 124: ms; 125: ms; 126: ms; 127: vh; 128: vh; 129: vh; 130: vh; 131: ms; 132: vh; 133: ms; 134: ms.

Die Welt des Wasserkörpers

1: vh; 2: vh; 3: rr; 4: vh; 5: mk; 6: ka; 7: ka; 8: ka; 9: as; 10: as; 11: vh; 12: Archiv Aichelburg; 13: ka; 14: ka; 15: ka; 16: vh; 17: as; 18: ff; 19: rr; 20: wt; 21: ff; 22: as; 23: ka; 24: bv; 25: vh; 26: wt; 27: wt; 28: as; 29: vh; 30: ff; 31: rr; 32: rr; 33: ff; 34: sh; 35: sh; 36: ri; 37: ri; 38: ff; 39: ff; 40: ff; 41: rr; 42: rr; 43: ri; 44: rr; 45: rr; 46: ff; 47: rr; 48: rr; 49: ff; 50: ff; 51: rr; 52: ff; 53: ff; 54: rk; 55: lk; 56: rk; 57: rk; 58: as; 59: ff; 60: rr; 61: ff; 62: ff; 63: ff; 64: ff; 65: rr; 66: rr; 67: rr; 68: rr; 69: ff; 70: ka; 71: ka; 72: ka; 73: ka; 74: ka; 75: rr; 76: ka; 77: ri; 78: rr; 79: ff; 80: ff; 81: ka; 82: ka; 83: ka; 84: ka; 85: ka; 86: Esso Austria AG, Wien; 87: J. G. Ferguson Publ. Company, Chikago; 88: ff; 89: pd; 90: pd; 91: as; 92: ri; 93: ms; 94: ms; 95: ms; 96: ms; 97: ms; 98: ms; 99: ms; 100: ff; 101: rk; 102: ff; 103: ri; 104: ka; 105: ka; 106: mk; 107: vh; 108: rr.

Welt als vernetztes System

1: vh; 2: rk; 3: vh; 4: vh; 5: ka; 6: ka; 7: vh; 8: wt; 9: vh; 10: rr; 11: vh; 12: vh; 13: ms; 14: vh; 15: ms; 16: vh; 17: vh; 18: vh; 19: ms; 20: ka; 21: rr; 22: vh; 23: vh; 24: vh; 25: ms; 26: vh; 27: vh; 28: vh; 29: vh; 30: vh; 31: vh; 32: vh; 33: vh; 34: vh; 35: ri; 36: ri; 37: ri; 38: ka; 39: Foto Mario Scippa, Neapel; 40: Österreichische Nationalbibliothek, Wien; 41: Herb Steinberg, Time Inc.; 42: ea; 43: rr.

Das vorliegende Buch entstand nach der TV-Serie

Die Gärten des Poseidon

Wie lebt und stirbt das Mittelmeer

Buch
Rupert Riedl

Kamera
Alfred Vendl
Hans Hein
Kurt Jetmar

Ton
Martin Kreuzer
Hans Haiden
Herbert Giesser

Textgestaltung
Walter Köhler

Sprecher
Wolfgang Pampel

Wissenschaftliche Beratung
Reinhard Kikinger
Franz Luttenberger
Jörg Ott
Michael Stachowitsch

Produktionsleitung
Kurt Jetmar

Herstellungsleitung
Kurt J. Mrkwicka

Regie
Alfred Vendl

Redaktion
Alfred Payrleitner (ORF)
Wolfgang Homering (ZDF)

Eine Produktion von
ORF und ZDF
hergestellt von
MR-TV-Film Wien

Der Mittelmeerführer für Biologen und Naturfreunde

In diesem Buch werden mehr als 2000 Arten der Fauna und Flora, das sind 60 % aller festgestellten Mittelmeerarten, nach natürlichen Verwandtschaftsgruppen geordnet und mit über 30000 Merkmalen erfaßt. Dabei hilft ein mit Leitzahlen arbeitendes Übersichtssystem. Es führt zu den Gattungen und Arten über Systemgruppen, die für Forscher und Praktiker bedeutsamer sind als die niemals vollständig beschreibbaren Repräsentanten. 3500 Abbildungen unterstützen den Text, und erstmals wurden etwa 100 Verbreitungskarten als Anstoß zur weiteren Erforschung von Vorkommensgrenzen erstellt. Das bebilderte Sachlexikon im Anhang gibt Auskunft über Untersuchungs-, Hälterungs-, Versand- und Präparationsmethoden. Für Studium, Forschung, Lehre und Unterricht, für Aquarianer, Sammler und Taucher ein unentbehrliches Werk.

★ Rupert Riedl (Herausgeber und Bearbeiter): **Fauna und Flora des Mittelmeeres.** Ein systematischer Meeresführer für Biologen und Naturfreunde. In internationaler Zusammenarbeit von 20 Autoren. 3., neubearbeitete und erweiterte Auflage. 1983. 836 Seiten und 16 Farbtafeln; 3512 Abbildungen, davon 163 farbig, und 98 Verbreitungskarten; 2 farbige Übersichtskarten. Gebunden 148,– DM

Die ausführliche Monographie der Meereshöhlen

Diese richtungweisende Monographie eines marinen Lebensraumes beruht auf biologischen Untersuchungen mit Hilfe der Taucherei. Den Ausgangspunkt der Forschungen bildeten mehrere Expeditionen und nachfolgende Untersuchungen des Verfassers und seiner Mitarbeiter sowie verschiedene unterseeische Höhlenstudien kroatischer, italienischer und französischer Schulen. Sie haben aus einem zuvor gänzlich unerforschten einen der bestbekannten Lebensräume des Mediterrans gemacht und zudem eine Brücke zwischen Meereskunde und klassischer Höhlenforschung geschlagen. Mehr als 300 Textabbildungen und 16 einzigartige Farbtafeln geben einen vorzüglichen Eindruck von Lage, Größe und Struktur der behandelten Meereshöhlen, von den Verfahren und den Schwierigkeiten ihrer Erforschung sowie von dem faszinierenden Artenreichtum ihrer Bewohner. Es werden sowohl Lebensformtypen als auch Funktion und Herkunft von Lebensgemeinschaften in Meereshöhlen gezeigt und dadurch auch stammesgeschichtliche Probleme gelöst.

★ Rupert Riedl: **Biologie der Meereshöhlen.** Topographie, Faunistik und Ökologie eines unterseeischen Lebensraumes. Eine Monographie. 1966. 636 Seiten mit 350 Abbildungen, davon 22 farbig, und 30 Tabellen. Gebunden 198,– DM. (Auch erhältlich als kartonierte Studienausgabe für 68,– DM).

Beide Bücher sind durch jede Buchhandlung zu beziehen.
Verlag Paul Parey · Spitalerstraße 12 · D-2000 Hamburg 1

PAUL PAREY

»Ob das Mittelmeer mit seinen tiefliegenden Lebensproblemen eine Chance haben wird, das bleibt eine offene Frage. Eine Frage, die dem Leser selbst zu stellen ist.
Wenn es gelingt, ausreichend viele verantwortliche Menschen über die Zusammenhänge zu informieren und die Konsequenzen verständlich zu machen, so mögen die Gärten des Poseidon eine verbesserte Chance des Überlebens haben.«

Rupert Riedl, geboren 1925 in Wien, Studium der Medizin, Anthropologie und Biologie. 1948–1953 Leitung von Meeresexpeditionen, 1960 Professor für Zoologie in Wien, 1965 Professor an der University of North Carolina/USA, seit 1971 wieder Professor für Zoologie an der Universität Wien.

UEBERREUTER

Noch ist es nicht zu spät für die »Gärten des Poseidon«, für jenes sensible ökologische System, das als eines der gefährdetsten Meere der Welt gilt. Rupert Riedl weist Wege aus der ökologischen Krise des Mittelmeers und zeigt mit reichhaltigem Bildmaterial die Schönheit dieses Meeres und seiner Bewohner.

»Nach der gleichnamigen Fernsehserie von ORF und ZDF«

ISBN 3-8000-3330-5