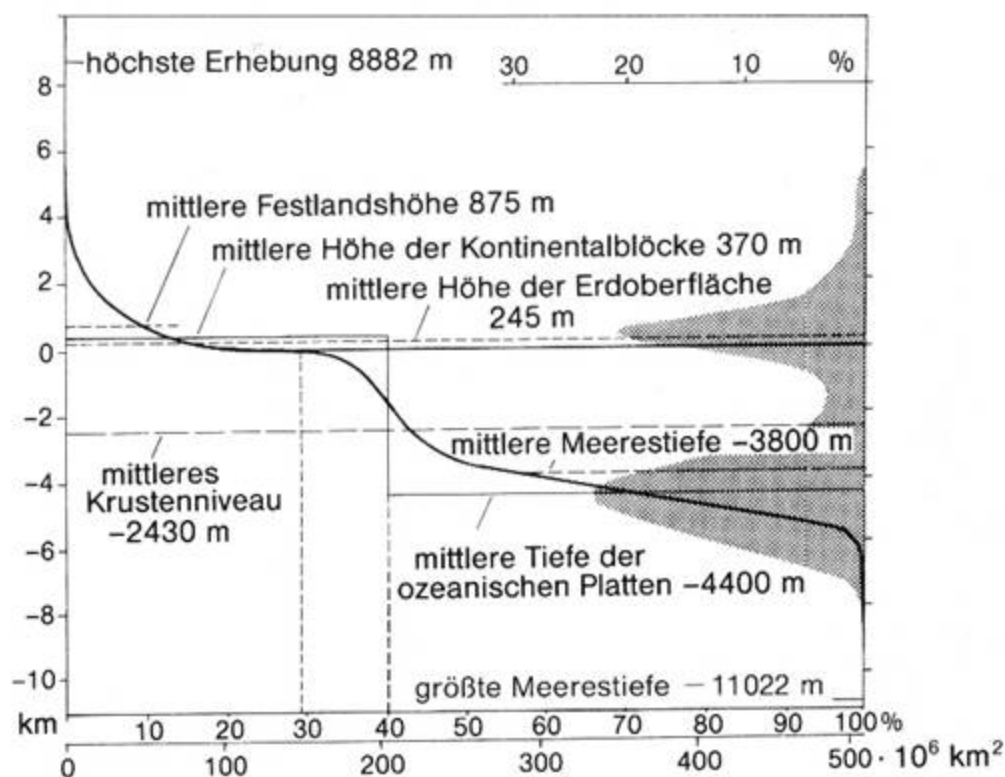


Abb. 4 Schnitt durch die Litho- und Asthenosphäre eines rekonstruierten Ozeans, dessen zwei benachbarte Platten im Bereich des mittelozeanischen Rückens (MR) auseinanderweichen (Pfeile). Die beiden ozeanischen Platten tauchen im Bereich der Tiefseegräben (TG) unter die kontinentalen Platten. Die Tiefseesenken (TG) sind flankiert von Vulkanen. Die Pfeile innerhalb der Asthenosphäre geben die vermutete Richtung der Konvektionsströmungen des zähflüssigen Magmas an (vgl. Abb. 2). BZ = Bruchzone; KS = Kontinentalsockel (shelf), TC = Canyon im Kontinentalsockel, gebildet durch einen Fluß, als der Meeresspiegel tiefer lag; VU = Vulkane.



Die hypsographische Kurve.

Die mittlere Höhe des über dem heutigen Meeresspiegel liegenden Landes (875 m), das 29,2% der Erdoberfläche einnimmt und die **mittlere Meerestiefe (-3800 m)** sind eingetragen. Das **mittlere Krustenniveau** (die Oberfläche der Erdkruste nach Einebnung aller Höhen und Tiefen) liegt bei **-2430 m**. Dieser »ideale Globus« wäre von einem Ozean bedeckt, dessen Tiefe 2675 m betrüge, da sein Spiegel 245 m über dem heutigen läge. Das entspricht gleichzeitig der mittleren Höhe der Erdoberfläche (= Land- und Wasseroberfläche). Rechts ist die Frequenzverteilung der Höhen und Tiefen dargestellt (beachte den unterschiedlichen Maßstab auf der Ordinate). Deutlich ist die mittlere Höhe der Kontinentalblöcke als das Maximum bei 370 m zu erkennen. Sie nehmen etwa 40% der Erdoberfläche ein und grenzen entlang der heutigen 1500 m-Isobathe an die ozeanischen Platten, deren mittleres Niveau bei -4400 m das zweite Maximum der Frequenzverteilung bildet.

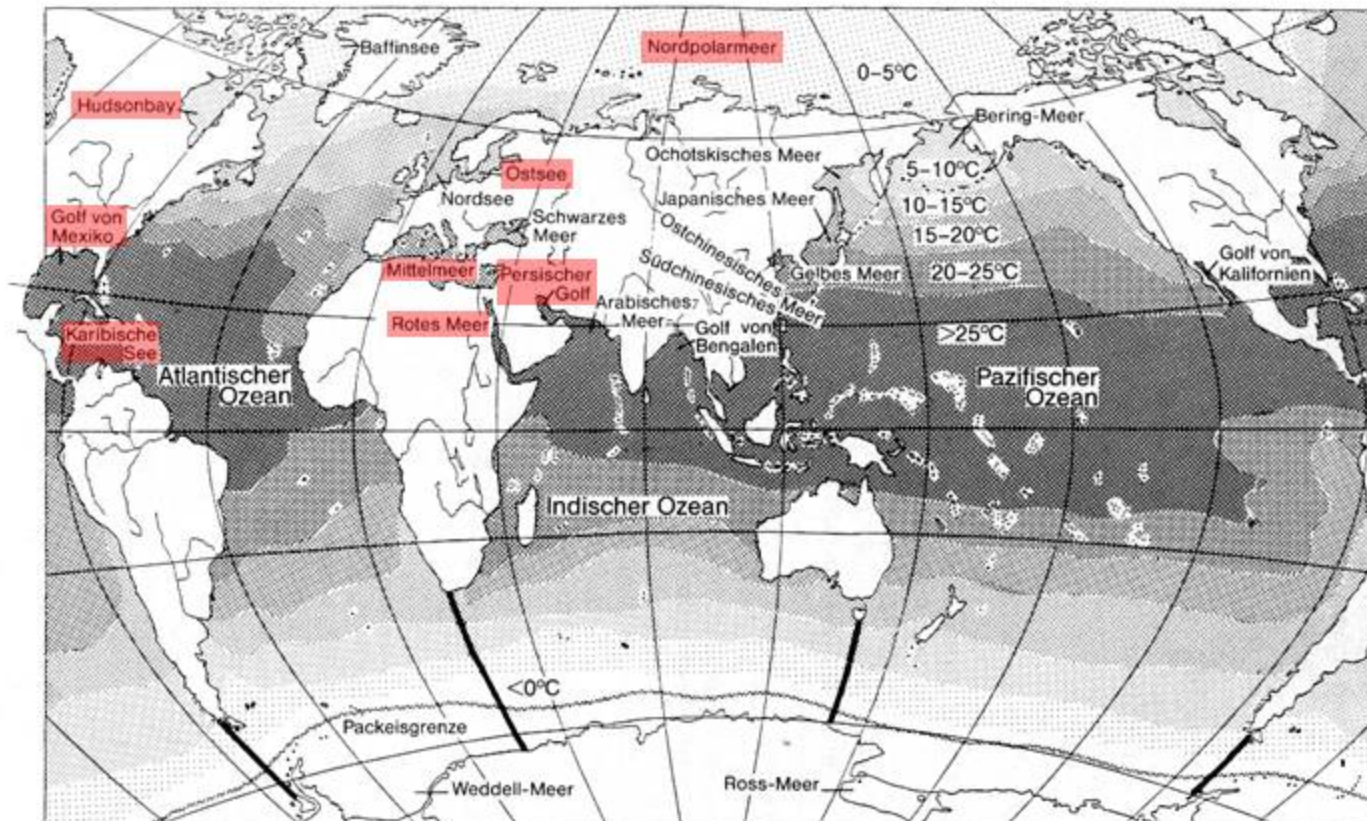
Das Weltmeer: Zwischen den 5 Kontinenten als eine Reihe von mehr oder weniger auffällig getrennten Becken.

Einteilung der Royal Geographical Society in London (1846):

1) 3 **OZEANE**: Wasserflächen, die sich zwischen den Kontinentalschollen Eurasiens, Afrikas, Amerikas, Australiens und der Antarktis ausdehnen



- 2) 9 **RANDMEERE**: Von den Ozeanen in die Kontinente vorstehende Buchten, deren Verbindung mit dem angrenzenden Ozean breit und offen geblieben sind. Randmeere sind oft von einzelnen Inseln oder ganzen Inselketten abgegrenzt.
- 3) 7 **MITTELMEERE**: Becken die durch ausgesprochene Meerengen von den Ozeanen abgesondert sind (siehe Grafik unten)



Flächen und Tiefen der Ozeane und Meere
(O = Ozean, M = Mittelmeer, R = Randmeer)

Geographische Bezeichnungen		Fläche in km ²	approx. Vol. in km ³	Tiefen in m	
				mittl.	max.
A. Atlantischer Raum		106 460 000	354 734 000	3332	9219
1. Atlantischer Ozean (Atlantik)	O	82 440 000	323 610 000	3926	9219 (1)
2. Arktisches Eismeer (arkt. Mittelmeer)	M	14 090 000	16 980 000	1205	5449
3. Hudson Bay	M	1 233 000	160 000	128	218
4. Amerikanisches Mittelmeer (Karibisches Meer und Golf von Mexiko)	M	4 320 000	9 570 000	2216	7448
5. Europäisches Mittelmeer	M	2 505 000	} 4 240 000	1429	5121 (2)
6. Schwarzes Meer	R	461 000		94	2245
7. Nordsee	R	600 000		55	665 (3)
8. Ostsee (Baltische See)	M	420 000	20 000		459
Übrige Bereiche		391 000	100 000		
B. Indischer Raum		74 120 000	291 940 000	3897	7724
9. Indischer Ozean	O	73 440 000	291 720 000	3963	7450 (4)
10. Persischer Golf	M	240 000	10 000	25	84
11. Rotes Meer	M	440 000	210 000	491	2359
C. Pazifischer Raum		174 864 000	727 700 000	4028	11033
12. Pazifischer Ozean (Pazifik)	O	165 250 000	707 560 000	4282	11033 (5)
13. Beringmeer	R	2 269 000	3 259 000	1437	5091
14. Ochotskisches Meer	R	1 528 000	1 279 000	838	3379
15. Japanisches Meer	R	1 008 000	1 361 000	1350	4225
16. Gelbes Meer	R	1 243 000			91
17. Ostchinesisches Meer	R	1 248 000	235 000	188	2719
18. Südchinesisches Meer	R	2 318 000			5559
Übrige Bereiche	R	6 917 000	11 477 000		

(1) Milwaukee-Tief im Puerto-Rico-Graben; (2) Kap Matapan; (3) Skagerrak; (4) Planet-Tief im Sunda-Graben; (5) Vitiaz-Tief im Marianengraben.

Die Meere stellen **ein Kontinuum** dar

Aber: Unterschiedliche Artenzusammensetzungen

Unterschiedliche lokale Verhältnisse

Definition von Meerestypen ist wenig zufriedenstellend

Wechselbeziehungen zw. MEER und LAND

Nordhalbkugel: Land : Meer = 1 : 1

Südhalbkugel: Land : Meer = 1 : 8

Wechselwirkungen: - Klima
- Wasserregime

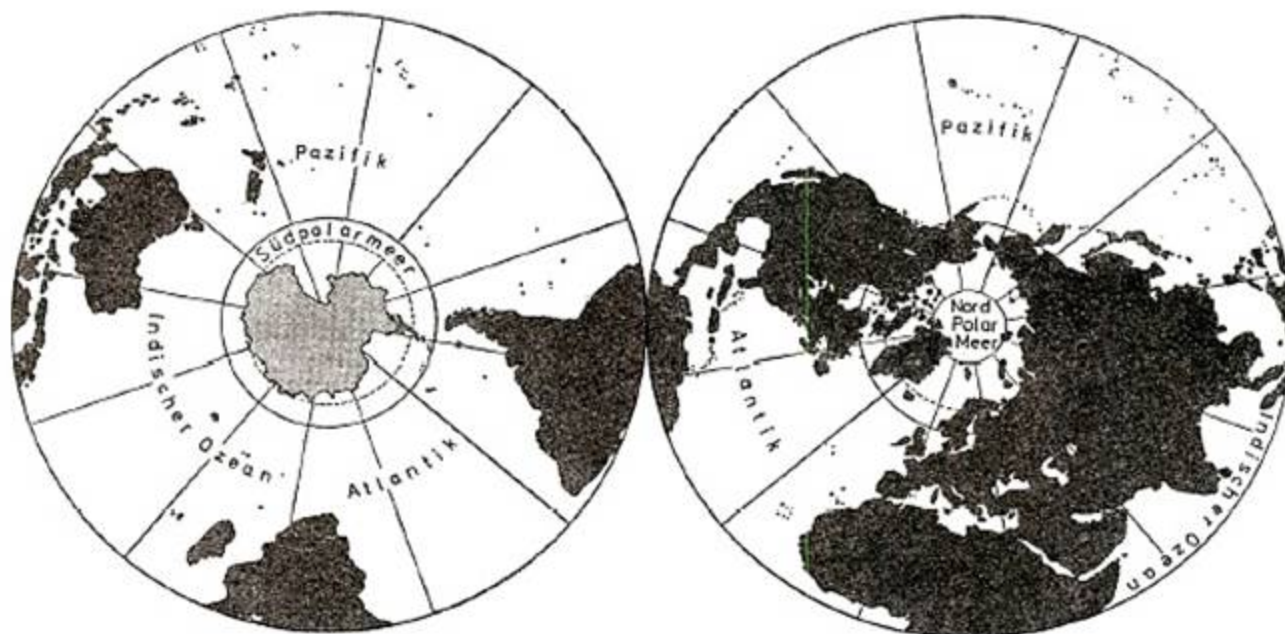
Wechselbeziehungen zw. den Ozeanen (mit Beispielen)

- Austausch von Wassermassen ist unterschiedlich
- Tiefen- und Bodenwasser aller Ozeane stammt im wesentlichen aus der Arktis und der Antarktis
- Antarktisches zirkumpolares Wasser mit seinen atlantischen und indischen Komponenten dringt in den Pazifischen Ozean vor.
- Barrieren gegen den vollständig freien Austausch der Fauna und Flora:
Temperatur, Tiefe, Druck, Bodenbeschaffenheit, Nahrungsangebot

Sogar **Meere auf der selben geografischen Breite** oder im selben Klimagürtel unterscheiden sich erheblich. Ursachen liegen zum Beispiel in der Verteilung der Kontinente und Inseln, die die Meeresströmungen beeinflussen und teils durch den Verlauf der Tiefseegräben und untermeerischen Rücken.

Nordpolarmeer: Im Süden ringsum von Land umgeben

Südpolarmeer: Rings um einen Kontinent und nach Norden offen zu den Ozeanen



Ein Beispiel:

Unterschiedliche Lebensgemeinschaften in der oberen Starklichtzone an der Küste auf Grund unterschiedlicher jahreszeitlicher Hydrodynamik



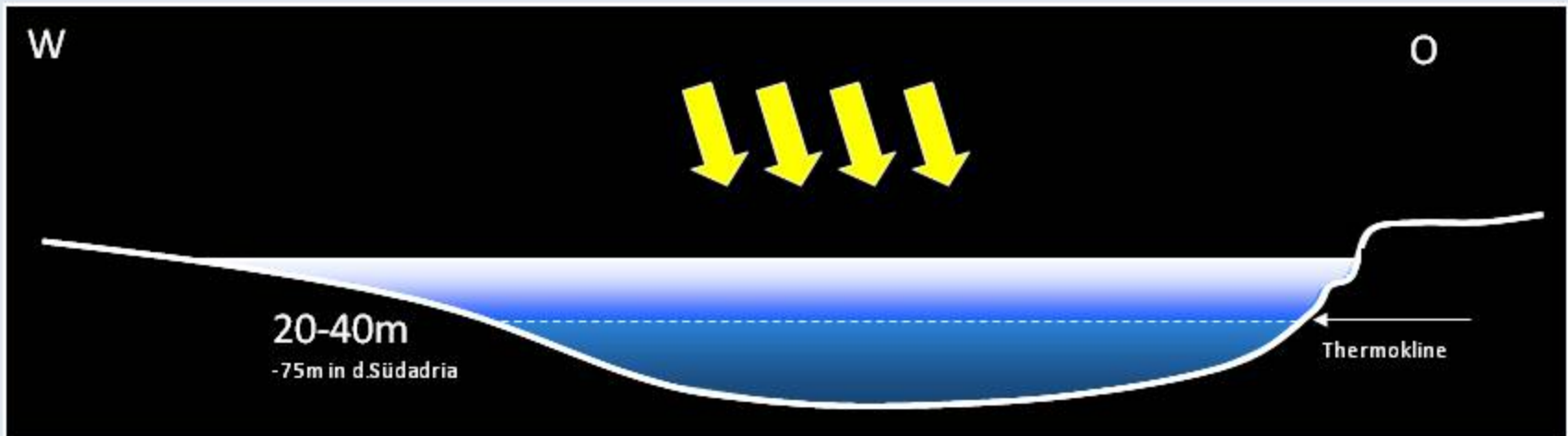
Fotos: G. Gretschel

Felsiger Boden mit Algenbewuchs.
Nordadria – Subtropisch, gemäßigtes Klima

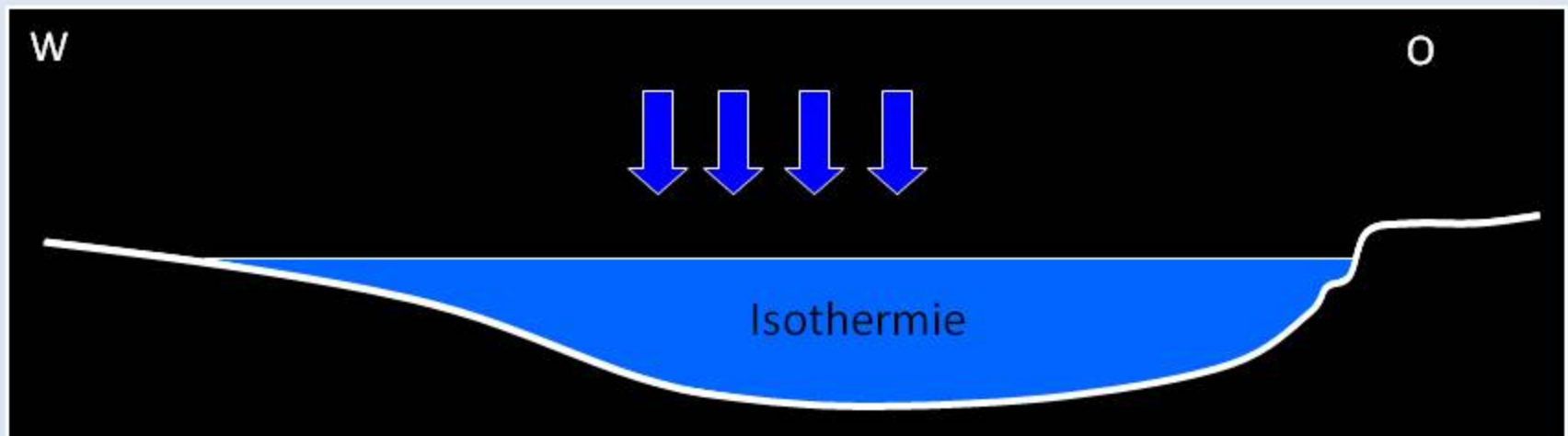
Korallenriff. Rotes Meer
Tropisches Klima

Jahreszeitliche Hydrodynamik – am Beispiel der Adria

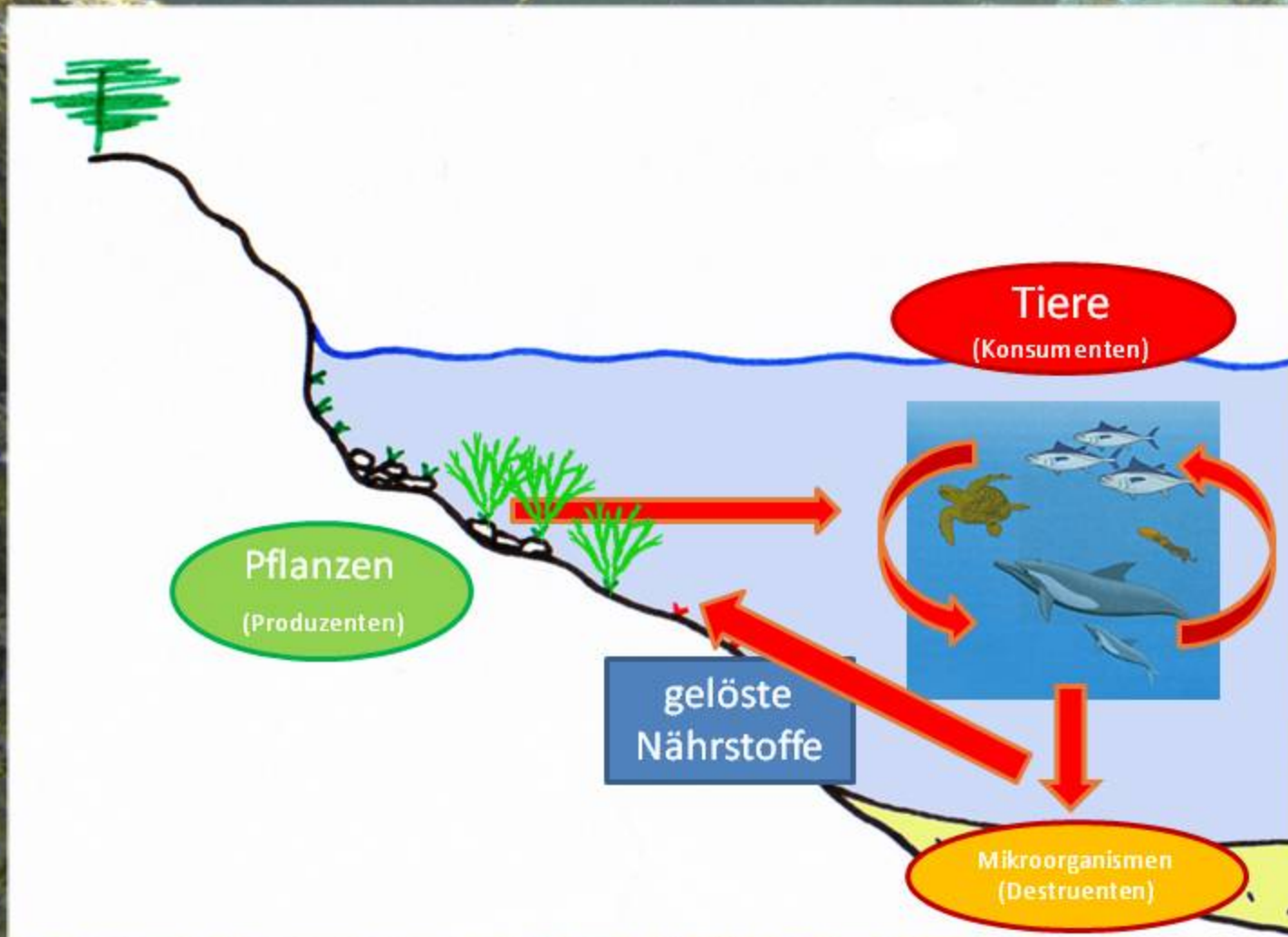
Sommer



Winter

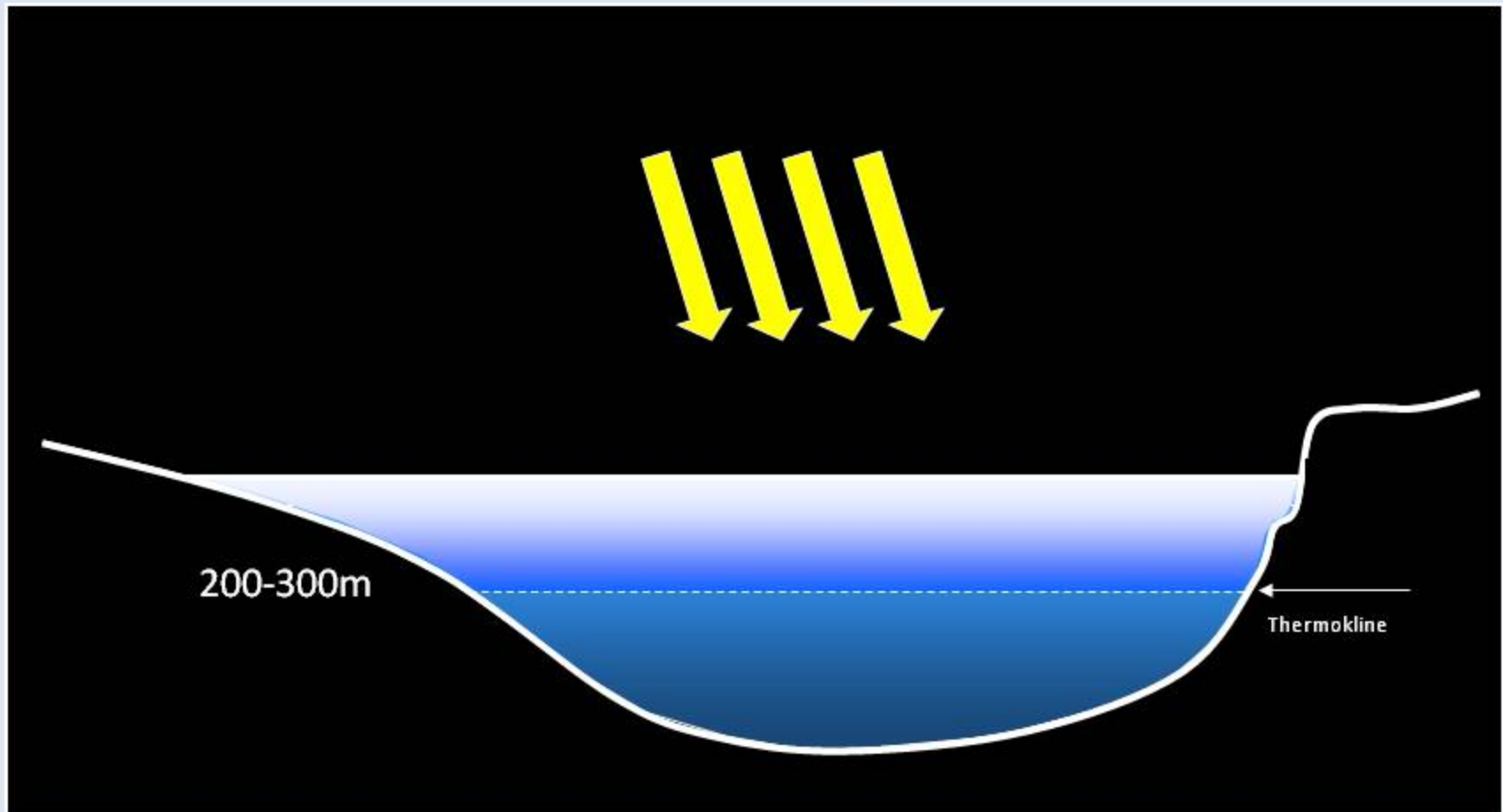


Auswirkungen auf die Küstenlebensgemeinschaften

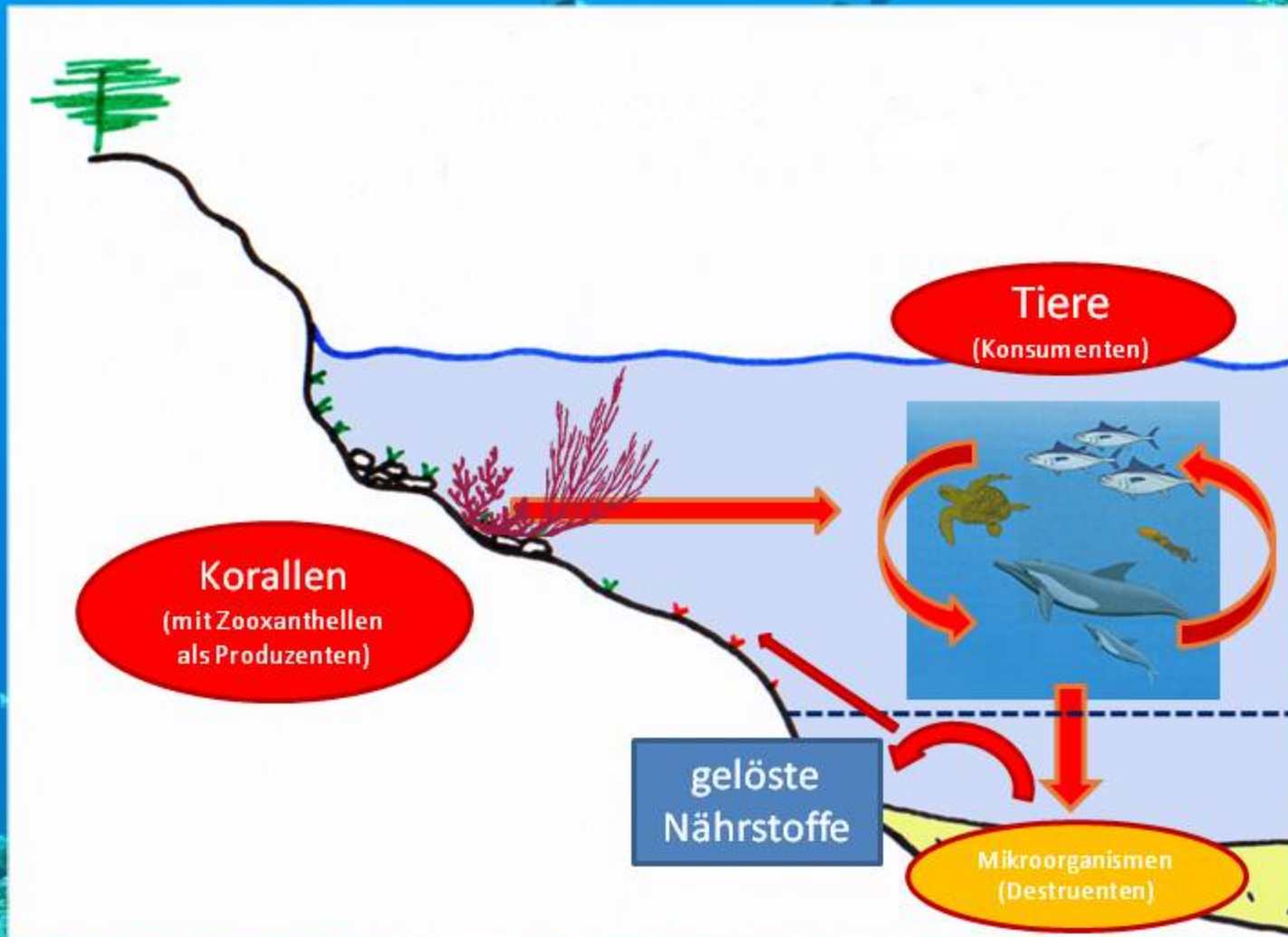


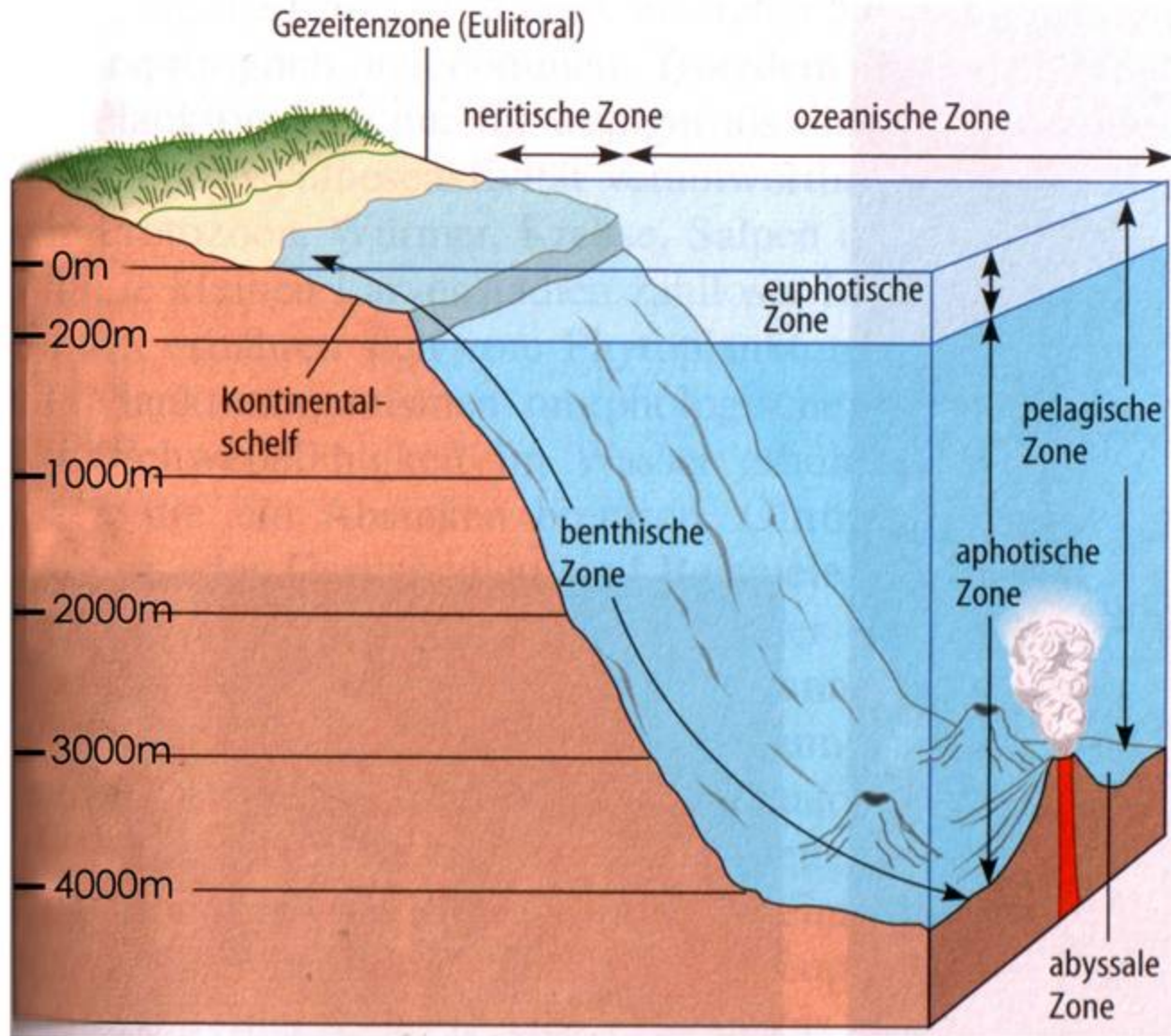
Jahreszeitliche Hydrodynamik – Meer im tropischen Klimagürtel

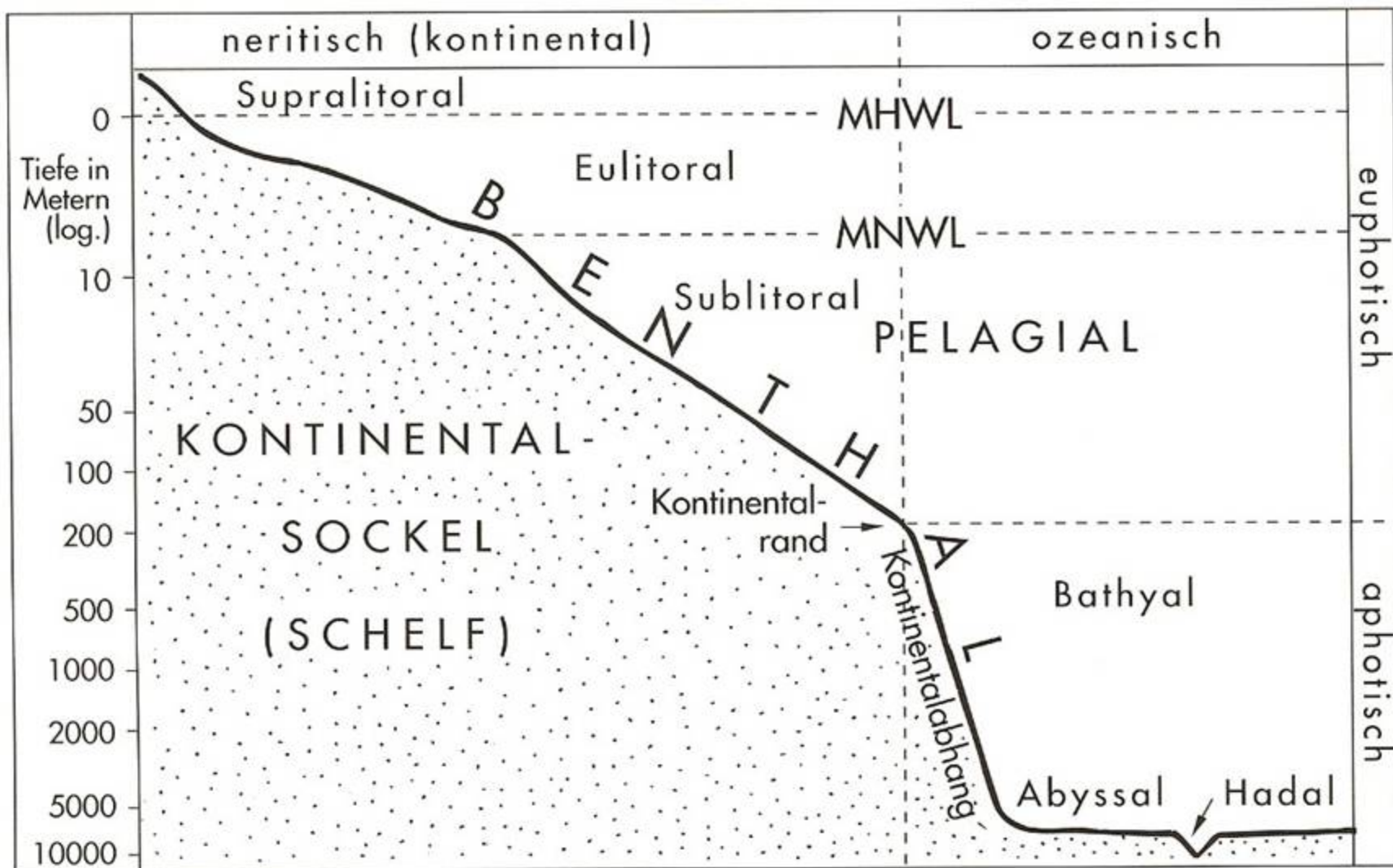
Das ganze Jahr starke
Sonneneinstrahlung



Auswirkungen auf die Küstenlebensgemeinschaften



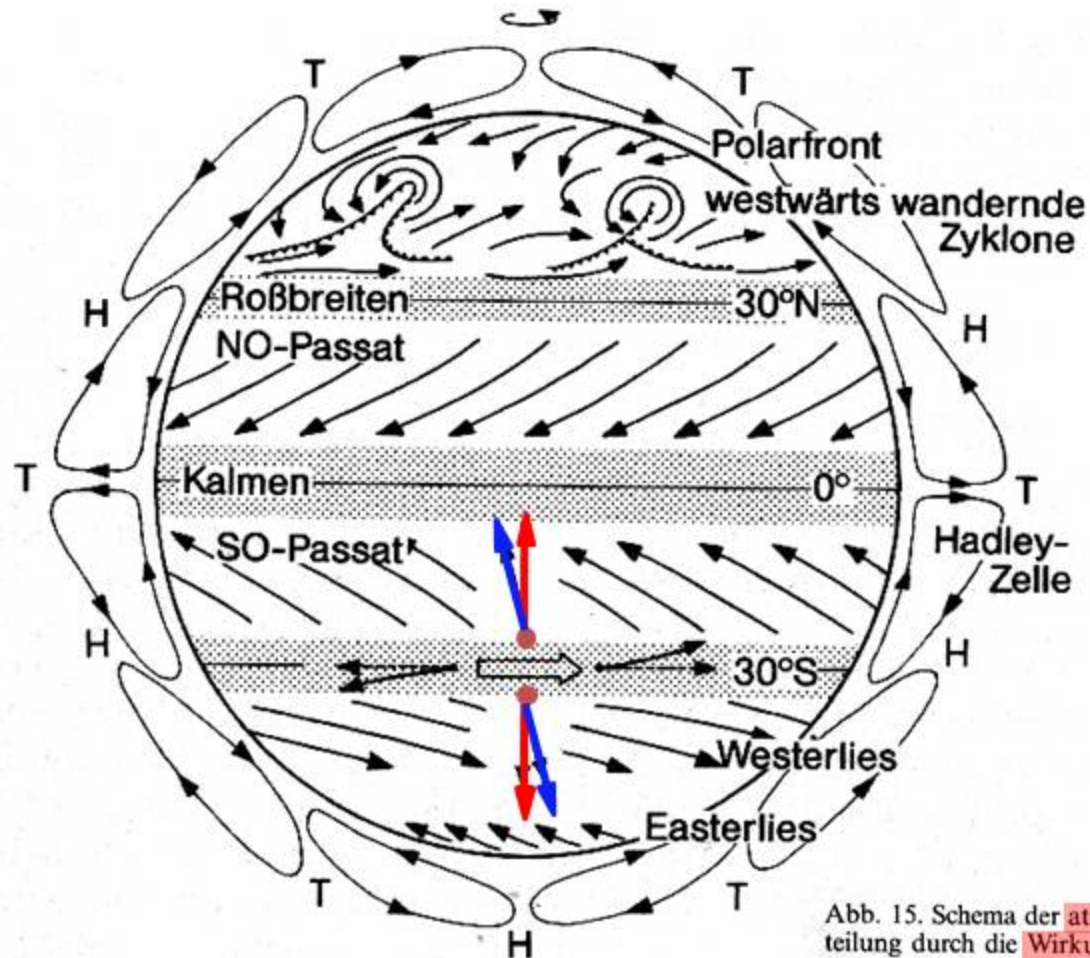




Vertikale Gliederung des marinen Lebensraumes.

(MHWL = Mittlere Hochwasserlinie, MNWL = Mittlere Niedrigwasserlinie)

Luftzirkulationen der Atmosphäre (Winde)



Ablenkung eines Luftteilchens auf Grund der Coriolisbeschleunigung:

- Auf der Nordhalbkugel nach rechts
- Auf der Südhalbkugel nach links

Roter Pfeil = ursprüngliche Bewegungsrichtung

Blauer Pfeil = Tatsächliche Bewegungsrichtung

Abb. 15. Schema der atmosphärischen Zirkulationen und der zonalen Windverteilung durch die Wirkung der Coriolis-Beschleunigung, die an der Ablenkung eines Massenpunktes von seiner ursprünglichen Beschleunigungsrichtung (gestrichelte Pfeile) bei etwa 30° auf der Südhalbkugel dargestellt ist. Die Westerlies sind auf der Südhalbkugel als zirkumantarktischer Windgürtel ausgebildet, auf der Nordhalbkugel bewirken die Landmassen die Ausbildung der komplizierten westwärts wandernden Tiefdrucksysteme (Zyklone).

Blaue Pfeile Windrichtungen
Rote Pfeile Wasserbewegung

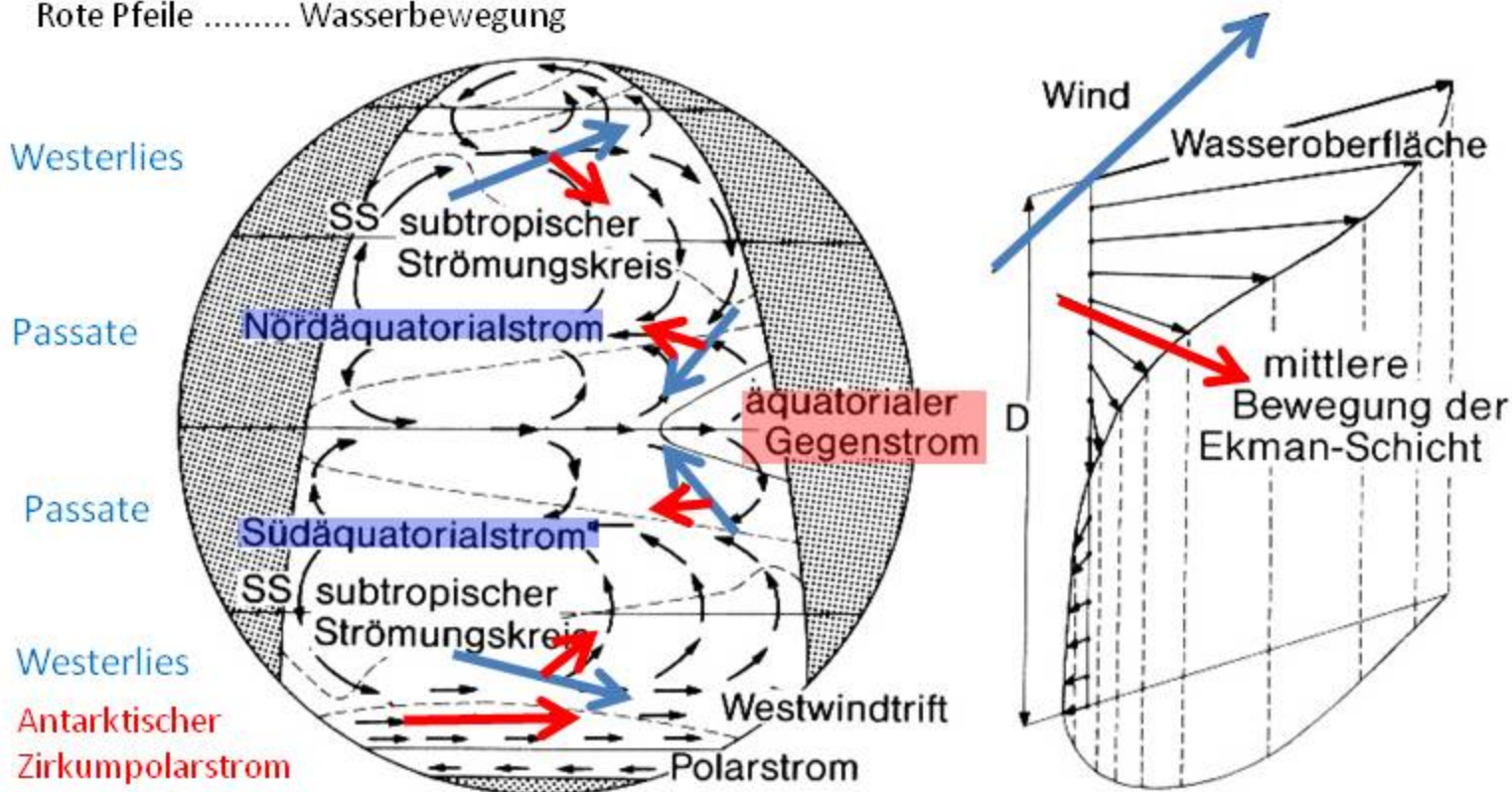
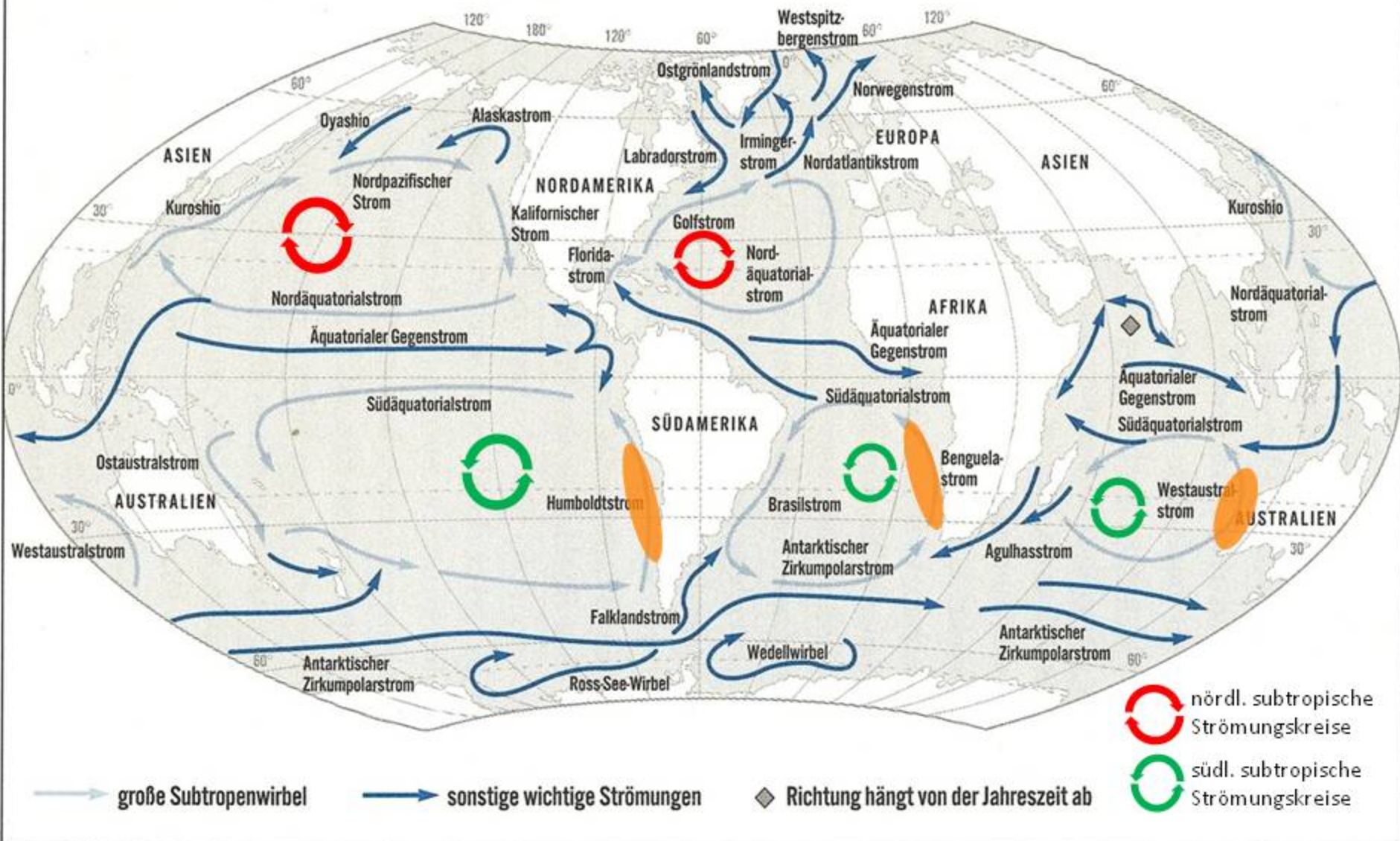
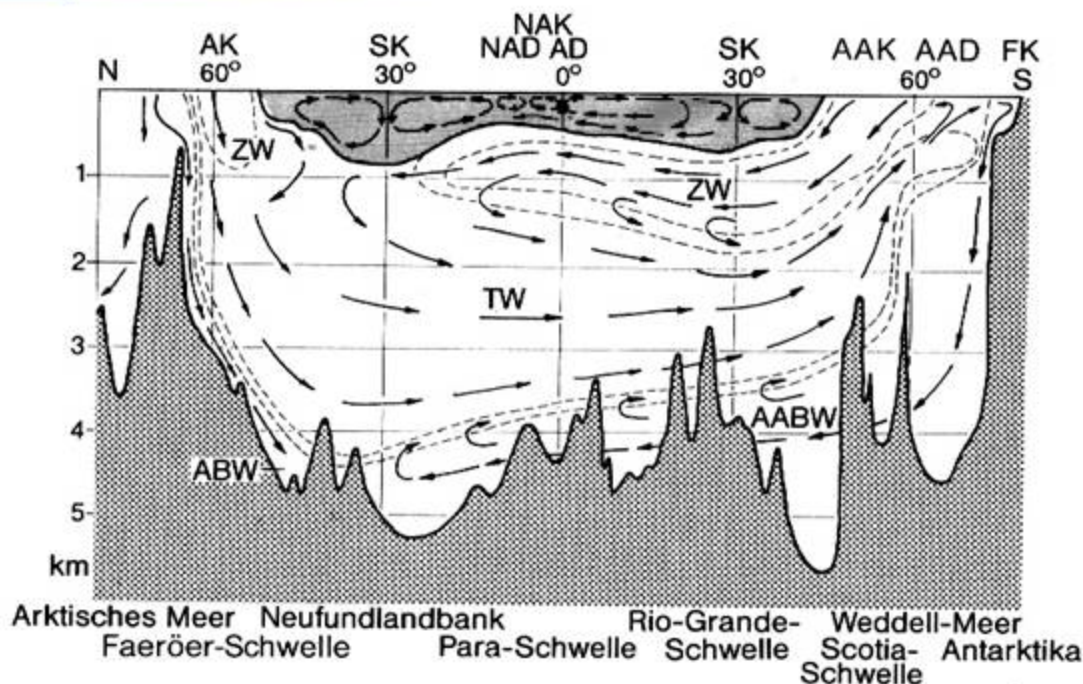


Abb. 16. Schema der windgetriebenen Oberflächenströmungen (links) in einem von N-S-verlaufenden Kontinenten begrenzten Ozean und der Verlauf der Isothermen (gestrichelt) aufgrund der Bewegung relativ warmer Wassermassen polwärts und relativ kalter äquatorwärts (siehe auch Abb. 13). Rechts sind die Strömungsvektoren in verschiedenen Tiefen innerhalb der windgetriebenen oberflächennahen Schicht (Ekman-Schicht) dargestellt. An der Oberfläche bewegt sich das Wasser ca. 45° zur Windrichtung, in der Tiefe gegen die Oberflächenrichtung. Die mittlere Bewegung der Wasserschicht ist etwa normal zur Windrichtung. SS = Strahlströme an der Westseite des Ozeans.

Meeresströmungen

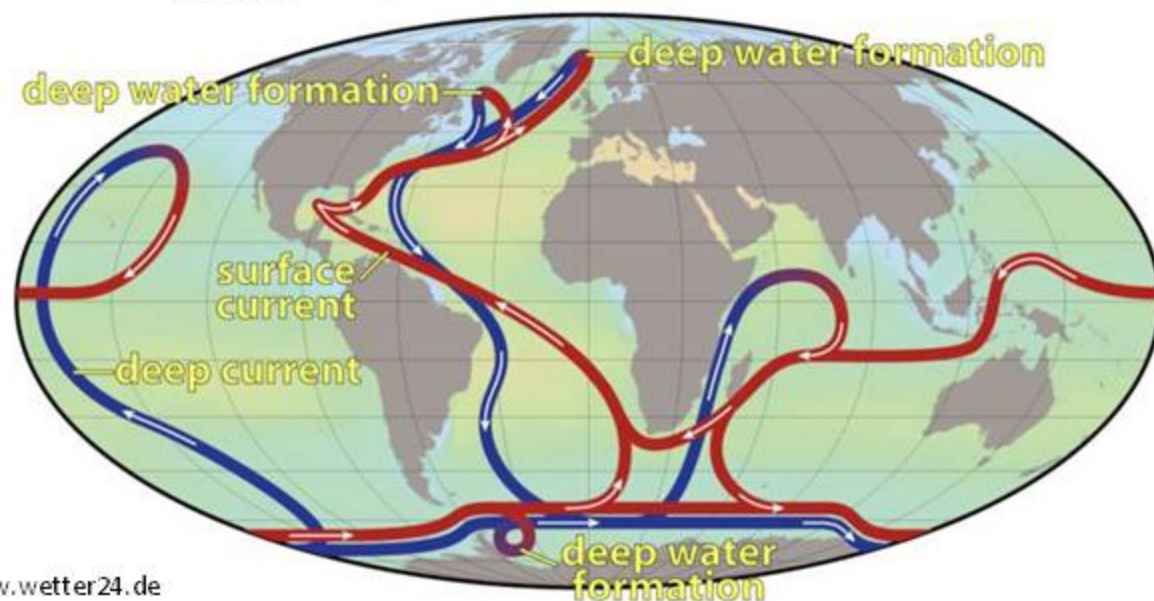




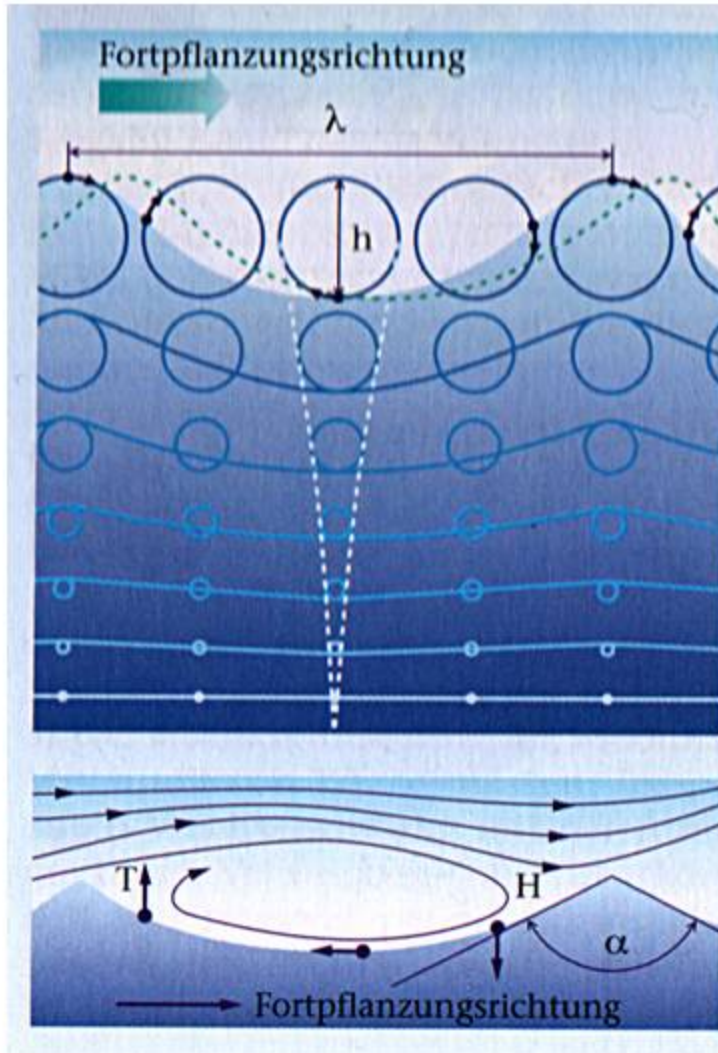
AAD = Antarktische Divergenz
 AK = Arktische Konvergenz
 AAK = Antarktische Konvergenz
 SK = Subtropische Konvergenz
 AD = Äquatoriale Divergenz

aus J. Ott

Das "conveyor-belt"-Modell von Gordon (1986) und Broecker (1987) faßt bekannte ozeanographische Strömungsmuster an der Oberfläche des Ozeans und in der Tiefe als Bestandteile eines globalen und in sich geschlossenen thermohalin angetriebenen Strömungskreislaufs auf.



Das Prinzip der Wellenbewegung

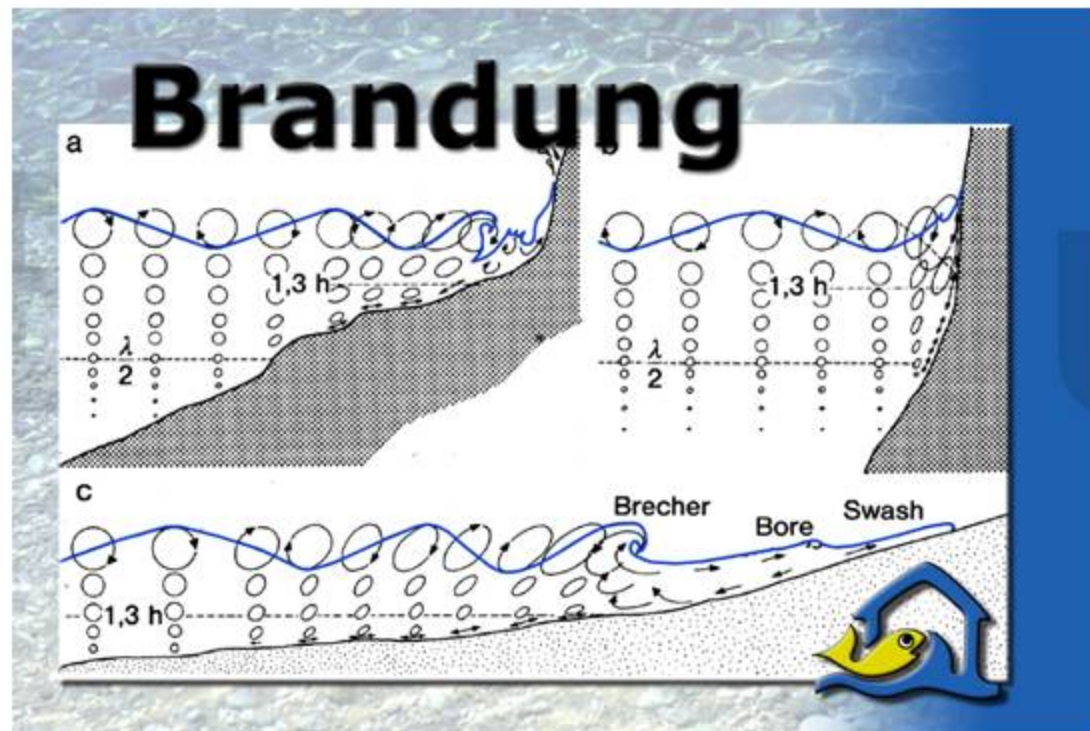


Entstehung von Wellen



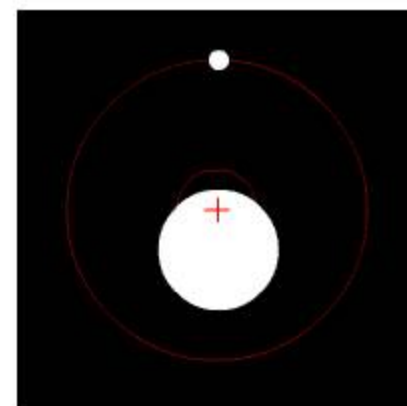
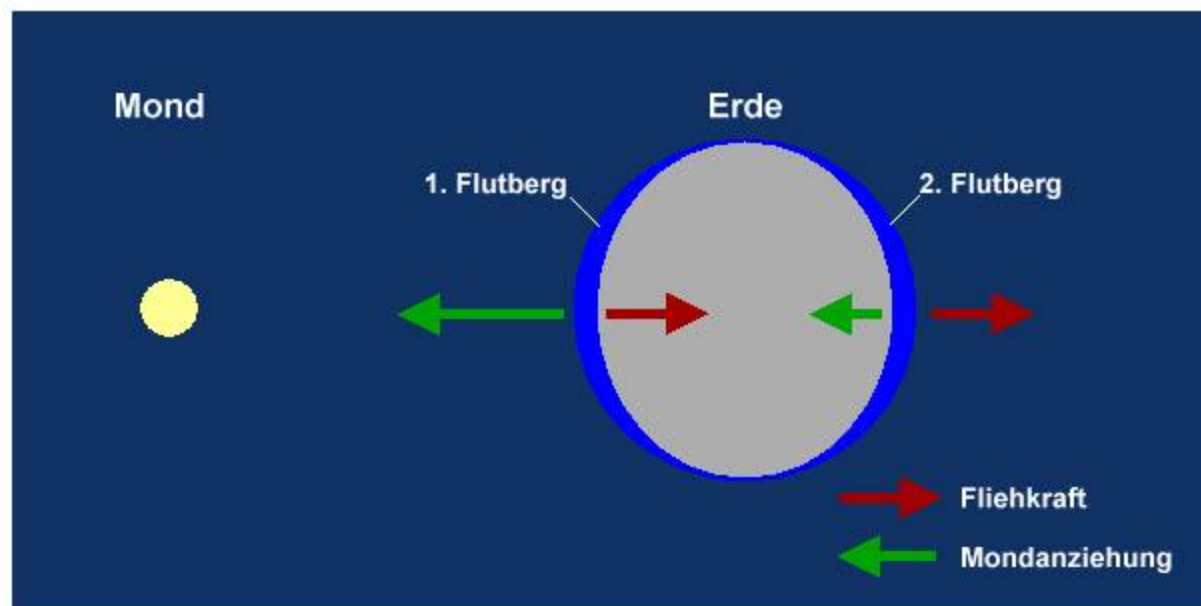
Auswirkungen von Wellen

- Auf offener See: Durchmischung der oberen Wasserschichten
- An der Küste:
 - Zonierung der Biotope (Supra-, Eu- und oberes Sublitoral)
 - Gestaltung der Küstenlinie
 - Sedimentation bzw. Sedimentverteilung
 - Ausprägung sessiler Organismen (z.B. Vorhandensein, Wuchsform)



nach J. Ott

Erde und Mond kreisen in einem Monat um einen gemeinsamen Schwerpunkt. Dieser Schwerpunkt befindet sich wegen der großen Masse der Erde noch im Erdinnern (siehe schwarze Grafik).



Grafik: Mario Lehwald www.seewetter-kiel.de

Bei jeder Rotationsbewegung entsteht eine Fliehkraft, die immer radial vom Zentrum der Rotation weggerichtet ist. In unserem Fall ist diese Fliehkraft stets gleichgroß und immer vom Mond weggerichtet. Auf der mondzugewandten Erdseite ist die Anziehungskraft des Mondes am stärksten. Sie ist stärker als die Fliehkraft (die vom Mond wegzeigt) und dadurch bildet sich hier ein sogenannter Flutberg, der immer zum Mond hin zeigt. Auf der mondabgewandten Erdseite ist die Anziehungskraft des Mondes etwas schwächer. Dafür ist hier die Fliehkraft stärker und es bildet sich ein zweiter Flutberg der immer vom Mond wegzeigt.

Durch komplizierte Wechselwirkungen zwischen den ablenkenden Kräften (Coriolis-Beschleunigung und Reibung), hydrodynamischen Eigenschaften und der Topographie der Meeresbecken kommt es zur **Wellenbildung**

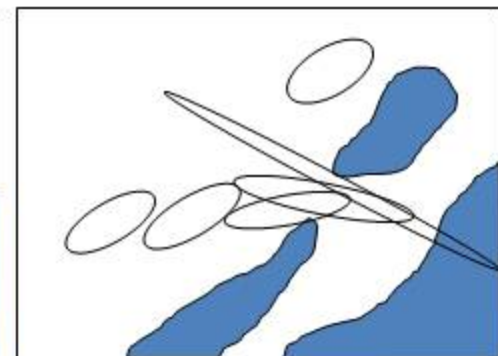
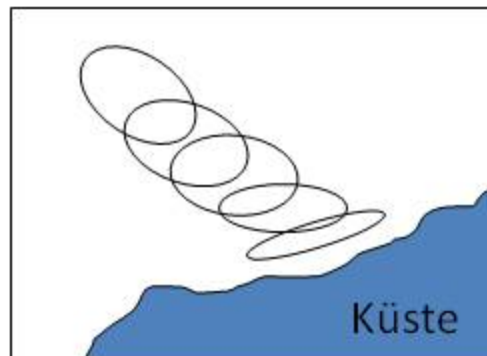
Es entstehen extrem lange Wellen mit großer Fortpflanzungsgeschwindigkeit (50-200km; ca 50km/h). Die Amplitude entspricht dem **Tidenhub**

Die Wasserversetzung im Zuge der Gezeit bedingt **komplizierte Strömungserscheinungen**

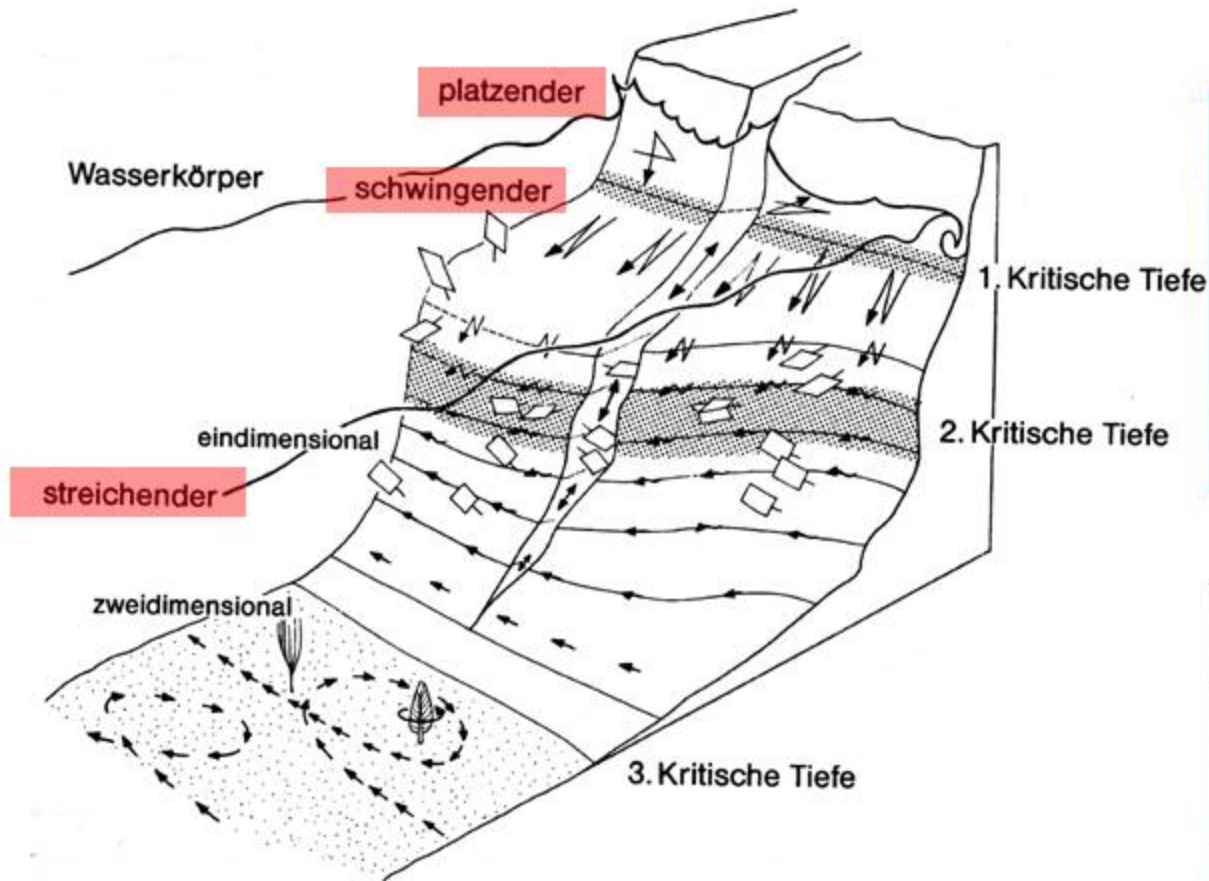
Im einfachsten Fall sind die täglichen Stromfiguren (die Verbindungslinie der Spitzen der Stromvektoren, die vom Koordinatenschnittpunkt ausgehen) Ellipsen.

Die Geschwindigkeit der **Gezeitenströmungen** ist im allgemeinen höher als die der wind- und dichtegetriebenen Strömungen (1 bis mehrere Meter pro Sekunde)

Strömungsfiguren:



Die Wasserbewegung als ökologischer Faktor und seine unterschiedlichen Muster.
Ausrichtung der planaren Filterstrukturen von passiven Suspensionsfressern.

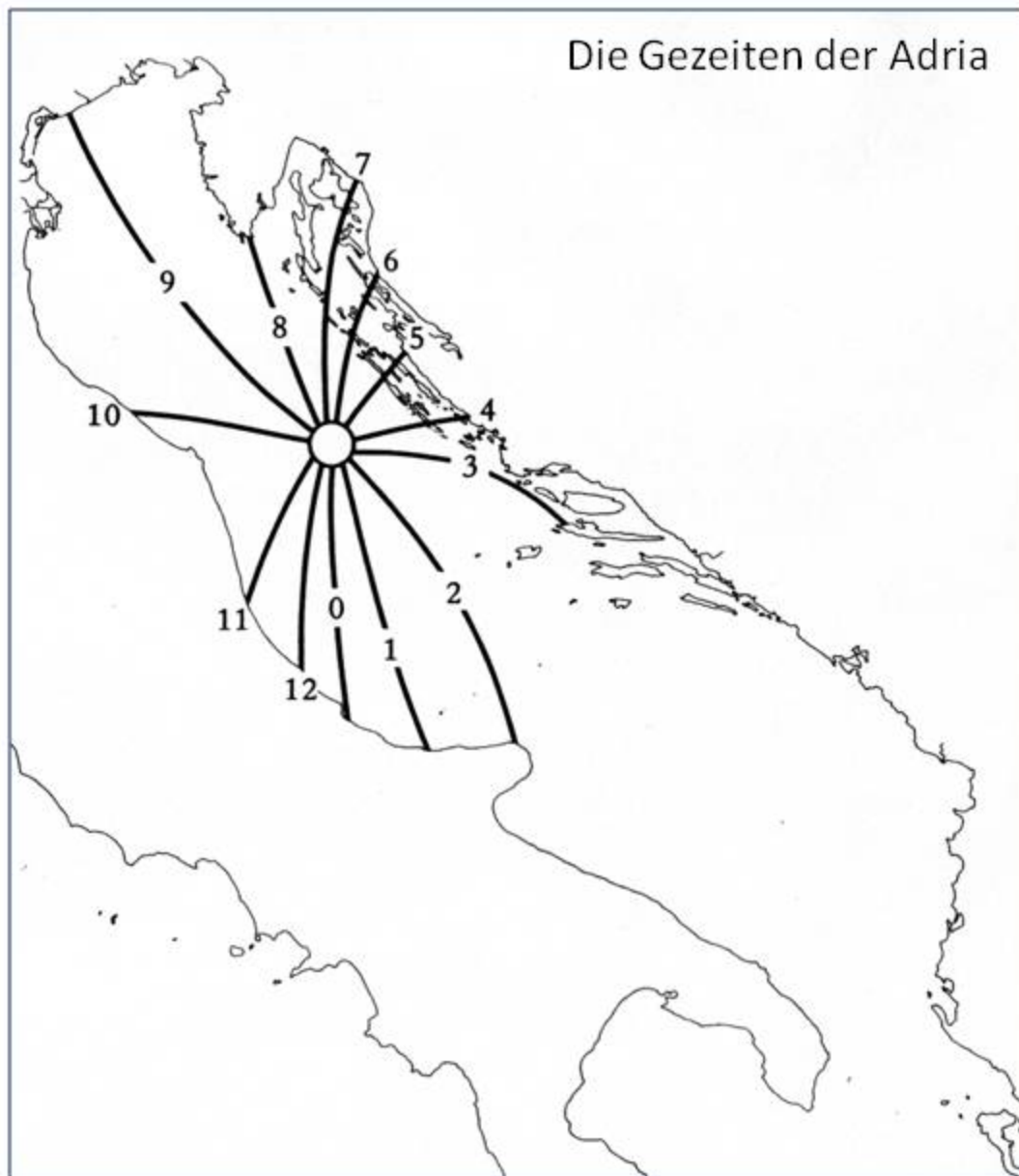


Eunicella cavolinii



Lanice conchilega

Die Gezeiten der Adria

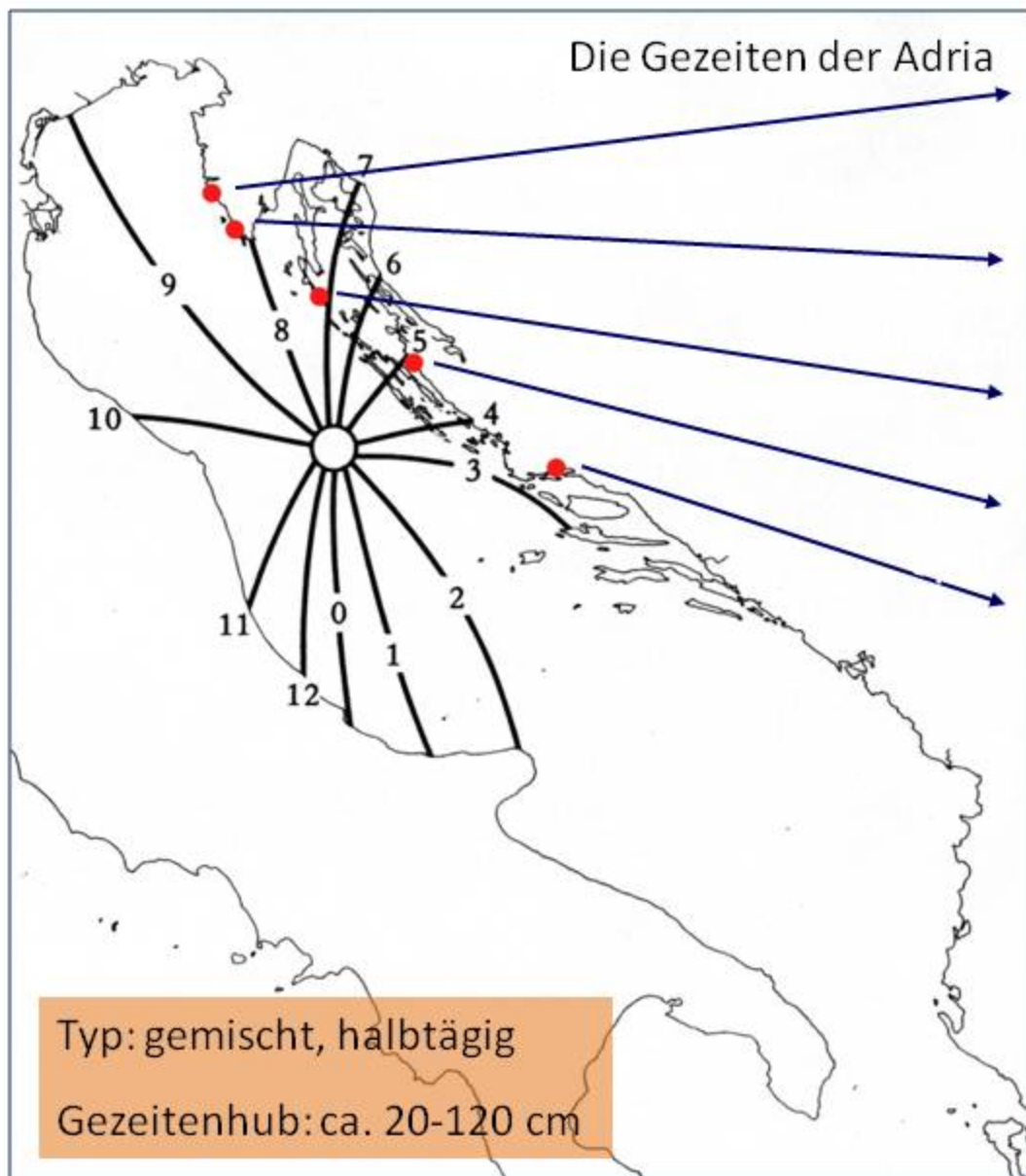
**Flutstundenlinie:**

Verbindungsline aller Orte
gleichzeitigen Hochwassereintritts

Amphidromer Punkt:

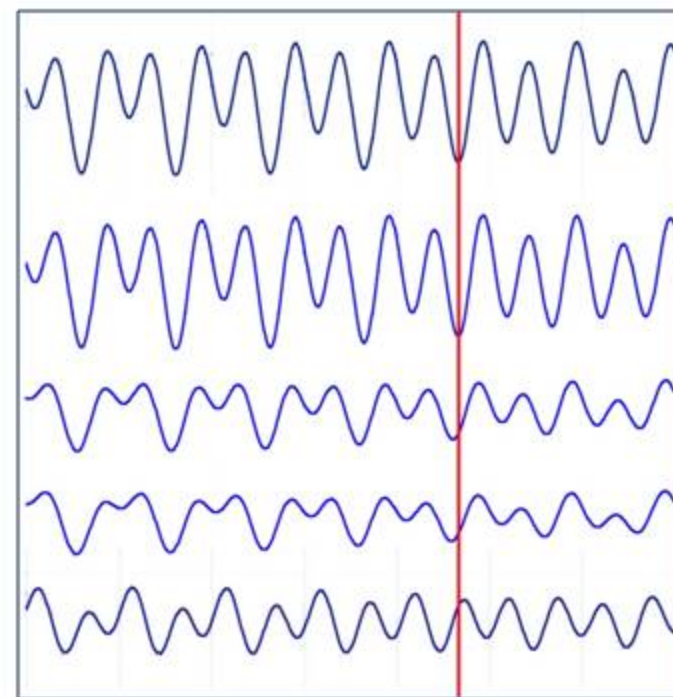
In der Nähe des Amphidromen
Punktes ist der Tidenhub minimal.
Mit steigender Entfernung wächst
er an

Die Gezeiten der Adria



Typ: gemischt, halbtägig

Gezeitenhub: ca. 20-120 cm



05. März 2007 16:00

Flutstundenlinie:

Verbindungsline aller Orte
gleichzeitigen Hochwassereintritts

Amphidromer Punkt:

In der Nähe des Amphidromen
Punktes ist der Tidenhub minimal.
Mit steigender Entfernung wächst
er an

Angabe in **Gramm Salze je Liter Meereswasser** (in ‰ ausgedrückt).

Salze, organische Substanzen und Gase.

Prinzipiell sind die Salze **jedes chemischen Elements** enthalten, oft allerdings in kaum nachweisbaren Dichten. **5 Kationen** und **6 Anionen** bilden **99,9%** der im Meerwasser gelösten Salze (siehe Tabelle). Alle Anteile sind in allen Meeren in sehr **hoher Konstanz** enthalten. Es genügt einen Anteil zu bestimmen (z.B. Chlor) und man kann daraus auf die restlichen Anteile schließen. Meerwasser reagiert schwach alkalisch (**pH=8,1-8,2**) und besitzt ein **gutes Pufferungsvermögen** gegen zusätzliche Säuren und Basen.

Die wichtigsten Bestandteile des Meersalzes

	Konzentration (g · l ⁻¹ bei 35 ‰)	Prozent (des Gesamtsalzgehalts)
Anionen		
Chlorid Cl ⁻	19,353	55,04
Sulfat SO ₄ ²⁻	2,712	7,68
Bicarbonat HCO ₃ ⁻	0,142	0,41
Bromid Br ⁻	0,067	0,19
Borsäure H ₃ BO ₃	0,025	0,07
Kationen		
Natrium Na ⁺	10,76	30,61
Magnesium Mg ²⁺	1,294	3,69
Calcium Ca ²⁺	0,413	1,16
Kalium K ⁺	0,387	1,10
Strontium Sr ²⁺	0,008	0,04

Salinität der oberen Wasserschichten ist **im Bereich der polaren Meere am geringsten** (niedrige Temp., geringe Verdunstung). Sie nimmt in Richtung subtropischer und tropischer Breitengrade zu und erreicht beiderseits des Äquators **zw. den 20. und 30. Breitengraden ein Maximum** von ca. 37‰

Spurenelemente:

0,02-0,03% des Salzgehaltes. Z.B.: Rubidium, Aluminium, Lithium, Phosphor, Barium, Eisen, Jod, Arsen, Kupfer u. div. Schwermetalle

Spielen trotzdem eine **große Rolle**, da sie z.T. in starken Konzentrationen in Organismen akkumulieren.

Aufnahme erfolgt unglaublich **selektiv** und effektiv. In vielen Fällen reichern sich Spurenelemente im von Tieren produzierten **Schleim** an und werden dann aufgenommen

z.B.: *Ciona intestinalis*

Bindung v. Vanadium im Schleim des Kiemendarmes und Aufnahme über den Darm



Foto: G.Gretschel

Viele Spurenelemente werden auch **an suspendierten organischen Substanzen** im Wasser gebunden, reichern sich **im Detritus** an und werden dann von Organismen aufgenommen. Weitergabe **über die Nahrungskette** → Viele Räuber/Beute-Beziehungen basieren darauf. Große Geochemische Bedeutung (Tote Organismen oder deren Skelette, **Sediment**).

Wirbellose speichern Schwermetalle viel stärker als Wirbeltiere.

ÜBERSCHUSSELEMENTE:

C, O und **H** sind die wichtigsten Elemente für die Primärproduktion und sind im Meer praktisch **unerschöpflich vorhanden**.

MANGELELEMENTE:

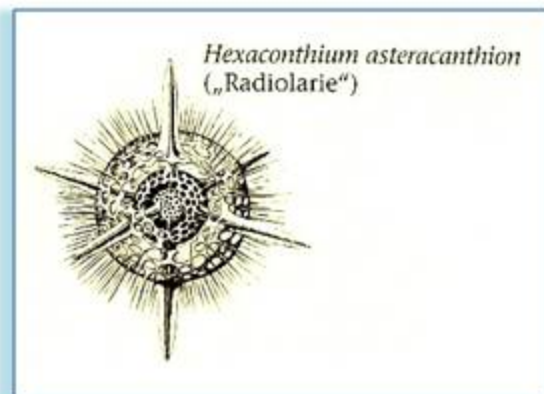
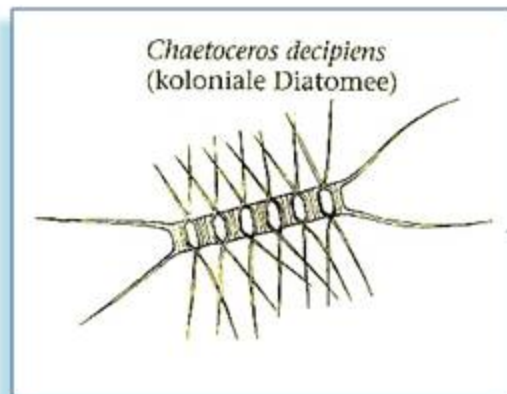
N ist das vierthäufigste Element in der Biomasse. Der Vorrat an N_2 kann aber nur von stickstofffixierenden Prokaryoten genutzt werden. Hauptsächliche N-Quellen der Primärproduktion sind Nitrat und Ammonium.

Ph liegt in aeroben Wasserkörpern nur in geringen Konzentrationen vor.

N und **Ph** kann daher bis unter die Nachweisgrenze gezehrt werden.

Si wird nur von einem Teil der Organismen in nennenswerten Mengen benötigt. Dazu zählen zum Beispiel die **Kieselalgen, Radiolarien, Horn- und Kieselschwämme**.

Auch Si wird leicht bis unter die Nachweisgrenze gezehrt.



Grafiken aus R.Hofrichter



Foto: G.Gretschel

Die Ozeane haben bald nach ihrer Entstehung die **heutige Ionenkonzentration** erreicht und seither in ihrer Zusammensetzung relativ stabil geblieben.

Der größte Teil des Wassers verlässt die Ozeane ohne Salzbestandteile durch **Verdunstung**. Ein Großteil davon kehrt als **Niederschlag** wieder direkt ins Meer zurück. Nur ein geringer Teil fließt durch Flüsse und das Grundwasser über das Festland ins Meer. Dabei werden **Mineralsalze**, die aus der Verwitterung der Kontinente stammen, gelöst und dem Meer zugefügt.

In 3850 Jahren verdampft an der Oberfläche der Ozeane so viel Wasser wie ihrer Gesamtmasse entspricht. Andererseits dauert es 50000 Jahre bis eine Wassermenge derselben Größe über die Kontinente fließt. Vergleicht man die **Ionenfracht der kontinentalen Gewässer** mit der Ionenkonzentration, die in den Meeren durchschnittlich vorherrscht (35g Salz pro Liter Wasser bzw. **35‰**), dann kann man berechnen, dass bereits in einer zum Alter der Ozeane vergleichsweise sehr kurzen Zeit von nur 25 Mio Jahren soviel Salz in das Meer eingeschwemmt wird, wie heute darin enthalten ist.

Die Ozeane sind also nicht einfache Verdunstungsbecken, sondern es muss auch **Prozesse** geben, **die das Salz wieder aus den Ozeanen entfernen**. Auch die Abweichung der Zusammensetzung der Ionenfracht der kontinentalen Gewässer von der des Meeres deutet auf solche selektive Prozesse hin. Dazu zählen unter anderem die **Ablagerung von Salzstöcken** (Evaporitlagern) in abgeschlossenen Meeresbecken mit Verdunstungsüberschuss, sowie **biologische Mineralisation** und **Einbettung in die Sedimente** des Ozeanbodens.

Entsprechend dem hohen Salzgehalt des Meerwassers liegt der **Gefrierpunkt** bei $-1,9^{\circ}\text{C}$ und das **Dichtemaximum** bei $-3,5^{\circ}\text{C}$ (jeweils für einen Salzgehalt von 35g/kg).

- **Ionenzusammensetzung** ist weltweit nahezu gleich (Ausnahme Küstengebiete)
- **Konzentrationsunterschiede** sind aber vorhanden

- Bestimmung des Salzgehaltes:

Bestimmung des Chlorgehaltes (Titration mit Silber-Nitrat, Calcium-Chromat als Ind.)

Zusammenhang von Chlorinität (g Chlor pro kg Seewasser) zu Salinität:

$$S = 0,03 * 1,805 Cl$$

- **Wirkungen auf die Zirkulationen** (z.B.: Europ. MM → Ausstrom hochsalinen Tiefenwassers)
- **Wirkungen auf Organismen** (z.B.: Regelung des inneren Milieus)

Die meisten Wirbellosen sind **isotonisch** (aber rel. ionale Zusammensetzung oft untersch.)

Knorpelfische (Haie und Rochen) sind Isotonisch wegen hohem Harnstoffgehalt im Blut

Div. Wirbeltiere (Knochenfische,

Seevögel, Meeressäuger)

sind meist **hypotonisch** (<)

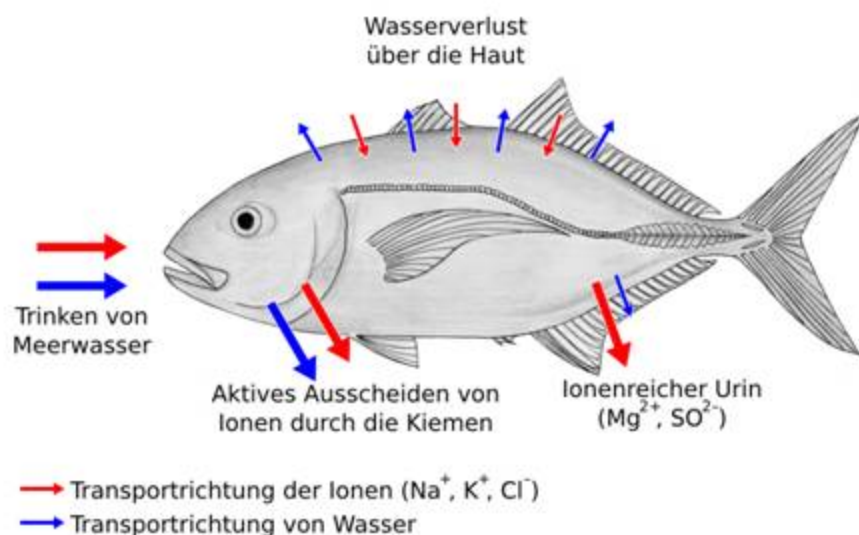
Hypertonische Regulierer leben in

Brackwassergebieten oder in

der Gezeitenregion

Abb: Die Stachelmakrele als hypotonische Regulierer.

Aktives Ausscheiden von Ionen und trinken von Wasser



Wasser besitzt mit Ausnahme von Ammoniak (NH_3) von allen festen und flüssigen Stoffen die höchste „**spezifische Wärme**“. Es hat die größte Fähigkeit, Wärme mit einem Minimum an Temperturerhöhung zu absorbieren. Diese **thermische Trägheit** macht Gewässer zu thermisch gemäßigten Lebensräumen.

Es können große Luftmengen unter nur geringem Temperaturverlust des Wassers erwärmt werden.

Das Meer spielt eine führende Rolle in der Wärmeverteilung auf der Erde und übt eine hohe **thermostatische Ausgleichsfunktion gegenüber örtlichen Temperaturschwankungen** aus.

Seewasser: Min: **-1,9°C** (Gefrierpunkt) Max: selten wärmer als **27 °C**

Es gibt bei Seewasser im Gegensatz zum Süßwasser **keine Dichteanomalie**. Wärmeres Wasser gleichen Salzgehalts ist stets leichter.

Temperaturschwankungen des Oberflächenwassers: Max **10 °C** pro Jahr und **1°C** zwischen Tag und Nacht

Temperatur und Leben:

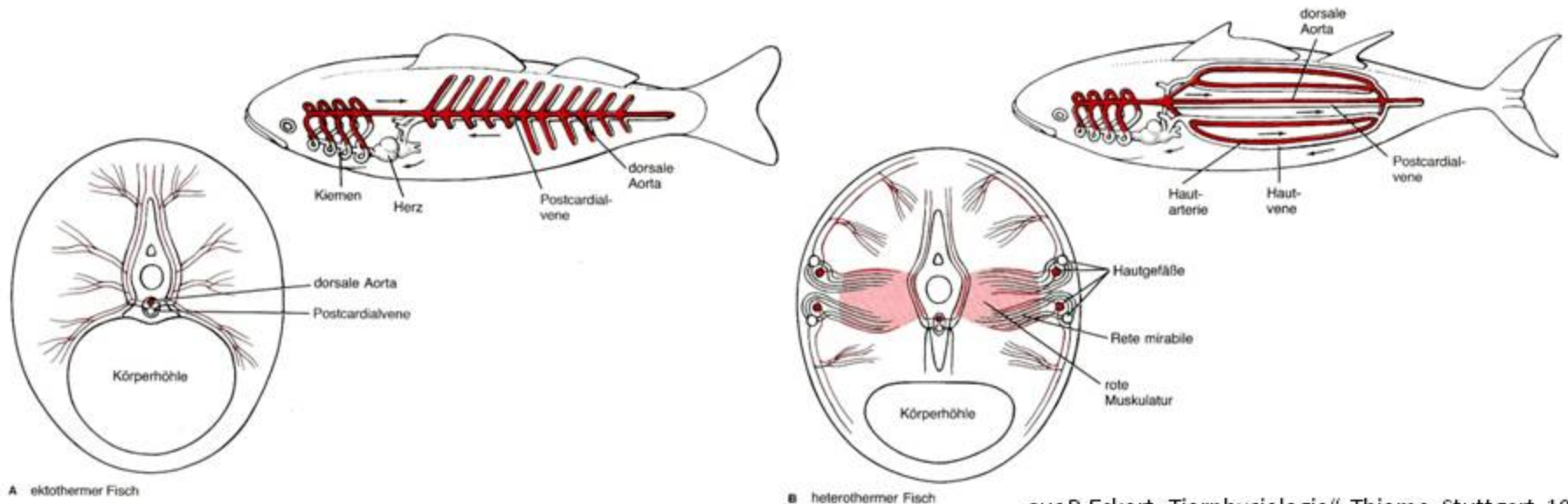
- Photosyntheserate steigt mit der T.
- Intensität biologischer Vorgänge verdoppelt sich bei einem T. anstieg von 10 °C
- T. bestimmt sehr stark das Wachstum und die Vermehrung:
 - Warmes Wasser → schnelleres Wachstum, meist geringere Endgröße, Vermehrung früher und häufiger
 - Kaltes Wasser → langsames Wachstum, Vermehrung seltener, größere Endgröße, längere Lebensdauer
- Gase lösen sich in kaltem Wasser besser. Bessere CO₂-Löslichkeit in kalten Gewässern führt zu üppigerem Pflanzenwachstum

Temperatur und Leben:

- Die meisten Meerestiere sind wechselwarm (**Poikilotherm**).
Ausnahme: Meeressäuger und Meeresvögel
- Einige große poikilotherme Organismen haben zwar wechselnde, aber gegenüber dem Wasser um bis zu 15 Grad erhöhte Temperaturen (Makrelenhaie, Thunfischartige)

Heterotherme Fische:

Ein **Rete mirabile** ist eine Verzweigung einer Arterie in ein Geflecht aus feinsten Arterien, das sich anschließend nicht zu einer Vene, sondern wiederum zu einer Arterie vereinigt. Bei **Thunfischen und Haien** dienen Wundernetze als Gegenstrom-Wärmeaustauscher der Thermoregulation. Die Schwimmuskeln erzeugen bei diesen Tieren viel Wärme, durch die Wundernetze wird die Wärme im Körperkern gehalten und die lebensnotwendigen Organe besitzen dadurch eine höhere Temperatur als das umgebende Wasser.



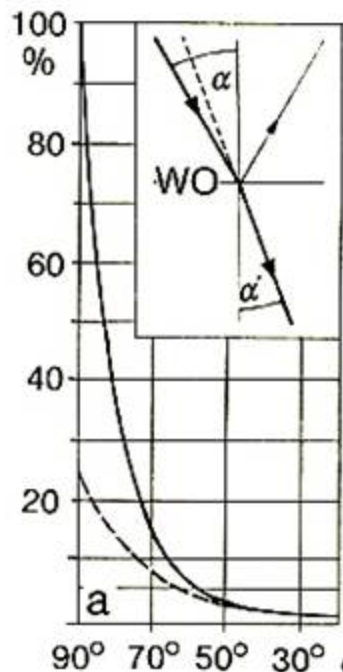
Abnahme der **Intensität**

Im Verhältnis zur durchschnittlichen Wassertiefe der Ozeane wird weniger als 1% des Meereswassers mit für die Photosynthese ausreichendem Licht versorgt.

1) An der Oberfläche: Verlust durch **Reflexion**

abhängig vom

- Einfallswinkel (Breitenlage, Jahreszeit, Tagesgang)
- Schaumbildung
- Wellenbewegung



Anteil des reflektierten Lichtes in Abhängigkeit vom Einfallswinkel.
Gestrichelte Linie bei schwach bewegter See

aus J.Ott

Auswirkungen:

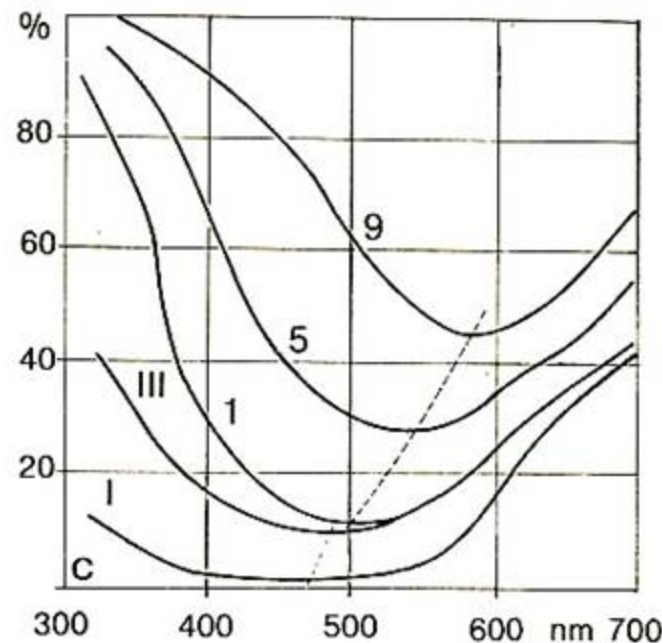
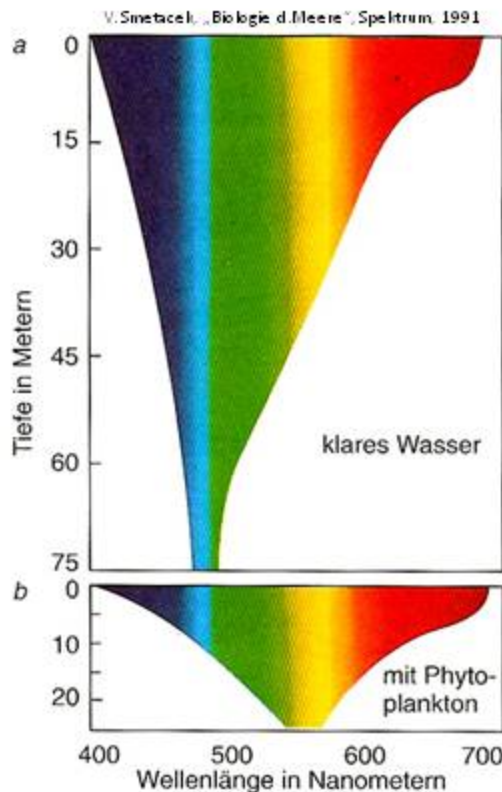
Der „Unterwassertag“ ist wesentlich kürzer als der „Oberwassertag“. Durch die niedrigen Wintersonnenstände beginnt der Licht-Frühling unter Wasser später und der Herbst setzt früher ein

Abnahme der **Intensität** und Veränderung der **spektralen Zusammensetzung**

2) Im Wasserkörper: Verlust durch **Streuung** und **Absorption**

- an:
- Wassermolekülen
 - gelösten Substanzen
 - suspendierten Partikeln

Streuung und Absorption sind abhängig von der Wellenlänge des Lichtes:

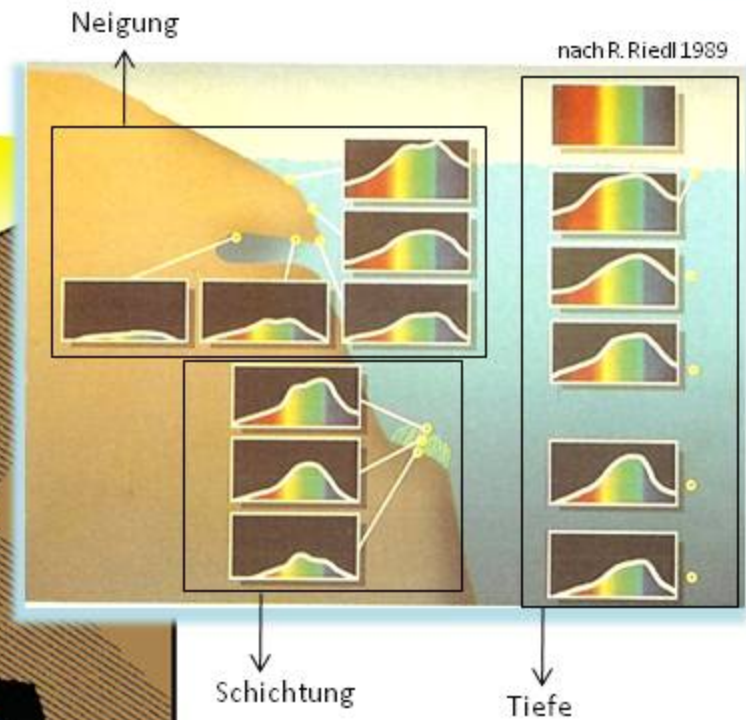
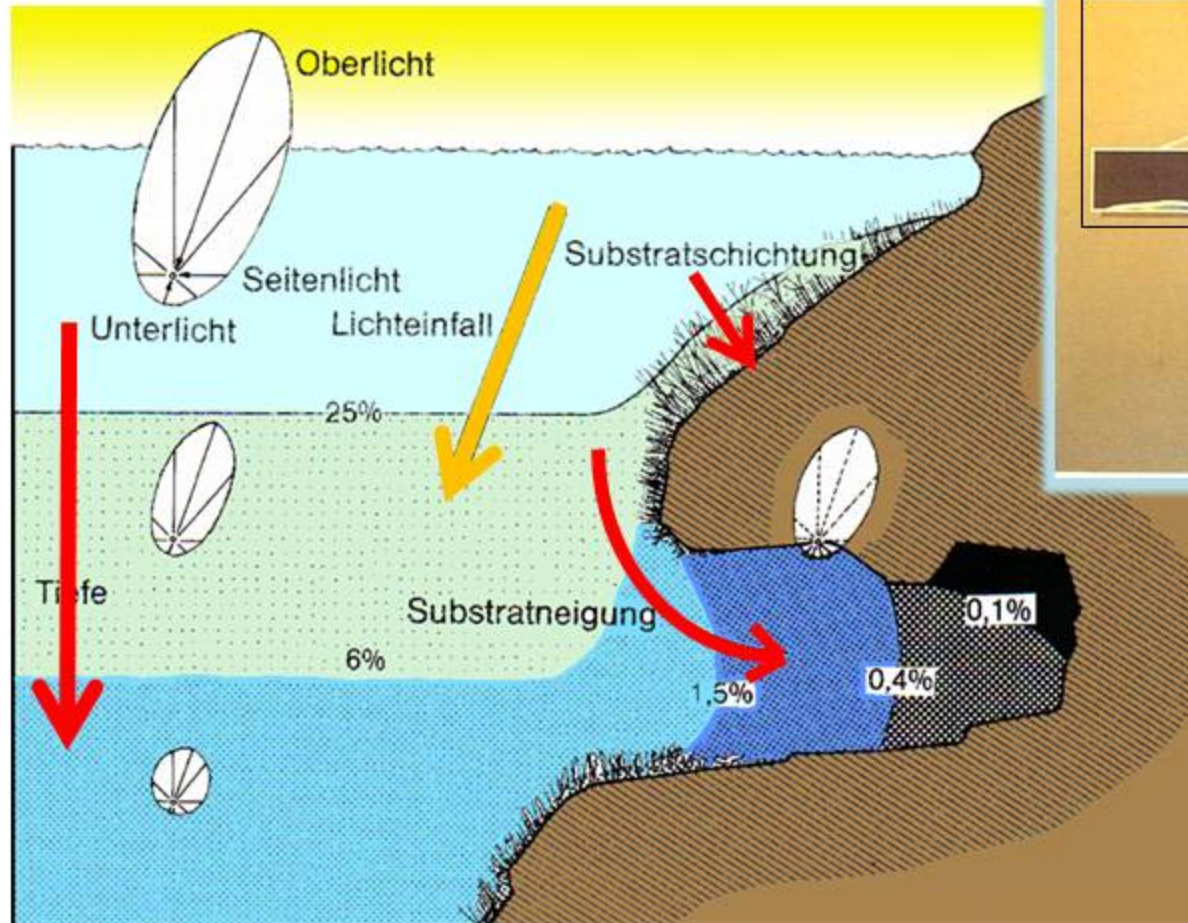


Spektrale Abhängigkeit der Lichtabschwächung in verschiedenen Meerestypen. Die gestrichelten Linien verbinden die **Abschwächungsminima**

- I....reines Ozeanwasser
- III...trübes Ozeanwasser
- 1...klares Küstenwasser
- 5...durchschnittliches K.wasser
- 9...trübes Küstenwasser

aus J.Ott

Das **Lichtgefälle** nach der Tiefe, der Substratneigung und der Substratschichtung



Isophoten in % des unter der Wasseroberfläche gemessenen Lichtes. Die Winkelverteilung des Strahlungsempfanges (Lichtsphären) ist jeweils für einen Punkt in drei Tiefen und für die Höhlendecke dargestellt. Gegen die Tiefe spielt die Einstrahlungsrichtung eine immer geringere Rolle, der relative Anteil des Streulichtes nimmt zu.

Pflanzlicher & tierischer Aufwuchs an einem Überhang in ca. 10m Tiefe

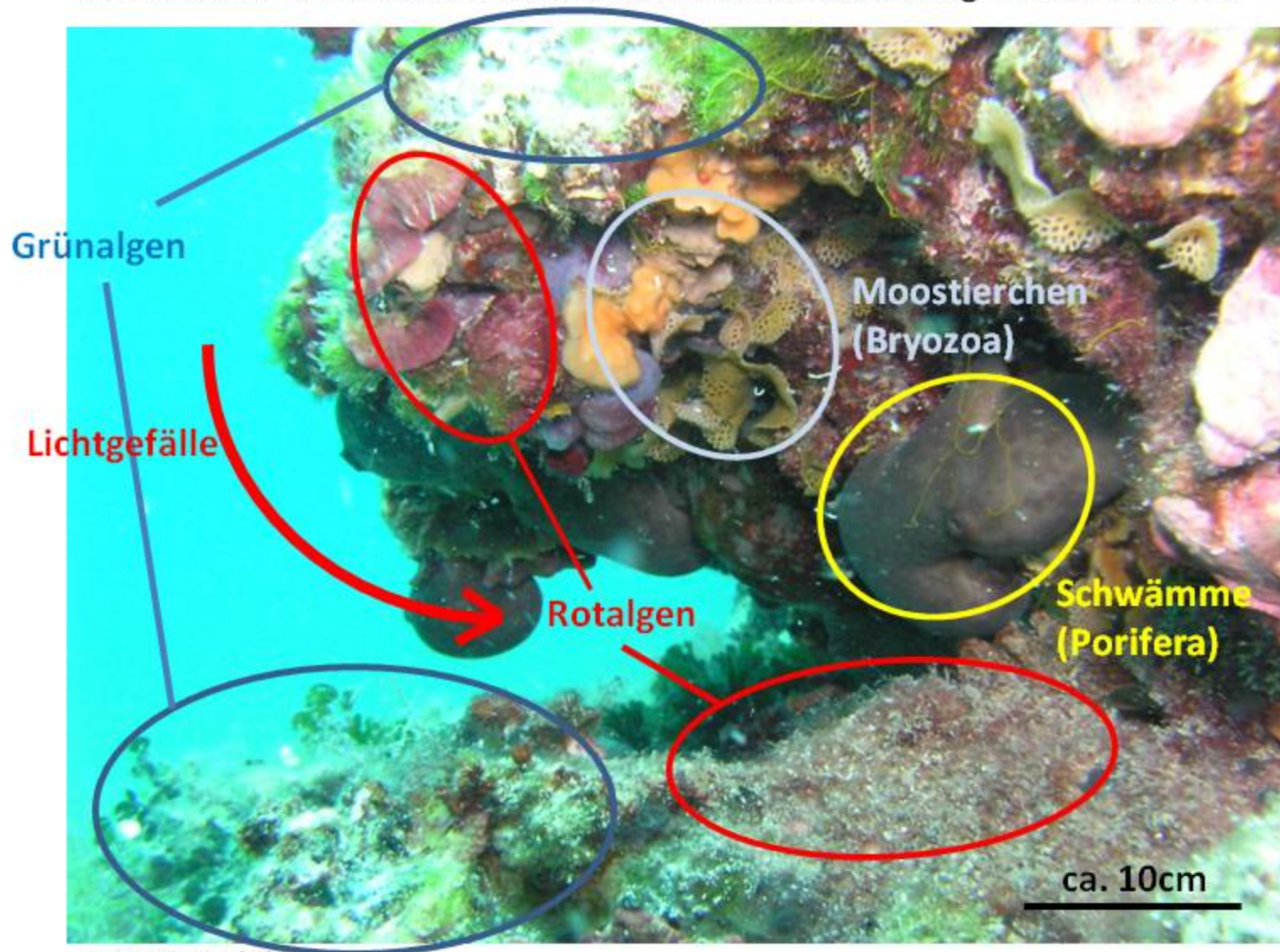
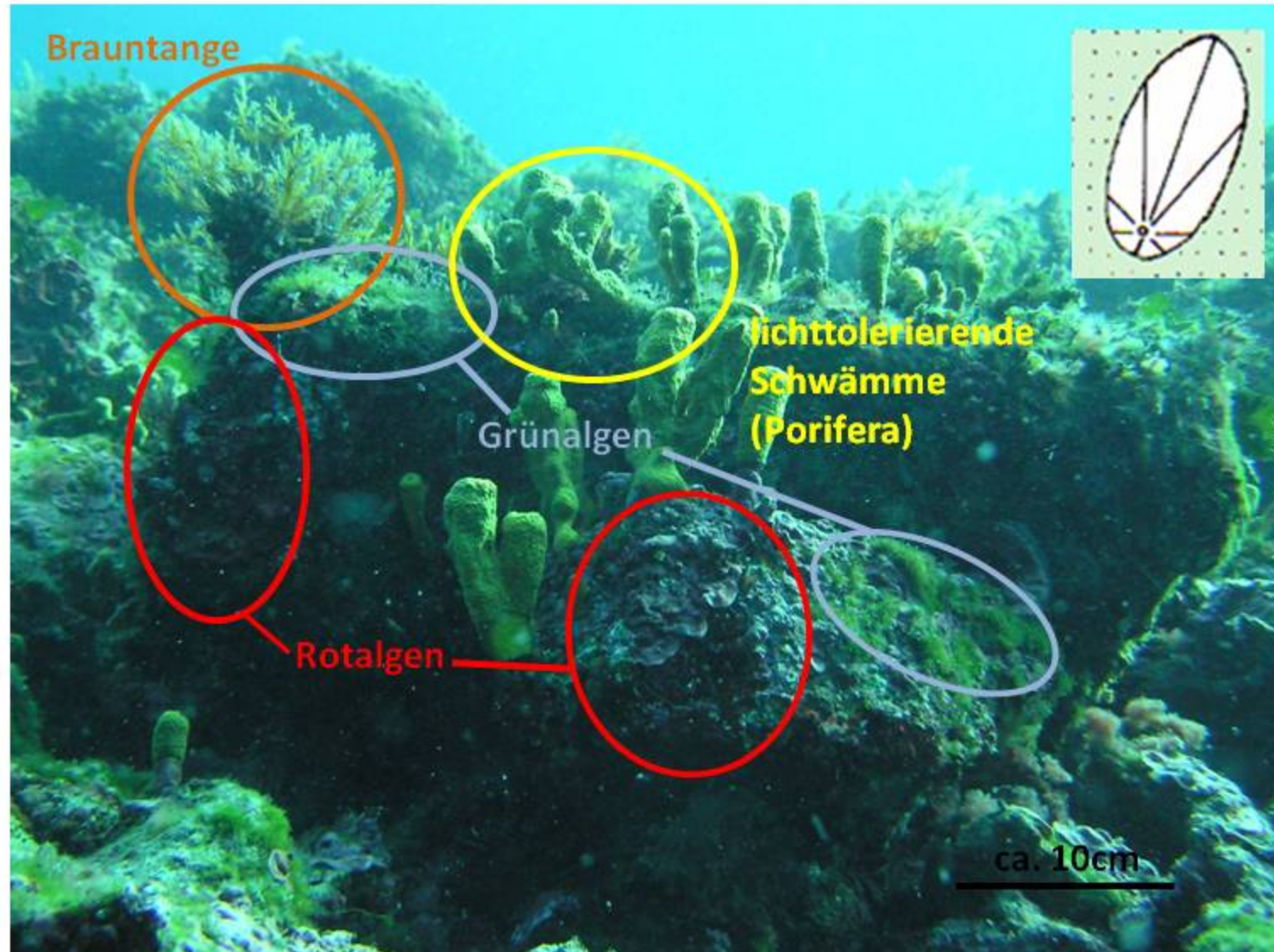


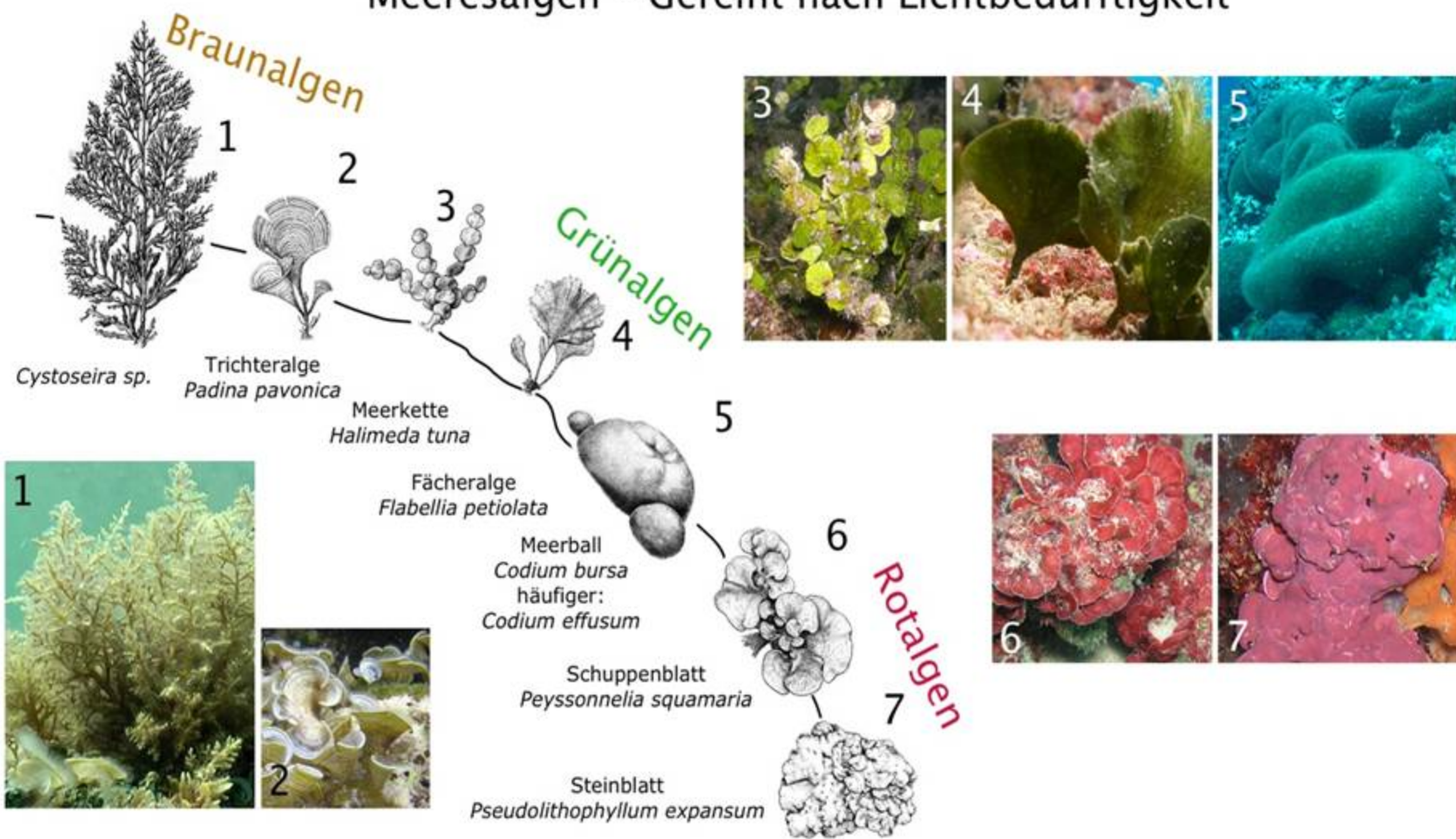
Foto: G.Gretschel

Pflanzlicher & tierischer Aufwuchs auf einem Block in ca. 5m Tiefe



Bioindikatoren für Lichtexposition

Meeresalgen – Gereiht nach Lichtbedürftigkeit



Die Lichtzonen

● Euphotische Zone:

Die oberste Wasserschichte, in der Photosynthese noch mit einem Nettogewinn an organischem Material ablaufen kann. Untergrenze bei ca. 1% des Oberflächenlichtes

● Dysphotische Zone:

Genügend Licht für Sehleistungen oder Orientierungsbewegungen (Phototaxis)

● Aphotische Zone:

Kein nachweisbares Licht mehr vorhanden (spätestens ab 1000m Tiefe)

Im Benthos des Küstenbereichs (Litoral):

● Starklichtzone (Infralitoral):

Vorkommen hoher Brauntange und Seegräser (Foto)

● Schwachlichtzone (Circalitoral):

Endet mit der unteren Verbreitungsgrenze vielzelliger Algen

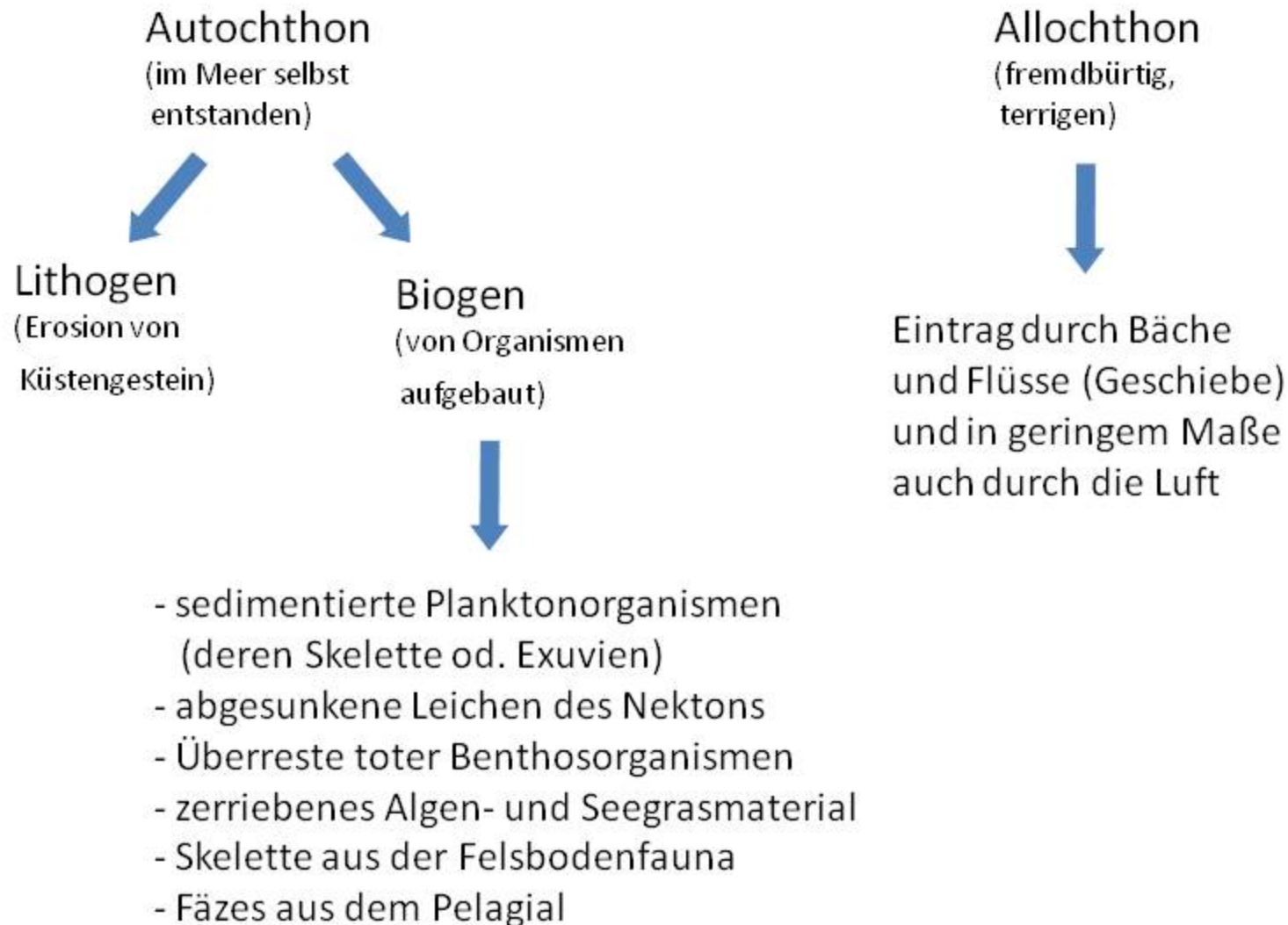
● Restlichtzone (Bathylitoral):

Nur mehr einzellige Algen

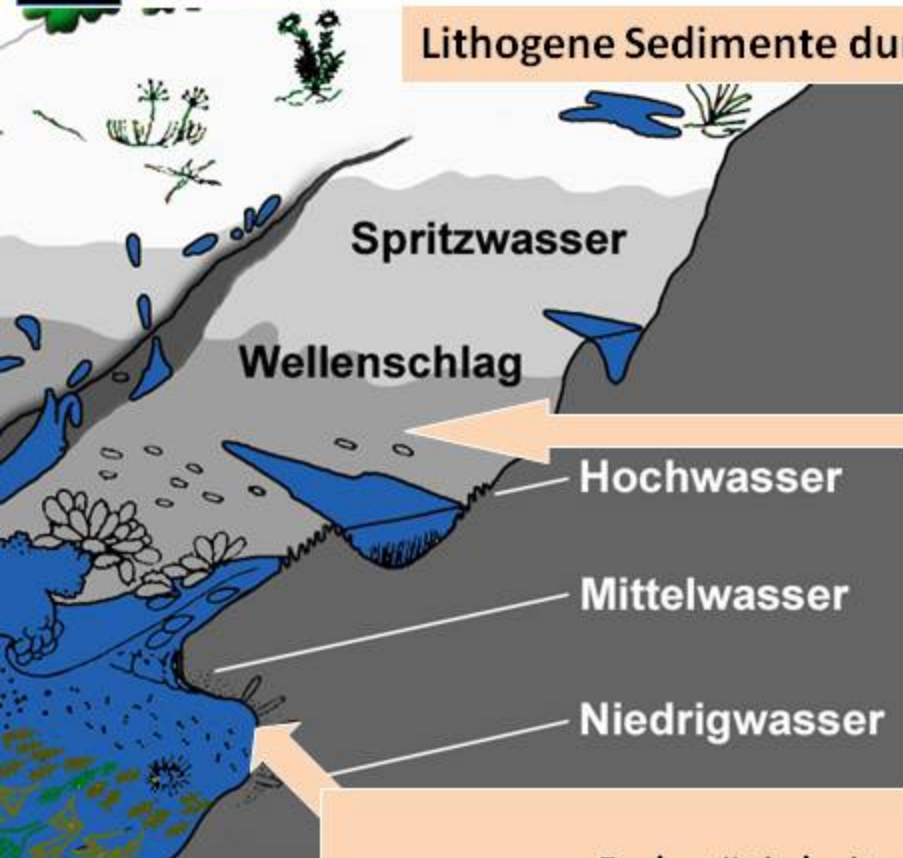


Foto: G.Gretschel

Herkunft der Sedimente



Lithogene Sedimente durch Erosion von Küstengesteinen



**Weide-
tätigkeit**

Strandschnecke

Gesteinsbohrende
Cyanobakterien

Napfschnecke

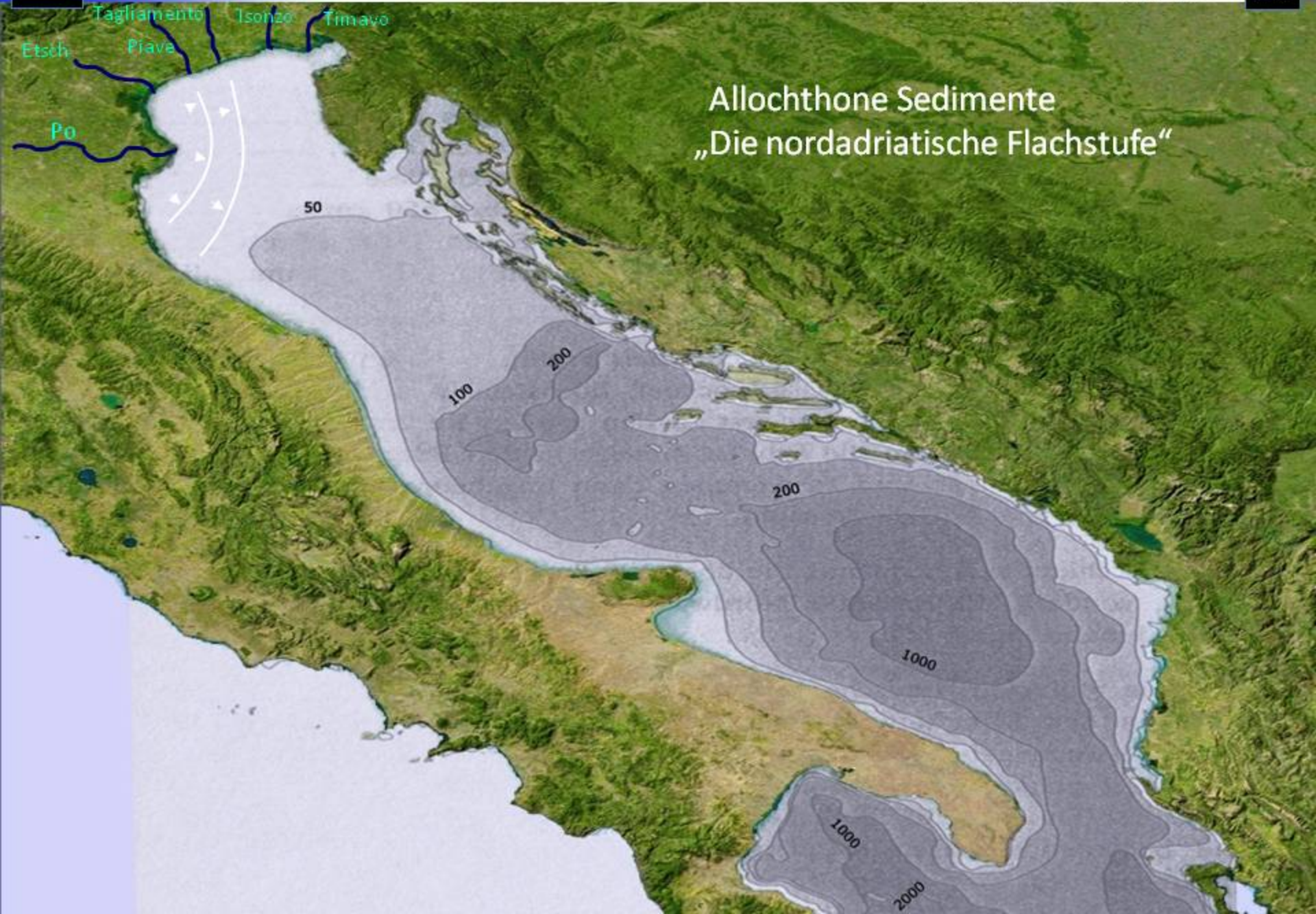
Bohrtätigkeit

Bohrschwamm

Bohrmuschel

Bohrmuschel

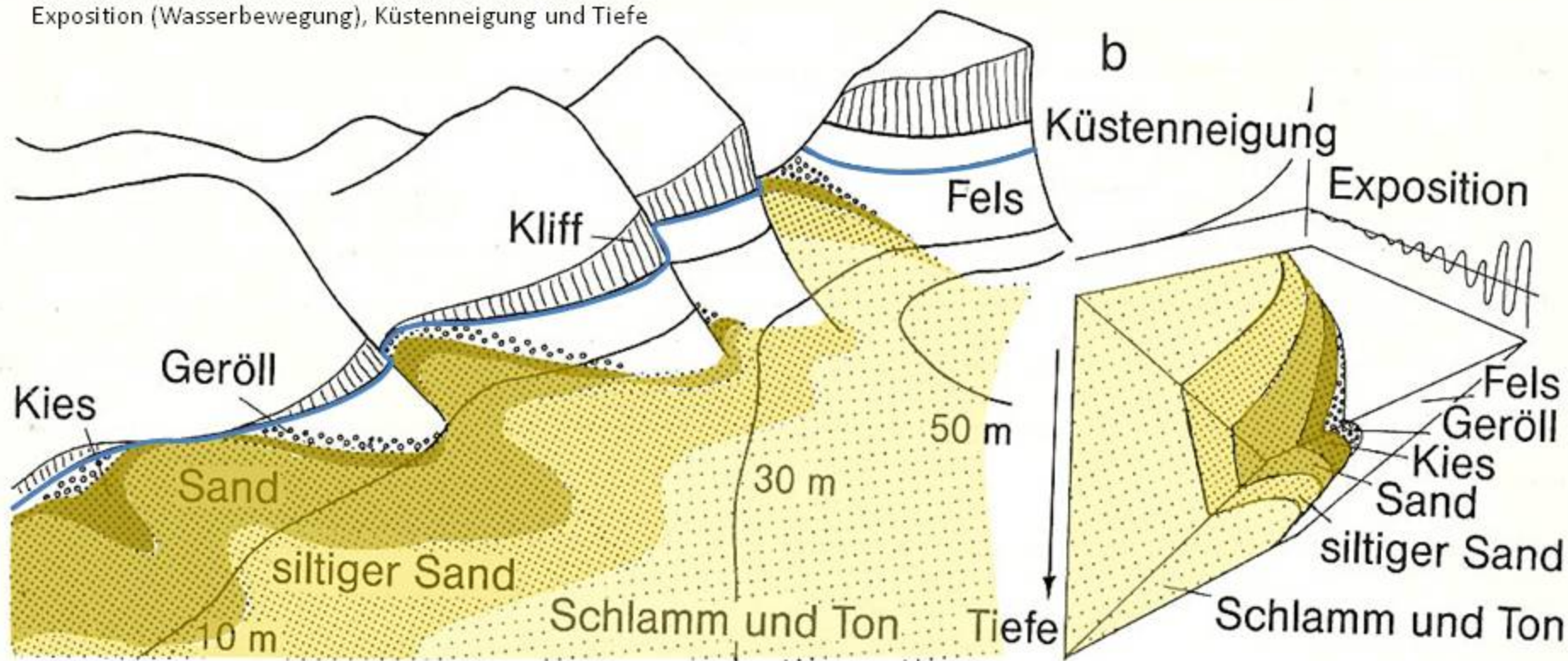
Fotos: G. Gretschel



Allochthone Sedimente
„Die nordadriatische Flachstufe“

Verteilung der Sedimente im Küstenbereich

Sortierung der Sedimentfraktionen in Abhängigkeit von Exposition (Wasserbewegung), Küstenneigung und Tiefe



(J.Ott 1988)

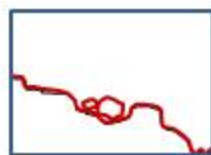
Korngrößen

- Block**
- Geröll**
- Kies** (6mm - 2mm)
- Sand** (2mm - 63µm)
- Silt** (63µm - 4µm)
- Ton** (<4µm)

Allgemeine Klassifizierung mariner Bodentypen

Hartboden

Unbewegliche oder nur wenig bewegliche, mineralische Bestandteile in Bereichen mit geringer Sedimentation. Von Blöcken über Kies bis zu Sandkörnern. Interstitialräume mit Porenwasser und reicher Infauna



Sedimentboden

Bewegliche Substrate aus festen Teilchen. Partikelgrößen von unter einem Mikrometer bis zu einigen Zentimetern.



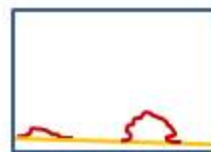
Primärer Hartboden (Felsboden)

Kommt dann vor wenn die **sediment-abtragenden Bedingungen stärker** sind als die sedimentablagernden Bedingungen



Sekundärer Hartboden (biogener Hartboden)

Hartstrukturen, die **von Organismen gebildet** wurden (Schalen, Skelette, verkalkte Thalli von Algen)
z.b.: Coralligene, Korallenriffe



Weichboden

Besteht aus feinsten anorganischen und organischen Sedimentpartikeln mit **wenigen Mikrometern Größe**.

Spärliches Porenwasser; Sauerstoffarmut;
Keine Mesofauna







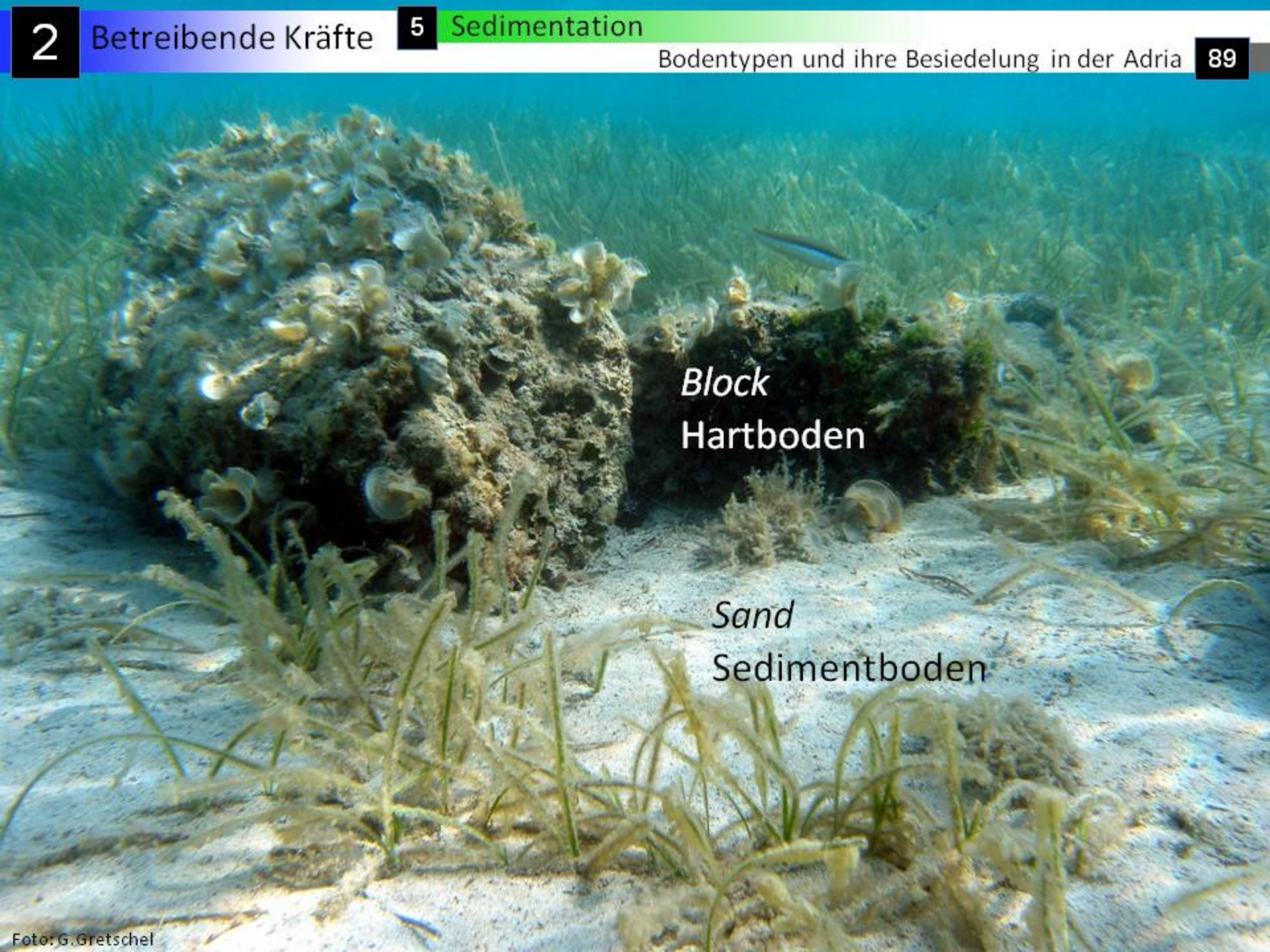
Geröll

Foto: G.Gretschel

Blockgrund
Hartboden







Block
Hartboden

Sand
Sedimentboden



Geröll

Sedimentboden



Sedimentboden

Schill mit hohem Anteil an organischem Material (POM)

Nest aus Muschelbruch
und Algenstückchen auf
sandigem Boden





Sand
Sedimentboden



Grobsand

Sedimentboden

Primärer Hartboden bei Licht





Primärer Hartboden bei Schatten