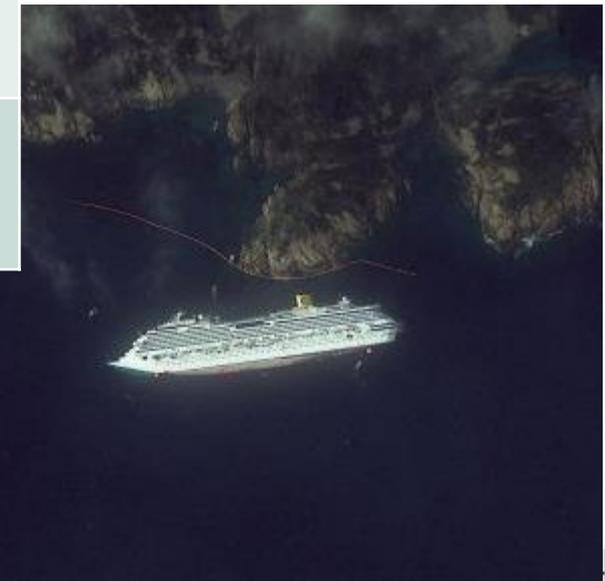


A tropical beach scene with clear turquoise water and a blue sky with white clouds. The water is shallow and rippling, with a sandy beach visible in the foreground. The sky is a vibrant blue with scattered white clouds. The horizon line is clearly visible in the distance.

Meeresbiologie

Exkursionsziele

| Helgoland | Giglio |
|----------------------------|-------------------------|
| Kleinere Insel | Größere Insel |
| Kalt | Warm |
| Ebbe und Flut | Keine Gezeiten |
| Seehunde und Robben | Delphine |
| Piraten Klaus Störtebecker | Havarie Costa Concordia |



Schein für Exkursion

- Teilnahme Vorlesung, Teilnahme Exkursion
- Seminar-Vorträge
- Es gibt eine Klausur zum botanischen und eine zum zoologischen Teil
- Gesamtnote für Klausur entspricht der Note für die gesamte Exkursion
- Es gibt eine Nachklausur bzw. Mündliche Prüfung

Meeresbiologische Exkursionen

- Lebensraum Meer kennenlernen
 - Vor Ort, verschiedene Ökotope
 - Proben nehmen und untersuchen
 - Projekte
 - Literatur erarbeiten

Warum Meeresbiologie?

Obwohl die **Meere** der größte Lebensraum der Erde sind, ist uns als Landlebewesen dieser Lebensraum **recht fremd**. Um die Anpassung der Meeresorganismen an das Leben im Meer ... zu verstehen, ist es **notwendig**, sich mit den **physikalischen und chemischen Eigenschaften** des Meeres vertraut zu machen.

Warum Meeresbiologie?

Das **Leben** selbst ist **im Meer entstanden**. Nach wie vor findet man im Meer die größte Vielfalt an Organismen, zwar nicht die höchste Artenzahl, aber die höchste Zahl unterschiedlicher Baupläne. Etwa **70% der Erdoberfläche werden vom Meer bedeckt** und **70% der Menschen leben an Küsten oder in Küstennähe**. Etwa die **Hälfte der weltweiten biologischen Produktion** findet im Meer statt. Meeresorganismen dienen Menschen als **Nahrung** und als **Rohstofflieferanten** und sorgten in der geologischen Vergangenheit für die Bildung von Erdgas und Erdöl

(Zitate aus Sommer 2005).

Meer / Land, dominierende Gruppen

Land:
Samenpflanzen



Meer: Algen und Cyanobakterien



Land: Tetrapoden,
Insekten



Meer: Fische,
Crustaceen



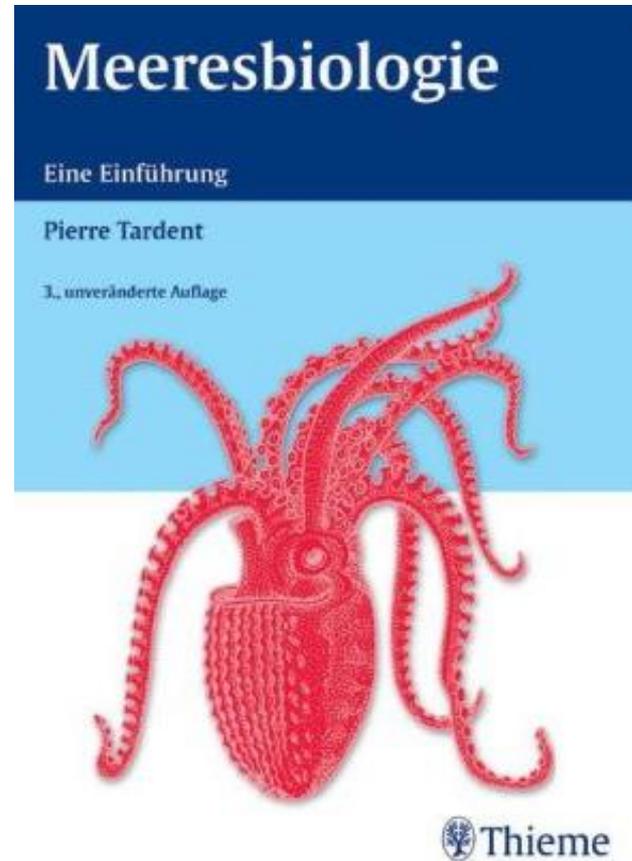
Vorlesung heute

- Meer / Land
- Die Entstehung der Meere
- Pelagial / Benthos (Litoral)
- Neritisch / Ozeanisch
- Abiotische Faktoren: Licht, Salzgehalt, pH, Gase, Strömungen
- Plankton / Nekton / Benthos
- Nahrungsketten

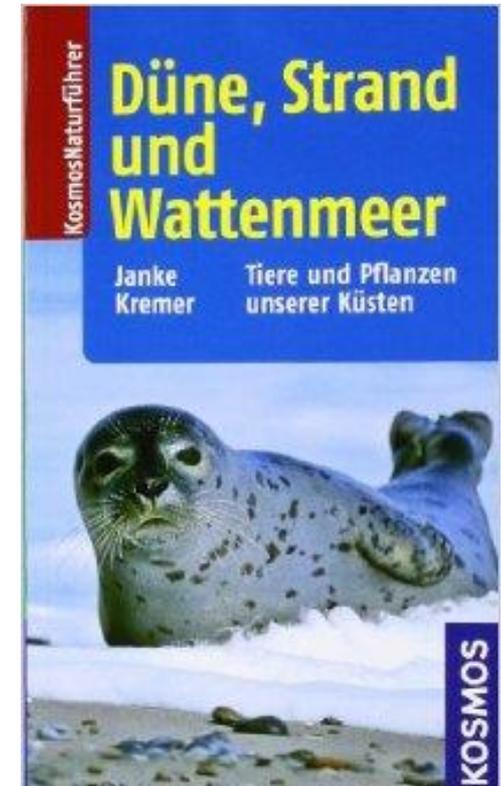
Bücher



2005



2005 bzw. 1993



2010

Eckdaten der Meere

- 70% der Erdoberfläche = 361 Mio km² von Wasser bedeckt = $361 \cdot 10^{12} \text{ m}^2$
- Meere bis 11033 m tief
- Marines Wasser mit 1,4 Mrd km³ (97,3% des gesamten Wassers) = $1,4 \cdot 10^{18} \text{ m}^3$
- Mittlere Tiefe von 2400 - 2500 m
- Drei Ozeane: **Atlantischer** Ozean mit arktischem Eismeer (Europa-Amerika), **Pazifischer** Ozean (Asien-Amerika), **Indischer** Ozean (Asien, Australien, Afrika, Antarktis)

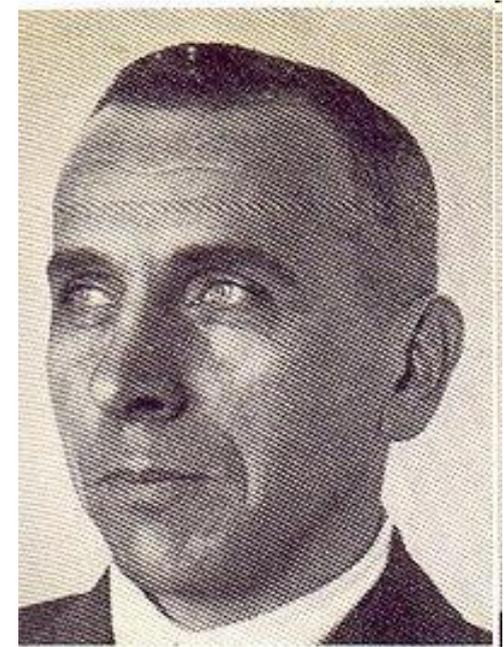
Mittelmeer, Nordsee, Ostsee

- Gesamtfläche Ozeane: 361 Mio km²
- Atlantischer Raum : 106 Mio km² (9200 m tief)
- Atlantischer Ozean (O): 82 Mio km² (9200 m tief)
- Mittelmeer (M): 4,3 Mio km² (5100 m tief)
- Nordsee (R): 600 000 km² (665 m tief)
- Ostsee (M): 420 00 km² (459 m tief)

O: offener Ozean; M: Mittelmeer, durch Meerengen abgetrennt, R: Randmeere

Die Entstehung der Meere und Kontinente

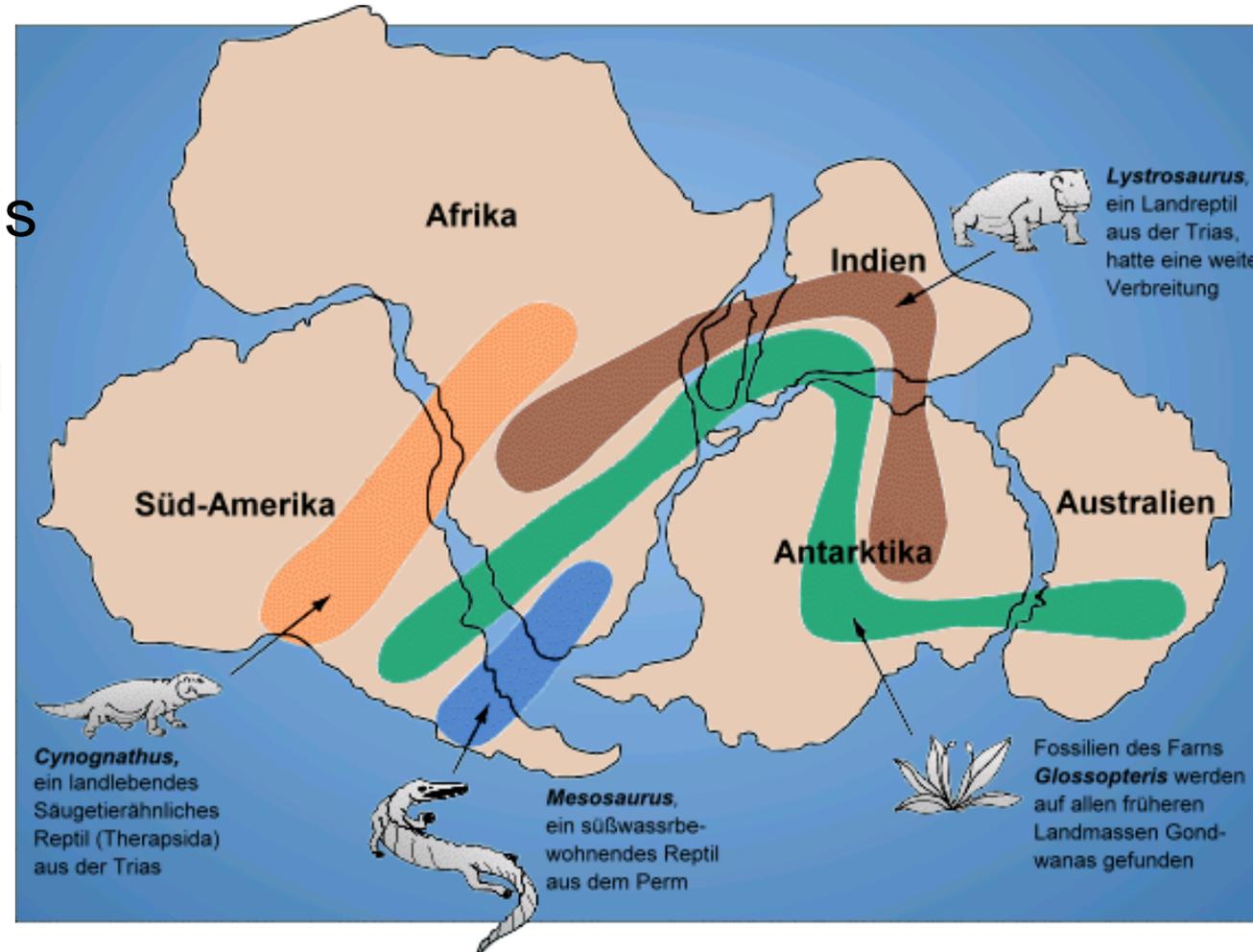
Kontinentalverschiebung,
Plattentektonik: Kontinentale
und Ozeanische Platten
verschieben sich mit einer
Geschwindigkeit von 1-8 cm
pro Jahr bzw. 10 – 80 km in 1
Mio Jahren



Alfred Wegener
(1880-1930)

Kontinentalverschiebung

- Ähnlicher Küstenverlauf Westafrika und Ost-Südamerika
- Fossile Funde
- Kohle in Antarktis
- Diamanten in Südamerika und Westafrika



Gondwana

Mittelozeanische Rücken: Platten bewegen sich auseinander: Lava tritt aus, neuer Meeresboden bildet sich

Platten bewegen sich aufeinander: **Subduktion** (Wegtauchen; Tiefseegräben) oder **Gebirgsbildung**

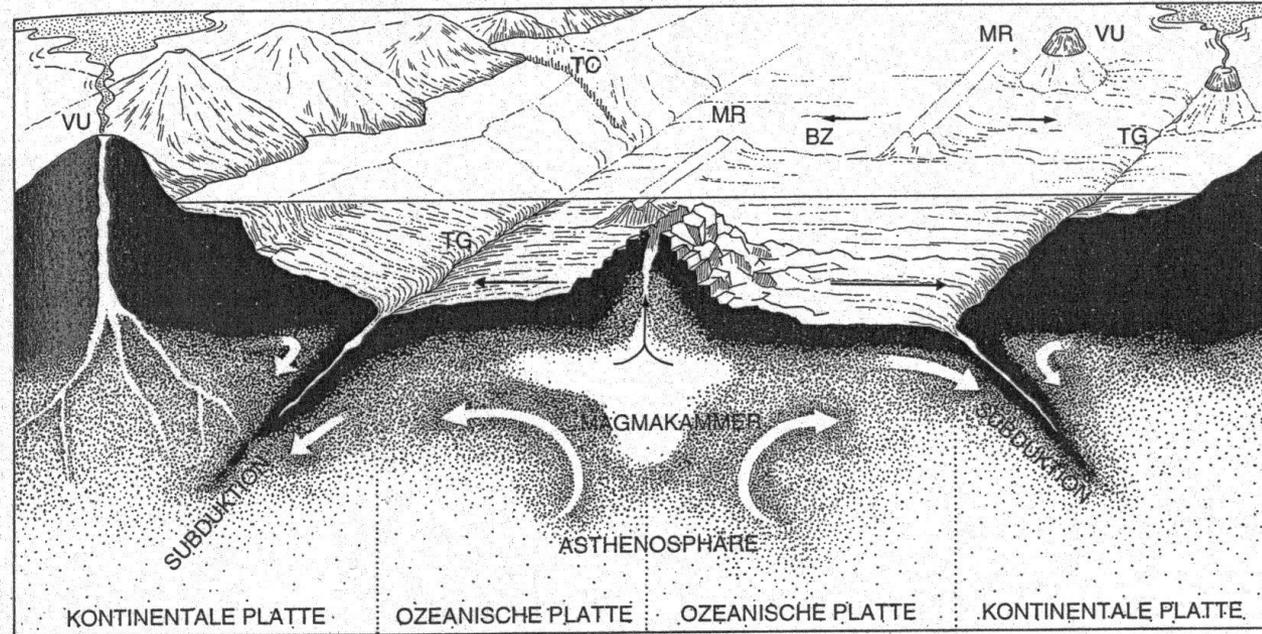
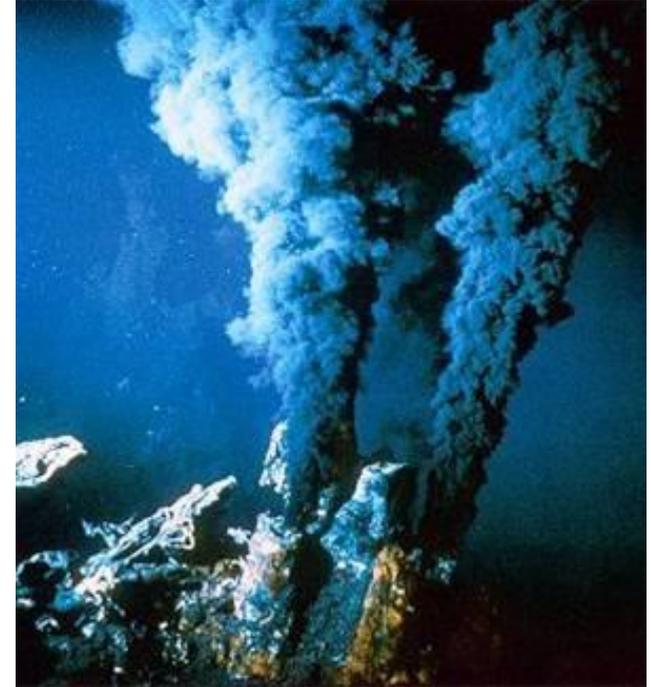
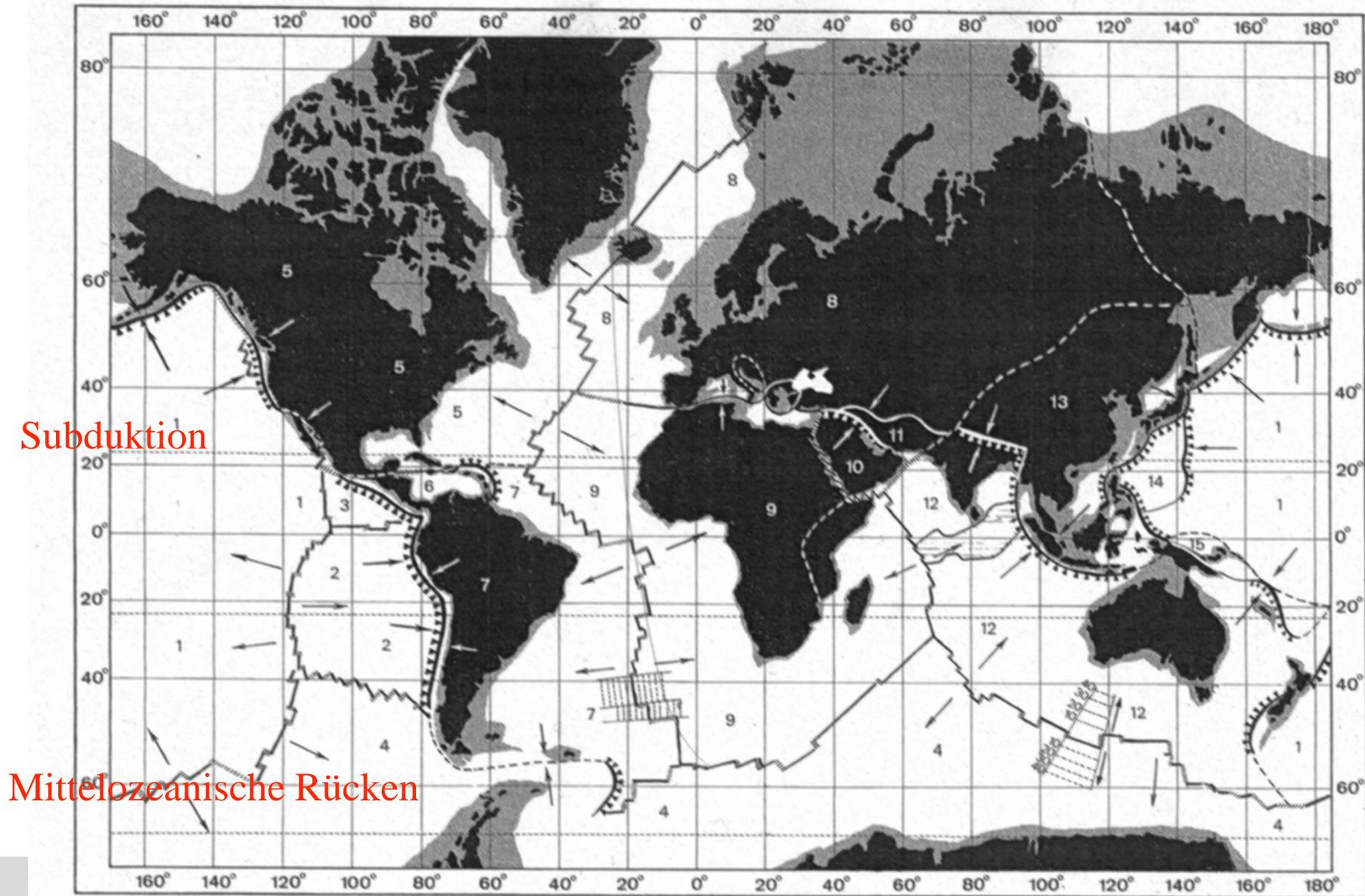


Abb. 4 Schnitt durch die Litho- und Asthenosphäre eines rekonstruierten Ozeans, dessen zwei benachbarte Platten im Bereich des mittelozeanischen Rückens (MR) auseinanderweichen (Pfeile). Die beiden ozeanischen Platten tauchen im Bereich der Tiefseeerben (TG) unter die kontinentalen Platten. Die Tiefseeerben (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.

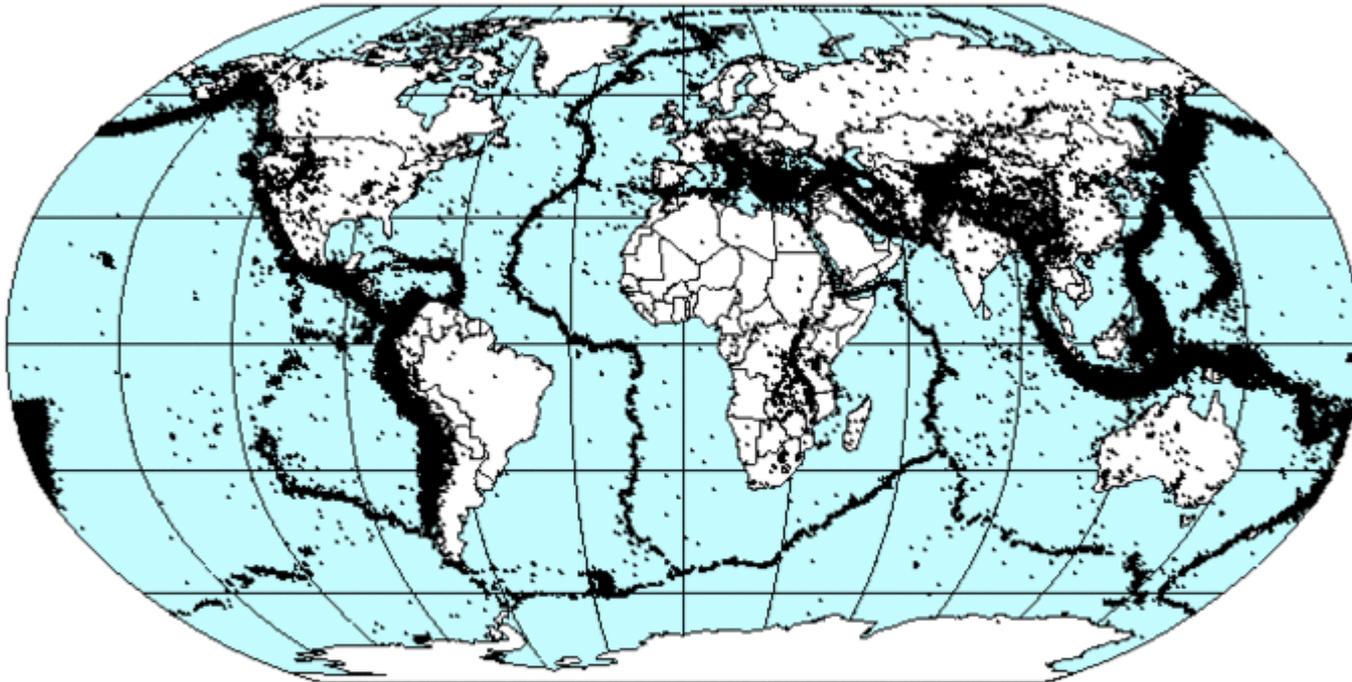
Schwarze Raucher / Black smoker (2000-3000 m Tiefe)

- Kaltes Wasser mischt sich mit heißer Lava
- Chemische Reaktionen führen zu Partikel Formation und Produktion von Wasserstoff
- Mikroorganismen, Würmer, Crustaceen und Schnecken leben von energiereichen Verbindungen





Preliminary Determination of Epicenters 200,855 Events, 1963 - 1998



Paul D. Lowman, Jr.¹
Brian C. Montgomery²

1) NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, MD 20771 USA
2) USUHS, NASA GSFC, Greenbelt, MD 20771 USA

Data Source:
Seismicity Catalogs
Volume 2 Global and Regional, 2150 B. C. - 1996 A. D.
The National Geophysical Data Center and
The National Earthquake Information Center

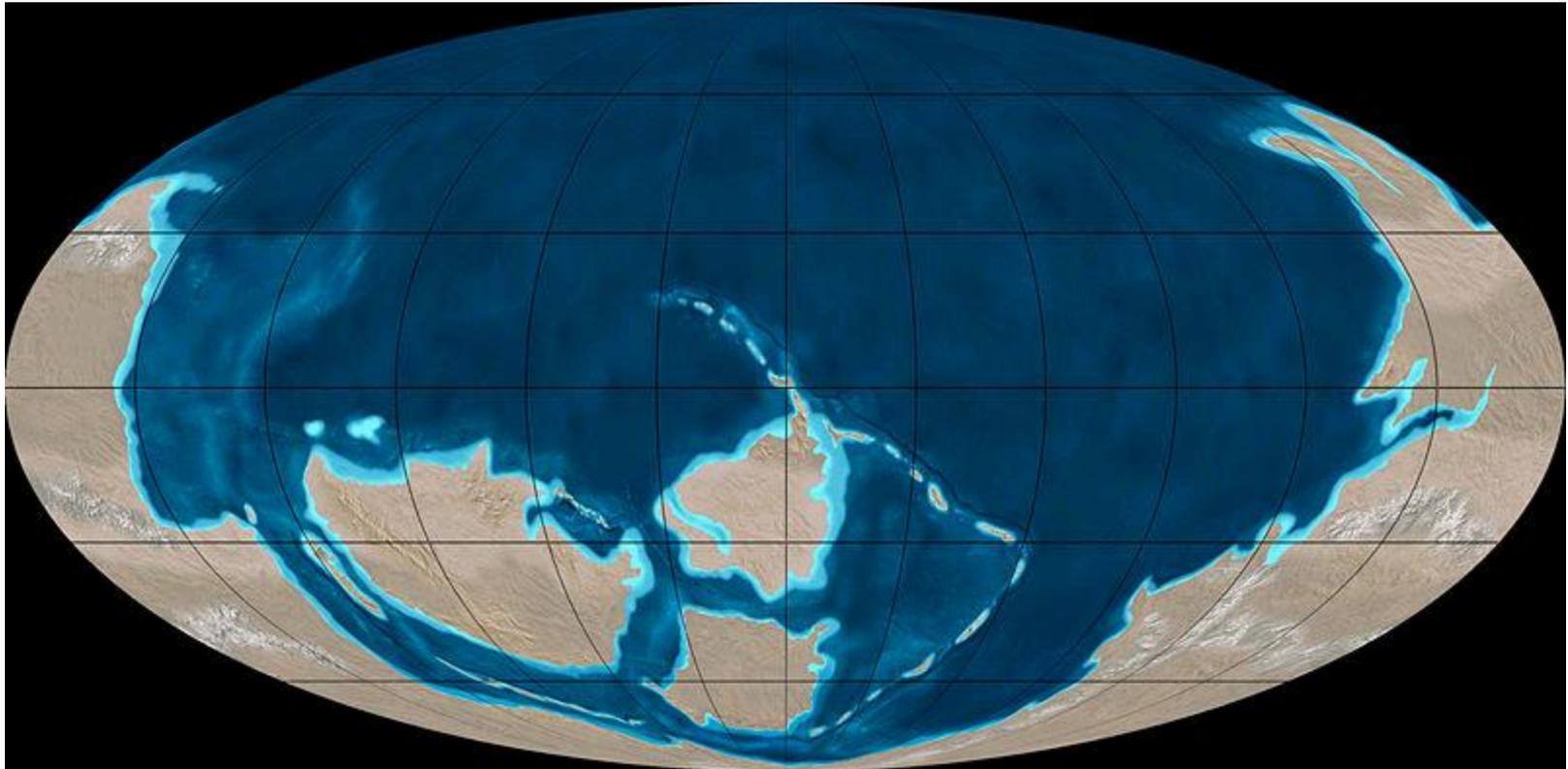
Map prepared in Robinson Projection
with magnitudes greater than 3.5.
August 12, 1998

Richtig oder falsch?

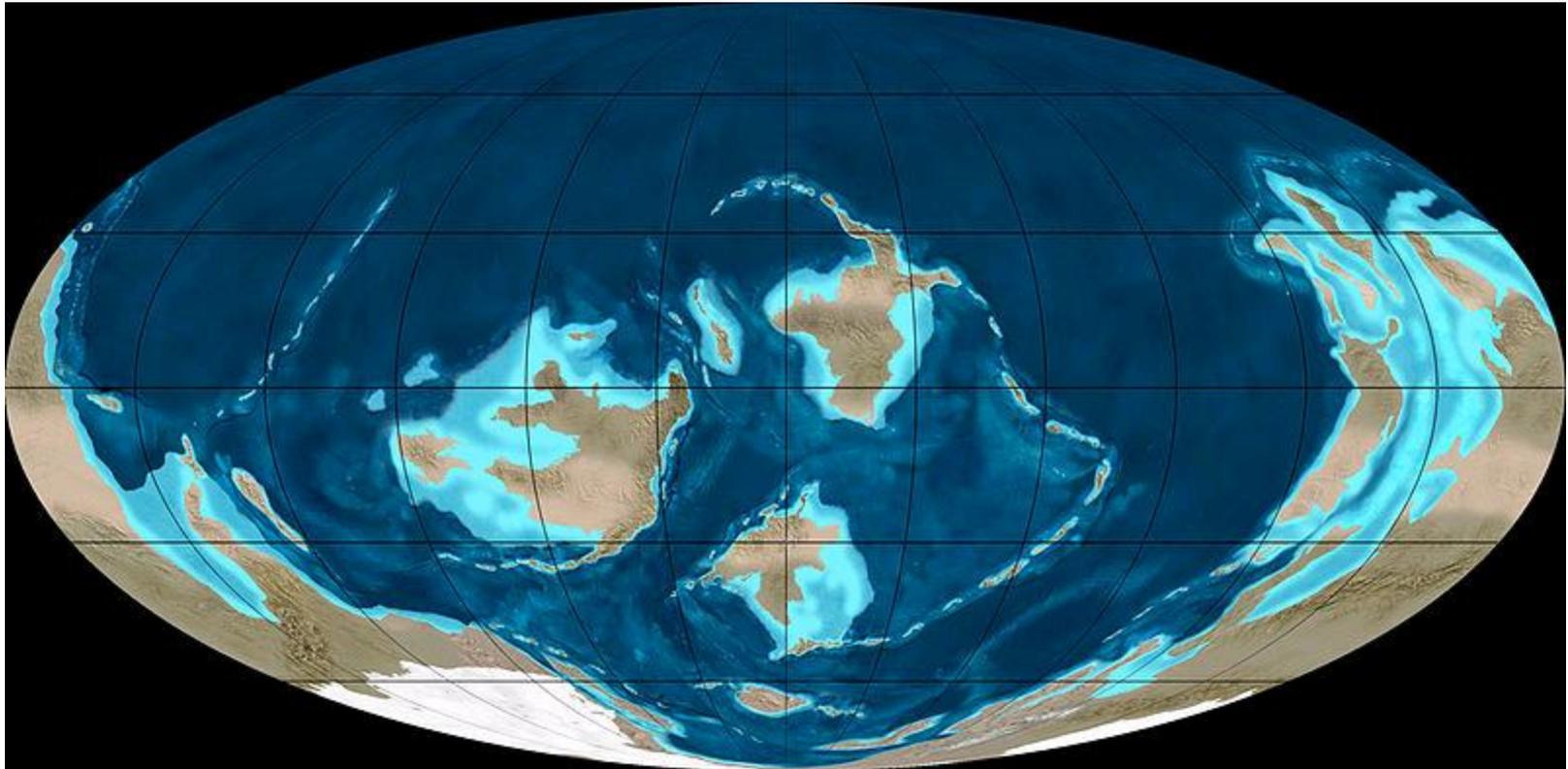
- Landmasse macht 40% der Erdoberfläche aus
- Die Ostsee ist ein Mittelmeer
- Meere sind im Durchschnitt 2400 - 2500 m tief
- Schwarze Raucher produzieren CO_2 , welches als Energiequelle für Lebewesen dient

Plattentektonik

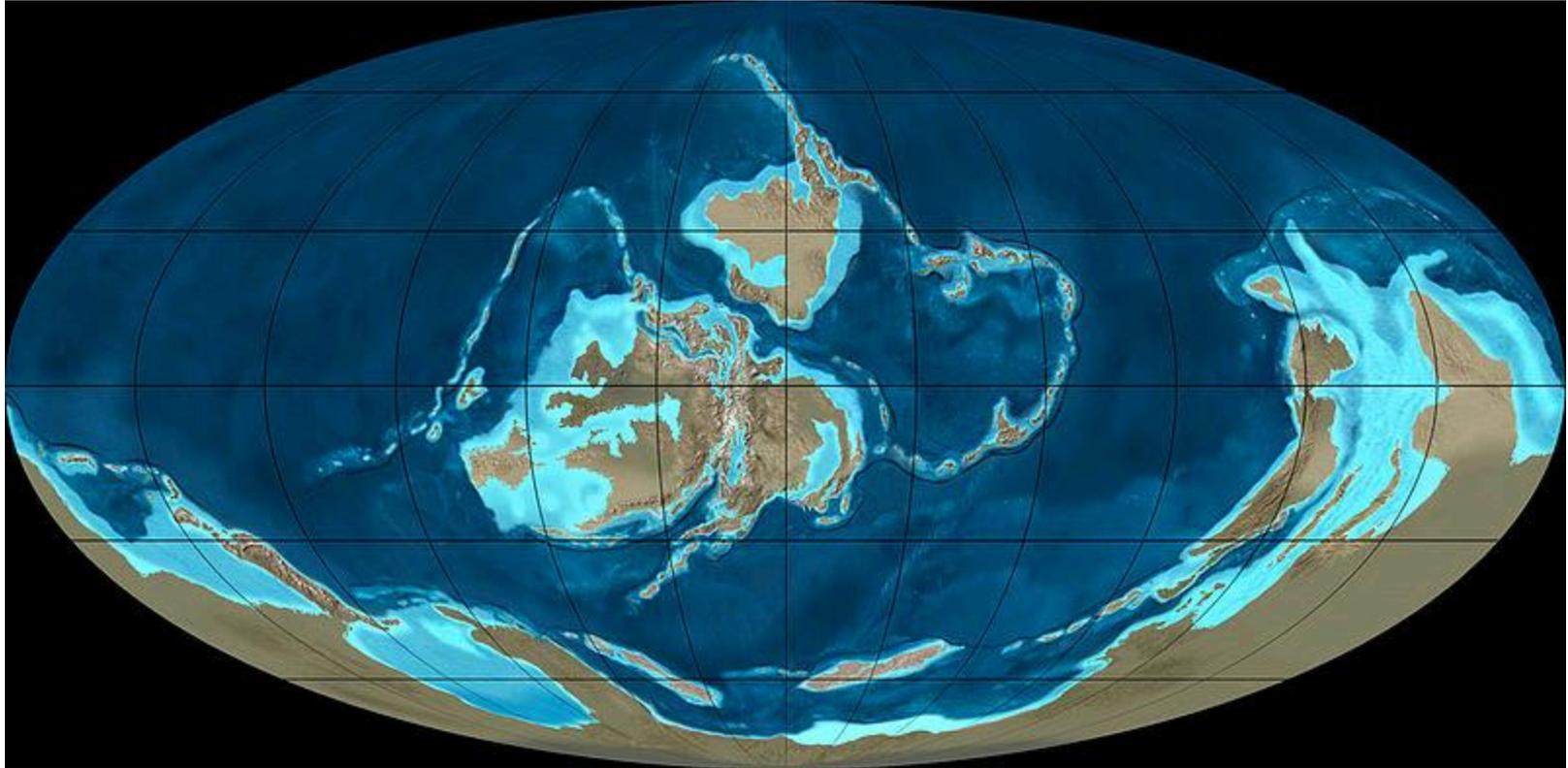
- Am Ende des Perm, vor ca. 225 Mio Jahren, waren alle Kontinente in einem großen Block vereinigt: Pangäa; es gab bereits Großpflanzen und Arthropoden
- 25 Mio Jahre später, im Trias, setzten sich Laurasia und Gondwanaland ab, dazwischen bildete sich das Tethys Meer



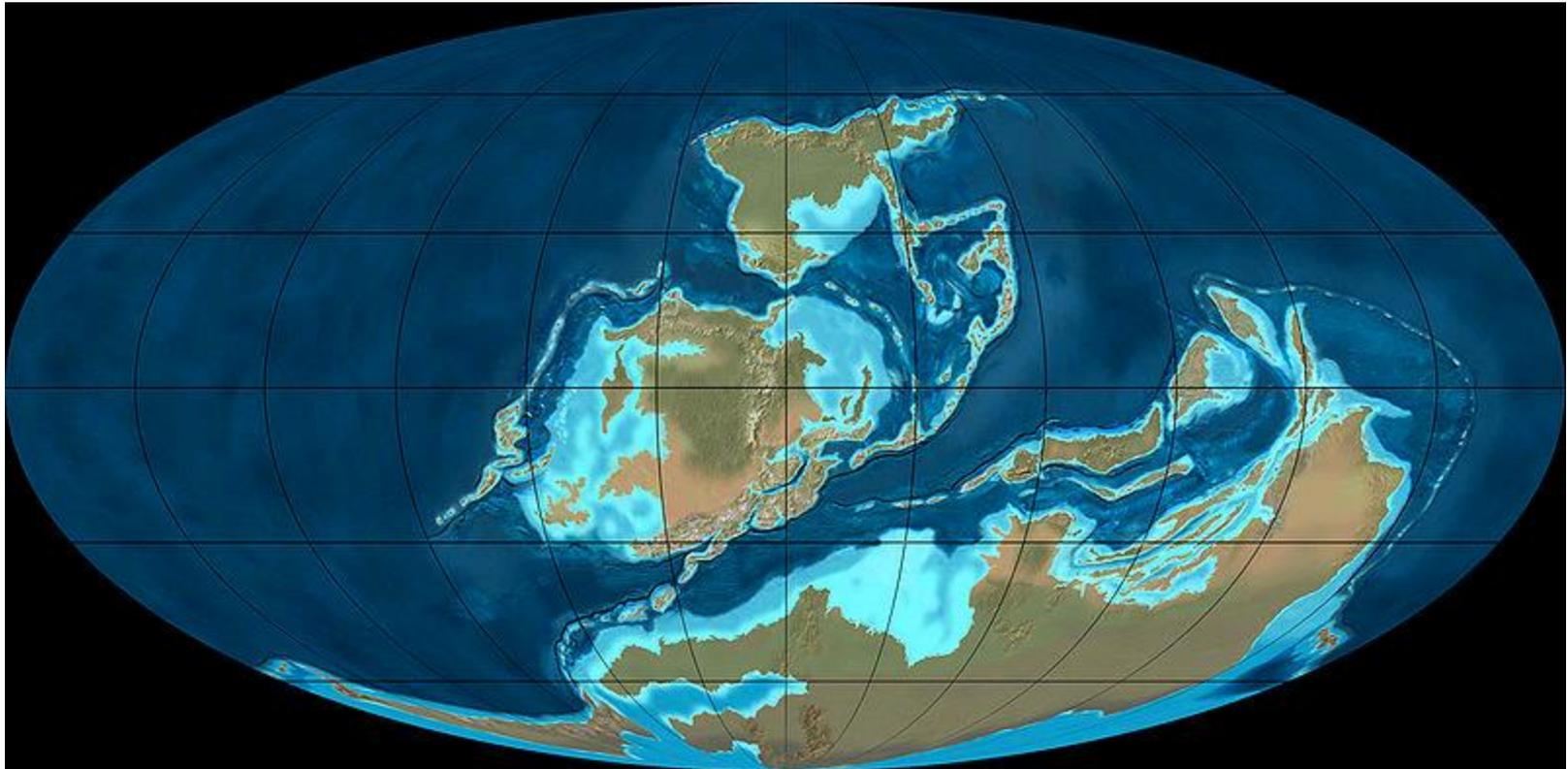
Frühes Kambrium vor 540 Mio Jahren



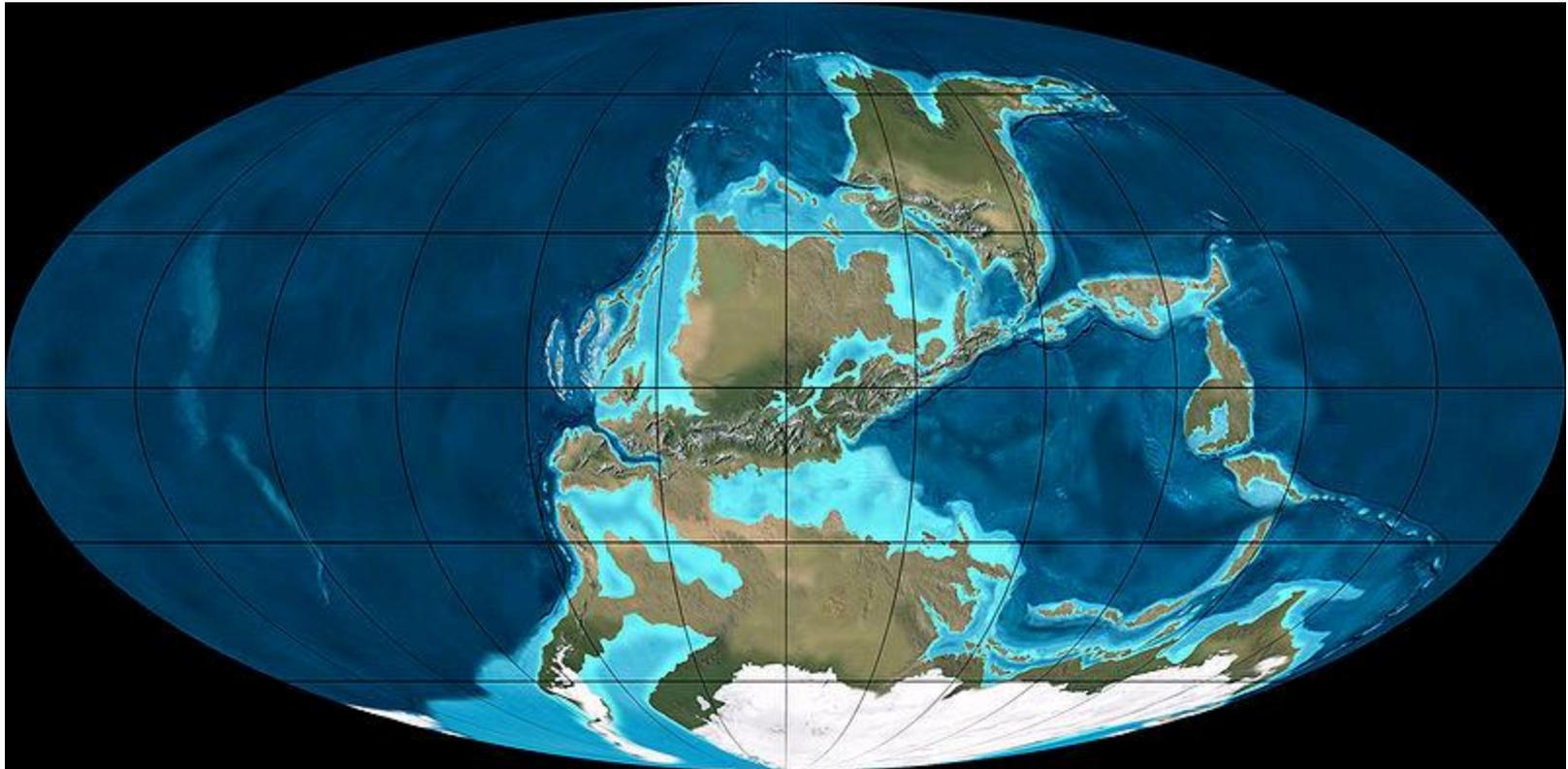
Ordoviciem vor 470 Mio Jahren



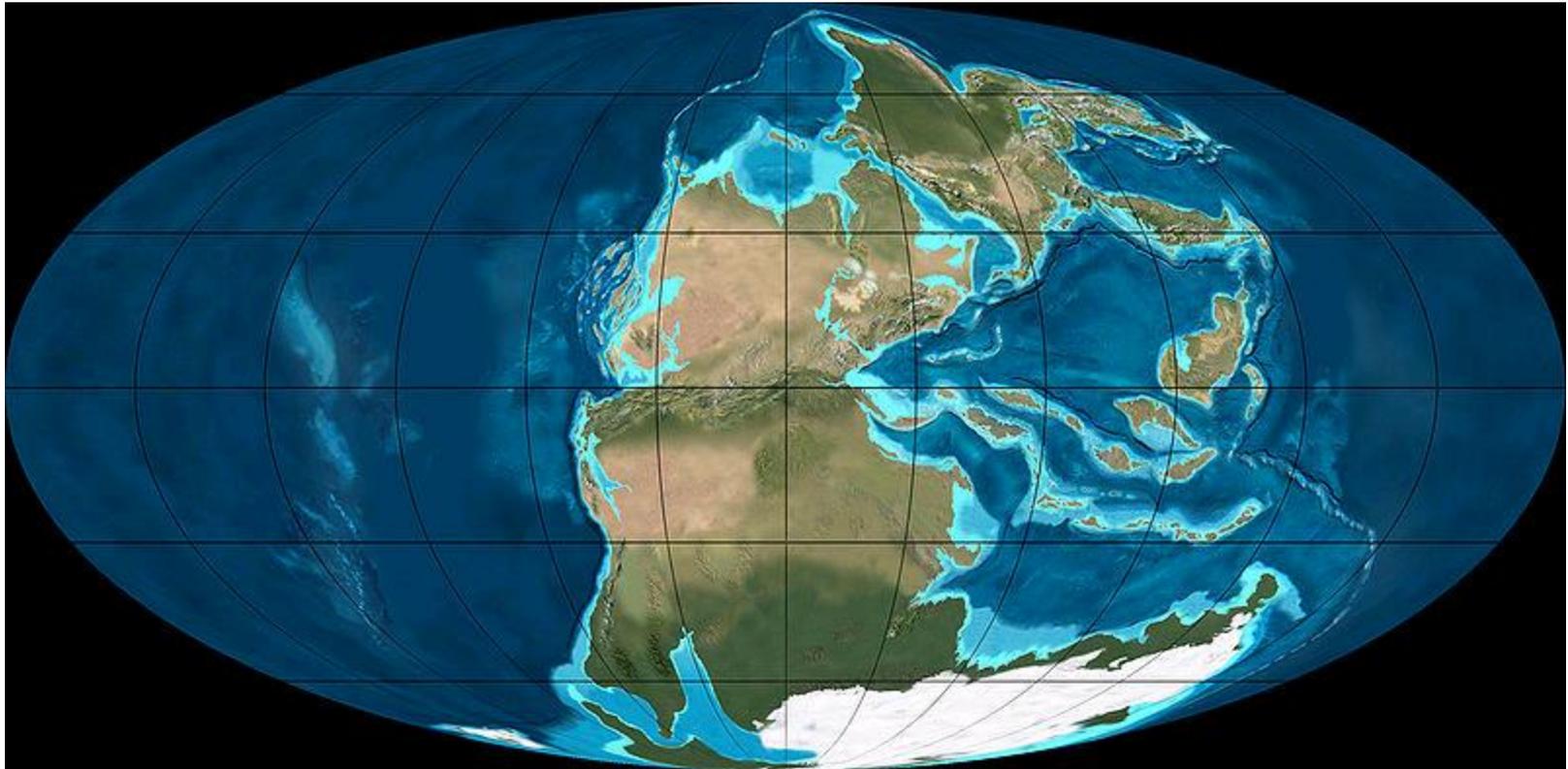
Silur vor 430 Mio Jahren



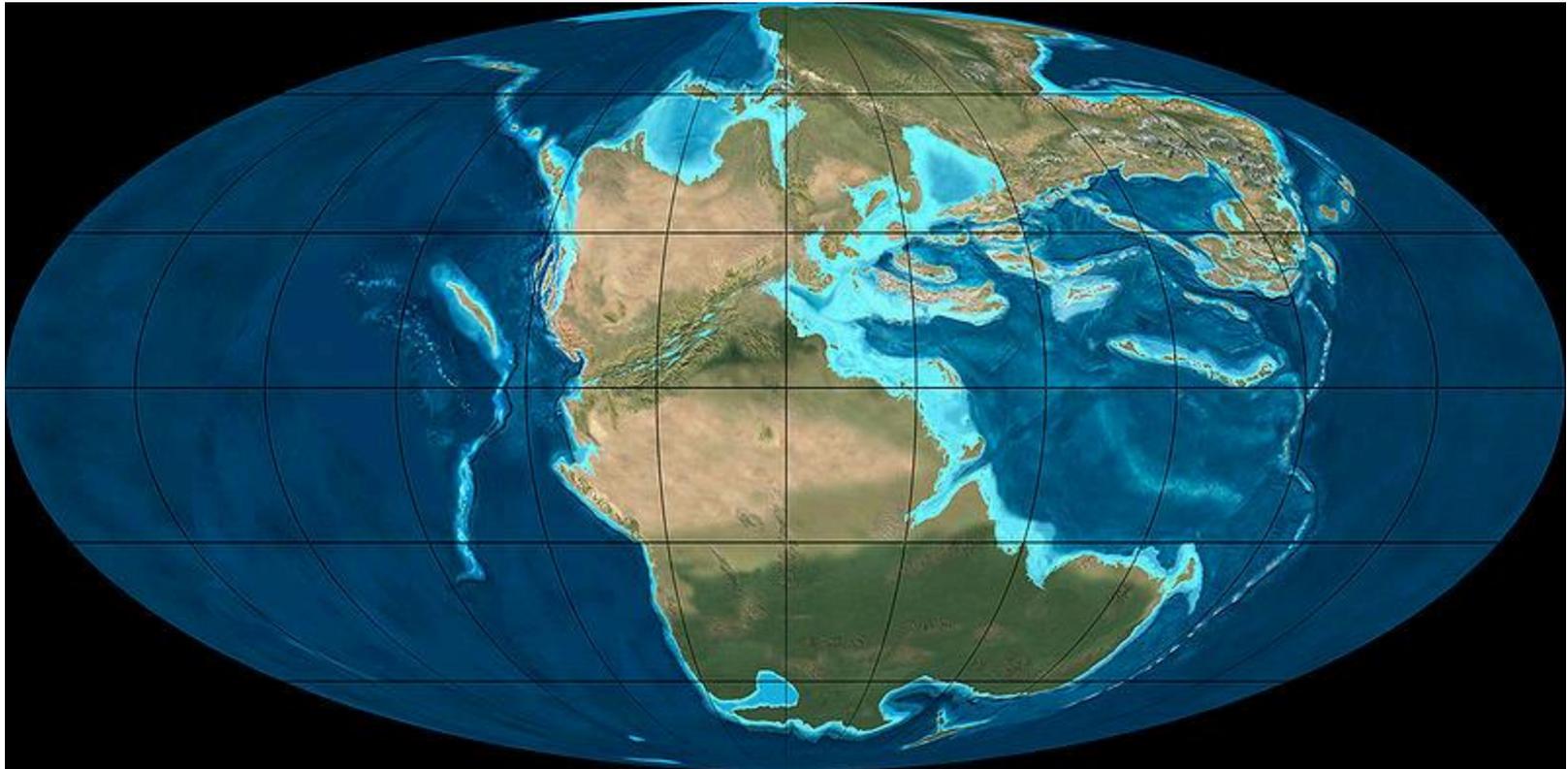
Devon vor 370 Mio Jahren



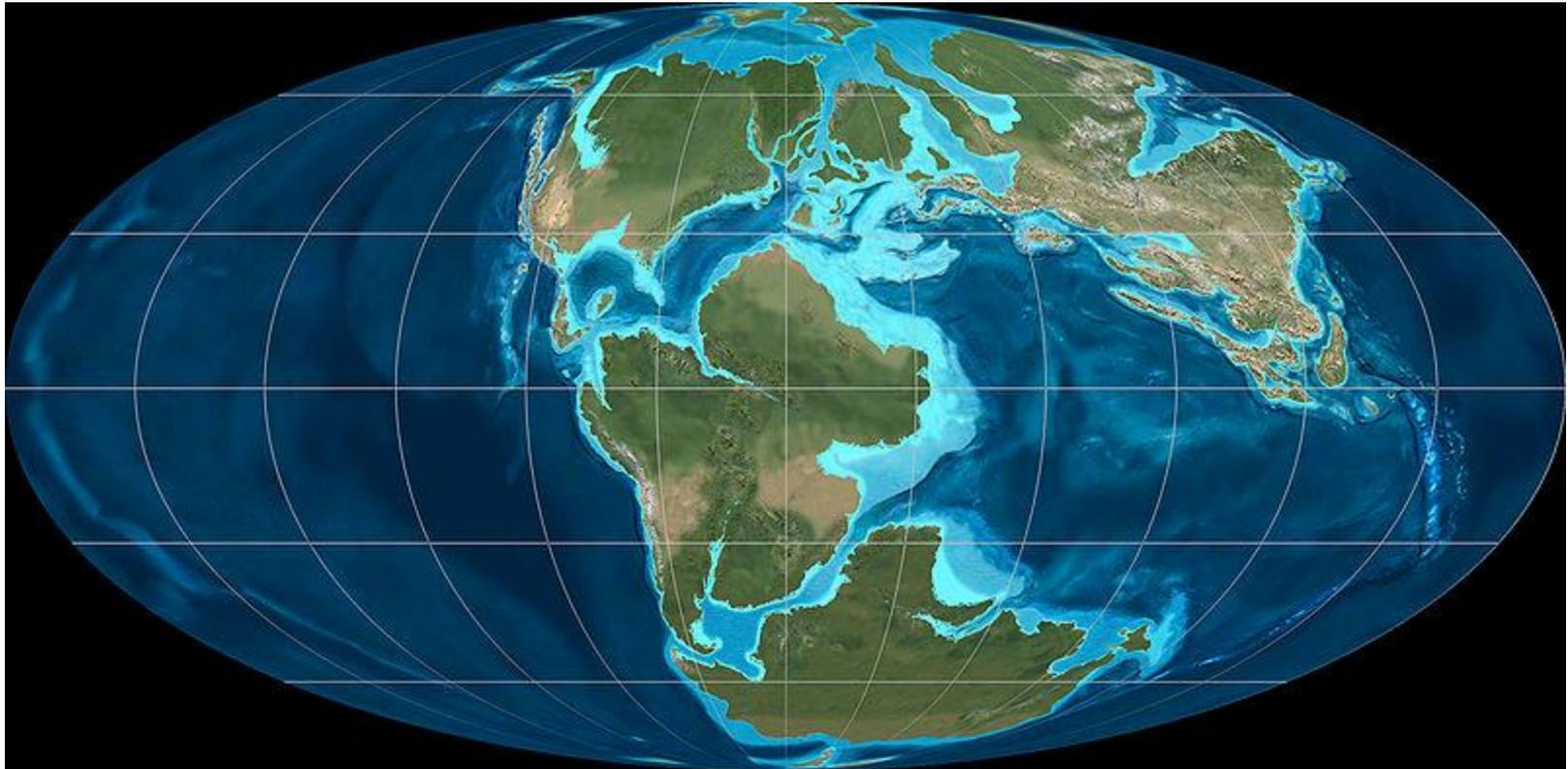
Karbon vor 300 Mio Jahren



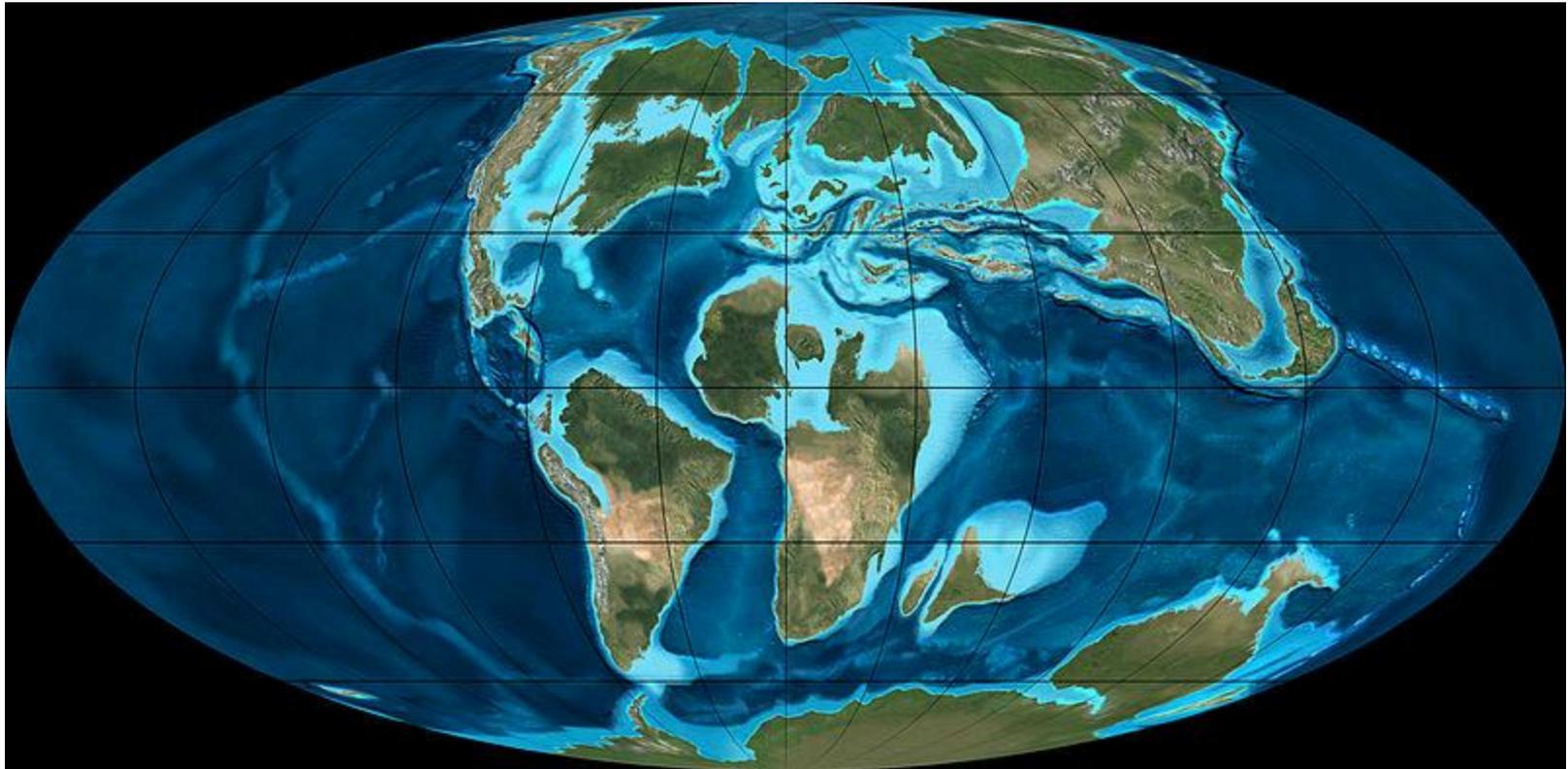
Perm vor 260 Mio Jahren



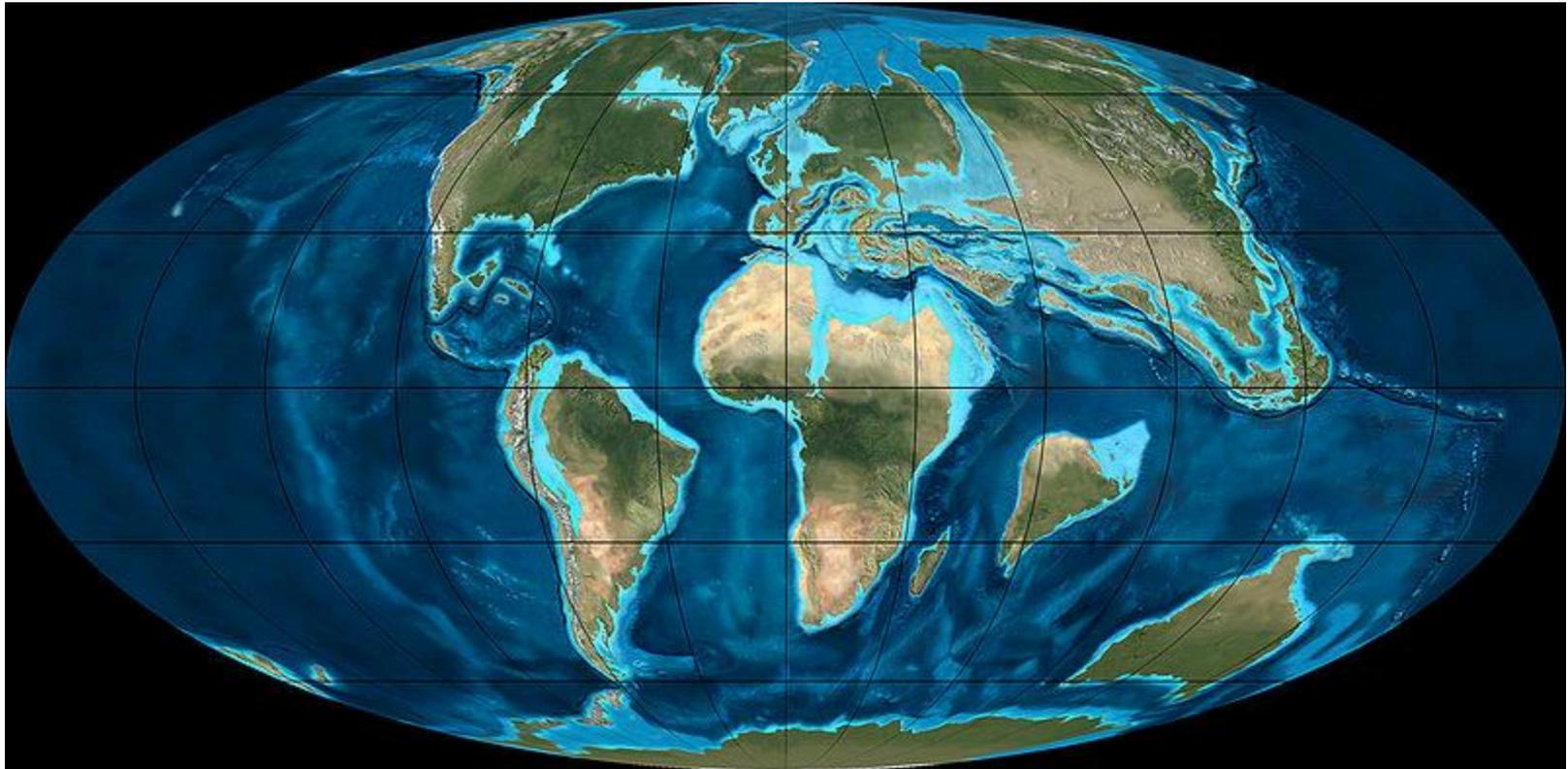
Trias vor 220 Mio Jahren



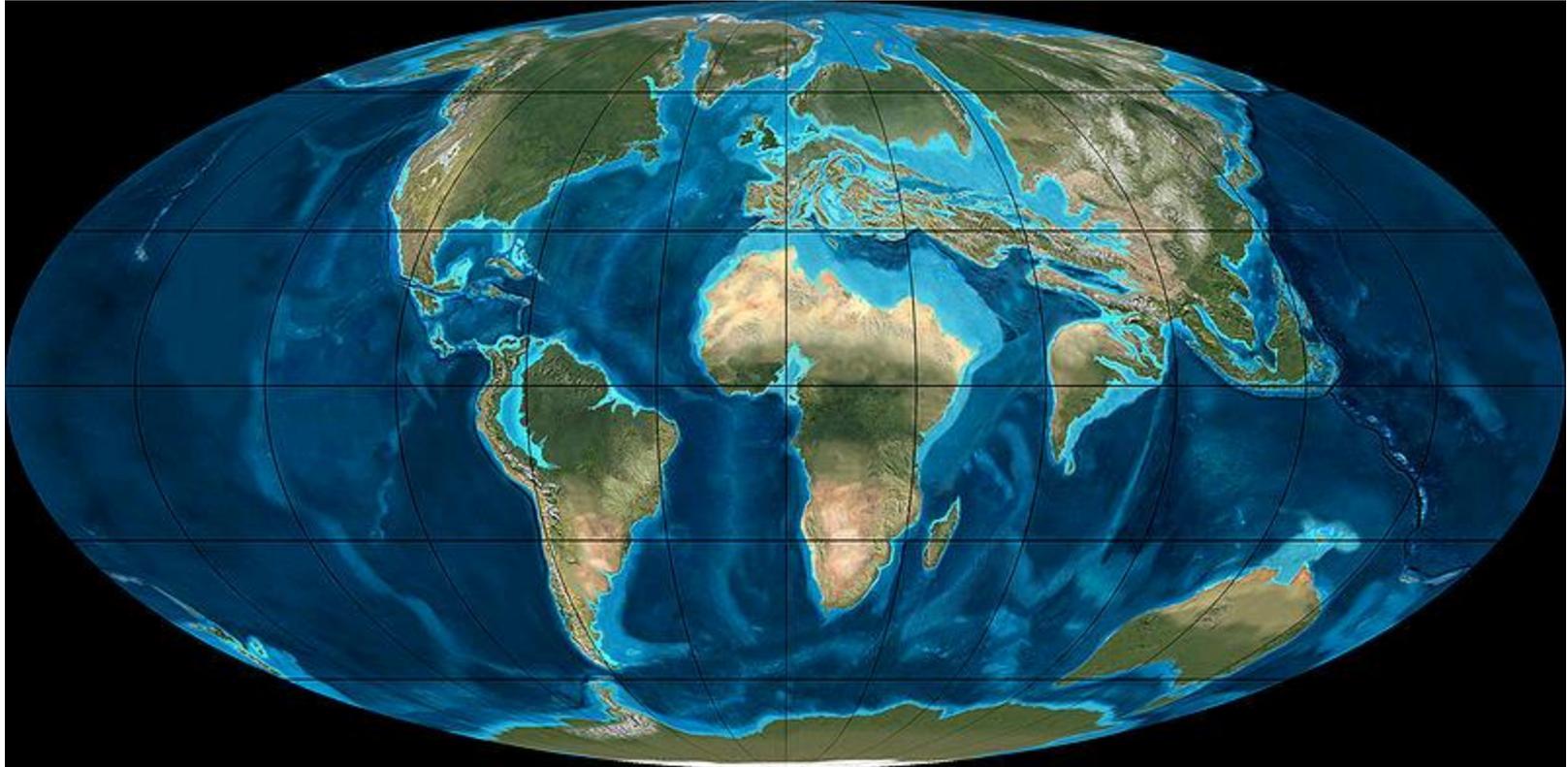
Jura vor 150 Mio Jahren



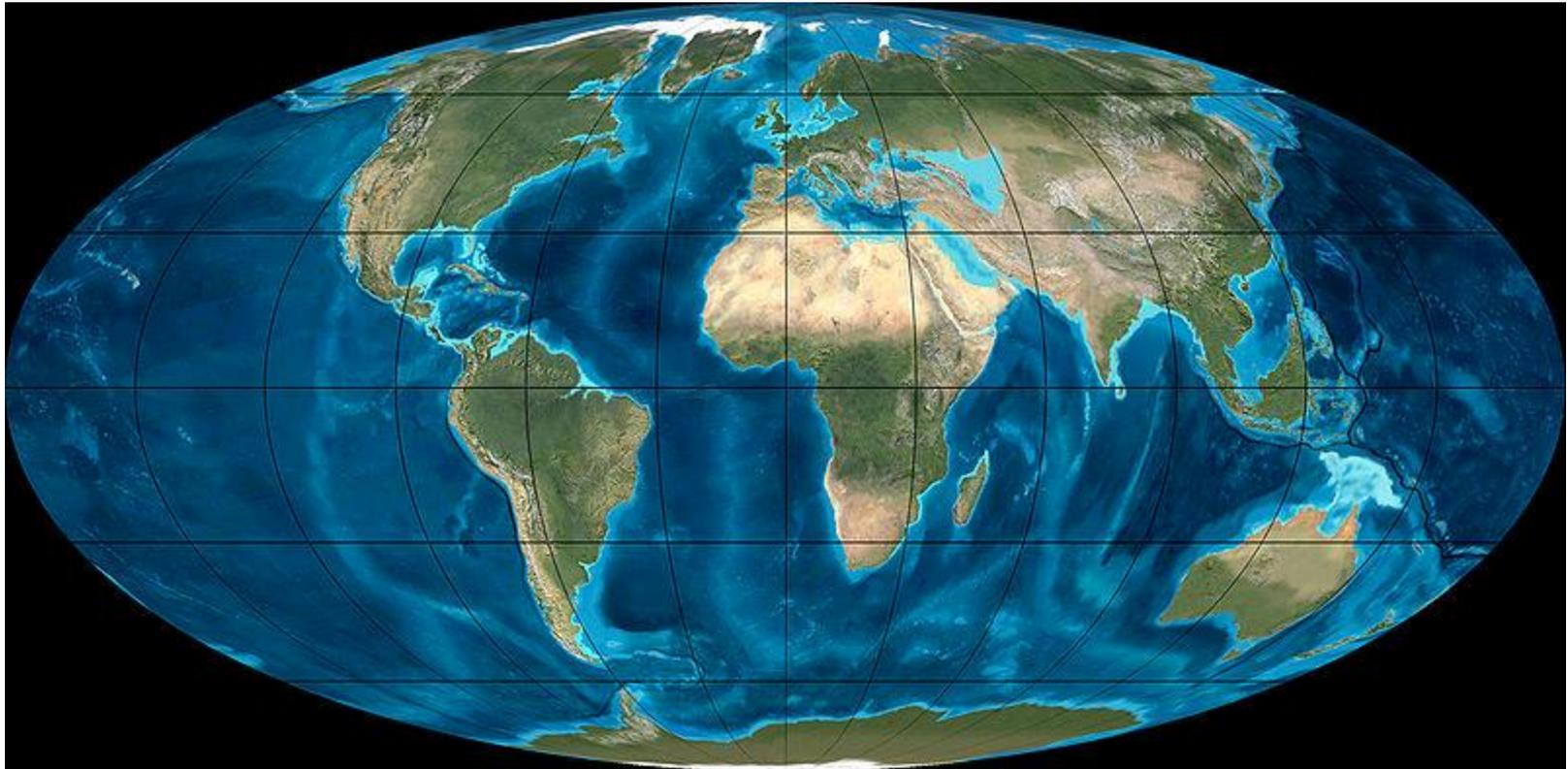
Kreide vor 90 Mio Jahren



Paläogen vor 90 Mio Jahren



Eozän vor 90 Mio Jahren



Neogen vor 20 Mio Jahren

Plattentektonik

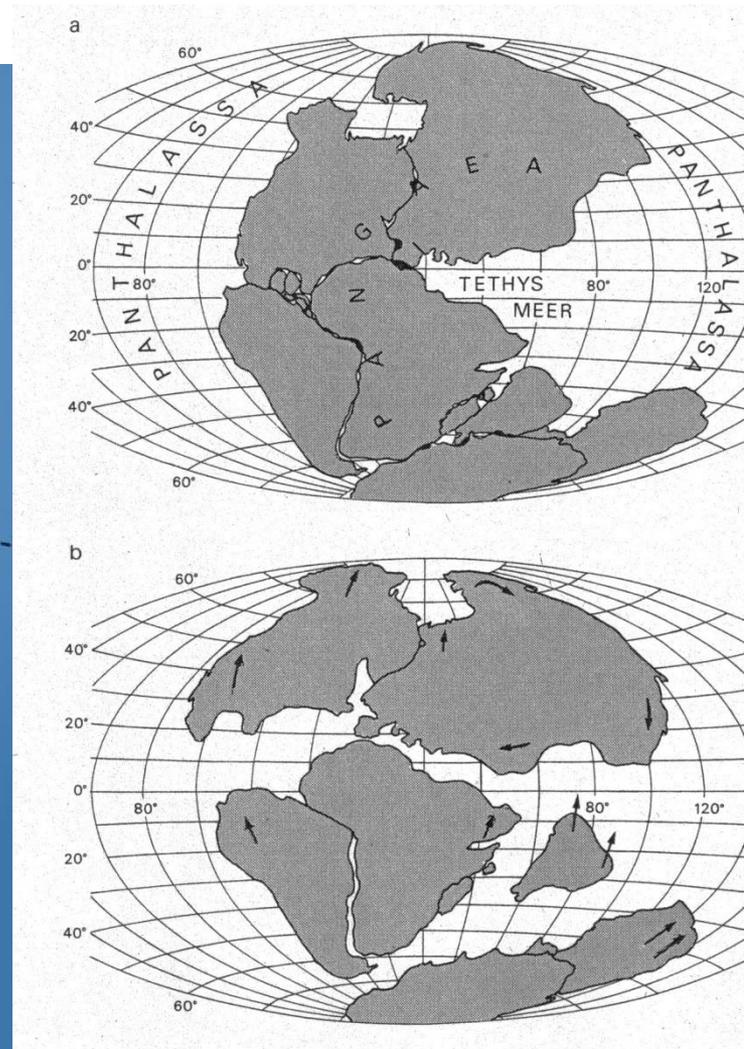


Abb. 5 Zwei Momentaufnahmen des **Auseinanderbrechens der Pangaea** und der darauf folgenden Verschiebung (Pfeile) der Kontinente und Subkontinente. Situationen vor **a** ca. 200 Mio. Jahren (Perm); **b** ca. 135 Mio. Jahren (Jura) (nach Dietz u. Holden 1970).

Mittelmeer

- Entstand aus dem Tethys Meer
- Vor ca. 5,6 Mio Jahren trocknete das Mittelmeer aus:
- wegen der Eiszeit war der Meeresspiegel 50 m tiefer, Afrika war weiter nordwärts gerückt; Meerenge von Gibraltar verschlossen
- Wasser der Flüsse reicht nicht aus um Verdunstung zu kompensieren; ohne Verbindung zum Ozean trocknet Mittelmeer in 1000 Jahren aus



Mittelmeer

Vor 5,3 Mio Jahren senkt sich Schwelle von Gibraltar

Verbindung Atlantik, Wasserfall füllt Mittelmeer in einigen 1000 Jahren auf

90 % des Wassers vmtl. in wenigen Monaten eingeflossen, in der Zeit stieg der Pegel ca. 10 m am Tag

Bildet 200 km langen Kanal



Catastrophic flood of the Mediterranean after the Messinian salinity crisis. D. Garcia-Castellanos, F. Estrada, I. Jimé'nez-Munt, C. Gorini, M. Ferna`ndez, J. Verge´s & R. De Vicente, Nature 462, 778 (2009)

Ostsee

- Heute mit Nordsee verbunden
- Entstand vor 12000 Jahre durch Abschmelzen der Eiskappen am Ende der Eiszeit, Stausee
- Etwa 8000 v.Chr. Verbindung zur Nordsee
- Danach (6000 v. Chr.) Hebung der Erdkruste, erneut Verbindung unterbrochen
- 5000 v Chr. Anstieg Meeresspiegel



Roter Punkt ca Helgoland

Nordsee

- Teil des Atlantischen Ozeans
- Schelfmeer



Meer / Land, dominierende Gruppen

Land:
Samenpflanzen



Meer: Algen und Cyanobakterien



Land: Tetrapoden,
Insekten

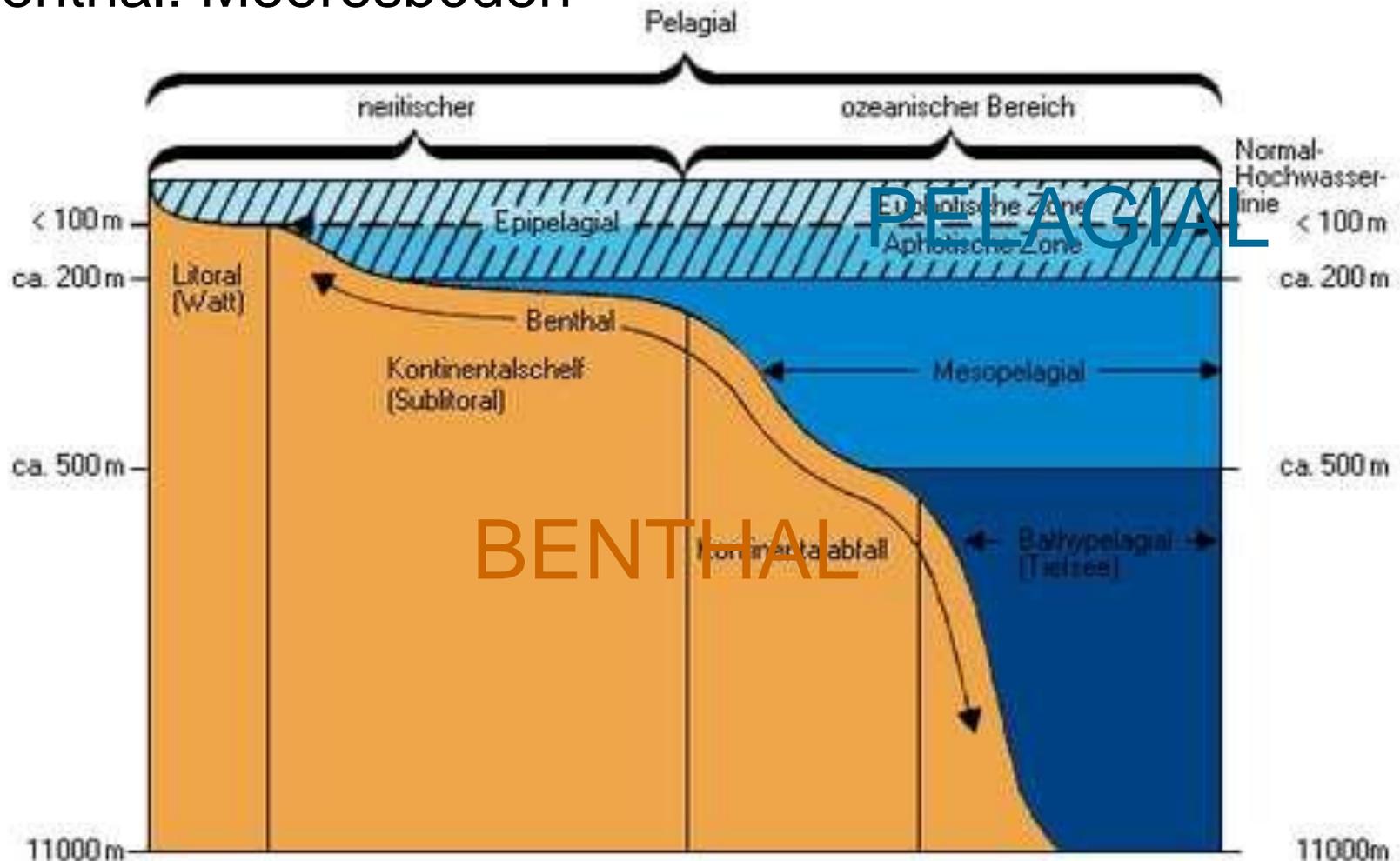


Meer: Fische,
Crustaceen

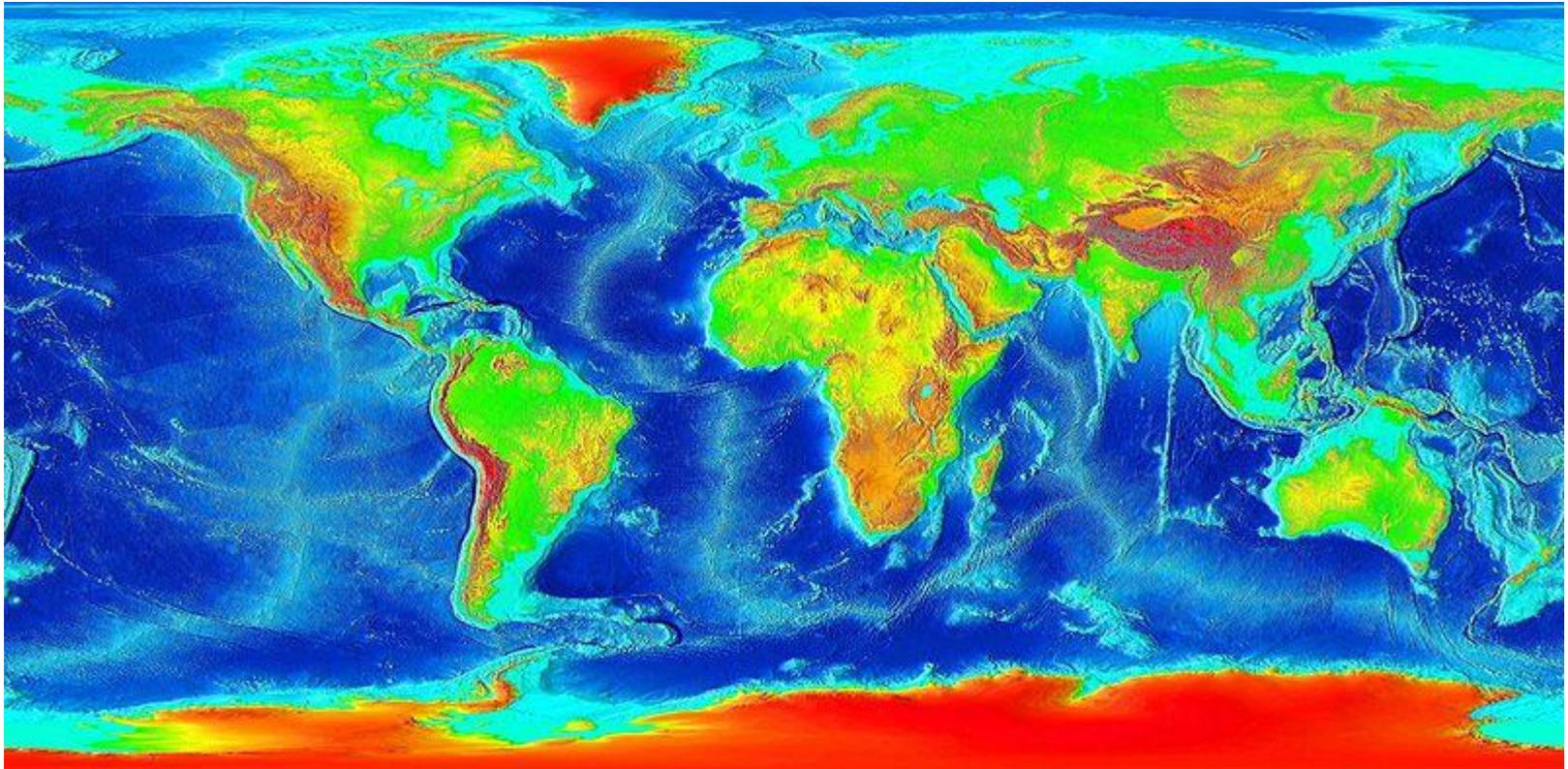


Gliederung / Aufteilung / Begriffe

- Pelagial: Gesamtheit des Wassers mit allen Lebewesen
- Benthal: Meeresböden



Kontinentalschelf, Schelf



Bis zu einer Wassertiefe von 200 m, hier hellblau

Pelagial, offenes Wasser

- Neritisch: Raum über den Kontinentalsöckeln, Küstennähe, i.d.R. < 200 m tief; z.B. Ostsee und Nordsee sind komplett über Kontinentalsöckel, also neritisch
 - Ozeanischer Raum außerhalb der Kontinentalsöckel
 - Epipelagial, bis 200 m: Gasaustausch, Temperaturkopplung, Licht: Photosynthese
 - Mesopelagial bis 1000 m, kein Licht, nur heterotrophe,
 - Bathypelagial bis 5000 m, dito, Temperaturkonstanz
 - Abyssopelagial bis 10000 m, dito
- Druck: $10 \text{ m} = 1 \text{ atm}$ (ca. 1 bar)

Benthal, Meeresböden

- Litoral zwischen Spritzzone und Kontinentalsockel-Kante (200 m Tiefe)
 - Supralitoral, Spritzwasserzone oberhalb des Meeresspiegels, starke Temperatur-, Osmolarität-Schwankungen
 - Mesolitoral, Gezeitenzone, bei Flachküsten bis 10 km Ausdehnung (Wattenmeer)
 - Infralitoral, bis zur unteren Grenze der Großpflanzen bzw. Riff-Korallen, ca. 150-200 m
 - Circalitoral, bis Kante des Kontinentalsockels
- Bathyal (bis 4000 m, ca 1/3 des Meeresbodens)
- Abyssal (bis 6000 m, ca. 68% des Meeresbodens)
- Hadal (bis 10000 m, Tiefseegräben)

Helgoland und Giglio

- Helgoland ca. 40 km vom Festland entfernt auf offener See, gehört zum Festlandsockel; Wasser in der Umgebung bis 100 m tief; deutliche Unterschiede zwischen Ebbe und Flut
- Meer um Giglio mit Wassertiefen bis ca. 80 m, kaum Gezeiten



Das Wattenmeer Weltnaturerbe

 Weltnaturerbegebiet



0 10 20 30 40 50 km



Umwelt-Faktoren: Licht

- Entscheidend für die Photosynthese Primärproduktion durch Cyanobakterien und Algen
- Wichtig für Wahrnehmung (Sehen)
- Lichtintensität nimmt von oben nach unten ab: Absorption durch Pigmente (Chlorophyll); Streuung durch Partikel führt auch zur Reduktion
- Bei homogenem Wasserkörper nimmt die Licht-Intensität bei gleichen Wegstrecken um denselben Anteil ab

Umwelt-Faktor Licht

- Lambert-Beersches Gesetz:

$$I = I_0 / (10^{(\epsilon \cdot c \cdot d)})$$

- Lichtintensität I nimmt exponentiell mit der Tiefe d ab
- Spektrale Zusammensetzung ändert sich mit der Tiefe
- Euphotische Zone: $I/I_0 > 1\%$, bis ca. 200 m Tiefe
- Darunter: aphotische Zone, angeblich keine Photosynthese möglich

Umwelt-Faktoren: Licht

Beispiele für
Lichtverhältnisse
Mittelmeer (klar)
und Ostsee (trübe)

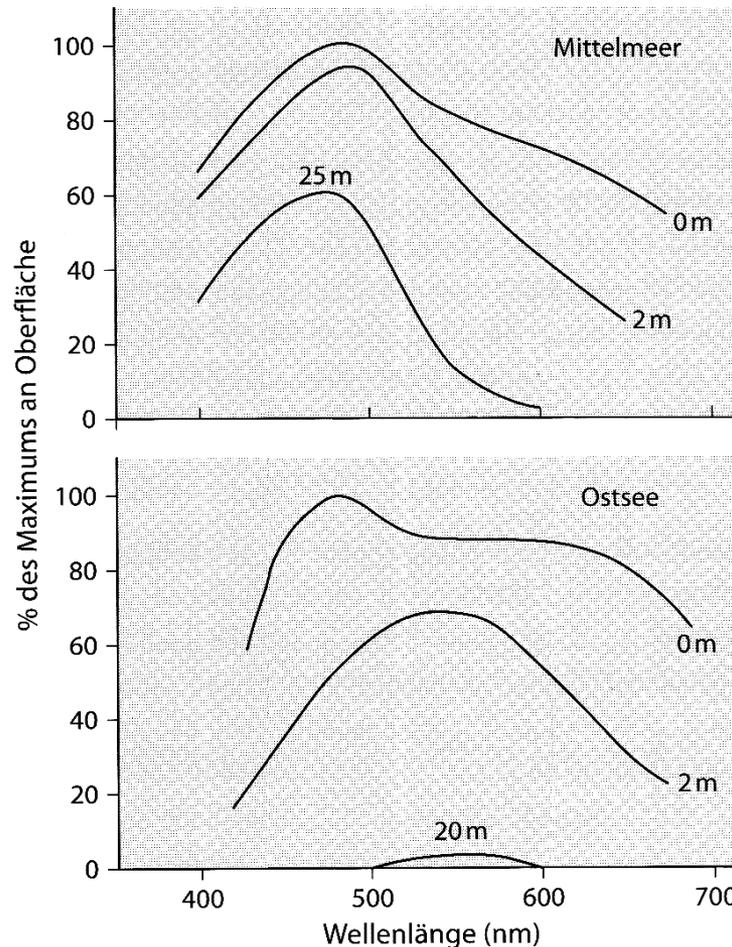


Abb. 2.2. Einengung des Lichtspektrums bei zunehmender Meerestiefe. *Oben:* im klaren Mittelmeer engt sich das Spektrum auf den Bereich zwischen 450 und 500 nm ein. *Unten:* in der trüben Ostsee engt sich das Spektrum auf den Bereich um 550 nm ein. (Nach Sommer 1996, Abb. 4, basierend auf Daten von Newell 1976)

Umwelt-Faktoren: Licht

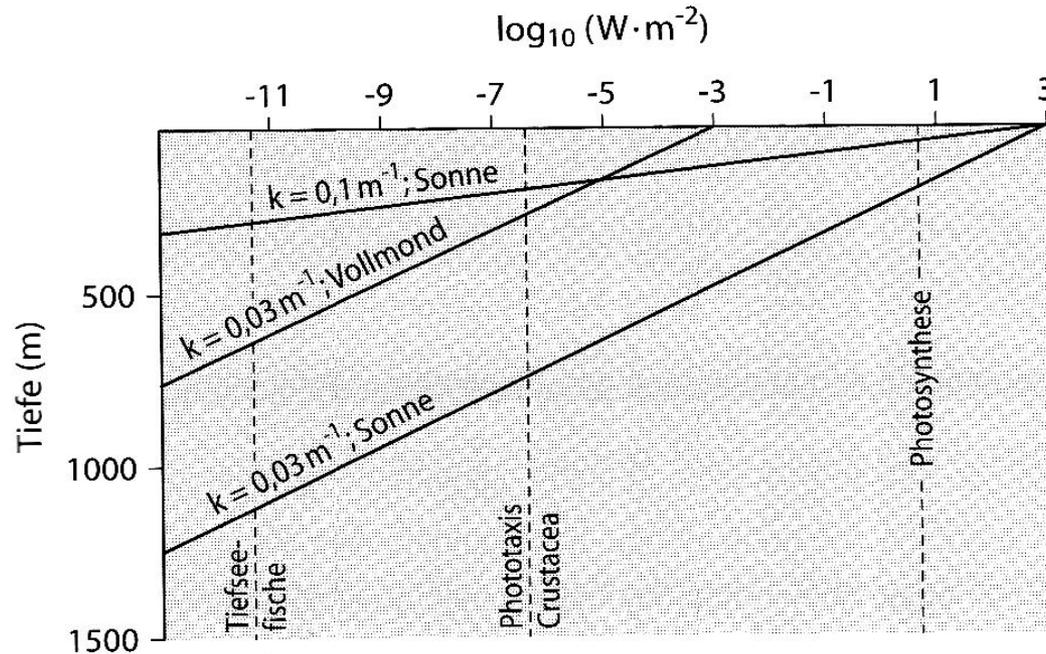


Abb.2.4. Halblogarithmische Lichtprofile im Vergleich zu den Mindestansprüchen biologischer Prozesse (Photosynthese des Phytoplanktons, Phototaxis der planktischen Crustaceen, Lichtwahrnehmung der Tiefseefische). $k = 0,03 \text{ m}^{-1}$ gilt für klares ozeanisches Wasser, $k = 0,1 \text{ m}^{-1}$ für klares neritisches Wasser. (Nach Sommer 1994, Abb.4.5)

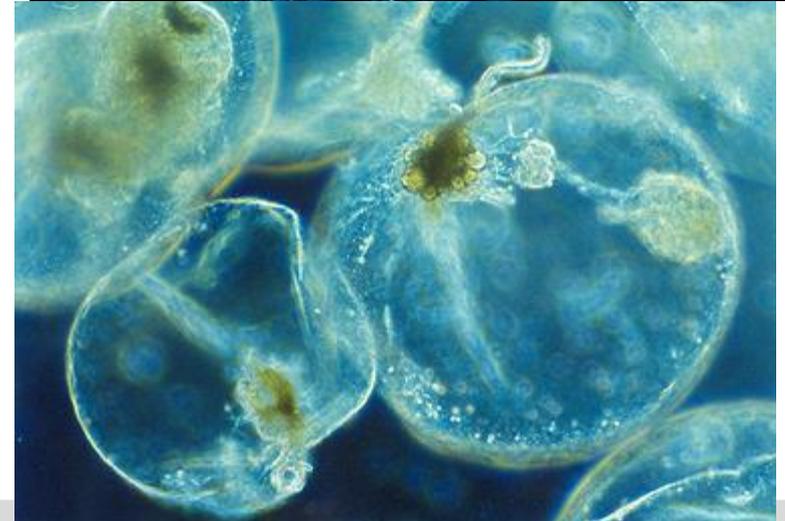
$$I = I_0 / (e^{(k \cdot z)})$$

Umwelt-Faktoren: Licht

Wichtige Themen in

Zusammenhang mit Licht:

- Photosynthese, Pigmente
- Lichtwahrnehmung / Augen der Tiere
- Biolumineszenz in der Tiefsee



Noctiluca scintillans

Falsch oder richtig ?

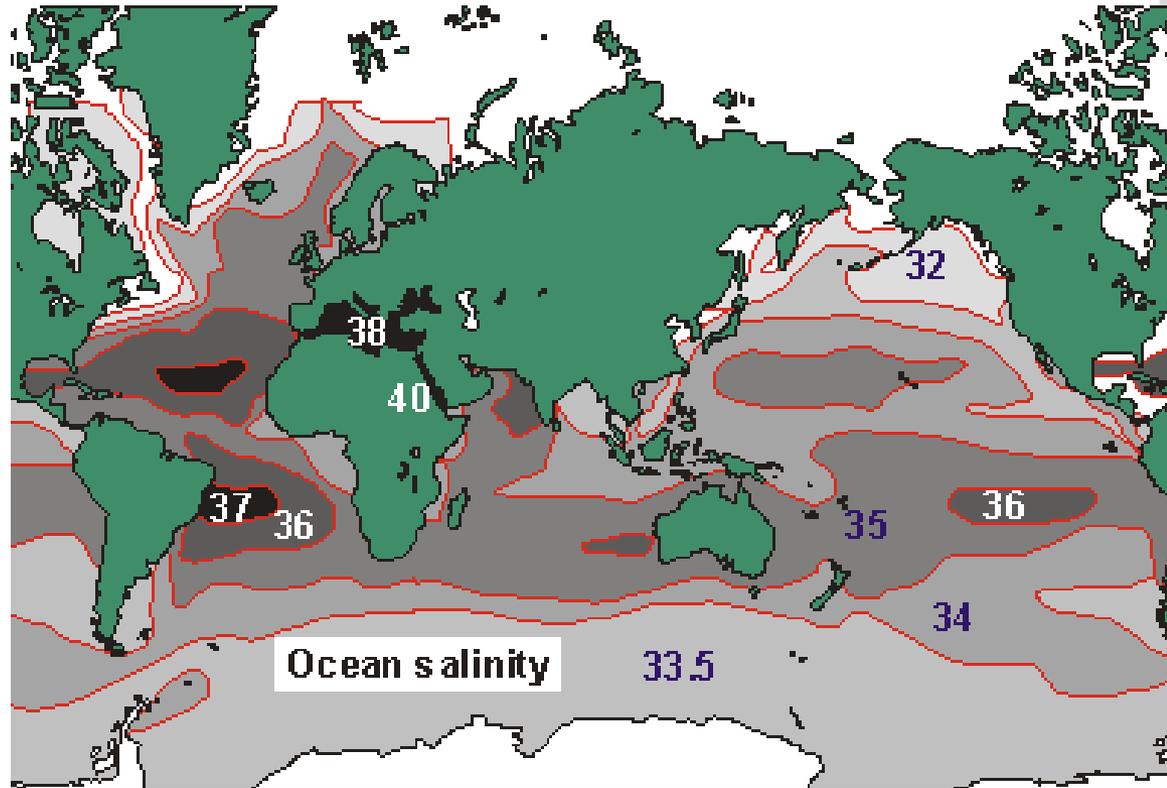
- Mittelmeer ist aus dem Tethys Meer entstanden
- Im Pangaea vor 200 Mio Jahren waren alle Kontinente vereinigt
- Photosynthese ist bis zu einer Tiefe von 100 m möglich
- Benthos bezeichnet das offene Wasser, Pelagial bezeichnet den Meeresboden

Umwelt-Faktoren: Salze

- Wasser Verdunstung an der Oberfläche würde den Pegel der Meere um 116-124 cm pro Jahr senken
- Ausgleich durch Niederschläge, direkt 107-114 cm pro Jahr
- Ausgleich über das Festland, Flüsse, 47 – 71 cm pro Jahr
- Salze, die über Flüsse eingebracht werden, verbleiben im Meer => hoher Salzgehalt

Umwelt-Faktor Salze

Relative
 Konzentration der
 Elemente ist wegen
 Durchmischung
 konstant, aber
 Salinität ist variabel



Salinität ‰, Weltkarte

<http://www.seafriends.org.nz/oceno/seawater.htm>

- Salinität (Gesamt-Konzentration der Salze):
 - Atlantik 34,7 ‰
 - Pazifik 34,6 ‰
 - Indischer Ozean 34,8 ‰
 - Ostsee 8 ‰
 - Nordsee: 35 ‰ (Flussmündungen: 15-25 ‰)
 - Mittelmeer 37,4 ‰
 - Schwarzes Meer 17 - 18 ‰
 - Persischer Golf 40 ‰
 - Rotes Meer 40 ‰
 - Totes Meer 270 ‰
 - Süßwasser 1 ‰
- Weitere Variationen durch Eintrocknen, z.B. in Rockpools

Umwelt-Faktor Salze

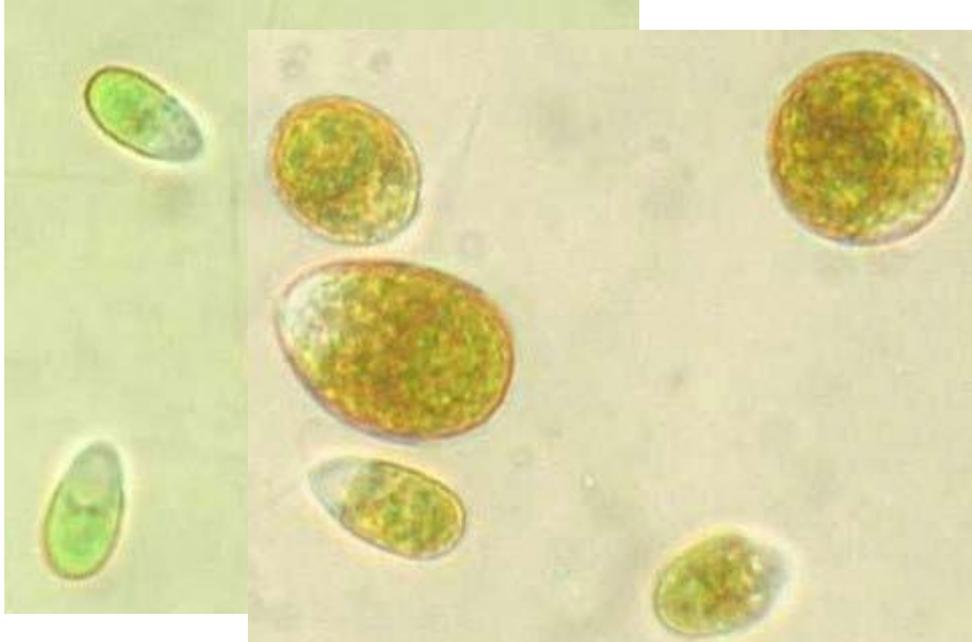
| | g pro kg Wasser bei 35 ‰ Salinität |
|-------------------------------|--|
| Cl ⁻ | 19,4 |
| Na ⁺ | 10,8 |
| Mg ²⁺ | 1,3 |
| SO ₄ ²⁻ | 2,7 |
| Ca ⁺ | 0,41 |
| K ⁺ | 0,39 |
| HCO ₃ ⁻ | 0,14 |
| Br ⁻ | 0,06 |
| B(OH) ₃ | 0,0046 |
| F ⁻ | 0,0013 |
| Sr ²⁺ | 0,0078 |

pH 8,1

Umwelt- Faktoren: (Spuren) Elemente

| | µg pro Liter |
|---|--------------|
| Li ⁻ | 180-195 |
| N (NO ₃ ⁻ NH ₃) | 0-560 |
| P (HPO ₄ ²⁻) | 0-90 |
| Al ³⁺ | 0-7 |
| V | 2-3 |
| Si(OH) ₄ | 0-4900 |
| Mn ²⁺ | 0,2-9 |
| Fe ²⁺ | 0,1-62 |
| Co ²⁺ | 0,2-4 |
| Mo | 0,24-12 |
| Ni ²⁺ | 0,8-2,4 |

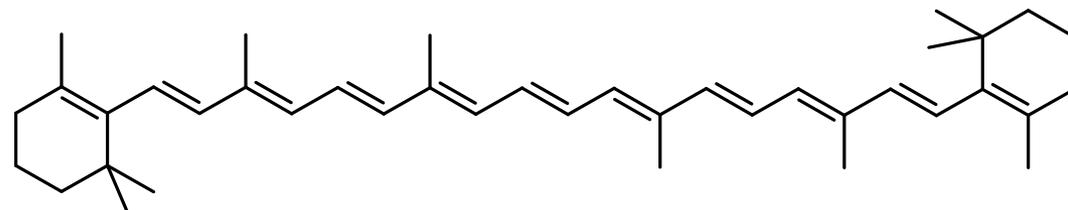
Anpassung an Salinität



© M. Dyal-Smith, see http://www.microbiol.unimelb.edu.au/staff/mds/lab_pics/

Grünalge *Dunaliella salina* wächst in hohen Salzkonzentrationen (über 150 ‰)

produziert Glycerin und β -Carotin

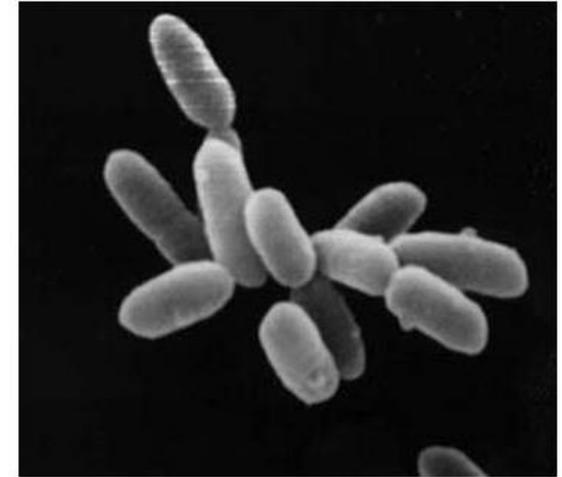


β -Carotin

Anpassung an hohe Salzkonzentrationen

Halobacterium salinarum
(Archaeobacterium) wächst
in Salinen zwischen 90 ‰
und 300 ‰

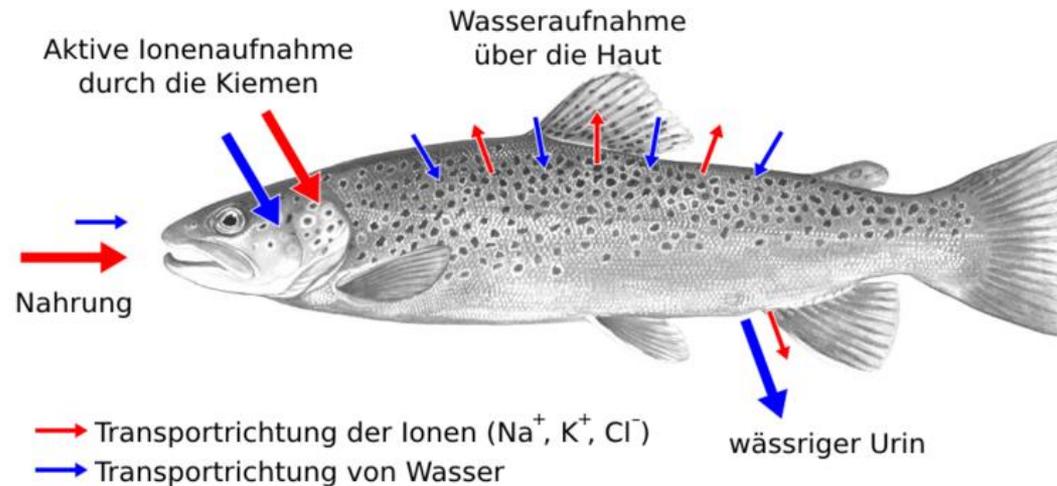
Rote Farbe durch
Bacteriorhodopsin



Salinen von Lanzarote

Osmoregulation

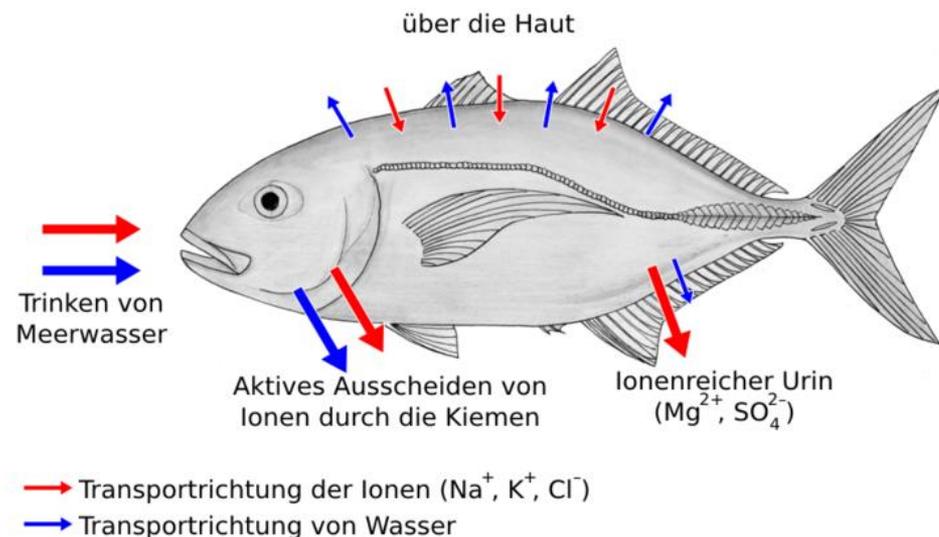
Forelle



Stachelmakrele

Aale: laichen in Sargassomeer, wandern in Süßgewässer

Lachse: laichen in Süßgewässer, wandern in Meer



Umwelt-Faktoren: Sauerstoff und CO₂

- Austausch Atmosphäre / Wasser an der Oberfläche
- Produktion von Sauerstoff in der Photosynthese, CO₂ durch Atmung
- Durchmischung des Wassers (s.u.)
- Im Schwarzen Meer ist der Sauerstoff-Austausch eingeschränkt

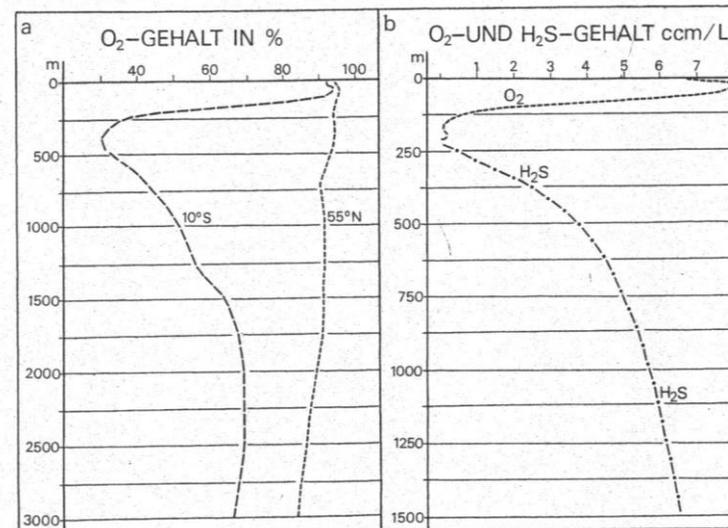


Abb. 92 Empirisch ermittelte Vertikalprofile des O₂- bzw. H₂S-Gehaltes. **a** Messungen im tropischen (10° S) und nördlichen (55° N) Atlantik; **b** Messungen im Schwarzen Meer, wo, wegen Fehlens einer thermohalinen Konvektion, von einer Tiefe von ca. 200 m abwärts der O₂ durch H₂S ersetzt wird. Die Relativwerte für O₂ (**a**) beziehen sich auf die an der Oberfläche der betreffenden Stationen registrierten O₂-Gehalte (100%) des Wassers (nach Defant 1961).

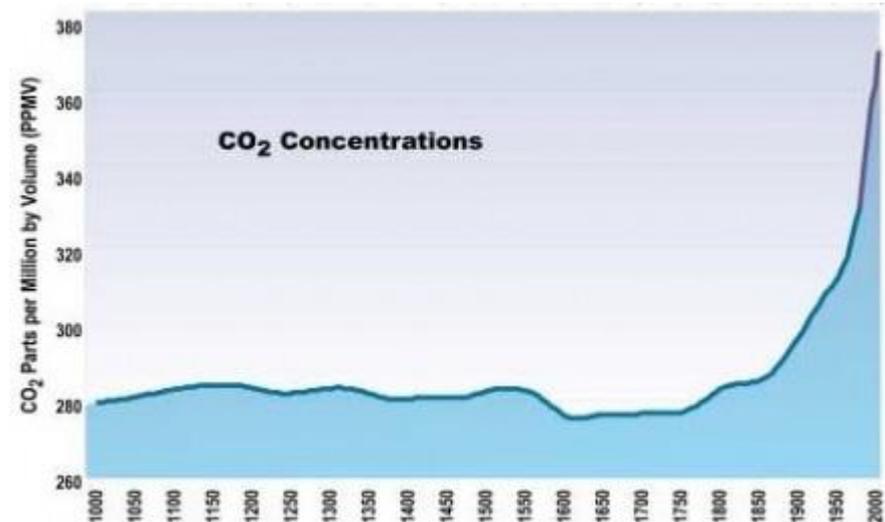
Tropischer Atlantik

Nördlicher Atlantik

Schwarzes Meer

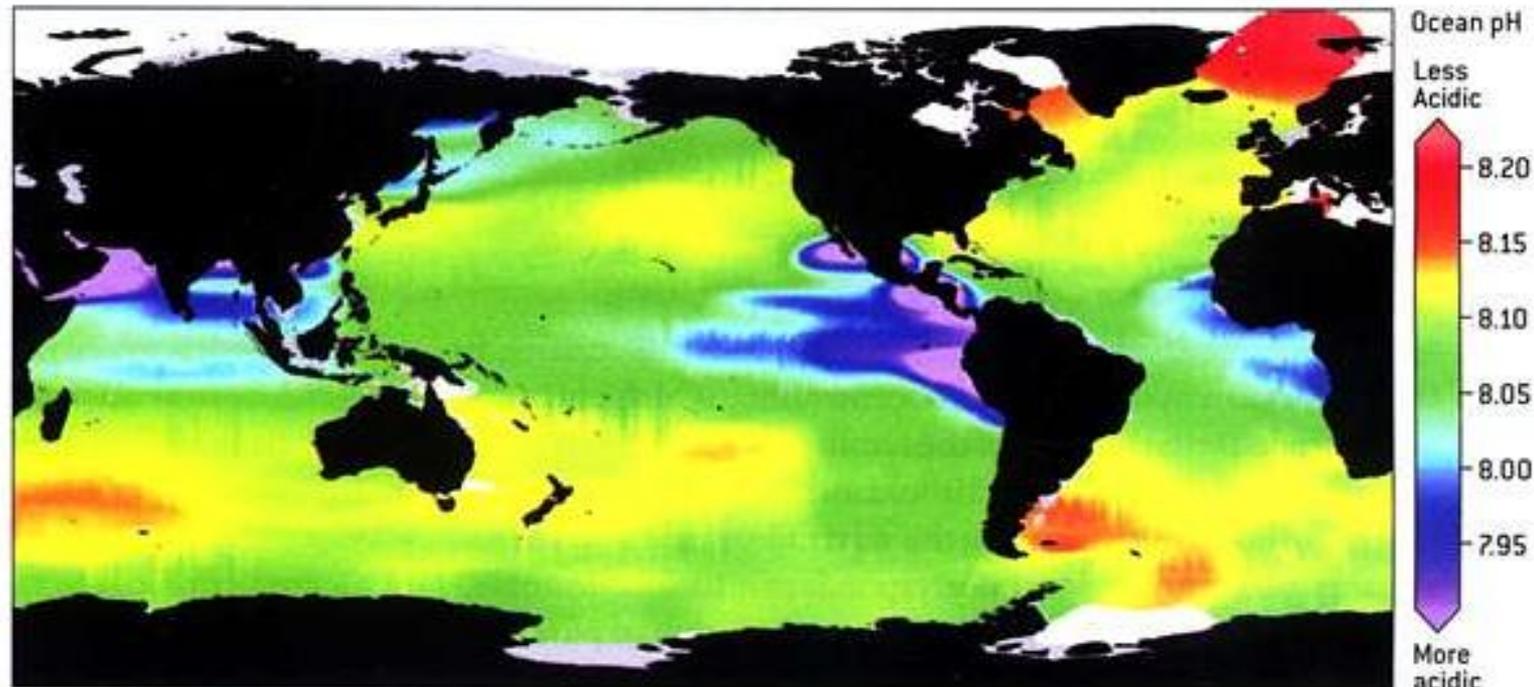
Umwelt-Faktoren Sauerstoff und CO₂

- CO₂ liegt im Wasser in verschiedenen Zuständen vor
 $\text{CO}_2 \text{ (Kohlendioxid)} + \text{H}_2\text{O} \leftrightarrow \text{H}_2\text{CO}_3 \text{ (Kohlensäure)}$
 $\text{H}_2\text{CO}_3 \leftrightarrow \text{HCO}_3^- \text{ (Bikarbonat)} + \text{H}^+$
 $\text{HCO}_3^- \leftrightarrow \text{CO}_3^{2-} \text{ (Karbonat)} + \text{H}^+$
- Konzentration im Oberflächenwasser ca. 2,5 mM
 (O₂: 0,2 mM)
- Etwa 50% des anthropogen produzierten CO₂ wird vom Meer absorbiert



Umwelt-Faktoren: Protonen H^+

- Meerwasser ist alkalisch, pH 8,1
- Leichte Variation des pH nach Regionen
- Anstieg von CO_2 in der Atmosphäre führt zu Ansäuerung der Meere
- Kalkbildende Organismen wachsen dann langsamer



Ocean pH

Source: Scott C Doney, SciAm March 2006

Umwelt-Faktoren: Strömungen

Oberflächenströmungen
 resultieren auch in vertikaler
 Durchmischung

Bedeutsamer für vertikale
 Umschichtung ist
thermohaline Konvektion:
 abgekühltes Wasser sinkt
 ab (Nähe der Pole) und
 fließt auf 1500 bis 5000 m
 Tiefe Richtung Äquator

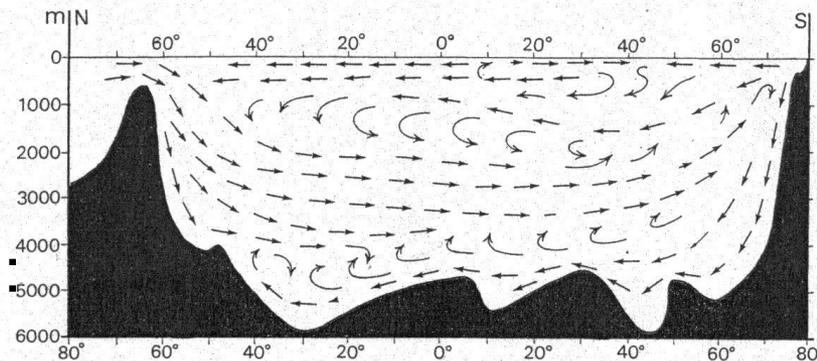
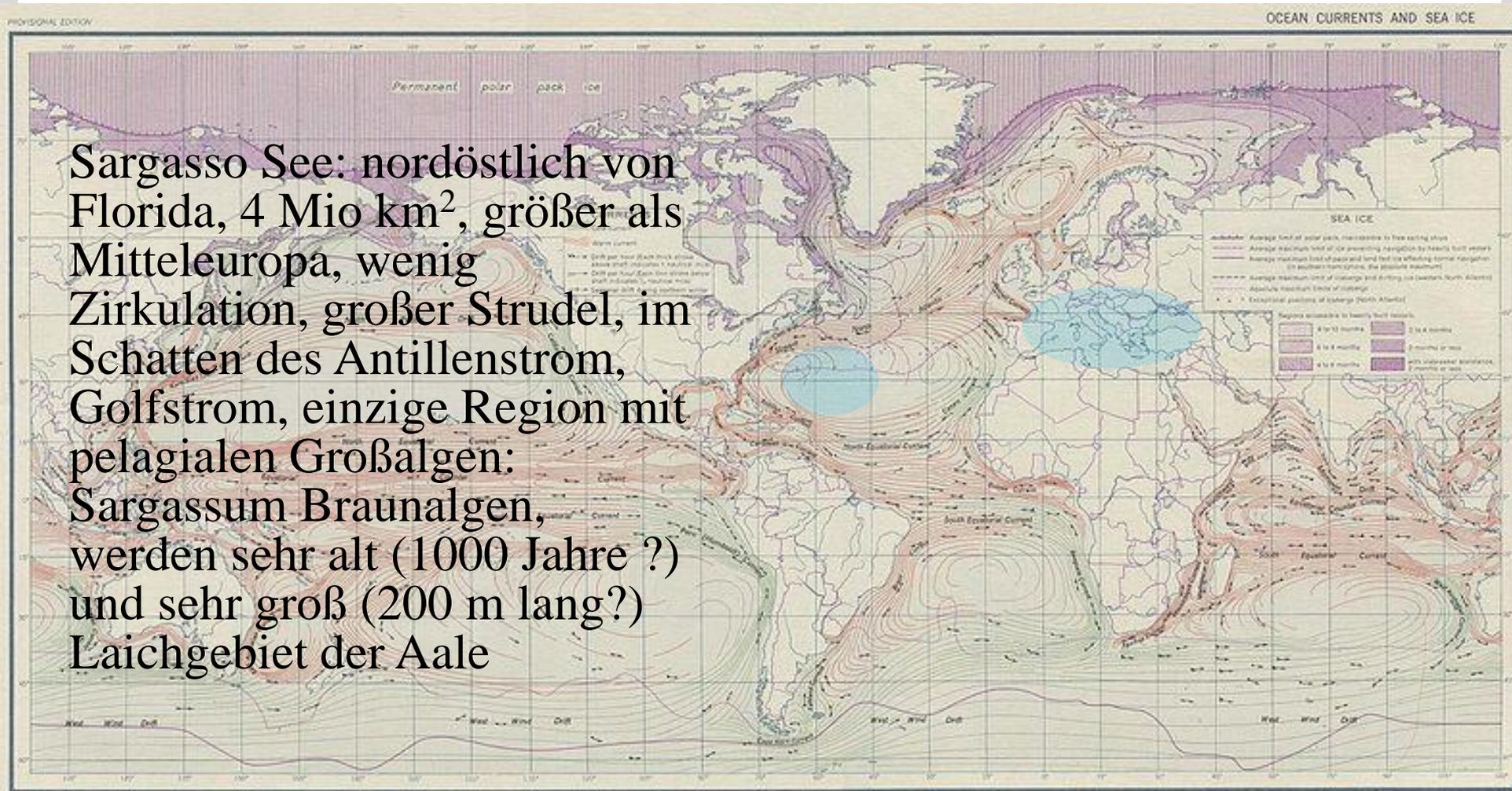


Abb. 101 Vereinfachtes, stark überhöhtes Profil entlang eines Meridians mit den wesentlichen im Atlantik herrschenden **Tiefenströmungen** (nach Tait 1971).

Gilt nicht für z.B. Mittelmeer
 oder Schwarzes Meer

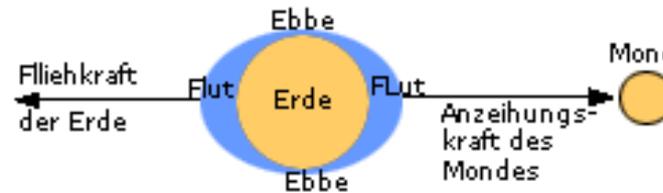
Umwelt-Faktoren: Strömungen

Sargasso See: nordöstlich von Florida, 4 Mio km², größer als Mitteleuropa, wenig Zirkulation, großer Strudel, im Schatten des Antillenstrom, Golfstrom, einzige Region mit pelagialen Großalgen: Sargassum Braunalgen, werden sehr alt (1000 Jahre ?) und sehr groß (200 m lang?) Laichgebiet der Aale

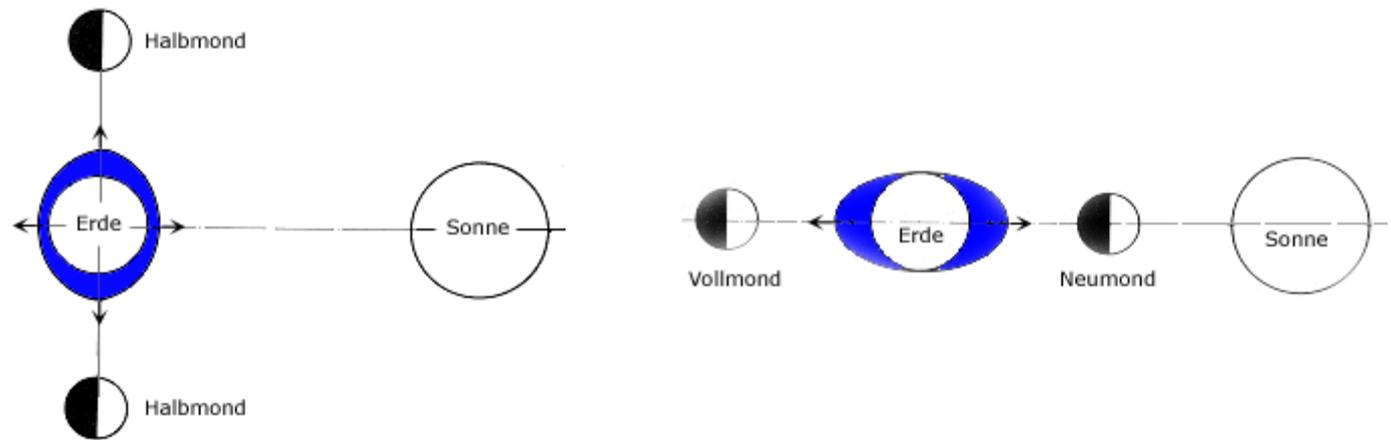


Gezeiten

Durch Ebbe und Flut sind an den Küsten große Flächen einem ständigen Wechsel ausgesetzt; ca. 2 mal am Tag.



Ebbe und Flut



Nippflut

Springflut

Helgoland



- Tidenhub von 2,3 m
- Ebbe (links): Bäderschiff Wilhelmshaven kann über das obere Deck betreten werden
- Flut (rechts): Zugang steil oder über ein unteres Deck

Giglio



- Tidenhub unerheblich

Lebewesen im Meer:

Gliederung / Aufteilung / Begriffe

- Plankton: Lebewesen im offenen Wasser, die sich nicht aktiv fortbewegen können
- Nekton: Lebewesen im offenen Wasser, die sich aktiv fortbewegen
- Benthos: Lebewesen am Grund des Meeres

Plankton

Lebewesen im offenen Wasser, die sich nicht aktiv fortbewegen können

- Phytoplankton; autotrophe Organismen, die Photosynthese betreiben und nur anorganische Stoffe aufnehmen
- Zooplankton; heterotrophe Organismen, die sich von Phytoplankton oder Bakterien ernähren
- Bakterien / Pilze und Viren

Phytoplankton

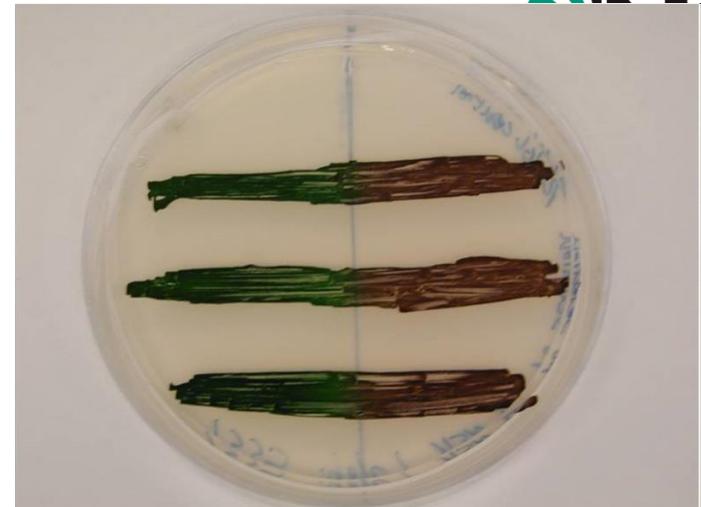
Cyanobacterien

(*Synechococcus*,
Prochlorococcus, *Nodularia*,
Trichodesmium)

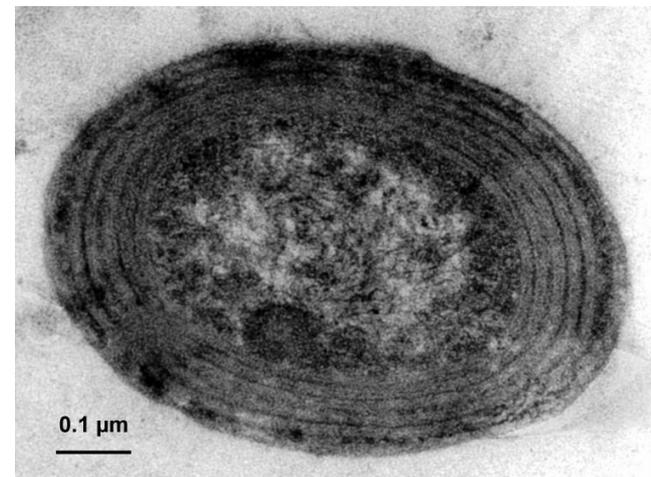
Hohe Zelldichten: 10^6 bis 10^8
 Zellen pro Liter

Einzellige oder filamentöse;
Nodularia und *Trichodesmium*
 können atmosphärischen N
 fixieren

Mehr Details später



Synechococcus PCC 7335;
 links rot, rechts grün
 bestrahlt



Prochlorococcus

Phytoplankton

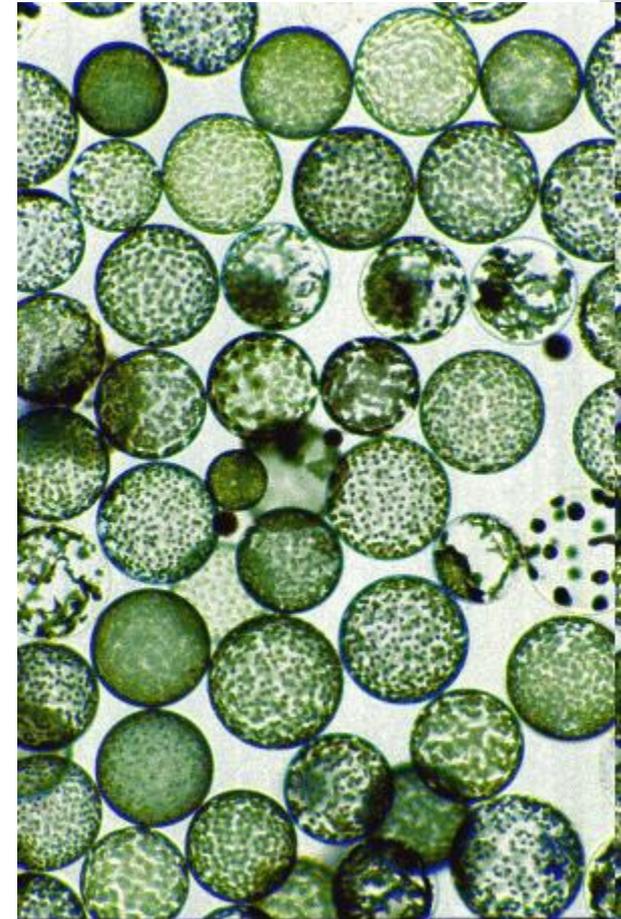
Chlorophyta (Grünalgen)

Große Gruppe

Chl a, Chl b, Cellulose

Nächste Verwandtschaft zu
Landpflanzen

Thallose Arten im Benthos



Halosphaera viridis
(Prasinophyceae; www.uio.no)

Phytoplankton

Dinophyta, Dinoflagellaten, Panzergeißler

Nach den Kieselalgen die
zweitwichtigsten
eukaryotischen
Primärproduzenten

Auch viele heterotrophe Arten

Zwei verschiedene Geißeln

Chloroplast hat 3 Membranen,
Resultat sekundärer
Endosymbiose

Kommen selbst als Symbionten
vor



Dissodinium pseudolunula
(<http://starcentral.mbl.edu/microscope/>)



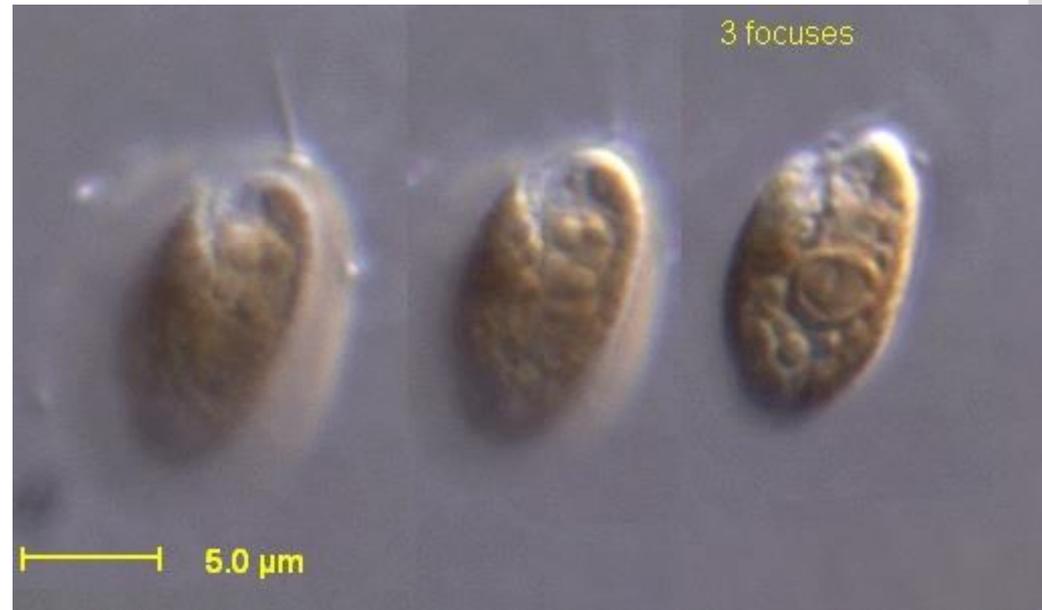
Phytoplankton

Cryptophyta

Auch viele heterotrophe
Arten
(Cryptomonaden)

Chloroplast hat 4
Membranen, Resultat
sekundärer
Endosymbiose

Zellkern und
Nukleomorph



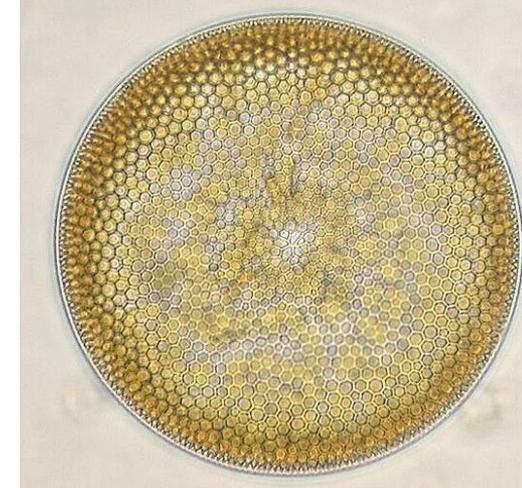
Rhodomonas salina
(<http://starcentral.mbl.edu/microscope/>)

Phytoplankton

Diatomeen, Kieselalgen, Bacillariophyceae

- Wichtigste eukaryotische Primärproduzenten im Meer
- Gehören mit den Braunalgen zu den Heterokontophyta
- Schale aus Siliziumoxid
- 4 Plastiden-Membranen
- Zentrische Diatomeen, Centrales: Schale rund oder dreieckig
- Pennate Diatomeen, Pennales: Schale stab- oder schiffchenförmig

Coscinodiscus radiatus



Nitzschia longissima.

Phytoplankton

Haptophyta oder Prymnesiophyta

Können Algenblüte
ausbilden

3 Plastidenmembranen
(sekundäre
Endosymbiose)



Emiliana huxleyi Algenblüte vor der
Küste von Cornwall

Phytoplankton

- Wachstumsraten zwischen 3 Zellteilungen pro Tag bis 1 Zellteilung in 3 Tagen
- Verluste durch Sedimentation: Sinkgeschwindigkeiten je nach Größe und Dichte zwischen wenige cm pro Tag bis 9 m pro Tag; Durchmischung ist entscheidend
- Verluste durch Grazing = „Fraß“ durch Zooplankton

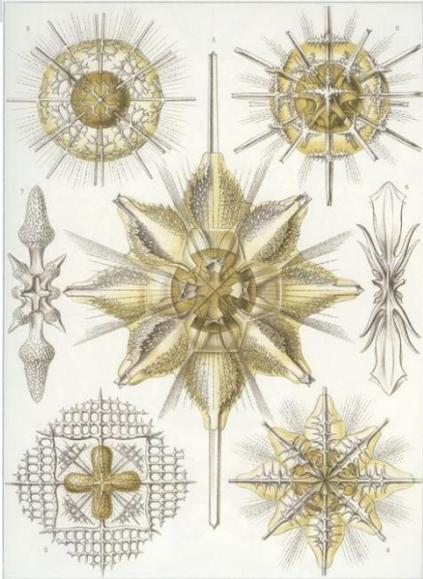
Zooplankton

- Stämme und
 - Klassenim Plankton

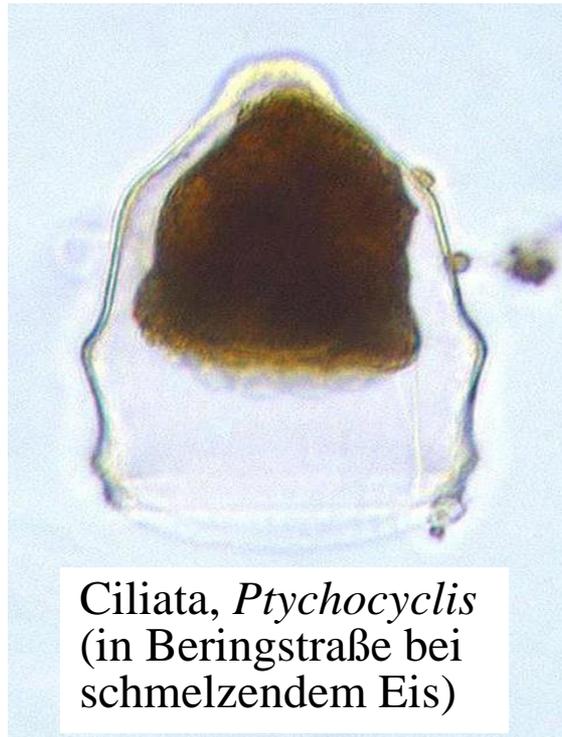
Rot: Beispiele auf nächster Seite

Alle Stämme und Klassen außer Sauropsiden und Säugern sind vertreten, zumindest als Mesoplankter (Larvalstadium im Plankton; Holoplankter = immer im Plankton)

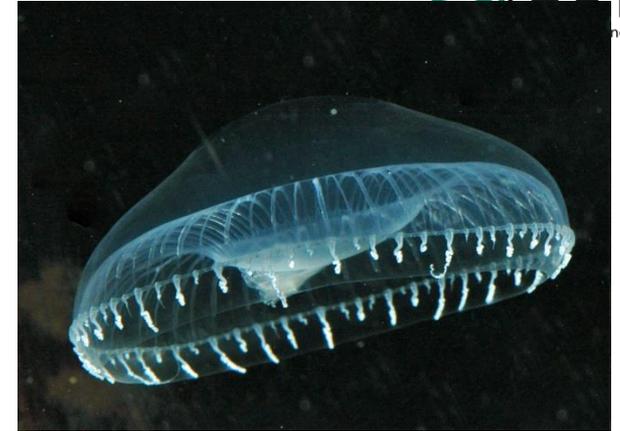
- Protozoen
 - Flagellaten, Rhizopodia mit Amöben, Foraminiferen, Heliozoen und Radiolarien)
 - Ciliaten (Wimperntierchen)
- Cnidaria (Nesseltiere)
- Ctenophora (Rippenquallen)
- Nemertini (Schnurwürmer)
- Rotatoria (Rädertierchen)
- Mollusca (Weichtiere)
 - Gastropoda (Schnecken) Bivalvia (Muscheln)
 - Cephalopoda (Kopffüßler)
- Annelida (Ringelwürmer) - Polychaeta
- Arthropoda (Gliederfüßler)
 - Arachnida (Spinnentiere)
 - Crustaceae (Krebse) mit Copepoda (Ruderfußkrebse) Phyllopoda (Blattfußkrebse) Ostracoda (Muschelkrebse) und Malacostraca (Höhere Krebse) z.B. Decapoda, Mysidacea
- Chaetognatha (Pfeilwürmer)
- Chordata
 - Unterstamm Tunicata (Manteltiere) mit Appendicularia und Thaliacea (Salpen)
 - Unterstamm Vertebrata ohne planktonische Arten



Radiolaria,
Acanthometra
(Zeichnung von E.
Haeckel, kommt im
Mittelmeer vor)



Ciliata, *Ptychocyclis*
(in Beringstraße bei
schmelzendem Eis)



Cnidaria, *Aequorea victoriae*



Copepoda, *Calanus*



Malacostraca /höhere
Krebse), *Mysis*, Garnele



Polychaeta, *Tomopteris*

Zooplankton, Vertikalmigration

- Aktive Wanderung: morgens abwärts, abends aufwärts

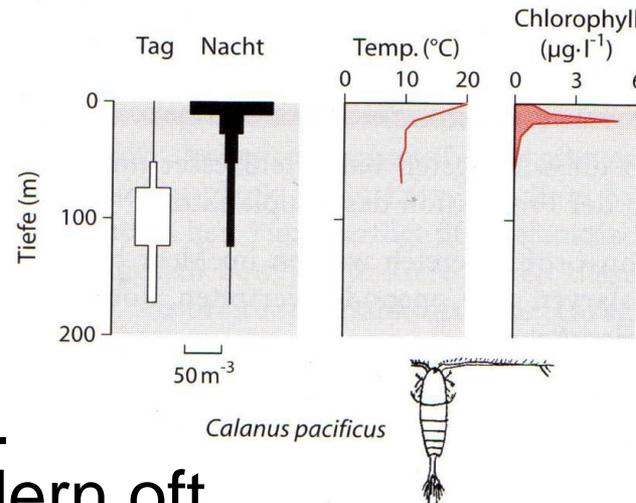


Abb. 6.11. Vertikalwanderung des Copepoden *Calanus pacificus* in der Dabob Bay (5.–6.8. 1986) mit Vertikalprofil der Temperatur und des Chlorophylls. (Nach Frost 1988, Abb. 3)

- Spätere Entwicklungsstadien (größer) wandern oft in größere Tiefen
- Vmtl. Vermeidung des Fraßdruckes durch Fische

Plankton, Bakterien

- Überwiegend aerobe Bakterien
- Abbau niedermolekularer organischer Verbindungen
- Relativ hohe Zellzahlen (10^6 / ml)
- Viele marine Bakterien wachsen nicht im Labor auf Standard Agar-Medien, daher wurden Zahlen oft unterschätzt

Nekton

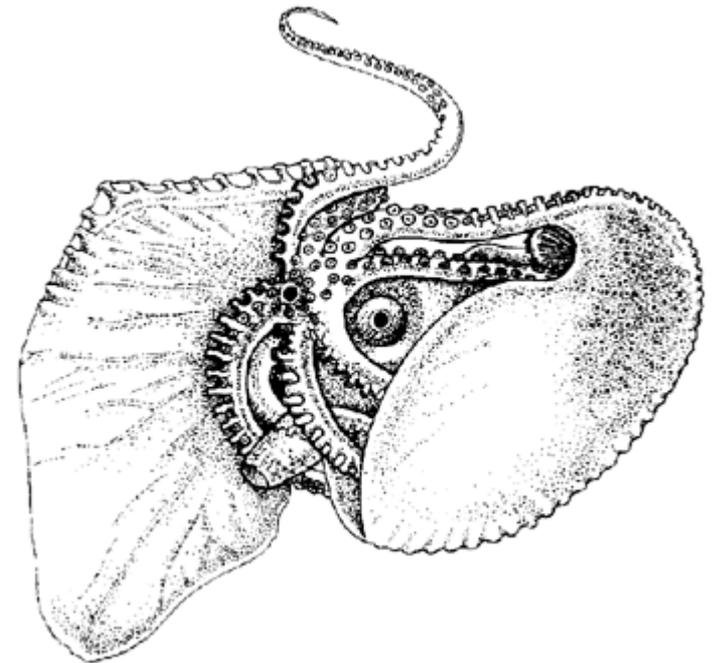
- Lebewesen im offenen Wasser, die sich aktiv fortbewegen
- Übergang Plankton-Nekton fließend
- Es gibt kein „Phyto-Nekton“ (Ausnahme *Sargassum* / Braunalgen in der Sargasso-See →)



Cephalopoda (Kopffüßler), einzig wirbellose Tiere im Nekton



Kalmar, *Loligo vulgaris*
(zehnarmig)



Papierboot, *Argonauta arga*
(achtarmig)

Nekton

Pisces (Fische)

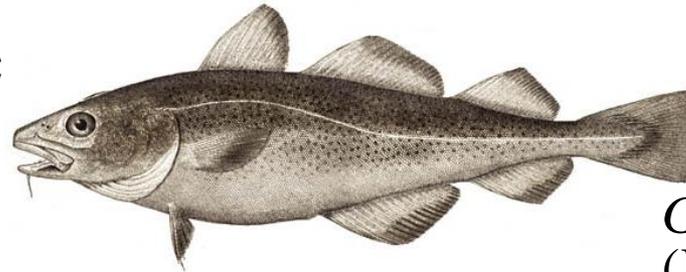
Carcharodon carcharis
(Menschenhai)



- Chondrichthyes (Knorpelfische), z.B. Haie, pelagische Haifische meist lebendgebärend

- Osteichthyes (Knochenfisc

- Epipelagial (obere Region)
Torpedo-Form, schnelle Schwimmer



Gadus morhua
(Kabeljau, Dorsch)

- Mesopelagial (200 bis 1000 m) und Bathypelagial (unter 1000 m) langsamer, bewegungsarm, schwarz, evtl. Leuchtorgane, große oder rückgebildete Augen



Myctophum punctatum
(Laternenfisch), Vertikalwanderung; kommt nachts auf 100 m hoch

Nekton

Mammalia (Säugetiere)

- Pinnipedia (Robben);
Begattung und Geburt am
Festland
- Cetacea (Wale) ständig im
Wasser, auch Geburt der
Jungen, ohne Fell
- Sirenia (Seekühe) nur noch 4
Arten, Küsten-Nähe, immer im
Wasser



Halichoerus grypus
(Kegelrobbe) Helgoland



Phoca viculina (Seehund) Helgoland



Trichechus manatus
(Karibik-Manati, Seekuh)

Delphinus delphis
(gemeiner Delfin)



Benthos

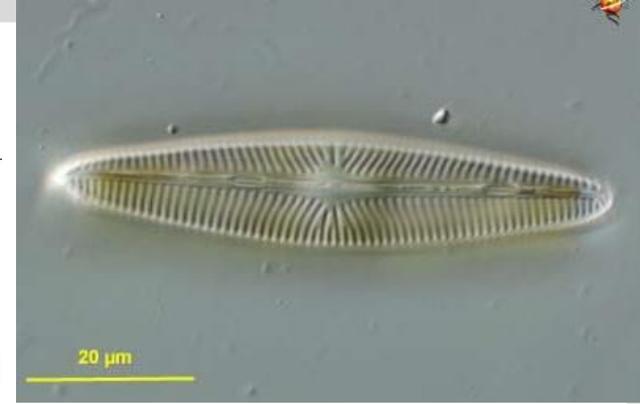
- Meeresboden
- Übergang zum Festland, direkt zugänglich, daher für zahlreiche Untersuchungen gut geeignet (Exkursionen)
- Phytobenthos: fest sitzende Cyanobakterien, Mikroalgen, und Makroalgen
- Zoobenthos: Sessile Arten und Arten, die sich überwiegend am Boden aufhalten

Phytobenthos

- Cyanobacterien
- Diatomeen
- Chlorophyta (Grünalgen)
- Phaeophyta (Braunalgen)
- Rhodophyta (Rote Algen)



Ulva lactuca



Navicula peregrina



Fucus vesiculosus



Chondrus crispus,
Knorpeltang

Zoobenthos

- Stämme und
 - Klassen

im Benthos

Blau: Gruppen, die nicht bzw. kaum im Plankton vertreten sind oder nur im larvalen Stadium

- Protozoen
- Porifera (Schwämme)
- Cnidaria (Nesseltiere)
- Plathelminthes (Plattwürmer)
- Kamptozoa
- Nemertini (Schnurwürmer)
- Mollusca (Weichtiere)
 - Gastropoda (Schnecken)
 - Polyplacophora (Käferschnecken)
 - Bivalvia (Muscheln)
 - Cephalopoda (Kopffüßler)
- Annelida (Ringelwürmer) - Polychaeta
- Arthropoda (Gliederfüßler)
 - Arachnida (Spinnentiere)
 - Pantopoda (Asselspinnen)
 - Crustaceae (Krebse) mit Isopoda (Asseln), Amphipoda (Flohkrebse) und Malacostraca (Höhere Krebse) z.B. Decapoda
- Tentaculata
- Echinodermata (Stachelhäuter)
- Chordata
 - Unterstamm Tunicata, Ascidiacea (Seescheiden)
 - Unterstamm Vertebrata: Fische

Zoo- benthos



Cnidaria (Anthozoa,
Blumentiere): *Actinia
equina* (Pferde-Aktinie)
Seanemone



Echinodermata: *Asterias rubens*
(Seestern)



Mollusca: *Mutilus edulis*
(Miesmuschel)

(mit *Balanus balanoides*,
Seepocke; Crustaceae)



Crustaceae: *Homarus gammarus*
(Europäischer Hummer)



Crustaceae: *Cancer
pagurus* (Taschenkrebs)

Nahrungsketten

„Klassische“ Nahrungsketten mit trophischen Ebenen:

- Ebene 0: abiotische Faktoren wie Licht, mineralische Nährstoffe
- Ebene 1: Primärproduzenten, hier Phytoplankton
- Ebene 2: Primärkonsumenten; Zooplankter
- Ebene 3: Sekundärkonsumenten; z.B. Fische, die Zooplankton fressen
- Ebene 4: Tertiärkonsumenten, z.B. Raubfische

Nahrungsketten, trophische Pyramide

| | Produktion g pro m ² und Jahr | Biomasse g pro m ² (Mittel) | Individuen pro m ² |
|---|--|--|--|
| Phytoplankton | 276 | 4 | 4x10 ⁸ bis 4x10 ¹² |
| herbivores Zooplankton | 38 | 1,5 | 1,5x10 ⁴ bis 1,5x10 ⁸ |
| Sekundär- konsumenten (v.a. Fische) | 3,4 | 2 | 0,2 bis 2000 |

Nahrungsnetze

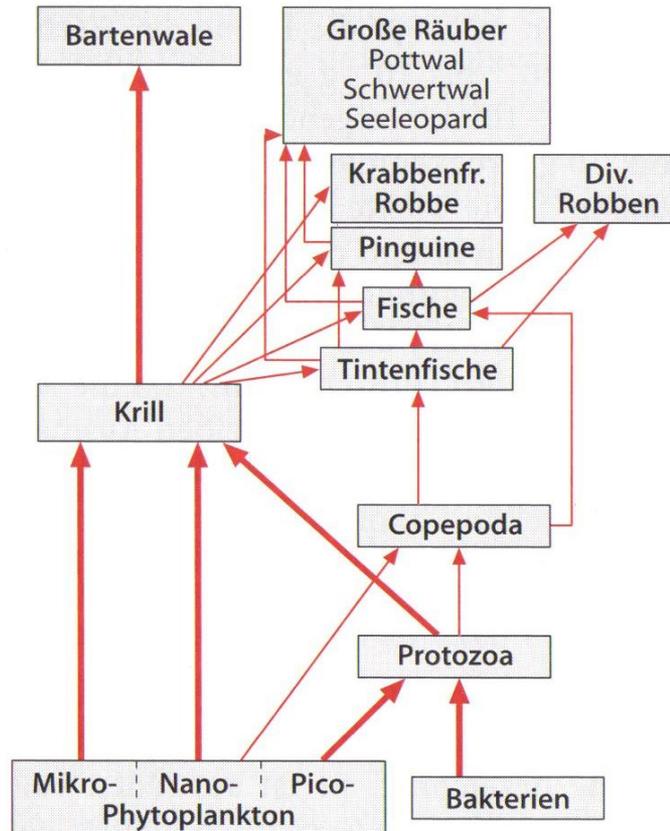


Abb. 6.33. Pelagisches Nahrungsnetz (Plankton und Nekton) im Antarktischen Meer. (Nach Sommer 1994 a, Abb. 9.1)