

# Lösungshinweise

## Arbeitsblatt Echolot:

1.) Blitz (Lichtgeschwindigkeit): „sofortige“ Anzeige des Ereignisses. Der Donner (Schallgeschwindigkeit,  $331 \text{ m s}^{-1}$ ) entsteht durch explosionsartige Ausdehnung (sehr starke Aufheizung) der Luft. Der Donner erreicht den Standort des Beobachters verzögert. Distanz =  $331 \times \text{Zeit}$  zwischen Blitz und Donner.

2.) Laufzeit Kontinentalschelf =  $2 \times 200/1480 = 270 \text{ ms}$ .

Laufzeit Boden Sargasso Meer =  $2 \times 6905/1480 = 9331 \text{ ms}$ . Unterschied =  $9061 \text{ ms}$  oder etwa 9 Sekunden.

## Arbeitsblatt Tiefseefische:

1.) Biolumineszenz bei Tiefseefischen entstanden entweder durch „Einfangen“ (über die Nahrung ?) von biolumineszierenden Bakterien, wodurch sich im Verlaufe der Zeit eine stabile Symbiose ergeben hatte; oder durch nicht-tödliche mutagene Veränderungen, welche Luciferin-ähnliche Strukturen hervorgebracht haben, oder durch Übernahme von Luciferin-codierenden DNA Bruchstücken aus der Bakterien DNA.

2.) Tiefseefische sehen normalerweise kein Rotlicht wegen der starken Absorption des rotanteiligen Lichtes in Wasser; Fische haben (vermutlich) keine Rezeptoren für rotes Licht in ihren Augen.

## Arbeitsblatt Black Smoker:

1.) Gips würde bei den hohen Temperaturen und Drücken sein Kristallwasser verlieren.

2.)  $\text{Cu}^{2+}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{S} \rightarrow \text{CuS} + 2\text{H}^+$

Massenwirkungsgesetz:  $[\text{Cu}^{2+}] [\text{H}_2\text{S}]/[\text{H}^+]^2 = 10^{-40}$

Temperaturabhängigkeit:  $\Delta G_r^\circ = -RT \ln K$ , wobei  $\Delta G_r^\circ$  die freie Energie im Standardzustand ( $25^\circ\text{C}$ , 760 Torr) ist.

## Arbeitsblatt Extremes Leben:

1.) Bei Annahme einer konstanten Dichte ( $\rho = 1027 \text{ kg m}^{-3}$ ,  $t=10^\circ\text{C}$ ,  $S=35\%$ ) des Meerwassers berechnet sich der hydrostatische Druck in 3000 Meter Wassertiefe aus  $p = \rho gh = 1027 \times 9.81 \times 3000 = 3.02 \cdot 10^7 \text{ Nm}^{-2}$  (= ca. 298 atm) [Einheiten:  $\text{kg m}^{-3} \times \text{m s}^{-2} \times \text{m}$ ]. Bei diesem Druck kommt selbst  $350^\circ$  heisses Wasser als „Fluid“ und nicht in Dampf-Form vor.

2.) Herkunft des Wassers: In den Meeresboden eintretendes und in Spalten zirkulierendes Meerwasser; aber auch Wasser, welches bei Mineralumwandlungen (=chemische Reaktionen !) im Erdinnern frei wird. Metallsalze werden z.B. beim Zirkulieren aus dem Gestein der basaltischen Kruste ausgelaugt. Ein Teil gelangt auch als angereicherte wässrige Lösungen aus dem tieferen Erdinnern nach oben.

Bin überzeugt, dass es extraterrestrische Lebensformen gibt !

## Arbeitsblatt Tiefseeschlamm:

1.) Tierische Einzeller: Heterotrophe Ernährungsweise und tierischer Metabolismus.

Pflanzliche Einzeller: Autotrophe Ernährungsweise, Vorhandensein von Chloroplasten, wandelt  $\text{CO}_2$  in Zucker und  $\text{O}_2$  um.

2.) Primäres Muster bildet Produktionsmuster in Nähe der Meeresoberfläche ab. Strömungen spielen eine Rolle sowie die Verteilung von gelösten Nährstoffen. Filter sind chemische An- bzw. Auflösung von Kalkschalen (in der Tiefsee) oder Kieselschalen (Nähe Meeresoberfläche). Die grossen Areale der Tiefsee-Tone im Pazifik sind lösungsbedingt, weil das Pazifische Tiefenwasser sehr korrosiv für Kalk ist. An Kontinentalabhängigen spielen Schlammlawinen (Trübestrome), die den Kontinentalabhang herunterrauschen, eine grosse Rolle. Auf dem Schelf befinden sich wiederum andere Ablagerungen, wie z.B. Korallenriffe und Muschelbänke.

# Lösungshinweise, Fortsetzung

## Arbeitsblatt mit der Schönsten im ganzen Meer:

1.) Das Problem besteht darin, dass die Paläontologie bei der Artbestimmung sich (fast ausschliesslich) auf erhaltungsfähige Hartteile von Fossilien abstützen muss. Oft zerfallen selbst die Skeletteile eines Organismus in die einzelnen Bestandteile, wonach oft nur noch eine „Parataxonomie“ möglich ist. Auch die Coccolithophoriden sind hier keine Ausnahme: Im Sediment sind meistens nur noch die isolierten Coccolithen und nicht die intakten Coccosphären erhalten. Was gehört dann zusammen ?

2.) Lösung des Problems: Nur teilweise möglich, z.B. durch intensives Studium der lebenden Coccolithophoriden-Flora vor Ort, also im Meer, oder durch gezielte Züchtungsexperimente im Labor, oder mit Hilfe der genetischen Analyse (braucht auch Lebendmaterial). Alles andere ist nur sorgfältige Interpretation und Analogie-Schlussfolgerung.

## Arbeitsblatt Methanhydrat:

1.) Eine Konsequenz der Erwärmung des Tiefenwassers wäre, dass das Methanhydrat in den Sedimenten instabil würde und in die Atmosphäre ausgasen würde. Weil CH<sub>4</sub> ein sehr wirksames Treibhausgas ist, würde der globale Erwärmungsvorgang verstärkt bzw. beschleunigt mit allen Folgeerscheinungen.

2.) Wärmeres Klima--->Tiefenwasserproduktion in den kalten Gebieten würde abklingen.

3.) Im Seeboden, in der Kläranlage, in unserem Verdauungstrakt.

## Arbeitsblatt C-Kreislauf, Teil 1:

1.) CO<sub>2</sub>-Konzentration in Atmosphäre heute (2000): 369 ppmv.

Vorindustrielle CO<sub>2</sub>-Konzentration in Atmosphäre: ca. 280 ppmv (auch Spitzenwert in voreiszeitlicher Warmzeit).

2.) Vergleichswerte aus der Vergangenheit für eine ähnlich starke CO<sub>2</sub> Erhöhung von 280 ppmv auf 369 ppmv (Differenz=89 ppmv) gibt es nicht. Eine lineare Extrapolation würde einen Temperaturanstieg um ca. 19° C ergeben. Die langfristigen Konsequenzen der Erhöhung des atmosphärischen CO<sub>2</sub> Gehaltes seit 150 Jahren sind höchstens im Trend absehbar aber nicht in der Amplitude.

## Arbeitsblatt Nutzen der Tiefsee-Forschung:

1.) Dringliche Fragestellungen: Neben der Sicherung von Frieden sicher die Einschränkung des Klimawandels, falls dies noch machbar ist. Suche, Entwicklung und rascher Einsatz von Alternativen zu fossilen Energieträgern. Optimierung der Energie-Nutzung.

2.) Tiefsee-Forschung trägt zum besseren Verständnis der natürlichen Stoff- und Wärmehaushalte auf der Erde bei. Vieles ist schlecht bekannt: z.B. Reaktionsträgheit des Systems Meer-Atmosphäre auf Veränderungen in den natürlichen, mobilen Stoff-Reservoirs. Verbesserung von Computermodellen zur Klimadynamik. Wanderungsbewegungen von Arten wenn sich das Klima ändert (in Meer und an Land). Hurrikanvorhersage, Einfluss der Komplexität von Ökosystemen (im Meer, an Land) auf deren Stabilität und Dynamik.

Entdeckung neuer biologischer Inhaltsstoffe in marinen Tieren und Pflanzen (hitzebeständige Enzyme, molekulare Sonden, chemische Abwehrstoffe, unbekannte Zell- und Nervengifte für Pharmaprodukte, biologische Schädlings- und Krankheitsbekämpfung in marinen Aquakulturen), Förderung von mineralischen Rohstoffen, u.v.m.

# Lösungshinweise, Fortsetzung

## Arbeitsblatt Schwankender Meeresspiegel:

1.) Erhöhung der Jahresmitteltemperatur von 1893 bis 2002: ca. 1°C in 100 Jahren.

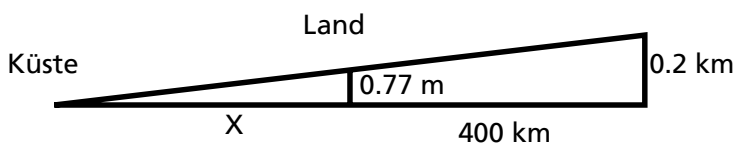
Volumenänderung  $\Delta V_{100 \text{ Jahre}} = \gamma V \Delta T_{100 \text{ Jahre}} = 0.207 \times 10^{-3} \times 1347 \times 10^6 \times 1 = 278829 \text{ km}^3$

Einheitenrechnung:  $[\text{K}^{-1} \times \text{km}^3 \times \text{K} = \text{km}^3]$ .

Die Fläche der Ozeane misst  $362 \times 10^6 \text{ km}^2$ , d.h. die Volumenänderung entspricht (bei einem Würfel) einer Höhenänderung von  $\Delta H_{100 \text{ Jahre}} = 278829 / 362 \times 10^6 = 7.702 \times 10^{-4} \text{ km} = 77 \text{ cm}$ .

(Der gemessene mittlere Anstieg über 100 Jahre ist 18.5 cm).

2.) Küstenstreifen:



Mit dem Strahlensatz ergibt sich:  $0.77 / X = 0.2/400$ ,  $\rightarrow X=1540 \text{ m}$ .

Diese Schätzung ist zwar zu gross, zeigt aber trotzdem die Größenordnung.

Verlust von Land führt zu Flucht in andere Regionen. Die Bodenversalzung bzw. Versalzung des Grundwassers ist mit dem steigenden Meeresspiegel verbunden und führt ebenfalls zum Verlassen von Wohn- und Weidegründen.

## Arbeitsblatt Biologische Pumpe:

1.) Aus Diagramm Partikel-Fluss: Mittelwert von ca.  $25 \text{ mg CaCO}_3 \text{ m}^{-2} \text{ Tag}$  und  $5 \text{ mg Corg m}^{-2} \text{ Tag}^{-1}$ .

In  $25 \text{ mg CaCO}_3$  stecken  $2.9 \text{ mg C}$ . Insgesamt ist der C-Fluss also  $7.9 \text{ mg C m}^{-2} \text{ Tag}^{-1}$ .

Auf gesamte Meeresoberfläche ( $362 \times 10^6 \text{ km}^2$ ) extrapoliert und für 365 Tage ergeben sich

$7.9 \times 362 \times 10^{12} \times 362 = 1.04 \times 10^{18} \text{ mg C pro Jahr}$  oder  $1.035 \text{ Gt C pro Jahr}$  (1 Gt = 1 Gigatonne =  $10^9 \text{ t}$ )  
[Einheiten:  $\text{mg m}^{-2} \text{ Tag}^{-1} \times \text{m}^2 \times \text{Tage} = \text{mg}$ ].

Die Rechnung soll die Größenordnung verdeutlichen. Klein aber weltweit verbreitet ist sehr viel !

2.) Z.B. an Schlüsselpositionen in den Weltmeeren ein Netz von Zeitserien Sedimentfallen aufstellen.

## Arbeitsblatt Kohlenstoff Pumpen und C-Budgets:

1.) ‰ von 34000 Gt ergeben 34 Gt, also mehr als 5 x den weltweiten jährlichen C-Eintrag durch den Menschen.

2.) Kohlenstoff-Eintrag in die Atmosphäre (in Gt pro Jahr, siehe Eintrittspfeile und Austrittspfeile in der Grafik globales C-Budget):

$+1.5 + 5.5 - 110 + 50 + 60 - 70 + 80 + 22 - 35 = 4 \text{ Gt Jahr}^{-1}$  (vergleiche mit 34 Gt aus obiger Aufgabe).

Eine Erhöhung um 740 Gt (Grösse des atmosphärischen Reservoirs) würde nach diesem Modell  $740 / 4 = 185$  Jahre benötigen. Wäre immerhin in Reichweite unserer UrUrUr-Enkel.