

## Quartärgeologie Paläoklima & mehr

### Kap. 4: - Eisbilanz, Wärmehaushalt, Co<sup>2</sup>, Methan, Permafrost, Ozon

#### 1) Wovon ist der Wärmehaushalt abhängig?

- Sonne (wie stark ist die Sonne, wie viel Energie kommt an,...)
- Effekte, die in der Atmosphäre und auf dem Erdboden auf Strahlung wirken (Albedo, Absorption, Reflexion, Streuung, Spiegelung,...näheres dazu unter Klimageographie)

#### 2) Nennen Sie 3 albedoabhängige Beispiele, die das Klima erwärmen!

- 1.) Mehr Vegetation und ein steigender Meeresspiegel
  - 2.) Weniger Schnee- und Eisflächen
  - 3.) Abnehmendes Meereis – mehr freie Wasserflächen
- > Oft wird mit einer initialen Schnee- oder Eisabnahme eine positive Rückkopplung in Gang gesetzt, die das Klima schneller erwärmen lässt.

#### 3) Was ist das Extrembeispiel für eine negative Rückkopplung im Klimasystem?

Schneeball Erde, ein (mit Ausnahme der Äquatorregion) komplett vereister Planet Erde im Neoproterozoikum.

#### 4) Was ist das Extrembeispiel für eine ua. albedobedinge rezente Abkühlung?

- Antarktis, der weiße Kontinent, fast die gesamte einfallende Strahlung wird direkt reflektiert, ohne sie in Wärme umzuwandeln

#### 4) Über welche Zwischenschritte bildet sich Meereis?

Über eine Abfolge von verschiedenen Stadien:

- Eisbrei (Ice Sludge) Wasserbewegung wird gebremst – Eiskristalle können sich gut miteinander verbinden
- Pfannkuchen - Eis
- Packeis (nur noch mit schwerem Gerät / Eisbrecher)
- Festes Eis (nicht mehr zu durchfahren)

#### 5) Welche Daten können ein Eiskern / Eisflächen liefern?

- Eiskerne und Dünnschliffe aus dem Eis: Kristallgröße und Sortierung lassen Rückschlüsse auf das Alter zu, Organismen, Luftzusammensetzung (Paläoklima), Bewegung des Eises, Seismographie auf dem Eis.
- Auch lassen sich große Eisflächen mit Flugzeugen überfliegen, um so Daten über die Temperatur, Rauigkeit, Eisdicke oder die Albedo des Eises zu bekommen.

#### 6) Das Meereis ist jahreszeitlichen Schwankungen unterworfen. Auf was hat das Auswirkungen?

- globale Wärmebilanz, Klimavorhersagen
- Nahrungsketten (sind im Gleichgewicht)

#### 7) Wozu dient die Rekonstruktion des Meereises?

- um abschätzen zu können, was heute normal oder was schon extrem ist

#### 8) Wie könnte ein völliges Verschwinden des Meereises, die Nahrungskette gefährden?

Das durch das Eis fallende Licht reicht aus, um an der Unterseite Diatomeen wachsen zu lassen, auch Photosynthese findet hier statt. Diese Kieselalgen werden von Krill gefressen, welche wiederum Nahrung von Fischen sind. Fische werden von Robben oder Pinguinen gefressen. Schmilzt das Meereis komplett weg, ist die Grundlage dieser Nahrungskette gefährdet.

#### 9) Wie kann man durch Kieselalgen im Sediment rekonstruieren, wie groß die Ausbreitung des Eises damals war? Wie nutzt man den org. Kohlenstoffgehalt als Akkumulationsrate?

- dort, wo **Kieselalgen im Sediment** zu finden sind, kann man sicher sein, dass es damals auch Meereis darüber gegeben haben muss. Es gibt unterschiedliche Arten von Kieselalgen, die nur bestimmte Lebensräume bevorzugen wie etwa Antaubereiche des Meereises oder schneebedecktes Meereis. Somit ist eine recht genaue Rekonstruktion möglich. Ebenso kann man den Kohlenstoff im Sediment untersuchen: Dort, wo unter anoxischen Bedingungen viel Organik sedimentiert wurde, muss das Klima in den eisfreien Gebieten der Antarktis rel. warm gewesen sein. Die org. Kohlenstoffakkumulation dient somit als Klimaindikato / Proxi.

#### 10) Klimarekonstruktion aus Seesedimenten aus der Arktis - welche Proxys wurden ausgewertet?

- Organische Kohlenstoffakkumulationsrate
- Delta C13 (tendiert zu schweren Werten, wenn ständig Organik produziert wird (z.B. Algenblüten). Wir entziehen dem System dann C12, somit kommt es zur rel. Anreicherung von C13)
- C/N - Verhältnis
- Diatomeen

#### 11) Beschreiben Sie den Kohlenstoffkreislauf!

- Der irdische Kohlenstoffkreislauf besteht aus einem ununterbrochenen Austausch von Kohlenstoff zwischen den 3 großen Co<sup>2</sup> Reservoiren: **Land / Vegetation, Meer, und Atmosphäre**. Das ganze System befindet sich

idealerweise im Gleichgewicht. Die Rodung riesiger Urwälder zur Erschaffung von Ackerland, und die Verbrennung fossiler Brennstoffe, führen jedoch zu einem verstärkten Input überwiegend in die Atmosphäre und damit zur Störung des natürlichen Gleichgewichtes. Das  $\text{CO}_2$  verbleibt dabei nicht komplett in der Atmosphäre, sondern dringt auch in andere Speicher, wie das Meer, ein, sofern es die Speicherkapazität des anderen Mediums nicht übersteigt. Die Anreicherung von  $\text{CO}_2$  in der Atmosphäre wird als Grundlage für die Diskussionen über die globale Erderwärmung genommen.

## 12) Was sind Kohlenstoffsinken?

### Meere:

- gelöstes  $\text{CO}_2$  (Carbonat)
- Biomasse, Sedimente aus Kalkschalen

### Atmosphäre

### Land:

- Biomasse
- Sedimente

## 13) Nennen Sie zahlen für $\text{CO}_2$ Gehalte in Gt C / Jahr!

Sedimentgesteine: 65.000.000 bis 100.000.000

Ozeane: 39.000

Fossile Brennstoffe: 4000

Böden: 1580

Atmosphäre aktuell: 750

Terrestrische Biosphäre: 560

→→ Durch z. B. die Photosynthese und die Meere erhalten wir etwas „Luft“, was den steigenden  $\text{CO}_2$  Gehalt in der Atmosphäre angeht: Durch P. gelangen 2 Gigatonnen mehr / Jahr in den Speicher Biomasse als aus dem Speicher entweicht (bei zunehmenden Abholzungen aber mit Vorsicht zu betrachten!); in die Meere gelangen 2 Gigatonnen mehr  $\text{CO}_2$ , also aus ihnen in die Atmosphäre entgast.

## 14) Wie viel $\text{CO}_2$ bläst der Mensch, vergleiche mit Vulkanemissionen, in die Atmosphäre?

Mensch: 8 Gt / Jahr ( 1,7 durch Abholzungen, 6,3 durch Verbrennung)

Vulkane: 0,1 Gt / Jahr

## 15) Wie viel $\text{CO}_2$ wird durch Abholzung in die Atmosphäre geschickt?

1,7 Gt / Jahr

## 16) Output & Input: Wie viel $\text{CO}_2$ Netto-Input (Speicher) ergibt sich aus den Meeren und der Biosphäre pro Jahr? Kompensiert der Input in die Speicher den Input der Menschheit in das Gesamtsystem?

Output und Input halten sich nicht die Waage: es kommt zu 2 Gt /  $\text{CO}_2$  Nettoinput in die Meere und in die Biosphäre, insgesamt werden also 4 Gt /  $\text{CO}_2$  / Jahr in den Speichern Meer + Land aufgenommen (mit damit verbundenen Problemen). Bei einem Input von jedoch 8 Gt /  $\text{CO}_2$  in die Atmosphäre durch die Verbrennung fossiler Rohstoffe oder die Abholzung der Wälder, verbleiben daher jährlich ca. 4 Gt mehr  $\text{CO}_2$  in der Atmosphäre, die nicht mehr in die Speicher aufgenommen werden können, folglich steigt der  $\text{CO}_2$  Gehalt in der Atmosphäre weiter stark an, die Speicher sind A schon überreizt und B nicht fähig, die  $\text{CO}_2$  - Mengen der Menschen zu kompensieren.

## 17) Korrelierten die Temperaturen der Eiszeiten mit den Klimagasen?

Ja, während Eiszeiten waren die Konzentrationen der Klimagase wesentlich niedriger, als in den Warmzeiten.

**Allerdings** wird diskutiert, ob es erst zu einer Zunahme der Temperatur und in Folge zu einer Erhöhung der Klimagase kam, oder vice versa!

## 18) Warum spricht man dem Ozean in Kaltzeiten mehr Potenzial zu, $\text{CO}_2$ zu speichern?

Man nimmt an, dass es während Kaltzeiten stärkere Winde gegeben hat. Das hat zu verstärktem Upwelling kalten und nährstoffreichen Tiefenwassers geführt. Die Folge war eine verstärkte Bioproduktion (Phytoplankton), und eine stärkere  $\text{CO}_2$ -Speicherung.

## 19) Was ist und was begünstigt die Denitrifizierung in Ozeanen?

Warmzeiten begünstigen die Denitrifizierung durch geringere Bioproduktion in den Ozeanen.

Kaltzeiten hemmen die Denitrifizierung durch erhöhte Bioproduktion in den Ozeanen.

Beim Vorgang der Denitrifizierung wird  $\text{NO}_3$  (im Ozean gelöst) in  $15\text{NO}$  (verbleibt in Ozean) und  $14\text{N}_2\text{O}$  (entweicht in die Atmosphäre), überführt.

--> Konsequenter Weise müsste die  $\text{N}_2\text{O}$ -Konzentration in Kaltzeiten in der Atmosphäre gering sein.

→ In Kaltzeiten: Wenig Denitrifikation, dazu leichte Isotopenverhältnisse (Delta 15N) und in Warmzeiten vice versa

## 20) Welche Ursache haben die Schwankungen der Methankonzentration in der Atmosphäre beim Wechsel Kalt- zu Warmzeit?

Vegetationsverteilung und Veränderung (Sümpfe, Auftauen von Permafrost)

**21) Wann wird Methan produziert?**

Primär während Warmzeiten in Sümpfen oder Mooren, durch den Menschen auch durch die Landwirtschaft bzw. Viehhaltung

**22) Wo gibt es die größten Methanvorkommen?**

- Fossile Brennstoffe
- Landwirtschaft (Kühe)
- Feuchtgebiete
- Reisanbaugebiete
- Deponien

**23) Was sind die größten Methansenken?**

- Troposphäre
- Böden
- Stratosphäre

**24) Warum kann es bei einer verstärkten Erwärmung der polaren Breiten zu einem positiven Rückkopplungsprozess kommen?**

Große Mengen an Methan in Permafrostböden gebunden. Tauen diese auf, wird mit einer erheblichen Zunahme von Methan als Treibhausgas und mit einer Beschleunigung des Treibhauseffektes gerechnet.

**25) Wozu wird Methan in der Atmosphäre oxidiert?**

Co<sub>2</sub>

**26) Wie viel % der globalen Landoberfläche ist Permafrost?**

25 % (oft beinhaltet Permafrostboden 20 bis 35 % Kohlenstoff)

**27) Woher stammt der untermeerische Permafrost?**

Noch von der letzten Eiszeit

**28) Welche Arten von Permafrost gibt es?**

- Diskontinuierlicher P. (Inseln dazwischen, die nicht gefroren sind)
- Kontinuierlicher P. (durchgehend vorhanden)
- Untermeerischer P. (Relikt aus der letzten Eiszeit)
- Sporadischer P. (nur inselweise, sonst nicht)

**29) Was ist eine Eiskliffküste?**

Küste, an der Eiskeile freigelegt werden, abschmelzen und Co<sub>2</sub> in die Atmosphäre entlassen.

**30) Was ist Thermokarst?**

Als Thermokarst wird ein Landformungsprozess in Periglazialgebieten durch auftauende Dauerfrostböden bezeichnet. Die ursprüngliche Herleitung des Begriffes kommt von der gewissen Ähnlichkeit der entstehenden Landformen mit dem klassischen Karbonat-Karst. Die formgebenden Prozesse unterscheiden sich allerdings deutlich. Durch das Auftauen von Permafrostboden schmilzt das im Boden enthaltene Grundeis. Der Volumenverlust lässt charakteristische Landformen durch die Einsenkung der Landoberfläche entstehen. Der Begriff Thermokarst schließt nur die reine Absenkung durch Volumenverlust ein, nicht jedoch die Erosion durch fließendes Wasser. Wenn gleichfalls mechanische Erosion durch fließendes Wasser auftritt, spricht man von Thermo-Erosion. Im weiteren Sinne werden mit Thermokarst auch die entstandenen Reliefstrukturen an sich bezeichnet. Generell ist die Entstehung von Thermokarst an einen hohen Eisgehalt (Eiskeile, Segregationseis) im Boden gebunden. Je höher das Eisvolumen, desto stärker kann sich der Thermokarst mit dem Schmelzen des Eises ausprägen. Durch die unregelmäßige Einsenkung der Landoberfläche entstehen Senken, die sich schnell mit Wasser füllen und sogenannte Thermokarst-Seen entstehen lassen. Diese Wasserkörper fördern durch ihre höhere Wärmekapazität gegenüber der Luft und dem Boden das weitere Auftauen des Permafrostbodens unter dem See und ein fortschreitendes Einsenken. Durch Ausdehnung auch in der Horizontalen können sich Thermokarst-Seen zu größeren Gewässern vereinigen. Die Degradation von Permafrost läuft an Seen sehr schnell ab.

**31) Wo findet man Methaneis/Gashydrate?**

In Permafrostgebieten in Sedimenten unter Permafrostböden und häufig auch an Kontinentalrändern der Ozeane

**32) Wovon ist die Stabilität der Methangashydrate abhängig?**

Druck (Tiefe), Temperatur

**33) Was sind (Methan)-Gashydrate?**

- Gase, die im festen Zustand in einer Gitterstruktur metastabil in einem bestimmten Stabilitätsfeld (z.B. am Kontinentalhang, ideale Druck- und Temperaturverhältnisse) verankert sind

**34) Gab es dramatische Methangasfreisetzungen schon in der Vergangenheit?**

Ja. Der Verlauf des Kohlenstoffisotopsignals aus Foraminiferen über das späte paläozäne Klimaoptimum zeigt

vor ca. 55 Millionen Jahren die starke und rasche Zunahme des leichten C12. Das wird auf die Zumischung von Kohlenstoff aus Methangashydraten in die Umwelt zurückgeführt. Berechnungen zeigen, dass ein Methan-Impuls von 1 Gt Kohlenstoff aus Gashydrat über 20.000 Jahre notwendig war, um ein solch globales Signal auszulösen.

**35) Was ist ein typisches Beispiel für Instabilitäten am Kontinentalhang durch Gashydratzerersetzung?**

Storrega-Rutschung vor ca. 8000 Jahren: Die Abrissnische liegt am norwegischen Kontinentalhang in einer Wassertiefe nahe der Phasengrenze. Die Rutschmasse verteilt sich über das tiefe norwegische Becken und löste dabei einen Monster-Tsunami aus, mit **Flutwellen bis 300 Meter Höhe**, da marine Sedimente in dieser Höhenlage in Seen gefunden wurden.

**36) Wie viel Methangas wird in 1m<sup>3</sup> Methanhydrat gespeichert?**

164 m<sup>3</sup> Methangas

**37) Was sind die größten Kohlenstofflagerstätten?**

- Gashydrate mit Abstand!
- dann vorrätige Kohle
- Erdgas und Erdöl verglichen mit Methangas vernachlässigbar gering!

**38) Womit werden Messungen zu den Ozonvertikalprofilen durchgeführt?**

Wetterballons (gut für eine Höhenverteilung des Ozons), auch aus dem Weltraum sind Messungen möglich

**39) Wo ist die Ozonkonzentration am größten?**

Stratosphäre

**40) Wo finden wir das größte Ozonloch und wann?**

Antarktis, gewöhnlich im Südfrühling in 10 bis 25 km Höhe (Stratosphäre)  
→ erstmals ab ca. 1985 beobachtet worden

**41) Warum sind ua. FCKWs für das Ozonloch verantwortlich?**

Zunächst werden die FCKW durch die UV-B-Strahlung aufgespalten und es entstehen Halogen-Radikale. Dieses Chlorradikal entzieht dem Ozon eines seiner Sauerstoffatome und reagiert damit zu ClO. ClO ist selbst wieder ein Radikal; trifft dies nun auf ein weiteres Ozonmolekül, wird diesem ebenfalls ein Sauerstoffatom entzogen und es entstehen zwei Sauerstoffmoleküle, das Chlorradikal wird wieder frei und steht für weitere Reaktionen zur Verfügung. **Ozon wird auf diese Weise in normalen molekularen Sauerstoff O<sub>2</sub> umgewandelt.** Bei dieser Reaktion tritt das Chloratom nur als Katalysator auf, ein Chloratom kann deshalb bis zu 100.000 Ozonmoleküle zerstören.

**42) Ein Chloratom kann ... Ozonatome vernichten?**

ca. 100.000

**43) Warum ist das Ozonloch am Südpol größer als am Nordpol?**

- in der Form des Antarktischen Kontinents begründet.

In der Polarnacht, wenn keine Sonnenstrahlung auf den Pol fällt, bildet sich ein Kaltluftgebiet, der so genannte Polarwirbel. Da der Antarktische Kontinent im Wesentlichen rund ist und kaum höhere Gebirge aufweist, wird der Polarwirbel an seinen Rändern auch nur wenig gestört, und in seinem Inneren können sehr tiefe Temperaturen erreicht werden (bis unter 188 K, das entspricht -85 °C). Am Nordpol sind die Verhältnisse insofern anders, als der entstehende Polarwirbel durch die Überströmung der Gebirge der hohen nördlichen Breiten gestört wird. Wärmere Luft wird eingemischt, und die Temperaturen können nie soweit absinken, wie für die Entstehung von polaren Stratosphärenwolken (Polar Stratospheric Clouds, PSC) nötig wäre (-78°C). Ohne PSC können aber die Stickstoffverbindungen nicht aus der Luft entfernt werden, und der Ozonabbau bei Sonnenaufgang wird wesentlich gedämpft.

**44) Warum könnte der heiß diskutierte Klimawandel für eine Vergrößerung des Ozonlochs über dem Nordpol führen?**

- Eine Anreicherung von Klimagasen erwärmt die Troposphäre und isoliert sie von der Stratosphäre, die dadurch mehr und mehr abkühlen könnte
- Abkühlung unter -78°C bedeutet daher mehr PSC-Wolken, die Stickstoffverbindungen aus der Luft entfernen, der Ozonabbau und die Ozonlochvergrößerung würden rasch zunehmen.

**45) Wo ist die Meereisvariabilität größer: Antarktis oder Arktis?**

Antarktis, daher auch eher in der Arktis mehrjähriges Eis zu finden

→ Nicht nur die Eisausdehnung sondern auch das Volumen muss berücksichtigt werden bei der Ansprache der Eismassen!

**46) Sind die marinen Isotopenstadien 2, 4 und 6 Glazialen oder Interglazialen zuzuordnen?**

Glazialen