

# Quartärgeologie Paläoklima & mehr

## Kap. 1: Was ist das Quartär?

### 1) Was macht das Quartär aus?

- Eiszeitalter der Erde mit typischen Rhythmen von Eiszeiten und Warmzeiten (Milankowitc-Zyklen), wobei die Eiszeiten dominieren und die Warmzeiten nur sehr kurz ausfallen, mit Ausnahme der aktuellen Warmzeit, dem Holozän.
- geringste Temperaturen im Känozoikum
- neben langen Klimawechseln (Eiszeiten, Warmzeiten) auch kurze Klimasprünge innerhalb weniger Jahre
- > Dansgaard Oeschger Events (bekannt aus der Weichselzeit, der letzten Kaltzeit)
- > Sonnenflecken, Oszillation der atmosphärischen Zirkulation, Vulkanausbrüche im Holozän

### 2) Wann begann das Quartär?

Vor ca. 2,6 Millionen Jahren

### 3) Wo finden wir das größte Klimaarchiv?

Typischerweise sind Eiskerne aus der Arktis oder Antarktis das bekannteste und größte Klimaarchiv. In den hier eingeschlossenen Luftblasen zum Zeitpunkt des Schneefalls und der Ablagerung, lassen sich meteorologische Parameter des Paläoklimas rekonstruieren und man erhält die genaue Zusammensetzung der Atmosphäre zum Zeitpunkt der Eisbildung bzw. des Schneefalls.

### 4) Warum lassen sich Eiszeiten aus dem Isotopenverhältnis O16 zu O18 rekonstruieren, und welche Rolle spielen kalkschalenproduzierende Organismen dabei?

Durch abgestorbene kalkproduzierende Lebewesen, z. B. den Foraminiferen, lassen sich Hinweise auf das vergangene Klima durch das Sauerstoffisotopenverhältnis O16 zu O18 ableiten:

In kälteren Zeiten, kommt es verstärkt zur Akkumulation von Eis und Schnee auf dem Land. In den Schneemassen wird besonders viel O16 gebunden, da dieses Isotop leichter aus den Weltozeanen verdunsten kann, als O18. Es kommt zu einer relativen Anreicherung von O18 in den Ozeanen. Wenn der O18-Gehalt der Ozeane steigt, ist das schon ein Indiz für eine kalte Klimaperiode.

Durch kalkschalenproduzierende Organismen wie den Foraminiferen, werden die Isotope in Ihre Schalen eingebaut, die es zum Zeitpunkt ihrer Lebenszeit im Ozean gab. Durch das Verhältnis von O16 zu O18 in den Kalkschalen der Lebewesen, kann man dann z. Bsp. die Temperatur rekonstruieren.

### 5) Was sind Proxidaten und beschreiben Sie diese am Beispiel der Foraminiferen!

Proxidaten = Stellvertreterdaten, Bsp.: Delta O in den Kalkschalen der Foraminiferen steht stellvertretend für die Paläotemperatur: Weitere: Illit-Smectit-Verhältnisse, Diatomeen, Pollen (Hemlocktanne, oder Wermut,...)

### 6) Von was ist das Verhältnis O16 zu O18 abhängig?

- Temperatur
- Salzgehalt der Meere
- Speicher von Wasser in Form von Eis und Schnee auf den Landmassen

### 7) Wann reichert sich O18 im Meer an?

- Steigender Salzgehalt (jedoch fast vernachlässigbar)
- Sinkende Temperatur (ausgenommen Tiefsee -> hier global ständig +4°C, nahezu keine Schwankung)
- wenn mehr O16 auf den Kontinenten gebunden ist

### 8) Nennen Sie ein Isotop, das als Stellvertreter für Biomassenproduktion und folglich auch für die Temperaturrekonstruktion herangezogen werden kann!

C13

### 9) Wo leben A benthische Foraminiferen und B planktische Foraminiferen?

A: Tiefsee

B: Sie sind in polaren bis tropischen Meeren verbreitet, besonders viele Arten finden sich in subtropischen bis tropischen Gewässern. Gehäuft kommen sie vor allem in oberflächennahen Wasserlagen zwischen 10 und 50 Metern vor, reichen aber oft auch in Tiefen bis 100 Meter

**10) Durch die zunehmende Eisakkumulation an den Polen, ist welches Phänomen gekoppelt?**

Eustatische Meeresspiegelabnahme mind. seit der Kreidezeit

**11) Was ist der Unterschied zwischen A eustatischer und B isostatischer Meeresspiegelschwankung?**

A) Wasserzuführung oder Wasserentzug (tatsächliche Schwankung)

B) Ausgleichsbewegungen der Erdkruste (relative Schwankung – Meeresspiegel bleibt gleich)

**12) Nennen Sie einen Anzeiger (Proxi) für eine intensiviere Vergletscherung der Nordhemisphäre ab ca. 3 Millionen Jahren!**

- Zunehmende Einzelkörner in Sedimenten des NW-Atlantiks ab einer Tiefe von ca. 70 Metern bis zum Meeresboden. Sie können nur durch Eisberge dorthin transportiert worden sein. **(Ice rafted debris)** Für einen Turbidit (Trübestrom am Kontinentalhang) wurden die Sandkörner zu weit ins Meer transportiert. Vor 3 Millionen Jahren, lassen sich Sandkörner nicht im Sediment ausmachen. Das spricht dafür, dass es dann noch keine nennenswerten Vergletscherungen inklusive Kalbungsprozessen gab.

**13) Nennen Sie weitere Anzeiger für den anhaltenden Abkühlungstrend, besonders im Quartär!**

- Illit / Smectit – Verhältnis (Illit aus phys. Verwitterung, Smectit aus ch. Verwitterung; je mehr Smectit, desto wärmer und feuchter war das Klima und vice versa)

- Häufigkeit Kieselalge (Diatomeen)

- Pollendiagramme: Verdrängung der Hemlocktanne (Wärmezeiger) von der Wermut (Kältezeiger)

**14) Was hat nach aktuellem Kenntnisstand die Intensivierung der Vergletscherung der NH verursacht?**

1. Schließung des Panamaseeweges

-> Änderung der Ozeanischen Oszillation

-> Kein Austausch von Wassermassen Atlantik-Pazifik im heutigen Golf von Mexico

-> Initialzündung für den Golfstrom

-> Transport von Wärme und Feuchte in nördliche Breiten, was Voraussetzung für die Akkumulation von Schnee und Eis ist (Bei Frost aber trockener Luft keine Gletscherbildung!)

2. Hebung des tibetanischen Plateaus

-> Änderung der atmosphärischen Zirkulation

-> Tektonik-Klima-Wechselwirkung

-> Verstärkung der Albedo: Mehr Rückstrahlung

-> Reliefbildung führt zu erhöhter Erosion und CO<sub>2</sub>-Entzug aus der Atmosphäre durch ch. Verwitterung

-> Senkung der Treibhausgase

3. Steigende Amplitude des 41.000 Milankowitch-Zyklus (Ekliptik)

-> kühlere Sommer, geringere Schmelze, größere Akkumulation

**15) Nennen Sie Gründe für den Abkühlungstrend im Känozoikum (einschl. Quartär)!**

1. Mehr Landfläche

-> durch Ozeanbodenabsenkung (Alterseffekt und folge von Gebirgsbildung) und eustatischer MS-Absenkung durch die zunehmende Vereisung der Antarktis und erhöhte Schnee und Eisakkumulation

→ höhere Albedo

2. Änderung der ozeanischen Zirkulation

-> Durch Kontinentalverschiebung (Zirkumantarktiktrom / Drakestraße) und Vereisung der Antarktis (Bodenwasserstrom)

→ Veränderung von Wasseraustausch niederer und höherer Breiten

3. Änderung der atmosphärischen Zirkulation

-> durch Gebirgsbildung (Himalaya)

→ Geringerer Austausch von Luftmassen niederer und höherer Breiten

4. Abnahme des Co<sup>2</sup> Gehaltes der Luft

-> durch Co<sup>2</sup>-Senken: z. Bsp. Durch Silikatverwitterung im Zuge der Reliefbildung oder verstärkte Sedimentation in ozeanischen Auftriebsgebieten

→ Reduzierung „Treibhauseffekt“. Wie stark diese Abnahme das Klima tatsächlich gesteuert hat, ist nicht bekannt

### 16) Ab wann gab es die initiale Vergletscherung der Antarktis und warum?

- Vor ca. 30 Millionen Jahren im Zuge von plattentektonischen Prozessen und klimatischen Wechselwirkungen: Öffnung der Drakestraße, der Wasserstraße zwischen Südamerika und der Nordspitze der antarktischen Halbinsel. Somit kann der antarktische Zirkumpolarstrom bis jetzt, als einzige Meeresströmung auf dem Planeten, einen Kontinent völlig umströmen und so verhindern, dass wärmere Wassermassen bis zur Antarktis vordringen können. Dadurch kühlte die Antarktis sehr „rasch“ aus und die Vereisung begann.

### 17) A: Wann setzte die Intensivierung der NH-Vergletscherung ein (Eis und Schnee gab es schon davor...)? B: Wann setzte die Vergletscherung der Antarktis ein?

A: Im Känozoikum an der Pliozän-Pleistozän-Grenze (Tertiär/Quartär-Grenze) vor ca. 3 Millionen Jahren

B: Im Paläozän an der Eozän-Oligozän-Grenze vor ca. 30 Millionen Jahren

### 18) Warum setzt man die Quartär-Grenze bei 2,6 Millionen Jahren?

#### Klimatische Gründe:

- Besonders im Quartär ausgeprägte Wechsel von Kalt- und Warmzeiten
- Deutliche Verstärkung des globalen Abkühlungstrends im Quartär seit 2,6 Millionen Jahren
- Milankowitch-Zyklen seit dem Quartär sehr ausgeprägt

#### Paläomagnetik:

Die Gauss-Matuyama-Grenze markiert eine Umpolung des Erdmagnetfeldes vor rund 2,588 Millionen Jahren.

### 19) Nennen Sie ein Bsp. welches frühere Eiszeiten und eine Vergletscherung bis Deutschland bekräftigt!

- Findlinge in Norddeutschland mit hohem Gewicht, stammen aus Skandinavien

### 20) Beschreiben Sie die Milankovitch Zyklen!

#### Exzentrizität:

- Erdbahn um die Sonne mal mehr, mal weniger elliptisch bzw. rund
- Zyklus: ca. 94.000 Jahre
- Steigende Exzentrizität führt zu global größeren Temperaturgegensätzen Sommer zu Winter

#### Schiefe der Ekliptik

- Neigung der Erdachse zur Erdumlaufbahn
- Zyklus: 42.000 Jahre
- Schwankung zw. 24,1 und 21,5 Grad, aktuell ca. 23,5
- je geringer die Erdachse geneigt ist, desto weniger Sonnenstrahlung in den Polgebieten im Sommer

#### Präzession

- Taumeln, bzw. Kreisen der Erdachse um den Pol durch Gravitation von Sonne und Mond
- Zyklus: 21.000 Jahre
- Die Jahreszeit, zu der die Erde der Sonne am nächsten ist (aktuell NH-Winter!) verändert sich
- Die Jahreszeitlichen Temperaturgegensätze erhöhen sich auf einer Halbkugel, auf der anderen verringern sie sich

#### (Nutation)

- Schwankung der Richtung der Erdachse, die sich der Präzession überlagert (gewellter Präzessionskegel)
- Zyklus: 18,6 Jahre

### 21) Wie groß sind die Zyklen der Eiszeiten im Quartär, die durch die M-Zyklen ausgelöst wurden?

- Anfänglich im Quartär: 20.000 Jahre
- Später: 40.000 Jahre
- Aktuell: 100.000 Jahre

### 22) Warum ist das Quartär klimatisch in einem sehr labilen Zustand?

Große Eismassen reagieren schnell auf kleine Veränderungen. Vor der Vergletscherungsphase war das Klima durch größere „Puffer“ und fehlende Eismassen stabiler.

### 23) Warum verändern die Milankowitch-Zyklen das Klima? Sind sie primär oder sekundär für die Eiszeiten und Warmzeiten verantwortlich?

Durch die Veränderung der Erdbahnparameter, kommt es zu Schwankungen der einfallenden Strahlung der Sonne, selbst wenn die Strahlungsstärke der Sonne über längere Zeit als konstant angenommen wird (was sie nicht ist). Diese geringen Variationen des Strahlungshaushaltes (nicht von der Sonne, sondern von der Bewegung der Erde um die Sonne ausgelöst), sind jedoch nur ausschlaggebender Impuls: Um den Planeten

tatsächlich in eine Eis- oder Warmzeit zu kippen, bedarf es vielmehr interne Rückkopplungsprozesse des Erdklimas, die somit für die großen Temperaturfluktuationen zwischen Warm- und Kaltzeiten verantwortlich sind. Dieses Beispiel zeigt auf, wie sensibel unser Klima selbst auf geringe Schwankungen reagiert. Eine tatsächliche starke Abkühlung – oder Erwärmung aber, liegt in der Reaktion des Klimas selbst auf die veränderten Rahmenbedingungen.

#### **24) Wann gibt es aufgrund der Überlagerung diverser M-Zyklen die nächste Kaltzeit / Warmzeit / übernächste Kaltzeit?**

Nächste natürliche Kaltzeit: in 60.000 Jahren

Nächste natürliche Warmzeit: in 120.000 Jahren

Übernächste natürliche Kaltzeit: in 190.000 Jahren

#### **25) Was macht die aktuelle Warmzeit (Holozän) ungewöhnlich?**

- Ungewöhnlich langes, stabiles, rel. warmes Klima (seit der letzten Eiszeit vor ca. 10.000 Jahren).
- Nicht typisch für das Quartär!
- Menschheitsgeschichte wäre deutlich negativ beeinflusst worden, wenn die aktuelle Warmzeit nicht so stabil wäre

#### **26) Wie verläuft die Temperatur beim Wechsel von Kalt- und Warmzeiten?**

Übergang zu einer Warmzeit: Sehr rasches Ansteigen der Temperatur

Übergang zu einer Kaltzeit: Langsames Abfallen der Temperatur

#### **27) Ist bereits ein Abfallen der Temperatur im Holozän in Richtung neue Eiszeit zu beobachten?**

Ja, wir befinden uns bereits auf dem natürlichen Weg in die nächste Eiszeit. Das Klimaoptimum der aktuellen Warmzeit ist bereits überschritten. (Inwieweit der Mensch den natürlichen Gang in Richtung Eiszeit wirklich beeinflusst (diskutierter „Klimawandel“), bleibt abzuwarten. Wichtig sind hier auch die Zeitskalen, die man betrachtet!)

→ In den kommenden tausenden von Jahren, werden sich die Gletscher und Eismassen also wieder kontinuierlich über weite Bereiche Nordamerikas und Europas ausdehnen und somit die Menschheitsentwicklung der Zukunft maßgeblich beeinflussen (falls wir uns nicht selbst zerstören oder den Sprung in den Kosmos nicht schaffen).

#### **28) Wovon hängt die Insolation ab?**

- Einstrahlung auf die Erde abhängig von:
- Stärke der Sonne selbst
- Erdbahnparameter: M.Zyklen
- Breitengrad
- Jahreszeit

#### **29) Nennen Sie Erklärungen größerer Klimasprünge, die nicht durch die M-Zyklen erklärbar sind und in wenigen Jahrzehnten oder Jahren großen Einfluss auf das Klima ausgeübt haben!**

-> Dansgaard Oeschger Events (bekannt aus der Weichselzeit, der letzten Kaltzeit)

-> Sonnenflecken, Oszillation der atmosphärischen Zirkulation, Zirkulation der Ozeane (PDO/AMO/usw...)

Vulkanausbrüche im Holozän

-> ENSO-Zirkulation: Häufungen von EL NINO und LA NINA-Phasen haben global kühlende oder erwärmende Folgen durch Ozean-Atmosphären-Rückkopplung

→ Damit verbunden teils sehr rasche Abkühlungs- ODER Erwärmungsphasen (kleine Eiszeit ua. durch ein längeres Minimum der Sonnenaktivität 1600-1850 Maunder und Daltonminimum), globale Abkühlungsphasen von 1 bis 5 Jahren durch große Vulkanausbrüche (Jahr ohne Sommer 1816: Faktoren: Kleine Eiszeit + Vulkaneruption sorgten für sehr niedrige Temperaturen im gesamten Jahr),...

#### **30) Was sind Dansgaard Oeschger Events und was versteht man unter Heinrich Events?**

Dansgaard Oeschger Events:

- Sehr rasche Klimasprünge
- Bis zu 23 solcher Events in der letzten Kaltzeit durch Eisbohrkerne dokumentiert
- Bis zu 7 Grad Erwärmung in Grönland in nur wenigen Jahren, bis 2 Grad in Europa, dann langsames Absinken auf Eiszeit-Niveau
- lokales Phänomen der NH, kein globales Phänomen
- Ereignisse stehen in Verbindung zu Heinrich – Lagen im Noamk-Gebiet im nördlichen Atlantik

### Heinrich Events

- 6 Ereignisse nachgewiesen: H1-H6 (jung nach alt)
- 2-6 cm mächtige Lagen aus Dolomit auf dem Meeresboden im nördlichen Atlantik, mit steigender Mächtigkeit in Richtung Grönland und dem Laurentischen Eisschild über Nordamerika der letzten Kaltzeit sogar bis zu 80cm mächtige Sedimentlagen (Heinrich-Lagen)
- Dolomit kann nur durch Diagenese entstanden sein, daher muss es in den Atlantik in rel. regelmäßigen Abständen einen Transport dieser Carbonate gegeben haben.
- Nicht alle Heinrichlagen korrelieren mit den DS-Zyklen!

→ Ich weiteren Verlauf unserer Fragen, werden wir nochmal auf die DS-Zyklen und die Heinrichlagen genauer eingehen!

### **31) Was ist unter einem Kälterückfall in der jüngeren Dryas (zum Ende der letzten Eiszeit) zu verstehen und wie heißt das Event?**

#### 8200er Event

- Durch das Schmelzen des Laurentischen Eisschildes, kam es zur Aufstauung großer Wassermassen. Dieser gigantische Schmelzwassersee, Lage Agassiz, ergoss sich plötzlich in den Nordatlantik über die Hudson Bay und die Labrador See, als die letzte zurückhaltende Eisbarriere brach. Die immensen Süßwassermengen sorgten dafür, dass der Golfstrom zusammenbrach. Schlagartig wurde es im Nordatlantikraum bis zu 4 Grad, und in Europa um 1-2 Grad kälter. Untersuchungen im Ammersee (Bayern) zeigten eine Abnahme der Temperatur um 1 Grad.

### **32) Nennen Sie ein Beispiel für eine kleinere Kälteperiode in den letzten 500 Jahren!**

- Kleine Eiszeit 1600-1850
- Ausgelöst durch ein Minimum der Sonnenaktivität: Maunder – und Daltonminimum
- Hungersnöte in Europa
- Lange, harte Winter, kühle, nasse Sommer
- Flüsse wie die Themse in England diverse Kanäle in den Niederlanden froren zu, auch der Bodensee der frohr regelmäßig zu
- 1 bis 2 Grad kälter als heute

### **33) Nennen Sie ein Beispiel für eine kleinere Wärmeperiode innerhalb der aktuellen Warmzeit**

- Mittelalterliches Klimaoptimum
- 1 bis 2 Grad wärmer als heute

### **34) Wie verändern Vulkanausbrüche das Klima? Nennen Sie Beispiele!**

Durch verstärkte Aerosolgehalte in der Atmosphäre bis in große Höhen (Troposphäre, Stratosphäre) längere Abschirmung des Sonnenlichtes, leichte Verdunklung und Rückgänge der globalen Temperatur. Meist ist dieser Rückgang aber nur kurze, so dass das Wort Klima an sich schon falsch gewählt ist.

Nach 1 bis 5 Jahren, je nach Intensität und Höhenlage der emittierten Aerosole des Vulkans, hat sich die Temperatur wieder normalisiert. Wenn über einen langen Zeitraum Vulkane aktiv werden, können sie klimawirksam werden. Beispiele für kurzfristige Events:

- 1815/16/17/18 Tambora
- Pinatubo 1991