

Quartärgeologie Paläoklima & mehr

Kap. 10: Sedimentanalysen & Rekonstruktionen

1) Wie kann man die Korngrößen einer Probe bestimmen?

Es gibt verschiedene Methoden, das Korngrößenspektrum zu bestimmen:

Attarberg-Methode (Feinfraktion):

Ton und Silt werden nach der Attarberg-Methode separiert. Dabei nutzt man das Stoke'sche Gesetz. Es beschreibt die Zeit, die ein Partikel mit einem bestimmten Korndurchmesser und einer bestimmten Dichte braucht, um durch eine Flüssigkeitsäule bestimmter Dichte und Viskosität abzusinken. Da die Tonpartikel länger in Suspension bleiben als die größeren und schwereren Siltpartikel, können sie (bei 21°C und 50 cm Fallhöhe) nach ca. 20 h abgesaugt werden. Dieser Vorgang wird bis zu 10x wiederholt, bis aller Ton aus der Suspension entfernt ist. Die einzelnen Fraktionen können jetzt getrocknet und gewogen werden.

Trockensiebung (Grobfraktion):

Bei der Trockensiebung kann man die Grobfraktion trennen: Kies und Sand.

Pipettiermethode

...Ist so ähnlich wie die Attarberg-Methode und verknüpft die Fein- und Grobfraktion:

Zunächst wird das Probenmaterial in kleine PE-Flaschen überführt und mit dest. Wasser inkl.

Dispergierungsmaterial (Ammoniak, Na-Hexametaphosphat, usw.) über Nacht in einen Schüttler gestellt. Dadurch wird die Probe in eine homogene Suspension gebracht und die Organik von den Körnern getrennt. Ebenso werden so Agglomerate gelöst, die sonst später das Messergebnis durch zu schnelles Sinken negativ beeinflussen könnte.

Am nächsten Tag wird die angesetzte Suspension in Köhn-Zylinder überführt und bis auf eine Markierung werden dabei alle Zylinder mit dest. Wasser gefüllt. Nach einem temperaturabhängigen, festgelegten Zeitplan, wird nun eine Pipette in die Zylinder getaucht und Proben genommen und in ein nummeriertes Becherglas gegeben. So verfährt man, wie es der jeweilige Zeitplan vorsieht. Dabei taucht man die Pipette ebenso in unterschiedliche Tiefen von 15 bis 20 cm Tiefe ein. Nachdem man eine Reihe von Petrischalen gefüllt hat, werden diese über Nacht getrocknet und anschließend gewogen. Über ein Rechenprogramm lassen sich im Anschluss die prozentualen Anteile der Feinfraktion bestimmen.

Der Rest in den Köhnzylindern wird zum Ende nochmals geschüttelt und über 3 unterschiedliche Siebe gegeben, welche jeweils nur Grob- Mittel- oder Feinsand durchlassen. Dann werden die Siebe noch mit dest. Wasser abgespült. Flüssigkeit und Siebrückhalt werden in Glasbechern aufgefangen und ebenso getrocknet und ausgewogen. So erhält man auch die Anteile der unterschiedlichen Sandfraktionen.

→ Für viele Projekte ist nur die Tonfraktion von Bedeutung. Dann lässt man den letzten Arbeitsschritt einfach weg.

Laseroptische Korngrößenbestimmung

Moderne Labore nutzen allerdings vollautomatische Korngrößenbestimmungen. Lediglich die Vorarbeiten (Aufbereitung einer Probe) sind identisch bzw. ähnlich der Pipettiermethode. Dabei ist der Probenmesser direkt mit einem PC verbunden. Hier kommen fertige Korngrößenverteilungen als Datei an. Wichtig ist bei jedem Probengang eine Kalibrierung der Mess-Suspension.

2) Wie lassen sich die Ergebnisse darstellen?

Mit Summenkurven, Punktwolken oder Säulendiagrammen.

→ Es lässt sich anhand der Korngrößenanalyse bereits erkennen, um was es sich bei dem vorliegenden Probe handelt: Bsp. Strand oder Düne

3) Wie lässt sich C-organisch bzw. C-karbonatisch bestimmen?

Kennt man C-Gesamt, und vernichtet man C-org durch hohe Temperaturen von 1600 Grad und Salzsäure, so kann man C-karb ermitteln. Dasselbe kann man auch auf dem jeweils anderen Weg mit den anderen Parametern machen, die man bestimmen will.

4) Was ist die Porosität von Sedimenten?

Die Porosität eines Gesteins ist definiert durch das Verhältnis von Porenvolumen zum Gesamtvolumen des Gesteins. Wenn mehr Wasser im Sediment vorliegt, dann gilt: Je höher die die Porosität, desto geringer die Feuchtraumdichte. In der Praxis wird unterschieden zwischen

→ Gesamtporenvolumen (zugänglich und abgeschlossen)

→ Nutzporenvolumen (von außen zugänglich)

Daher unterscheidet man 2 Arten von Porosität:

→ **totale P. = Gesamtporenvolumen / Gesamtvolumen * 100**

→ **Nutzp. = Nutzporenvolumen / Gesamtvolumen * 100**

In frisch abgelagerten Sedimenten, ist die Nutzporosität ähnlich groß wie die totale Porosität.

In verfestigten Gesteinen / Sedimenten hingegen immer geringer!

5) Welche Methoden gibt es, um die Porosität zu bestimmen?

Es gibt viele Möglichkeiten, die Porosität zu bestimmen. Sie basieren alle auf den Bestimmungen der Volumina (Kornvolumen, Porenvolumen, abgeschlossen und / oder Porenvolumen gesamt.) Die Volumina können direkt gemessen und / oder aus anderen Parametern wie Korndichte und Wassergehalt (bei wassergesättigten Sedimenten) abgeleitet werden.

6) Nennen Sie Beispiele für Nutzporositäten verschiedener Gesteine in %!

magmatische Gesteine 1

Schiefer, Schiefertone 5

Kalke, Dolomite 5-20

Sandstein 10-30

Sand 30-40

Kreide 50

Ton 50-80

Diatomeenerde 90

7) Was ist die Permeabilität?

- ist gekoppelt an Porosität: **Durchlassungsfähigkeit** eines Gesteins. Für viele praktische Probleme, so vor allem für die **Grundwassergewinnung** und **Förderung von Erdöl und Erdgas**, sind mögliche Fließvorgänge in Gesteinen von Interesse. Sie wurde früher mit Wasser berechnet, heute wird es aber mit Gasen gemacht. Wichtig ist auch die **Richtung**: Lässt das Gestein in alle Richtungen durch oder nicht? Die Permeabilität ist definiert durch folgende Gleichung:

$$Q = k \cdot A \cdot (P_1 - P_2) / L \cdot h$$

daraus ergibt sich:

$$k = h \cdot Q \cdot L / A \cdot (P_1 - P_2)$$

mit:

Q: Flüssigkeitsvolumen (bei Gasen: Durchflussmenge) pro Zeiteinheit cm² / sec

k: Permeabilität (Durchlassungskoeffizient)

A: Querschnitt der durchströmten Probe

L: Länger der durchströmten Probe

P1: Druck beim Eintreten in die Probe (cm)

P2: Druck beim Austreten

h: Zähigkeit (Viskosität) der Flüssigkeit

Bei Messungen der Permeabilität von Gesteinen mit Flüssigkeiten, insbesondere mit Wasser, erhält man häufig schlecht reproduzierbare Resultate, da z. Bsp. feinstes Material in den Porenräumen umgelagert und damit die Poren verstopft werden, Quellen von Tonmineralen (besonders Smektit) den Porenraum verringert oder Lösung vom Porenraum erhöht. **Daher misst man heute ausschließlich mit Gasen.** Dazu wird ein Probenkörper aus dem Gestein herausgebohrt und zwar in der Richtung, in der die Permeabilität gemessen werden soll. Die Probe wird mit Ausnahme der Stirnseiten eingebettet, in eine passende Halterung eingebaut und mit Gasen unter regelbaren und messbaren Drücken durchströmt.

8) Was kann ich mit dem Wassergehalt bestimmen?

- Korndichte, Feuchtraumdichte, Porosität

- Sedimentationsrate in Akkumulationsrate rückrechnen

- wie viel Gramm CO₂ wird Akkumuliert?

→ Wassergehalt ist von der Tiefe abhängig!

9) Was ist die Korndichte? Mit welchem Gerät wird die Korndichte gemessen?

Dichte der Festsubstanz

- Pyknometer: Misst Volumen einer Probe

10) Was ist die Feuchtraumdichte?

Dichte des feuchten Sedimentes (immer geringer)

11) Was ist die magnetische Suszeptibilität?

- einfaches und günstige Meßmethode, daher oft angewendet
- Maß für die Magnetisierbarkeit von Sedimenten
- Gemessen wird die Magnetisierung, die durch ein Magnetfeld erzeugt wird. Die Bestimmung der magnetischen Suszeptibilität spiegelt in der Regel den **Magnetitgehalt** des Sedimentes wieder (z. Bsp. aus vulkanischen Gesteinen eingetragen, aber auch biogene Bildung möglich durch **magnetotaktische Bakterien**)
- Unter reduzierenden Bedingungen, wird Magnetit gelöst und es kommt zu einer Fehlmessung! (z. Bsp. bei Eiszeiten, wo eine mächtige Eisbedeckung für reduzierende Bedingungen sorgt.)
- Durch Messung weiterer physikalischer Parameter, ist eine Kernkorrelation von 1cm Genauigkeit machbar.

12) Welche 2 Arten unterscheidet man bei der magn. Suszeptibilität?

- Volumen-S.: $k = \frac{\text{erzeugtes Magnetfeld}}{\text{angelegtes Magnetfeld}}$
- Spezifische S.: $X = \frac{\text{Volumen-S.}}{\text{Dichte}}$

13) Abhängig von der Volumen-S. werden welche Stoffe wie eingeteilt?

- diamagnetische Stoffe: $K = -10 \text{ hoch } -6 \text{ SI}$ (negativ und klein): Karbonat, Wasser und Quarz
- paramagnetische Stoffe $K = +10 \text{ hoch } -6 \text{ SI}$ (positiv und klein): Glimmer, Pyroxene, Amphibole
- ferromagnetische Stoffe $K = +10 \text{ hoch } -2 \text{ SI}$ (positiv und groß): Magnetit, andere Eisen- und Titanoxide

14) Was ist die organische Geochemie?

- beschäftigt sich mit dem Entwicklungsgang aller organischen Verbindungen in der Geosphäre d.h.:
Hauptsächlich aus biologischer Aktivität stammende organische Verbindungen werden in Sedimentgesteinen eingeschlossen:
- überdauern dort lange geologische Zeiträume
- können durch natürliche oder anthropogene Aktivitäten wieder an die Erdoberfläche gelangen und dort wieder an den geochemischen Reaktionen teilnehmen

→ die Chemie der organischen Verbindungen gründet sich auf Kohlenstoff, welches

- 12. Häufigstes Element der Erdkruste ist
- von essentieller Bedeutung auf der Erde, da seine Verbindungen Grundbausteine allen Lebens sind (zumindest auf der Erde)

→ Kohlenstoff kann wie kein anderes Element eine große Anzahl natürlich vorkommender Verbindungen eingehen, insbesondere mit:

- Wasserstoff
- Sauerstoff
- Schwefel
- Stickstoff

→ C13- Anreicherung als Proxy für Bioproduktion: Algen fressen lieber C12 als C13, daher kommt es zur rel. Anreicherung von C13-> wird als Proxy für eine erhöhte Bioproduktion gewertet.

→ Kohlenstoff- und Kohlenstoffhaltige Verbindungen in sedimentären Ablagerungen sind für die Menschheit von großer ökonomischer Bedeutung:

- Kohlenwasserstoffe: Kohle, Öle, Gase
- Calcium- und Magnesium Karbonate (Kalkstein, Dolomit, Marmor, Kreide)
- Graphit, Diamanten, in der Natur vorkommende Formen des reinen Kohlenstoffs

→ Für den Sedimentologen stellt die Qualität und Quantität des Kohlenstoffes und seinen Verbindungen in Sedimenten ein wichtiges Werkzeug dar für:

- Interpretation der Sedimentgenese
- Interpretation der Umwelt und Klimabedingung während der Sedimentbildung

→ in marinen Sedimenten herrschen andere Kohlenstoffverbindungen vor, als an Land. Die Konzentrationen von Kohlenstoffarten dienen als Proxie für Klimabedingungen.

15) Was sind Biomarker?

- „keine Fossilien in dem Sinne, die man sehen kann“, sind aber repräsentativ für Lebewesen. Darunter zählen: **Fettsäuren, Alkane, Alkanole, Sterole, Kohlenhydrate**
- sind organische Verbindungen in Sedimenten, die weitgehend unverändert sind gegenüber den entsprechenden Verbindungen in lebenden Organismengruppen
- bestimmt man die Biomarker (mittels Gaschromatographie und Massenspektrometrie), so gewinnt man Informationen zu der Biomasse, welche die Organismen aufgebaut haben, auch wenn von ihnen keine Skelettreste (Fossilien) überliefert sind.

16) Was ist unter Isotopengeochemie zu verstehen?

Messung mit Massenspektrometern an Gasen (Co₂, So₂), es werden die relativen Anteile der unterschiedlichen Isotope eines gegebenen Elementes bestimmt.

- Das Gas wird durch Elektronenbeschuss aus einer Glühkathode ionisiert. Die Ionen werden im Hochvakuum durch Hochspannungsfelder beschleunigt und zu einem Elektronenstrahl gebündelt. Beim Durchqueren eines Magnetfeldes, werden die Ionen gemäß ihrer **Masse unterschiedlich stark abgelenkt**. Je größer die Masse, desto mehr wird abgelenkt. Die dabei entstehenden Strahlenscharen treffen auf einen Ionenkollektor, wo die Ionen entladen und darüber quantifiziert werden.

Das Problem beim so ermittelten Delta-Wert (z. Bsp. Delta O₁₈, C₁₃, N₁₅, S₃₄, H₂) ist, dass viele Einzelfaktoren letztlich nur einen Delta-Wert repräsentieren. Dieser Einzelwert ist somit immer mit Vorsicht zu genießen und es macht Sinn, wenn dieser Wert immer im Zusammenhang mit anderen Werten gesehen wird!

->> Es lassen sich z. Bsp. die Wassertemperaturen durch temperaturabhängige Isotopenfraktionierung (Verschiebung der Häufigkeit der Isotope eines Elementes) bei Ostrakoden (Muscheltiere) rekonstruieren.

17) Nennen Sie typische Isotope, bei denen der Delta-Wert bestimmt wird!

Delta:

C₁₃: aus C₃ C₁₂

O₁₈ aus O₁₆ O₁₈

N₁₅ aus N₁₅ N₁₄

S₃₄ aus S₃₄ S₃₃

H₂ aus H₁ H₂

18) Wovon ist der Delta-Wert abhängig?

- Isotopenangebot (Wassermassen, Produktivität)
- Fraktionierung beim Einbau (Temperatur, Vital Effekt)
- Veränderung nach Einbau (z. Bsp. durch Lösung oder Diagenese)

19) Anorganische Geochemie – was bedeuten: RFA ASS und ICP?

- unterschiedliche Methoden zur Elementbestimmung von Proben

RFA (Röntgenfluoreszenzanalyse):

- Semiquantitative Messung
- Beschuss mit Röntgenstrahlung erzeugt sekundäre Strahlung, deren Wellenlänge und Intensität von den enthaltenen Elementen abhängt. Es können alle Elemente auf einmal gemessen werden.

ASS (Atomabsorptionsspektrometrie):

- Atome einer Substanz werden in Dampf überführt und absorbieren Strahlung. Dabei ist die Wellenlänge der Strahlung vom Element abhängig, die Absorptionsmenge von der Konzentration des Elementes. ASS misst genauer als RFA, dafür aber nur einzelne Elemente.

ICP (Induktiv gekoppelte Plasma-Spektrometrie):

- Messung mittels Plasma: hochoverhitztes Gas, meist Argon, es können mehrere Elemente zeitgleich gemessen werden, da Beugung bzw. Massenablenkung der Elemente simultanes Messen eines Spektrums ermöglicht.

20) Wie kann man ferner Haupt-Neben und Spurenelemente bestimmen?

1. Säureaufschluss:

Auflösung von Sedimentpartikel durch Säure:

Salzsäure HCL

Salpetersäure HNO_3
Königswasser HNO_3 : HCl 3:1
Flußsäure HF
Perchlorsäure HClO_4

Schmelzaufschluss:

Schmelzen von Pellets mit Flußmittel:
Natriumcarbonat NaCO_3
Alkalihydroxide NaOH
Alkaliborate, z.B. Litiumborat LiBO_2

21) Wie kann man Anionen und Kationen bestimmen?

Durch Wasseraufschluss mit bi-distilliertem Wasser

22) Was lässt sich durch die in Frage 19-21 erklärten Methoden rekonstruieren?

- Zirkon steht z. Bsp. als Indiz für äolischen Transport
- Verwitterung
- Nährstoffzufuhr
- Liefergebiet
- äolischer Eintrag
- Evaporation

23) Optische Mikroskopie - Was versteht man unter einem Binokularmikroskop?

Auflichtmikroskop

- verwendbar, um Streupräparate zu auf Rundung, Kugeligkeit oder Schnittflächen zu untersuchen.

24) Optische Mikroskopie – Was versteht man unter einem Polarisationsmikroskop?

Auflichtmikroskop

- verwendbar für Ausstrichpräparate, eingebettete Streupräparate, Dünnschliffe

25) Was lässt sich mit einem Rasterelektronenmikroskop anschauen?

- sehr kleine Details (Vergrößerungsfaktor: ca. 1.000.000:1.)
- Diagenese von Kaolinit
- Foraminifere
- Form von vulkanischen Aschepartikeln

26) Was versteht man unter Röntgendiffraktion?

Die R. liefert:

- Übersicht über die Mineralzusammensetzung
- Quantifizierung der Minerale
- Aragonitanteil in Karbonatgesteinen
- Dolomitanteil in Karbonatgesteinen
- Identifikation von SiO_2 Modifikationen

→ Röntgenbeugung ist die Beugung von Röntgenstrahlung an geordneten Strukturen wie Kristallen.

→ Die Mineralzusammensetzung lässt sich anhand von Röntgendiffraktogrammen darstellen, welche die Peaks der Minerale zeigen.

27) Rekonstruktionen – Welche Arten von Umweltrekonstruktionen gibt es?

Nach Untersuchung der Proben, können Umwelt- und Klimarekonstruktionen erstellt werden.

1. Semiquantitativ

- Statistische Auswertung -> multivariante Analyse von Proxies z. Bsp. durch Hauptkomponentenanalysen. Ein großer Nachteil ist die gegenseitige Abhängigkeit komplexer Datensätze.

2. Quantitativ (wärmer, kälter, feuchter, trockener)

- über Transferfunktionen mit Kalibrationsdatensätzen
- je mehr Datensätze, desto besser wird die Rekonstruktion

→ Transferfunktion anhand eines Beispiels:

Aus einem rezenten See nimmt man Wasserproben und bestimmt einige Parameter. Ebenso untersucht man aktuell lebende Arten, die dort unter den jetzigen Klimabedingungen leben können. Daraus erstellt man eine Transferfunktion: einen Kalibrationsdatensatz. In diese Funktion lassen sich jetzt bestimmte Variablen ersetzen,

so zum Beispiel Daten aus fossilen Überresten der vergangenen Seeflora und Fauna. Daraus errechnet man die quantitativen Klimabedingungen unter der Annahme, dass sich Organismen im Laufe der Evolution nicht in ihren Lebensraumtoleranzwerten verändert haben. Findet man 2 Spezies, die in unterschiedliche Umweltbedingungen tolerieren, ist das für die Rekonstruktion von großem Vorteil, da so das damalige Klima deutlich besser rekonstruiert werden kann. Wenn:

Spezies A einen Lebensraum von +5 bis +10 toleriert und

Spezies B einen Lebensraum von +4 bis +7 Grad toleriert,

dann weiß man, dass die Temperatur zwischen 5 und 7 Grad gelegen haben muss. Je mehr Arten man findet, umso genauer wird folglich die Rekonstruktion!

3. Qualitativ (exakte Werte können angegeben werden: 2 Grad wärmer, 400mm mehr Niederschlag,...)

28) Was kann man durch welche Proxys aus marinen Sedimenten ableiten?

- aus Faunenvergesellschaftungen: Sea Surface Temperature (SST)

- Foraminiferen
- Diatomeen
- Radiolarien
- Coccolithen
- Dinoflagellaten

- aus Alkenone (Biomarker): SST

→ werden in der lichtdurchfluteten Zone im Meer in der Organik gebildet, daher spiegeln sie ganz gut die SSTs wieder: ch. Proxy: UK37 = Ungesättigkeitsindex zeigt an, wie stark die Alkenone-Verbindungen gesättigt sind -> Rückschlüsse auf die SSTs möglich

- Delta Ca34 karb, Mg/Ca karb: SST und Bodentemperatur

Ostrakoden werden z. Bsp. mit Mg Ca – Verhältnis gemessen

- Delta O18: Bodentemperatur

- mit Vorsicht zu genießen, da das Delta O18 nicht nur von der Temperatur, sondern auch vom damaligen Eisvolumen beeinflusst wurde. Das Eisvolumen an sich ist nicht rekonstruierbar. Die Abhängigkeit vom Salzgehalt ist vernachlässigbar.

29) Mit welchen Proxys hat man bereits Wassertemperaturen bis zu 200.000 Jahre rekonstruiert?

- Diatomeen, Radiolarien

30) Was kann man aus welchen Proxys aus terrestrischen Sedimenten ableiten?

- Delta O18 krab: Wassertemperatur

Wenn keine Salzschwankungen im zu untersuchenden Gewässer stattfinden. In einem See ist es machbar, im Ozean nur mit großer Sorgfalt bis gar nicht.

- Pollenvergesellschaftung: T Juli, T Januar, T Jahr, Niederschlag / Jahr

Klassische Methode bei terrestrischen Sedimenten

Pollen einer bestimmten Art repräsentieren einen ganz bestimmtes Klima. Pollen und damit die Arten haben klar definierbare Toleranzbereiche (zu warm, zu kalt...zu nass) und sind daher für die Klimarekonstruktion von Bedeutung.

- Faunenvergesellschaftung: T Wasser, T Luft, Niederschlag

- Insekten: Kopf bzw. Zuckmücken: Ihre Fortpflanzungsintensität ist Temperaturabhängig.

- Mollusken

- Diatomeen -> Bestimmte Diatomeen lassen sich einem bestimmten Salzgehalt zuordnen. Aus der Salzwasserrekonstruktion kann man dann den Niederschlag zuordnen, wenn der Seespiegel konstant ist.

31) Welche Probleme gibt es bei den Transferfunktionen?

- syn- und postsedimentäre Veränderung (während und nach der Sedimentation)

- unterschiedlich widerstandsfähige Schalen der Foraminiferen: Kommen diese unter die

Karbonatkompensationstiefe, kommt es zur relativer Anreicherung bestimmter Arten durch eine unterschiedlich schnelle Auflösung der Schalen und damit zu Fehlinterpretation.

- fehlende Rezentanaloge: vor allem im terrestrischen Bereich: Extrembeispiel: Mammuts.