

Sedimente in Höhlen

Welche Sedimenttypen gibt es in Höhlen?

Wir unterscheiden zwischen:

- chemischen Sedimenten (Höhlensinter, Tropfsteine, Zemente, Ausblühungen, Mineralien i.A.)
- detritischen/klastischen Sedimenten (Lehm bis Geröll, Versturz...)
- biogenen Sedimenten (Guano, Knochen...)
- Höhleneis

Die chemischen Sedimente

Als chemisch ausgefällte Sedimente gelten neben allen Sorten von Tropfsteinen auch diejenigen Calcitausscheidungen, die andere Sedimenttypen verfestigen: die Zemente. In Höhlen sind diese Zemente meist zusammen mit Tropfsteinen (gelegentlich auch verfestigten Schottern) zu finden. Sie werden deshalb nicht gesondert behandelt.

Weitere chemische Sedimente sind Mineralausblühungen an Wänden und auf Ablagerungen; hierzu zählen neben Aragonit der häufige Gips, Hydromagnesit, sowie andere, seltenere Mineralien.

Ein Spezialfall der chemischen Sedimente sind hydrothermale Hohlraumfüllungen, die im Kalkgestein ebenfalls meist aus Calcit sind. Da diese meistens in Klüften zu finden sind und in der überwiegenden Anzahl der Fälle nichts mit der Höhlenentstehung zu tun haben, werden sie hier nicht weiter erwähnt.

Mineralien wie auch Tropfsteinen sind eigene Kapitel gewidmet. Hier soll nur die Information gegeben werden, dass das Tropfsteinwachstum zumeist an Warmzeiten gebunden ist, weil dann Bodenbildung an der Oberfläche mehr CO₂ ins Wasser bringt. Des weiteren ist wichtig, dass (von Spezialfällen abgesehen) sich Sinter fast nur oberhalb des Wasserspiegels bildet.

Detritische/klastische Sedimente

"Detritisch" oder "klastisch" bedeutet zerbrochen. Detritische Sedimente sind also Ablagerungen, die aus einem bereits bestehenden Gestein oder Mineral hervorgehen, ohne (mit Ausnahme der Tonmineralien) chemischen Änderungen unterworfen zu sein. Zu den detritischen Sedimenten zählen wir nicht nur das zerbrochene Material im engeren Sinne (Versturzblöcke), sondern auch gerundete Bachgerölle, Sand und Lehm. Detritische Sedimente können entweder autochthon (aus dem Nebengestein) oder aber allochthon (von draußen) sein.

Herkunft

Die Herkunft der detritischen Sedimente kann völlig verschieden sein. Die nachfolgende Liste ist nicht abschließend, sondern gibt einige Möglichkeiten an:

- aus dem Nebengestein: Versturzblöcke, Schutt, Frostbruch, Kalkgerölle
- aus dem Nebengestein: unlösliche Bestandteile des Kalkes: Lehm, Hornstein etc.
- aus benachbarten Gesteinen: Gerölle, Sand, Lehm
- vom Gletscher: Gesteine aller Art
- aus Höhlensedimenten: umgelagerter Sand, Tropfsteingerölle etc.
- von der Oberfläche: Knochen (manchmal aber auch autochthon), Holz, Humus, Sand, Lehm etc.

Eigenschaften

a) Nicht transportierte detritische Sedimente

Darunter fallen Versturzblöcke und Deckenbruch. Schutt im Eingangsbereich der Höhle ist meist auf Frostbruch zurückzuführen. Alter, verkitteter Schutt deutet auf eine kältere Zeit in der Vergangenheit hin. Versturzblöcke im Höhleninnern sind schwieriger zu deuten. Es muss nicht sein, dass Verstürze in Zeiten erhöhter Erdbeben-Aktivität auftreten. Stimmt die Statik der Höhlendecke nicht, so wird es zum Einsturz kommen. Die Deutung von Deckenverstürzen wird meist dem Geologen vorbehalten bleiben.

b) transportierte detritische Sedimente

Umlagerung und Transport geschieht in der Höhle wohl immer durch fließendes Wasser. Charakteristisch für transportierte Sedimente ist, dass die Körner / Gerölle gerundet sind. Faustregel: Je runder ein Stein, desto länger dauerte der Transport. Diese Faustregel kennt natürlich viele Abweichungen. Die Härte des Steines spielt eine Rolle, aber auch die Größe! Große Blöcke sind nach vergleichsweise kleiner Transportdistanz bereits recht gut gerundet, während kleine Kiesel deutlich mehr Distanz benötigen, um ähnlich rund zu werden.

Etwas sehr Typisches für transportierte detritische Sedimente ist neben der Rundung die Sortierung: Sie beschreibt, ob nur Sedimente einer Korngröße oder verschiedene Korngrößen gemeinsam vorkommen. In einem Wildbachbett findet man riesige Blöcke, in einem schnellen Fluss bis kopfgroße Gerölle, weiter stromab, wo die Fließgeschwindigkeit nicht mehr groß ist, Kiesel, schließlich Sand und dann Silt (auch Schluff genannt). Je ausgeglichener ein Bach fließt, desto deutlicher sieht man diese Sortierung nach der Fließgeschwindigkeit. Sie wurde experimentell bestimmt und im Hjulström-Diagramm eingetragen. Nun kann man die gefundenen Höhlensedimente analysieren, um die mittlere Korngröße herauszufinden (oft geht das auch von Auge!), und daraus schließen, wie schnell der Bach floss.

Benennung: Vielen Leuten ist der Unterschied zwischen Sand, Silt und Ton nicht klar. Dieser Unterschied ist nicht vom Mineral, das das Sediment aufbaut, abhängig, sondern von der **Korngröße**. Im Folgenden die Unterschiede:

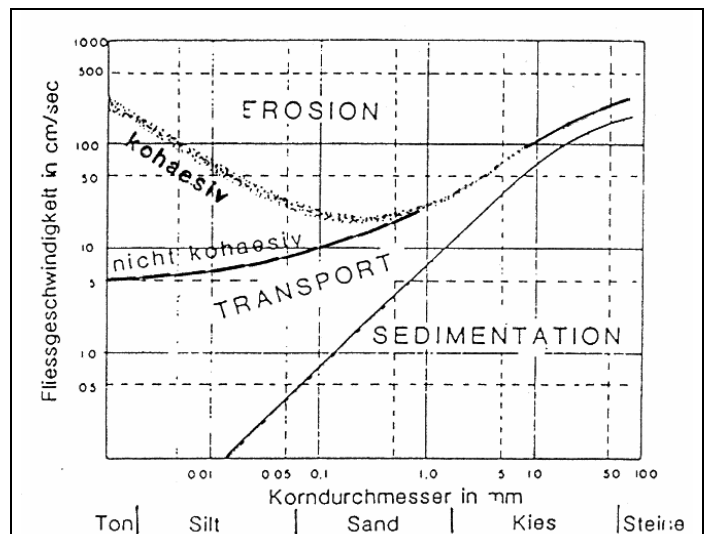
- über 20 cm: Blöcke
- zwischen 20 cm und 2 mm: Kies (auch Schotter genannt; Unterteilung in Grobkies: bis 2 cm)
- zwischen 2 mm und 0.063 mm (=63 μ m): Sand
- zwischen 63 μ m und 2 μ m: Silt (Merkmal: knirscht noch zwischen den Zähnen)
- darunter: Ton

Mit dem freien Auge sind Silt und Ton allerdings nicht voneinander zu unterscheiden. Detritische Sedimente müssen nicht von einem frei fließenden Bach transportiert und abgelagert werden. Sie können sich auch in Siphons und unterhalb des Karstwasserspiegels absetzen, vergleichbar mit der Ablagerung in einem See.

Die Farbe der detritischen Sedimente ist von ihrer Zusammensetzung abhängig. Lehm, mit Humusmaterial (oder auch Manganabscheidungen) vermischt, ist schwärzlich, mit Eisenmineralien meist rötlich. Sandsteingeröll ist sandsteinfarben etc. Ausnahmen sind da zu verzeichnen, wo die Oberfläche durch chemische Einflüsse verändert wurden. Die häufigste Alteration ist, dass gewisse Gerölle durch Manganablagerungen schwarz aussehen. Schlägt man sie jedoch auseinander, erkennt man die Eigenfarbe.

Ein spezieller, wichtiger Fall von detritischen Sedimenten sind die Sinterbruchstücke. Gesetzt den Fall, man finde in einer ansonsten schmucklosen Höhle ein altes Sediment, das Sintergeröll aufweist, so weiß man, dass diese Höhle einmal sintergeschmückt (Warmzeit?) war, dann dieser Sinter zerstört wurde (Gletscherhochwasser?) und wieder abgelagert wurde.

Je mehr Kalk ein Feinsediment hat, desto stärker überwog die Erosion über die Korrosion (Gletschermehl). Stark kalkhaltige Feinsedimente in Höhlen sind praktisch ausnahmslos während Eiszeiten abgelagert worden.



Das Hjulström-Diagramm. Kohäsiv bedeutet zusammenklebend. Kleben Tone stark zusammen, braucht es eine viel höhere Wassergeschwindigkeit, um sie zu erodieren, als sie nur zu transportieren. Deshalb steigt die "kohäsiv" beschriftete Kurve wieder an, je feiner das Sediment wird.

Aussagen

Soeben haben wir gesehen, dass detritische Sedimente Aussagen über die Transportdistanz und die Fließgeschwindigkeit geben. Daher ist auch klar, dass Silt (=kann Geschwindigkeit) in einem Mäander (=schnell fließender Bach) darauf hindeuten kann, dass beispielsweise die Höhle nach der Entstehung nochmals unter Wasser gesetzt wurde.

Des Weiteren zeigen sie auch häufig die Fließrichtung an. Dies ist nicht so trivial wie es klingt. Wasser fließt in Höhlen nämlich recht häufig gangaufwärts, und zwar in phreatischen Bedingungen. Gute Fließrichtungsanzeiger sind Sande und Silte, denn sie bauen Rippel auf. Die flache Seite einer Rippel ist immer der Strömung zugewandt. Im Querschnitt zeigen sich häufig Schrägschichtungsformen, die ebenfalls eine Fließrichtung angeben.

Gerölle können ebenfalls Fließrichtungen anzeigen, nämlich wenn sie nicht kugelig, sondern abgeplattet oder gelängt sind. Sie liegen dann wie Fischschuppen übereinander und bilden so eine Imbrikation. Imbrikationen sind oft recht schwierig zu erkennen und nur dort gut zu sehen, wo der Sedimentschnitt parallel zur Strömungsrichtung liegt.

Auch die Lage der Sedimentkörper (im Strömungsschatten? Düseneffekte?) kann unter Umständen Fließrichtungen anzeigen.

Aussagen über die Herkunft der detritischen Sedimente können wichtig sein, indem sie zum Beispiel mithelfen, ein aktuelles oder ehemaliges Einzugsgebiet abzugrenzen. Ein typisches Beispiel hierfür sind die Augensteine, die bezeugen, dass die Nördlichen Kalkalpen einstmalig Wasser und Sediment von den Gesteinen südlich davon (Zentralalpen, Grauwackenzone) erhielten.

Biogene Sedimente

Unter biogenen (biologisch entstandenen) Sedimenten verstehen wir Guano, Knochen und Schalen, die durch Tiere produziert oder eingeschleppt werden. Humus, ebenfalls biogen, fällt meistens im Eingangsbereich an und wird deshalb zu den detritischen Sedimenten gezählt.

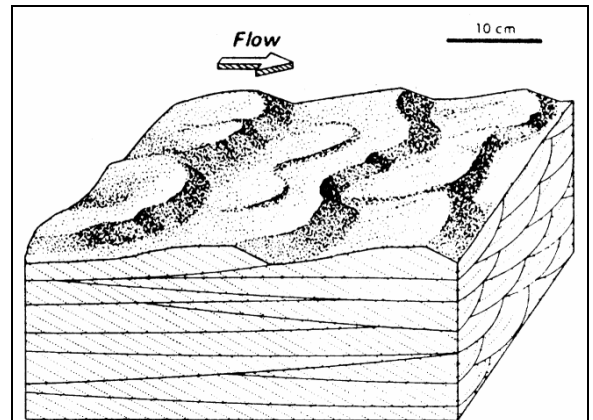
Über den Wert und der Aussagen solcher Sedimente muss hier nichts gesagt werden; es versteht sich von selbst, dass solche Sedimente direkte Zeugen einer Besiedelung und indirekt Klimazeugen sind. Zu erwähnen ist vielleicht, dass Fledermausguano einen hohen ökonomischen Wert als Dünger hat und in einigen Ländern abgebaut wird oder wurde. In Österreich wurden zum selben Zweck Phosphate als Zersetzungsprodukt von Höhlenbärenknochen aus der Drachenhöhle bei Mixnitz verwendet, ebenso wurden Phosphate in der Ciclovina uscata (Rumänien) bergmännisch abgebaut.

Höhleneis

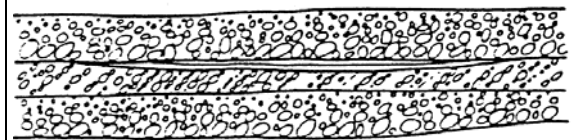
Das Höhleneis bildet einen Spezialfall unter den Sedimenten, da seine Existenz sowohl abhängig ist vom Wasserfluss (wie die detritischen und chemischen Sedimente) als auch von der Temperatur. Es liegt auf der Hand, dass die Gegenwart von Eis direkt eine Klimainformation birgt.

Mindestens theoretisch können drei Arten von Höhleneis unterschieden werden:

- Eis, das von draußen her (z.B. durch Gletscherdruck) eingepresst wurde;
- Eis, das in Form von Schnee in eine Höhle verbracht wurde und durch Umkristallisation zu Eis wurde;



Sedimentrippel und ihre Abbildung im Sedimentstapel.



Imbrikation von Geröllen. Fließrichtung von links nach rechts.

- Eis, das in Form von Wasser in die Höhle kam und durch die kalte Luft oder durch die kalte Höhlenwand erstarrte.

Die erste Art von Höhleneis ist hypothetisch, da selbst bei den vorhandenen hohen Drucken am Grund eines Gletschers die Höhlengänge zu klein sind, um ein Fließen über längere Zeit zu ermöglichen. So zeigen Castleguard Cave (Kanada) wie auch die Milchbachhöhle (Schweiz), dass der Gletscher an der Höhle vorbeifließt.

Dagegen sind die beiden anderen Arten sehr gut bekannt und dokumentiert. Schnee- und Eisschächte finden sich in den Alpen zuhauf, und oft auch sind große Eishöhlen (Eisriesenwelt, Dachstein-Rieseneishöhle) Zeugen der dritten Art.

Oft kontrovers diskutiert ist, inwiefern und bis in welche Tiefe sich während den Eiszeiten Höhleneis im Innern (Typ 3) bildete. Indizien dazu sind sehr oft kaum zu erkennen, allfällige Zeugen können oft durch andere Vorgänge erklärt werden. Bildete sich Höhleneis, oder wurde das Wasser von der Oberfläche her durch Permafrost von der Einsickerung abgehalten? Wurden die Höhlen so kalt, dass eine Eisbildung möglich war, oder wurden sie durch die Isolationswirkung des Gletschers und Schnees (an der Basis oft 0 °C und mit Schmelzwasser) von der Außenwelt abgeschirmt? Diese Frage ist soweit unklar.

Die Sedimentabfolge und ihr Bezug zur Gangmorphologie

Dieses Kapitel ist sehr wichtig, denn die Abfolge der Sedimente erschließt uns die (relative) zeitliche Abfolge der Ereignisse in der Höhle. Die Basis der Sedimentuntersuchungen ist immer die **Beobachtung**, die jeder Höhlenforscher selbst durchführen kann, ohne eine geologische Vorbildung zu haben. Einzig das Grundprinzip der Ablagerungen muss beachtet werden: junge Sedimente liegen über älteren Ablagerungen, wobei das bei komplexen Gangprofilen für die absolute Höhenlage nicht zutreffen muss. Ebenfalls wichtig ist, dass Erosionsspuren beachtet werden.

Erosionsanzeiger sind wichtig: Genauso, wie die Korngröße eines detritischen Sedimentes Aussagen macht über die Geschwindigkeit des Wassers, so zeugt auch die spätere Erosion desselben Sedimentes von einer größeren Wassergeschwindigkeit. Sehr oft werden nämlich Sedimentabfolgen später (zumindest teilweise) wieder erodiert; diese Erosionsphase muss, wenn man die Entstehungsabfolge der Höhle studieren will, ebenfalls in Betracht gezogen werden.

Wie oben erwähnt, zeigen uns die Sedimente, zumindest in erster Linie, die Wassermenge, ab und zu auch das vermutlich vorhandene Klima vor der Höhle, an:

- Tropfstein: vermutlich Warmzeit
- Geröll: hoher Durchfluss
- Sand: niedriger Durchfluss
- Lehm: kaum Durchfluss, Stauung
- Silt: Stauung (evtl. durch Gletscher, Kaltzeit?)

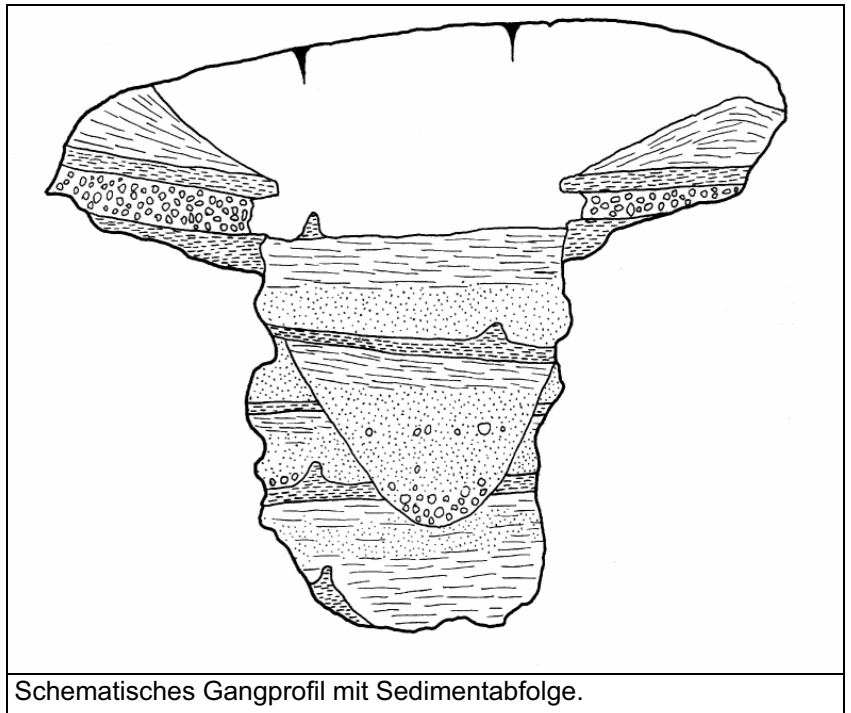
Wenn wir nun beispielsweise in einem phreatischen (elliptischen) Gang am Boden Geröll finden, darüber Silte, und zum Schluss einen Tropfstein, so wissen wir, dass nach (oder während) der Gangentstehung ein hoher Durchfluss herrschte. Danach wurde am Eingang das Wasser aufgestaut. Nach dem Abfluss des Wassers wuchs sodann der Tropfstein.

Der Durchfluss in einer Höhle ist abhängig von der Wassermenge, diese wiederum hängt ab von der Regenmenge resp. von der Schneeschmelze. Natürlich muss in Betracht gezogen werden, dass sich das Einzugsgebiet auch verändern kann. Dennoch zeigt uns eine Schüttungsänderung mittelbar eine Klimaänderung an. Selbstverständlich muss diese verifiziert werden - das Entstehen eines Umlaufganges z.B., oder Versturzerereignisse in einem Gang können die Schüttung ändern, ohne dass sich das Klima geändert hat. Dennoch: der Nutzen der detritischen Sedimente für eine Rekonstruktion des Paläoklimas ist unbestritten.

Da Erosionen oft nicht alle Sedimente wegräumen, ist es so, dass die Höhlen über lange Zeiträume Ereignisse aufzeichnen: sie sind richtige Archive der Erdgeschichte. Die Kopplung von Morphologie, Sedimenten und weiteren Daten erlaubt oft das Erkennen von mehreren Klimawechseln - Informationen, die vor der Höhle vom letzten Gletscher weggewischt worden sind. Aus diesem Grunde sind Höhlen von großer Bedeutung für die Rekonstruktion des Klimas und der Landschaftsgeschichte.

Beispiel

Die nebenstehende Abbildung ist schematisch, jedoch gezeichnet aufgrund eines realen (etwas weniger komplexen) Beispiels. Sie soll illustrieren, was man eigentlich alles in Höhlen sehen kann und wie viel Information man ohne aufwendige technische Untersuchungen bereits durch Beobachtung erhalten kann. Die Figur ist bereits nummeriert, die "Lösung" respektive Interpretation befindet sich jedoch auf der nächsten Seite, so dass der geneigte Leser die Figur als Übung betrachten kann.



Schematisches Gangprofil mit Sedimentabfolge.

Aufgabe

a) Betrachte das Profil genau. Erstelle eine Liste der Abfolgen: Was geschah zuerst, was passierte dann? Schreibe zeilenweise, vergiss die Erosionsformen nicht. Notiere separat, wo Du unsicher bist, notiere auch, wo Du mit bestem Gewissen nicht weiter weißt - falls es das gibt!

b) Was kann man über Ablagerungsbedingungen aussagen? Schreibe sie neben die Nummern:

- | | | |
|---|----------------------------|------------------------------------|
| 1 | Höhlenentstehung (Ellipse) | keine Ablagerung |
| 2 | Geröll | hohe Fliessgeschwindigkeit |
| 3 | Sinter | (vermutlich) wenig Wasserfluss |
| 4 | Erosion | demzufolge viel Wasserfluss, Kraft |

Mögliche Lösung

- | | | |
|----|---------------------------|---------------------------------------------|
| 1 | Höhlenentstehung | keine Ablagerung |
| 2 | Sinterboden | kleiner Wasserfluss |
| 3 | Geröll | große Schüttung |
| 4 | Sinterboden | kleine Schüttung |
| 5 | Erosion | große Schüttung, viel Kraft |
| 6 | Tropfsteinwachstum | kleiner Wasserfluss |
| 7 | kalkige Silte, etwas Sand | sehr kleiner Durchfluss |
| 8 | Tropfsteinwachstum | kleiner Wasserfluss |
| 9 | Sand/Geröll | mäßige Schüttung |
| 10 | kalkige Silte | Stauung |
| 11 | Sinterboden | wenig Schüttung |
| 12 | Sand | mäßige Schüttung |
| 13 | Erosion | starke Schüttung |
| 14 | Geröll | recht starke Schüttung |
| 15 | Sand mit Geröll | mäßige Schüttung |
| 16 | kalkige Silte | Stauung |
| 17 | Sinterboden | wenig Schüttung |
| 18 | Sand | mäßige Schüttung |
| 19 | kalkige Silte | Stauung |
| 20 | Tropfsteinwachstum | kein Durchfluss (da kein Bach auf dem Silt) |

Die größte Unklarheit betrifft den Silt auf den Rändern der phreatischen Röhre. Silte lagern sich bei Stauungen ab. Aufgrund der erhöhten Position könnte dieser Silt zeitgleich mit der Nr. 7 abgelagert worden sein und die nachfolgende Erosion überlebt haben, genauso könnte er aber während Nr. 10, 16 oder 19 abgelagert worden sein.

Nichtsdestotrotz haben wir eine Abfolge festgestellt, während der derselbe Gang ganz unterschiedlichen Wasserflüssen ausgesetzt war. Wird nun das Profil klimatisch interpretiert (die vier unterschiedlichen Siltlagen deuten zum Beispiel auf vier Eiszeiten hin), und werden ausgewählte Sedimente sodann datiert, so haben wir eine zeitlich eingeordnete Abfolge - mit einer Genauigkeit, die oft nur in Höhlen zu finden ist.

Methoden der Sedimentuntersuchung

In diesem kurzen Abschnitt werden die verschiedenen Methoden vorgestellt, die sich zur Sedimentbeschreibung und Problemlösung eignen; diese Aufzählung soll kein Rezeptbuch darstellen, sondern die Möglichkeiten beschreiben. Viele dieser Methoden sind nur mit großem Aufwand von Spezialisten durchführbar. Wie bereits gesagt, ist die Grundlage **jeder** Sedimentuntersuchung die **Beobachtung** im Feld – und beobachten und beschreiben kann jeder Höhlenforscher!

Methoden zur Sedimentcharakterisierung

Profilaufnahme

Um Änderungen in den Ablagerungsbedingungen zu dokumentieren, ist eine Aufnahme der Sedimentprofile (maßstäbliche Zeichnung) oftmals nötig.

Korngrößenanalyse

Wie im allgemeinen Teil schon angetönt, sagt die Korngröße etwas über die Fließgeschwindigkeit aus. Das Gesamtsediment wird gesiebt und die einzelnen Fraktionen gewogen. Feinanteile, die für ein Sieb zu klein sind, werden mit der Sedimentationswaage gewogen. Die erhaltenen Kornsummenkurven geben Aufschluss über Fließgeschwindigkeit und z.T. Ablagerungsmilieu.

Geröllanalyse

Bei der Geröllanalyse schaut man, wieviel von welchem Gestein im Sediment vorhanden ist (eignet sich bis zur Kiesfraktion). Dies gibt ungefähren Aufschluss über die Herkunft des Gesteines. Nebenbei kann die Rundung abgeschätzt und so auf die Transportdistanz geschlossen werden.

Tonmineralogie

Die Analyse der Tonmineralien kann unter speziellen Umständen zu einer besseren Kenntnis der Sedimententstehung beitragen. Die Tonmineralienaufbereitung ist relativ komplex, die Analyse, die mit Röntgengeräten erfolgt, ebenso.

Calcimetrie

Die Calcimetrie gibt Aufschluss über den Kalkgehalt des (Fein-)Sedimentes. Man versetzt eine bestimmte Menge Sediment mit Säure und misst die entstehende Menge an Kohlendioxid. So lässt sich der Gehalt an Karbonat (meist Kalk und Dolomit) errechnen.

Schwermineralanalyse

Bei der Schwermineralanalyse werden sandige Sedimente dekarbonatisiert und dann in eine Schwereflüssigkeit gegeben. Die schweren Mineralien (schwerer als Quarz und Feldspäte, d.h. mit einer Dichte größer $2,7 \text{ g/cm}^3$) sinken ab. Im optischen Mikroskop werden die Häufigkeiten der einzelnen Mineralien gezählt. Diese Methode gibt Aufschluss über die Herkunft des Sedimentes. Die Schwermineralanalyse ist im Prinzip bei Sanden, was die Geröllanalyse bei Kiesen ist.



Quarzmorphoskopie

Bei der Quarzmorphoskopie wird die Gestalt der Quarzkörner unter dem Mikroskop beobachtet. Zerbrochene Körner deuten auf (Frost-)Bruch hin, runde, matte Körner auf Wind- (selten Meer-) Transport mit chemischer Alteration, runde, polierte Körner auf Flusstransport und/oder Strandablagerungen. Die Morphoskopie gibt vor allem Auskunft über das Ablagerungsmilieu und das Geschehen VOR dem Einwaschen in die Höhle.

Dünnschliffmikroskopie

Die Dünnschliffmikroskopie ist die für Festgesteine am häufigsten angewandte Methode. Ein Gestein wird auf 30 μm geschliffen und unter dem Mikroskop begutachtet. In günstigen Fällen lassen sich nebst der Zusammensetzung des Gesteins auch die Geschichte der Ablagerung und Verfestigung ermitteln.

Datierungsmethoden

Radiokarbon Methode - ^{14}C

Die ^{14}C -Methode (gesprochen: „C-14-Methode“) wird vorwiegend an organischen Resten des Höhleninhalts angewendet. Sie kann bis zu einem Alter von ca. 50 000 Jahren verwendet werden.

U-Th-Methode

wird hauptsächlich an Tropfsteinen angewandt und dort besprochen.

Kosmogene Nuklide

Gesteine an der Oberfläche der Erde werden aus dem Kosmos bestrahlt. Aufgrund dieser Bestrahlung bilden sich kosmogene Nuklide. Im Mineral Quarz bilden sich unter anderem ^{10}Be und ^{26}Al , und zwar im Verhältnis 1:7. Wird nun dieser Quarz von der Oberfläche in eine Höhle gewaschen, so bilden sich keine neuen Nuklide, und die vorhandenen beiden (radioaktiven) Nuklide zerfallen weiter. Da ^{26}Al nur die Hälfte der Halbwertszeit von ^{10}Be aufweist, verringert sich das Verhältnis von 1:7 mit zunehmender Aufenthaltsdauer in der Höhle. Die Messung dieses Verhältnisses ergibt somit die Dauer der Zeit, seitdem das Sediment sich unter Boden befindet. Der datierbare Zeitraum liegt zwischen rund 100 000 und 5 Millionen Jahren.

Pollenanalyse (Palynologie)

Baum- und Strauchpollen sind weit verbreitet. Sie werden durch das Wasser in die Höhlen verfrachtet und lagern sich dort ab. Pollen können uns einerseits über das Paläoklima Auskunft geben (Laubbaumpollen in einer hoch liegenden Höhle deuten auf ein deutlich wärmeres Klima als heute); andererseits auch etwas direkter über die Ablagerungszeit, nämlich wenn sich Pollen heute ausgestorbener Pflanzen finden. Oft auch verrät rein die relative Häufigkeit von Pollen dem Experten, aus welcher Zeit der Blütenstaub stammt. Abgesehen von diesen seltenen Fällen ist die Pollenanalyse nur ein Hilfsmittel zur Datierung, das keine absoluten Werte liefert. Die Pollenanalyse kann auch für Tropfsteine benutzt werden.

Paläomagnetismus

Im Laufe der Erdgeschichte wechselten die Polaritäten von Nord- und Südpol mehrmals relativ abrupt. Dieser Polumkehr wird in magnetischen Mineralien festgehalten. Der Zeitpunkt dieser Umkehren ist bekannt; die letzte fand vor 780 000 Jahren statt. Der Nachteile dieser Methode sind, dass ein exaktes Alter sehr oft nicht ermittelt werden kann, da es in der Erdgeschichte mehrere Umkehren gab. Immerhin verrät ein revers magnetisiertes Sediment ein *Minimalalter* von 780 000 Jahren.