



geo-life.ch

Erlebnisgeologie

Einführung in die Geologie

Mineralien und Gesteine
kennen lernen

Dr. Mark Feldmann



Gesteine bestimmen

Datum: Samstag, 12. Dezember 2015
Zeit: 9.30 – 16.30 h
Ort: Kirchengemeindezentrum Balgrist
Lenggstrasse 75
8008 Zürich
(Tram 11 / wenige Parkplätze)
Kosten: CHF 120.- / Person

Auch eigene Steine mitnehmen und bestimmen!

Inhalt

- Aufbau der Erde
- Kristall, Mineral, Gestein
- Magmatische Gesteine
- **Sedimente**
- Metamorphe Gesteine
- Prozesse

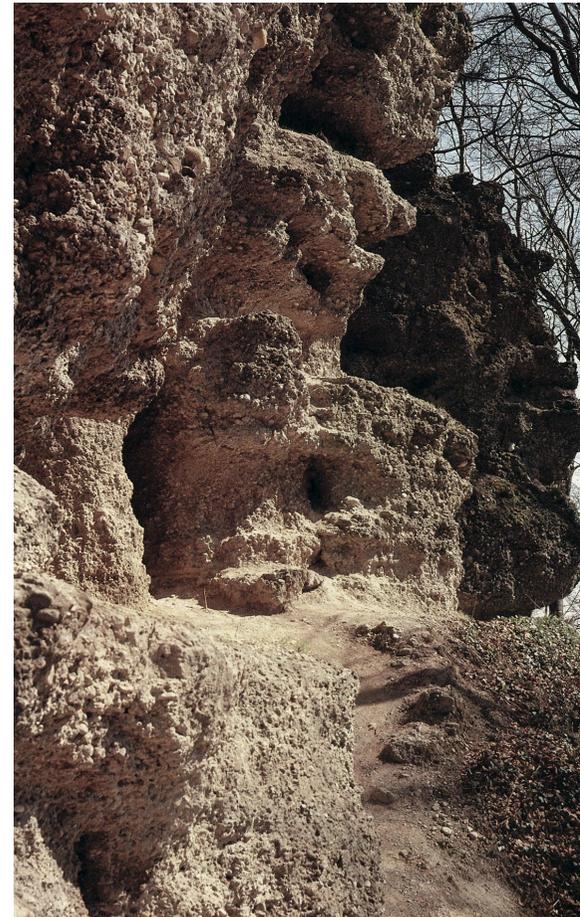
Sedimentgesteine

- 1) Klastische Sedimente
- 2) Organisch-/chemische Sedimente

Sedimentationsprozesse

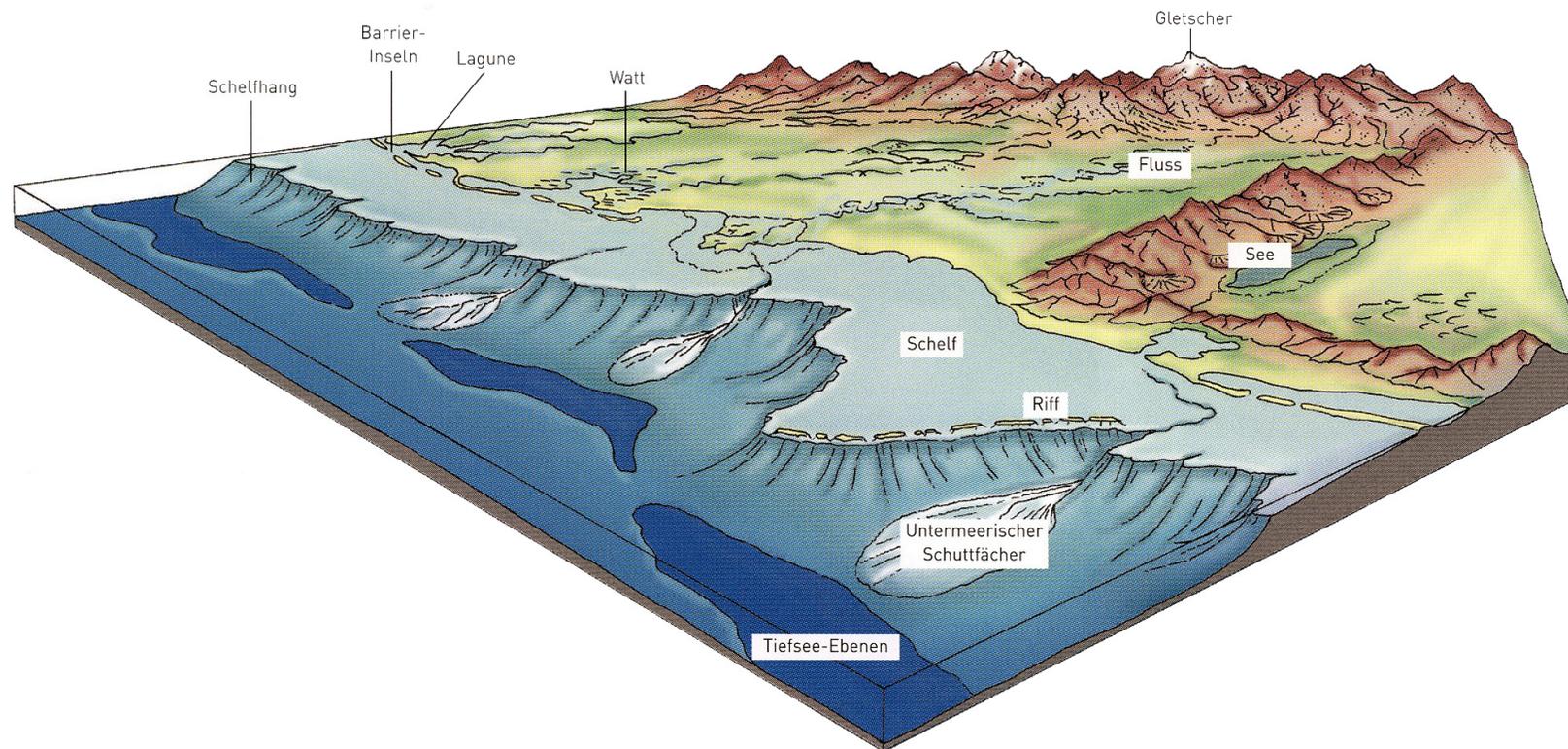
Wenn Gesteine an die Erdoberfläche gelangen, beginnen sie zu verwittern, werden erodiert, transportiert, abgelagert und am Schluss versenkt, wobei das lose Material wieder zu Stein wird. Den letzten Prozess nennt man Diagenese.

Sedimentgesteine, die in dieser Prozessfolge aus andern Gesteinen hervorgehen, nennt man Klastische Sedimente.



Löcherige Nagelfluh, Üetliberggipfel

Verwitterung - Erosion - Transport - Ablagerung - Diagenese



Verwitterung

Je nachdem, ob es sich um ein trockenes Wüstenklima, ein feuchtes Tropenklima oder um ein gemässigttes Klima handelt, spielen verschiedene Faktoren wie Temperatur, Regenmenge, Windstärke und Relief eine Rolle bei der Verwitterung.

Es werden zwei Verwitterungsarten unterschieden:

1) Mechanische (physikalische) Verwitterung:

Sie führt zur Auflockerung und Zerkleinerung des festen Gesteins durch mechanische Vorgänge – ohne Änderung der chemischen Zusammensetzung

Grosse Temperaturschwankungen, das Gefrieren und Auftauen von Wasser in Rissen oder das Auskristallisieren von Salzen in Spalten können zu einer Sprengung des Gesteins führen.

Gesteinsmaterialien, die gegeneinander prallen oder reiben, führen zu Verwitterung.

2) Chemische Verwitterung:

Sie führt zu einer chemischen Veränderung oder auch vollständigen Lösung der Minerale eines Gesteins.

Durch den Kontakt mit Säuren wie Kohlensäure (H_2CO_3) oder organischen Huminsäuren können Gesteine aufgelöst und gesteinsbildende Minerale verändert werden.

Physikalische Verwitterung

Temperatursprengung

Wie alle Stoffe ändern auch Minerale und Gesteine bei Erwärmung und Abkühlung ihr Volumen. Die täglichen Temperaturschwankungen – während der Dämmerung kann die Temperatur in den Wüsten innerhalb von einer Stunde von über 40°C auf Werte von unter 15°C fallen – führen längerfristig zu einer Schwächung des Gesteins und schliesslich zu dessen Zerfall.



Sahara

Physikalische Verwitterung

Frostsprennung

Ein ausgesprochen wirksamer Mechanismus zur Erweiterung von Rissen und Spalten ist die Frostsprennung, die auf die Expansion des gefrierenden Wassers zurückzuführen ist. Sobald das Wasser gefriert, dehnt es sich aus, und die nach aussen gerichtete Kraft ist stark genug, um die Spalten zu erweitern und das Gestein zu sprengen.



Die Höhe des gespaltenen Felsblocks beträgt drei Meter. Antarktis

Physikalische Verwitterung

Salzsprengung

Auch Minerale, die in Spalten aus Lösungen auskristallisieren, können so starke Expansionskräfte ausüben, dass die Gesteine zerbrechen. Dieses Phänomen tritt in ariden Gebieten am häufigsten auf, wenn das Lösungsmittel verdunstet. Gewöhnlich handelt es sich bei solchen Mineralen um Calciumcarbonat (Kalk), gelegentlich um Gips und selten um Steinsalz.

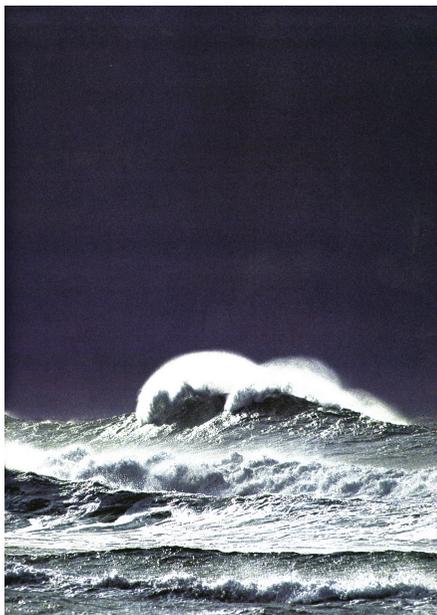


Salzverwitterung
Utah, USA

Physikalische Verwitterung

Küstenerosion

Im Gegensatz zu den seeinwärts wandernden Deltas, werden Steilküsten durch die Brandung ständig erodiert und wandern langsam landeinwärts.



Port Campbell, Australien

Chemische Verwitterung

Sandsteinfassade

Kalk gehört zu den Substanzen, die sehr schnell verwittern. Deshalb zeigen historische Gebäude, die Kalkstein enthalten, die Auswirkung der chemischen Lösung durch Regenwasser.



Bahnhof Glarus

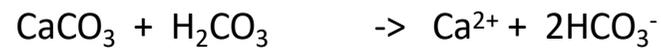


Bahnhof Glarus

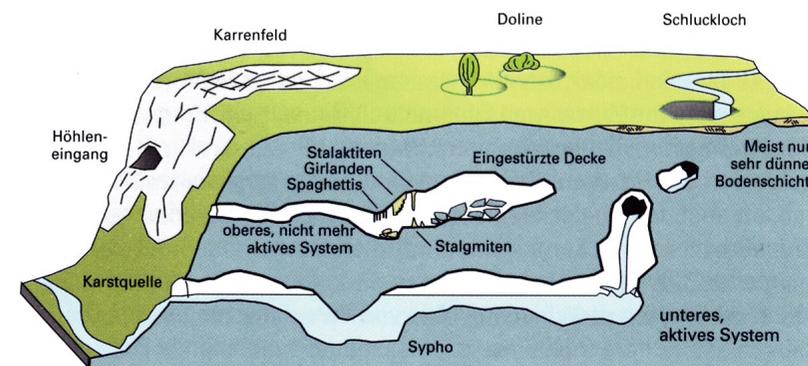
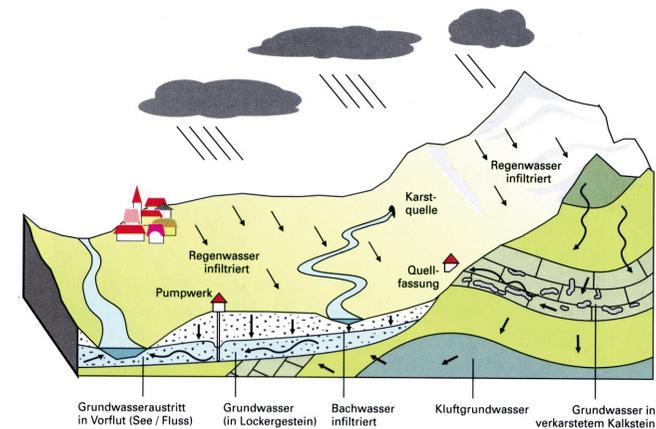
Chemische Verwitterung

Karstsysteme

Wenn Wasser mit Kohlendioxid zusammen trifft bildet sich Kohlensäure, welches mächtige Abfolgen von Kalkstein aushöhlen kann. Auf diese Weise entstehen alle Karst- und Höhlensysteme.



Kalk Kohlensäure Calcium Hydrogencarbonat

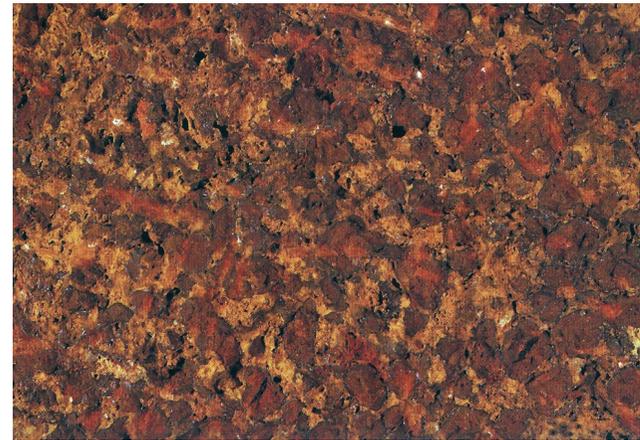


Chemische Verwitterung

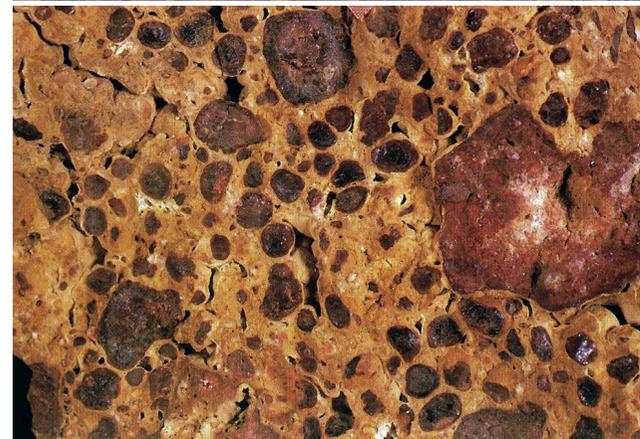
Bodenbildung

Wird verwittertes Material mit Humus (Abbauprodukte von Pflanzen und Tieren) vermischt, entstehen Böden, die je nach Gesteinsuntergrund und Klima ganz verschieden aufgebaut sind.

Charakteristisch für unser feucht-gemässigt Klima sind Braunerde Böden. Nicht sehr fruchtbare Böden sind typisch für tropisches Klima, da für das Pflanzenwachstum unerlässliche Elemente wie z.B. Kalium ausgewaschen wurden. In solchen Böden können sich aber Elemente wie Eisen oder Aluminium anreichern, woraus Laterit (Eisen) oder Bauxit (Aluminium) entstehen kann, die als Erze abgebaut werden können.



Laterit



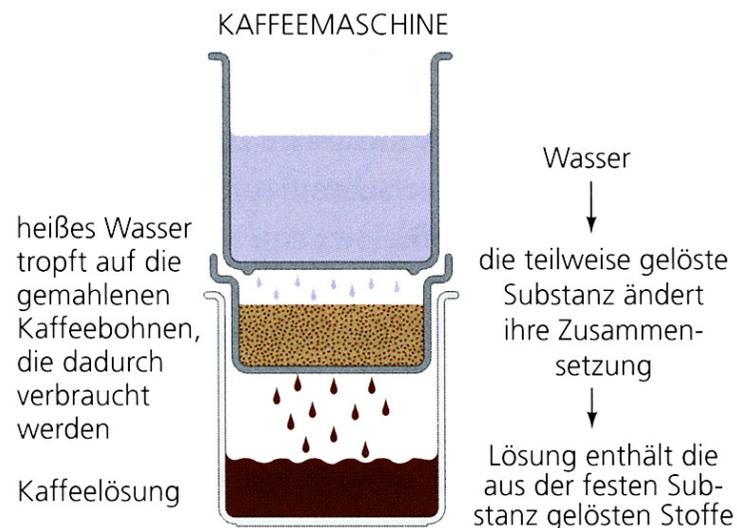
Bauxit

Feldspatverwitterung

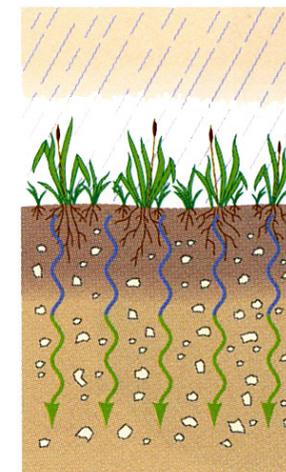
Der Zerfallsvorgang des Feldspats ist vergleichbar mit der Zubereitung von Kaffee. Bei beiden Prozessen löst Wasser Bestandteile aus der Festsubstanz heraus und hinterlässt ein stofflich verändertes Material. Gleichzeitig entsteht eine Lösung, die jene Stoffe enthält, die der Festsubstanz entzogen wurden.



Kalifeldspat $KAl_3Si_3O_8$



FELDSPATVERWITTERUNG IM BODEN



Niederschlagswasser versickert im Untergrund und wandelt den Feldspat in den Gesteinen in Kaolinit um

Bodenwasser enthält die aus dem Feldspat gelösten Substanzen

Transport

Schwerkraft

Verwitterungsprodukte bleiben gewöhnlich nicht an einem Ort liegen, sondern werden wegtransportiert. An Berghängen kann das Material in Bewegung geraten und mit Hilfe der Schwerkraft als Rutschung oder Bergsturz zu Tal transportiert werden.



Bergsturz von Elm 1881

Meistens wird das Material aber nicht durch die Schwerkraft, sondern durch Wind, Eis oder Wasser transportiert.

Transport

Wind

Der Wind als Transportmittel herrscht in Zonen ohne schützende Pflanzendecke vor, wie man sie in Wüstengebieten vorfindet. An solchen Orten wird Staub und Sand ausgeblasen und das grobe Blockmaterial bleibt als Fels- oder Steinwüste zurück.



Sahara

Transport

Wind

Der sandreiche Wind schleift die Felsen ab und es bilden sich durch „Sandstrahlung“ bizarre Formen.

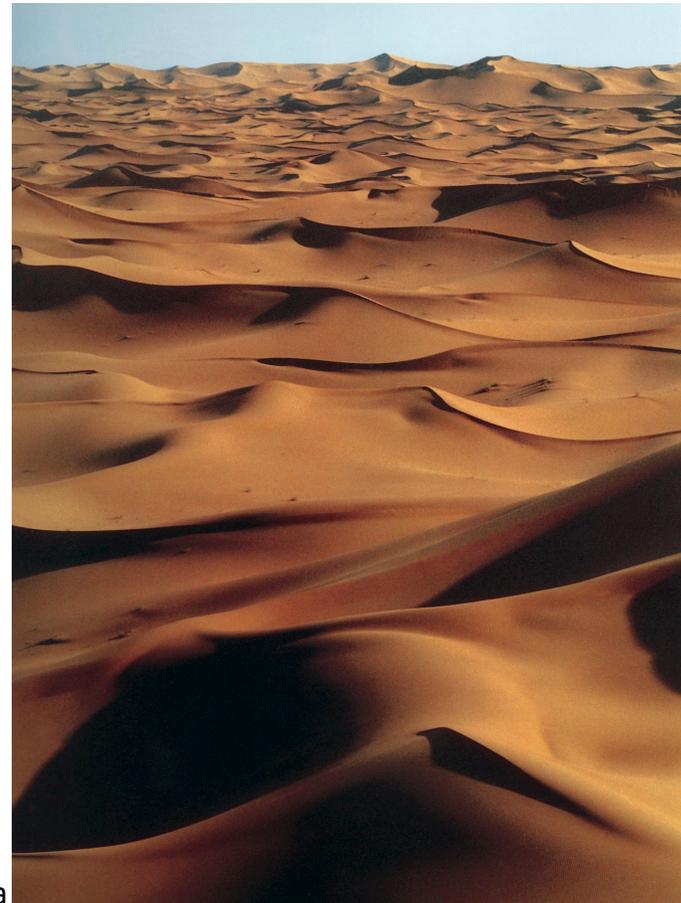


Sahara

Transport

Wind

Das transportierte Material wird im heissen Klimabereich in Sandwüsten oft in Form von Dünen wieder abgelagert.



Sahara

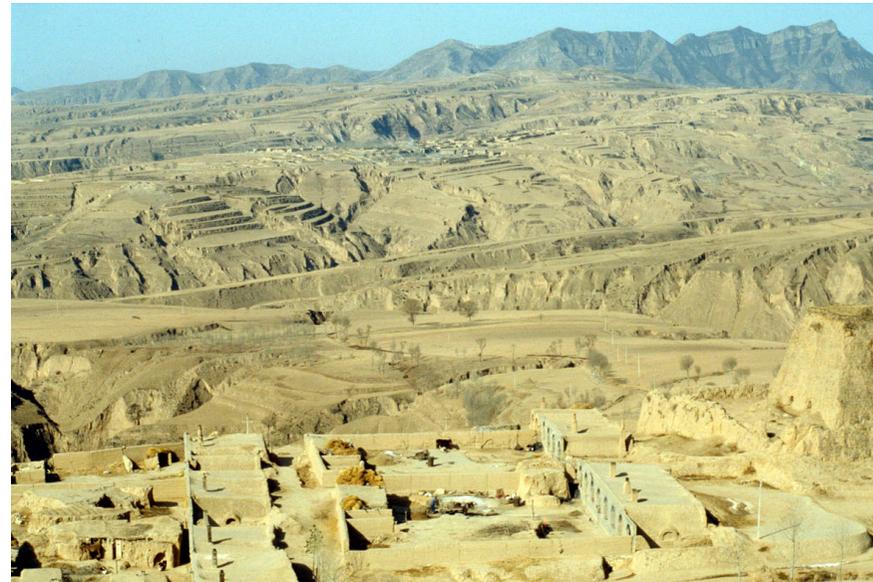
Transport

Löss

Im kühlen Klimabereich setzt sich das ausgeblasene Material als Löss nieder. Löss ist ein meist schlecht zementiertes Gestein, das aus feinsten Quarz und Kalkkörnchen besteht.



„Lösskindel“, Kaiserstuhl



Lösslandschaft in China

Transport

Gletscher

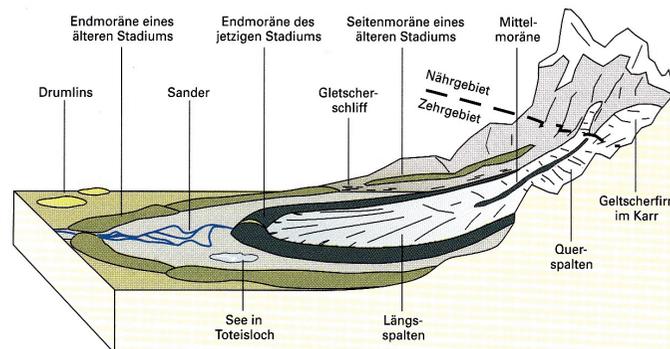


Volkstümliche Vorstellung eines Gletschers («Wilderwurm-Gletscher»). Stich des 19. Jahrhunderts

Transport

Gletscher

In Glazialgebieten reissen Gletscher durch ihr langsames Fliessen aus dem darunter liegenden Gestein Geschiebe los und scheuern und hobeln auf diese Weise grosse U-förmige Täler aus, die tiefe Einschürfungen (Gletscherschliffe) am Talboden und entlang ihrer Flanken aufweisen. Vom kleinen Sandkorn bis zum riesigen Block werden durch Gletscher transportiert. Das aus dem Gletscher austretende Wasser sorgt dann für den Weitertransport, wobei grössere Blöcke meistens nicht mehr bewegt werden. Auf diese Weise bilden sich von der Gletscherzunge talabwärts ausgedehnte Schotterebenen (Sander).



Durch einen Gletscher verursachte Schrammen



GLETSCHERSCHLIFF

Die tiefen, eingeritzten Schrammen auf diesem Kalkstein aus Grindelwald (Schweiz) stammen von abrasiv wirkenden Gesteinsbrocken in einem Gletscher.

Transport

Gletscher

Der Gletscherschutt wird beim Zurückschmelzen des Eises in Form von Moränen abgelagert, unter dem Gletscher als Grundmoräne oder randlich als Seiten- und Endmoränen. Moränenmaterial ist im allgemeinen schlecht sortiert und enthält Blöcke, Steine, Kies, Sand, Silt und feines Tonmaterial.

Schotterebene
Morteratschgletscher



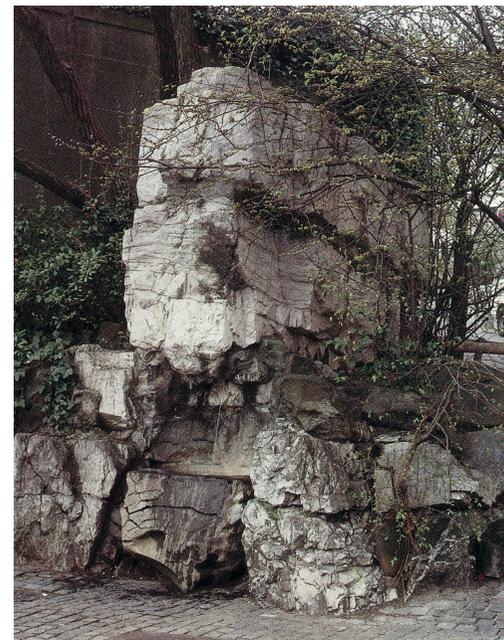
Moränenstück vom Linthgletscher
Bei Sool (GL)

Morteratschgletscher



Transport

Findlinge



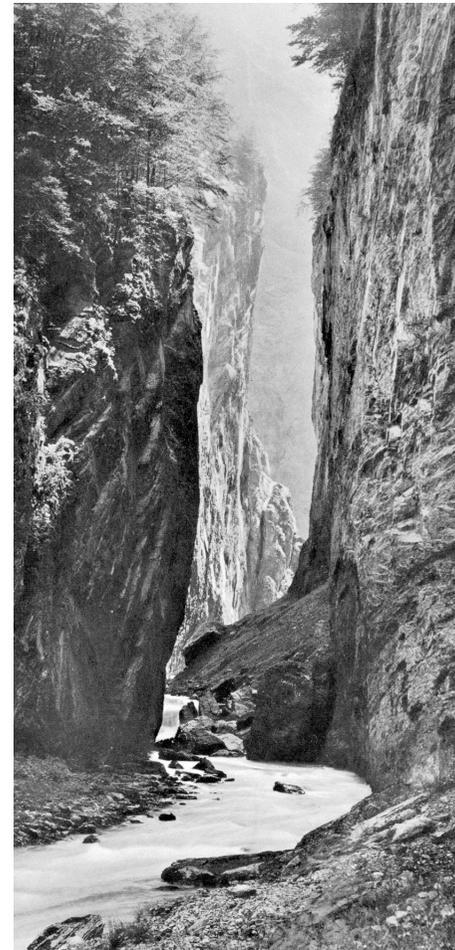
Transport

Wasser

Das wichtigste Transportmittel ist das fließende Wasser. Die Verwitterungsprodukte können entweder gelöst oder als Feststoff befördert werden. Je nach Wassergeschwindigkeit und Korngrösse schwebt das Material entweder als Suspension im Wasser oder wird geschoben und gerollt (Geschiebefracht). Geschiebe wird nur bei Hochwasser verfrachtet und entfaltet dabei eine ungeheure Erosionswirkung. Flüsse verursachen Erosion durch Abrasion (abscheuern) der Gesteine, über die sie hinwegfliessen, in dem die im Wasser mitgeführten Sand- und Gesteinspartikel als Werkzeuge dienen. Auf diese Weise können Flüsse tiefe Täler und Schluchten graben.



Linth



Linthschlucht

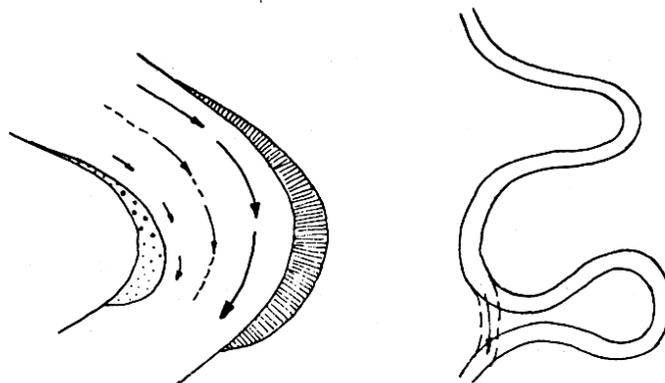
Transport

Wasser - Mäander

Wenn ein Fluss eine Biegung beschreibt, ist die Strömung an der Aussenseite schneller als an der Innenseite. Daher neigt das äussere Ufer dazu, durch Erosion versteilt und immer nach aussen verlagert zu werden, während auf der Innenseite Geschiebe in Form einer Sand- oder Kiesbank liegen bleibt. Auf diese Weise verstärken sich anfängliche Unregelmässigkeiten im Flusslauf immer mehr zu einer Reihe von Mäandern (Flussschlingen), die fast immer dort auftreten, wo Flüsse mit geringem Gefälle ihre Schwemmebenen durchqueren.

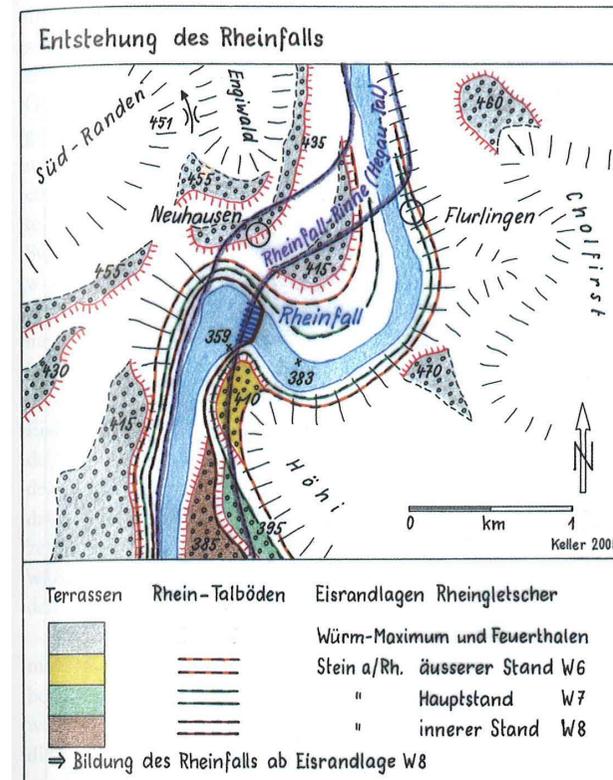
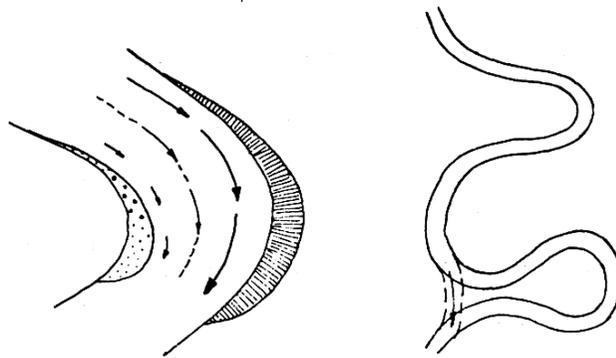


Mäander, Canada



Mäander

Die Entstehung des Rheinfalls



Transport

Geschiebefrachten



Suspension

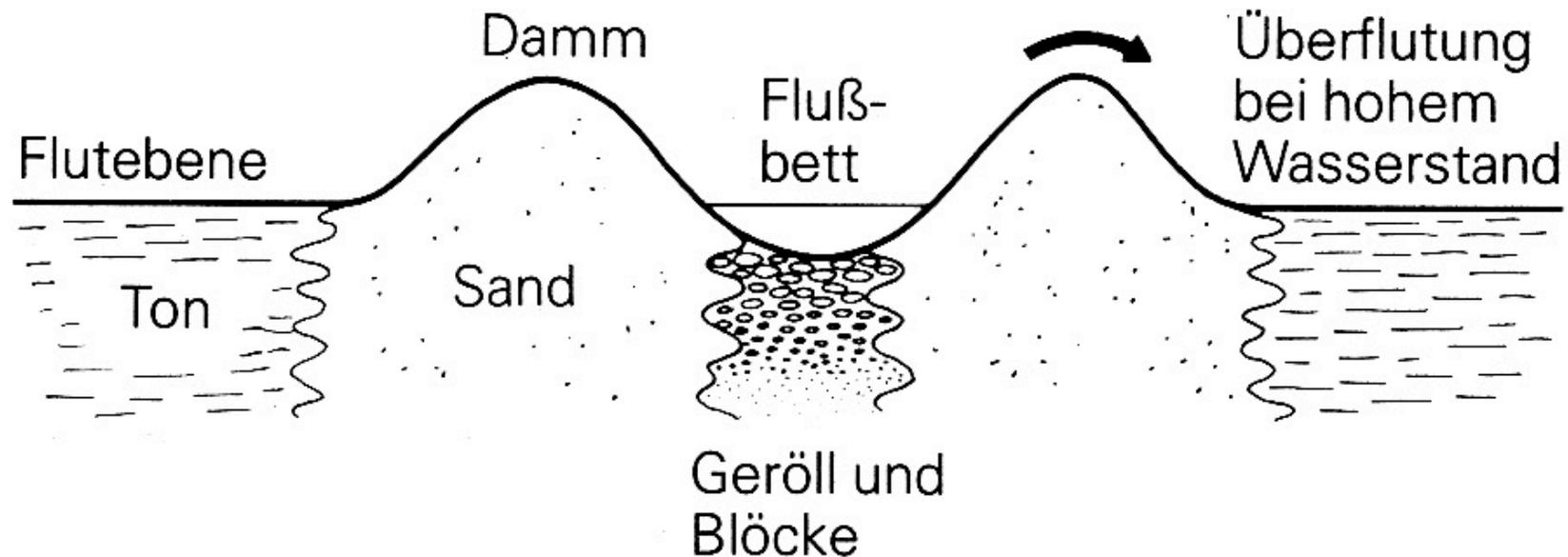


Geschiebe

Transport

Wasser - Sortierung

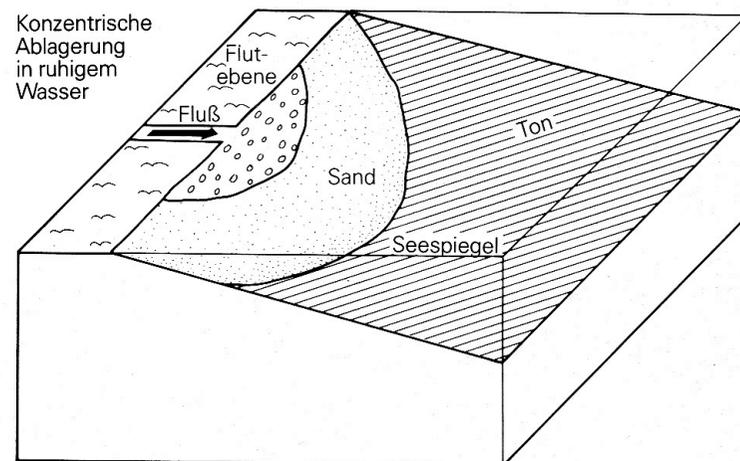
Bei Hochwasser werden gröbere Partikel unmittelbar neben dem Fluss abgelagert und bilden erhöhte Bänke (Dämme). Das feinere Material wird übers Land weiter getragen, sinkt bei nachlassender Strömung auf den Boden und bildet so eine Schwemmebene (Alluvium).



Transport

Wasser - Sortierung

An der Küste findet im Bereich von Flussmündungen die Ablagerung der transportierten Fracht gewöhnlich in Form von Deltas statt, wobei zuerst die größeren Materialien wie Kies und Schotter, dann der Sand und zuletzt der Schlamm abgelagert wird.

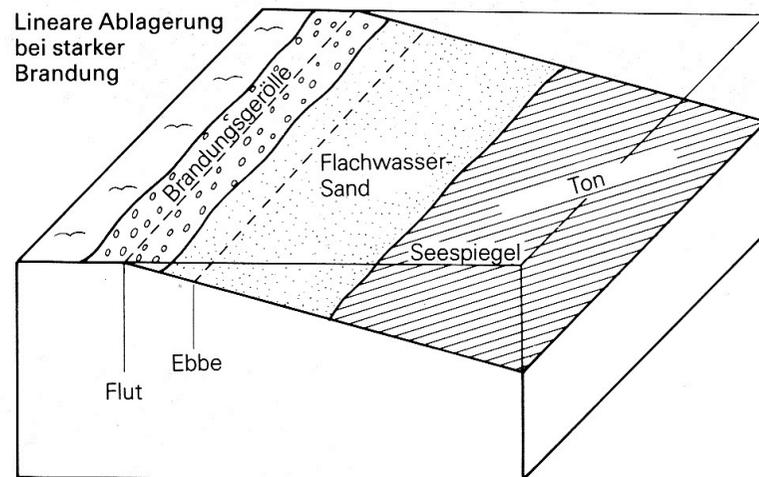


Flussdelta Chiemsee

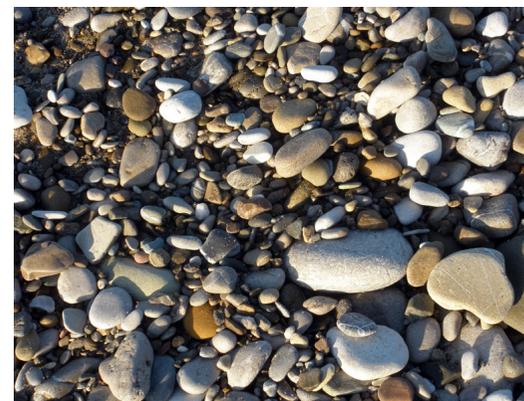
Transport

Wasser - Sortierung

Strömungen und starke Gezeitenunterschiede können das Material auch umarbeiten und weiter der Küste entlang ins Meer hinaus transportieren.



Lineare Sortierung am Strand

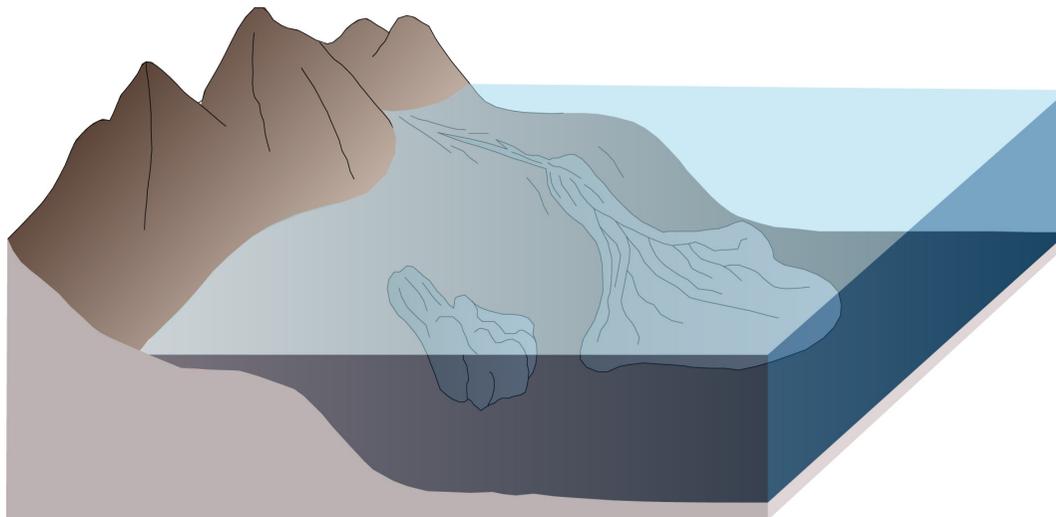
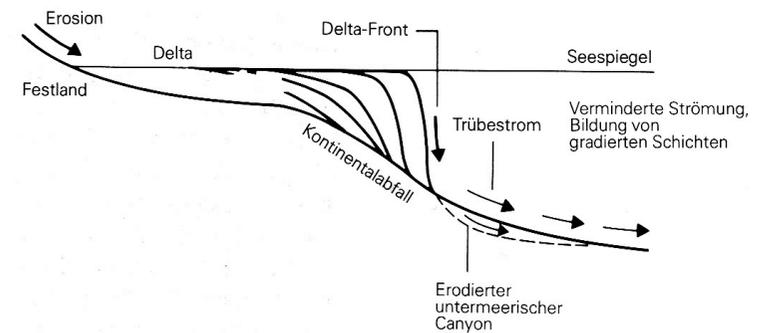


Unsortiertes Strandgeröll

Transport

Wasser - Sortierung

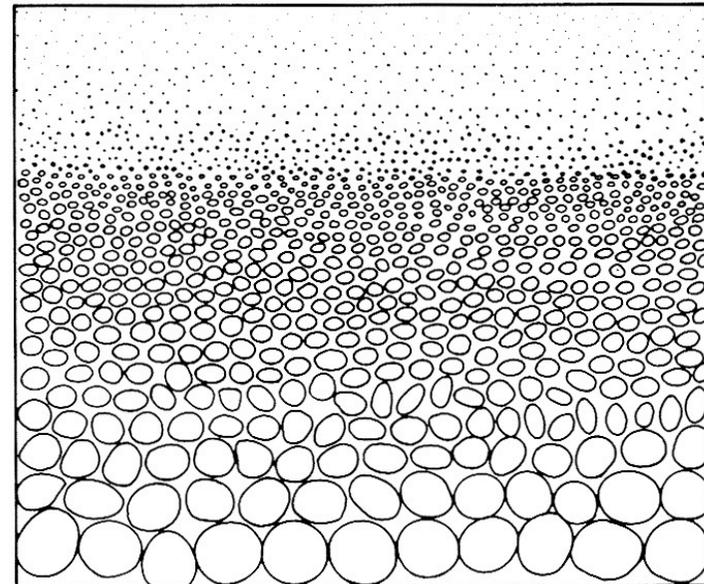
Wenn ein Fluss Geschiebe ins Meer bringt, lagert er dieses an seiner Mündung als Delta ab. An der Deltastirn werden die Sedimente als Vorschüttung in steilem Winkel abgelagert. Wird der Winkel zu steil, werden die Schichten instabil und die noch nicht verfestigten Sedimente sausen infolge der Schwerkraft als mächtiger Turbidit (Trübestrom) den Abhang hinunter.



Transport

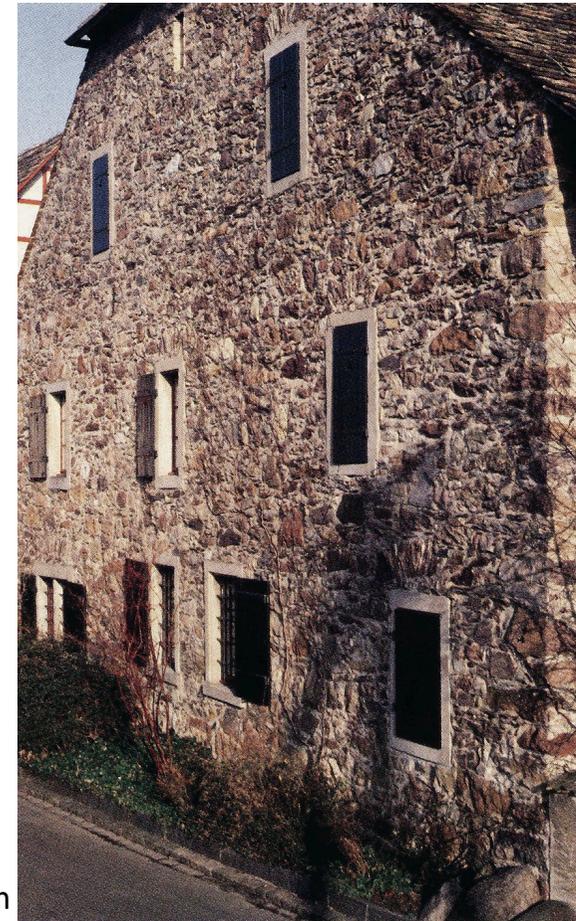
Wasser - Sortierung

Am Fusse des Abhangs kommt die „unterseeische“ Lawine zum Stillstand und das Material wird wieder abgelagert, wobei das gröbste zuunterst liegt und das feine zuletzt und somit zuoberst sedimentiert wird (gradierte Schichtung).



Klastische Sedimente

Sedimente, die aus andern Gesteinen durch Verwitterung, Erosion und Transport hervorgehen, nennt man klastische Sedimente. Durch die Ablagerung unter unterschiedlichen Bedingungen findet eine Trennung in verschiedene Korngrößen statt. Deshalb wird die Korngrösse benutzt, um die Art und Bildung dieser Sedimente zu verstehen.



„Stammerheiri-Haus“, Witikon

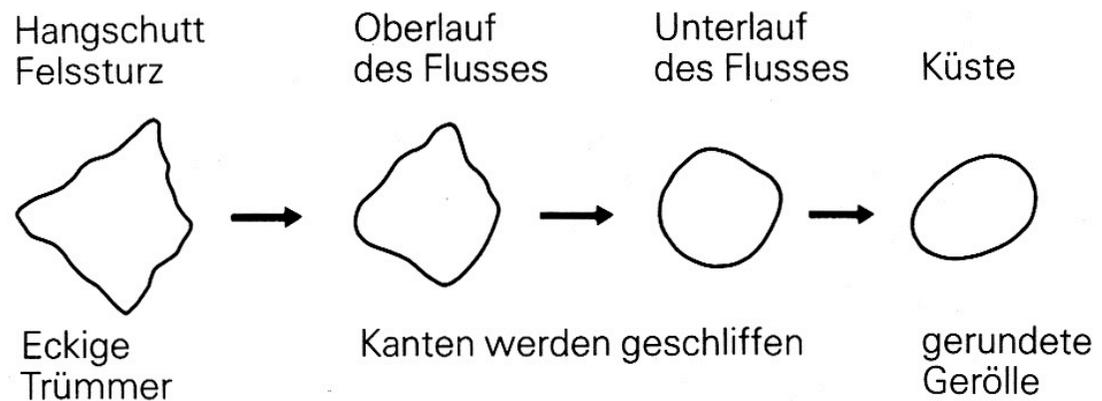
Klassifikation der klastischen Sedimente

Korndurchmesser	Kornklasse	Lockergestein	Festgestein
größer als 2 mm	Psephite	Schutt (eckig)	Brekzie
größer als 2 mm	Psephite	Schotter (rund)	Konglomerat
0.06 - 2 mm	Psammite	Sand	Sandstein
0.002 - 0.06 mm	Pelite	Silt	Siltstein
kleiner als 0.002 mm	Pelite	Ton	Tonstein

Klastische Sedimente

Psephite

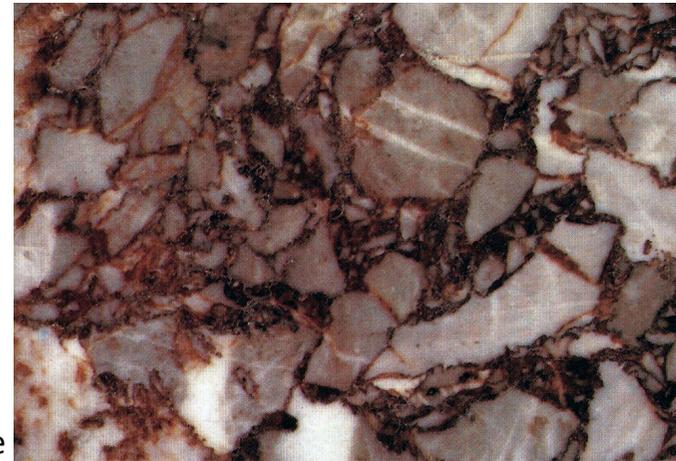
Gesteinsbrocken mit einem Durchmesser von etwa einem Zentimeter oder grösser werden als Kies oder Schotter bezeichnet. Sie können verschiedene Mineralien beinhalten und jedem beliebigen Gesteinstyp angehören. Wird Kies transportiert, so prallen die einzelnen Steinchen aufeinander oder auf den Untergrund und allfällige scharfe Kanten werden abgeschliffen. Dadurch werden die Steine mehr und mehr gerundet.



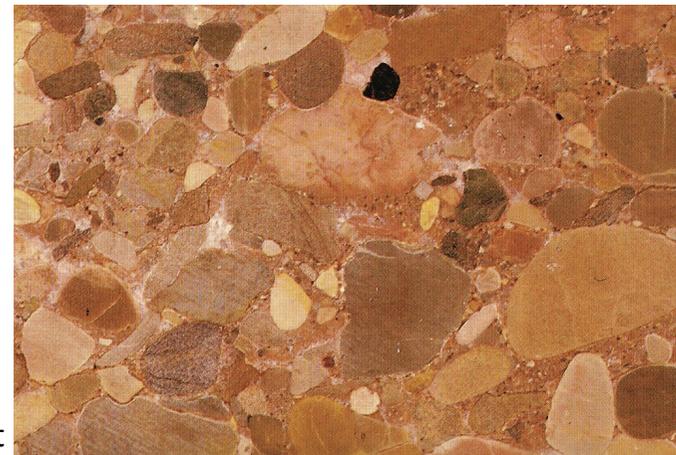
Klastische Sedimente

Psephite

Wird ein Kiesbett unter neuen Sedimentschichten begraben, so werden die Räume zwischen den Trümmern durch feines Material ausgefüllt, das nun als Zement wirkt. Sind die Trümmer gerundet, spricht man von einem Konglomerat (z.B. Nagelfluh), sind die Trümmer eckig und kantig, spricht man von einer Brekzie.



Brekzie

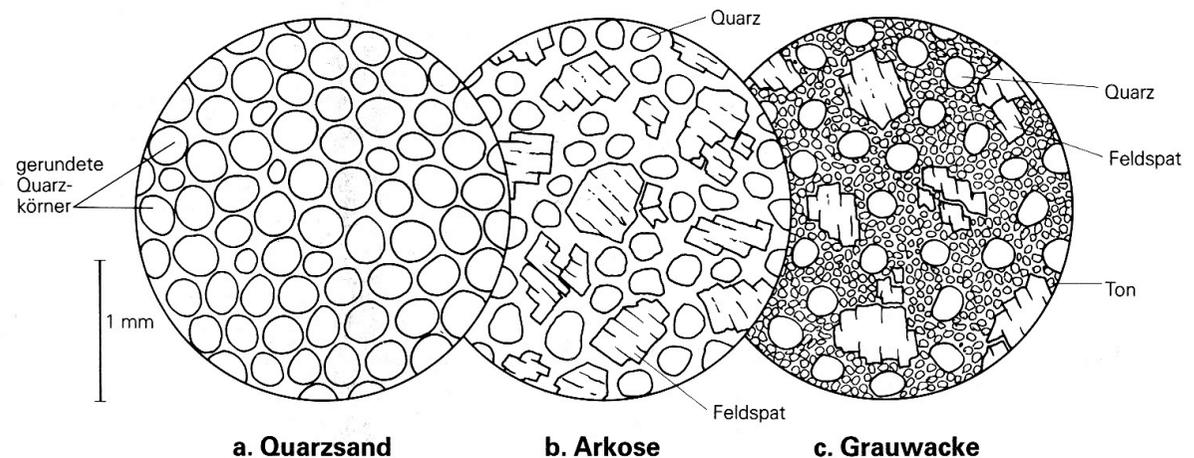


Konglomerat

Klastische Sedimente

Psammite

Bruchstücke, die kleiner als 2 mm und von blossem Auge noch erkennbar sind, gelten als Sandkörner. Falls die Sandzusammensetzung eines Gesteins fast ausschliesslich aus Quarzkörnern besteht, nennt man es Quarzsandstein oder Quarzit. Falls noch Feldspatkristalle im Sand zu finden sind, ein Hinweis, dass die Distanz zum Liefergebirge nicht allzu gross ist, spricht man von einer Arkose. Eine weitere Art von Sandstein, die Grauwacke, besteht aus einem Durcheinander von Quarz, Feldspat und Glimmer. Das Liefergebiet ist in diesem Fall nahe.



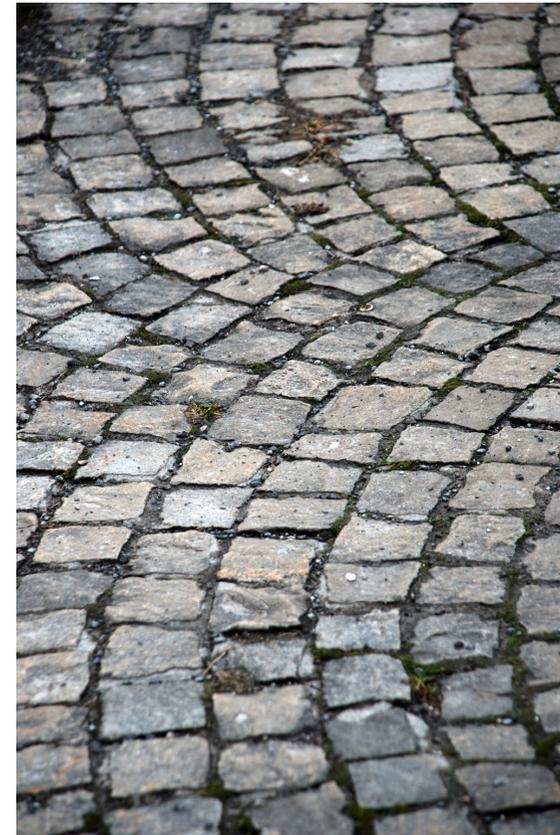
Anwendungen von Sandsteinen



Baslermünster - aus roten Sandsteinen des Buntsandsteins errichtet.



Rathaus Glarus – die Basis besteht aus hellem granitischem Sandstein (USM), der Oberbau aus grünlichem Berner Sandstein (OMM).



Pflasterung aus Matter Sandstein - Flyschsandstein.

Klastische Sedimente

Pelite

Die allerfeinsten Sedimente (Lehm) bestehen hauptsächlich aus Mineralien, die erst im Verlauf der Verwitterung gebildet wurden. Diese Tonminerale sind chemisch den Glimmern ähnlich (Schichtsilikate), doch ihre Kristalle sind mikroskopisch klein, mit einem Durchmesser von wenigen tausendstel Millimeter. Sedimente, die aus solchen Mineralen aufgebaut sind, nennt man Tone.



Tonmineral



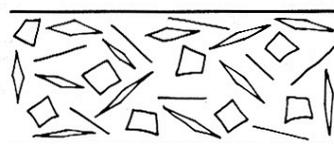
Flysch-Schiefer, Engi

Klastische Sedimente

Pelite

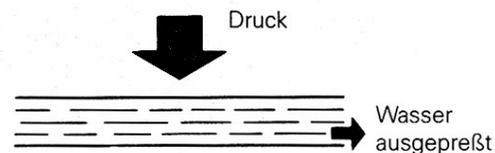
Wenn Lehm schnell abgelagert wird, lagern sich die blättrigen Kristalle in allen möglichen Richtungen ab und vermischen sich mit Wasser. Falls sich diese Mischung verhärtet bevor sie gepresst wird, entsteht ein Tongestein ohne ersichtliche Struktur. Schlägt man mit einem Hammer drauf, bricht es in alle Richtungen auseinander und weist oft gebogene (muschelige) Bruchflächen auf.

Wenn das Lehmbedden von weiteren Sedimenten überdeckt wird, drückt das Gewicht dieser Last das Wasser hinaus, presst den Ton und regelt alle Kristalle in eine horizontale Lage ein. Aufgrund dieser inneren Struktur bricht das Gestein leicht in dünne Plättchen und wird „Schiefer“ genannt.



Mineralien ungeordnet

a. Ton



Mineralien parallel

b. Schiefertone

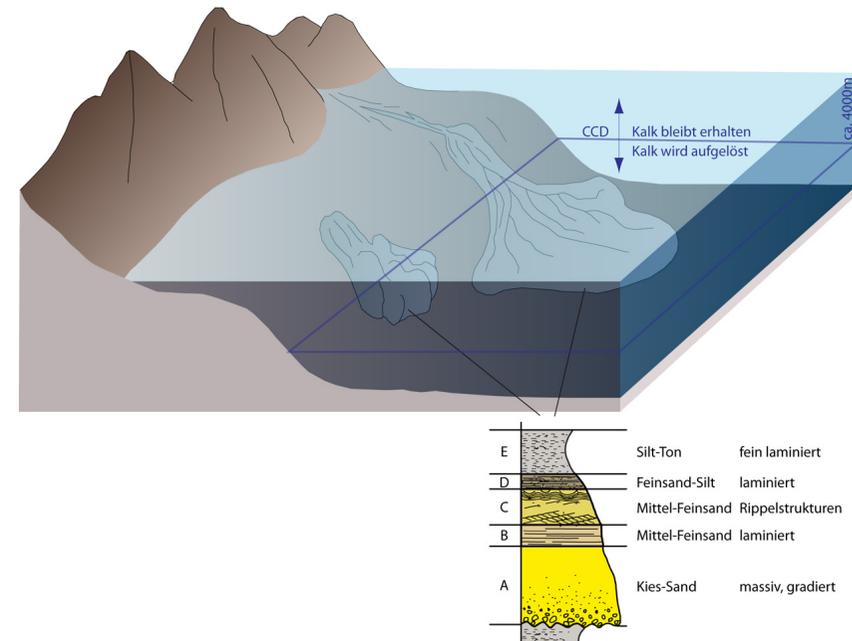


Schiefertafelfabrik, Elm

Klastische Sedimente

Pelite - Flysch

Der Name „Flysch“ stammt aus dem Simmental und bedeutet „schiefrige Gesteine“. Flysch ist ein marines klastisches Sediment, das überwiegend durch das Abgleiten von Sedimenten über den Kontinentalhang in die Tiefsee entsteht. Dort lagert sich unterhalb der Kalkkompensationstiefe (CCD) eine vielfach wiederholte Abfolge von dünnen Tonschichten und bis über einen Meter mächtigen Bänken aus Sandstein ab.



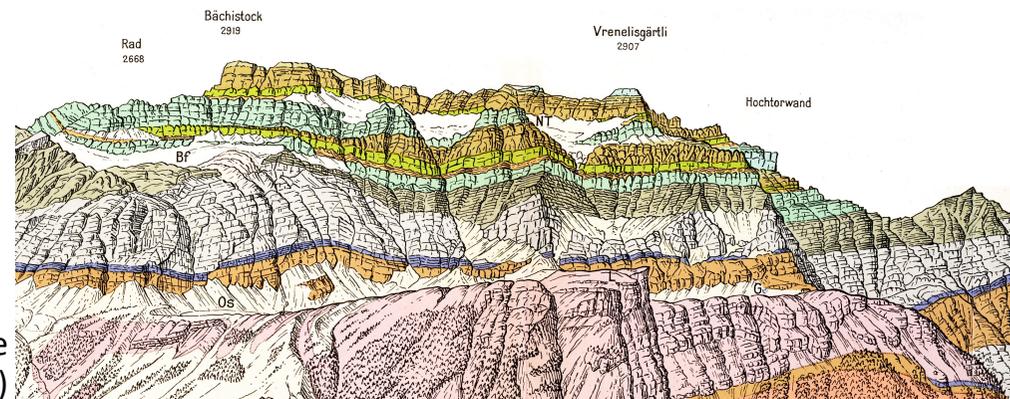
Flysch, Sernftal (GL)

Sedimentstrukturen

Die meisten Sedimente wurden ursprünglich horizontal abgelagert. So markieren Schichtflächen zwischen zwei Lagen in einem Sediment entweder einen Materialwechsel oder einen Sedimentationsunterbruch.



Glärnischkette



Glärnischkette
(Oberholzer, 1933)

Sedimentstrukturen

In gebirgigen Gegenden zeigt sich oft, dass die Schichten aufgerichtet sind oder sogar überkippt wurden. In solchen Fällen ist es oft schwierig, das Alter verschiedener Schichten zu bestimmen, ohne die Sedimentstrukturen sehr genau zu untersuchen.

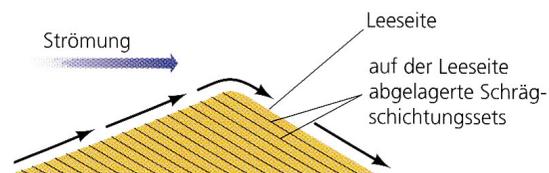


Steilgestellte Sedimentschichten am
Schesaplana (CH, A)

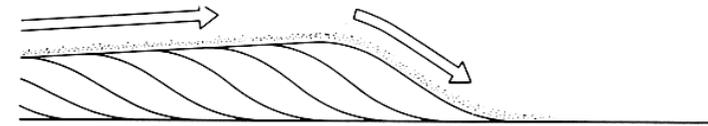
Sedimentstrukturen

Kreuzschichtung

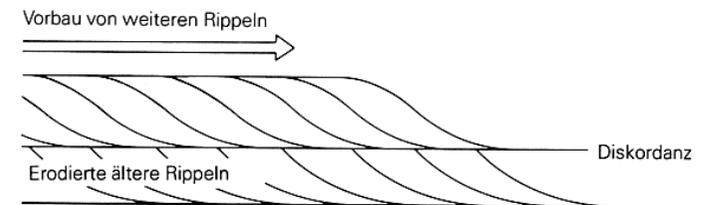
Als Kreuzschichtung (Cross Bedding) bezeichnet man Strukturen, die ein Schneiden und Kreuzen von Schichtflächen unter schiefem Winkel zeigen. Solche Strukturen entstehen, wenn Sand bei starker Strömung (Wind oder Wasser) verfrachtet wird, wobei die Körner auf der Luvseite aufgetragen werden und auf der Leeseite hinunterrollen. Die Wellenbewegungen des Windes und der Brandung an einer Küste bewirken meistens, dass der Sand kreuzgeschichtete Lagen von wenigen Zentimetern Mächtigkeit bildet. Die grössten dieser Strukturen sind Dünen, die dutzende von Metern hoch sein können und aus windverfrachtetem Wüstensand entstehen.



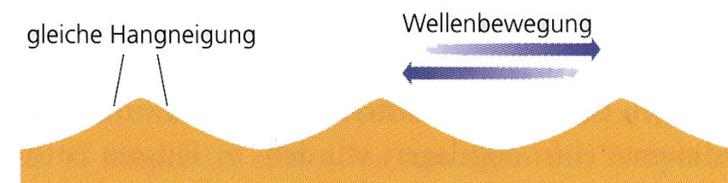
Die Formen der Rippelmarken, die durch wellenbedingtes Hin- und Herbewegen des Sedimentmaterials entstehen, sind symmetrisch. Solche, die durch eine gerichtete Strömung erzeugt werden, asymmetrisch.



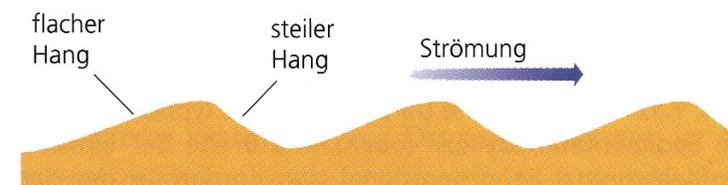
a. Bildung von Rippeln



b. Bildung der Kreuzschichtung



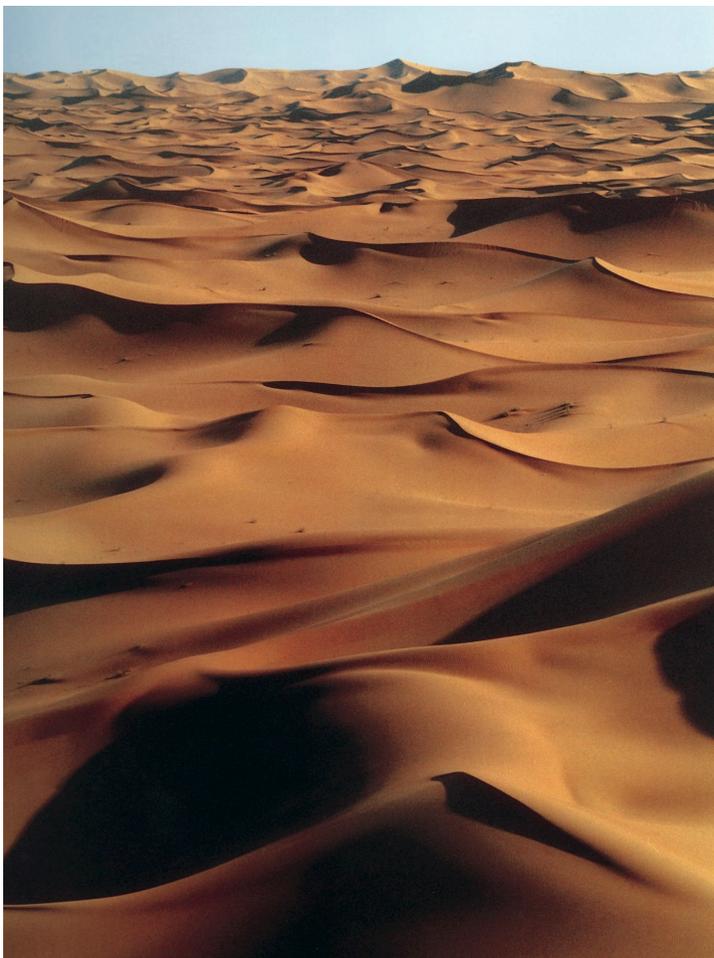
symmetrische Rippeln (Strand)



asymmetrische Rippeln (Dünen)

Sedimentstrukturen

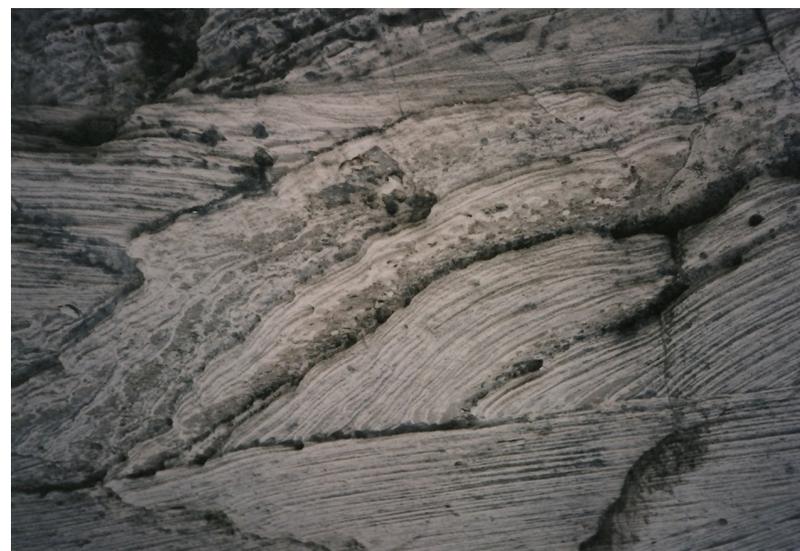
Kreuzschichtung



Dünenlandschaft, Sahara



Rippelmarken, Südafrika

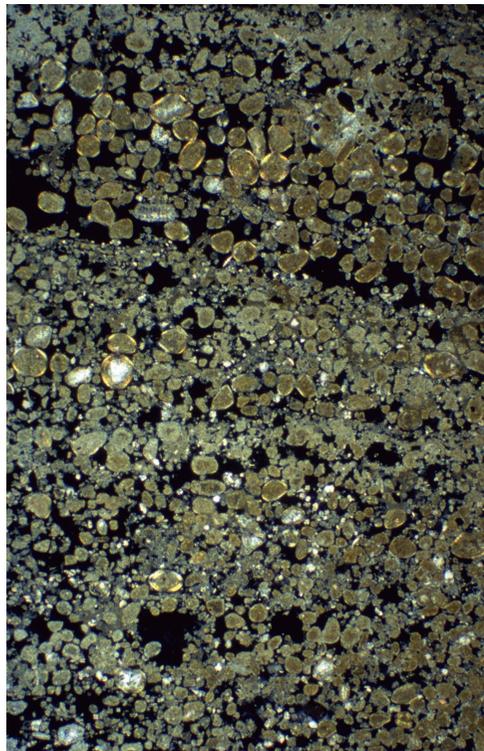


Kreuzschichtung, Bahamas

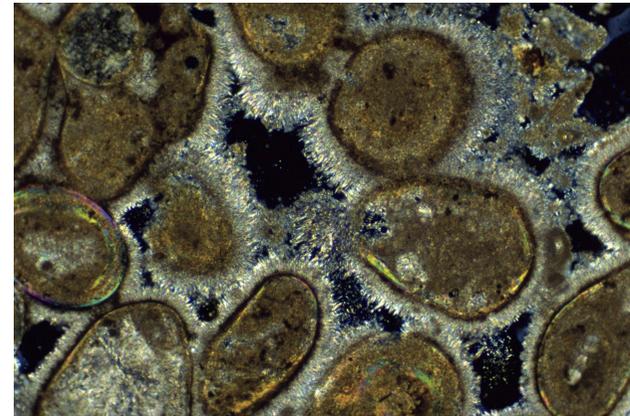
Diagenese

Vom Sand zum Sandstein

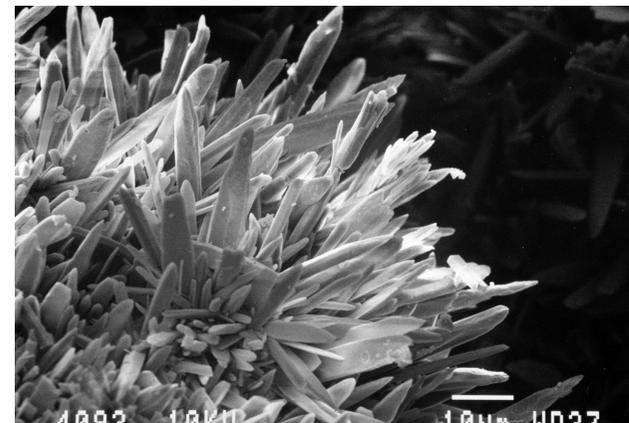
Kalkzement (Aragonit) kristallisiert auf Kornoberflächen, füllt die Porenräume und führt damit zur Verzementierung der einzelnen Sandkörner. Aus Sand wird Sandstein.



Looser Kalksand,
Bahamas



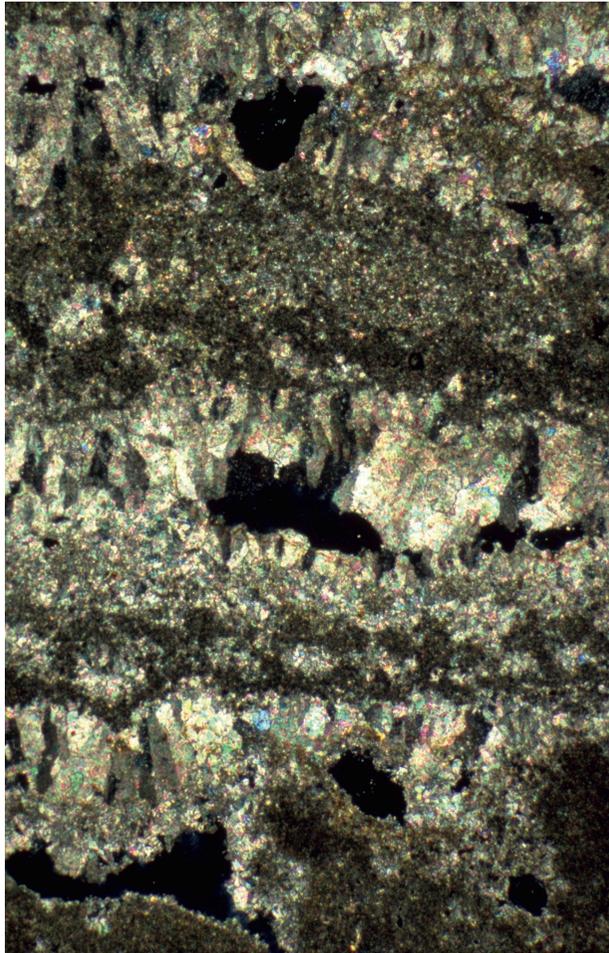
Kalkkristalle (Aragonit) auf Sandkörnern,
Bahamas



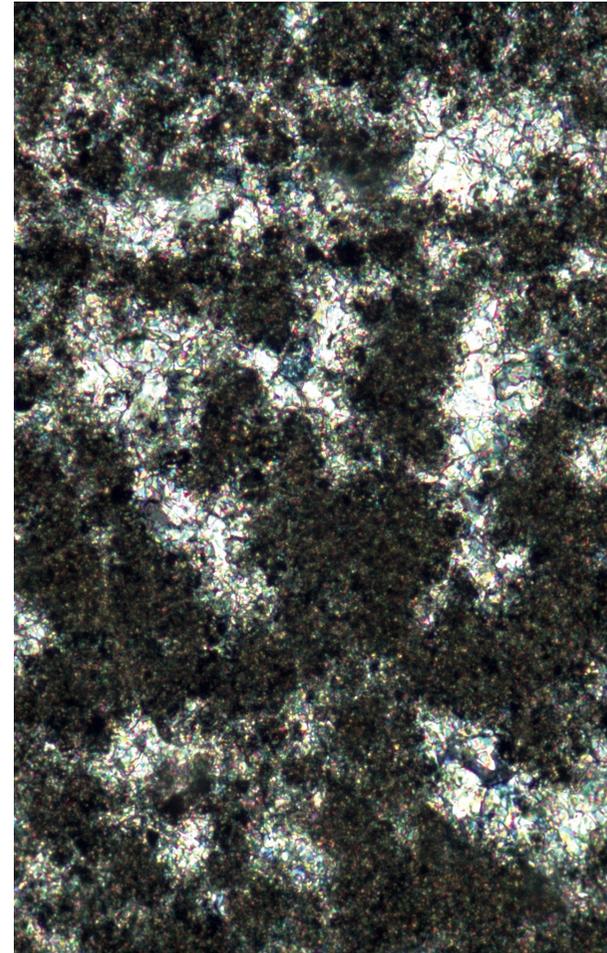
Aragonitnadeln, Bahamas

Diagenese

Verfestigung und Auffüllen der Porenräume



Zementwachstum in Hohlräumen
Bildbreite etwa 3 mm.



Fest „verwachsene“ Porenräume.
Der Stein ist „fertig“.

Bildungsräume klastischer Sedimente

Bildungsraum	Transport und Ablagerung	Sedimente
Terrestrisch:		
Schwemmland	Flüsse	Kies, Sand, Silt, Ton
Wüste	Wind	Sand, Staub
Binnensee	Strömungen, Wellen	Sand, Silt, Ton
Gletscher	Eis	Kies, Sand, Silt, Ton
Litoral:		
Delta	Fluss, Wellen, Gezeiten	Sand, Staub
Strand	Wellen, Gezeiten	Kies, Sand
Wattgebiete	Strömungen	Sand, Silt, Ton
Offen Marin:		
Kontinentalschelf	Wellen, Gezeiten	Sand, Silt, Ton
Kontinentalabhang	Meeresströmungen	Sand, Silt, Ton
Tiefsee	Meeresströmungen, Absinken	Silt, Ton