

Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (2) Sedimentgesteine

Magmatische Gesteine
(Magmatite)



Vulkanite

Schnelle
Abkühlung

Plutonite

Langsame
Abkühlung

Metamorphe Gesteine
(Metamorphite)

Entstehen aus
anderen Gesteinen

Sedimentgesteine
(Sedimente)

z.B. Kalkstein, Tonstein, Sandstein

Sedimentgesteine

entstehen aus magmatischen, metamorphen oder aus schon existierenden Sedimentgesteinen durch **Verwitterung, Erosion, Transport** und **Ablagerung**.

Aus primär unverfestigten **Sedimenten** werden durch Diageneseprozesse **feste Gesteine** (Sedimentgesteine).

Man unterscheidet also **Sediment** (=Lockerprodukt) und **Sedimentgestein** (=fest).



Man unterscheidet 3 Sedimenttypen:

- ▶ **Klastische Sedimente** – entstehen durch **physikalische** Prozesse



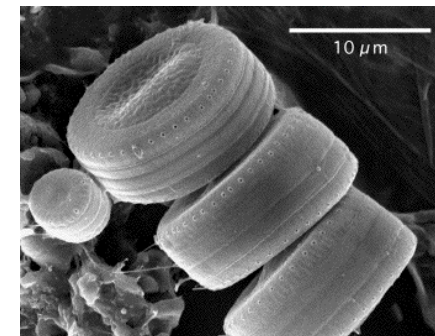
Grobkies

- ▶ **Chemische Sedimente** – entstehen durch **Fällungsprozesse** aus wässrigen Lösungen



Gips-
rose

- ▶ **Biogene Sedimente** – entstehen aus **lebende Organismen** (biogen; hierzu gehören auch organogene Sedimente aus organischem Material)



Plankton

Eine Zwischenstellung nehmen ein:

► Pyroklastische Sedimente

diese entstehen durch **physikalische** Prozesse, nämlich durch Ablagerung vulkanischer Auswurfprodukte (Schlackenfetzen, erstarrte Schmelztröpfchen, Asche)



<< Ausbruch des
Mt. St. Helens
am 18.5.1980

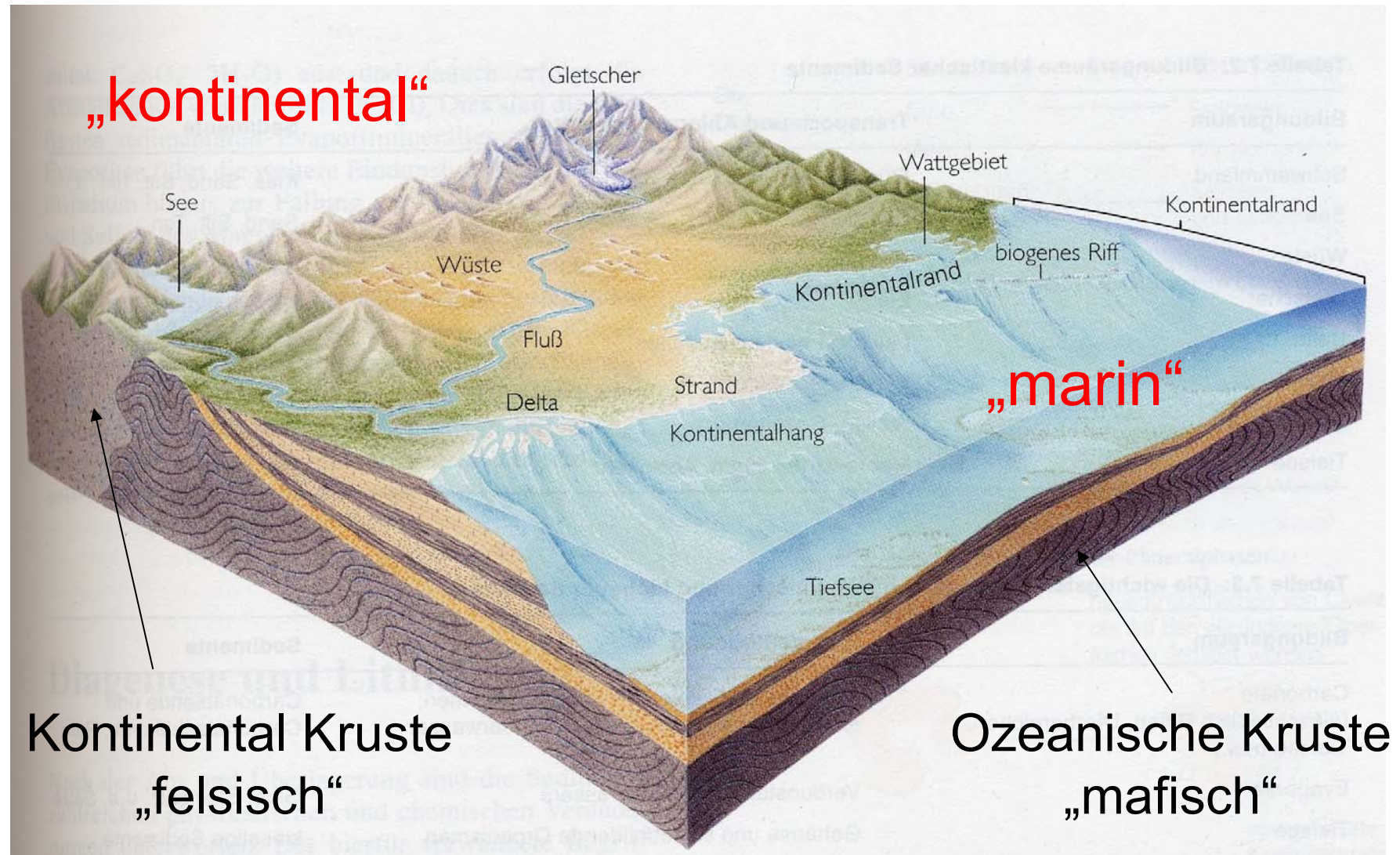
Pyroklastische
Sedimente in der
Eifel bei Mendig
am Laacher See

>>

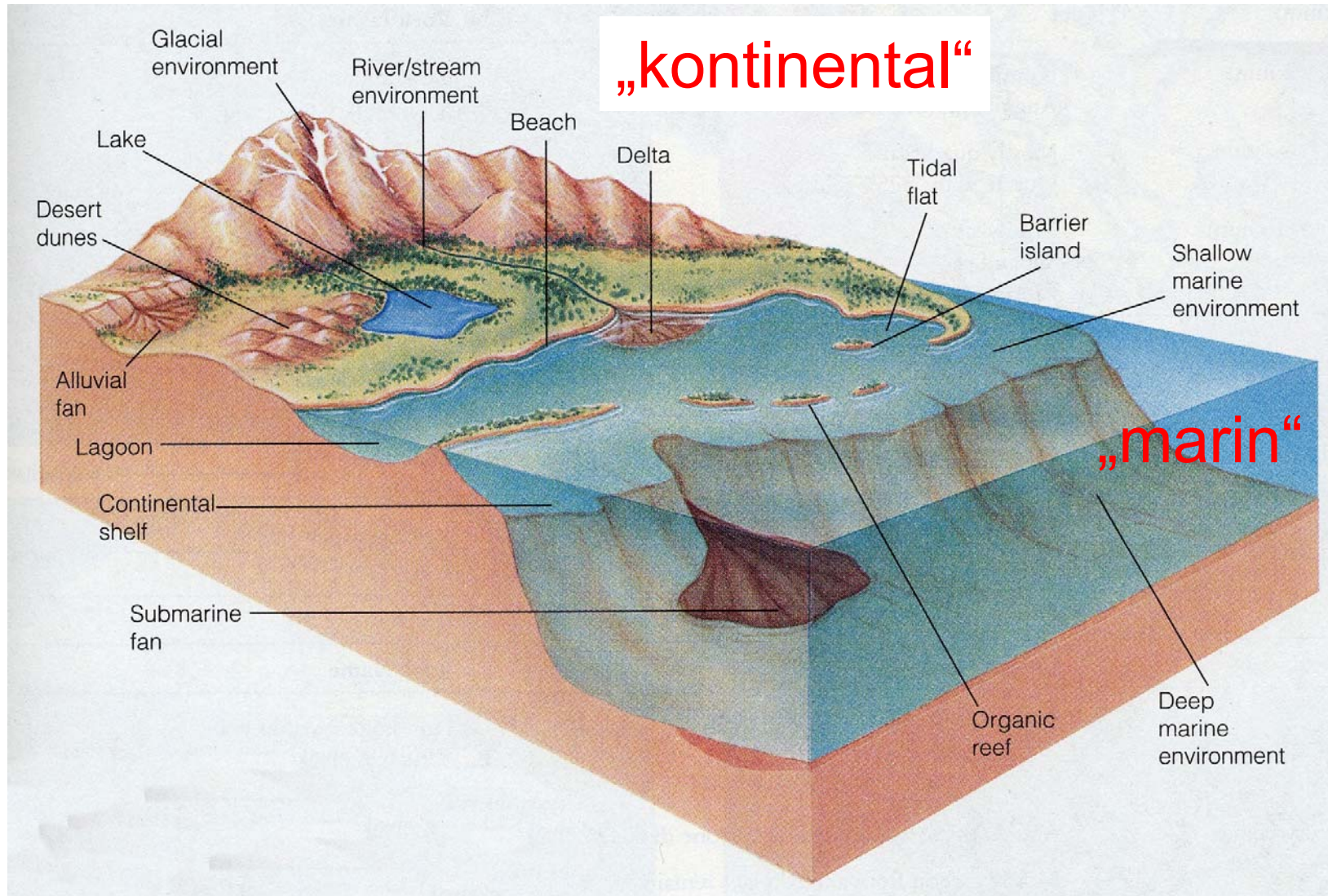


Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (2) Sedimentgesteine

Wo & wie entstehen Sedimentgesteine?



Wo & wie entstehen Sedimentgesteine?



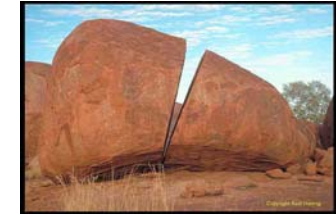
Verwitterung & Erosion

Niederschläge, Temperaturschwankungen sowie Frostsprengung führen zur mechanischen Zerstörung oberflächennaher Gesteine (=mechanische Verwitterung).

Gesteinsfragmente werden durch die Schwerkraft (Relief!) sowie durch Niederschlagswasser abtransportiert, und je nach Korngrösse in topographisch tieferen Regionen wieder als **klastische Sedimente** abgelagert. Es handelt sich dann um sog. **fluviale** Sedimente.

Diageneseprozesse (Lösung & Fällung, Zementation, Mineralneubildungen) machen aus dem abgelagerten „Gesteinsschutt“ wieder ein festes Gestein.

Arten der Verwitterung:



► Physikalische (mechanische) Verwitterung:

- **Temperaturverwitterung** (unterschiedliche thermische Ausdehnungskoeffizienten (α) der Minerale sowie **Anisotropie** der thermischen Ausdehnungskoeffizienten)

$$\alpha = \frac{1}{V} \overline{\frac{\partial V}{\partial T}}_{p=const.}$$

- **Frostsprennung** (Volumenzunahme beim Gefrieren von Wasser!)
- **Salzverwitterung** (v.a. in ariden Gebieten, vergl. Frostsprennung)

Arten der Verwitterung:

▶ Chemische Verwitterung

Chemische Reaktionen der Minerale eines Gesteins mit **Niederschlags-** bzw. **Porenwasser** und den darin gelösten Stoffen (stark temperaturabhängig, v.a. i.d. Tropen relevant)

Man unterscheidet:

- **kongruente** Lösung (z.B. Calcit)
- **inkongruente** Lösung (mit Mineralneubildungen, z.B. Tonminerale)

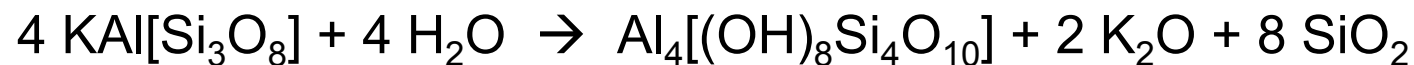
▶ Wichtige Parameter der Verwitterung sind also:

Temperatur, Niederschläge, mineralogisch- chemische Zusammensetzung der Gesteine

Arten der Verwitterung:

► Chemische Verwitterung, Beispiel:

Inkongruente **Lösungsverwitterung** von Silikatmineralen führt unter gemässigt-humiden Klimabedingungen zur Bildung von **Tonmineralen**:

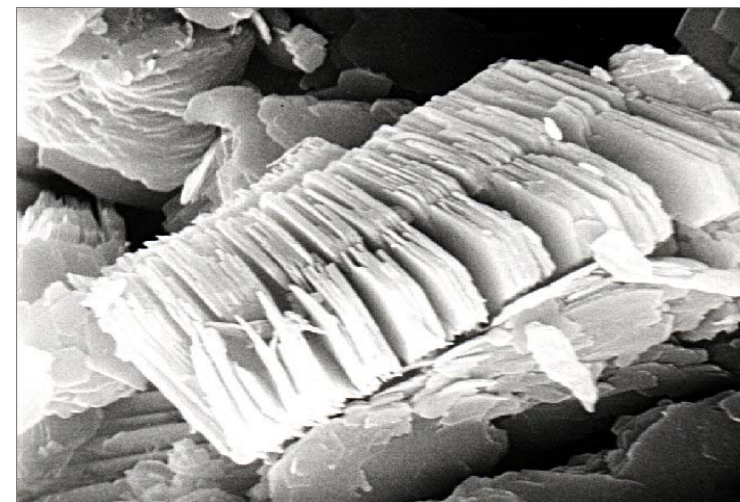


Kalifeldspat

Kaolinit

K-Oxid Quarz

Im Klartext heisst das: Bei der **chemischen Verwitterung** von Silikaten entsteht K-Oxid (alkalische Bodenreaktion!) und freier Quarz.



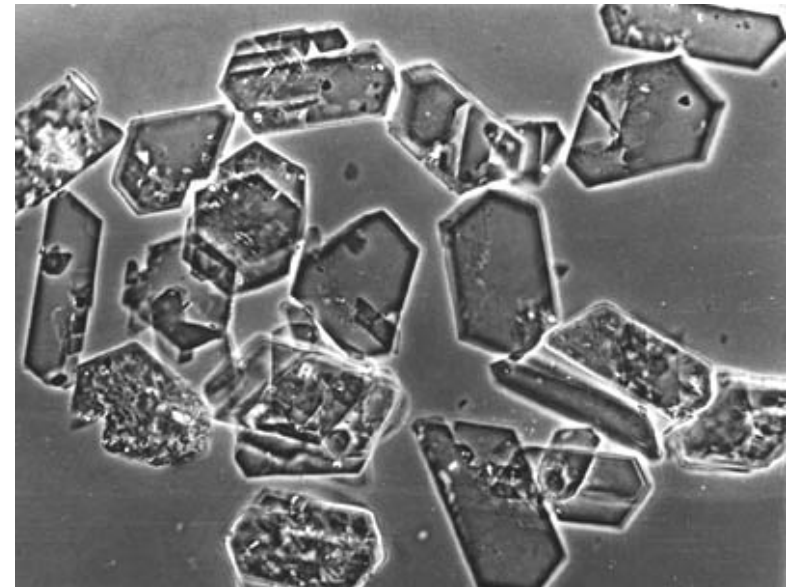
Kaolinit

Tonminerale

Feinblättrige Schichtsilikate, Korngrösse $<2\mu\text{m}$. Typische **Sekundärminerale**, d.h. sie entstehen nie magmatisch sondern sind immer Produkte der **Gesteinsverwitterung**.

Tonminerale sind wichtige Bestandteile natürlicher Böden, da sie **reversibel Wasser** aufnehmen können („**Quellen**“), und so in der Lage sind, Feuchtigkeit zu speichern.

Darüber hinaus sind sie aufgrund ihrer Struktur und ihrer grossen Oberfläche in der Lage, bestimmte **Ionen** reversibel durch **Adsorption** zu binden („Pufferung“, Ionenaustausch), z.B. Nährstoffe oder anorganische Schadstoffe (z.B. Schwermetalle).



Tonminerale – wichtige Vertreter

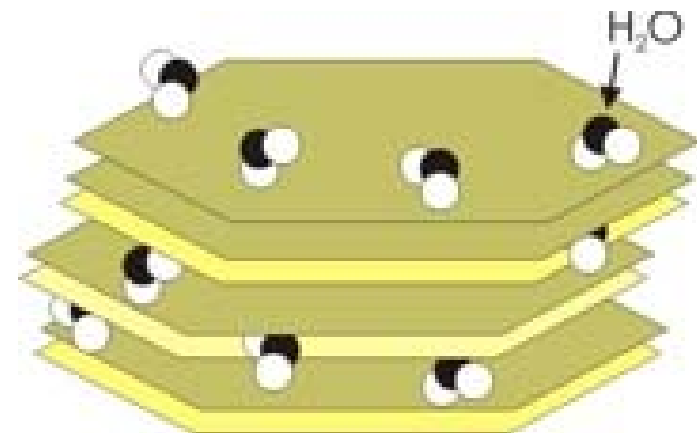
► **Kaolinit: $Al_4[(OH)_8Si_4O_{10}]$**

Dioktaedrisches Zweischichtsilikat

Kaolinit-reicher Ton (Kaolin) ist ein wichtiger Rohstoff zur Herstellung von **Porzellan**, sowie als Füllstoff in der Papier- und Kunststoffindustrie (Weisspigment).

► **Halloysit: $Al_4[(OH)_8Si_4O_{10}] \times n H_2O$**

Kaolinit mit zwischen den Schichten eingelagertem Wasser, die Abgabe des Wassers erfolgt irreversibel



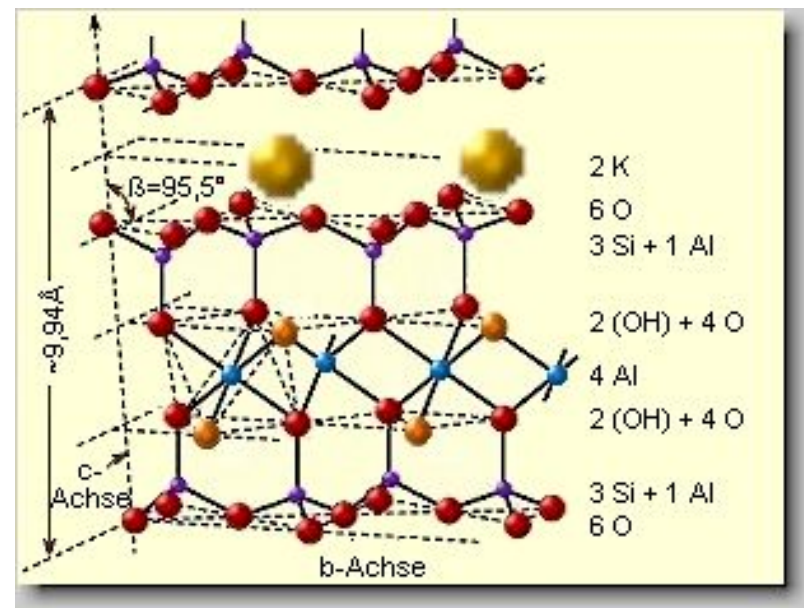
Tonminerale – wichtige Vertreter

► Montmorillonit

(=Smektit) Ebenfalls ein Alumosilikat, jedoch mit Dreischichtgitter. Enthält als Kationen auch Mg- und Na-Ionen. Montmorillonit ändert durch **reversible Wassereinlagerung** die Zwischengitterabstände: **Quellung und Schrumpfung**. Wichtiger Wasserspeicher.

► Illit

(=Hydromuskovit) - hier ist Al^{3+} partiell durch H^+ bzw. durch H_3O^+ ersetzt



Tonminerale – Stabilität

Ob **Tonminerale** als Endprodukt erhalten bleiben, hängt im wesentlichen vom **Klima**, also von der mittleren **Jahrestemperatur** und der mittleren **Jahres-Niederschlagsmenge** ab:

Man unterscheidet:

Sialitische Verwitterung: Silikatminerale verwittern & hydrolisieren zu Tonmineralen & Kationen (alkalische Bodenreaktion!). V.a. in gemässigten Klimazonen (gemäßigt-humid) ab.

Ferralitische Verwitterung: V.a. in subtropisch-tropisch humiden Klimazonen. Auch Tonminerale werden zerlegt und z.T. gelöst. Übrig bleiben **Fe-Al-Oxide/Hydroxide** (Gibbsit: $\text{Al}(\text{OH})_3$, Goethit: $\text{FeO}(\text{OH})$, Hämatit: Fe_2O_3): **Bauxit** (relativ hoher Fe-Anteil) und **Laterit** (=Roterde, enthält Reste von Tonmineralen & Quarz).

Resistenz der verschiedenen Minerale gegen mechanische & chemische Verwitterung:

Quarz > Muskovit > Alkalifeldspat > Biotit >

Plagioklas > Amphibole > Pyroxene > Olivin > Foide

Minerale ab etwa Plag/Amphibol findet man daher nur noch sehr selten in Sedimentgesteinen. Was man findet, ist v.a. abhängig von der **Transportstrecke** und der Temperatur, d.h. vom **Klima**.

Man spricht vom **“Reifegrad”** eines klastischen Sediments, je höher der **Quarzanteil**, desto “reifer”, desto weiter transportiert.

Klastische Sedimente/Gesteine

Klastische Gesteine

sind Sedimentgesteine, die durch Ablagerung von **Verwitterungsprodukten** sowie aus diagenetisch gebildeten Phasen („Zement“) bestehen.

Unterschieden werden die klastischen Sedimente/Gesteine nach ihrer Korngrösse:

Psephite

> 2 mm

Psammite

2 mm – 63 µm

Pelite

< 63 µm

Klastische Sedimente/Gesteine

Klastische Gesteine: Untergruppen

Psephite

> 2 mm



Psammite

2 mm – 63 µm

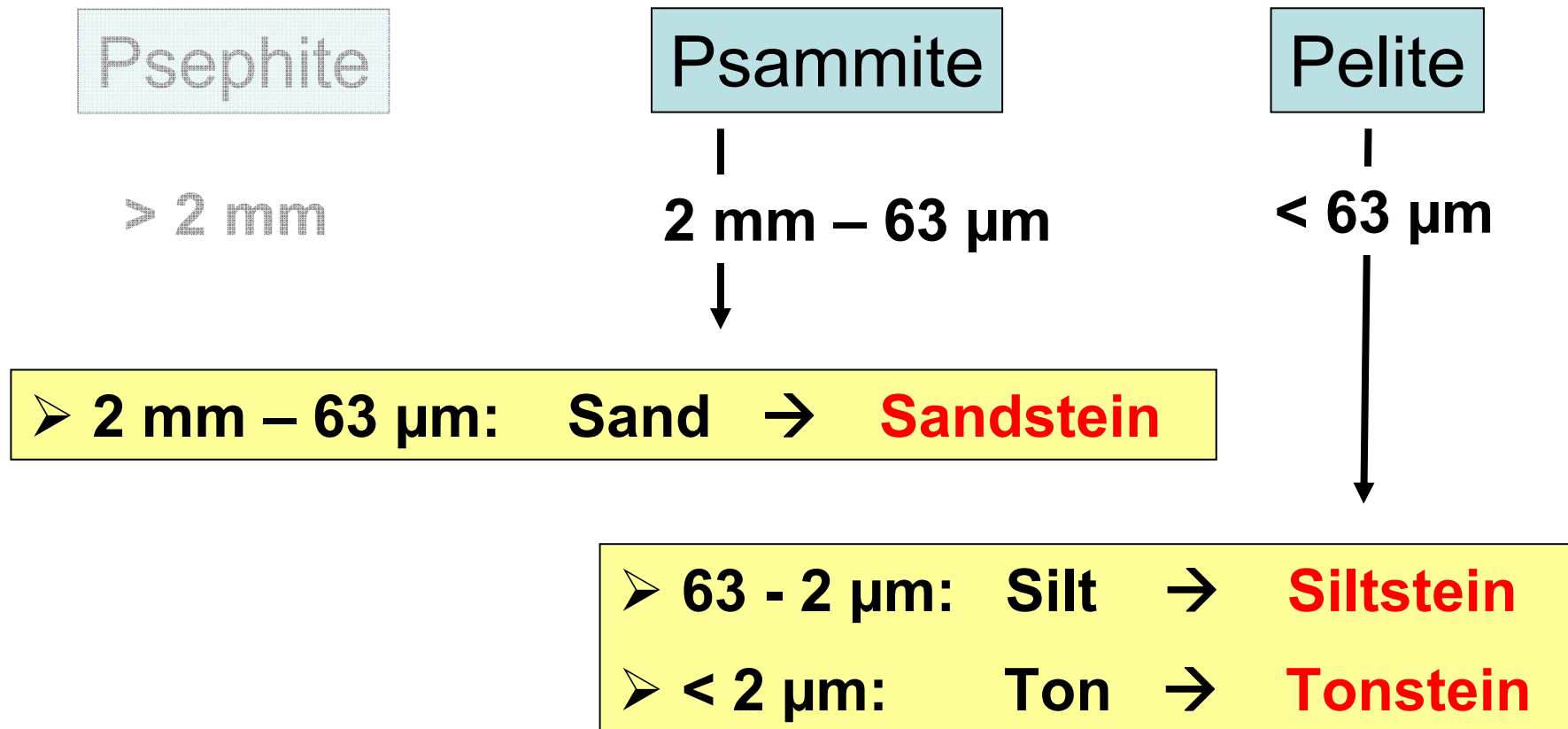
Pelite

< 63 µm

- 20 cm: Block(schutt) → Konglomerat/Brekzie
- 200 – 63 mm: Stein(schutt) → Konglomerat/Brekzie
- 63 – 2 mm: Kies → Konglomerat/Brekzie

Klastische Sedimente/Gesteine

Klastische Gesteine: Untergruppen



Klastische Sedimente/Gesteine

Klastische Gesteine:

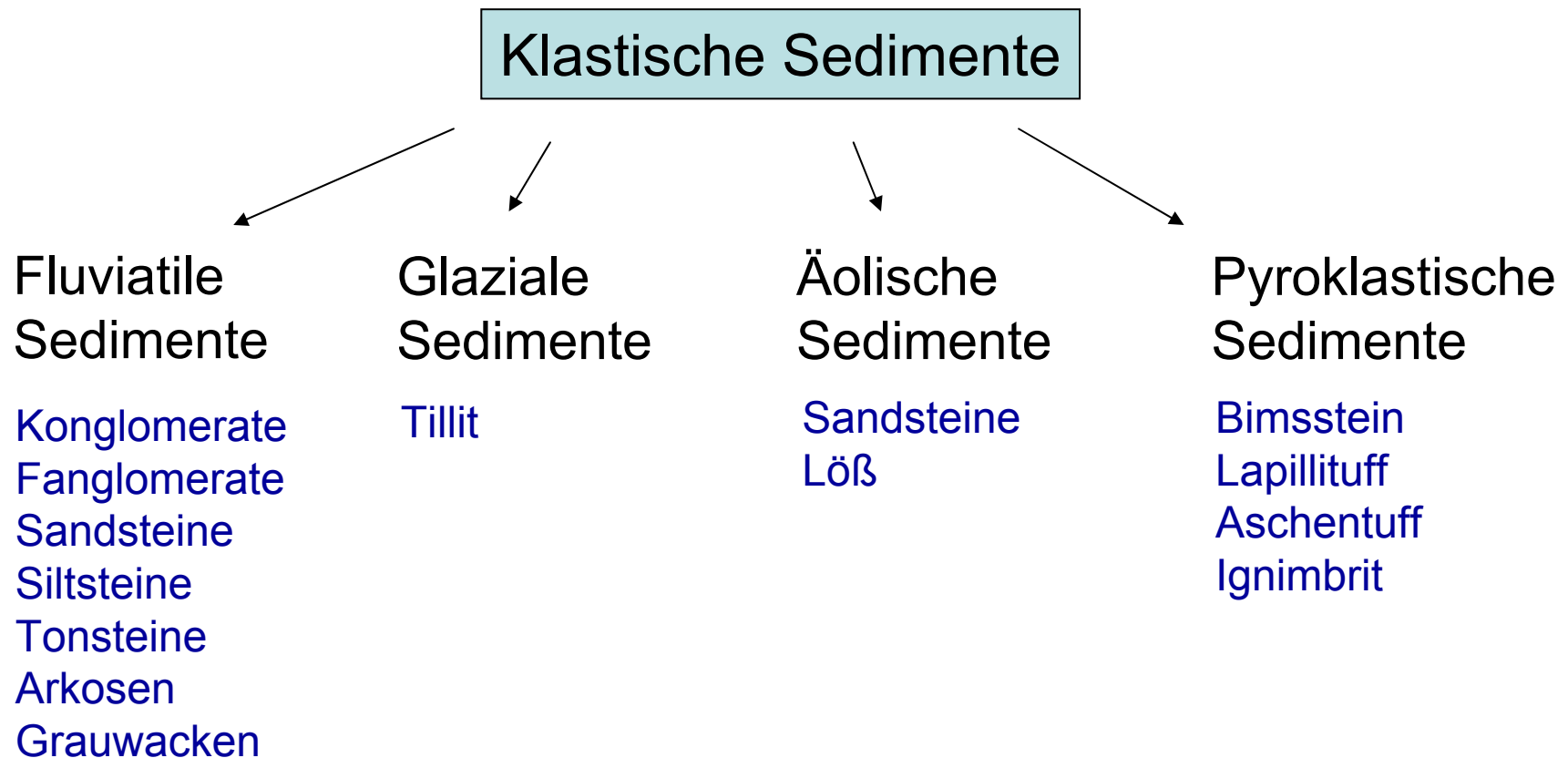
Untergruppen nach genetischer Herkunft:

- **Fluviatile Sedimente/Gesteine**
Ablagerungen aus Flüssen, Seen, Meeren
- **Glaziale Sedimente/Gesteine**
Ablagerungen infolge der Bewegung von Gletschern
- **Äolische Sedimente/Gesteine**
Ablagerungen aus Windverfrachtung
- **Pyroklastische Sedimente/Gesteine**
Ablagerungen nach explosiven Vulkanausbrüchen, s.o.

Klastische Sedimente/Gesteine

Klastische Gesteine:

Untergruppen nach genetischer Herkunft, Beispiele:



Klastische Sedimente/Gesteine: Fluviale & glaziale Sed./Gest.

Fluviale & glaziale Sedimente

Unterscheidungsmerkmale bei **grobkörnigen Klastika** sind:

➤ **Rundungsgrad**

Kantig, eckig, kantengerundet, gerundet, usw.

➤ **Grad der Sortierung**

Unsortiert - wenig sortiert - gut sortiert - sehr gut sortiert, abhängig von der Transportstrecke

➤ **Kompositionelle Reife**

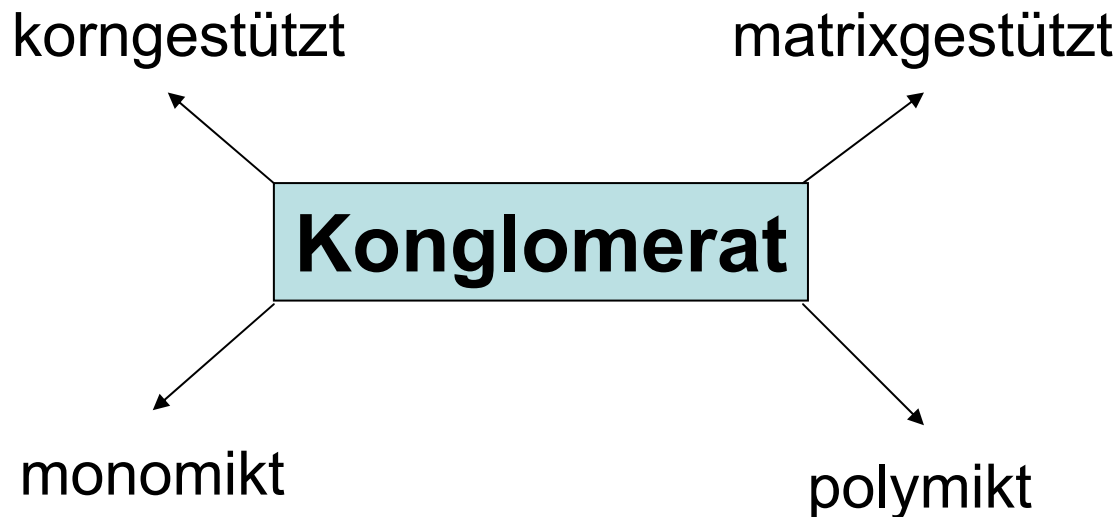
Reif = viel Quarz, unreif = viele Feldspäte (z.B. in ariden Gebieten mit kurzen Transportstrecken und kurzen aber heftige Niederschlägen)

Klastische Sedimente/Gesteine: Fluvatile & glaziale Sed./Gest.

(a) Psephite

➤ Konglomerat

Grobklastische, fluvatile Gesteine, bestehen aus **gut gerundeten** Geröllen (=Komponenten; Kies!) und **Bindemittel** (=Matrix), je nach Transportstrecke mehr oder weniger gut gerundet.



Klastische Sedimente/Gesteine: Fluviale & glaziale Sed./Gest.

(a) Psephite

➤ Brekzie

Grobklastische Trümmergesteine, nicht zwingend fluvial, oft aus verfestigtem Hangschutt (Blockschutt). Bestehen aus **ungerundeten, eckigen** Komponenten und Bindemittel, vergl. Konglomerate.



Können ebenfalls monomikt oder polymikt, korn- oder matrixgestützt sein.

Aufgrund sehr geringer oder keiner Transportstrecken sind Brekzien i.Allg. **schlecht** oder **gar nicht sortiert**, die Matrix ist oft sekundär.

Ausser den **klastischen Brekzien** kennt man:

Tektonische
Brekzien

Vulkanische
Brekzien

Meteoriten-
Brekzien (=Suevit)

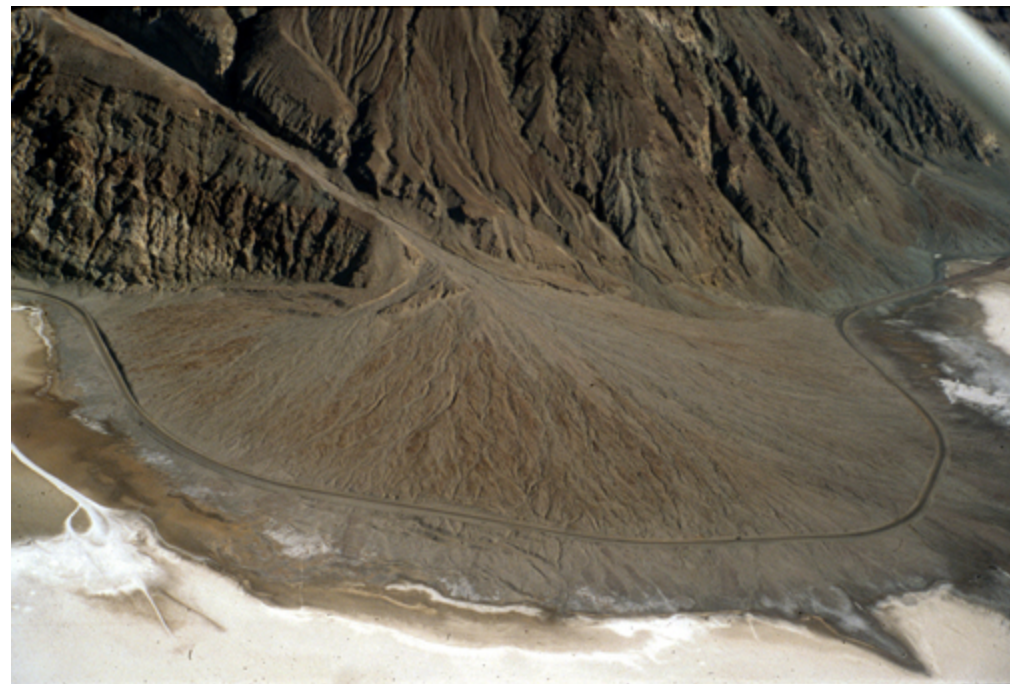
Klastische Sedimente/Gesteine: Fluviale & glaziale Sed./Gest.

(a) Psephite

➤ Fanglomerat

Spezielle Form der Brekzie: **Verfestigte Schuttfächer** arider Klimagebiete (**Schuttstrom = debris flow**). Häufig **rot** gefärbt wegen hohem Hämatitanteil (=Fe₂O₃).

Entstehen durch periodische Ablagerung nach heftigen Regenfällen („Schichtfluten“), zum Beispiel am Ausgang von Trockentälern. Häufig **laterale** sowie **distale** Gradierung (Sortierung).



Klastische Sedimente/Gesteine: Fluviale & glaziale Sed./Gest.

(a) Psephite

➤ Tillit

Diagenetisch verfestigte **Moränenab-lagerungen**, d.h. glaziale Sedimente.

Immer schlecht sortiert, Gerölle meist kantengerundet bis gerundet, häufig „**facettiert**“ (=flächig angeschliffen) und oft mit typische **Striemung** (=Riefen, Kratzspuren).

Matrix typischerweise aus **Geschiebelehm**.



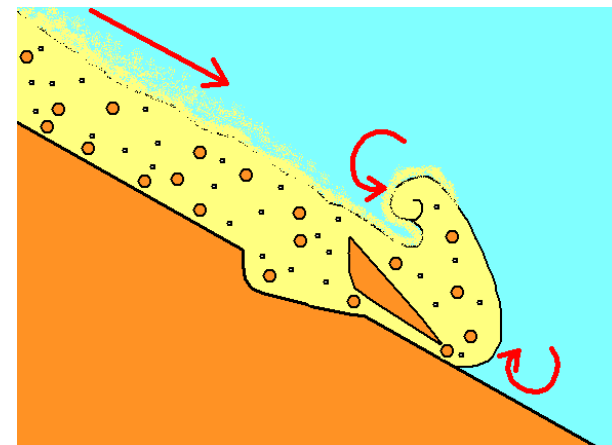
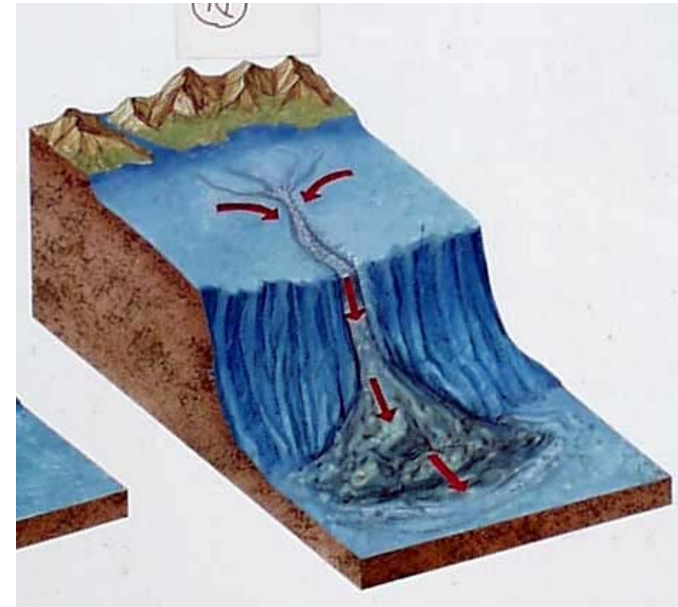
Klastische Sedimente/Gesteine: Fluviale & glaziale Sed./Gest.

(a) Psephite

➤ Grauwacke

diagenetisch verfestigte **Turbiditab-**
lagerungen, d.h. es handelt sich um die
basalen Lagen gravitativ entstandener,
submariner Schuttströme (=Turbidite).

Bestehen aus **Quarzkörnern** (evtl.
zusammen mit Feldspat- oder Glimmer),
Gesteinsbruchstücken und **Tonstein-**
fragmenten. Die Gesteinsbruchstücke
sind meist eckig bis kantengerundet.



Klastische Sedimente/Gesteine: Fluviale & glaziale Sed./Gest.

(a) Psephite

➤ Diamiktit

Sammelbegriff für **Psephite** mit **hohem Anteil tonig-lehmiger Matrix** und weitgehend isolierten Komponenten (d.h. matrixgestütztes Gefüge).

Ein Diamiktit kann also sowohl **Brekzie, Konglomerat** oder **Tillit** sein.



Klastische Sedimente/Gesteine: Fluviale & glaziale Sed./Gest.

(b) Psammite = Sandsteine

➤ **Sandstein**

Überwiegend aus **gut gerundeten** und **gut sortierten** Quarzkörnern (weite Transportstrecke!).

Nach der Art des Bindemittels unterscheidet man:

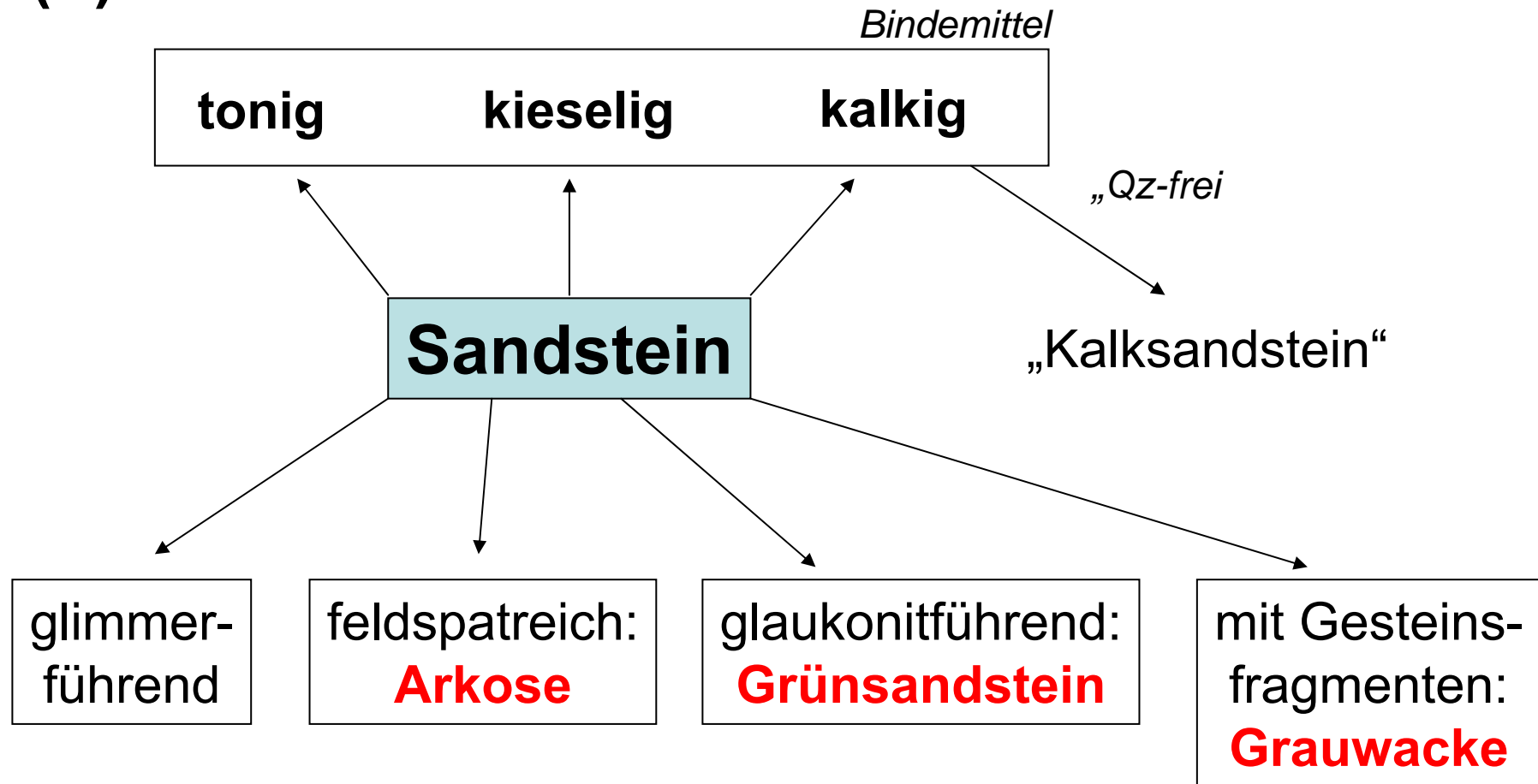
Kalkiger Sandstein, schäumt mit HCl

Kieseliger Sandstein, sehr hart, splittriger Bruch

Toniger Sandstein, i.A. sehr weich

Klastische Sedimente/Gesteine: Fluviale & glaziale Sed./Gest.

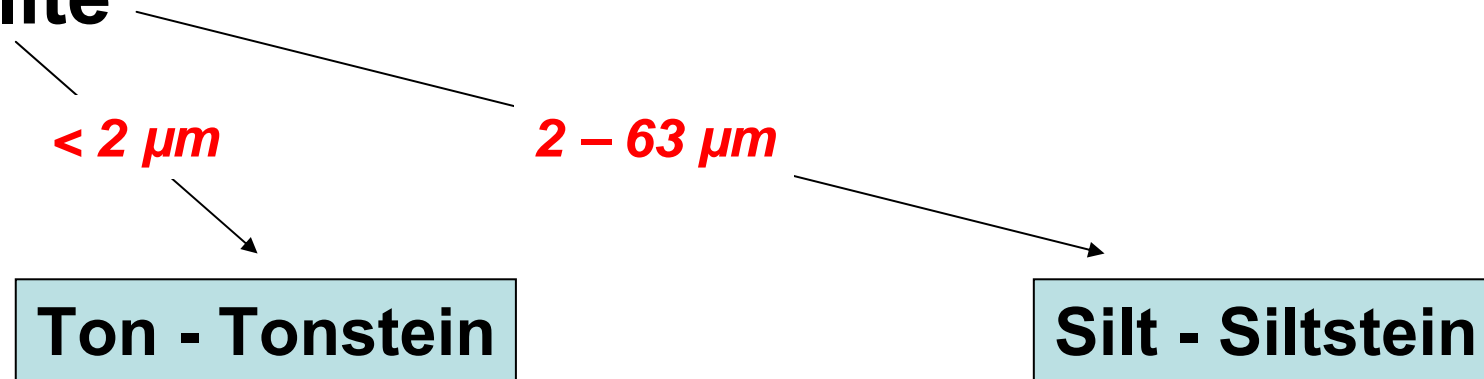
(b) Psammite



Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (2) Sedimentgesteine

Klastische Sedimente/Gesteine: Fluviale & glaziale Sed./Gest.

(c) Pelite



Aus **Tonmineralen** und sehr feinem **Quarz**.
Meist sehr weich.

Entsteht durch Ablagerung in **ruhigem Wasser**,
z.B. im distale Bereichen von Deltas oder im
offenmarinen Bereich (sog. Tiefseeton).

Manchmal feinste Lagen: **Schieferton**

Karbonatreicher Tonstein = Mergel

Wie Tonstein, aber i.Allg.
höherer Anteil Quarz.

Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (2) Sedimentgesteine

Klastische Sedimente/Gesteine: Äolische Sed./Gest.

Äolische Sedimente

Vom **Wind** verfrachtete und abgelagerte Gesteinspartikel.

Häufig in **ariden** und **semiariden** Gebieten (z.B. Wüsten, keine oder wenig Vegetation, trocken):

Sanddünen
&
Windkanter



„Windschliff“

Klastische Sedimente/Gesteine: Äolische Sed./Gest.

Äolische Sedimente

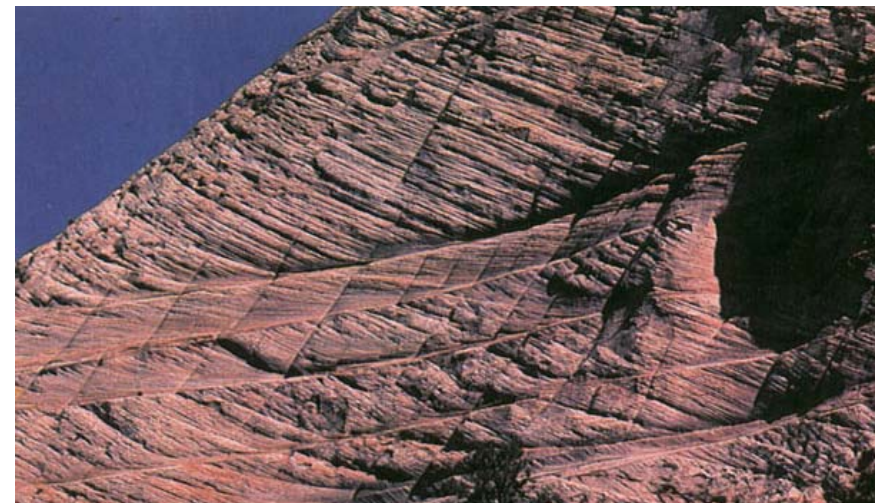
➤ Löss

Verfestigter, äolischer Staub. Je nach Gestein enthält Löss karbonatische Anteile („**Kalklöss**“) oder bei silikatischem Ausgangsgestein Quarz & Feldspäte sowie Tonminerale. Bildet fruchtbare Böden (nährstoffreich).



➤ Sandstein

z.B. „lithifizierte“ **äolische Sande** (Dünen!). Unterschied zu fluviatilen Sandsteinen: Grossdimensionale Schrägschichtung (siehe rechts)



Klastische Sedimente/Gesteine: Pyroklastische Sedimente

Pyroklastische Sedimente

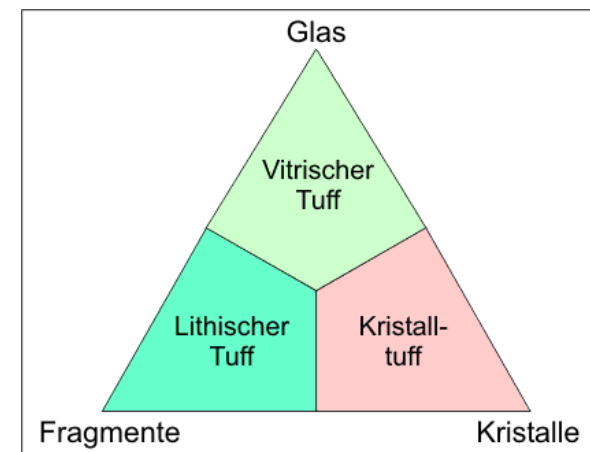
Aus der **Luft** abgelagertes **vulkanisches Auswurfmaterial**, auch als **vulkano-klastische Sedimente** bezeichnet.



Tephra = allg. Sammelbezeichnung für vulkanisches Lockermaterial, unterteilung nach Korngrösse:

- < 2 mm: (vulk.) Asche – als Gestein: **Tuff**
- 2 – 64 mm: Lapilli – als Gestein: **Lapillistein**
- > 64 mm: (vulkanische) **Bombe**

Verfestigtes Material aus Tuff & Asche = **Lapillituff**



Klastische Sedimente/Gesteine: Pyroklastische Sedimente

Weitere pyroklastische Gesteine:

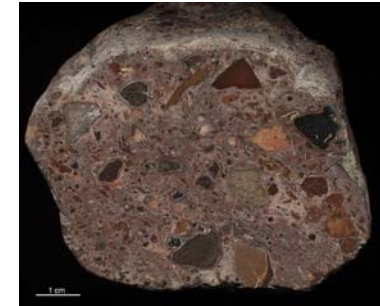
➤ Bimsstein

Sehr **gasreiches** Vulkangestein, erkaltete „aufgeschäumte“ Lava (z.B. Rhyolithbims, Trachytbims, usw.), sehr geringe Dichte.

➤ Ignimbrit

= „Schweisstoff“. Im glühenden Zustand verbackene („verschweisste“) Aschepartikel aus pyroklastischen Strömen („Glutlawinen“).

Ignimbrit



Chemische Sedimente/Gesteine: Oolithe

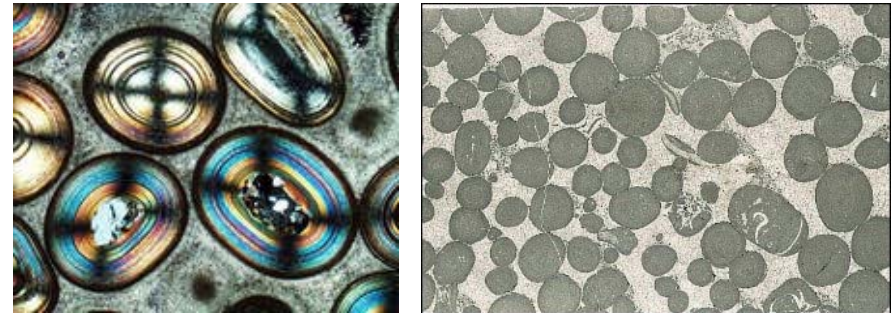
Chemische Sedimente

Entstehen durch **Fällungsprozesse** aus übersättigten, wässrigen Lösungen (Löslichkeitsprodukt wird überschritten!)

➤ Oolithe

Bestehen aus **Ooiden**. Diese wiederum können sein:

- Eisenooide aus Fe-Oxiden/Hydroxiden: **Eisenoolith**
- Kalkooide, aus Aragonit (CaCO_3): **Kalkoolith**



Ooide haben oft einen **artfremden Kern** (Sandkorn, Schalenrest, etc.). Entstehen im Küstenbereich (Meer, See) in sehr flachen (oft <5m), **tropischen Gewässern** durch Wellenbewegungen.

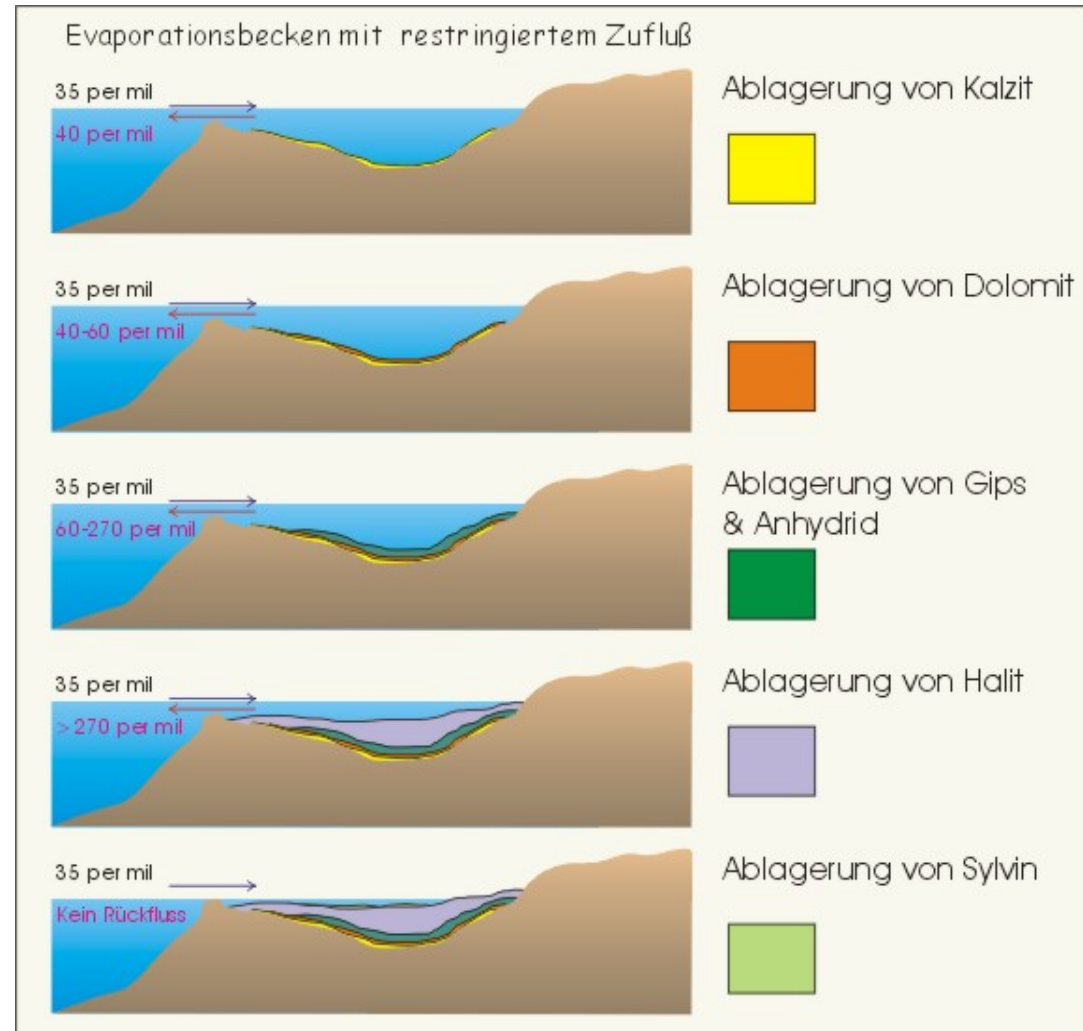
Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (2) Sedimentgesteine

Chemische Sedimente/Gesteine: Evaporite

Evaporite

Entstehen durch **Verdunstung**, daher typisch für **aride Gebiete** (Salzseen, Salzwüste) mit hoher Verdunstungsrate im Verhältnis zur Abflussrate (z.B. in „Endseen“).

Abscheidungsfolge von Evaporiten



Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (2) Sedimentgesteine

Chemische Sedimente/Gesteine: Evaporite

➤ Evaporite - Minerale:

- **Gips**, monoklin, $H=2$, $\text{CaSO}_4 \times 2 \text{H}_2\text{O}$
- **Anhydrit**, rhombisch, $H=3.5 - 4$, CaSO_4
- **Halit = Steinsalz**, kubisch, $H=2$, NaCl
- **Sylvin**, kubisch, $H=1.5-2$, KCl



Sylvin



Gips (Zwilling)



Halit

Chemische Sedimente/Gesteine: **Rauhwacken**, **Kalksinter**

➤ **Rauhwacken**

Verbackene **karbonatische Trümmergesteine** mit brekziöser Struktur. Entstehen durch die Hdratisierung von Anhydrit in Kalkstein.

➤ **Kalksinter**

Chemisch gefällte Karbonate, kommen v.a. in verkarsteten Karbonatmassiven in Höhlen vor.

Entstehen durch die Freisetzung von CO_2 aus Sickerwasser in unterirdischen Höhlräumen, wodurch die Karbonat-löslichkeit der Sickerwasser verringert wird. Es kommt zur Ausfällung von Kalk.

Höhle in der Fränkischen Schweiz



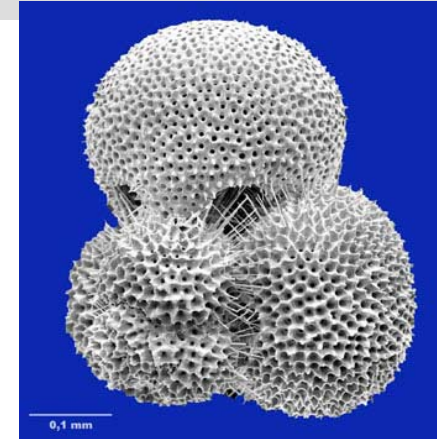
Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (2) Sedimentgesteine

Biogene Sedimente/Gesteine: Karbonatgesteine

Biogene (organogene) Karbonate

Karbonatgesteine sind die mit Abstand häufigsten & wichtigsten **biogenen Gesteine**. Von allen Karbonatgesteinen sind **>90%** biogen entstanden.

Foraminifere



Kalkbildende Organismen:

Korallen: Riffbildner

Algen: z.B. Stromatolite

Muscheln: z.B. Rudisten

(ebenfalls Riffbildner!)

Foraminiferen: benthische oder planktonische Mikroorganismen – bilden **pelagische Kalke**



Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (2) Sedimentgesteine

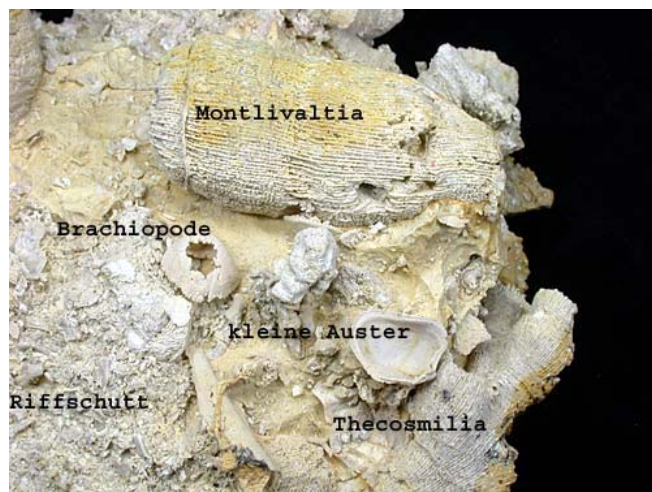
Biogene Sedimente/Gesteine: Karbonatgesteine

Biogene (organogene) Karbonate

Durch Erosion & Ablagerung (Brandung, Wellenbewegungen, Niederschläge) entstehen **sekundäre, klastische Karbonatgesteine**:

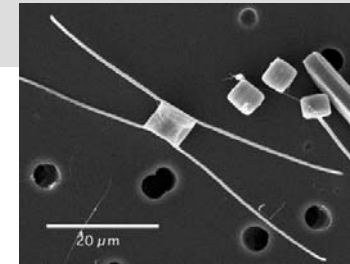
Karbonatbrekzien (z.B. Riffschuttgesteine)

Kalksandsteine



Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (2) Sedimentgesteine

Biogene Sedimente/Gesteine: Kieselige Sedimente

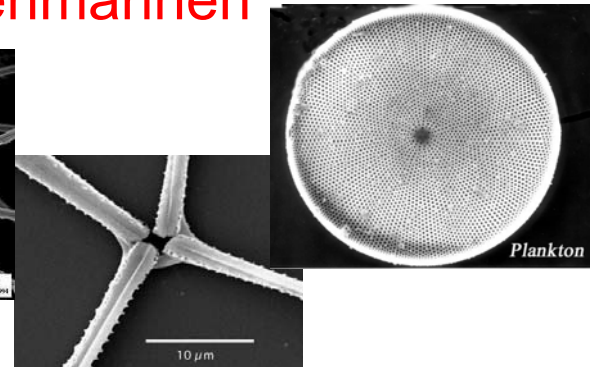
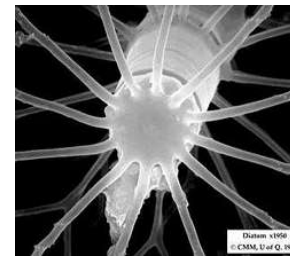


Biogene (organogene) Kieselgesteine

Organismen, die ein **SiO₂-Gerüst** („Kieselgerüst“) bilden, sind z.B. die planktonisch lebenden **Radiolarien** und **Diatomeen** (photosynthetische einzellige Algen mit kieseligem Exoskelett). Sammelbegriff: **Plankton**.

Kieselige Sedimente (typisch für den tiefen, offenmarinen Bereich) sind:

- Radiolarite („Cherts“)
- Diatomeenerde („Kieselgur“)



Unterhalb der CCD („calcite compensation depth“) sind diese pelagischen Kieselgesteine praktisch karbonatfrei.

