

Geographie – Gesteinskunde – WS 99/00

Definition:

- *Minerale* sind die kleinsten chemisch und strukturell einheitlichen, natürlichen Bestandteile der Erde.
- *Gesteine* sind natürliche, heterogene Mineralaggregate, die in Zusammensetzung und Gefüge über eine gewisse Erstreckung gleichförmig sind und die geologisch selbständig auftreten.

Gesteine unterscheiden sich voneinander durch Mineralbestand, chemische Zusammensetzung, physikalische Eigenschaften, Gefüge und Herkunft.

Nach ihrer Entstehung und Herkunft werden sie in drei große Hauptgruppen unterteilt:

- 1) **Magmatite:** Sie entstehen durch Erstarrung und Verfestigung von geschmolzenem oder wenigstens größtenteils geschmolzenem Gesteinsmaterial. Je nachdem, ob sie an der Erdoberfläche oder in größerer Tiefe erstarren, werden sie als
 - a) Plutonite (Tiefengesteine, z.B. Granit, Gabbro)
 - b) Vulkanite (Erdgußgesteine, z.B. Basalt, Rhyolith) bezeichnet.
- 2) **Metamorphite:** Sie entstehen durch Umwandlung magmatischer und sedimentärer Gesteine unter erheblich veränderten Druck- und Temperaturbedingungen in der Erdkruste. Dadurch wird der Mineralbestand, teilweise auch der Chemismus erheblich verändert. Diese Vorgänge laufen im festen Zustand der Gesteine ab (z.B. Gneis, Marmor).
- 3) **Sedimentite:** Sedimentite, auch Sedimentgesteine, entstehen durch Zerstörung, Transport und Ablagerung bereits vorhandener, beliebiger Ausgangsgesteine. Das anfallende Material wird in fester und gelöster Form transportiert und an anderer Stelle auf der Erdoberfläche abgelagert bzw. ausgeschieden. Sedimentgesteine werden meist nach genetischen Kriterien, d.h. nach ihrer Entstehung eingeteilt in:
 - klastische Sedimentite (Trümmergesteine). Das Material stammt aus der Abtragung und dem Transport vorhandener Gesteine (z.B. Quarz-Sandsteine, Trümmerkalke)
 - Chemische Sedimentite (Ausfällungsgesteine). Das Material stammt aus chemischer Verwitterung vorhandener Gesteine, wird in gelöster Form transportiert und an einem Ort ausgefällt. (z.B. Travertin, Kalk, Salze).

Kleine Mineralogie:

Minerale sind die Bausteine der Gesteine. Ihr Erkennen makroskopisch im Handstück (Probe) bzw. mikroskopisch im Dünnschliff ist für die Bestimmung der Gesteine (Ansprache) entscheidend. Eine Reihe von Eigenschaften der Minerale hilft dem Gesteinskundler dabei.

Kristallform (Habitus):

Minerale liegen i.d.R. in kristallisierter Form vor und sind fest. Sie sind chemisch mehr oder weniger einheitlich (homogen) und physikalisch nach bestimmten Gesetzen regelmäßig geordnet.

Idiomorph: = „eigengestaltig“, gut ausgebildete Kristalle, z.B. Kristalle in Gesteinshohlräumen

Xenomorph: = „fremdgestaltig“, Kristalle haben sich beim Wachstum behindert, z.B. Granit

Spaltbarkeit:

Kristalle können bei mechanischer Beanspruchung an ebenen Flächen spalten, was wiederum von den Aufbauregeln abhängt (richtungsabhängige Eigenschaft). Diese Spaltbarkeit ist mineralspezifisch und unterschiedlich:

Vollkommen: z.B. Glimmer, Talk

Gut: z.B. Calcit, Feldspat, Amphibol

Deutlich: z.B. Pyroxen

Undeutlich: z.B. Olivin

Fehlend: z.B. Quarz

Härte:

Die unterschiedliche Härte der Minerale hängt von ihrer chemischen Zusammensetzung und vom inneren Aufbau (Festigkeit der atomaren Bindung) ab. Kombinierte Spaltflächen verschiedener Richtung bei einem Mineral bilden bestimmte Winkel miteinander. Eine halbquantitative, nicht lineare Einteilung ist die Härteskala nach Mohs:

Härtegrad von 1 (leicht ritzend -> Talk) – 10 (Strahl schlägt Funken -> Diamant)

Farbe:

Viele Minerale haben eine typische Eigenfarbe (idiochromatisch; z.B. Graphit schwarz, Hämatit rot). Andere Minerale sind aber durch Fremdstoffe gefärbt (allochromatisch; z.B. Kalifeldspat rosa durch Eisenoxid). Deshalb ist Farbe nur bedingt ein diagnostisches Merkmal.

Grundsätzlich unterscheiden wir:

- a) helle Minerale (silicisch = Si+Al; Felsite, z.B. Feldspäte, Muskovit, Quarz)
- b) dunkle Minerale (mafisch = Mg+Fe; Mafite, z.B. Hornblende, Pyroxene, Olivin, Biotit)

Bruch und Glanz:

Minerale zeigen bei Beleuchtung auf den Bruch- und Spaltflächen einen Glanz, der diagnostisch sein kann (z.B. seidig bei Serpentin, metallisch bei Pyrit). Besonders den Quarz, der keine Spaltbarkeit zeigt, erkennt man an dem Fettglanz auf seinen Bruchflächen.

Dichte:

Die Dichte (Masse/ Volumen) ist mineralspezifisch. Wichtigste Angaben:

Quarz: 2,65 g/cm³ Calcit 2,7 g/cm³

Erzminerale sind i.a. dichter (Gold als schwerstes 19,3 g/cm³)

Häufigkeit der Minerale:

Man unterscheidet zwischen

- a) gesteinsbildenden Mineralen (Quarz, Feldspäte, Calcit)
- b) nichtgesteinsbildenden Mineralen (Erze, Diamant, Flußspat)

Gesteinsbildende Minerale:

Feldspäte: Gerüstsilikate, Wichtigste Gruppe gesteinsbildender Minerale (60% der Erdkruste => Granite, Rhyolithe, Gneise, Arkosen)

2 Haupttypen:

Kalifeldspäte (monoklin; Orthoklas, Sanidin, Mikroklin)

Plagioklase (triklin, Alit, Oligoklas, Andisin usw.)

Orthoklas: (= „rechtwinklig spaltend“): Farblos, meist fleischfarben durch Fe; rechtwinklig spaltend

Plagioklase: Farblos, meist weiß, alle Spaltflächenpaare schiefwinklig – oft Zwillingsbildung

Quarz: Oxid, SiO₂. Nach den Feldspäten häufigstes Mineral der Erdkruste. Kristallsystem trigonal oder hexagonal. In sauren und intermediären Magmatiten und Metamorphiten. Chemisch sehr widerstandsfähig, daher in Verwitterungsprodukten häufig (Sandsteine).

Meist farblos und Fettglanz, Härte 7, muscheliger Bruch

→ Obsidian ist ein Gestein, aber sehr SiO₂-reich; er ist ein Glas.

Glas: Gesteinsgläser bestehen aus nicht kristallisierten Substanzen, die bei plötzlicher Abkühlung von Schmelzen entstehen; es bleibt keine Zeit zum Wachstum von Kristallen. Es ist also erstarrte Flüssigkeit oder abgeschreckte Schmelze. Auch Fensterglas ist erstarrte SiO₂-Schmelze.

Feldspatvertreter: Gerüstsilikate. Feldspatvertreter werden bei Mangel an SiO₂ in einer alkalireichen Schmelze gebildet.

Sie treten nie mit freiem Quarz zusammen auf (sonst könnten sich ja Feldspäte bilden). Vorkommen häufig in basischen Vulkaniten. Härte um 6.

Glimmer: Wasserhaltige Schichtsilikate. > vollkommene Spaltbarkeit parallel zur Basis, also tafelige Spaltstücke. Starker Perlmutterglanz. Härte 2,5 – 3. Bei Verwitterung werden daraus Tonminerale.

Hellglimmer: z.B. Muskowit – grau, Hauptglimmer der niedrigmetamorphen Glimmerschiefer, z.T. in Graniten und Pegmatiten. Aufheizung: Muskowit + Quarz → Kalifeldspat + Alumosilikat + Wasser
Dunkelglimmer: z.B. Biotit – schwarz, noch bei höheren Temperaturen als Muskowit stabil, daher in Glimmerschiefern höherer Metamorphose; auch in Graniten / Pegmatiten. Verwitterung oft zu Chlorit.

Pyroxene:

Mafische Kettensilikate. Monoklin oder orthorhombisch. Meist schwarz oder grün und kurzstengelig. Kopfbild achteckig mit rechtwinkligen Spaltrissen → 90° (Spaltbarkeit deutlich).

Amphibole:

Mafische Doppelkettensilikate, wasserhaltig, Monoklin oder orthorhombisch. Meist schwarz oder grün und langstengelig. Sechseckig mit spitzwinkliger Spaltbarkeit → 120° (Spaltbarkeit vollkommen)

Olivin: Mafisches Inselsilikat, typischer Mischkristall aus SiO₂-armen Schmelzen, deshalb nie mit Quarz zusammen wie Feldspatverteter, oft als Knollen in Basalten, H: 6-7, Fleischgrün, gelb, fettglanz.

Zirkon: Inselsilikat, in vielen Magmatiten und Metamorphiten; extrem verwitterungsstabil, daher in Sandsteinen. Wichtig zu physikalischen Altersbestimmung. Tetragonal. Härte 7,5 ! Säulige Kristalle.

Turmalin: Ringsilikat, in Graniten und Pegmatiten. Säulige, meist schwarze Kristalle mit feiner Längssteifung. Härte 7, muscheliger Bruch.

Granate: Inselsilikate, komplizierte Mischkristalle. Kubisch und meist isometrisch. Muscheliger Bruch, Härte 6-7, verwitterungsstabil.

Alumosilikate: Andalusit, Disthen, Sillimanit

Inselsilikate. Drei Minerale mit gleicher Formel, aber völlig unterschiedlichen Eigenschaften (Polymorphie). Jedes Mineral ist typisch für einen bestimmten Druck/Temperatur-Bereich innerhalb der Metamorphose.

Andalusit: Niedrigdruck-Phase, oft kontaktmetamorph in Hornfelsen bei Überschuß von Al; orthorhombisch; langgestreckte Kristalle, weiß bis rosa, oft mit schwarzen Kreuz im Querschnitt. Verwechlung mit Feldspat.

Disthen: Hochdruck-Niedrigtemperatur-Phase, in Al-reichen Glimmerschiefern und Gneisen etc.; leistenförmige Kristalle, blauweiß; Härte in Längsrichtung 4,5, quer dazu 6 !

Sillimanit: Hochdruck-Hochtemperatur-Phase in Al-reichen Granuliten etc.; weiß-grau, nadelige Kristalle.

Epidot: Gruppensilikat, in Kalksilikatgestein, Monoklin, pistaziengrün, Härte 6-7. Ähnlich sind Zoisit und Klinozoisit.

Staurolith: Inselsilikat, in mittel-metamorphen Feinsedimenten. Häßliche Formel. Härte 7, kurz säulig, schwarzbraun; machnal Durchkreuzungszwillinge.

Chloritoid: Inselsilikat, in Phylliten und Glimmerschiefern. Kleine runde Kügelchen („Fliegenschuß“) schwarz.

Cordierit: Ringsilikat, Niedrigdruck-Mineral in Meta-Peliten und Hornfelsen. Wie Quarz bis auf die Farbe: blauviolett.

Chlorit-Gruppe: Schichtsilikate mit komplexen und variablen Formeln, in niedriggradigen Meta-Peliten. Dunkelgrüne, schuppige Plättchen.

Talk: Auch Speckstein, Schichtsilikat, in wenigen Metamorphiten. Hellgrüne Schüppchen, Härte 1.

Eisenminerale:

Hämatit: Fe_2O_3 / Das rote Eisenoxid, kommt in reiner Form stahlgrau vor, wichtiger aber als winzige rote Schüppchen in Sedimenten (z.B. Buntsandstein); ein typisches Verwitterungsmineral der Tropen. Trigonal.

Goethit: FeOOH / Das braune Eisenoxid; in reiner Form in Erzgängen, als Verwitterungsbildung in den Böden des gemäßigten Klimas (Braunerden). Orthorhombisch.

Magnetit: Fe_3O_4 / Das schwarze Eisenoxid; in basischen Magmatiten und Metamorphiten. Kubisch (schöne Oktaeder-Kristalle) und magnetisch ! Wichtigstes Eisenerz.

Karbonate:

Calcit: CaCO_3 / Gesteinsbildend in den Kalksteinen und Marmoren. Trigonal, vollkommene Spaltbarkeit zu Rhombödem. Farblos- weiß.

Aragonit: auch CaCO_3 , aber orthorhombisch und nur unter günstigen Umständen beständig (metastabil). Viele marine Organismen bauen Schalen aus Aragonit. Muscheliger Bruch, farblos bis hellbraun. Drillinge häufig.

Dolomit: $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, kein Mischkristall!, sondern eine Fifty-Fifty-Zusammensetzung, entsteht v.a. in der Diagenese (Dolomiten). Sonstiges wie Calcit.

Gips und Anhydrit:

Sulfate: Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) also wasserhaltig, Anhydrit CaSO_4 gehören zu den Salzgesteinen (Evaporite, chem. Sedimentite). Beige weiß, aber Gips hat Härte 2, Anhydrit hat Härte 3.

Tonminerale:

Große Gruppe von Schichtsilikaten mit verschiedenen Formeln, entstehen bei der Verwitterung aus allen möglichen Silikaten und werden bei der Metamorphose zu Glimmern, Chloriten u.a. submikroskopisch winzige Kristalle, nur im Rasterelektronenmikroskop sichtbar. Gesteine sind die Tone, Tonsteine und Tonschiefer.

Eigenschaften der Gesteine:

Gefüge: der innere Aufbau eines Gesteins; alle beschreibenden Eigenschaften eines Gesteins, die von der Mineralordnung abhängen:

- Struktur: Form und Abgrenzung der Komponenten eines Gesteins. Z.B. porphyrisch (große Kristalle in einer feinkörnigen Grundmasse), idiomorph (gut ausgebildete Kristalle, geradlinige Korngrenzen), xenomorph (Kristalle in den Zwickeln anderer gewachsen, deshalb fremdgestaltig), geschichtet, massig (bei Sedimenten).
- Textur: Anordnung und Verteilung der Komponenten in einem Gestein. Z.B. parallel, gerichtet, gestreckt (im Metamorphiten); geeignet sind dazu plattige oder stengelige Minerale.

Mineralbestand

Farbe

Raumerfüllung: z.B. dicht oder massig, blasig (in Vulkaniten), porös (in Sedimentiten)

M a g m a t i t e:

Magmatische Gesteine (Magmatite) entstehen aus silikatischen heißen Schmelzen (Magmen), die in der Tiefe der Erdkruste entstehen. Sie steigen bei starker Erhitzung an Schwächezonen (tektonische Bruchstellen) auf, erkalten dann und kristallisieren aus. Sie können noch in der Tiefe erstarren und bilden die Plutonite (Tiefengesteine) oder gelangen als Vulkanite (Ergußgesteine) an die Erdoberfläche. Obwohl es hunderte verschiedener Magmatite gibt, bilden sie sich alle aus wenigen Ausgangsschmelzen (Stammagmen).

Klassifikation der Magmatite nach der Herkunft der Magmen:

Basische Magmen: Aufschmelzen eines Teils des ultrabasischen Mantels (\Rightarrow v.a. Basalt)

Saure Magmen: Aufschmelzen von kontinentaler Erdkruste (\Rightarrow v.a. Granit)

Intermediäre Magmen: Aufschmelzen über Subduktionszonen (\Rightarrow v.a. Andesit)

Klassifikation der Magmatite nach der geologischen Stellung:

Plutonite (in der Tiefe erstarrt), Vulkanite (an der Oberfläche erstarrt)

Ganggesteine (spaltenförmig innerhalb von Gesteinen erstarrt).

Klassifikation der Magmatite nach dem SiO_2 -Gehalt:

Saures Magma: $>65\%$ Intermediäres Magma: 52-65 %

Basisches Magma: 45-52 % Ultrabasisches Magma $<45\%$

Klassifikation der Magmatite nach dem Mineralbestand:

Gliederung der meisten Magmatite im QAPF-Doppeldreieck (Streckeisen-Diagramm); als Eckpunkte die felsischen (hellen) Minerale:

Q \rightarrow Quarz

A \rightarrow Alkalifeldspäte (Orthoklas, Sanidin, Mikroklin, Albit)

P \rightarrow Plagioklas

F \rightarrow Feldspatverteter i.w.s. (Feldspatoide, Foide, Leucit, Nephelin, Sodalith etc.)

Mafische (dunkle) Minerale

M \rightarrow Mafite (Glimmer, Amphibole, Pyroxene, Olivin)

QAPF-Doppeldreieck: gilt für alle Magmatite mit einem Gehalt an Mafiten von 0-90 %, d.h. für helle bis mafische Gesteine; nur die ultrabasischen (extrem dunklen) Magmatite (M= 90-100%) werden in eigenen Dreiecksdiagrammen dargestellt.

Festlegung des Punktes für ein Gestein im QAPF-Diagramm:

Umrechnung der hellen Bestandteile auf 100% (keine Berücksichtigung der dunklen Minerale). Weil Quarz und Foide (im Gleichgewicht) nie nebeneinander auftreten können, ergibt sich $Q+A+P = 100$ oder $A+P+F = 100$. Aufteilung des Diagramms in Felder mit Gesteinsnamen. Achtung: innerhalb eines Feldes dürfen mehrere Namen auftreten, weil zur Benennung ja noch die übrigen (mafischen) Minerale berachtet werden müssen.

Plutonite:

Gesteine, die meist in größeren Tiefen der Erdkruste (mehrere Kilometer) aus einer Gesteinsschmelze auskristallisiert sind. Weil sie sich dabei gleichsam in einer Druckkammer befanden, hatten sie viel Zeit um körnige bis große Kristalle zu bilden. Die zuerst kristallisierten Minerale sind dabei am vollkommensten gewachsen, die am Schluß aus der Restschmelze entstandenen konnten in dem übriggebliebenen Raum nur unvollkommene Kristalle mit fremdbestimmten Flächen bilden (xenomorph).

Kalkalkali-Reihe: Granit, Granodiorit, Diorit, Gabbro

Granit: helles, mittel- bis grobkörniges Gestein.

Salische Minerale: Quarz, Alkali-Feldspat (Orthoklas, Mikroklin, Albit), wenig Plagioklas, z.T.

Muskowit

Mafite: z.T. Biotit, Hornblende u.a.

Kennzeichen: Farbe weiß, hellgrau, rosa (Kalifeldspat); oft große, idiomorphe Einsprenglinge von Orthoklas mit Karlsbader Zwilling. Achte auf: Farbe, Quarz, Verhältnis Kfs./Plag.

Vorkommen: häufigster Plutonit; z.B. Mittelgebirge

Granodiorit: helles, mittel- bis grobkörniges Gestein.

Salische Minerale: Quarz, Plagioklas (Zwillingslamellen; Orthoklas, Andesin) wenig Kalifeldspat, z.T. Muskowit

Mafite: Hornblende, Biotit, z.T. Augit.

Kennzeichen: grau, z.T. mit Granit oder Gabbro zu verwechseln.

Gabbro: meist dunkles, mittelkörniges Gestein

Salische Minerale: Plag, wenig Qz.; z.T. Foide

Mafite: Klinopyroxen (Augit, Diopsid), z.T. Opx, Olivin (nie mit Quarz)

Kennzeichen: dunkelgrau, z.T. mit Diorit oder Ultrabasiten zu verwechseln.

Achte auf: Farbe, Pyroxen.

Alkali-Reihe: (Alkalifeldspat-Granit, Syenit, Monzonit, Essexit, Nephelin-Syenit)

Alkalifeldspat-Granit: meist rosarotes bis rotes, grobkörniges Gestein

Salische Minerale: Qz, Kfs (rosa-rot), Albit; wenig Msk

Mafite: wenig Bt

Kennzeichen: rötlich, hell bis dunkel. Achte auf: Farbe, Qz, Plag-Armut.

Ultrabasite:

Gesteine mit Anteilen an Mafiten von > 90%. Sie werden nicht im QAPF-Dreieck sondern in Ultrabasis-Dreieck dargestellt. Ol-reiche Gesteine heißen Peridotite, Px-reiche Gesteine Pyroxenite.

Peridotit: dunkelgrünes, mittelkörniges Gestein

Salische Minerale: ----

Mafische: Ol, Px, z.T. Spinell (Hochdruckmineral)

Kennzeichen: Farbe

G a n g g e s t e i n e:

Magmatische Gesteine, die andere Gesteine in Form von Gängen oder „Stöcken“ durchziehen. Eigene Namen v.a. bei den Plutoniten; sie sind Gesteine, die spät aus einem Restmagma entstehen, wenn die Hauptgesteine (Granit, Gabbro etc.) bereits erstarrt sind.

V u l k a n i t e:

Gesteine die aus Schmelzen entstanden sind, welche an oder nahe an die Erdoberfläche gelangt sind. Die Magmen selbst entstehen in viel größerer Tiefe (hoher Druck, Temperatur). Unter Atmosphärenbedingungen (niedriger Druck, Temperatur) kommt es zu rascher Abkühlung und die Minerale haben nur wenig Zeit um größere Kristalle zu bilden. Die Grundmasse (Matrix) der Vulkanite ist meist feinkörnig, größere Kristalle (Einsprenglinge, dann porphyrisches Gefüge) müssen bereits in den Magmenkammern in größerer Tiefe entstanden sein. Teilweise findet gar keine Kristallisation statt. Fließstrukturen sind häufig ebenso wie die Überreste von Gasblasen. Basische Schmelzen sind i.d.R. dünnflüssiger (gering viskos) und die Vulkanausbrüche daher harmloser (Hawaii) tritt Gas in der Schmelze auf, sind die Ausbrüche explosiv und verheerend (Mount St. Helens). Saure Schmelzen sind zäher (hoch viskos) und neigen mehr zur Bildung von Subvulkanen.

Kalkalkali-Reihe: (Rhyolith, Dazit, Andesit, Basalt)

Rhyolith: helles, feinkörniges Gestein mit Einsprenglingen

Einsprenglinge: Qz, Kfs (Sanidin), wenig Bt

Grundmasse: wie Granit

Kennzeichen: beige oder rosa

Dazit: grau, einsprenglingsreich

Einsprenglinge: Qz, Plag, z.T. Bt, Px, Hbl

Kennzeichen: dunkler und einsprenglingsreicher als Rhyolith

Andesit: sehr variabel, hell- bis dunkelgrau

Einsprenglinge: Plag, Hbl, z.T. Px, Bt

Kennzeichen: Qz-Armut, mit Latit u.a. kristallinen Gesteinen zu verwechseln.

Basalt: meist dicht feinkörnig und dunkel, oft blasenreich

Einsprenglinge: Cpx, Ol

Kennzeichen: häufigstes vulkanisches Gestein, basisches Teilprodukt des ultrabasischen Mantels

Alkali-Reihe: (Alkalibasalt, Trachyt, Latit, Phonolith, Foidit)

Trachit: hell, oft mit großen Kfs-Einsprenglingen (Sanidin in Tafeln) Dazu Augit, Bt

Latit: hellgrau bis gelblich mit Augit-Einsprenglingen

Phonolith: grau-bräunlich, Einsprenglinge aus Kfs (Sanidin), Hbl, Nephelin

Foidit: reich an Feldspatvertretern, sehr variabel

Karbonatit: hell, fast nur aus Calcit, daneben Magnetit u.a., mittel- bis grobkörnig. Produkte extremer Magmendifferenziation (Ca und CO₃ aus silikatischen Schmelzen !)

Pyroklastika:

Gesteine, die aus halbfesten oder festen vulkanischen Auswurfprodukten und Trümmermassen entstehen, oft auch durch Wind und Wasser umgelagert werden => dann Übergänge zu Sedimentiten.

Das Material ist entweder echt vulkanisch oder besteht auch aus mitgerissenem Nebengestein.

Unverfestigte Pyroklastika heißen **Tephra**. Vorwiegend feinkörniges Pyroklastika heißen Tuffe.

Zu den Blöcken und Bomben gehören Wurf Schlacken, die durch die Luft geschleudert werden. Lapilli sind oft runde Kügelchen. Aschen sind staubfein und leicht verwitterbar.

Der hochporöse Bims ist ein pyroklastisches Gestein. In Agglomeraten sind Schlacken miteinander verschweißt. Ignimbrite sind spezielle Schmelztuffe, die bei Glutwolkenereptionen mit hoher Geschwindigkeit talwärts rasen. Bentonite sind Verwitterungsprodukte von Glasaschen. Tuffite sind sedimentär umlagerte Tuffe.

Metamorphite:

Metamorphose: Gesteinsumwandlung unter Bedingungen, die von der ursprünglichen Bildung des Ausgangsgesteins verschieden sind. Ursachen: geänderte Druck- und Temperatur-Bindungen.

Mineralbestand der Ausgangsgesteine (Edukte) wird instabil und kristallisiert um, d.h. Mineralbestand ändert sich, chemischer Bestand bleibt meist gleich, ein neues Gestein (Produkt) entsteht. Dazu: Stofftransport auf kleine Distanzen (begünstigt durch H₂O, CO₂). Metamorphose ist die Einstellung eines physikalisch-chemischen Gleichgewichts unter veränderten Bedingungen.

Metasomatose: starke chemische Veränderung durch Stoffzufuhr oder -abfuhr. Gesteine sind die Gneise und Skarne (häufig wichtig als Lagerstätten)

Druck und Temperatur:

Nehmen mit der Tiefe der Erdkruste zu. Normaler geothermischer Gradient 30°C/km. Normale Druckzunahme durch lithostatische Gesteinsauflast, etwa 0,285 kbar/km. In 35 km Tiefe (normale Krustendicke): 10 kbar.

Metamorphose beginnt ab ca. 200 °C, der Bereich darunter ist der der Diagenese. Bei 650 °C käme es unter Atmosphärendruck zur Schmelzbildung, die höheren Krustendrucke führen aber zu Umkristallisation.

Wichtig: Metamorphose setzt bei unterschiedlichen Gesteinen unterschiedlich früh ein (Torf wird bereits im Diagenesebereich zu Kohle umgewandelt, Kontaktmetamorphose macht Granit gar nix!)
Und: Metamorphose führt bei den meisten Edukten zu verschiedenen Produkten bei unterschiedlichen P/T Bedingungen (Tonstein → Tonschiefer → Phyllit → Glimmerschiefer → Gneis), andere Produkte sind P/T unkritisch (Kalkstein → Marmor)

Gefüge: Reliktgefüge: Reste von Gefügemerkmalen der Ausgangsgesteine bleiben oft erhalten bis zu mittleren Metamorphosegraden (z.B. Feldspäte in Augengneisen aus Graniten, Schichtung aus Sandsteinen, deformierte Gerölle aus Konglomeraten.)

Struktur: wichtigstes Strukturmerkmal ist die Neuspaltung von Mineralen (Kristalloblastese) auf Kosten ihrer Umgebung. Die entstandenen Kristalle heißen Blasten.

Textur:

1. **Massig** = richtungslos. Keine bevorzugte Orientierung der Blasten wegen isometrischen Kristallen, z.B. bei Marmor.
2. **Planar** = flächenhaft. Foliation (eine Paralleltextur als Folge duktiler Deformation): Orientierung der meisten Blasten in zwei Dimensionen, meist mit leichter Wellung verbunden, z.B. Amphibolgneis. **Schieferung** ist ein Unterbegriff für engständige Foliation.
3. **Linear** = Orientierung der meisten Blasten in einer Dimension, Stengeligkeit, meist mit Foliation verbunden, z.B. Augengneis.
4. **Fältelung**: kleindimensionierte gewellte und gefaltete Foliation

Metamorphe Minerale:

Zu den von den Magmatiten bekannten kommen typisch metamorphe hinzu. Sie sind häufig für bestimmte Metamorphosebedingungen (P, T, Chemismus) kritisch, d.h. nur unter bestimmten Bedingungen stabil. Durch Mineralreaktionen gehen sie in andere über.
Chlorit-Gruppe, Talk, Epidot, Chloritoid, Aktinolith (langstengeliger Amphibol), Omphazit (ein dunkelgrüner Pyroxen), Staurolith, Cordierit, Granate, Alumosilikate (Andalusit, Disthen, Sillimanit)

Regional-Metamorphose:

Großräumig, meist durch tektonische Bewegungen (P,T, Gebirgsbildung). Lithostatischer Druck allein reicht nicht, es kommen horizontale Drücke hinzu. Anchimetamorphose: schwache Metamorphose im Übergang von der Diagenese, besonders bei tonigen Gesteinen → **Tonschiefer**. Ultrametamorphose: höchstgradige Metamorphose, bei der es bereits zur teilweisen Aufschmelzung (Anatexis) kommt → **Migmatite**.

Kontakt-Metamorphose:

Kleinräumige durch Aufheizung (T!, thermische Umkristallisation) vorhandener Gesteine durch angrenzende magmatische Intrusivkörper. Die Stärke der Metamorphose nimmt konzentrisch um den Herd ab. Gesteine sind die **Hornfelse** und **Knotenschiefer**.

Dislokations-Metamorphose:

Kleinräumig durch mechanische Kräfte an tektonischen Bewegungsbahnen (P!, Störungen). Meist auch unter Bildung von Reibungswärme. **Kataklasite**: tektonische Brekzien in geringer Krustentiefe, Verfestigung durch Zemetation. **Mylonite**: tektonische Brekzien in größerer Krustentiefe (plastische Deformation) mit Rekristallisation.

Metamorphose-Zonen:

Epizone: schwachmetamorph. Minerale: Serizit (feinkörniger Muskowit) Chlorit, Talk, Albit → Gesteine z.B. Tonschiefer, Phyllit.

Mesozone: mittelmetamorph. Minerale: Muskowit, Biotit, Hornblende, Disthen, Staurolith → Gesteine z.B. Glimmerschiefer, Gneis, Amphibolit.

Katazone: hochmetamorph. Minerale: Biotit, Hornblende, Pyroxen, Pyrop (ein Granat), Sillimanit, Spinell → Gesteine z.B. Gneis, Granulit, Eklogit.

Metamorphose-Fazies:

Einteilung der Metamorphite nach bestimmten P/T Feldern. In ein Feld können sehr unterschiedliche Gesteine fallen, je nach Ausgangszusammensetzung. Ermittlung der Felder empirisch (Mineralzusammensetzung = Paragenese) oder experimentell (Mineralreaktion). Bestimmte Minerale sind fazieskritisch, d.h. in einem P/T Feld stabil (Index-Minerale).

Zeolith-Fazies und Prehnit-Pumpellyit-Fazies: Niedrigstgradige Fazies, manchmal mit den o.a. Mineralen. z.B. Tonschiefer.

Grünschiefer-Fazies und Epidot-Amphibolit-Fazies: Niedrig- und mittelgradige Fazies. Typische Minerale: Chlorit, Serizit, Chloritoid. z.B. Phyllit, Grünschiefer. Bei der Epidot-Amphibolit-Facies wird Hornblende, Epidot und Almandin (Granat) gebildet: z.B. feinkörniger Amphibolit.

Amphibolit-Fazies: Hochgradige Fazies. Typische Minerale: Staurolith, Biotit, Hornblende etc. Index Minerale sind die Alumosilikate Andalusit, Disthen, Sillimanit.

Granulit-Fazies: Höchstgradige Fazies, trockene Systeme. Typische Minerale: Granat, Pyroxen, Sillimanit, kein Muskowit – z.B. Granulit, Charnockit

Blauschiefer-Fazies: Niedriggradige Hochdruckfazies, besonders an Subduktionszonen. Typische Minerale: Glaukophan (ein Amphibol), Granat etc. z.B. Blauschiefer.

Eklogit-Fazies: Hochgradige Hochdruckfazies. Typische Minerale: Granat, Omphazit (Pyroxen) – z.B. Eklogit.

Auswahl regionalmetamorpher Gesteine:

Quarzit:

Edukt: Quarz-Sandstein, Quarz-Konklomerat

Mineralbestand: v.a. Quarz

Kennzeichen: meist hell, feinkörnig, hart (ritzt Messer), massig, Reliktgefüge häufig

Metamorphosebedingungen: unkritisch, in allen Fazies stabil

Marmor:

Edukt: Kalkstein, Dolomitstein

Mineralbestand: v.a. Calcit, Dolomit

Kennzeichen: meist hell, z.T. schlierig bunt, mittel- bis grobkörnig, meist massig; Messer ritzt

Metamorphosebedingungen: unkritisch, in allen Fazies stabil

Tonschiefer:

Edukt: Tonstein, toniger Siltstein

Mineralbestand: Tonminerale (Illit, Chlorit), Quarz u.a.

Kennzeichen: dunkel, seidiger Glanz durch straff geschieferte Tonmineralplättchen

Metamorphosebedingungen: Zeolithfazies, anchimetamorph

Phyllit:

Edukt: wie bei Tonschiefer

Mineralbestand: v.a. Serizit (feinkörniger Muskowit), Chlorit, Quarz, keine Tonminerale

Kennzeichen: feinkörnig, wellige Schieferung, Farbe wechselnd, seidiger Glanz.

Metamorphosebedingungen: niedrige Grünschieferfazies

Grünschiefer:

Edukt: basische Magmatite, bestimmte Mergel

Mineralbestand: Chlorit, Epidot, Albit, Aktinolith

Kennzeichen: feinkörnig, grünlich, Foliation bis Schieferung

Metamorphosebedingungen: Grünschieferfazies

Serpentinit:

Edukt: ultrabasische Magmatite

Mineralbestand: Serpentin, z.T. Olivin und Pyroxen des Edukts

Kennzeichen: stark dunkelgrün, oft seidiger Glanz, feinkörnig, massig bis geschiefert

Metamorphosebedingungen: Grünschieferfazies bis niedrige Amphibolitfazies

Glimmerschiefer:

Edukt: tonig-sandige Sedimente

Mineralbestand: meist mit Quarz, Muskowit und Biotit – u. a.

Kennzeichen: grobschuppig, gute Schieferung, Glimmer glänzt auf den Flächen. Viele Varianten

Metamorphosebedingungen: höhere Grünschieferfazies bis niedrige Amphibolitfazies

Gneis:

Edukt: sehr variabel, klastische Sedimente (Paragneise), Granitoide (Orthogneise)

Mineralbestand: Feldspat (Mikroclin u. Periklas), Quarz, Glimmer, Alumosilikate je nach P/T a.a.

Kennzeichen: Foliation, häufig mit Lineation (Augengneise)

Metamorphosebedingungen: Amphibolitfazies

Amphibolit:

Edukt: basische Magmatite (Ortho-A.), bestimmte Mergel (Para-A.)

Mineralbestand: Hornblende, Plagioklas, Granat, kein Epidot !

Kennzeichen: dunkel, oft feinkörnig, stengelig

Metamorphosebedingungen: Amphibolitfazies

Granulit:

Edukt: sehr variabel, saure bis basische Magmatite, Mischsedimente (Arkosen, lithische Wacken)

Mineralbestand: Feldspat, Quarz, Granat, Sillimanit, Cordierit, kein Muskowit !

Kennzeichen: ähnlich Gneis, straffe Foliation, meist mittelkörnig.

Metamorphosebedingungen: Granulitfazies (höchste T.) Keine Aufschmelzung wegen des fehlenden Wassergehalts.

Eklogit:

Edukt: basische Magmatite

Mineralbestand: Granat (Almandin), Pyroxen (Omphazit)

Kennzeichen: massig, meist grobkörnig, dunkelgrün (Omphazit) mit rötlichen Flecken (Granat)

Metamorphosebedingungen: Eklogitfazies (höchstes P/T). Keine Aufschmelzung wegen geringen Wassergehalts und hohen Drucks, besonders an Subduktionszonen

Blauschiefer:

Edukt: basische Magmatite

Mineralbestand: Glaukophan (ein blauer Amphibol, deshalb auch Glauophanschiefer), Edidot, Calcit,

Muskowit, Granat, Disthen etc.

Kennzeichen: blaue Farbe, Foliation ähnlich Gneis

Metamorphosebedingungen: Blauschieferfazies besonders an Subduktionszonen

Migmatite:

Edukt: sehr variabel, meist intermediäre Gneise

Mineralbestand: variabel wie in Gneisen

Kennzeichen: Hell-Dunkel-Foliation durch Anatexis (Teilaufschmelzung): die hellen Minerale werden geschmolzen und reichern sich in Bändern an (Leukosom); die ungeschmolzenen Dunkelminerale bilden das Melanosom.

Metamorphosebedingungen: Granulitfazies und mehr, Anatexis durch Wassergehalt.

Kalkkalfelse:

Edukt: tonig-siltige Kalksteine

Mineralbestand: Diopsid (ein Cpx), Granat, Calcit, Wollastonit, Quarz

Kennzeichen: sehr variabel, z.T. sehr bunt

Metamorphosebedingungen: Amphibolitfazies, aber auch variabel

Sedimentite:

Zu den Sedimentgesteinen gehören die Sandsteine, Tonsteine, Kieselgesteine, sowie die Kalksteine, die getrennt behandelt werden, die Phosphorite, Evaporite (Salzgesteine) und Kaustobiolithe (organogen: Torf und Kohlen). Sie sind i.d.R. die Produkte der verschiedenen Prozesse physikalischer (mechanischer) und chemischer Verwitterung mit anschließendem Transport durch Wind und Wasser und Ablagerung. Die Sedimentgesteine bedecken 70% der Erdoberfläche, haben aber nur wenig Anteil am Volumen der Erdkruste.

Siliklastische Sedimentgesteine:

Sedimentgesteine, die aus der Verwitterung (klastisch = zerbrechen) silikatischer oder quarzreicher Gesteine wie Magmatite, silikatische Metamorphite oder ältere Sedimentite hervorgehen. Auch Siliziklastika, Klastika oder Sedimentite.

Daraus entstehen z.B. Tonsteine, Sandsteine, Konglomerate etc.

Verwitterung: Zersetzung und Auflockerung bestehender Ausgangsgesteine (alle Gesteine möglich) unter den Bedingungen der Erdoberfläche. Dabei können physikalische Kräfte (Temperaturwechsel, Frost- und Salzdruck) die Gesteinsporen sprengen oder Körper aus ihrem Verband reißen (Erosion durch strömendes Wasser). Chemische Prozesse (z.B. aggressive Grundwasser) führen zur Auflösung oder Umwandlung von Mineralen. Daraus entstehen zunächst die Böden. Die Art der Verwitterung ist stark von Ausgangsgestein und Klima abhängig, außerdem von Relief, Exposition etc.

Mineralneubildung: die wichtigsten Verwitterungsneubildungen sind die Tonminerale (sehr kleine Schichtsilikate, also blättchenförmig), die sich unter dem Einfluß von Poren- und Grundwasser bilden (z.B. Kaolinit aus hellen Silikaten, Smektit und Chlorit aus dunklen Silikaten, Serpentin aus Olivin). Aus Fe- und Al-reichen Mineralen können bei Weglösung von Quarz Hämatit, Goethit und Gibbsite entstehen.

Mineralrückstände: Quarz als häufigstes Rückstandsmineral ist meist ebenso verwitterungsstabil wie die sog. **Schwerminerale** (seltener Mineralen wie Zirkon, Rutil, Turmalin) und wird nur zerkleinert und gerundet. Bei vorwiegend mechanischer Verwitterung von Magmatiten können die Feldspäte (auch Glimmer) mit dem Quarz als Komponenten verfrachtet werden; daraus entstehen Arkosen. Geringe Verunreinigungen durch ältere Tonminerale reichern sich bei der chemischen Lösung von Kalkstein als Rückstandston an.

Erosion und Transport: Die lockeren Verwitterungsprodukte können durch Wasser (Flüsse, Gezeiten und Strömungen im Meer), Eis (Gletscher), oder durch den Wind (äolische Sanddünen, Löß) aus ihrem Verband heraus gerissen (erodiert) und verfrachtet (transportiert) werden. Beachte: je kleiner ein erodierter Partikel, desto leichter ist es zu transportieren (Ton am besten); das Erosionsoptimum liegt aber im Bereich des Silts (siehe Korngrößen), weil Tonpartikel als Schichtsilikate starke Kohäsion zeigen → siehe Hjulström Diagramm.

Sedimentation: Ablagerung der transportierten Partikel dort, wo die Energie des Transportmediums nicht mehr zur Weiterverfrachtung ausreicht. Grobe Komponenten werden als erste sedimentiert, Ton am Schluß.

Diagenese: mechanische und chemische Prozesse, die unter erdoberflächennahen Bedingungen (bis ca. 200°C) in Sedimenten, also nach Ablagerung ablaufen. Durch Setzung des Sediments (Kompaktion durch Auflast) und erneute Mineralbildung (Zementation, z.B. durch Calcit, Quarz, Tonminerale, Hämatit, bestimmte Feldspäte u.v.a.) wird der Porenraum verkleinert und das Lockergestein verfestigt.

Gefüge:

Sedimentgesteine lassen sich nach einer ganzen Reihe gefügekundlicher Merkmale untersuchen. Dabei werden die Begriffe „Struktur“ (Korngröße, Kornform, Sortierung, Rundung, Sphärizität, Kornkontakte, Komponenten-Matrix-Verhältnis, Porösität) und „Textur“ (Sedimentstrukturen) teilweise unsauber verwendet. Für die einzelnen Untersuchungen sind häufig mikroskopische Untersuchungen am Gesteinsdünnschliff nötig. Mit den beiden Gefügebegriffen „Korngröße“ und „Komponenten-Matrix-Verhältnis“ sind zugleich Klassifikation der klastischen Sedimentgesteine verbunden.

Korngröße:

Grundlegender Parameter. Klassierung nach verschiedenen

Verfahren: Lockergesteinsnamen

Ton: < 0,002 mm

Silt / Schluff: 0,002 – 0,063 mm ; Gesteinsmehl, Typisches Vorkommen als Löß.

Sand: 0,063 – 2 mm

Kies und Schotter: 2 – 63 mm. Kies besteht aus gerundeten, Schotter aus kantigen Komponenten.

Blöcke: > 63 mm

Komponenten und Matrix:

Entsprechend den Magmatiten wird auch bei den Sedimentiten zwischen einer feinerkörnigen Matrix und deutlich kröberen Komponenten unterschieden. Dabei muß eine Matrix nicht automatisch feinkörnig sein. Bsp: Muschelschalen und Gesteinsbruchstücke in einer Matrix aus Ton, Gesteinsblöcke in einer Matrix aus Sand und Feinkies.

Matrixgestützt heißt ein Gefüge, wenn sich die Komponenten in den Matrix nicht berühren, als gleichsam in dieser schwimmen !

Komponentengestützt heißt ein Gefüge, wenn sich die Komponenten berühren, als dichtgepackt liegen. Dabei spielt es keine Rolle, ob in den Zwischenräumen Matrix ist oder ob sie matrixfrei ist.

Gesteinsklassifikation mit dem Matrix-Prima von DOTT bezogen auf feinkörnige Matrix: die Ecken der Dreiecke sind die wichtigsten Komponenten: Quarz, Feldspäte, Gesteinsbruchstücke, auf der Primenachse ist der Matrixanteil abgetragen.

Arenite: Matrixfreie bis matrixarme (bis 15%) Siliziklastika. **Quarzarenite** oder **Quarzsandstein** (quarzreiche Gesteine), **Arkosen** oder arkosische Sandsteine, **Litharenite**

Wacken: Matrixhaltige (15-75%) Siliziklastika. **Quarzwacken**, **feldspatführende Wacken**, **lithische Wacken**.

Pelite: Siliziklastika, die überwiegend aus Matrix bestehen (>75%)

Beschreibung weiterer Komponenten: enthält ein Sedimentit weitere Komponenten außer den beschriebenen, kann man sie dem Gesteinsnamen als Attribut begeben. Als zusätzliche Komponenten kommen alle in Frage, die bei den Karbonaten besprochen werden (Ooide, Schalen).

Kornform: Verschiedene Materialien neigen bei der Verwitterung und dem Transport zu bestimmten Kornformen: z.B. Quarz isometrisch-rund, Muschelschalen plattig, Turmalin bleibt stengelig.

Sortierung: Bezieht sich auf die Gleich- oder Unförmigkeit eines Sedimentits. Sind die Komponenten alle +/- gleichgroß, ist das Gestein gut sortiert. Bei Mischung verschiedener Korngrößen nimmt die Sortierung ab.

Rundung und Sphärizität:

Rundung: ist der Grad, in dem ein frisch verwittertes, unregelmäßiges Korn beim Transport seine Ecken und Kanten verliert, sie kann damit ein Maß für die Transportweite sein.

Sphärizität: ist die Annäherung an eine kugelige Idealform, die bestimmte Komponenten beim Transport erfahren können Bsp.: Quarz. Dagegen wird ein Glimmer nie zu guter Sphärizität gelangen!

Porösität:

Ein idealer Sand (runde Kugeln) hat eine Ausgangsporösität von 40 – 50 %, Ton sogar von 60 – 80 %. Bei einer Auflast von 500 m Gestein sind beide Sedimente auf eine Porösität von 30 – 45 % verdichtet (Ton kompaktiert stärker als Sand !). Bekanntlich sind aber Sande besser wasserdurchlässig (permeabel) als Tone; das liegt ab der Oberflächenspannung des Wassers, das durch die kleinen Tonporen nicht hindurchströmen kann. Die Porösität wird durch die Bildung von Zementen (Calcit, Tonminerale etc.) weiter verringert. Die Kenntnis der Porösität und Permeabilität spielt bei der wasser- und Ölerkundung eine große Rolle. Die optische Untersuchung liegt im mikroskopischen Bereich.

S e d i m e n t s t r u k t u r e n:

Sedimentstrukturen sind u.a. das Ergebnis von Transport und Ablagerungsprozessen von Sediment. Der einfachste Fall ist die *Schichtung*. Eine Schicht ist eine sedimentäre Einheit die unter meist gleichbleibenden Bedingungen abgelagert wurde. Eine Schicht wird von Schichtfugen von der nächsten getrennt, an denen ein Materialwechsel auftritt. Sie kann in sich wieder von Lagen aufgebaut sein. Die Art der Schichtung hängt vom transportierten Material und von der Strömungsenergie ab (Funktion von Korngröße, Strömungsgeschwindigkeit und Wassertiefe).

Ton und Silt sind parallelgeschichtet (laminiert), weil sie aus der Trübe ausfallen. Sand und Kies können schräg-, parallel- oder ungeschichtet sein, je nach Strömungsenergie. Gradierung ist kontinuierliche Korngrößenab- oder zunahme innerhalb einer Schicht. Schrägschichtung erzeugt an der Oberfläche typische Rippeln.

Bioturbation ist das Durchwühlen von Sedimenten durch Organismen (Würmer, Muscheln, Krebse, Pflanzenwurzeln). Bestimmte Spuren, die dabei entstehen können, sind charakteristisch und haben Namen. Die ursprüngliche, abiogen erzeugten Strukturen können dabei völlig zerstört werden.

Ablagerungsräume:

Alle genannten Sedimentgesteine können in fast allen Ablagerungsräumen entstehen. Deshalb werden sie nach ihrer genetischen Stellung beschrieben: terrestrisch (Festland), marin (Meer), fluviatil (Flüsse), alluvial (Schutfächer), limnisch (Seen), äolisch (Wind), glazial (Gletscher), deltaisch (Delta), tidal (Watt), neritisch (flaches Meer), pelagisch (offenes Meer) etc.

Weitere Sedimentgesteine (außer Karbonate):

Cherts: - Kieselgesteine – bestehen aus feinkörnigem Quarz (+ Opal + Chalcedon). Sie entstehen heute auf Ozeanböden durch hohe Konzentration kieseligen Planktons (v.a. Radiolarien, dann Radiolarit), können aber auch auf chemische Fällung zurückgehen. Kieselschiefer (Lydit): Cherts, in denen die Diagenese die Radiolarien weitgehend zerstört hat; sehr zäh, splintern muschelrig und man erkennt meist wenig. Tauchen Bruchstücke von Cherts in siliziklastischen Gesteinen auf, werden sie zum Quarz gerechnet (DOTT Prisma).

Phosphorite: Sammelname für phosphatreiche Gesteine (tonig oder kalkig). Ebenfalls dunkel, aber weicher als Cherts. Phosphorit oft als Knollen in Peliten.

Evaporite: - Eindampfungsgesteine – Entstehen durch Eindampfung von wäßrigen Lösungen (z.B. extreme Konzentration von Meerwasser) oder durch Diagenese. Dazu gehören Salzgesteine (Minerale: Steinsalz NaCl, Sylvit KCl u.a.) und Gipssteine (Minerale: Gips CaSO₄). Die meisten Salzgesteine, die insbesondere in Niedersachsen abgebaut werden, sind indes eigentlich Metamorphite: sie sind schon unter geringen P/T-Bedingungen deformierbar (vgl. Salzstöcke) und zeigen Kristalloblastese.

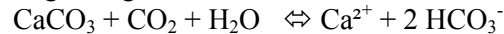
Kaustobiolithe: (Kohlen i.w.s.) – Gesteine, die überwiegend aus den Resten pflanzlicher Substanz aufgebaut sind: Torf, Braunkohlen, Steinkohlen, Anthrazit. Da die Kohlen bei P/T-Bedingungen entwässern, entgasen und Mineralreaktionen zeigen, bei denen die umgebenden Siliziklastika nur den Bedingungen der Diagenese unterliegen, sind auch sie eigentlich Metomorphite. Die Kohlenminerale heißen *Mazerale*.

Karbonate (Kalksteine u.a.):

Karbonate sind Gesteine, die überwiegend aus Partikeln der Minerale Calcit und Aragonit bestehen. Merkmale: mit Taschenmesser ritzbar, verdünnte Salzsäure bewirkt Brausen (CO₂ wird frei). Das meiste Karbonat entsteht durch Organismen, die Kalkkrusten ausfällen (z.B. Bakterien, Algen) oder Schalen bauen (z.B. Muscheln, Schnecken, Korallen). Durch Erosions- und Transportvorgänge wird aus diesen Krusten und Skeletten Kalkschutt und Kalkschlamm. In besonderen Fällen kann Kalk auch (wie Evaporite) aus übersättigten Lösungen chemisch gefällt werden. Deshalb und weil die Erosion von Kalk meist mit Lösung verbunden ist, werden Karbonate als chemische Sedimente bezeichnet.

Verwitterung: bei der Verwitterung von Karbonaten auf dem Land spielt Verkarstung die Hauptrolle, also die Kalklösung durch saure (CO₂-reiche), kalkuntersättigte Wässer gemäß der Gleichung:

Kalkfällung erfolgt demnach durch Umkehr der Gleichung.



Karbonatminerale: Drei Minerale sind wichtig: Calcit, Aragonit, Dolomit. Die meisten marinen wirbellosen Organismen und Algen bauen ihre Skelette aus Aragonit, einige aus Calcit.

Diagenese: Bei der Verfestigung von Karbonatsediment entstehen meist Calcit- oder Aragonit-Zemente, die häufig typische Formen besitzen und über das Bildungsmilieu (Süß-, Salzwasser) Aufschluss geben können. Die Diagenese von Karbonaten erfolgt viel schneller als bei Siliziklastika, weil Karbonatminerale gut löslich und kristallisationsfreudig sind. Aragonit ist nur bedingt stabil und wird bei der Diagenese aufgelöst. Aragonitische Schalen werden dadurch zum Hohlraum, in dem sich Calcit-Zement bildet. Beide können sich diagenetisch durch Magnesium-Aufnahme unter Volumenverringern in Dolomit umwandeln.

Mikrit und Sparit: Die Karbonatmatrix besteht i.d.R. aus feinem Kalkschlamm, der in verfestigtem Zustand Mikrit genannt wird. Bei matrixfreien Karbonaten wird der Porenraum während der Diagenese oft zuzementiert, der Zement generell als Sparit bezeichnet.

Komponenten:

Bioklasten: alle überlieferbaren Organismenreste (Fossilien), also Skelette, die meist in zerbrochenem Zustand erhalten sind. Z.B.

Schalen: Muscheln, Brachiopoden, Ostracoden (Muschelkrebse)

Gehäuse: Schnecken, Ammoniten (Tintenfischverwandte), Foraminiferen, Seeigel.

Sonstige Skelette: Korallen, Schwämme, Crinoiden

Algen: einzellige Algen (Plankton) wie Coccolithen, vielzellige Algen (Grünalgen, Rotalgen etc.)

Lithoklasten: meist karbonatische Gesteinsbruchstücke. Oft im gleichen Ablagerungsraum aufgearbeitet und wieder sedimentiert.

Ooide: runde, konzentrische Körper bis Sandkorngröße einschließlich. Die einzelnen Lagen sind gleichdick. Entstehen im bewegten Flachwasser, wenn sich um Kerne (Quarzkörner, Schalentrümmer) Karbonatkristalle bilden. Gesteine oft einfach Oolithe genannt.

Onkoide: runde, konzentrische Körper bis mehrere Dezimeter Durchmesser, ungleichdicke Lagen, Kerne beliebig (Quarz, Ltho-, Bioklasten). Die Bildung wird meist durch Kalkschlammfällung von Bakterien verursacht, die Onkoide werden beim Wachstum edisodisch gedreht. Auch andere Organismen können Onkoide bilden (spezielle Muscheln, Foraminiferen). Gesteine oft einfach Onkolithe genannt.

Stromatolithen: lagige Gesteine durch die Kalkschlammfällung von Bakterienmatten. Bilden die wichtige Gruppe der Loferite (Mattenkalke).

Peloide: karbonatische Kotpillen, also Exkreme. +/- runde, sandige korngroße Komponenten. Z.T. auch andere Entstehung (kleine Lithoklasten oder diagenetisch).

Klassifikation:

Korngrößen-Nomenklatur: Nur für detritische Kalke (also solche mit Klasten), siehe Kapitel „Klastische Sedimentgesteine“.

Folk-Nomenklatur: Beschreibung eines Karbonats nach Komponenten und Matrix JA/NEIN.

Sparit: matrixfrei Mikrit: matrixhaltig

Komponenten: Bioklasten, Ooide, Peloide, Lithoklasten (hier als Intraklasten).

Namensgebung durch Kombination: z.B. Oosparit, Bio-Pelmikrit.
Matten- und Korallenkalke werden Biolithite genannt.

Dunham-Nomenklatur:

Beschreibung eines Karbonats nach Packungsdichte und Matrix JA/NEIN.

Mudstone: komponentenfreier bis –armer (<10 %) Mikrit.

Wackestone: komponentenarmer (bis ca. 40-50%) Mikrit, matrixgestützt.

Packstone: komponentenreicher Mikrit, komponentengestützt.

Grainstone: komponentengestützter Kalk, matrixfrei (entspricht einem Sparit bei Folk)

Bei deutlichem Anteil von größeren Komponenten (mehr als 10% größer als 2 mm; z.B. Lithoklasten, Riffschutt) werden eigene Begriffe benutzt:

Floatstone: matrixgestützt (entspricht also Mud- und Wackestone).

Rudstone: komponentengestützt (entspricht Pack- und Grainstone).

Die Biolithite werden als Boundstones (mit am Ort gewachsenen Organismen) bezeichnet. Dabei sind:

Bafflestone: Boundstone mit sedimentfangenden Organismen (z.B. verzweigte Korallen, Schwämme, Röhrenwürmer)

Bindstone: Boundstone mit sedimentbindenden Organismen (z.B. Bakterien- und Algenmatten)

Framestones: Boundstone mit gerüstbildenden Organismen (z.B. Hirnkorallen, Stromatoporen).

Dolomit: bezeichnet sowohl ein Mineral, als auch ein Gestein. Er bildet sich diagenetisch aus Kalksteinen. Häufig bei alten Karbonaten. Übergänge zu Kalkstein möglich. Meist gelblich, zuckerkörnig. Mit verdünnter Salzsäure sprudelt Dolomit sehr schwach (Unterscheidung zu Kalkstein)

Mergel: sind Gemische aus Kalkstein und Ton in allen Mischungsverhältnissen. Weicher als Kalkstein, oft beige.

Lumachelle: Besondere Form eines Rudstone (Biomikrit oder sparit) mit stark angereicherten Schalen. Auch Schalenrümmerkalk. Oft als Zusammenschwemmung nach Stürmen im Meer.

Travertin (Tufa): Süßwasserkalk, der beim Quellaustritt Hydrogenkarbonat-reicher Wasser durch Kalkausfällung entsteht. Bakterienbeteiligung möglich. Meist aus Calcit, gelbbraun, laminiert, porös. Bsp: Cannstatter Travertin. In diesem Zusammenhang auch Tropfsteine als Höhlenbildungen mit ähnlicher Entstehung.

Ablagerungsräume: Kalksteine bilden sich in den verschiedensten Ablagerungsmilieus. Auf flachen Karbonatplattformen entstehen im Flachwasser Riffe, Schwellen und Mattenflächen mit Korallen- und Mattenkalken, Oolithen, Onkolithen. Im tieferen Wasser lagern sich Mikrite ab. All diese (bis auf Korallenkalke) gibt es auch in Seen, dazu Travertin.