

# Kristallographie, Mineralogie, Petrographie

---

---

Petrographie: Vorkommen, Eigenschaften, Entstehung und Bildungsbedingungen von Gesteinen.  
Mineral: natürlicher, anorganischer, makroskopisch homogener Bestandteil der Erde. Mineralien sind Kristalle oder amorphe Substanzen.

- Kristall: Anisotropie (unterschiedliche physikalische Eigenschaften in unterschiedlichen Richtungen, z.B. Lichtbrechung, Härte, Farbe,...). Periodische Anordnung der Bausteine
- Amorphe Substanz: Isotropie (gleiche Eigenschaften in alle Richtungen)

Gestein: Aggregat aus Mineralien

- monomikt: eine einzige Mineralart
- polymikt: mehrerer Mineralarten

## I. Kristallographie

---

---

Kristallographie: Studium von Atomanordnungen und innerer/äusserer Symmetrie. In Kristallen 3-dimensional periodische Anordnung.

### I.1 Kristallstruktur

---

Ist räumliche Anordnung der Bausteine eines Kristalls (Atome, Ionen, Moleküle) unter Berücksichtigung der relativen Grösse.

### I.2 Translationsgitter

---

Mathematisches Modell der Periodizität der Struktur. Ein Translationsgitter entsteht durch Translation einer Elementarzelle (kleinste Einheit eines Kristalls mit dem Bauplan für den Gesamtkristall) in alle Raumrichtungen. Translation = Symmetrieoperation:

Verschiebungsvektor  $\vec{r} = u\vec{a} + v\vec{b} + w\vec{c}$

### I.3 Symmetrie an 2-dimensionalen Punktgittern: 2, 3, 4, 6, m

---

5 mögliche Translationsgitter (2-dim):

- schiefwinklig primitiv: keine Vorgaben
- rechtwinklig primitiv: Winkel = 90°
- rechtwinklig zentriert: a = b
- quadratisch primitiv: Winkel = 90°, a = b
- hexagonal primitiv: Winkel = 120° und = 60°, a = b

primitiv: Atome nur in Ecken (→ ein Gitterpunkt), zentriert: Atome auch in Zentrum der Zelle

### I.4 Die 14 Bravais-Gitter

---

Stapelung der identischen zweidimensionalen Translationsgitter → Bravais-Gitter:

- triklin: keine Bedingungen (nur primitiv)
- monoklin:  $\alpha = \gamma = 90^\circ$  (primitiv und basisflächenzentriert)
- orthorhombisch:  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$  (primitiv, basisflächenzentriert, innenzentriert und alle Flächen zentriert)
- tetragonal: a = b,  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$  (primitiv und innenzentriert)
- trigonal: a = b,  $\alpha = \beta = 90^\circ$ ,  $\gamma = 120^\circ$  (primitiv und alles zentriert)
- hexagonal: a = b,  $\alpha = \beta = 90^\circ$ ,  $\gamma = 120^\circ$  (nur primitiv)
- kubisch: a = b = c,  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$  (primitiv, innenzentriert und alle Flächen zentriert)

## I.5 Netzebenen, Miller'sche Indizes, Flächen

---

Netzebenen: durch mehr als zwei nicht kollineare Punkte gegeben → durch Miller'sche Indizes beschrieben (nur bestimmte Orientierungen und Winkel möglich):

1. Entfernung Nullpunkt – Achsendurchstosspunkt

$$\vec{a} = m, \vec{b} = n, \vec{c} = p$$

2. m, n, p teilerfremd machen → Weiss'sche Parameter
3. ganzzahlige, teilerfremde, reziproke Werte der Weiss'schen Parameter sind Millersche Indizes (in Klammern geschrieben, negative Werte über der Zahl geschrieben).

## I.6 Das Gesetz der Winkelkonstanz

---

Bei verschiedenen Individuen derselben Kristallart bilden die gleichen Flächen stets die gleichen Winkel (→ Materialkonstanten).

## I.7 Flächen, Kanten, Zonen

---

Miller'sche Indizes für Kristallflächen und Netzebenen.

Auch Kristallkanten haben Indizes.

Zone: alle Flächen, die sich in parallelen Kanten schneiden, bilden eine Zone mit Zonenachse, die senkrecht zur Normalen aller Flächen steht (Indizes der Zonenachse: [uvw] = Koordinate, die vom Ursprung in Richtung Zonenachse als erster erreicht wird).

$$\frac{1}{OA} : \frac{1}{OB} : \frac{1}{OC} = \cos \alpha : \cos \beta : \cos \gamma$$

## I.8 Bestimmung des Achsenverhältnisses

---

Winkel zwischen der Flächennormalen der Einheitsfläche (111) und den drei kristallographischen Achsen:

$$a : b : c = \frac{\cos \beta}{\cos \alpha} : 1 : \frac{\cos \beta}{\cos \gamma}$$

## I.9 Hexagonale Indizes

---

Keine Angaben

## I.10 Symmetrioperationen I. und II. Art

---

Alle Deckoperationen sind Symmetrioperationen.

I. Art: rechte Hand → rechte Hand (Drehung, Translation)

II. Art: rechte Hand → linke Hand (Spiegelung, Inversion)

### I.10.1 Drehung

Symmetrieelement: Drehachse mit Zähligkeit  $X = 360^\circ/\varepsilon$  ( $\varepsilon$  = Drehwinkel)

Es gibt 1, 2, 3, 4 und 6-zählige Drehachsen und nichts anderes.

### I.10.2 Spiegelung

Symmetrieelement: Spiegel- oder Symmetrieebene

Symbol: m

### I.10.3 Inversion

Symmetrieelement: Symmetrie- oder Inversionszentrum

Symbol: i

### I.10.4 Drehinversion

Neben Spiegelung heute in Kristallographie hauptsächlich angewandt. Zähligkeiten: 1, 2, 3, 4 und 6.

### I.10.5 Andere

Durch Koppelung: Drehspiegelung, Schraubung, Gleitspiegelung

## I.11 Die 32 Kristallklassen

---

Keine Angaben

## I.12 Koordinationspolyeder, Kugelpackungen

---

Koordinationszahl KZ: Zahl der nächsten Nachbarn (gleicher Abstand vom Zentralatom).

Koordinationspolyeder: je nach Radienverhältnis  $r_X/r_A$

( $r_X$  = Zentralkationradius,  $r_A$  = Anionradius).

- KZ 3:  $r_X/r_A = 0.155$ , Dreieck
- KZ 4:  $r_X/r_A = 0.225$ , Tetraeder
- KZ 6:  $r_X/r_A = 0.414$ , Oktaeder
- KZ 8:  $r_X/r_A = 0.732$ , Würfel
- KZ 12:  $r_X/r_A \sim 1$ , Kuboktaeder

Dichteste Kugelpackungen:

- hexagonal dichteste Kugelpackung: 1, 2, 1, 2...
- kubisch dichteste Kugelpackung: 1, 2, 3, 1, 2, 3...

bei n Kugeln: n Oktaederlücken und 2n Tetraederlücken

## II. Mineralogie

---

---

### II.1 Vorbemerkungen

---

Zwei Kriterien zur Unterteilung:

1. Chemismus
2. Struktur (v. a. in grossen Gruppen)

Weitere Kriterien für einzelne Mineralien: Ritzhärte, Spaltbarkeit, Aggregatsform, Glanz, Farbe, Habitus (Gesamtgestalt), Tracht (Formen).

Mischkristalle: Substitution (auch gekoppelte).

Isomorphie: Mischkristalle gleiche Gestalt und Struktur wie Endglieder

### II.2 Silikate

---

$\text{SiO}_4$ -Tetraeder in verschiedenen Kombinationen.

#### II.2.1 Inselsilikate

Isolierte  $\text{SiO}_4$ -Tetraeder

- Olivingruppe: orthorhombisch, gelblich bis dunkelgrün, isomorphe Mischreihe
  - *Forsterit*  $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$
  - *Fayalit*  $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$
- *Zirkon*  $\text{Zr}[\text{SiO}_4]$ : tetragonal, härter als Quarz, braun, braunrot
- Granatgruppe: Mischreihe  $\text{R}^3\text{R}''_2[\text{SiO}_4]_3$  ( $\text{R}'' = \text{Ca, Mg, Fe, Mn}$ ;  $\text{R}''' = \text{Fe, Al, Cr, Ti}$ ),  
kubisch
  - *Grossular* (CaAl): hell rotbraun oder weiss
  - *Pyrop* (MgAl): blutrot
  - *Almandin* (FeAl): dunkel rotbraun bis schwarz
- Aluminiumsilikate  $\text{Al}_2\text{SiO}_5$ , isomorphe Mischreihe, Tripelpunkt bei  $550^\circ\text{C}$  und  $\sim 4\text{kbar}$ 
  - *Andalusit*: orthorhombisch, rötlichgrau, graublau, rosa, häufig mit Muskovit
  - *Disthen*: triklin, blau, Anisotropie der Ritzhärte
  - *Sillimanit*: orthorhombisch, Stängelige Aggregate, weisslich
- *Topas*: orthorhombisch, hart, farblos, weissgelb, rosa
- *Staurolith*: braun, häufig verzwillingt und mit Disthen
- *Titanit*: monoklin, gelb, grünlich, braun, rotbraun, häufig Couvertförmig

- *Epidot*: strahlig, langgestreckte Prismen, dunkelgrün, lauchgrün
- *Chloritoid*: tafelig, dunkelgrün bis schwarz
- *Lawsonit*: orthorhombisch, weiss
- *Vesuvian*: gelb, grün, kolophoniumbraun, oft mit Calcit
- *Pumpellyit*: hellgrün bis blaugrün, häufig faserige Kristallaggregate
- *Prehnit*: farblos oder weiss, tafelig

### II.2.2 Ringsilikate

Ringe aus mehreren  $\text{SiO}_4$ -Tetraedern

- *Beryll*  $\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$ : hexagonal, grün, blau, gelb, rötlich
- *Cordierit*  $\text{Mg}_2[\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}]$ : rhombisch, grau, bräunlichblau
- *Turmalin*  $\text{XY}[\text{Si}_6\text{O}_{27}]\text{B}_3(\text{OH}, \text{F})_4$  (X = Na, Ca; Y = Al, Mg, Fe<sup>2+</sup>, Fe<sup>3+</sup>, Li...): trigonal, schwarz

### II.2.3 Ketten- und Bändersilikate

- Pyroxengruppe: Ketten von  $\text{SiO}_4$ -Tetraedern, orthorhombisch/monoklin, Spaltwinkel 87°
  - Orthopyroxene: *Enstatit* – *Bronzit* (aus  $\text{Mg}[\text{SiO}_3]$ - $\text{Fe}[\text{SiO}_3]$ -Mischreihe)
  - Klinopyroxene: - *Augit* (Ca, Mg): dunkelgrün, schwarz
    - *Diopsid* – *Hedenbergit* (Ca, Mg, Fe): flaschengrün
    - *Diopsid* – *Omphazit* – *Jadeit* (CaMg – NaAl)
- Amphibolgruppe: Doppelketten von  $\text{SiO}_4$ -Tetraedern, Spaltwinkel 124°
  - *Hornblende*  $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[\text{Si}_8\text{O}_{22}](\text{OH})_2$ : dunkelgrün, schwarz
  - *Aktinolith* – *Tremolith*: hell-dunkelgrün – weiss, grau, grünlich
  - *Glaukophan*: blau
- *Wollastonit*: monoklin, weiss bis leicht gefärbt

### II.2.4 Schichtsilikate

Zweidimensional verbundene  $\text{SiO}_4$ -Tetraeder.

- Glimmergruppe: monoklin, pseudo-hexagonal, tafelig, blättrig
  - *Biotit*  $\text{K}(\text{Mg}, \text{Fe}^{2+})_3(\text{Al}, \text{Fe}^{3+})\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ : dunkelbraun, -grün, schwarz
  - *Muskovit*  $\text{KAl}_2[\text{Si}_3\text{O}_{10} \text{Al}](\text{OH})_2$ : farblos, bis schwach eingefärbt (silberglänzend = Serizit)
- Chloritgruppe: monoklin, grün, oft schwarz
- *Serpentin*: grünlich, Form wie Chloritgruppe = Antigorit, Chrysotil, Lizardit
- *Talk*: weiss bis lichtgrün, sehr weich

### II.2.5 Gerüstsilikate

Dreidimensional verknüpfte  $\text{SiO}_4$ -Tetraeder.

- Feldspatgruppe: *Orthoklas*  $\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ , *Albit*  $\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ , *Anorthit*  $\text{Ca}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$ ; bilden Mischkristalle: zwischen Ab und Or Mischungslücke (nur bei sehr hohen Temperaturen mischbar), zwischen An und Or gar nicht
  - Alkalifeldspäte: Or/Ab - *Sanidin*: Hochtemperatur (v.a. K)
    - *Mikroclin*: Tieftemperatur (v.a. K)
    - *Albit*: Hoch- und Tieftemperatur (v.a. Na)
    - *Perthit*: Or = Wirt, Ab = Gast
    - *Antiperthit*: Or = Gast, Ab = Wirt, Lamellen
  - Plagioklas: Ab/An - *Albit* (bis 10% An)
    - *Oligoklas* (bis 30% An)
    - *Andesin* (bis 50% An)
    - *Labradorit* (bis 70% An)
    - *Bytownit* (bis 90% An)
    - *Anorthit* (bis 100% An)
- Feldspatvertreter: ärmer an  $\text{SiO}_2$ 
  - *Nephelin* (Na): hexagonal, erscheint eckig im Gestein
  - *Leucit* (K): kubisch, erscheint rund im Gestein
- Zeolithgruppe: wichtig eigentlich nur *Analcim*

### II.2.6 $\text{SiO}_2$ -Familie

Sowohl Silikat, als auch Oxid.

Polymorphie: Dieselbe chemische Verbindung, aber andere Strukturen.

Quarz geht bei 870° in *Tridymit* und bei 1470° in *Cristobalit* über (p = 1bar). Nach Abkühlung z.T. metastabil. Rechts- oder Linksquarze. Polare Achsen → Piezoelektrizität (Druck senkrecht zu c-Achse erzeugt elektrische Spannung)

## II.3 Oxide

---

- *Rutil*: Titanoxid, tetragonal
- *Korund*: Aluminiumoxid, trigonal (rot = Rubin, blau = Saphir)
- *Hämatit*: Eisenoxid, Eisenerz, trigonal
- *Magnetit*: Eisenoxid, magnetisch, kubisch
- *Spinel*: kubisch, unterschiedliche Farben

## II.4 Karbonate

---

- Calcittyp (Radius des Kations <1.06):
  - *Calcit* CaCO<sub>3</sub>: trigonal, Doppelbrechung des Lichts, braust mit HCl
- Aragonittyp (Radius Kation >1.06):
  - *Aragonit* CaCO<sub>3</sub>: orthorhombisch, häufig Zwillinge
- *Dolomit* CaMg[CO<sub>3</sub>]<sub>2</sub>: wie Calcit, braust aber nicht mit HCl

## II.5 Halogenide

---

- *Flussspat*: Calciumfluorid, Fluorit, kubisch (häufig Würfel und Oktaeder), fluoreszierend, alle möglichen Farben
- *Steinsalz*: Natriumchlorid, Halit, kubisch flächenzentriert (Würfel), schmeckt salzig

## II.6 Sulfide

---

- *Pyrit*: Eisensulfid, kubisch, Streifung auf Flächen
- *Bleiglanz*: Bleisulfid, kubisch, Natriumchlorid-Struktur
- *Zinkblende*: kubisch, Diamantstruktur

## II.7 Sulfate

---

- *Gips* CaSO<sub>4</sub>\*2H<sub>2</sub>O: monoklin, Zwillinge
- *Anhydrit* CaSO<sub>4</sub>: orthorhombisch, härter als Gips

## II.8 Phosphate

---

- *Apatit*: hexagonal, sechsseitiges Prisma

## II.9 Elemente

---

- Kohlenstoff: Polymorphie Graphit – Diamant
  - *Graphit*: hexagonal, Sechsering mit vdW-Kräften verbunden, weich, hohe elektrische Leitfähigkeit, bei niedrigem Druck
  - *Diamant*: kubisch, sehr hart, Isolator, Hochdruckmodifikation (min. 50kbar und 1200°C)
- *Schwefel*: orthorhombisch α, monoklin β, jeweils 8 S-Atome
- *Kupfer*: kubisch, dichteste Kugelpackung, meist kompakt oder dendritisch
- *Gold*: kubisch, dichteste Kugelpackung (isotyp (gleiche Struktur) und isomorph mit Kupfer)
- *Quecksilber*: unterhalb -39°C als Mineral, rhomboedrisch

## III. Magmatische Gesteine

---

---

## III.1 Die Verbreitung der magmatischen Gesteine auf der Erde

---

### III.1.1 Kontinentale Kruste

Drei Gruppen:

A: tiefster Krustenbereich, unregelmässige magmatische Körper, *Peridotit-Gabbro-Anorthosit*

B: höheres Niveau, grossräumige, *Norit-Gabbro-Anorthosit*

C: mehrmalige anatektische Aufschmelzung, *Muskovit-Granit* und *Pegmatit*

### III.1.2 Stabile Kontinentalränder

Mit Dehnungstektonik: *basaltische Magmatite* als Basaltergüsse oder Intrusionen (tholeiitisch, leicht alkalisch → Kruste-Mantel-Grenze)

### III.1.3 Horst-Grabenzone

Innerhalb kontinentaler Kruste. Magmen alkalisch mit Spurenelementen in Tiefe:

A: *Alkali-Olivinbasalt* → *Trachybasalt* → *Trachyandesit* → *Trachyt* → *Alkali-Rhyolith*

B: *Olivin-Nephelinit* → *Nephelinit* → *Tephrit* → *Phonolith*

### III.1.4 Kimberlit-Schlote

Serpentinisierte, brekzierte bis mylonitische peridotitische Grundmasse und *Mantelxenolithe* und Mantelminerale. Durch kanonenschussartige Eruptionen entstanden.

### III.1.5 Mittelozeanische Rücken

Teilweise Aufschmelzen der peridotitischen Lithosphäre → Aufstieg der Magma in Magmenkammern, wo Differentiationsprozesse stattfinden (gravitatives Absinken von Olivin, Spinell, Pyroxen → Kumulatlagen) → *intrusive Gabbros*, *basaltische Pillowlava*

### III.1.6 Ozeanische Inseln

*Alkalische Magmen* aus 60 bis 120 km Tiefe. Siehe auch Kapitel weiter hinten.

### III.1.7 Inselbögen

Vorgelagerte Tiefseegräben an Subduktionszone → ozeanische Kruste metamorphosiert, in Tiefen ab 30 bis 150 km Dehydration, was zur Schmelzpunkterniedrigung des Mantels und Aufschmelzen desselben führt. D.h. je nach Tiefenlage: basaltische, wasserhaltige, kalzium- und alkalireiche Magmen.

### III.1.8 Randliche Meeresbecken

Ozeanische Kruste mit Aufbau: *Sediment-Basalt-Gabbro*. Magmen aus oberem Erdmantel.

### III.1.9 Instabile Kontinentalränder

Zuführung granitischen Materials. Auch Differenzierung von kalkalkalischen Magmen vollständig.

Plutonite: *Gabbro* → *Diorit* → *Tonalit* → *Quarzdiorit* → *Granodiorit* → *Granit*

Vulkanite: *Basalt* → *Andesit* → *Dazit* → *Rhyodazit* → *Rhyolith*

## IV. Klassifikation und Nomenklatur der magmatischen Gesteine

---

---

### IV.1 Systematik der Tiefengesteine (Plutonite)

---

#### IV.1.1 Granitische Gesteine, Granitoide

- Granite: hell, Quarz, Kalifeldspat, Plagioklas ± Biotit
  - *Syenogranit*: mehr Kalifeldspat als Plagioklas
  - *Monzogranit*: Quarz, Kalifeldspat und Plagioklas gleiche Anteile
- *Granodiorit*: mehr Plagioklas als Kalifeldspat (Adamello)
- *Tonalit*: nur Plagioklas als Feldspat, oft auch Hornblende und Biotit
- *Alkaligranit*: nur Alkalifeldspat (meist perthitisch), mit Alkaliambibol/-pyroxen

#### IV.1.2 Syenit und Monzonit

Meist in Verbindung mit granitischen Gesteinen

- *Alkalisyenite*: nur Alkalifeldspat (meist perthitisch), mit Alkaliambibol/-pyroxen;
- Larvikit mit mesoperthitischem Feldspat

#### IV.1.3 Charnokitische Gesteine

Granitische, syenitische, monzonitische und dioritische Gesteine mit Orthopyroxen und häufig mesoperthitischem Feldspat.

#### IV.1.4 Diorit und Gabbro

Diorit mit granitischen Gesteinen vergesellschaftet, Gabbro und Norit eher in basischen.

- *Diorit*: Andesin, Biotit, Hornblende, Augit
- *Gabbro*: Labrador oder Bytownit, Diallag, Orthopyroxen, häufig Olivin
- *Norit*: gabbroid mit Orthopyroxen
- *Anorthosit*: hololeukrat, fast nur Plagioklas

#### IV.1.5 Ultramafitite

<10% helle Gemengteile

- *Peridotit*: v.a. Olivin
- *Pyroxenit*: v.a. Pyroxen
- *Hornblendit*: v.a. Amphibol

Für *Dunit*, *Harzburgit*, *Diallageridotit* und *Lherzolith* siehe Dreieck für dunkle Gesteine.

- *Kimberlite*: Melilith-Peridotite (Umwandlung in Calcit und Serpentin mit Xenokristallen)

#### IV.1.6 Alkaligesteine

A-P-F-Dreieck. Selten.

### IV.2 Systematik der vulkanischen Gesteine (Vulkanite)

---

1. Ergussgesteine
2. Pyroklastische Gesteine

#### IV.2.1 Vorbemerkungen

- a) feinkörnig
- b) porphyrisch (Einsprenglinge (Phänokristalle) und Matrix)
- c) glasig (hyalin)

Im Inneren der Lavaströme sind Gesteine häufig mittel- bis grobkörnig, subvulkanisch (hypabyssisch), oberflächennah fein- bis mittelkörnig.

Ältere Ergussgesteine mit gewissen Umwandlungen: Vergrünung, Zersetzung, Rekristallisation der Grundmasse → aber: immer noch magmatisches Gefüge = anchimetamorph.

Junge Vulkanite sind neo-typ, anchimetamorphe paläo-typ.

*Spilite*, *Keratophyre*: Albit, Chlorit, Epidot, Calcit, Eisenerze, anchimetamorph

Wenn keine chemische Analyse machbar und Mineralbestand von Einsprenglingen abgeleiten → Präfix Phäno-.

Glasige Grundmasse: Präfix Hyalo-.

#### IV.2.2 Glasige rhyolithische Gesteine

Glasige Erstarrung bei stark viskosen, rhyolithischen Schmelzen.

- *Obsidian*: voll glasig, dunkelgrau bis schwarz, muscheliger Bruch
- *Bimsstein*: schaumiges Glas, hell, entgast
- *Vitrophyr*: glasig, meist schwarz, Einsprenglinge

#### IV.2.3 Glasige basaltische Gesteine

Am häufigsten subaquatisch (Pillows), Aufbereitung nach Zerschneiden → Hyaloklastite

- *Trachylit*: oliv, gelbbraun oder schwarz, fast wasserfrei

#### IV.2.4 Rhyolithische und rhyodazitische Vulkanite

- *Rhyolith*: Einsprenglinge von Quarz, Alkalifeldspat und Plagioklas, sowie wenige dunkle Gemengteile in heller, oft glasreicher Grundmasse

- *Alkalifeldspatrhyolith*: überwiegend Alkalifeldspat → *Natronrhyolith* (mit Alkalipyroxen und Alkaliambibol), *Comendit* (heller Natronrhyolith)
- *Rhyodazit*: Alkalifeldspat und Plagioklas in gleichen Anteilen, wenig Quarz
- *Quarzporphyr*: Quarzeinsprenglinge (und Alkalifeldspat., Plagioklas) in heller Grundmasse (rekristallisiert), anchimetamorph
- *Quarzkeratophyr*: Quarz- und Albiteinsprenglinge, sowie dunkle Gemengenteile
- *Granophyr*: Quarzporphyr in mikropegmatitischer Grundmasse, subvulkanisch

#### IV.2.5 Dazitische Vulkanite

- *Dazit*: Einsprenglinge von Plagioklas, z.T. Alkalifeldspat, Quarz und dunklen Gemengteilen in mikro-, kryptokristalliner oder teilweise glasiger rhyolithischer-rhyodazitischer Grundmasse
- *Plagiodazit*: wie Dazit, aber ohne Alkalifeldspat
- *Quarzporphyrit*: Einsprenglinge von Plagioklas, z.T. Alkalifeldspat, Quarz und dunklen Gemengteilen in mikrokristalliner bis dichter Grundmasse (meist dunkel), anchimetamorph

#### IV.2.6 Andere Vulkanite

*Quarztrachyt, Quarzlatit, Quarzandesit, Quarzbasalt*

#### IV.2.7 Trachytische, trachyandesitische und latitische Vulkanite

- *Trachyt*: Einsprenglinge von Plagioklas, Alkalifeldspat und dunklen Gemengteilen in heller Grundmasse
- *Alkalifeldspattrachyt*: Plagioklas untergeordnet
- *Natrontrachyt*: mit Alkaliambibol und/oder Alkalipyroxen
- *Trachyandesit*: Trachyt mit xenolithischen Kumulatphasen/Magmamischungen zwischen Alkalibasalt und Trachyt (*Mugearit*: Oligoklas und Olivin)
- *Latit*: Alkalifeldspat und Plagioklas zu etwa gleichen Anteilen.
- *Porphyrit*: Einsprenglinge von Orthoklas, Plagioklas und dunklen Gemengteilen in heller, mikrokristalliner bis dichter Grundmasse, anchimetamorph

#### IV.2.8 Andesitische und basaltische Vulkanite

- *Andesit*: leukokrat bis mesokrat, i.d.R. porphyrisch, Einsprenglinge von Plagioklas und dunklen Gemengteilen in verschiedenen Grundmassen (dunkle Gemengteile <40%)
- Basalt: dunkle, meist schwarze Gesteine, gleichkörnig oder porphyrisch (>40%)
  - *Tholeiitbasalt*: SiO<sub>2</sub>-gesättigt, Plagioklas oder Olivin; überwiegend der basaltische Anteil der ozeanischen Kruste, Inselbögen tholeiitischer Charakter
  - *Alkali-Olivinbasalt*: SiO<sub>2</sub>-untersättigt, Alkalifeldspat und Plagioklas in Grundmasse, i.d.R. titanhaltig, Olivin; ozeanische Vulkaninseln und kontinentale Grabenzonen
  - *Kalkalkalischer Basalt*: Klinopyroxen, Orthopyroxen, Olivin, höherer SiO<sub>2</sub>-Gehalt als Tholeiit, weniger Titanoxide
  - *Latibasalt*: basaltische Andesite der Kalkalkali-Serie
- *Trachybasalt*: Andesin-führende Olivin-Pyroxen Trachybasalte
- *Dolerit*: grob- bis mittelkörnige, ophitische oder intersertale Struktur; Dikes und Sills; auch subvulkanisch
- *Porphyrit*: mesokrat, porphyrisch, Einsprenglinge von Plagioklas und dunklen Gemengteilen
- *Diabas*: anchimetamorphe Basalte und Dolerite
- *Keratophyr*: Einsprenglinge von Albit, Amphibol und/oder Pyroxen in heller Grundmasse
- *Spilit*: dunkel, grünlich, Albit oder Oligoklas in Matrix aus Albit oder Oligoklas mit anderen Mineralien, Pillowlaven, anchimetamorph
- *Melaphyr*: dicht, i.d.R. rötlich, sonst grünlich, basaltisch, selten porphyrisch, anchimetamorph

#### IV.2.9 Phonolithische Vulkanite

- *Phonolit*: leukokrat, grünlichgrau, meist porphyrisch, Alkalifeldspat und Foid in heller Grundmasse gleicher Zusammensetzung (z.T. mit dunklen Gemengteilen). Je nach vorkommendem Foid benannt (z.B. Nephelin-Phonolith)
- *Tephritischer Phonolith*: wesentlicher Anteil an Plagioklas



- *Phonolithischer Tephrit*: wesentlicher Anteil an Alkalifeldspat

#### IV.2.10 Tephritische Vulkanite

- *Basanit*: mesokrat bis melanokrat, Olivinegehalt >10%, dunkel
- *Tephrit*: mesokrat, stark differenziert, Plagioklas, Foid, dunkle Gemengteile. Je nach vorkommendem Foid benannt

#### IV.2.11 Foidische Vulkanite

*Olivinnephelinite, Ankaramite, Nephelinite*

#### IV.2.12 Ultramafische Vulkanite und Subvulkanite

- *Komatiite*: Abschreckungsgefüge, Olivin, Pyroxen, Plagioklas, Chromspinell
- *Pikrit*: mittel- bis feinkörnig, z. T. porphyrisch mit Kumulatgefügen, Olivin, Plagioklas
- *Alkalipikrit*: mittel- bis feinkörnig, z. T. porphyrisch, meist subvulkanisch in Gängen, Olivin, Titanaugit, mit Hornblende, Biotit und Plagioklas

#### IV.2.13 Primär magmatische Karbonate vorherrschend: Karbonatite

- *Karbonatit*: in vulkanischen/subvulkanischen Komplexen, i.d.R. mit Foid-Gesteinen; Schlote, Gänge und Conesheets, Fließ- und Abschreckungsgefüge

### IV.3 Systematik der hypabyssischen Gesteine (inkl. Ganggesteine)

---

Eruptivgesteine, meist Intrusionen.

#### IV.3.1 Texturelle Varietäten von Tiefengesteinen

Mineralbestand wie analoge Plutonite.

- a) feinkörnig: Mikro-
- b) porphyrisch: grosse Kristalle von Kalifeldspat

#### IV.3.2 Besondere hypabyssische Gesteine

- *Granophyr*: Quarz und Feldspat in Durchdringung (graphisches, mikropegmatitisches Gefüge)
- *Dolerit*: mittelkörnig, basaltisch, körnig oder ophitisch
- *Pikrit*: mittelkörnig, Olivin und Pyroxen, <10% Plagioklas

#### IV.3.3 Leukokrate bis hololeukokrate Ganggesteine (Pegmatite, Aplite)

1. sehr grobkörnig: *Pegmatite*, mit Apatit, Beryll, Turmalin...
2. feinkörnig: *Aplite*

#### IV.3.4 Mesokrate bis melanokrate Ganggesteine (Lamprophyre)

*Lamprophyre*: mittel- bis feinkörnig; häufig in Plutoniten; Magmen reich an Wasser, Kohlendioxid, Schwefel und Phosphor → Amphibol, Biotit, Karbonate, Sulfide, Apatit; meist basisch oder ultrabasisch

### IV.4 Pyroklastische Gesteine (Pyroklastika)

---

#### IV.4.1 Entstehung und Ablagerung

Intermediäre bis saure Magmen → zähflüssig, verstopfen Schlote → explosionsartige (phreatische) Ausbrüche: Magma wird zerfetzt und irgendwo abgelagert als Pyroklasten.

Pyroklasten: individuelle Kristalle, Kristall-, Glas- und Gesteinsfragmente

Primär, also nicht erodiert und umgelagert

#### IV.4.2 Tephra (Bomben, Lapilli, Aschen)

- Tephra: unverfestigte, pyroklastische Ablagerung aus:
  - *Bombe*: Ellipsoid- bis Kuhfladenform, brotkrustenartig, > 64 mm
  - *Blöcke*: eckig, > 64 mm
  - *Aschekörner*: unterschiedliche Fragmentarten, grob 2 mm, fein 1/16 mm
  - *Lapilli*: verschiedenen Formen, kleine Bomben, 64 mm

- *Bimsstein*: hochporöse, glasig erstarrte Magmapartikel; Entgasung hoch-viskoser dazitisch-rhyolitisch oder trachytisch-phonolithischer Magmen; in Eruptionssäule gerundet und abgerieben → Glasasche (konkave Glassplitter); blasiges Gefüge
- Bei Zusammenbruch der Eruptionssäule: mit mehreren Ausbrüchen → geschichtete Lagen aus Asche und Bims

#### IV.4.3 Pyroklastische Gesteine (Agglomerate, Brekzien, Tuffe)

Pyroklastische Gesteine: verfestigtes Material

Nach Korngrösse klassifiziert. Gerundete Pyroklasten = Agglomerat, eckige Pyroklasten = Brekzien. Pisolithe: verwitterte Glasaschen, v.a. subaerische Ausbrüche.

- *Ignimbrit*: aus Gluslawinen plinianischer Eruption
- *Lahar*: Asche, evtl. vermischt mit grobkörnigen Pyroklasten und Fremdmaterial; Schlammströme
- *Hyaloklastit*: Glas- und Gesteinsfragmente, basaltisch, submarin
- *Schlotbrekzien*: pyroklastische Schlotfüllungen und Nebengesteinsbrekzien
- *Porzellanite*: helle Gesteine durch Verfestigung von Staubasche
- *Palagonittuffe*: pyroklastische Gesteine mit zahlreichen Fragmenten von basaltischen Glas

#### IV.4.4 Tuffite

Tephra-Umlagerung durch Wind, Wasser, Eis... → klastisches Fremdmaterial (Epiklasten)

#### IV.4.5 Vulkanische Sedimente

Paläovulkanische Ablagerungen: stark verwittert und/oder diagenetisch umgewandelt.

## V. Petrographie der magmatischen Gesteine

---

- Tiefengesteine (Plutonite)
- Ergussgesteine (Vulkanite)
- Hypabyssische Gesteine (Ganggesteine)

Beschreibung beruht auf mineralogischer Zusammensetzung.

### V.1 Lagerungsformen der magmatischen Gesteine

---

1. Tiefengesteine (Plutonite): Erstarrung in 1-30 km Tiefe, langsame Kristallisation → holokristalline mittel- bis grobkörnige, gleichkörnige oder porphyrtartige Gesteine
2. Ergussgesteine (Vulkanite): an Oberfläche erstarrt, rasche Abkühlung (holo-, hemikristallin oder holohyalin):
  - saure, hochviskose Magma: erstarrt teilweise oder vollständig glasig
  - basische/intermediäre Magma: feinkörnig, z.T. Einsprenglinge
3. Hypabyssische Gesteine (Ganggesteine): Transportwege, Bindeglied zwischen Plutoniten und Vulkaniten

#### V.1.1 Subkrustale Gesteinskörper (Batholithe)

A. Dreidimensional

- abyssisch (Erstarrung in grosser Tiefe)
  - *Pluton*: scharf umgrenzt, diskordanter Kontakt, mehrere Intrusionsphasen, einige Kilometer Durchmesser
  - *Ethmolith*: trichterartig, unscharf begrenzt, verfließend
- hypabyssisch (Erstarrung in geringer Tiefe)
  - *Stock*: scharf umgrenzt, diskordanter Kontakt, einige 100m
  - *Lakkolith*: scharf umgrenzt, konkordanter Kontakt, symmetrisch, asymmetrisch
  - *Lopolith*: konkordante, lagerartige Gesteinskörper
  - *Ringkomplex*: Absinken eines zentralen Blocks an ringförmiger Verwerfung

B. Zweidimensional

- Gänge: a) diskordante *Dikes*: bis mehrere m  
b) konkordante *Sills*: bis einige hundert m  
radiale Systeme, tektonisch bestimmte Richtungen

- *Adern*: unregelmässig begrenzt, meist diskordant
- *Apophysen*: gang-/aderartige Abspaltung an Eruptivkörpern/Gängen

### C. Eindimensional

- Vulkanschote (*Diatreme, Tuffschlote*): kreisförmig, Schlotfüllung vulkanischer Eruptionen

### V.1.2 Suprakrustale Gesteinskörper (Vulkane)

Art der extrudierten Massen:

- Arealeruptionen
- Lineareruptionen (Spalten)
- Zentraleruptionen: a) effusiv, schwach explosiv → *Schildvulkane*  
b) rein explosiv → *Schlackenkegel, Diatreme, Aufschüttungskegel*  
c) explosiv/effusiv → *Stratovulkane*

Formen der geförderten Lavamassen:

1. Verfestigte Lava → *Necks* (Aufstossen des verfestigten Lavapropfens)
2. Zähflüssige Lava → *Quellkuppen*, kurze steile Lavaströme
3. Zähflüssige Lava mit Gas, Wasser, Luft → Glutwolken (→ *Ignimbrit*)
4. Dünnflüssige Lava, subaerisch → Lavadecken (*Plateau*), *Lavaströme*
5. Dünnflüssige Lava, subaquatisch → *Pillows, Hyaloklastite*

Formen des aufgeschütteten pyroklastischen Materials:

- Aufschüttungskegel: Asche-/Schlackenkegel mit Einbruchskratern, Wallberge, Ringwallberge
- Zentralvulkane: bestehend aus Lavaströmen, Domen und Pyroklastika

Plinianische Eruption: hydroklastische bis phreatomagmatische initiale Phase → Hauptphase mit konvektierender Eruptionssäule → Zusammenbruch der Säule, Ascheströme → Dom-Extrusion

## V.2 Mineralogische Zusammensetzung

---

### V.2.1 Modalbestand (tatsächlicher Mineralbestand in Vol.-%)

Unterscheidung in felsische (*Feldspat* → hell) und mafische (*Magnesium, Eisen/Ferrum* → dunkel) Mineralien.

Hauptelemente: SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, FeO, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MnO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiO

Zusätzlich: Wasser und Kohlendioxid aus Einschlüssen

Mineralformelberechnung: Gewichts-%: Molekulargewicht = Verhältniszahl; die Verhältniszahlen vergleichen ergibt Anteile

### V.2.2 Normativer Mineralbestand

Für Klassifikation feinstkörniger bis glasischer vulkanischer Gesteine (in Gewichts-%). Die Mineralchemismen sind aber sehr variabel → Scheinwerte

## V.3 Chemische Zusammensetzung der magmatischen Gesteine

---

Magmatische Differentiation: durch fraktionierte Kristallisation, Magmamischung, Assimilation von Nebengestein/älteren Kristallisaten, Teilaufschmelzung

Zwei Voraussetzungen: gleicher Ort, gleiches Alter

Drei Hauptdifferentiations-Serien:

- Vulkanite
  - *Tholeiit-Serie*: Olivin-Tholeiitbasalt → Plagioklas-Tholeiitbasalt → Ferrobasalt → tholeiitischer Andesit
  - *Kalkalkali-Serie*: a) pikritischer Olivinbasalt, basaltischer Andesit → Andesit → Dazit → Rhyodazit → Rhyolith  
b) Basalt → Latibasalt → Latiandesit → Latit → Trachyt → Rhyolith
  - *Alkali-Serie*: a) Basanit → Alkali-Olivinbasalt → Trachyandesit → Trachybasalt → Trachyt → Phonolith → Alkalirhyolith  
b) Olivin-Nephelinit → Tephrit → Phonolith
- Plutonite
  - *Tholeiit-Serie*: Peridotit → Norit → Olivinabbro → Gabbro → Anorthosit

- *Kalkalkali-Serie*: Norit → Zwei Pyroxen-Gabbro → Diorit → Quarzdiorit → Tonalit → Granodiorit → Granit
- *Alkali-Serie*: Wehrlit → Olivengabbro → Alkaligabbro → Syenit → Alkaligranit

Geotektonische Provinzen für Hauptdifferentiations-Serien:

- Stabile Kontinente/Grabenzone: Tholeiit, Alkali
- MOR: Tholeiit vereinzelt Alkali
- Ozeanische Inseln: Alkali, untergeordnet Tholeiit
- Neue Inselbögen: Tholeiit
- Alte Inselbögen: Kalkalkali, untergeordnet Tholeiit und Alkali
- Orogenzone: Kalkalkali, untergeordnet Alkali, vereinzelt Tholeiit

## V.4 Gefüge magmatischer Gesteine

---

**Gefüge:** *Struktur* (genetisches Gefüge, Grösse, Gestalt, Beziehung der Gemengteile) + *Textur* (räumliches Gefüge, räumliche Anordnung)

Englisch: Structure = Grossbereich, Texture = Kleinbereich

### V.4.1 Gefüge des Mittel- bis Kleinbereichs

- **Grad der Kristallinität:** *holokristallin, hemikristallin, holohyalin*
- **Absolute Korngrösse:** *sehr grob* (> 3 cm), *grob* (3 cm – 5 mm), *mittel* (5 mm – 1 mm), *fein* (< 1 mm); *phanerokristallin* (sichtbar), *aphanitisch*
- **Relative Korngrösse:** *gleichkörnig, porphyrisch, porphyrtartig* (keine scharfe Trennung)
- **Kornform:** *idiomorph, hypidiomorph, xenomorph*
- Speziell: *ophitisch* (ideomorpher Plagioklas von Pyroxenkörnern eingeschlossen), *graphisch* (innige Verwachsung von Quarz und Alkalifeldspat), *intersertal* (sperrig, Feldspatkristalle)
- Kristallisationsabfolge-Regeln:
  - a) früh eher ideomorph, letzte xenomorph
  - b) früh eher grösser (wenn gleiches Mineral in verschiedenen Grössen), Einsprenglinge meist älter
  - c) Einschlüsse: eingeschlossener Teil älter als einschliessender
  - d) Reaktionssäume: äusseres Material jünger als inneres
  - e) Eutektisches Gefüge: gleichzeitige Ausfällung
  - f) Lamellen: oft postmagmatische Entmischung
- **Raumerfüllung:** *kompakt, fluidal* (Fliessgefüge), *porös, schlackig, schaumig, blasig, amygdaloid* (mandelsteinartig), *miarolithisch* (drusig)

### V.4.2 Gefüge im Grossbereich

- **Homogenität:** *homogen, inhomogen* (in Korngrösse, Mineralbestand, authigene oder allogene Einschlüsse, Eruptivbrekzien)
- **Klüftung und Absonderung in Plutoniten:** Klüftung durch Schrumpfung, *Entlastungsklüftung*, durch Regionaltektonik
- **Klüftung und Absonderung in Vulkaniten:** bei subaerischen Lavaströmen (*Aa, Pahoehoe*; abhängig von Chemismus, Viskosität, Gasen, Volumen und Transportweg), *Basaltsäulen, Pillowlava* (konzentrische, radiale Klüftung)

## VI. Magmatische Petrologie

---

### VI.1 Magmenbildung

---

#### VI.1.1 Der obere Erdmantel

Zusammensetzung: oberer Erdmantel (30km/12km-670km) peridotitische Zusammensetzung (40km Plagioklas-P., 80km Spinell-P., 400km Granat-P. (Kaersutit, Phlogopit, Majorit), 750km Majorit, Ilmenit, Perovskit)

**Partialschmelzen:** partielles Aufschmelzen von festem Mantelgestein (peridotitisch) → Schmelze leichter als umgebendes Gestein → Aufstieg und weitere Aufschmelzung von durchlaufenem Gestein → primäres, undifferenziertes basaltisches Magma durch:

- Zuführung von Wärme (Konvektion aus Tiefe (Radioaktivität)), Mantle Plumes
- Aufdringen heisseren Erdmantels (Tektonik, globale Plattenkonfiguration oder Konvektion → adiabatische Druckentlastung in Lithosphärenplatten → partielle Aufschmelzung durch Aufdringen von heisseren Mantelgesteinen, v. a. am MOR)
- Zufuhr volatiler/fluidier Phasen (Schmelzpunktniedrigung)

### VI.1.2 Was ist ein Magma?

Temperaturen zwischen 700 und 1500 Grad, meist silikatreich, häufig Mischung aus Kristallen, Schmelze und gasförmige Stoffe (Elemente: O, Si, Al, Fe, Mg, Ca, Na, K, Ti, P, Cr, Ni, C, H, S, F)

## VI.2 Magmatische Differentiation

---

Primärmagma steigt auf und verändert Zusammensetzung

Differentiationsprozesse: fraktionierte Kristallisation, Ausscheidung von Kristallen, Filterung oder Aufschmelzung von Krustenmaterial, Assimilation

Basis von Magmenkörper: gravitatives Absinken → peridotitisch bis pyroxenitische Kumulatlage (Olivin, Pyroxen, Spinell), Mg, Fe, Cr, Ni bei 1400 bis 1270 Grad → Peridotit, Gabbro

Restschmelze: Si, Al, Ca und Alkalien

Bowensche Reaktionsserie:

- Bytownit → Labradorit → Andesin → Oligoklas → Albit → Muskovit, Kalifeldspat, Quarz
- Olivin → Pyroxen → Amphibol, Biotit → Muskovit, Kalifeldspat, Quarz
- Gabbro/Basalt → Diorit/Andesit → Granodiorit/Dazit → Granit/Rhyolith → Quarz, Kalifeldspat, Muskovit

## VI.3 Schmelzdiagramme

---

### VI.3.1 Binäre Schmelzen

Schmelze – Kristall. Kristallarten A und B:

- Zwei Kristallarten sind nicht mischbar: Bsp. *Diopsid – Anorthit*:  
Eine Schmelze besteht aus einem Anteil an Diopsid und einem Anteil an Anorthit. Bei einer spezifischen Kristallisationstemperatur für diese Mischung und langsamer Abkühlung scheidet sich ein Mineral aus, die Schmelze wird reicher am anderen. Entlang der Liquiduskurve scheidet sich dieses eine Mineral immer weiter aus bis am Eutektikum Diopsid und Anorthit in Eutektstruktur (xenomorph) so auskristallisieren, dass die Ausgangszusammensetzung der Schmelze wiedergegeben ist. Die Kristallarten kristallisieren bei tieferen Temperaturen als der eigentlichen Erstarrungstemperatur wegen der Beimischung an anderen Kristallarten. Einsprenglinge sind Frühausscheidungen (idiomorph), xenomorphe Kristalle als Grundmasse. Bei rascher Abkühlung Erstausscheidungen nur reduziert auskristallisiert, Restschmelze wird zu Glas.
- Eine oder mehrere Verbindungen (inkongruentes Verhalten): Bsp. *Sanidin, Leuzit, Quarz*:  
Bei I reagiert der gebildete Leuzit mit der Schmelze zu Sanidin. Wenn der Anteil an Schmelze kleiner ist, dann bleiben Sanidin und Leuzit übrig (peritektisches Verhalten). Weiter wird Sanidin ausgeschieden bis zum Eutektikum (eutektisches Verhalten), wenn Leuzit von Sanidin ummantelt wird bei I.
- Unbeschränkte Mischkristalle: Bsp. *Albit – Anorthit, Forsterit – Fayalit*:  
Kontinuierlicher Verlauf von Solidus-/Liquiduskurven. Unterhalb Solidus ist alles erstarrt, oberhalb Liquidus alles flüssig, dazwischen koexistieren Schmelze und Kristall, Koexistenzgerade SL:
  - Langsame Abkühlung: es bilden sich homogene Mischkristalle. Zuerst kristallisiert die Komponente mit der höheren Erstarrungstemperatur aus, dadurch verändert sich die Zusammensetzung der Schmelze entlang der Liquiduskurve und die Koexistenzgerade verschiebt sich → kontinuierliche Reaktion von Schmelze und Kristallen. Es wird so lange kristallisiert bis die Zusammensetzung der Kristalle die Ausgangszusammensetzung erreicht hat. (Plutonen)
  - Rasche Abkühlung: es bildet sich ein zonarer Mischkristall. Es bildet sich eine Kruste von S2 um Rest von S1 mangels vollständiger Reaktion von Kristallen und Schmelze. Am Schluss kristallisiert die Komponente mit geringerer

Erstarrungstemperatur aus bis die Schmelze verbraucht ist →  
Ausgangszusammensetzung ≠ Endzusammensetzung. (Vulkanite)

Differentiation = wenn die Kristalle, die ausgeschieden wurden von der Schmelze getrennt werden.

Weitere Schmelzdiagramme: Nephelin – Quarz, Alkalifeldspäte (tiefer Druck), Alkalifeldspäte (hoher Druck)

### VI.3.2 Granitoide Schmelzen

Granite/Basalte: Granitoide Schmelzen durch Anatexis/Differentiation aus Primärmagma und H<sub>2</sub>O-gesättigt (viskoser, mehr SiO<sub>2</sub>, Pluton, *Lakkolith*), basaltische Schmelzen im oberen Erdmantel und H<sub>2</sub>O-arm (weniger viskos, weniger SiO<sub>2</sub>, *Schildvulkane*)

## VII. Metamorphe Gesteine

---

### VII.1 Definition Metamorphose

---

Gesteinsmetamorphose: Änderung im Gefüge und Mineralbestand eines bereits vorhandenen Festgesteins (nicht Diagenese oder Verwitterung)

- *Kontaktmetamorphose*: lokal, Kontakthof von Intrusivkörpern
- *Regionalmetamorphose*: in ausgedehnten Krustensegmenten
- *Anchimetamorphose*: Bereich beginnender Metamorphose (Abgrenzung zu Diagenese)
- *Ultrametamorphose*: Bereich endender Metamorphose (Abgrenzung zu Magmatisch)

Metasomatose: Veränderung des Gesteinschemismus durch Weg-/Zuführung von chemischen Spezies zum Gestein.

Metamorphosearten: Thermo, Dynamo, Thermo-Dynamo, Dislokation, Impakt, mehrphasige Metamorphose = Polymetamorphose

Metamorphosegrad: niedrig = näher bei Diagenese, hoch = näher bei Aufschmelzung  
*Prograde Metamorphose*: Umwandlung eines Gesteins in Funktion der Distanz (im Feld erkennbar)

*Progressive Metamorphose*: Umwandlung eines Gesteins als Funktion der Zeit.

*Retrogressiv/retrograde Metamorphose*: rückschreitende (hochgradig → niedriggradig) Metamorphose

### VII.2 Das Gefüge metamorpher Gesteine

---

Blastese = metamorphes Kornwachstum

*idioblastisch* = gute Ausbildung der Form (Granat, Staurolith, Disthen), *xenoblastisch* = schlechte Ausbildung der Form (Quarz, Fdsp.)

#### VII.2.1 Wichtige Texturen

- massig/richtungslos
- linear/gestreckt/stängelig
- paralleltexturiert (Glimmer parallel angeordnet)
- geschiefert (Glimmer in durchgehenden Schieferungsflächen parallel)
- flaserig/lentikular/Augentextur
- gefältelt (Schieferungsflächen gefältelt)
- lagig/gebändert (Wechsel paralleler Lagen versch. Zusammensetzung)
- geadert

#### VII.2.2 Wichtige Strukturen

Kristalloblastische Strukturen:

Gleichkörnig:

- *granoblastisch* (körnige Aggregate aus isometrischen Gemengenteilen, polygonal eckig oder buchtig verzahnt)
- *lepidoblastisch* (schuppige Aggregate aus blättrigen Mineralien)
- *nematoblastisch* bis *fibroblastisch* (Strahlige, faserige Aggregate)
- *diablastisch* (Verwachsungen, Durchdringung, mikroskopisch)

#### Ungleichkörnig:

- *porphyroblastisch* (feines Grundgewebe mit grösseren Kristallen/Porphyroblasten)

#### Trümmerstrukturen: (durch spröde/duktile Deformation)

- *kataklastisch* (Zertrümmerung grösserer Mineralkörner, spröde Deformation, feinkörniger Trümmerbrei)
- *kakiritisch* (grössere Gesteinstrümmer in Trümmerbrei, unverfestigt)
- *porphyroklastisch* (grössere Mineralkörner von feinkörnigem Material umgeben)
- *mylonitisch* (duktile Deformation, Rekristallisation, feinkörniges Aggregat)

Reliktstrukturen (Palimpseststrukturen): Strukturelikte des Ausgangsgesteins (Präfix: *blasto-*): *blastogranitisch*, *-phyrisch*, *-sephitisch* (metamorphe Konglomerate), *psammitisch* (metamorphe Sandsteine)

## **VII.3 Nomenklatur metamorpher Gesteine, Typendefinitionen**

---

### **VII.3.1 Generell kristalloblastische Metamorphite**

#### polymikt:

- a) mit Parallelgefüge:
  - *Gneis* (cm bis dm, leukokrat)
  - *Schiefer* (mm, mesokrat bis melanokrat)
  - *Phyllit* (dünnchiefrig)
  - *Tonschiefer* (dünnchiefriges Tongestein)
  - *Amphibolit* (schiefrig bis gneissig, aus Amphibolen und Plagioklas, melanokrat)
  - *Granulit* (Granulitfazies, feinschiefrig/-lagig, felsisch/mafisch)
- b) massig:
  - *polymikter Fels* (massig, mittel- bis grobkörnig)
- c) mit Parallelgefüge oder massig
  - *Hornfels* (fein- bis mittelkörnig, felsisch)
  - *Skarn* (metasomatisch Fe, Mg, Ca, silikatreich, Kontaktgestein)
  - *Eklogit* (grünlich, massig, Omphazi und Granat)

monomikt: *Marmor*, *Quarzit*, *Serpentinit*, *monomikter Fels* (mit Parallelgefüge oder massig)

### **VII.3.2 Bezeichnungen für Produkte mechanischer Deformation**

- *Kakirit* (tektonische Brekzie, kakiritisch)
- *Kataklasit* (massig, chaotisch)
- *Mylonit* (Feinlamination mit Streckungslinear)
- *Ultra-Mylonit/-Kataklasit* (mehr als 90% rekristallisiert (Mylonit) und zerbrochen (Kataklasit))
- *Pseudotachylite* (Intrusion in Nebengestein → Gangmylonite)
- *Phyllonit* (glimmerreicher Mylonit)

### **VII.3.3 Übergangstypen zwischen VII.3.1 und VII.3.2**

*Blastomylonit* (Rekristallisation in grossem Umfang), keine weiteren Angaben

## **VII.4 Gliederung metamorpher Terrains**

---

- a) Konzept der Tiefenzonen: Epizone = *Grünschiefer*, Mesozone = *Amphibolite*, Katazone = höhere Amphibolite und *Granulite*
- b) Konzept der metamorphen Fazies
- c) Konzept der Isograden und Mineralzonen

### **VII.4.1 Metamorphe Fazies**

Mineralparagenese = die in einem Gestein miteinander durch Metamorphose gebildete Mineralien; Fazies = gemeinsames Auftreten von Mineralparagenesen in verschiedenen Gesteinen.

### **VII.4.2 Mineralzonen der Metamorphose und Isograden**

Mineralzone: Verbreitung eines Minerals in einem metamorphen Terrain (unabh. von Chemismus der Gesteine), Index-Mineral

Isograd: Grenze welche das erste Auftreten eines Index-Minerals oder eine Mineralassoziaton in Gesteinen ein- und derselben chem. Zusammensetzung kennzeichnet

Isoreaktionsgrad: Grenze, die sich auf eine Mineralreaktion beziehen lässt  
In Alpen von S-N: (ab IL) abnehmende Metamorphose

#### **VII.4.3 Übergang Diagenese zu Metamorphose und beginnende Metamorphose**

Illitkristallinität: mit zunehmender Metamorphose zu Muskovit umgewandelt.

Inkohlungsgrad: Bildung von Steinkohle aus Braunkohle

Flüssigkeitseinschlüsse in Kristallen: Funktion des Metamorphosegrads

### **VII.5 Metamorphose und Plattentektonik, P-T-t-Wege**

---

Auseinanderdriften der Platten: retrograde Metamorphose

Konvergenz: prograde Metamorphose

### **VII.6 Abhängigkeit des Auftretens von Mineralparagenesen vom Gesteinschemismus**

---

Keine Angaben