

# METAMORPHOSE (M. Schmidt)

## Metamorphose:

- Umwandlung von Gesteinen
- Mineralreaktionen
- Druck-/Temp.änderungen
- tekt. Bewegungen
- Wechselwirkung Tektonik – Metamorphose
- Phasendiagramme
- Mischreihen von Mineralien
- Fluids: Dehydrierung und Dekarbonatisierung
- Evidenzen:
  - Kartierung im Gelände
  - analytische Untersuchungen natürlicher Proben
  - experimentelle Untersuchungen

## I. Grundbegriffe

- *Metamorphose* = Umwandlung vom Phasenbestand (Mineralien, Fluid, Schmelze) durch Veränderung von physikal. Bedingungen in chem. mehr oder weniger geschl. System
  - *regionale Metamorphose* = vertikale Bewegungen (Subduktion, Orogenese, Extension (= Kruste wird auseinandergezogen)) verursachen Druck- und Temp.änderung
  - *Kontaktmetamorphose* = Wärme wird durch Intrusion von Schmelzen in Umgebungsgestein transportiert; metamorph umgewandeltes Gestein bleibt mehr oder weniger statisch; findet neben Intrusion statt im Bereich von ca. 2 km Tiefe
- *Fluid* = v.a. aus H<sub>2</sub>O, aber auch CO<sub>2</sub> (in Karbonaten, Marmoren); wird meist nahe der Oberfläche dem Gestein zugeführt und mit mehr Druck und Temp. wieder ausgetrieben; Hydrierung – Dehydrierung
- *Metasomatose* = chem. Veränderung vom Gesteinschemismus und Mineralbestand durch Infiltration von Fluids oder Schmelzen
  - z.B.: Peridotite eigentlich K<sub>2</sub>O-frei, Kalium aber durch metamorphe Fluids aus ehemaligen Tongesteinen zugeführt worden → Biotit-führender Peridotit (Ivrea-Zone)
- *Blastese* = metamorphes Kristallwachstum (→ **-blast**)
- *porphyroblastisch* = grosse, neue, metamorph gewachsene Kristalle in Grundmasse
- *metamorphe Fazies*: Mineralparagenese charakteristisch für limitierten p-T-Bereich; historisch anhand von Metabasika def., hat in moderner Petrologie an Bedeutung verloren; aber nach wie vor praktisches Konzept (v.a. für Feldgeologen)
- *Indexmineral*: erstmaliges Auftreten eines für best. p-T-Bedingungen charakteristisches (Index-)Minerals def. *Isograde*, die in geolog. Karte eingetragen werden kann; wegen Abhängigkeit der Mineral-Stabilität vom Gesteinschemismus werden Isograden in Gesteinen von mehr oder weniger konst. chem. Zus.setzung bestimmt.
- *Protolith* = Ursprungsgestein
- Tiefe = 3mal Druck → Druck = +3 kbar pro 10 km
- typische Metamorphosebedingungen:
  - Druck: 0.5-30 kbar = 0.05-3 Gpa = 2-100 km Tiefe
  - Temp.: 200-1'000°C

## II. metamorphe Reaktionen

Reaktionen zwischen polymorphen Mineralien:

- oft entweder nur *deplaziv* (= Atome nur verschoben, aber Sauerstoffgerüst nicht grundsätzlich umgebaut) oder nur teilweiser Umbau des Grundgerüsts
- sehr anfällig für *retrograde Reaktionen* (= zurück-Reaktionen bei Exhumierung)
- z.B. SiO<sub>2</sub>: **Quarz** (trigonal, geringe Dichte, grosses Volumen) – **Coesit** (monoklin, grössere Dichte, geringeres Volumen); **C**: **Graphit** (geringe Dichte) – **Diamant** (grössere Dichte)

kompletter Umbau der Kristallgitter:

- Atome innerhalb Gesteins werden komplett reorganisiert; einzelne Atomspesies müssen über lange Distanzen (Mikro-cm) transportiert werden
- z.B. **Serpentin** = **Olivin** + **Enstatit** + Wasser; **Serpentin** = **Talk** + **Olivin** + Wasser → **Talk** + **Olivin** = **Enstatit** + Wasser

Austausch von Ionen zw. Mineralien:

- einzelne Kationen zw. versch. Mineralien durch Diffusion ausgetauscht; Kristallgitter bleiben erhalten
- chem. Gl.gewichte; v.a. temp.abhängig: Geothermometer
- z.B. Fe-**Granat** + Mg-**Biotit** = Mg-**Granat** + Fe-**Biotit**; **Almandin** + **Phlogopit** = **Pyrop** + **Eastonit**

Antriebskräfte:

- Druckanstieg: Volumen-Abnahme (= Kompression des Systems)
- Temp.anstieg: Entropie-Zunahme (= Zunahme der Unordnung/Symmetrie im System)
- **Saussuritisierung** = Vergrünung von **Plagioklasen** (= Umwandlung zu **Epidot**)
- Gesteine reagieren nicht zu Mineralien niedrigen Drucks und Temp., da:
  - zu schnelle Exhumation
  - Einschlüsse
  - Zufuhr von Fluids nötig

### III. Deformation

- *Texturen* liefern:
  - Beziehung zw. Metamorphose- und Deformationsphasen
  - Rekonstruktion der tekton. Geschichte
  - Rekonstruktion von abs. Zeitabläufen durch Kombination mit radiometr. Datierung von Mineralien
- Entwicklung planarer Textur = *Schieferung*
- **Tiefseeton** – Deformation und Metamorphose; Dachschindeln aus Grünschiefer-faziellen (= ca. 350°C, 3 kbar) ehemaligen Tiefseetonen
- typische Paralleltextur in Gneisen

### IV. Tektonik

- **Eklogit** = hochdruck-Metamorphit → kaum Wasser → sehr tief bei Subduktionszonen (am Ende seiner Entwicklung); (**Granat/Omphazit**; **Protolith** = **Basalt**)
- **Grünschiefer** aus **Tremolit** – **Aktinolit**
- **Blauschiefer** aus **Glaukophan**
- vulkanischer **Amphibol**: Ti-**Pargasit**

### V. experimentelle Untersuchungen

- chem. System = **Basalt** + Meerwasser
- Wärme durch Versenkung in grosse Tiefe.
  - schnelle Versenkung = geringe Quantität an Wärme durch Wärmeleitung
  - langsame Versenkung = grosse Quantität an Wärme durch Wärmeleitung
- erstes Fluid aus System ausgetrieben
- zunehmende Metamorphose (= mehr Wärme) = zunehmende Dehydrierung des Systems
- aufsteigendes Fluid mit darin gelöster Materie → Vulkanausbrüche

**VI. magmatische Metamorphose**

Anatexis (= Aufschmelzung) – Granulite:

- *granulitfazielle Metamorphose* = bei hohen Temp. (= 700-900°C) beginnen Gesteine aufzuschmelzen → Bildung von mobilen (= flüssigen) Schmelze + Restgestein (= **Restit**)
- Schmelztemp. hängt v.a. von Wasser-Verfügbarkeit und Alkalien-Menge im Gestein ab
- *Granulitfazies* = Temp. der partiellen Aufschmelzung, (fast) nur Wasser-freie Mineralien (z.B. Granat, Orthopyroxen, Clinopyroxen, **Cordierit**)