

Grundlagen und Praxis der Gesteinsbestimmung



Diplom-Geologe (Paläontologe)
Büro für Geologie und Bodenkunde

Kleingründlacher Straße 27a
90427 Nürnberg

info@muckelbauer.de



Themenbereiche

- ***Plattentektonik***
 - Einführung (Geschichte / Entwicklung)
 - Grundlagen (Zeiten / Physik / Chemie)
 - Plattengrenzen (Systematik / Funktion)
 - Beispiele (Rift-Valley / Anden / Rhein / Alpen)
 - Folgen (Paläogeographie / Orogenese / Klima / Evolution)
- ***Klimawandel (aus der Sicht eines Geologen)***
 - Definitionen
 - Eiszeiten der Vergangenheit
 - Ursachen der Klimaveränderungen

Gliederung

- *Grundlagen*
 - Definitionen und Entstehung
 - Chemismus und Mineralogie
- *Die drei Gesteinsarten*
 - Sedimentgesteine
 - Magmatische Gesteine
 - Metamorphe Gesteine
- *Praxis*
 - Hilfsmittel
 - Beispiele
 - Bestimmung

Definitionen der Fachrichtungen

Messen und Beschreiben

Die **Petrographie** oder Gesteinskunde ist ein gemeinsames Teilgebiet der Fächer Geologie und Mineralogie und befasst sich mit den physikalischen und chemischen Eigenschaften des Gesteins

Geographie mit der Erdoberfläche befassende Wissenschaft, sowohl in ihrer physischen Beschaffenheit wie auch als Raum und Ort des menschlichen Lebens und Handelns

Kristallographie ist die Wissenschaft von den Kristallen, ihrer Struktur, Entstehung oder Herstellung und ihrer Eigenschaften und Anwendungsmöglichkeiten.

Geschichte und Entstehung

Die **Petrologie** befasst sich mit der Entstehung von Gesteinen und ihrer Veränderung in geologischen Zeiträumen (z.B. Veränderungen von Druck / Temperatur).

Geologie ist die Wissenschaft von Aufbau, Zusammensetzung und Struktur der Erdkruste, der Entstehung der Gesteine sowie der Prozesse, welche die Erdkruste formen.

Mineralogie beschäftigt sich mit der Entstehung und den Eigenschaften von Mineralen.

Definitionen

Mineral: Chemische Verbindung (oder ein Element), das normalerweise (mikro-)kristallin ist und Ergebnis geologischer Prozesse ist (SiO_2 , CaCO_3 , Fe_2O_3).

Kristall: Festkörper mit dreidimensional regelmäßiger Anordnung der atomaren Bausteine (= Kristallgitter), welche makroskopische durch gesetzmäßige Form in Erscheinung tritt.
Ein Kristall ist stofflich und physikalisch homogen, aber viele physikalische Eigenschaften sind richtungsabhängig (Bergkristall, Diamant, Pyritkristall).

Feststoffe, die diese regelmäßige Anordnung nicht haben, heißen **amorph** (Glas, Obsidian).

Edelstein, Schmuckstein: Mineral, das zu Schmuckzwecken verwendet wird, mit einer Ritzhärte größer als 7 (**Edelstein**) bzw. kleiner als 7 (**Schmuckstein**).

Edelstein → Rubin, Saphir, Smaragd und Topas
Schmuckstein → Achat, Amethyst, Turmalin

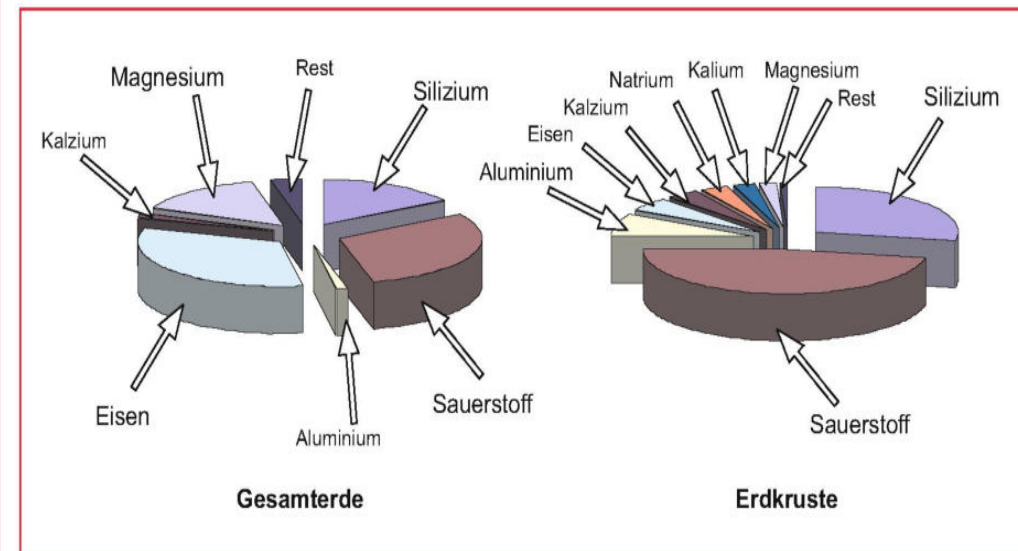
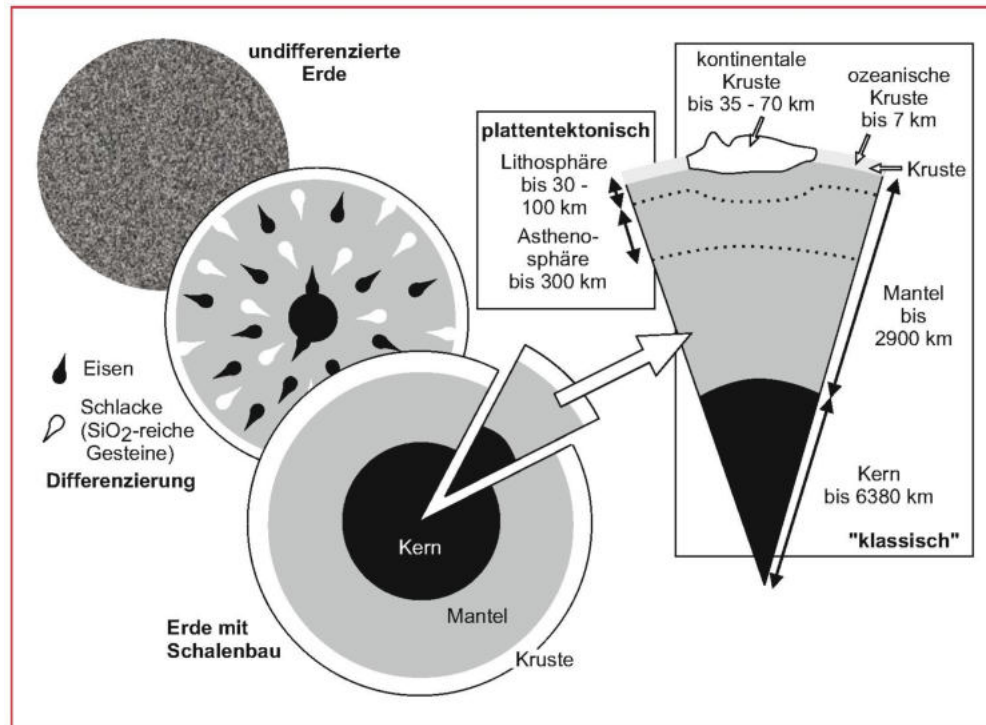
Erz: Festes, natürlich vorkommendes Mineralaggregat von wirtschaftlichem Interesse, aus dem durch Bearbeitung ein oder mehrere Wertbestandteile extrahiert werden können (Magnetit → Fe, Magnesit → Mg, Bauxit → Al).

Gestein: Geologischer Körper statistisch gleichartiger Zusammensetzung, meist **Gemenge aus verschiedenen Mineralen** (z.B. Granit), seltener aus **Kristallen** einer Mineralart (z.B. Marmor).

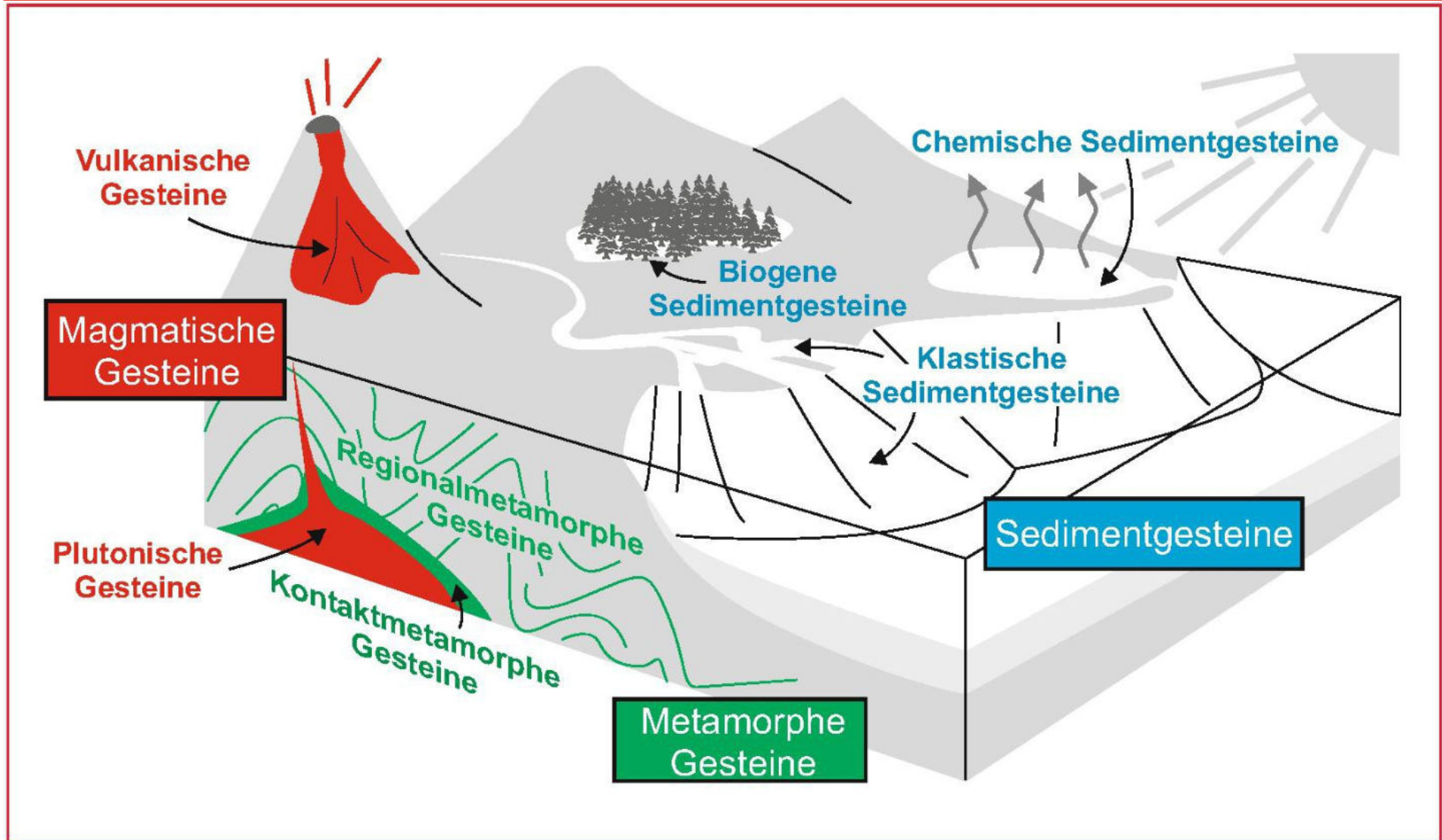
Ein Gestein kann auch biogene (Kohle) oder amorphe Substanzen enthalten (Obsidian).

Grundlagen und Praxis der Gesteinsbestimmung

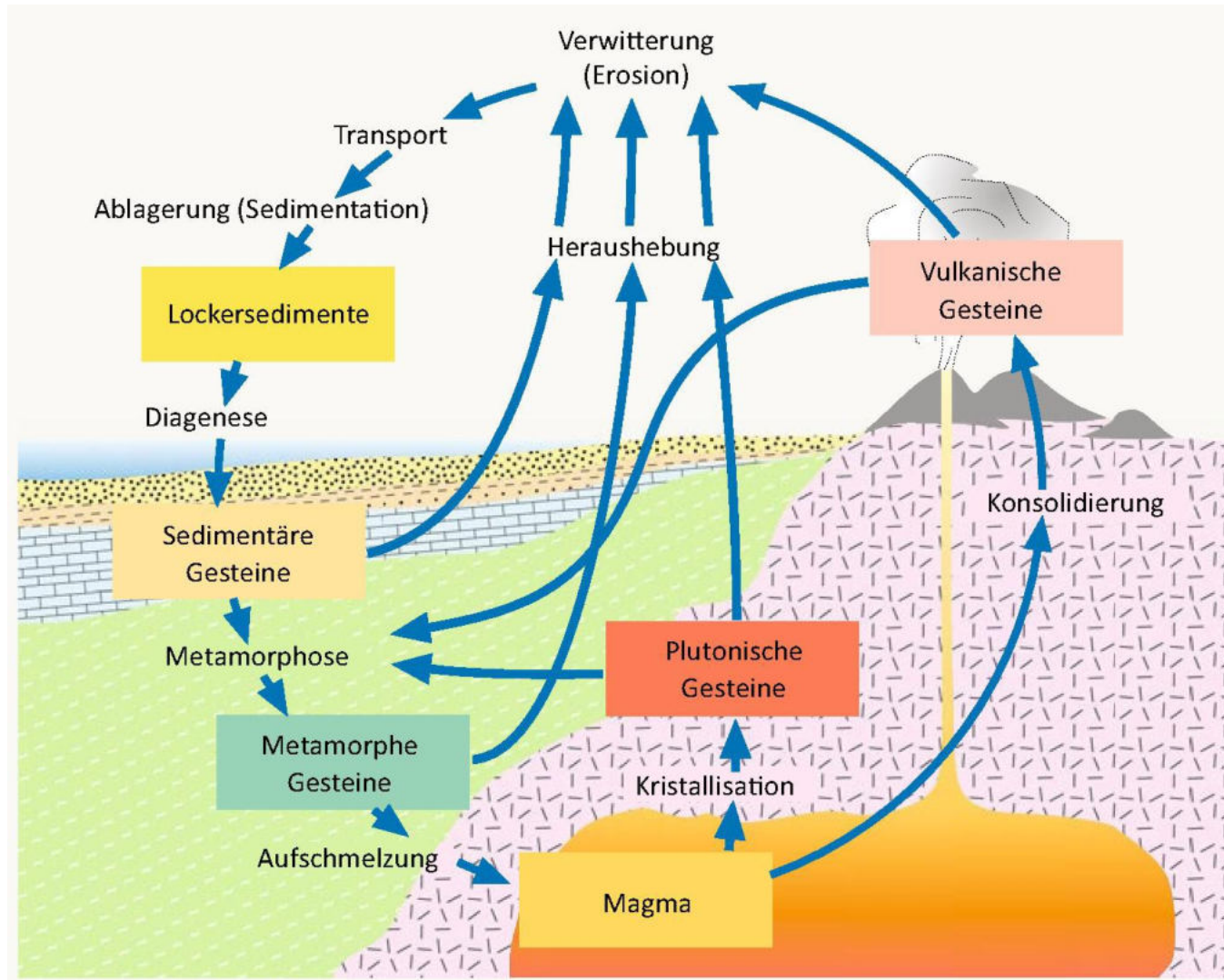
Schalenbau der Erde und Chemismus



Die drei Gesteinsgruppen



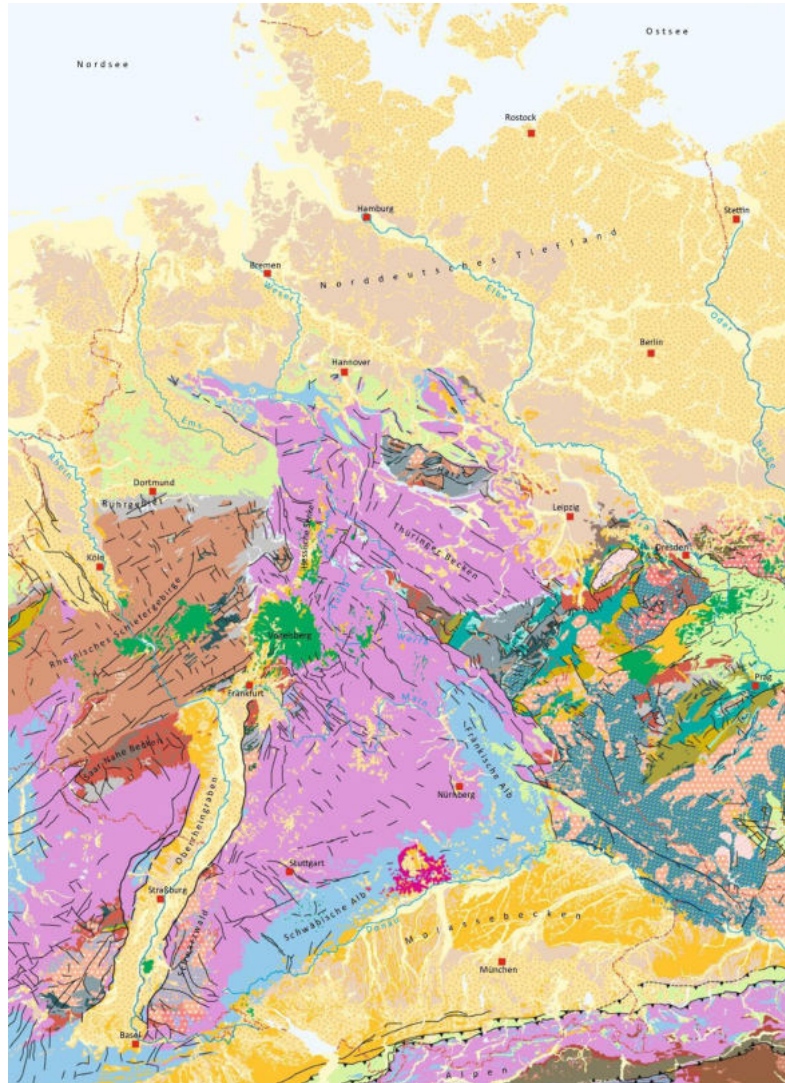
Der Kreislauf der Gesteine



Bestimmungsrelevante Merkmale von Gesteinen

1. *Geologisches Vorkommen*
2. *Erscheinungsform im Gelände*
3. *Allgemeines Aussehen und Eigenschaften*
4. *Gefüge (Textur und Struktur)*
5. *Mineralbestand (für Sedimentgesteine: Zusammensetzung)*

1. Geologisches Vorkommen – Geologische Karte

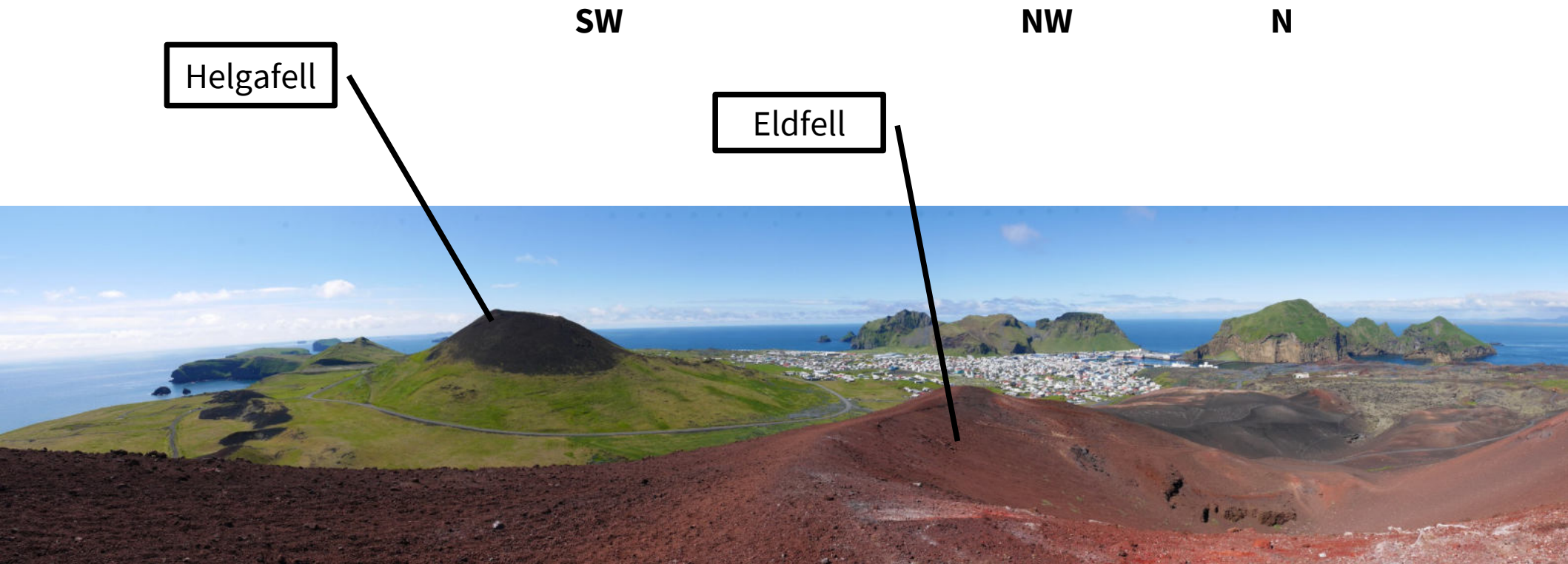


Geologische Übersichtskarte von Deutschland und angrenzenden Gebieten

vereinfacht nach der Geologischen Karte der Bundesrepublik Deutschland, 1 : 1.000.000, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover, 1993



2. Erscheinungsform im Gelände



Vulkane auf Heimaey, Vestmannaeyjar, Island

3. Allgemeines Aussehen und Eigenschaften

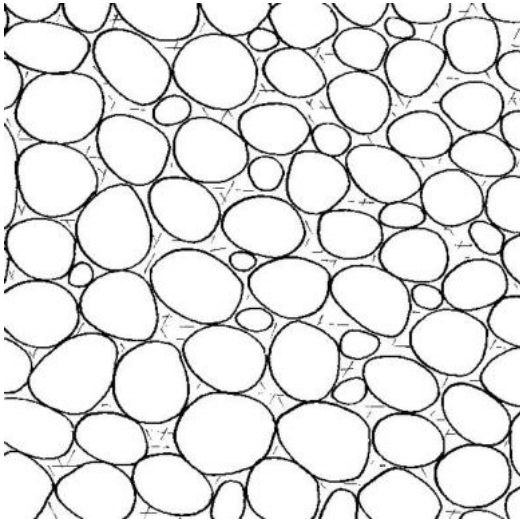


Basalt (Säulen)

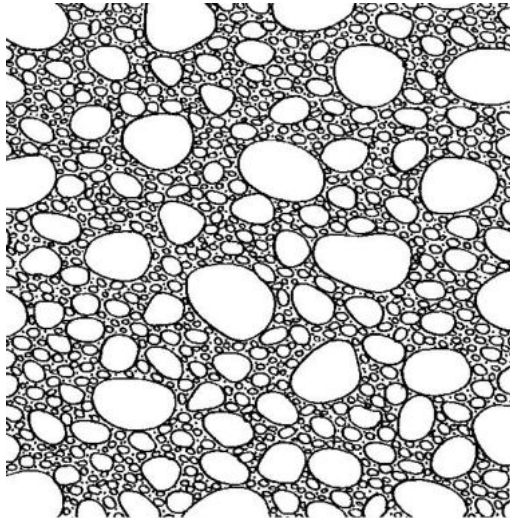


Tongrube (Raupenspuren)

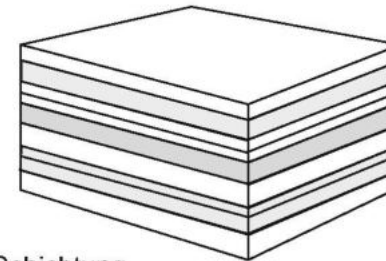
4. Gefüge – Sedimente



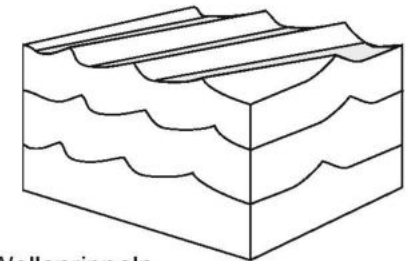
Korngestützt und
gut sortiert



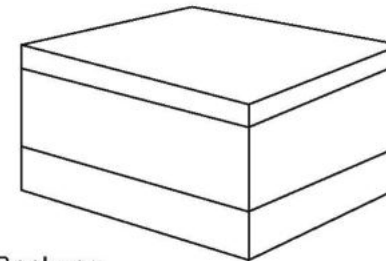
Matrixgestützt und
schlecht sortiert



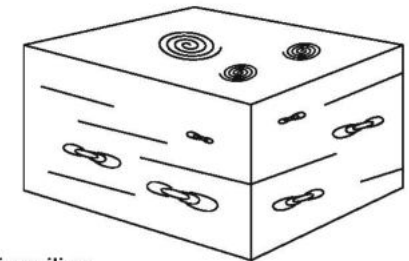
Schichtung



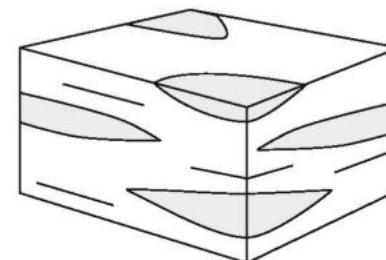
Wellenrippeln



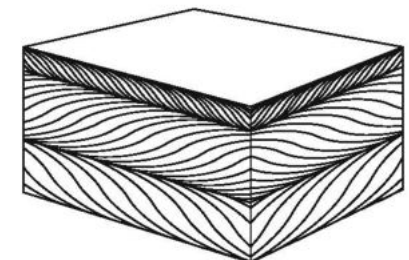
Bankung



Fossilien



Linsen



Schrägschichtung

Texturen von Sedimenten

4. Gefüge – Magmatite und Metamorphite

Rhyolith



Rhyolith mit dunklen, basischen Xenolithen und transparenten Quarzeinsprenglingen (dunkel erscheinend).

Granit



Magmatische Kristallisation und Fehlen späterer Deformationsbeanspruchung.

Gneis

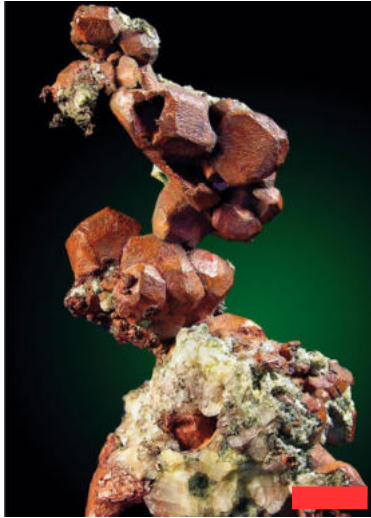


Einregelung der Komponenten als Ausdruck der metamorphen Kristallisation unter dynamischen Bedingungen).

5. Mineralienbestand

- *Mineralien – Chemische Differenzierung*
- *Wichtige Mineralgruppen - Silikate*
- *Wichtige Mineralien – Feldspäte, Quarz, Glimmer*
- *Diagnostik der wichtigsten Minerale*
- *Systematik durch Laborbestimmung*
- *Bestimmung im Gelände*

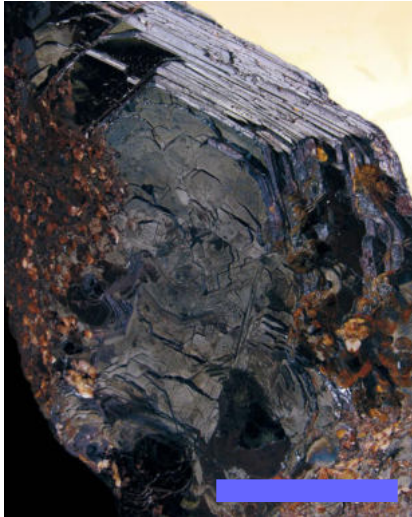
Mineralgruppen



Elemente
z.B. Kupfer (Cu)



Sulfide
z.B. Pyrit (FeS_2)



Oxide
z.B. Hämatit (Fe_2O_3)



Karbonate
z.B. Calcit (CaCO_3)

Wichtige Mineralien – Quarz (SiO_2)



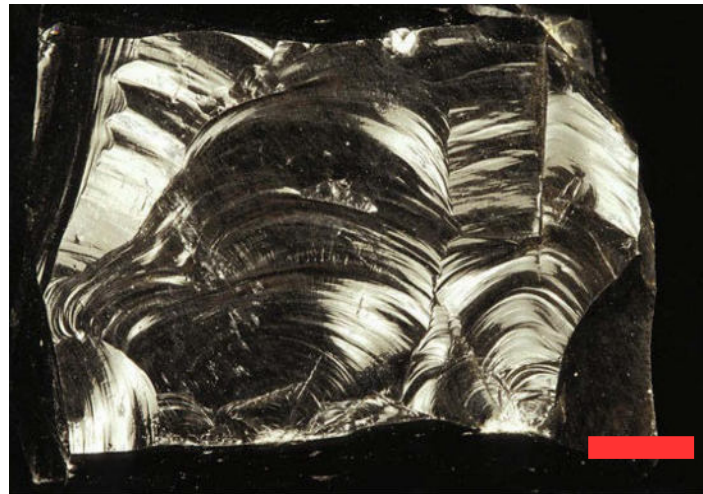
Idiomorpher Quarz (Bergkristall)



Xenomorpher Quarz im Granit



Amethyst-Druse in Hohlräumen



Obsidian, vulkanisches Glas

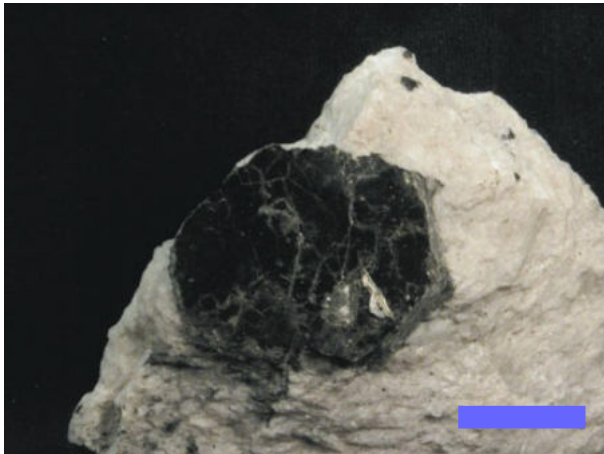
Wichtige Mineralgruppen – Silikate



Gerüstsilikate
z.B. Feldspat
 $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$



Kettensilikate
z.B. Pyroxen
 $\text{Ca}_{0,25}(\text{Fe}, \text{Mg})_{1,75}[\text{Si}_2\text{O}_6]$

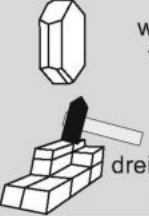


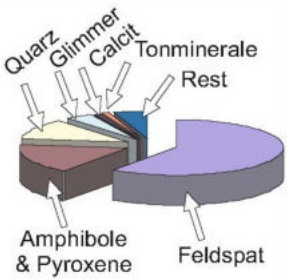
Schichtsilikate
z.B. Biotit
 $\text{K}(\text{Fe}, \text{Mg})_3[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$



Inselsilikate
z.B. Olivin
 $(\text{Mg}, \text{Fe})_2[\text{SiO}_4]$

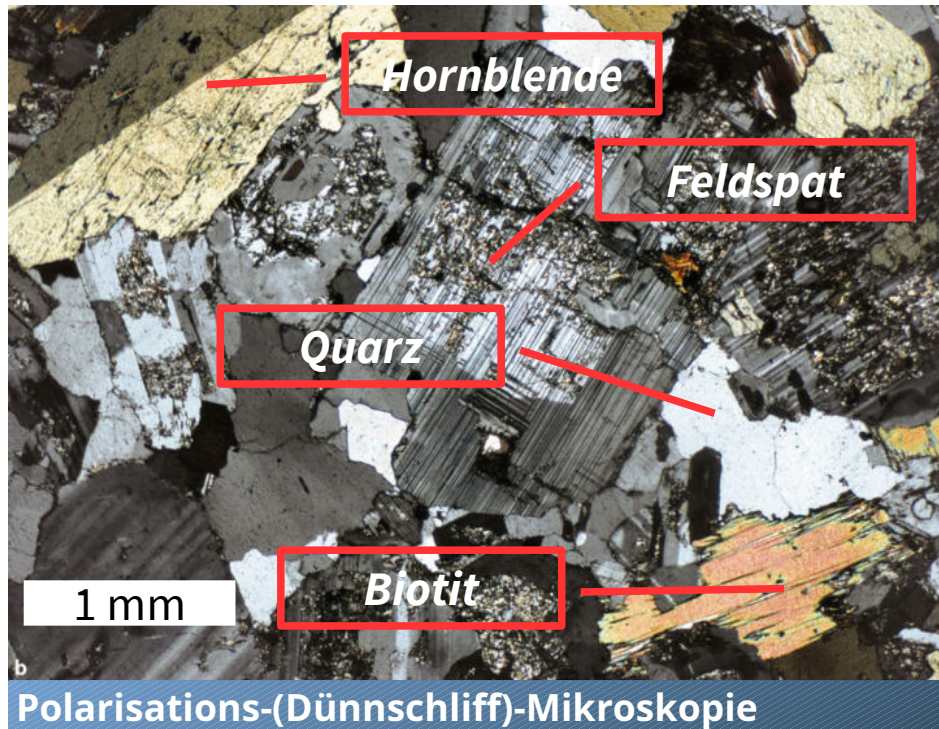
Diagnostik der wichtigsten Minerale

Mineralgruppe	Anteil an der Erdkruste	Diagnose	weitere Unterteilung
Feldspat	60 %	 weiß, rosa, fleischrot gut dreidimensional spaltbar	Kalifeldspat eher rötlich fleischfarben 
			Plagioklas eher weiß 
Pyroxene & Amphibole	17 %	 schwarz, dunkelbraun, dunkelgrün prismatisch	Pyroxen Spaltwinkel ca. 90° 
			Amphibol Spaltwinkel ca. 125° 
Quarz	13 %	 glasartig farblos, milchig, gefärbt muschliger Bruch, Härte 7 (ritzt Glas)	z. B. Bergkristall farblos, klar 
			Milchquarz weiß 
			Amethyst violett 

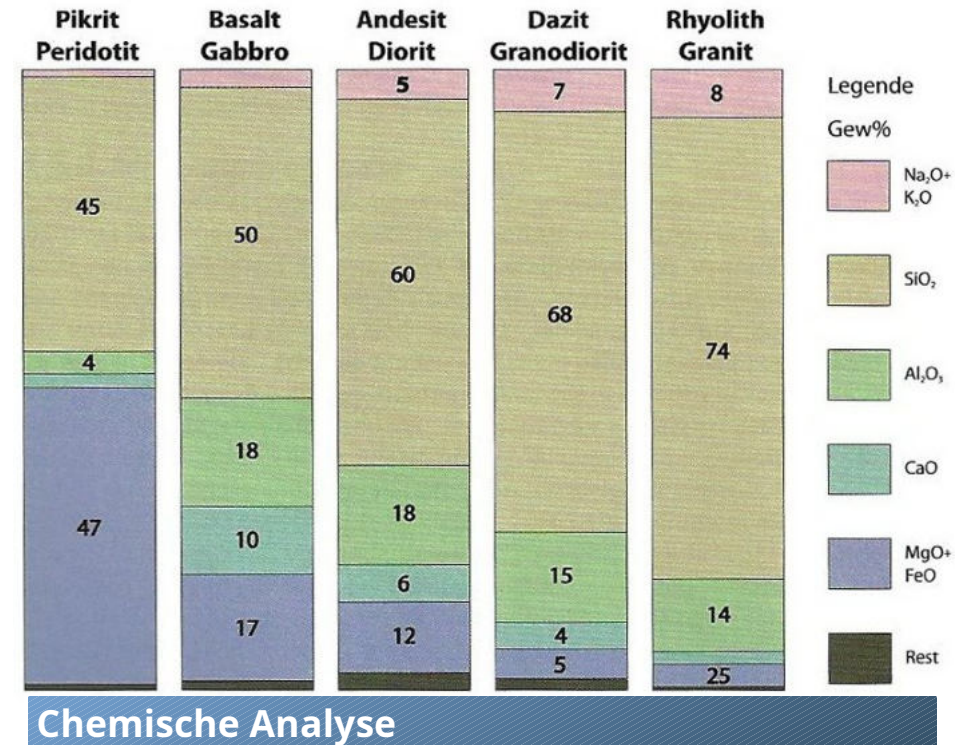
Glimmer	4 %	 schuppig, blättrig spaltend	Biotit schwarz 
			Hellglimmer farblos, silbrig 
Tonminerale	1 %	 < 0,002 mm plastisch	 Quarz Glimmer Calcit Tonminerale Rest Amethyst Bergkristall Milchquarz Feldspat Summe der aufgeführten Minerale: 96 %
Calcit	1 %	 braust mit Salzsäure gut dreidimensional spaltbar Härte 3 (mit Messer ritzbar)	

Grundlagen und Praxis der Gesteinsbestimmung

Systematik durch Laborbestimmung



Diorit mit Hauptgemengeteile: Plagioklas (polysynthetische Zwillinge), Hornblende (verzwillingt), Biotit und Quarz.



Chemismus der magmatischen Gesteine von „basisch“ nach „sauer“

Die häufigsten Minerale der Hauptgesteinsarten

Magmatische Gesteine	Sediment- gesteine	Metamorphe Gesteine
Quarz*	Quarz*	Quarz*
Feldspat*	Tonminerale*	Feldspat*
Glimmer*	Feldspat*	Glimmer*
Pyroxen*	Calcit	Granat*
Amphibol*	Dolomit	Pyroxen*
Olivin*	Gips	Staurolith*
—	Steinsalz	Disthen*
Silicate sind durch Sternchen (*) gekennzeichnet		

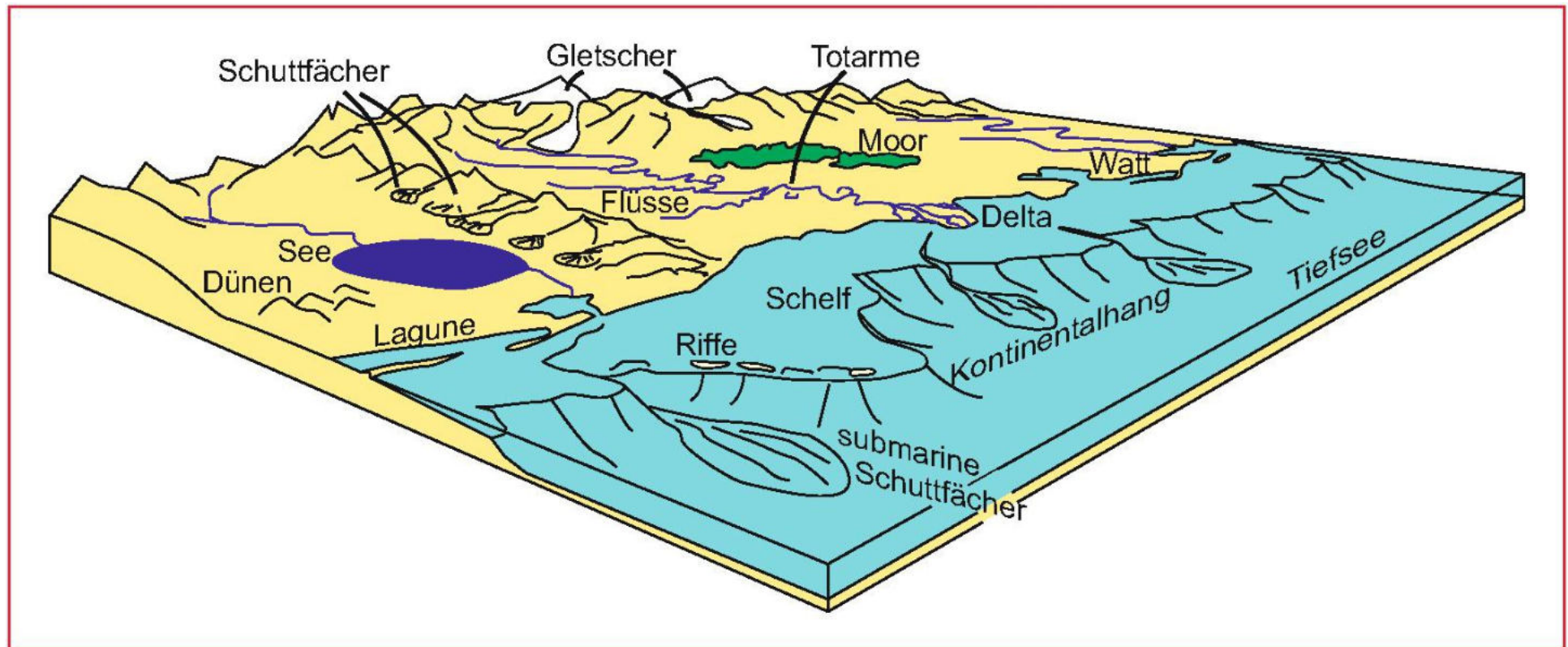
Charakteristiken der Sedimentgesteine

- *Terrestrische oder marine Ablagerungen*
- *Klastisch (auch vulkanisch), chemisch oder organogen*
- *meist Schichtung als Gefügemerkmal*
- *teilweise mit Fossilien*
- *Entstehung durch Kompaktion und Zementation (Diagenese)*
- *es finden Mineralneubildungen statt*

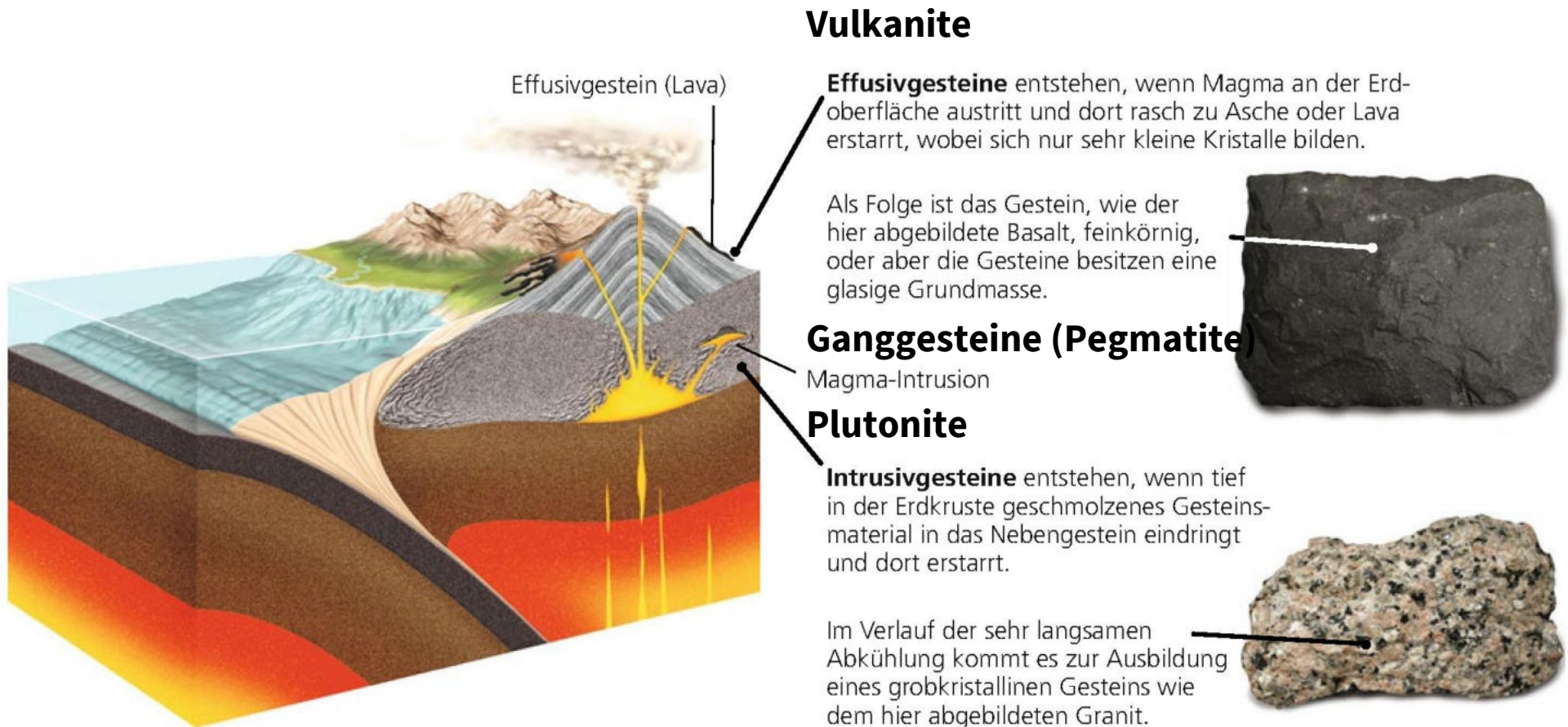
Bildungsart der Sediment-Gesteine (Sedimentite)

- *Klastische Sedimente (Klastite)*
 - Psephite (Kiese, Konglomerate, Brekzien, Tillite, Grauwacken)
 - Psammite (Sand und Sandsteine)
 - Pelite (Ton und Tonsteine, Siltsteine, Lehm, Löss)
- *Chemische Sedimente*
 - Ausfällungsgesteine (Kalksinter, Oolite, Itabirite etc.)
 - Evaporite (Kalk, Gips, Steinsalz, „Edelsalze“ d.h. K-,Mg-,Li-Salze)
- *Organogene Sedimentgesteine*
 - Kalk (CaCO_3) (Algen, Einzeller, Schwämme, Korallen, Mollusken)
 - Kieselsäure (SiO_2) (Algen, Einzeller, Schwämme)
 - Kohle, Bitumen, Bernstein, Phosphate (Bonebeds, Guano)

Ablagerungsräume der Sedimente



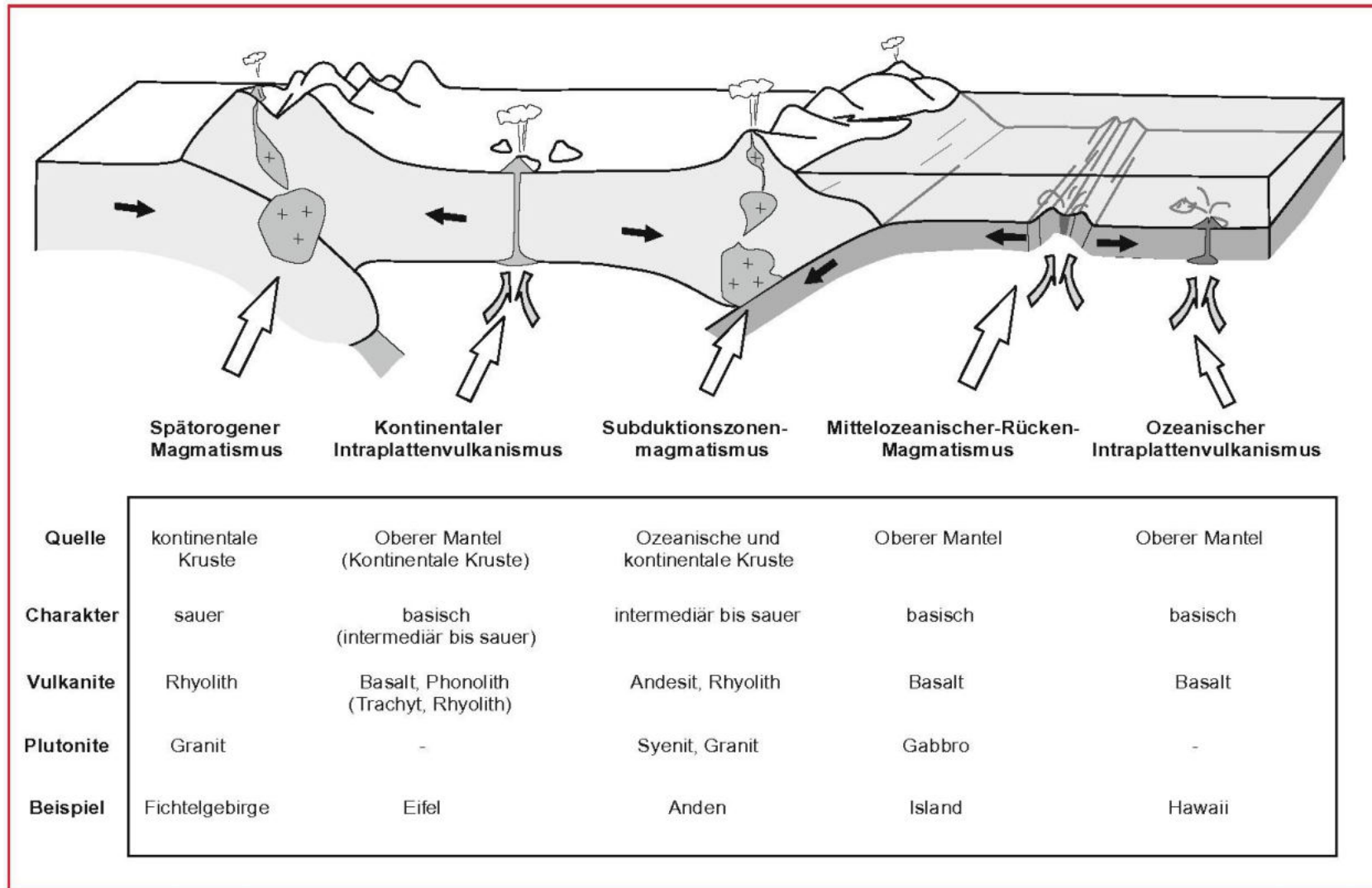
Magmatische Gesteine – Vulkanite und Plutonite



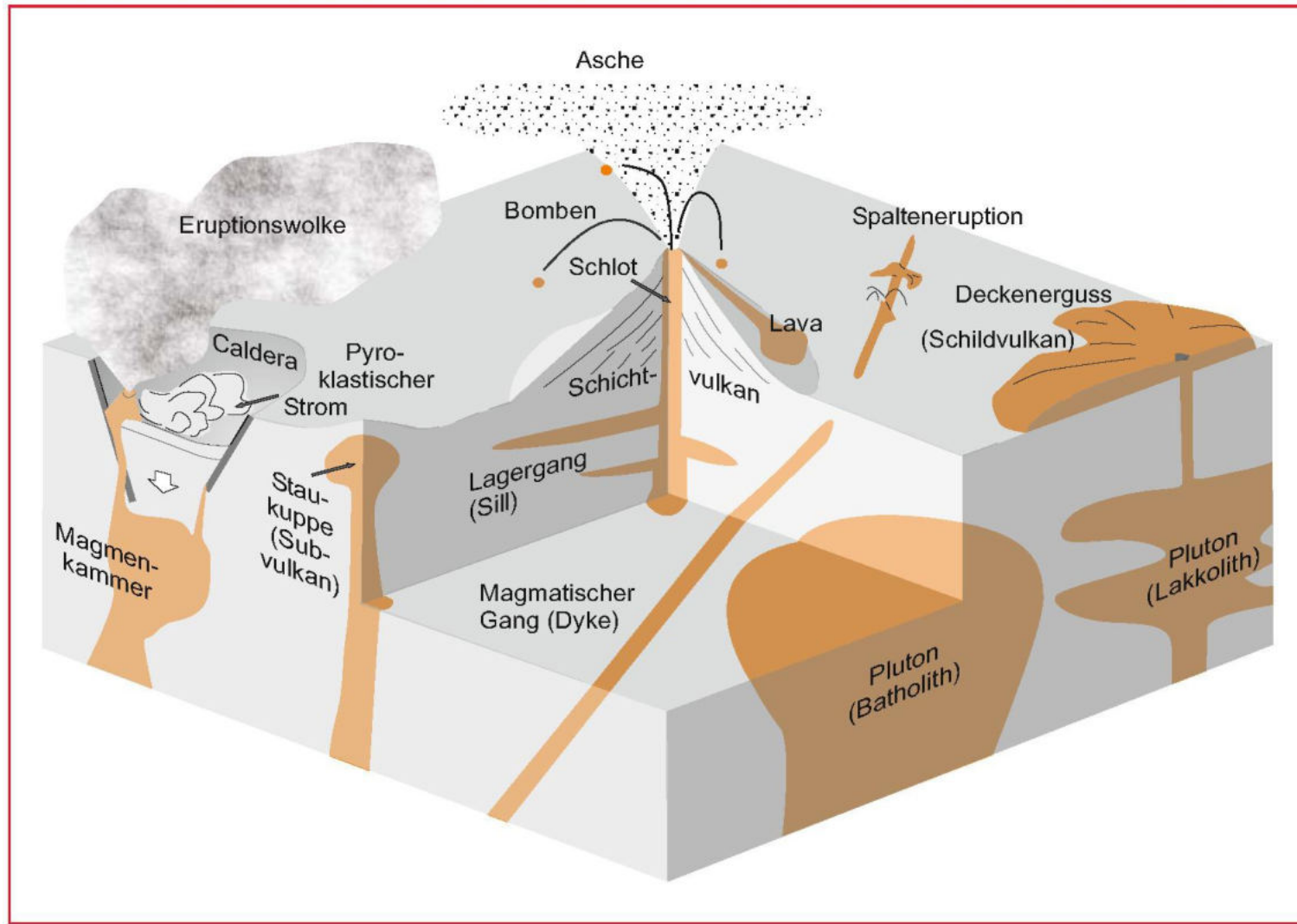
Die Entstehung der Magmatite

- Material aus Erdmantel oder Aufschmelzen von bestehenden Gesteinen (alle Gesteinsarten)
- Fraktionierte Kristallisation der primären Schmelze
 - gravitativ durch fraktionierte Kristallisation
 - Chemische Veränderung von „basisch“ (wenig SiO_2) nach „sauer“ (viel SiO_2)
 - geringere Dichte
- Aufsteigen in höhere Stockwerke
 - Assimilation bestehender Gesteine (teilweise auch Kontamination)
 - abnehmender lithostatischer Druck, dadurch Entbindung der Gasphase (CO_2 , H_2O)
- Abkühlung
 - schnell bei Vulkaniten (mikrokristallines Gefüge)
 - langsame bei Plutoniten (große Kristalle)

Bildungsräume der Magmatite



Strukturen der Magmatite



Gefüge der Magmatite (Beispiel: Rhyolith / Granit)

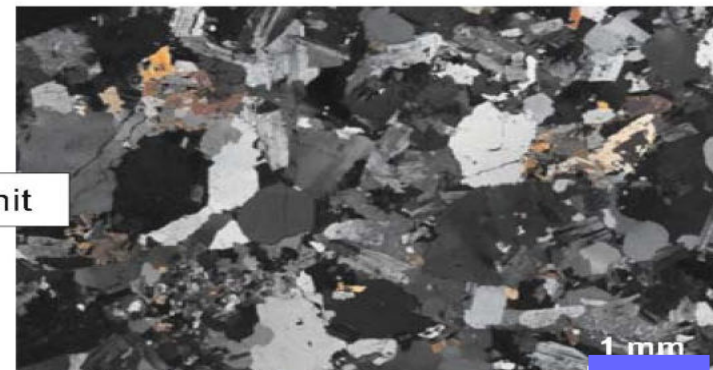
Bildungsraum	Gleichkörnigkeit	Kristallgröße
Vulkanit	ungleichkörnig	Matrix: feinkörnig oder nicht-kristallin (glasig) Einsprenglinge: grobkörnig
Ganggestein	ungleichkörnig oder gleichkörnig	mittelkörnig
Plutonit	gleichkörnig	grobkörnig



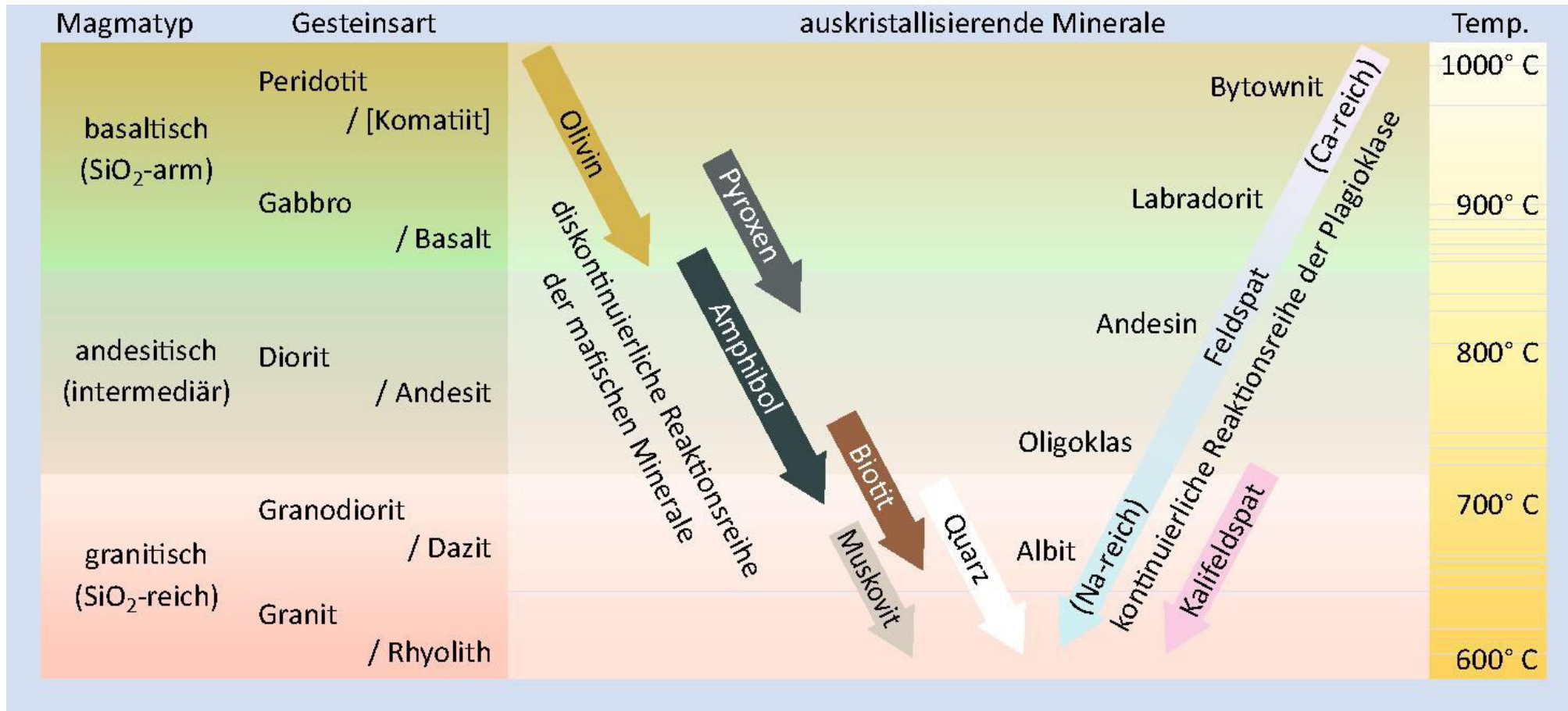
Rhyolith



Granit



Das Bowen'sche Reaktionsschema

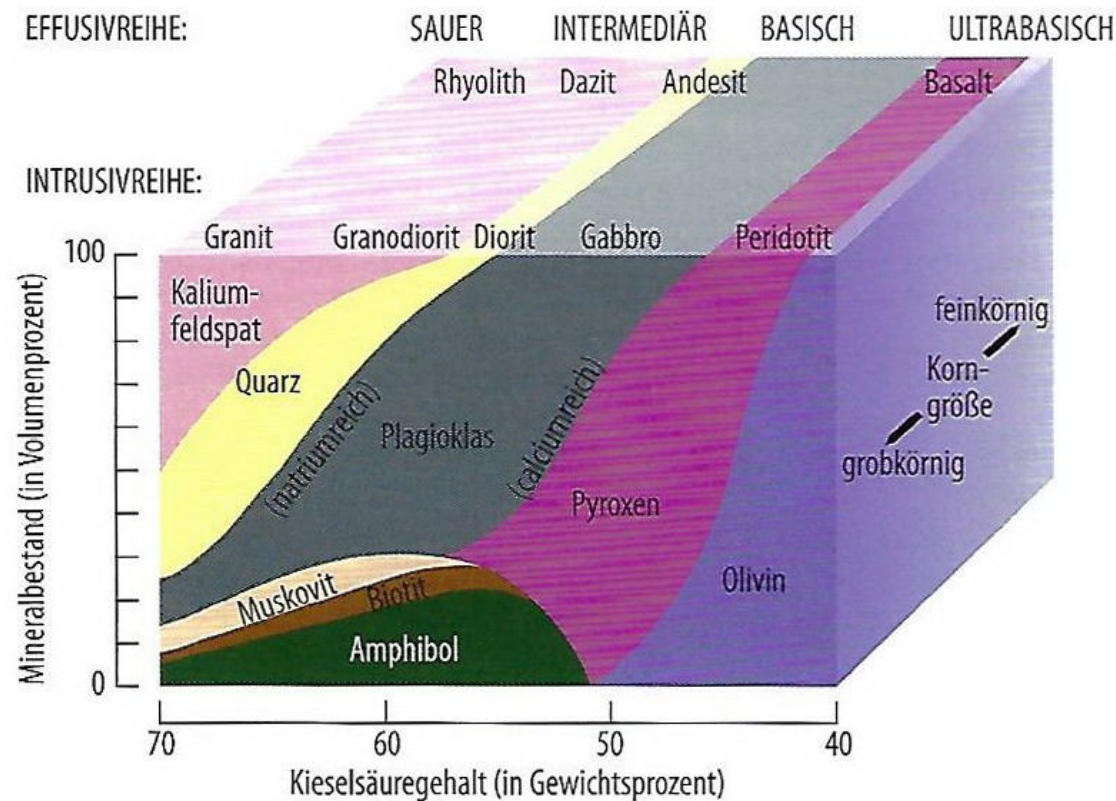


Gruppierungen der Magmatite

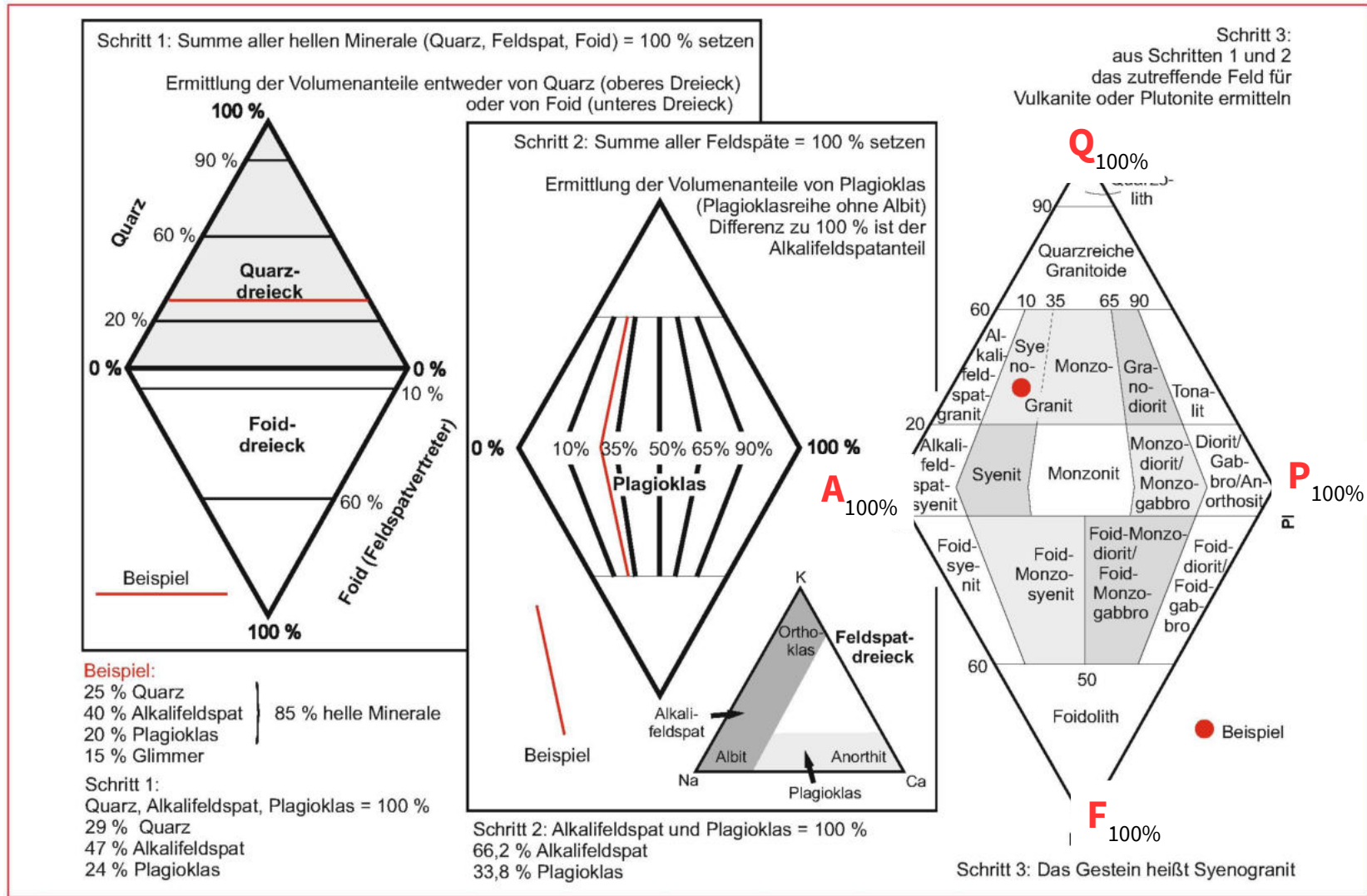
sauer / basisch
und
hell / dunkel

Quarz-Gehalt (Gew.%)		Farbzahl M			
> 65	sauer	0 - 20	leukokrat (hell)	felsisch	K-, Na-reich
53 - 65	intermediär	↑			↑
45 - 53	basisch	↓		mafisch	
< 45	ultrabasisch	90 - 100	melanokrat (dunkel)	K-, Na-reich	Mg-, Fe-reich

Mineralgehalt der
Vulkanite und
Plutonite

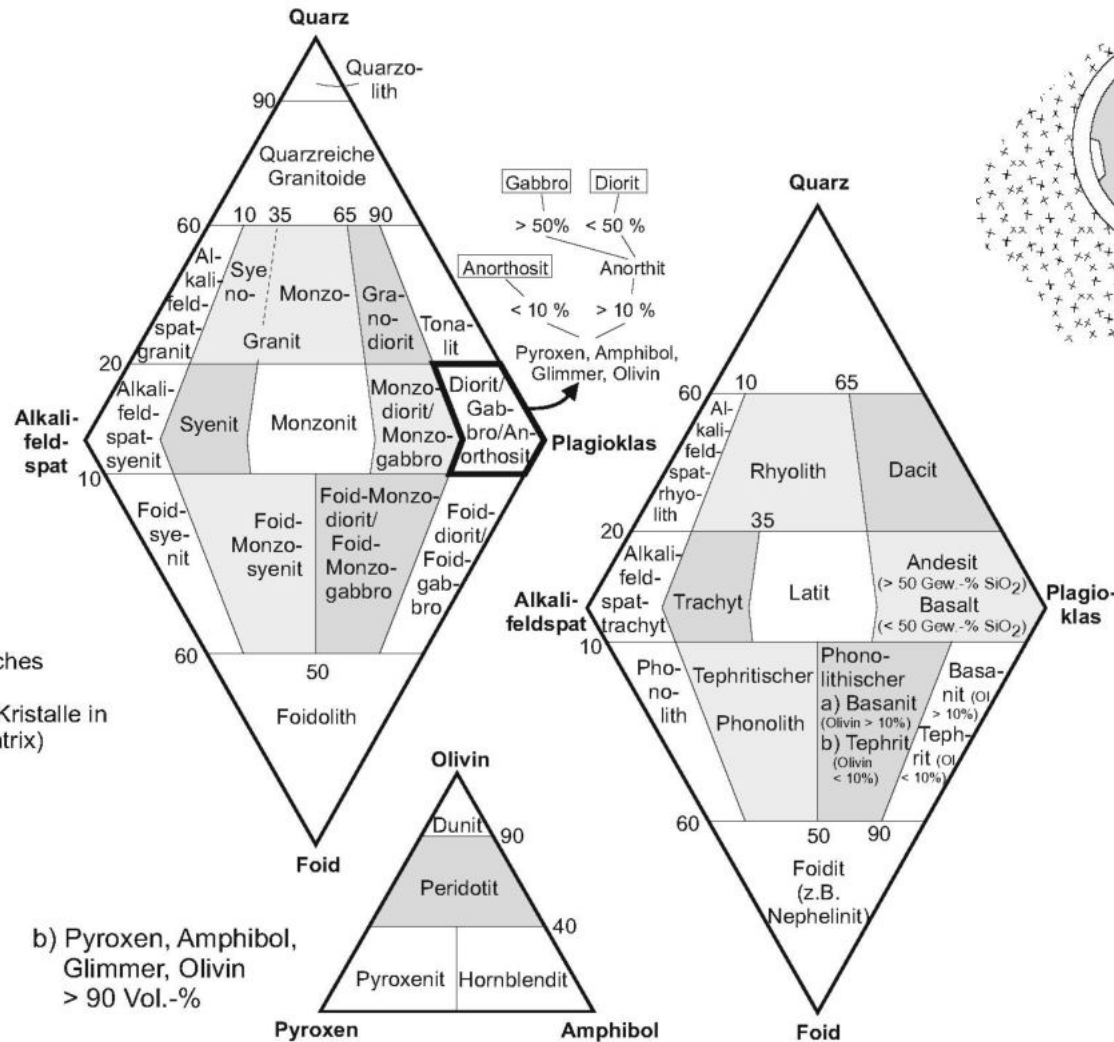


Das Streckeisen-Diagramm (QAPF-Diagramm)

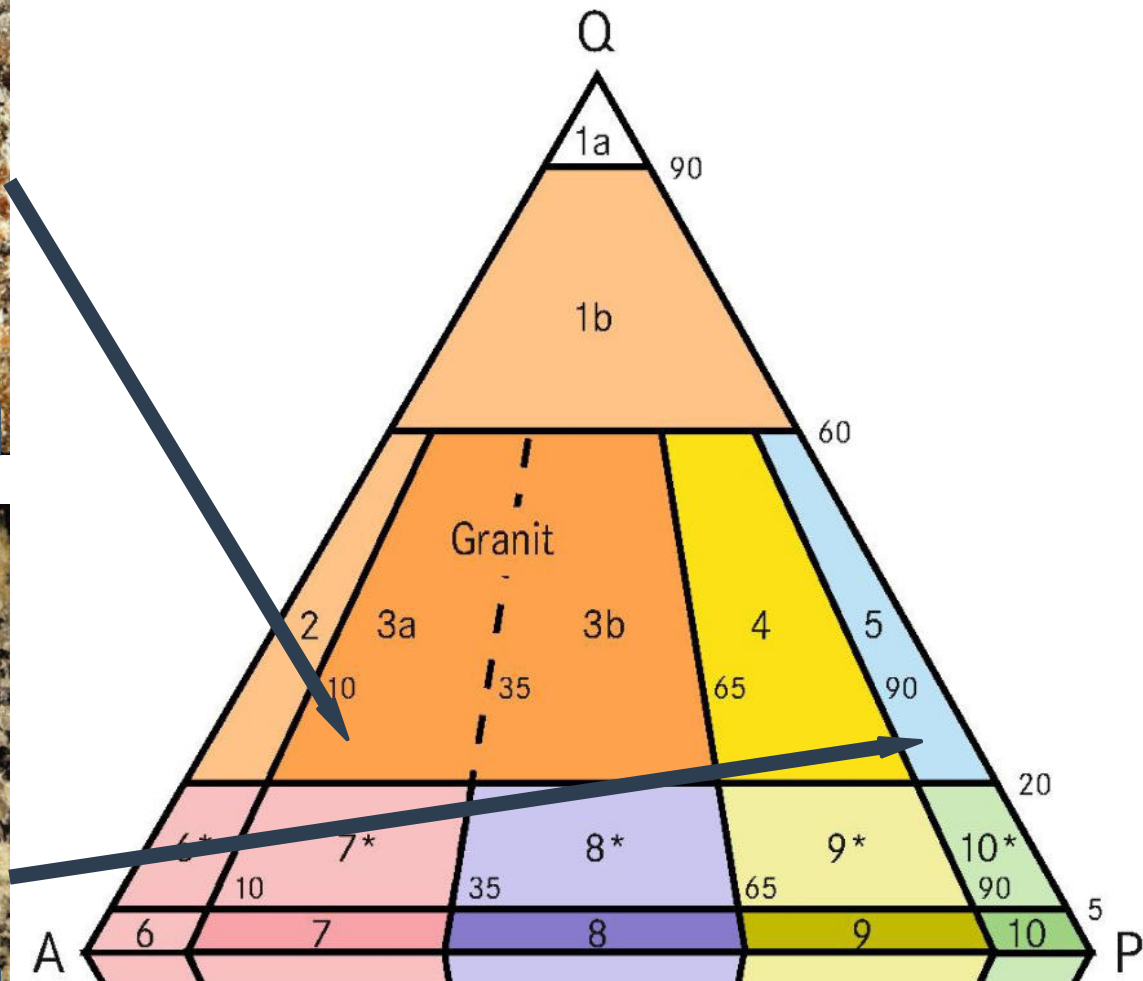
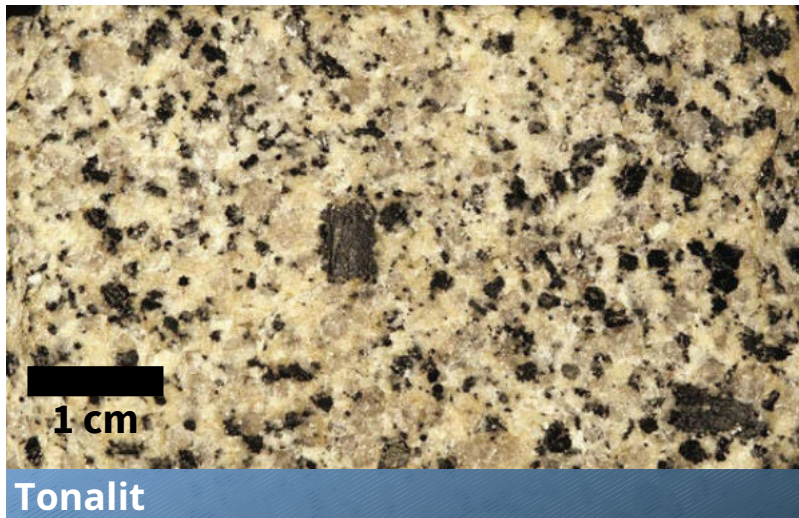
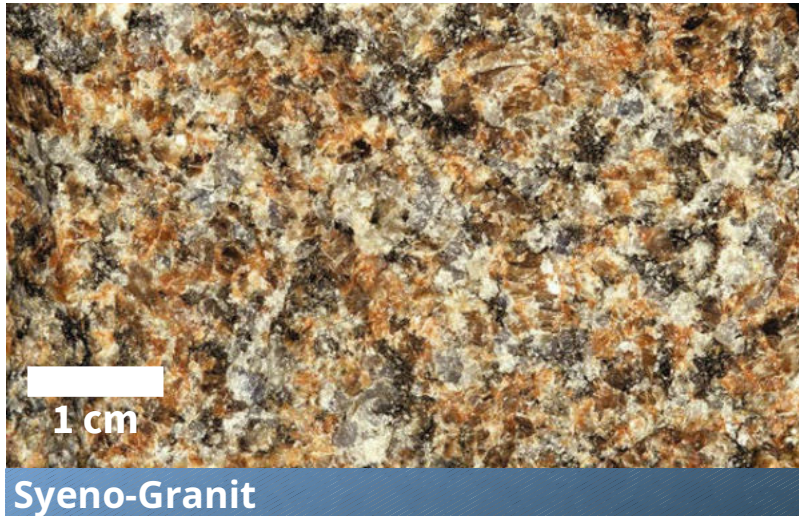


Bestimmung der Magmatite

a) Pyroxen, Amphibol, Glimmer, Olivin < 90 Vol.-%



Praxis – Bestimmung von Granit



Beispiele für Vulkanite und Plutonite

Plutonite



Syenit mit nahezu kugelrunden Feldspatovoiden aus blassrötlichem Kalifeldspat; dunklen Minerale sind Amphibol und Klinopyroxen.



Diorit aus weißgrauem Plagioklas, schwarzer Hornblende und schwarzem Biotit



Gabbro aus grauem Plagioklas, schwarzem Klinopyroxen und schwarzem Magnetit.

Vulkanite



Stricklava (Basalt) in Island



Andesit-Sill in Bolivien



Andesit mit schwarzen Hornblende-Einsprenglingen.

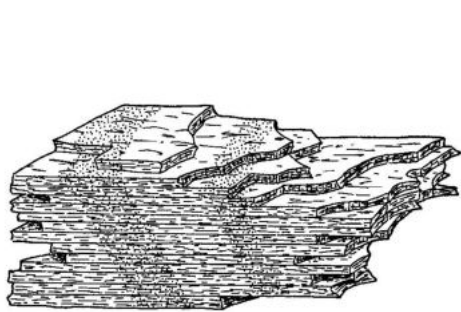
Metamorphite (metamorphe Gesteine)

Umwandlung von Gesteine durch Umkristallisation

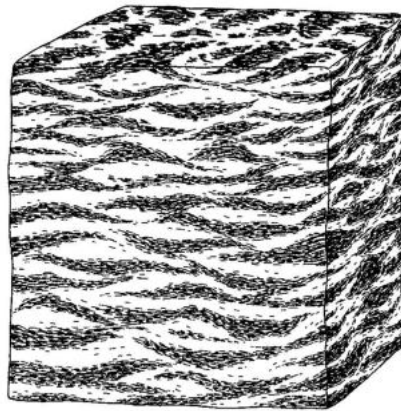
- bei erhöhter Temperatur ($> 200\text{ °C}$) und /oder
- steigendem Druck (0-130 km d.h. bis ca. 4,5 Gpa)

- *Art der Metamorphose gemäß p / T -Diagramme*
- *Art des Druckes*
 - Dynamisch (mit Verformung → z.B. Schieferung)
 - Statisch (ohne Verformung)
- *Art des Ausgangsmaterials (Edukte)*
 - Sedimentgesteine → Para-Metamorphite
 - Magmatite oder Metamorphite → Ortho-Metamorphite

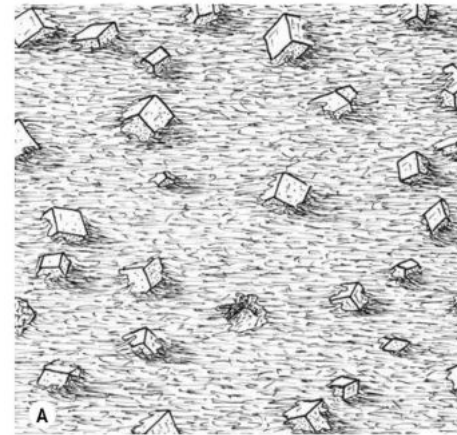
Metamorphe Gefüge – Texturen und Strukturen



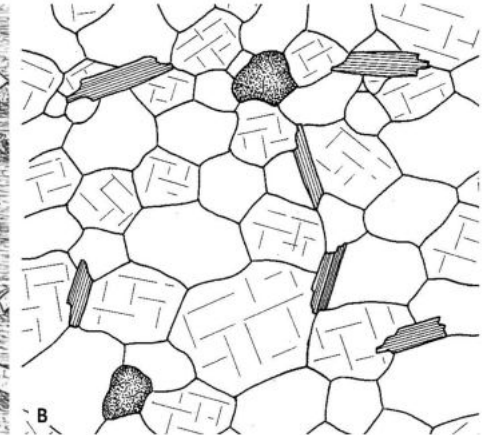
A



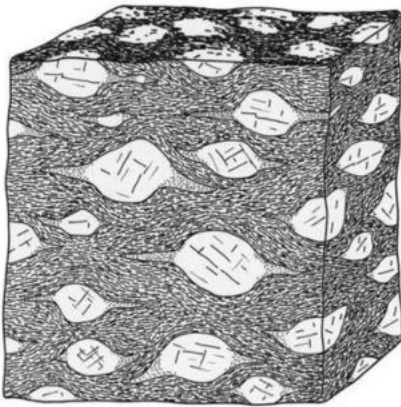
B



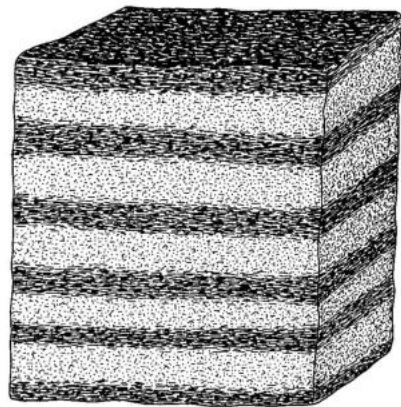
A



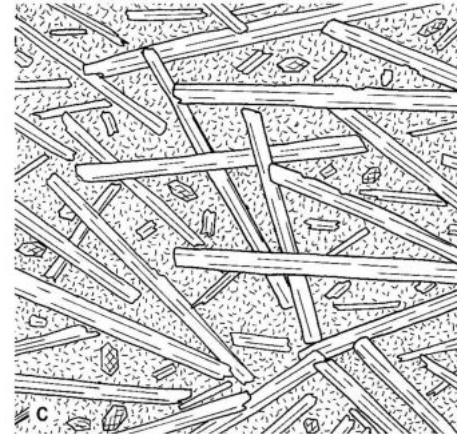
B



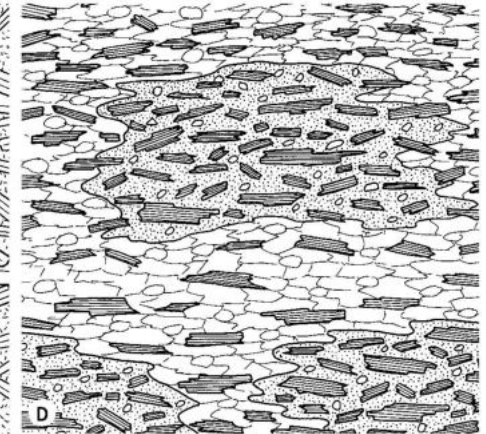
C



D



C

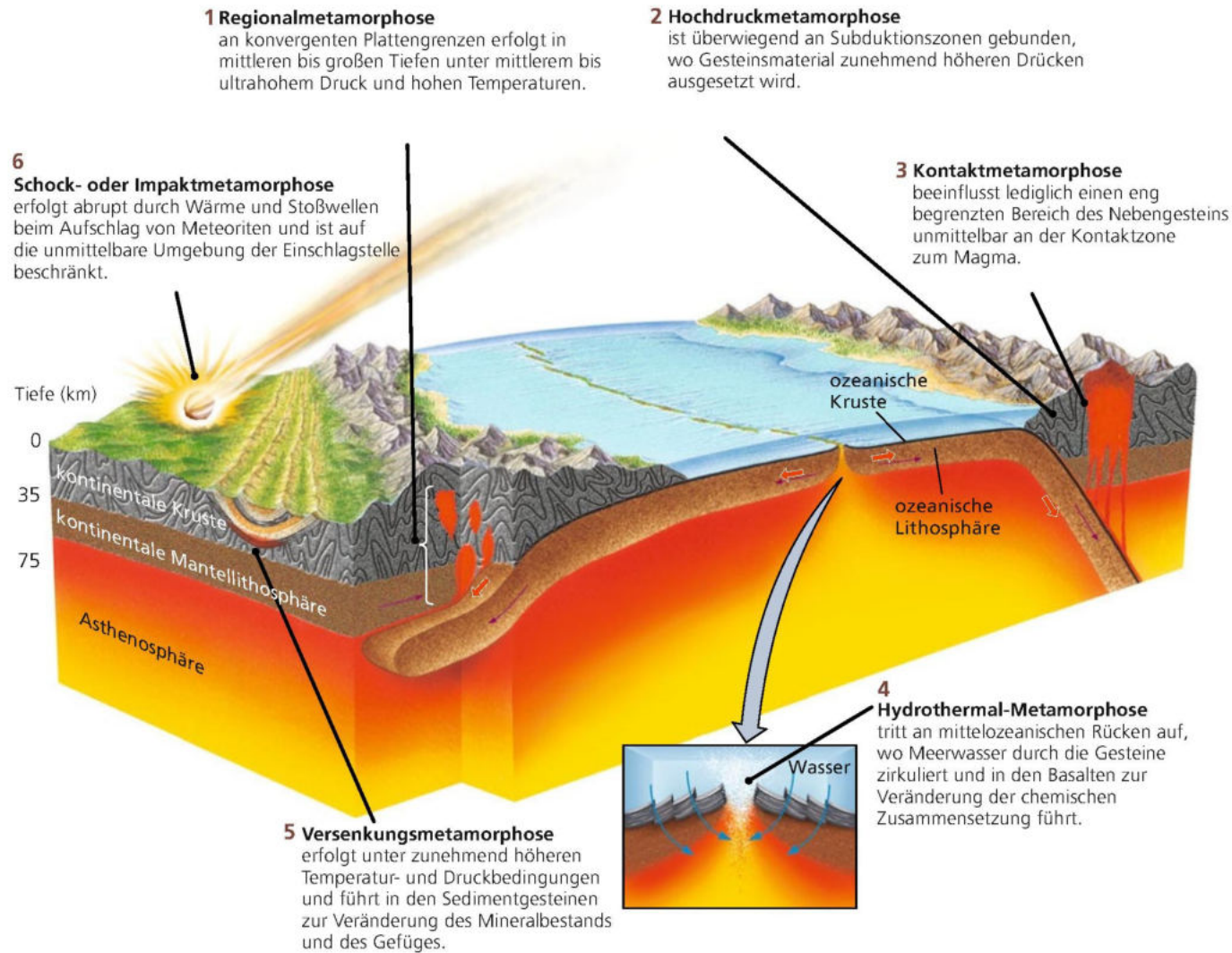


D

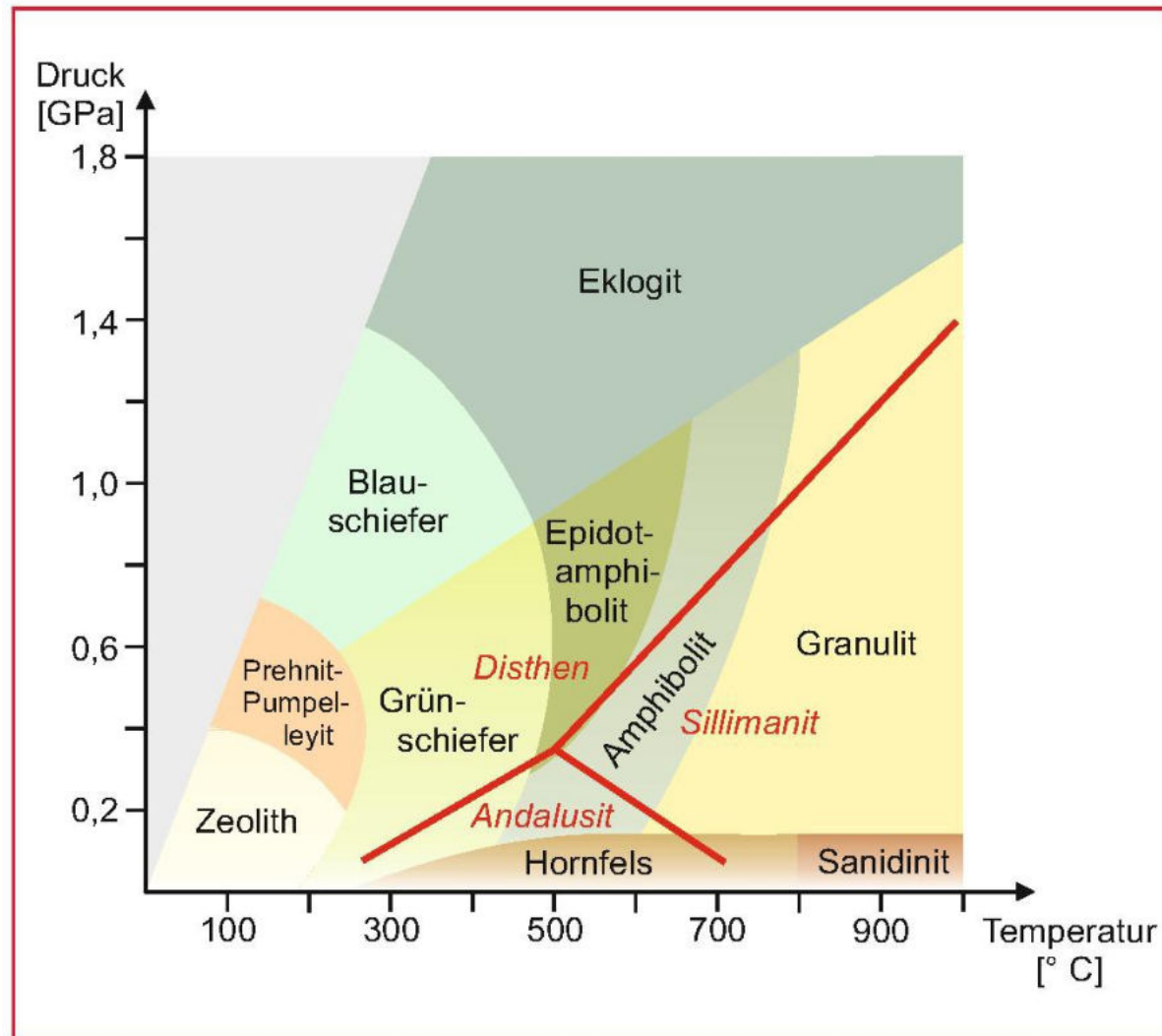
Texturen

Strukturen

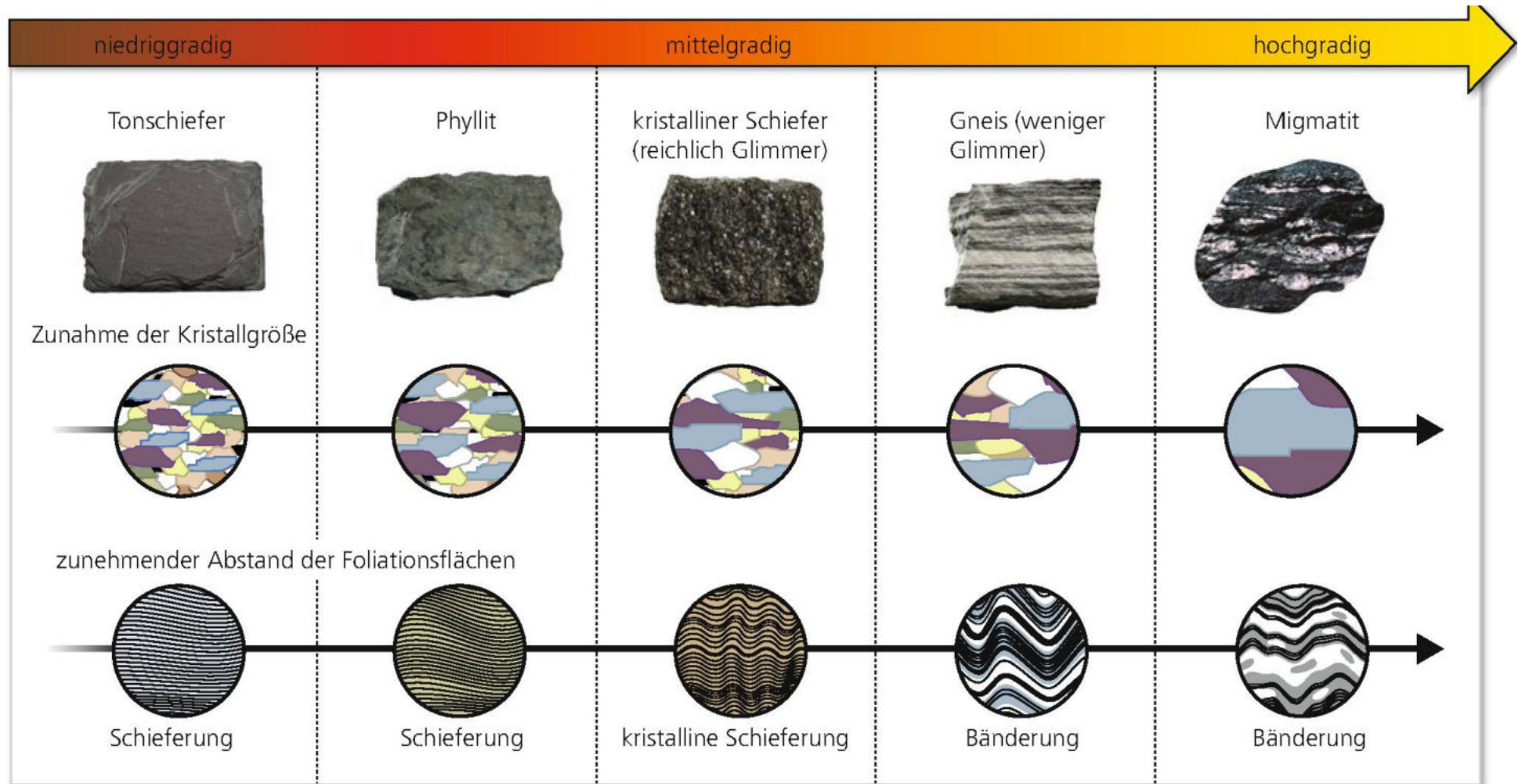
Arten der Metamorphose



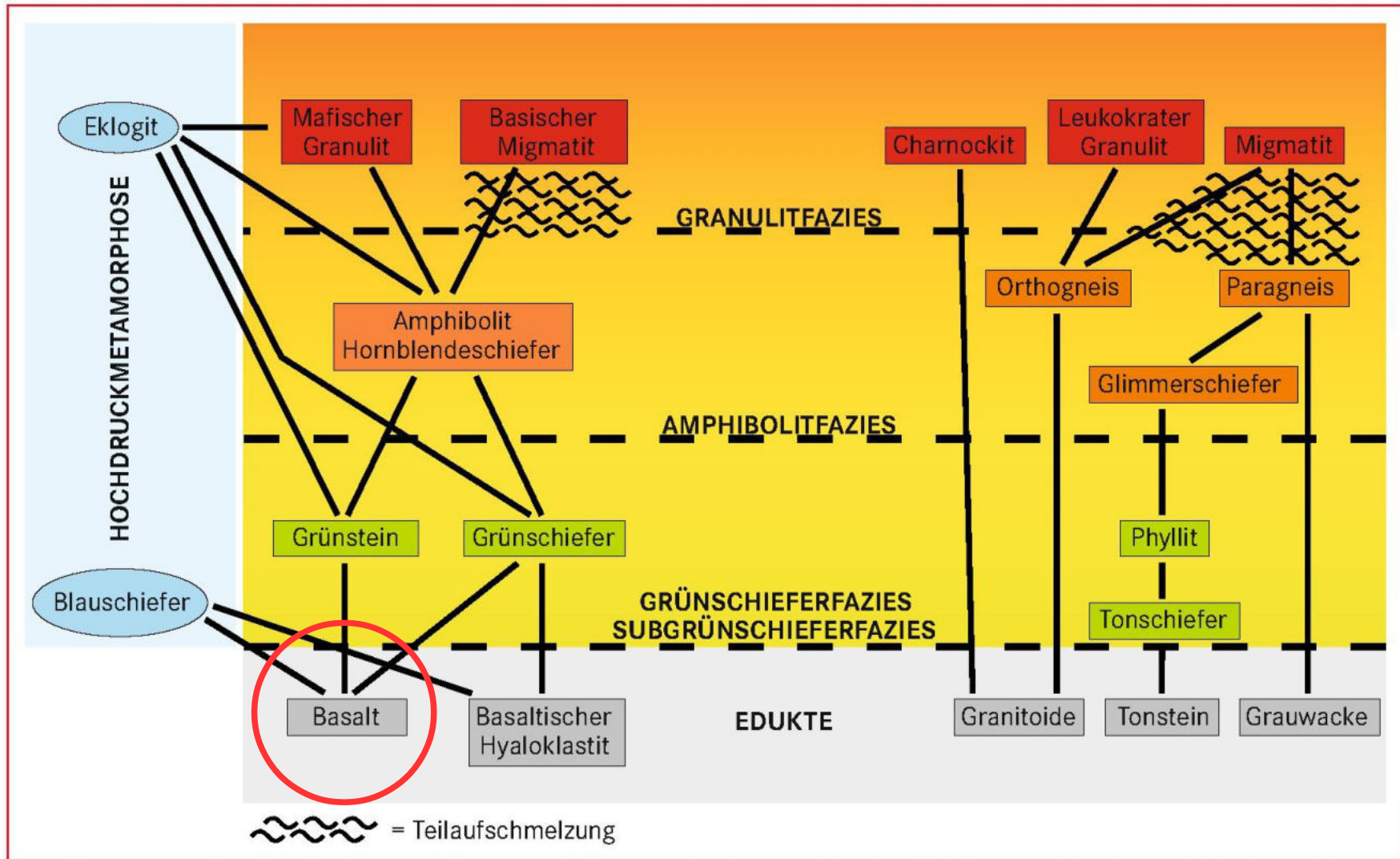
Die metamorphe Faziesreihe



Zunahme des Metamorphosegrades



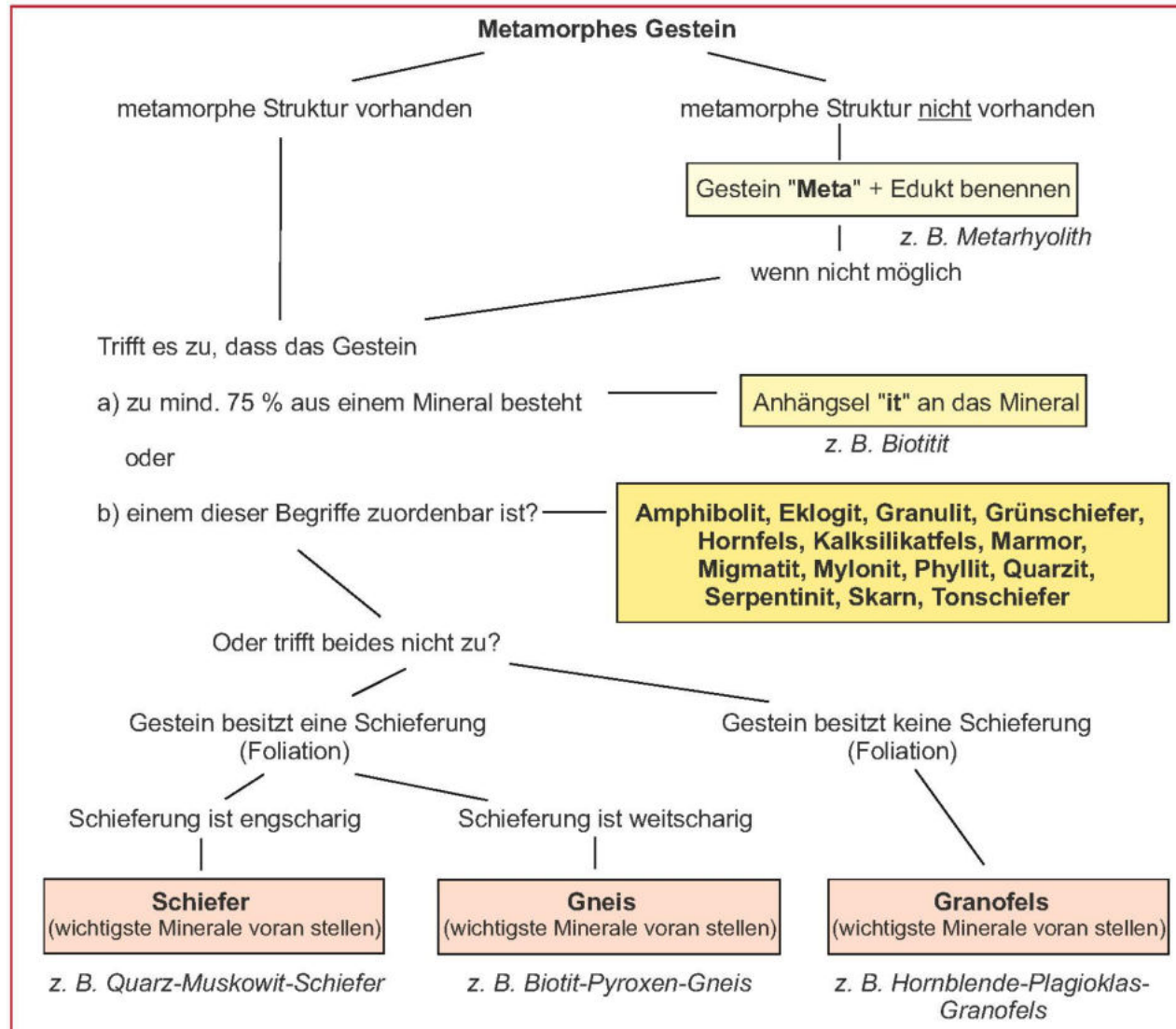
Edukte und Produkte der Metamorphose-Fazies



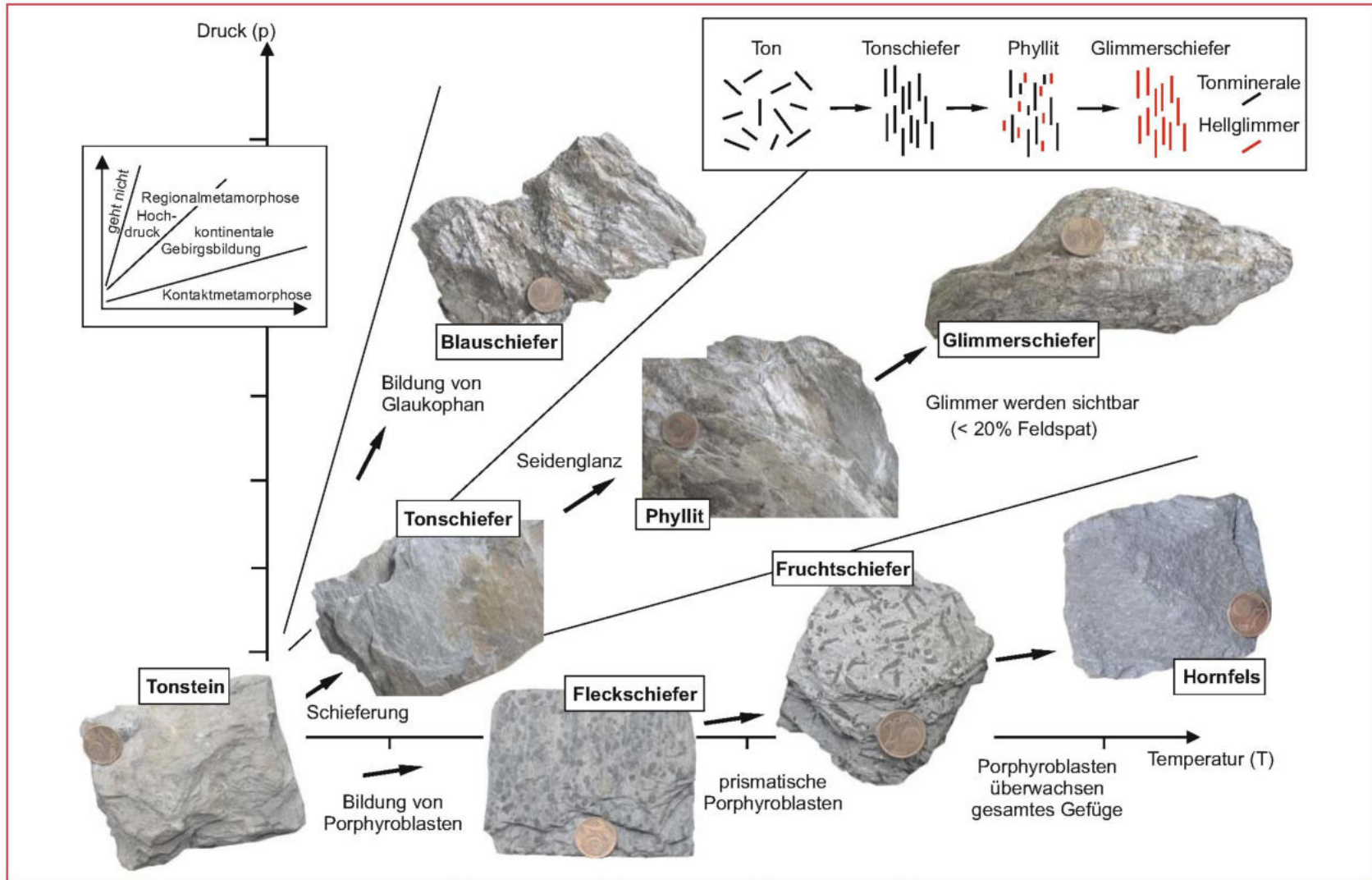
Namensgebung der Metamorphite

Charakteristika

- Mineralbestand (Amphobilit, Marmor)
- Gefüge (Schiefer)
- Mineral und Gefüge (Glimmerschiefer)
- Metamorphe Fazies (Eklogit)
- Ausgangsgestein (Metapelit)



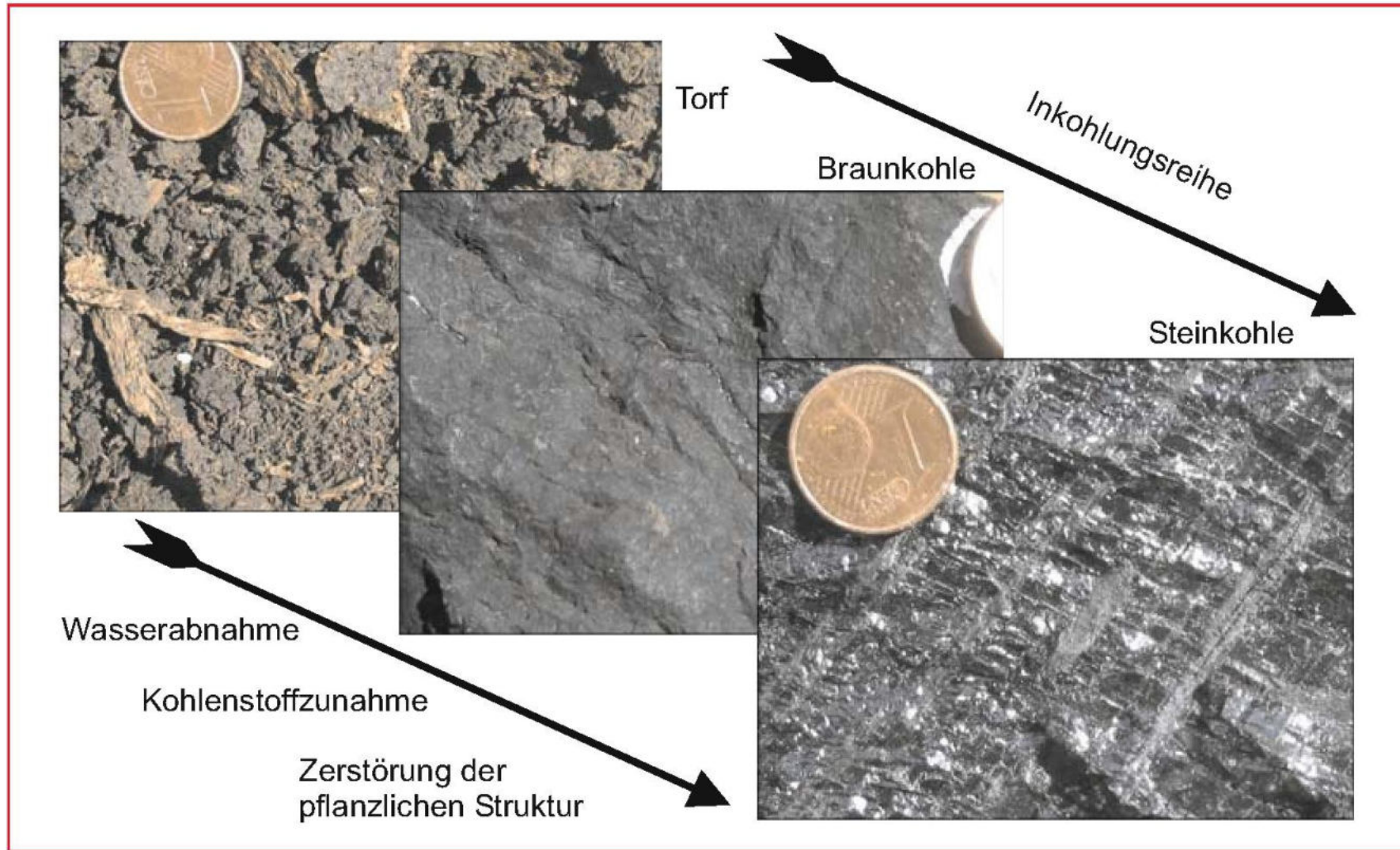
Metamorphosestufen von Meta-Peliten



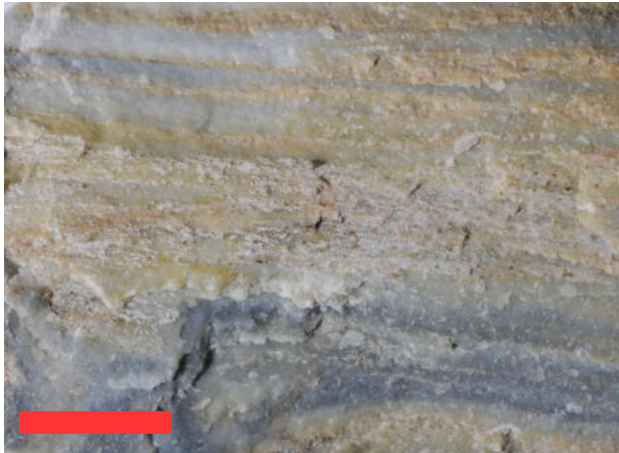
Metamorphosestufen des Basalts



Metamorphosestufen von organischem Material



Beispiele für Metamorphite



Marmor



Tonschiefer



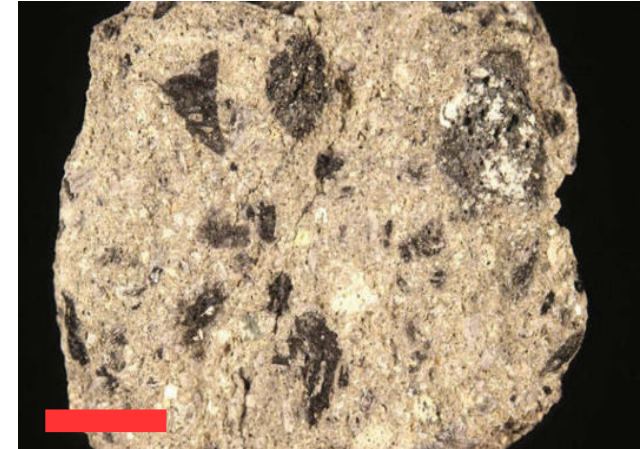
Migmatit



Phyllit



Quarzit



Suevit (Impactit)

Bestimmung im Gelände



Literatur

- **Hann , H.P. (2018):** Grundlagen und Praxis der Gesteins-bestimmung. 2. Aufl., Quelle und Meyer Verlag, Wiebelsheim.
- **Sebastian, Ulrich (2014):** Gesteinskunde. 3. Aufl., Springer-Spektrum Berlin Heidelberg.
- **Vinx, Roland (2015):** Gesteinsbestimmung im Gelände. 4. Aufl., Springer-Spektrum Berlin Heidelberg.
- **Markl, Gregor (2015):** Mineralien und Gesteine. Mineralogie – Petrologie – Geochemie. 3. Aufl., Springer-Spektrum Berlin Heidelberg.