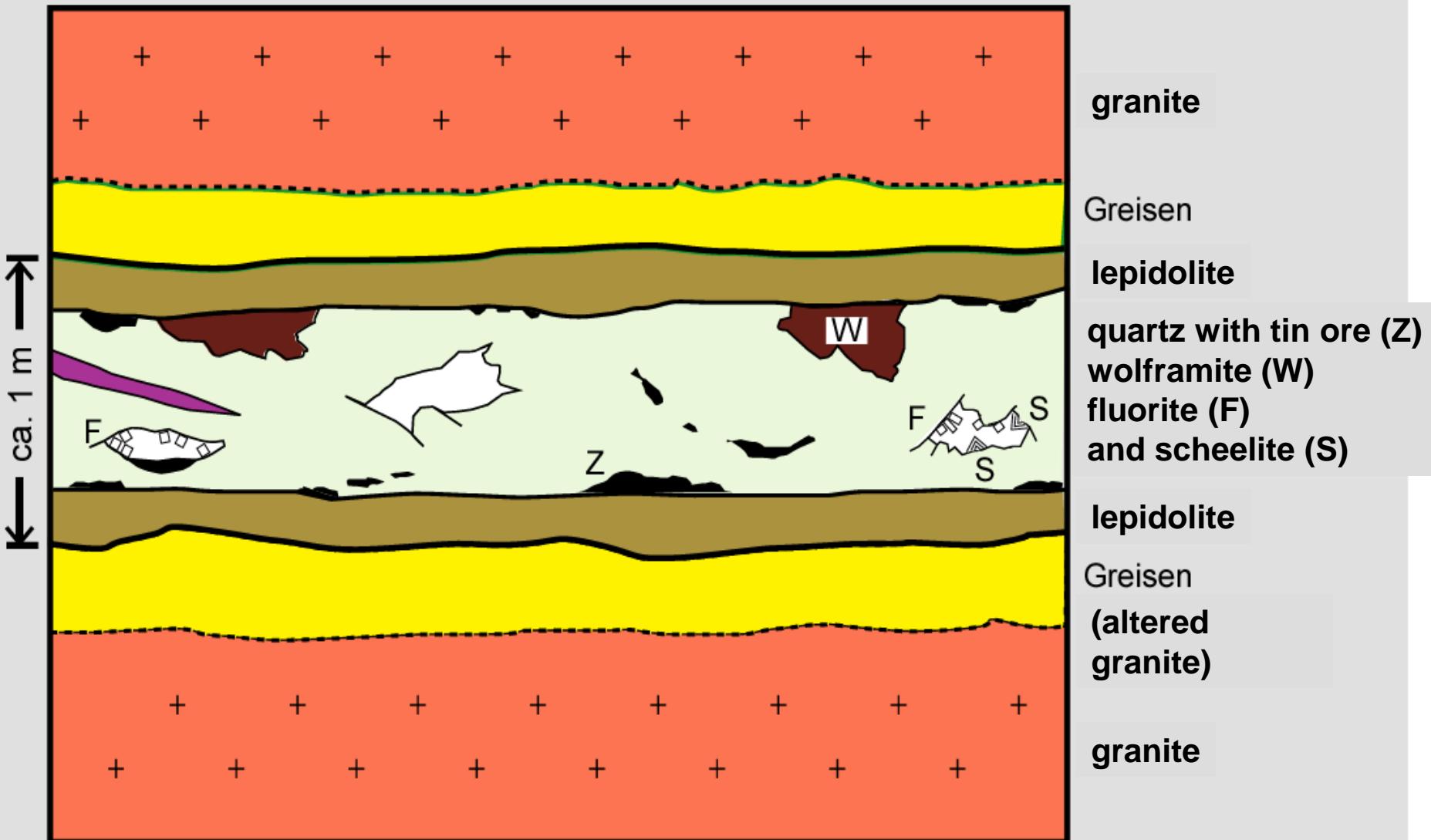


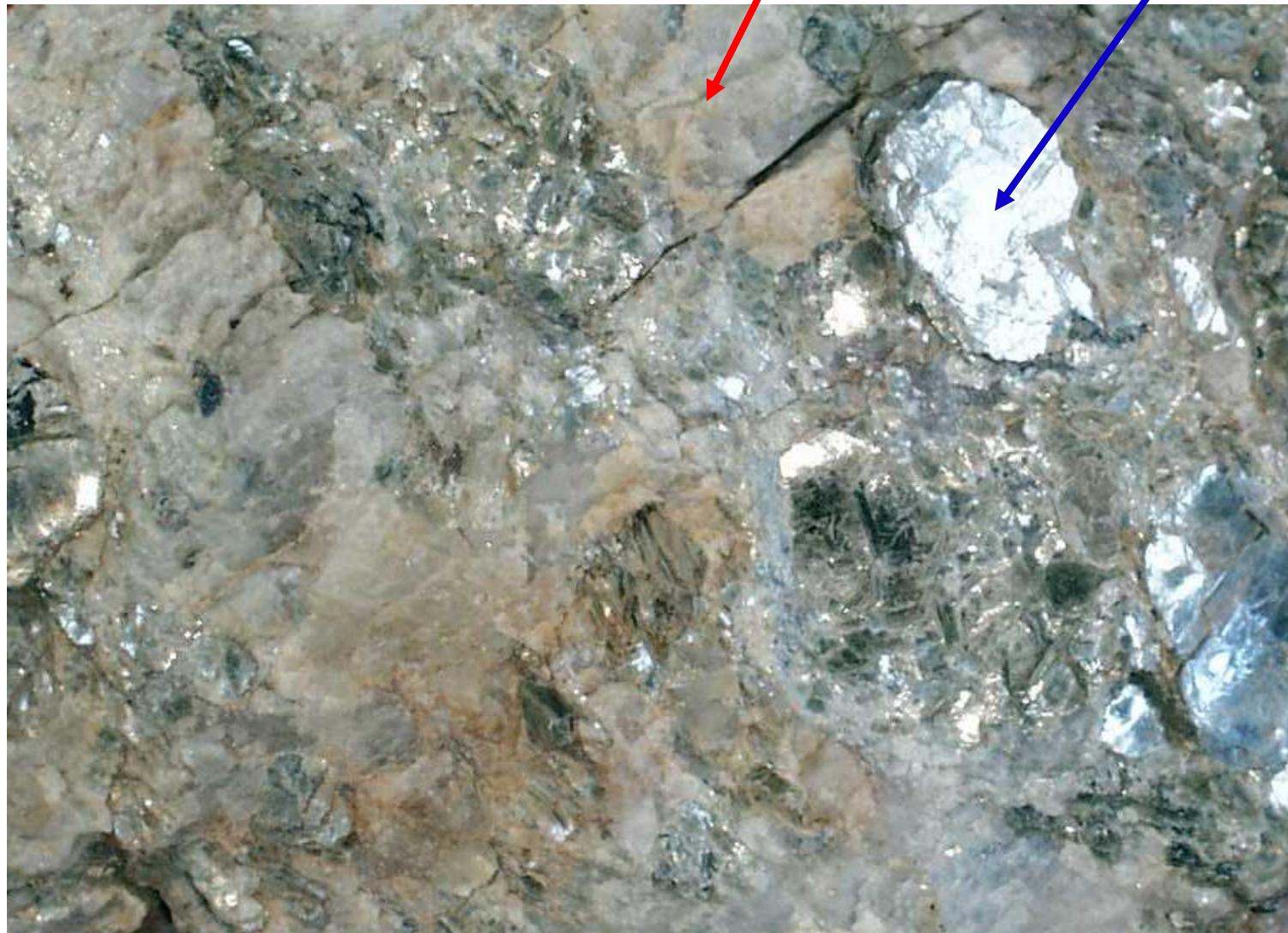
Pneumatolytic gang in granite



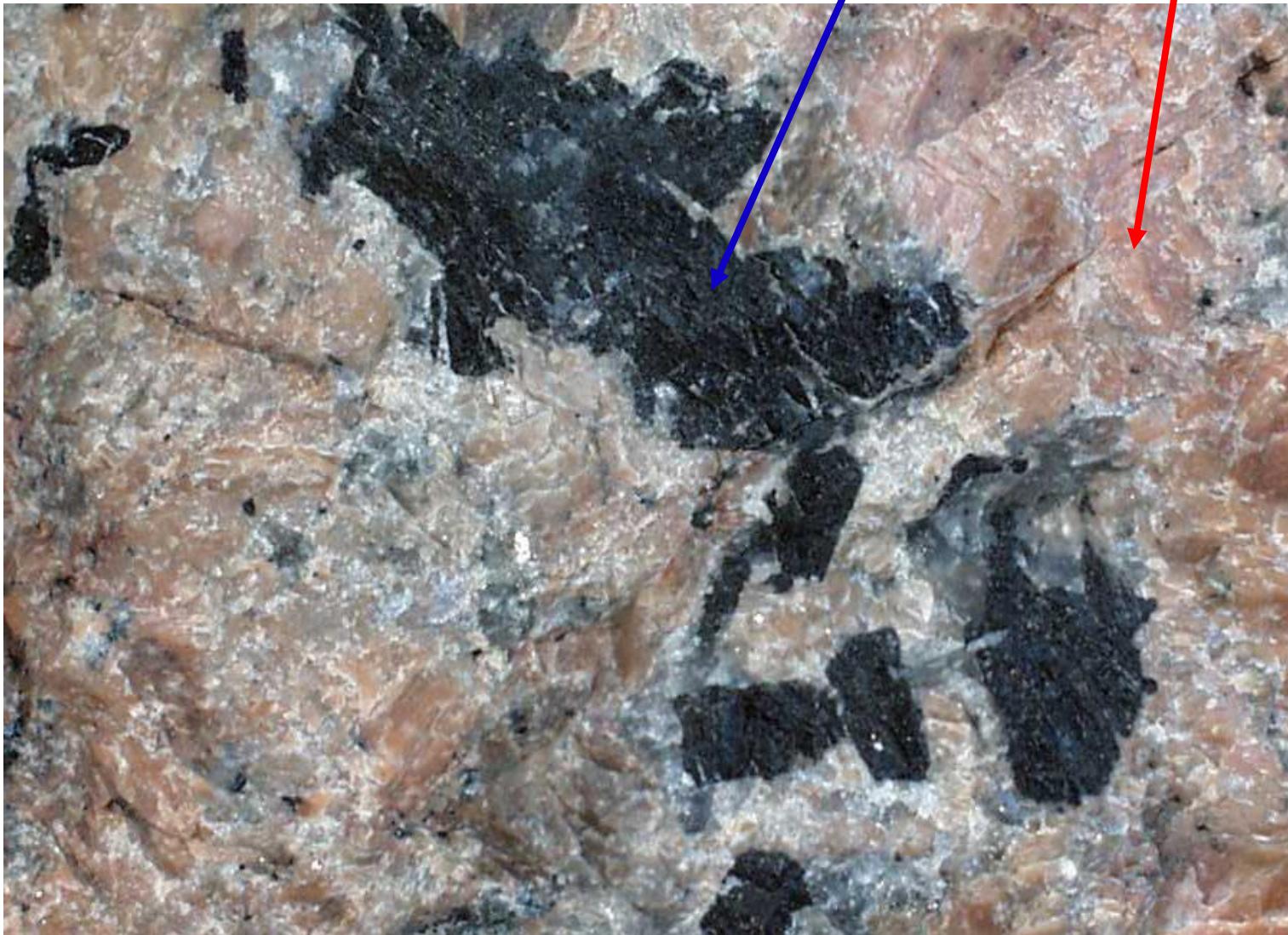
Pegmatite from
Spital, Kärnten

K-feldspar

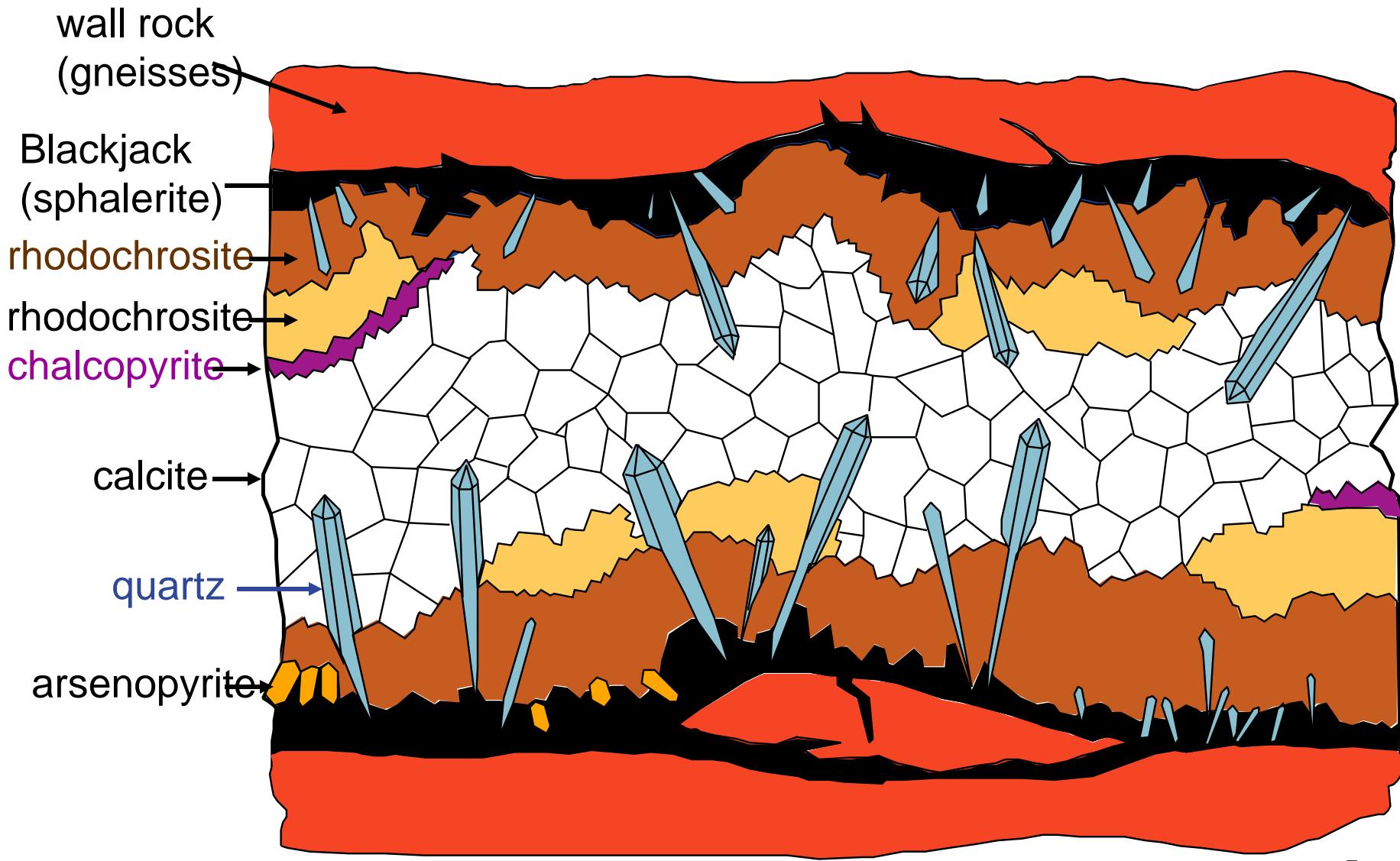
muscovite



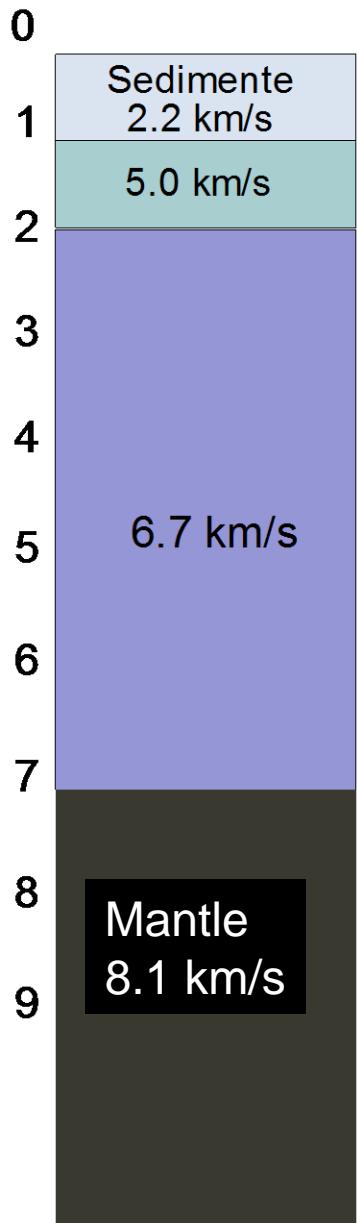
Tourmaline-pegmatite, tourmaline K-feldspar Nyköping-Sweden



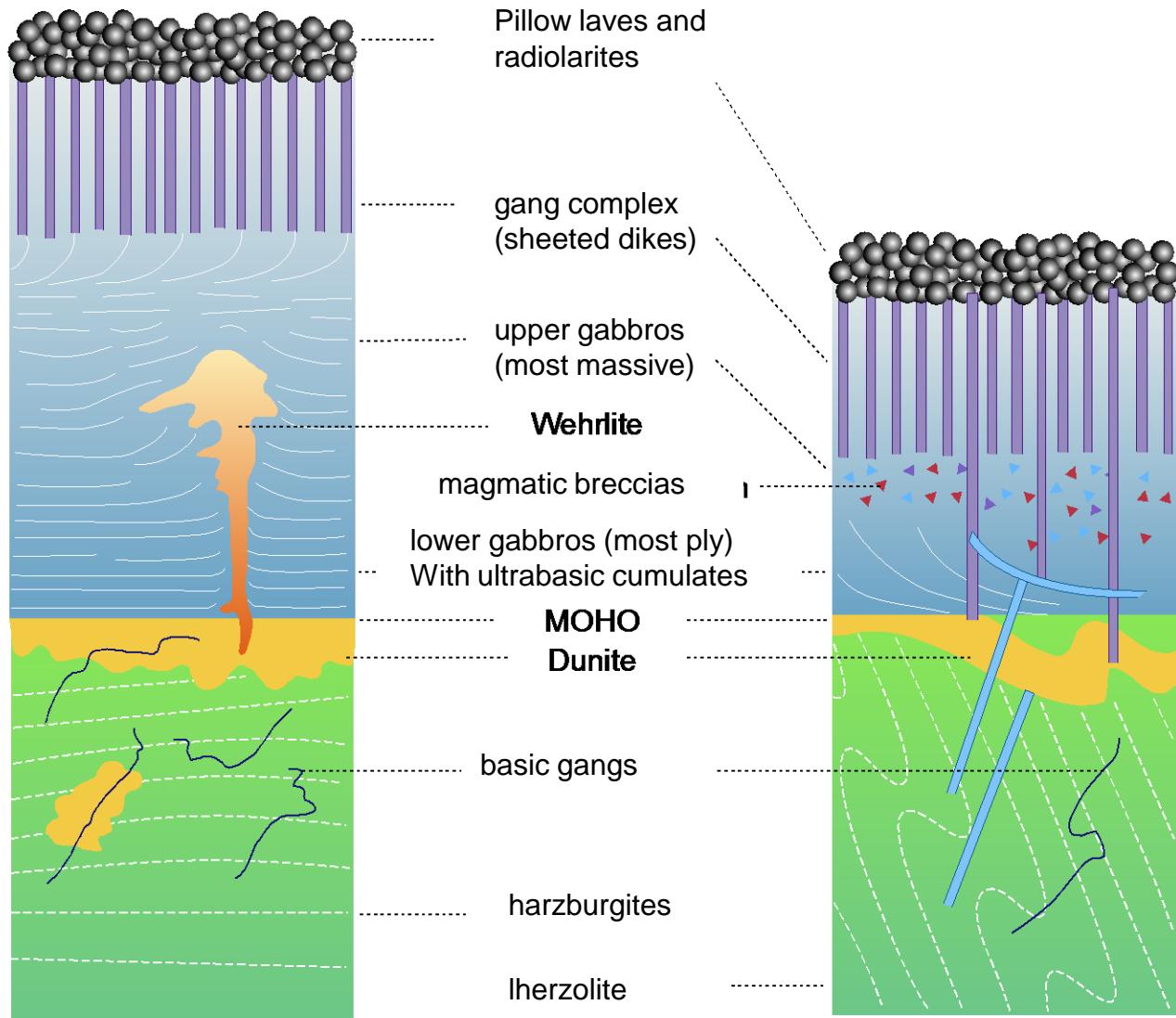
Hydrothermal gang:



Oceanic lithosphere



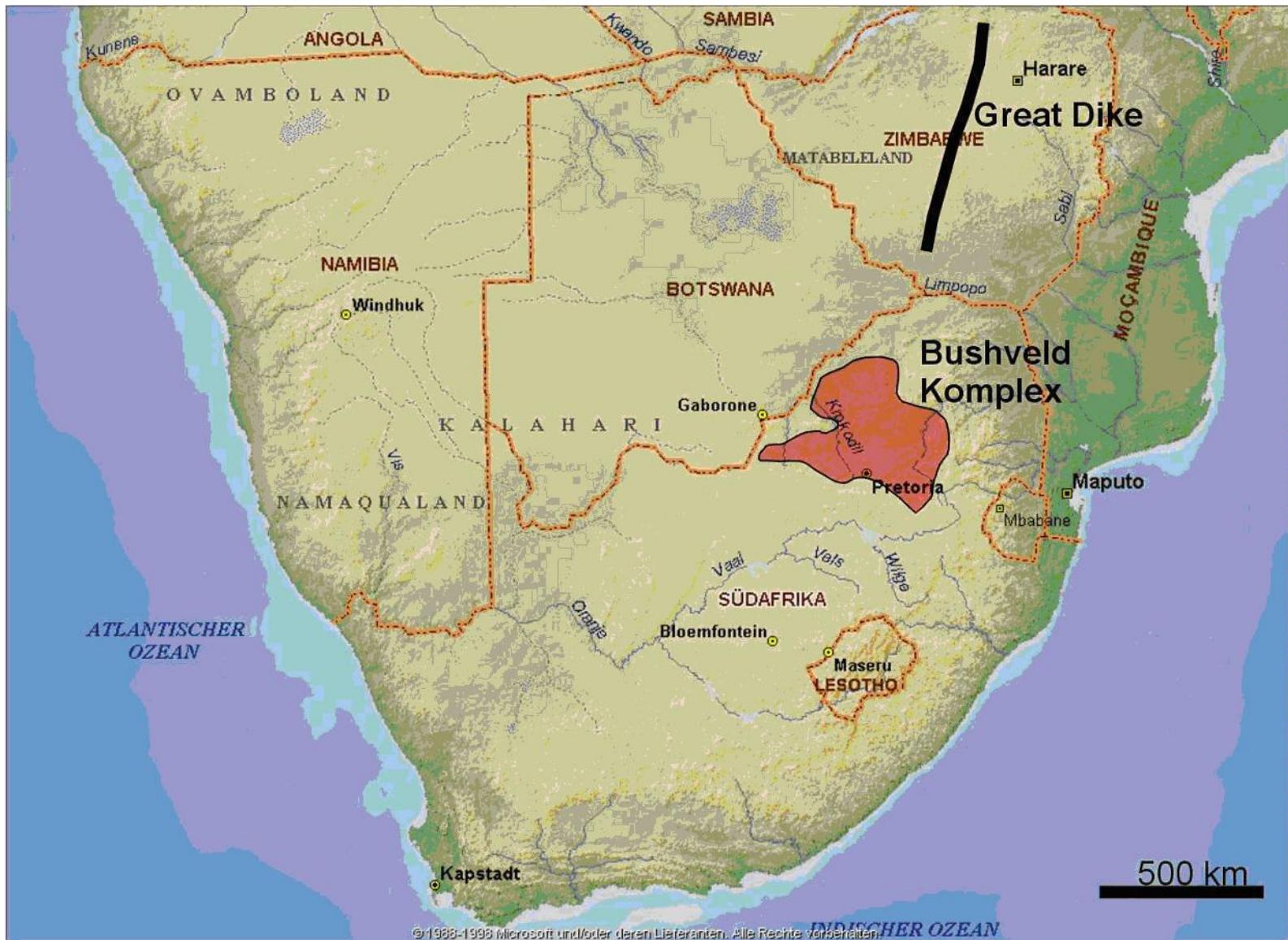
**Oceanic
lithosphere**



Harzburgite type

Lherzolite type

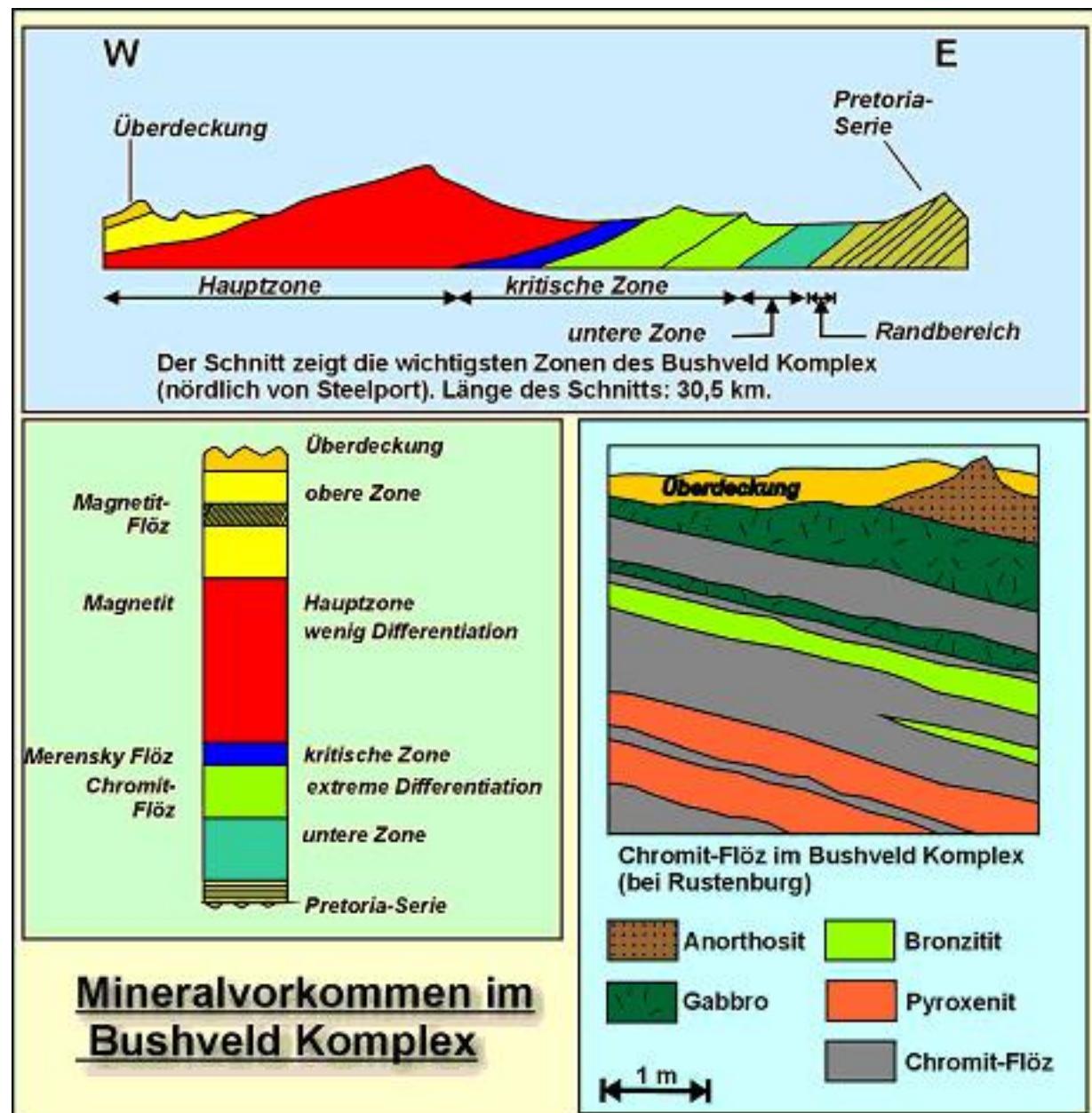
Bushveld-Intrusion: Locality



(Borg, 2000)

Bushveld -profile

Differentiation
a magmatic
intrusion



(Borg, 2000)

(nach Evans, 1993)

Bushveld-crystallization layers

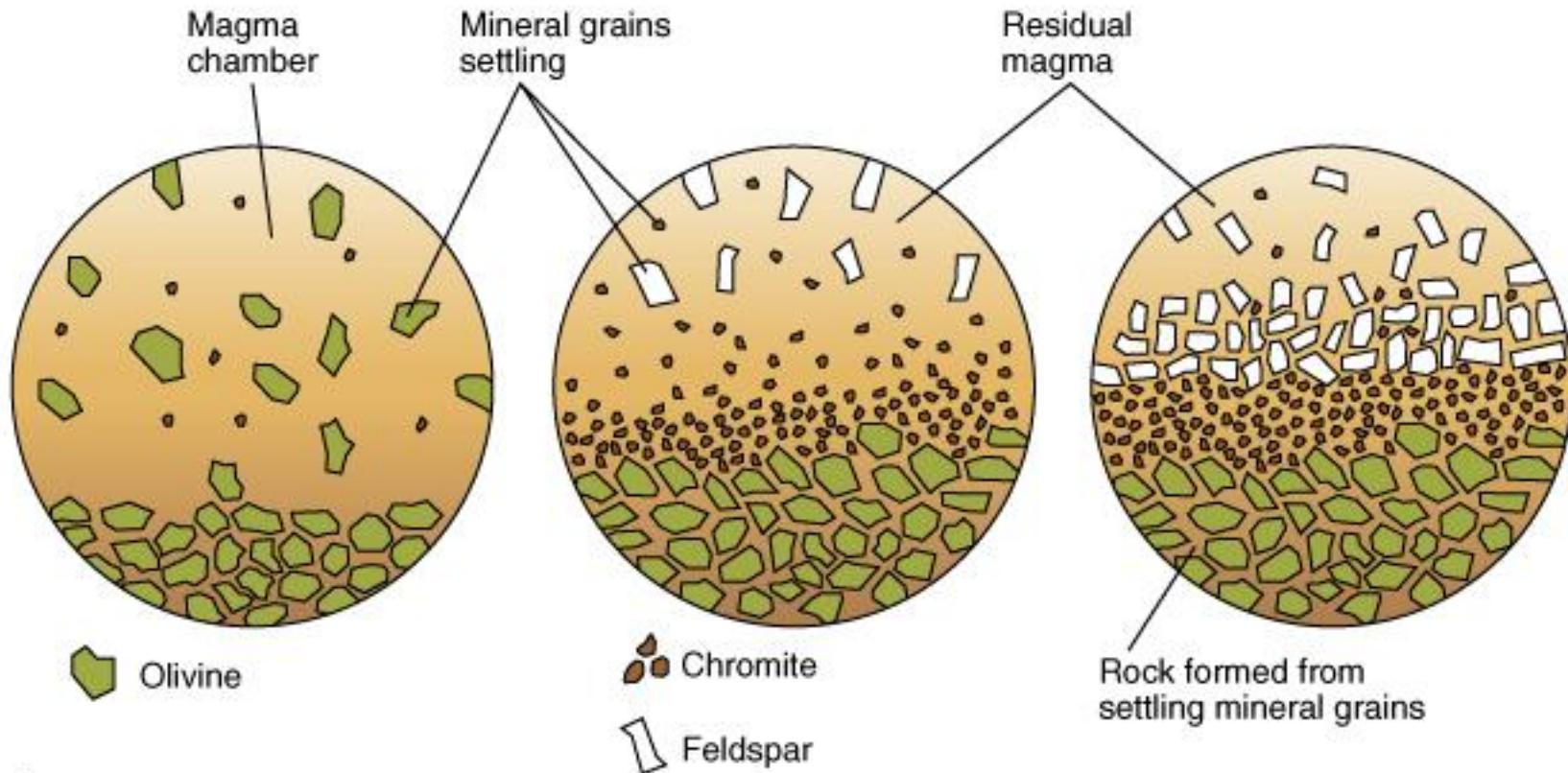
Layers of plagioclase (light grey) and chromites (black), which are formed by fractional crystallization of the Bushveld-intrusion



Brian J. Skinner

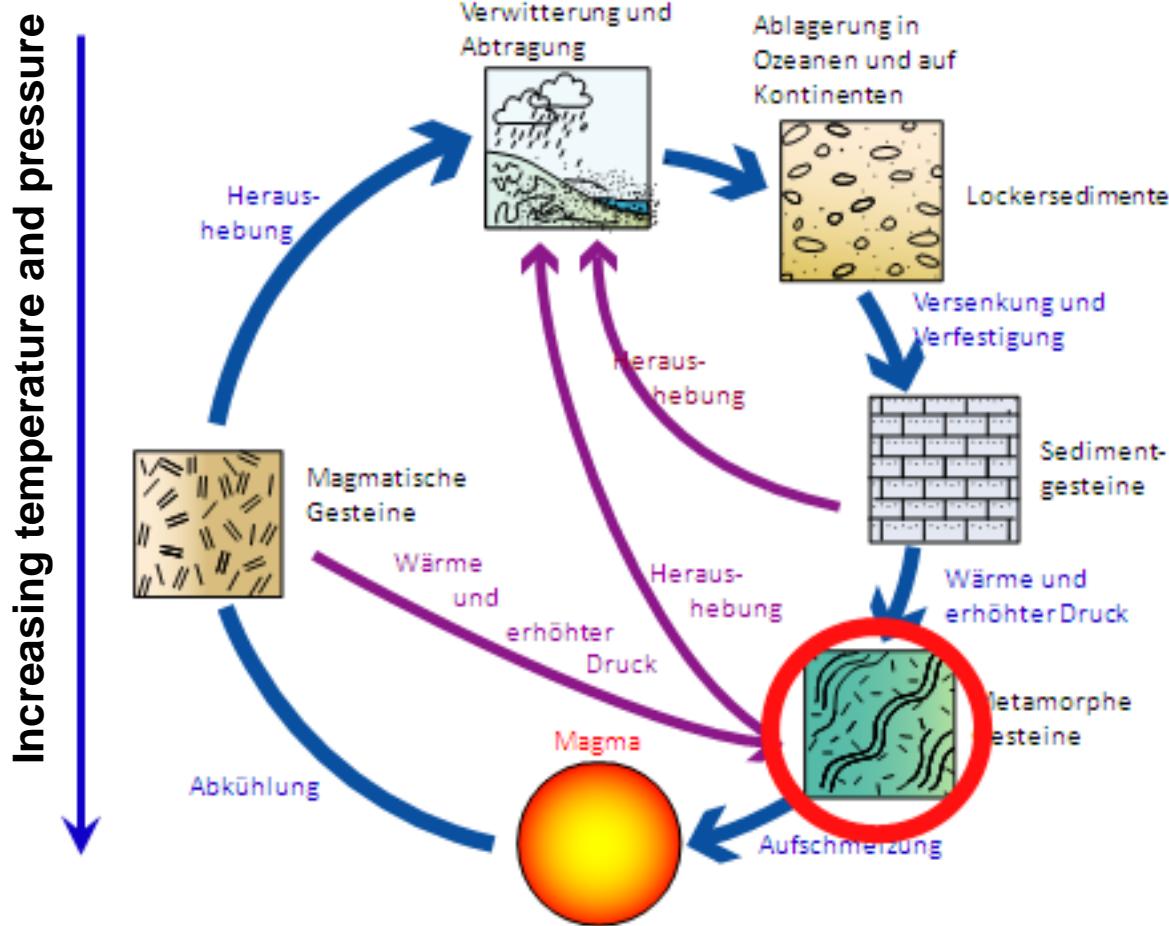
Bushveld- crystallization-cumulate formation

Fractional crystallization that produced the formation of single crystal-layers of olivine, chromite and plagioclase.



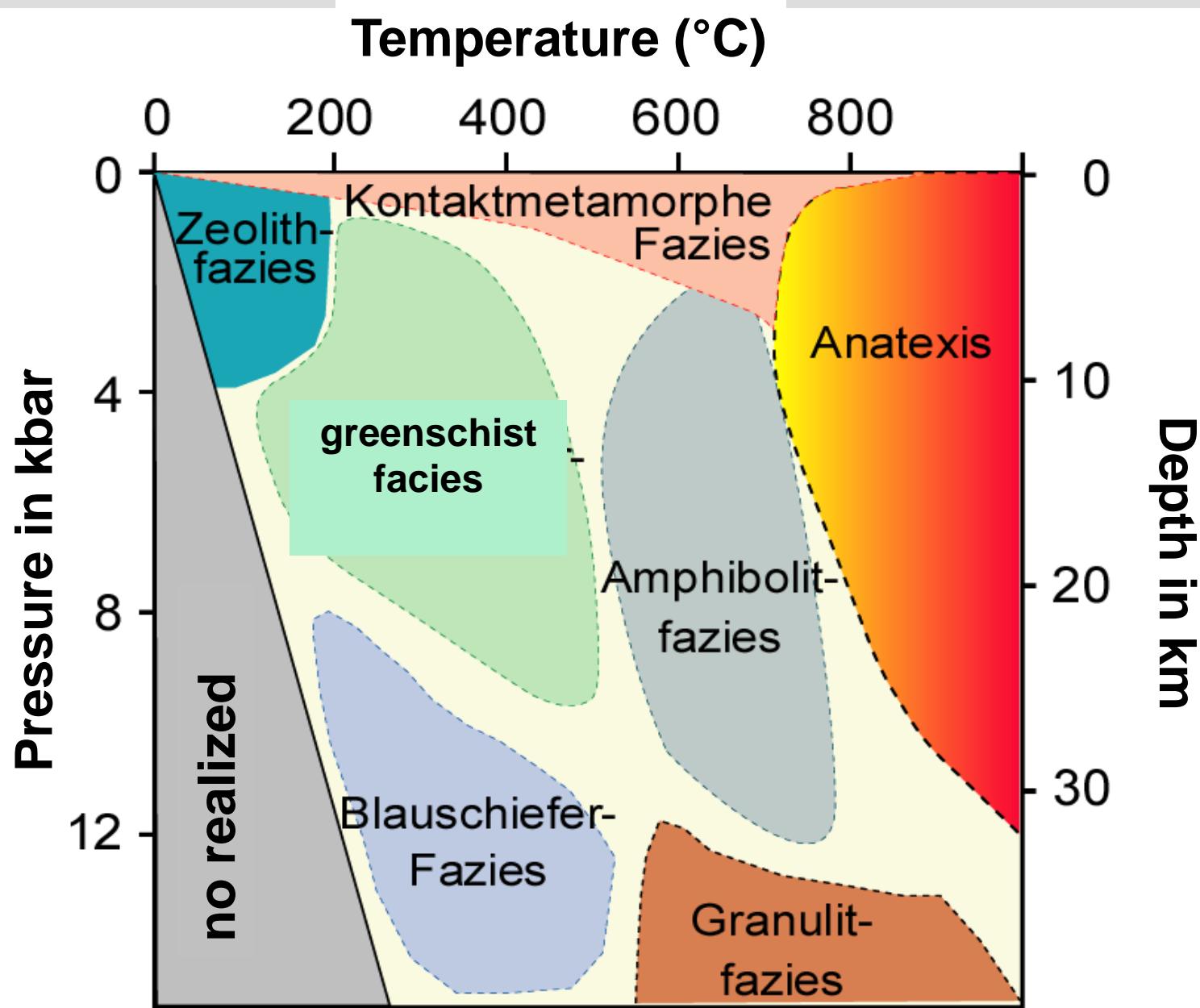
A.

Metamorphic rocks

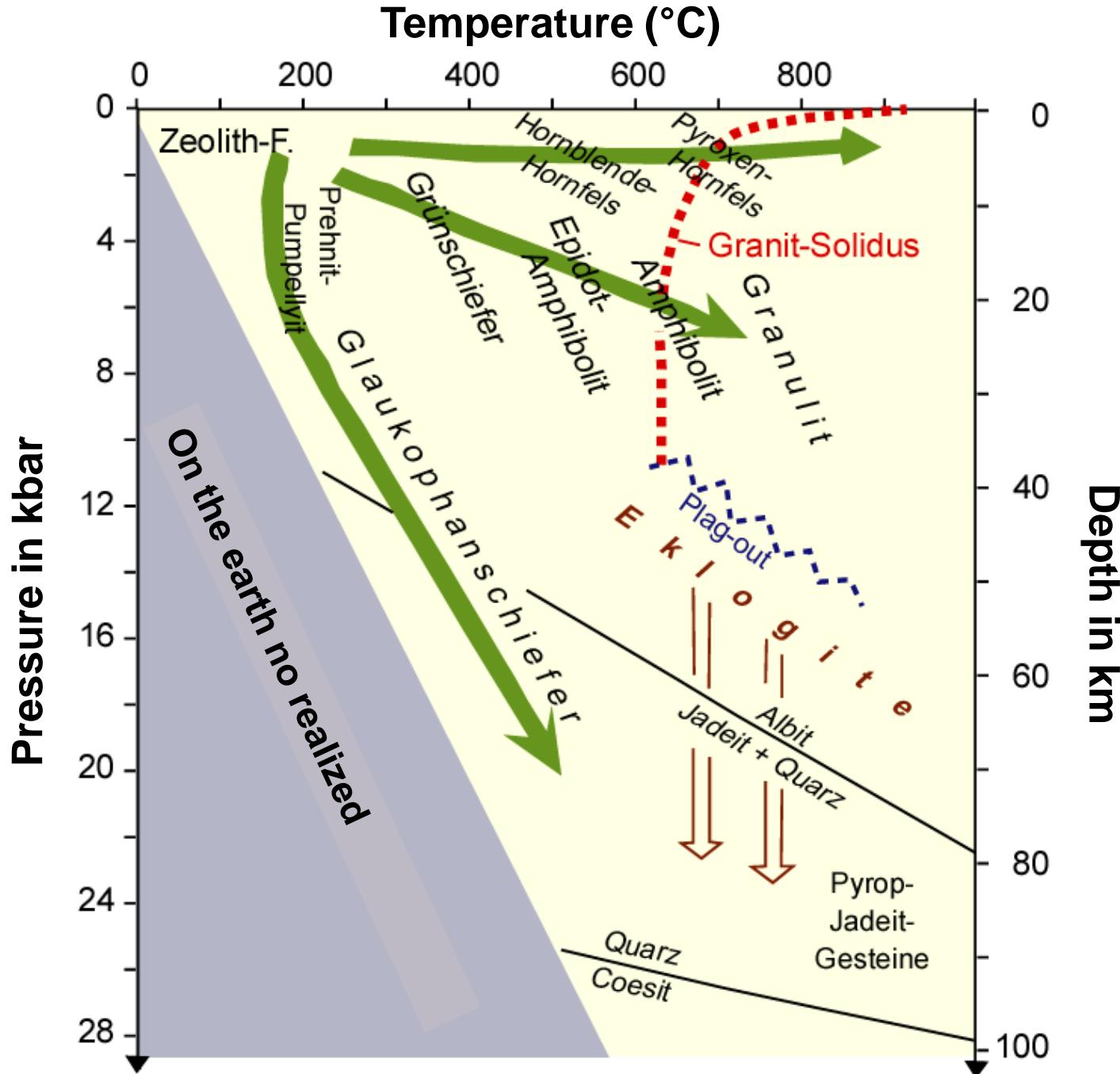


In pressure-temperature-diagram with **metamorphic facies**

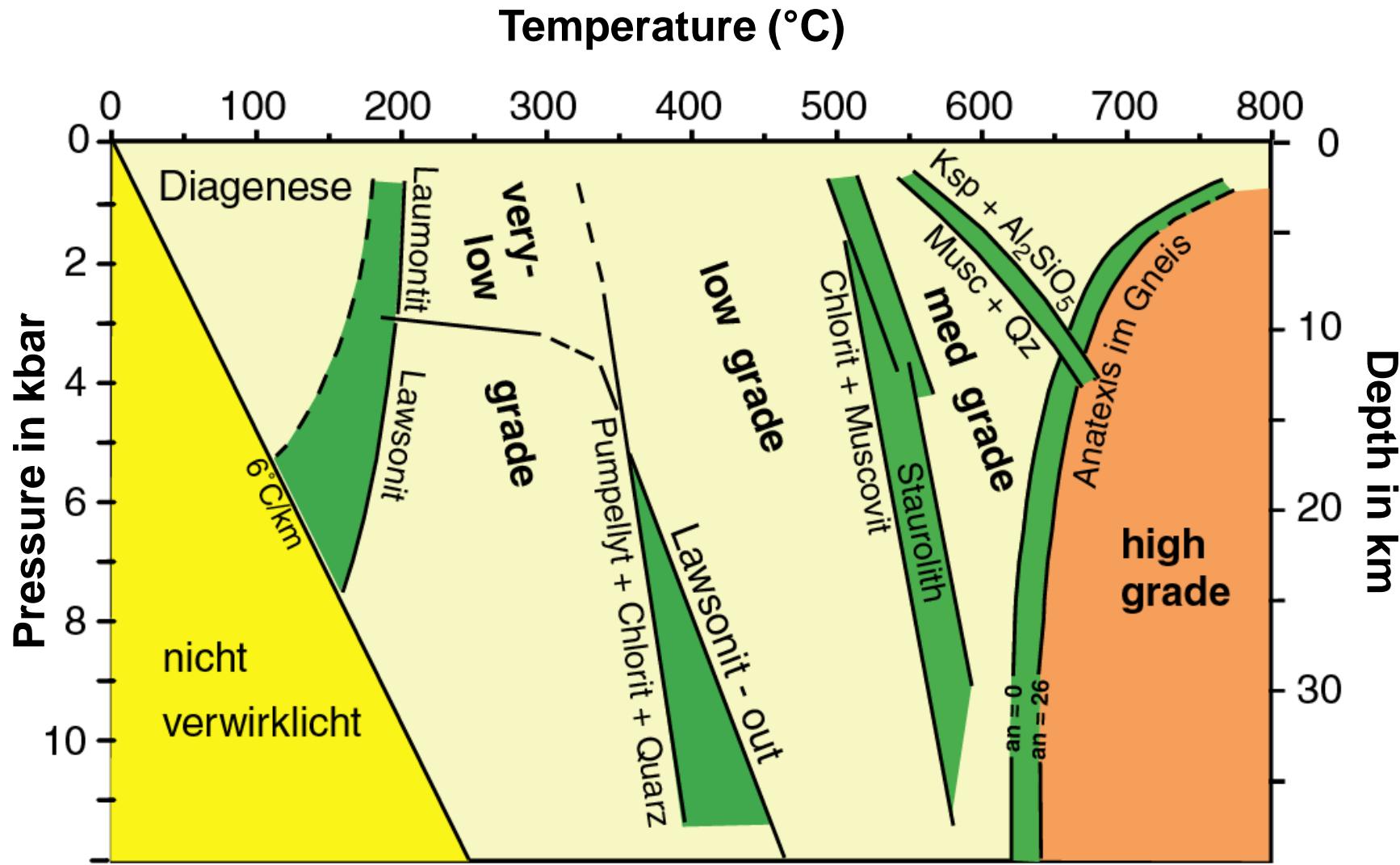
(after Winkler)



Metamorphic facies

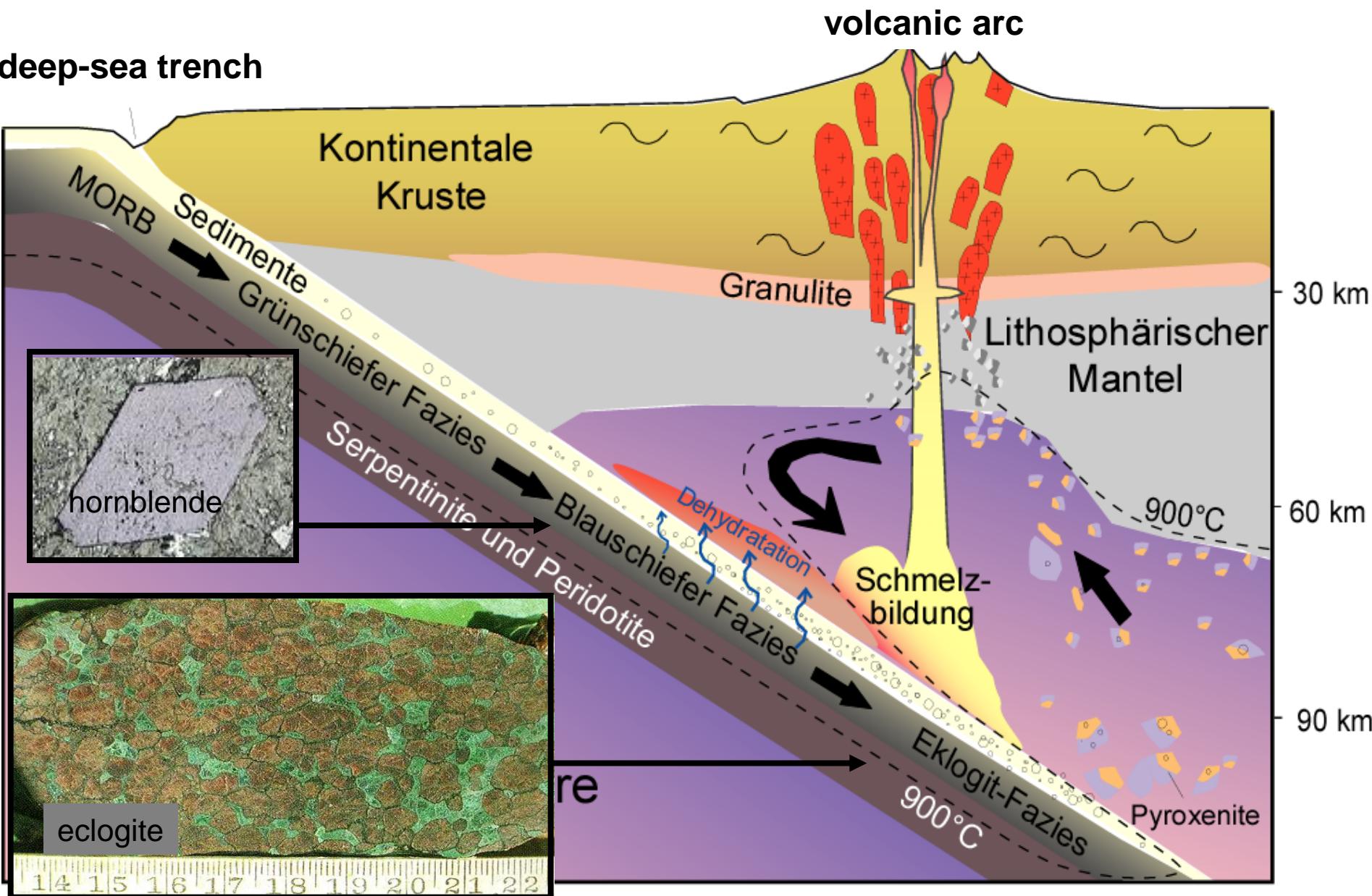


The PT-diagram from Winkler distinguishes different degrees of metamorphism and shows frequent occurring mineral reactions, that occur in pelitic (clayey) systems.



Subduction zone and active continental edge

deep-sea trench



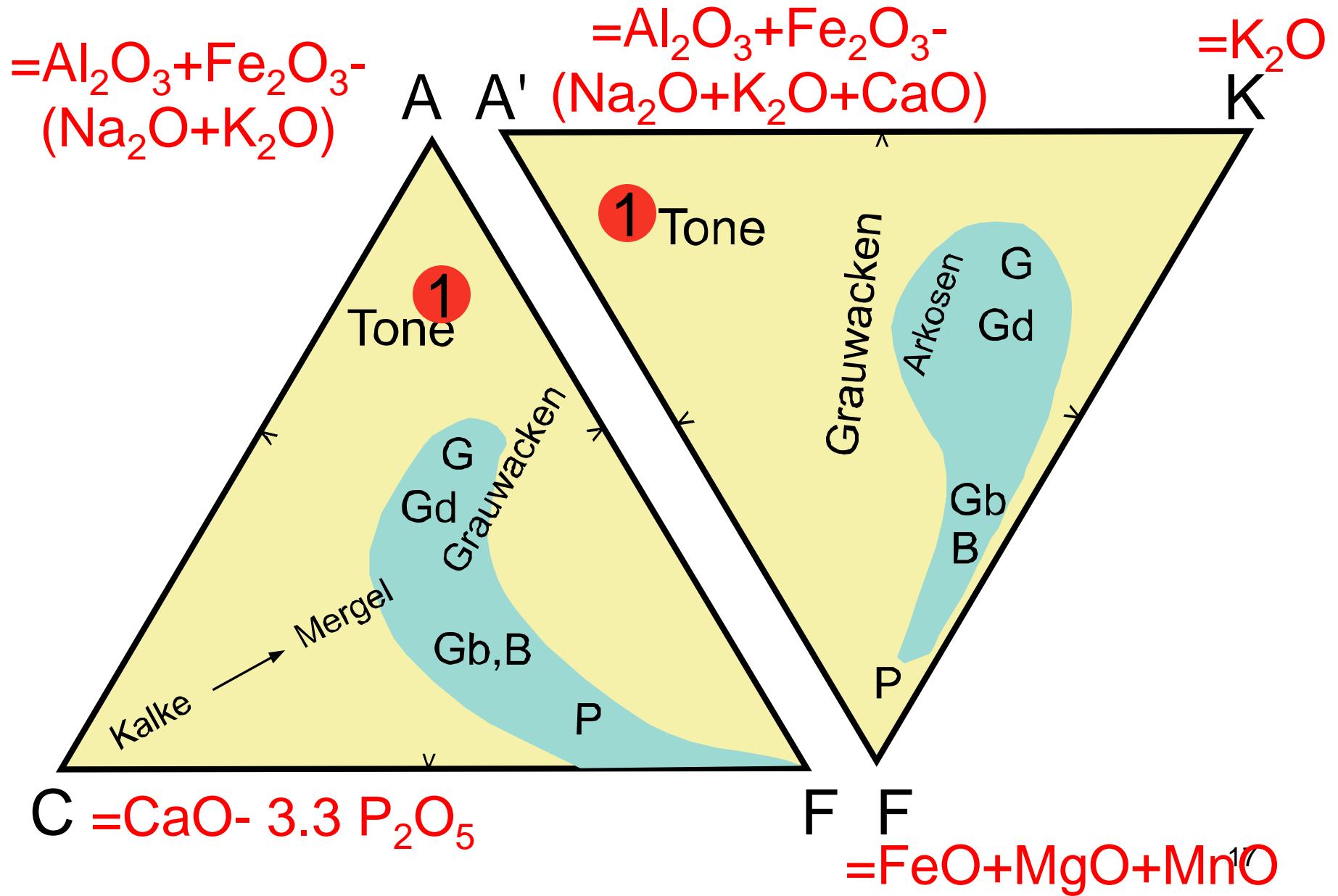
Zeolite facies



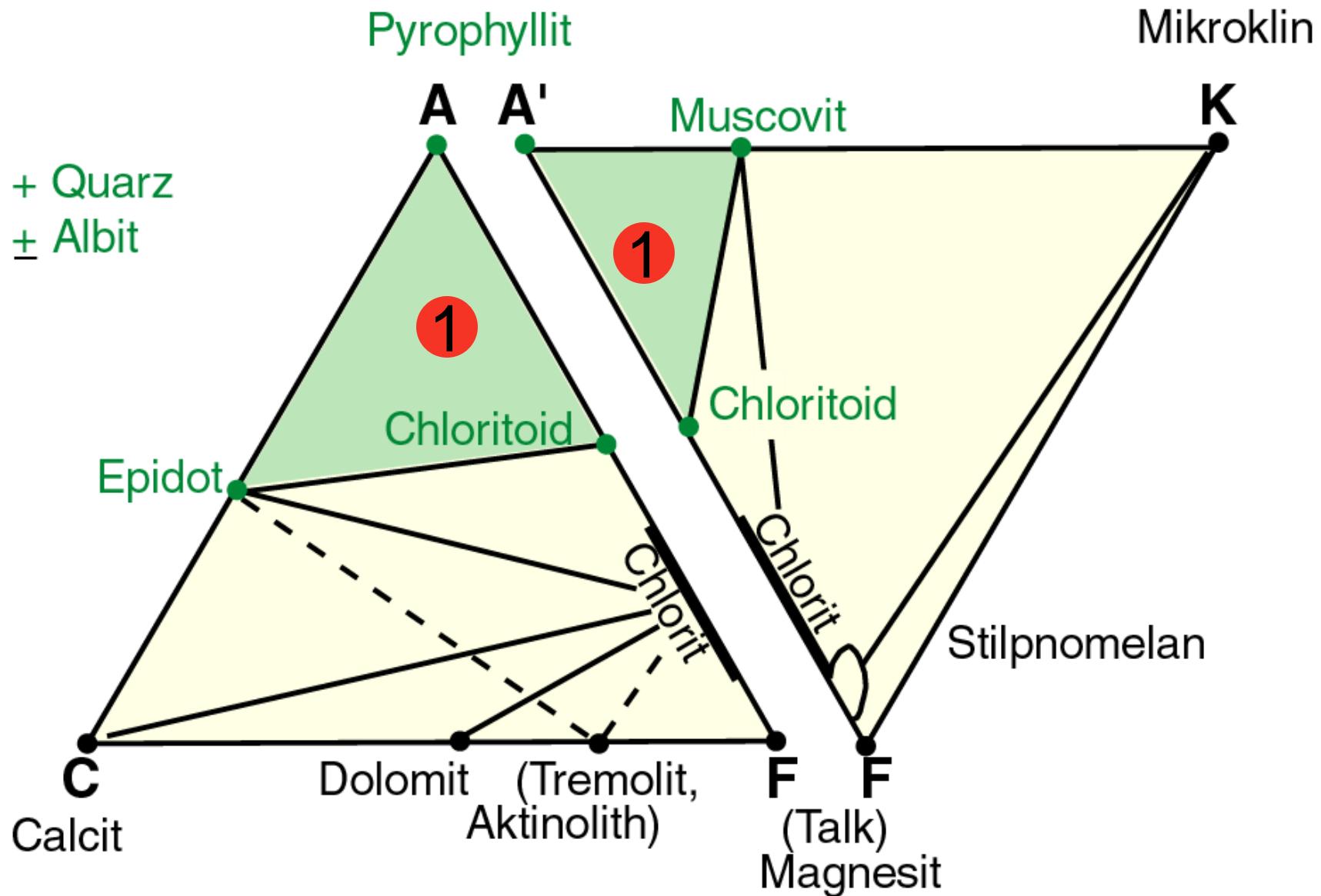
Radial natrolithe ($\text{Na}_2[\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}]\cdot 2\text{H}_2\text{O}$)

Foto: Peter Kleber16

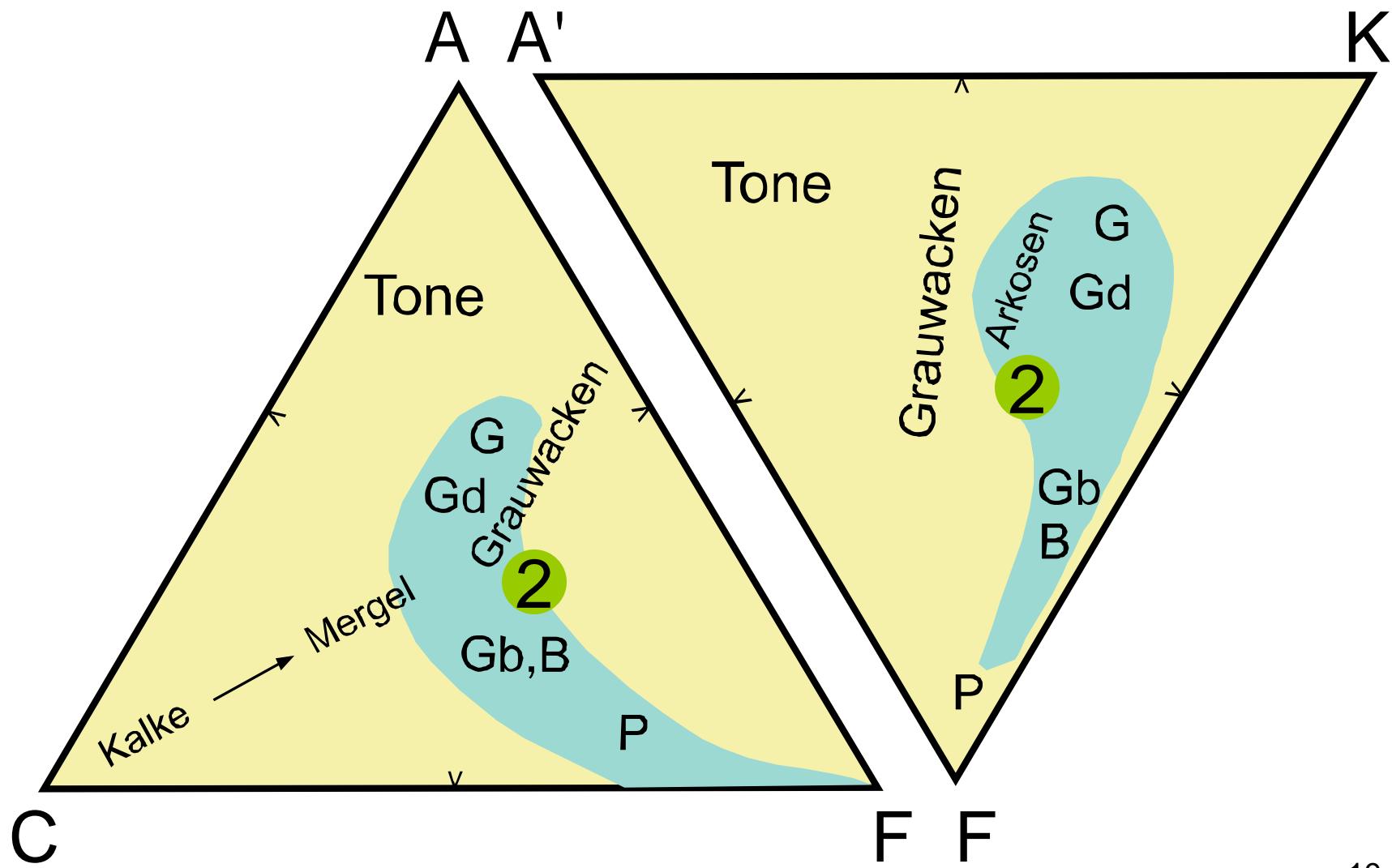
Metamorphism educts: 1. Ton



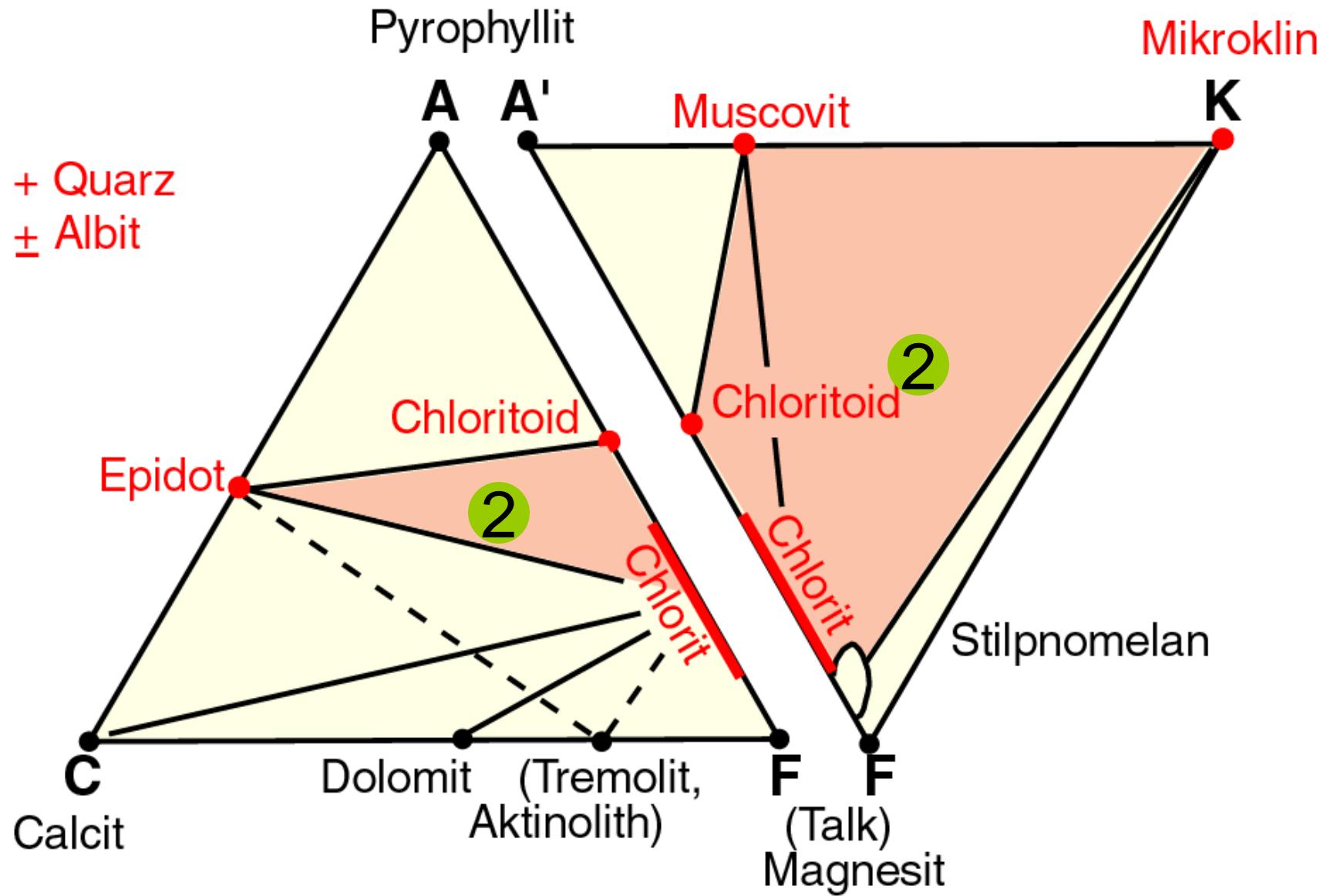
Clays in greenschist facies



Educts: graywacke

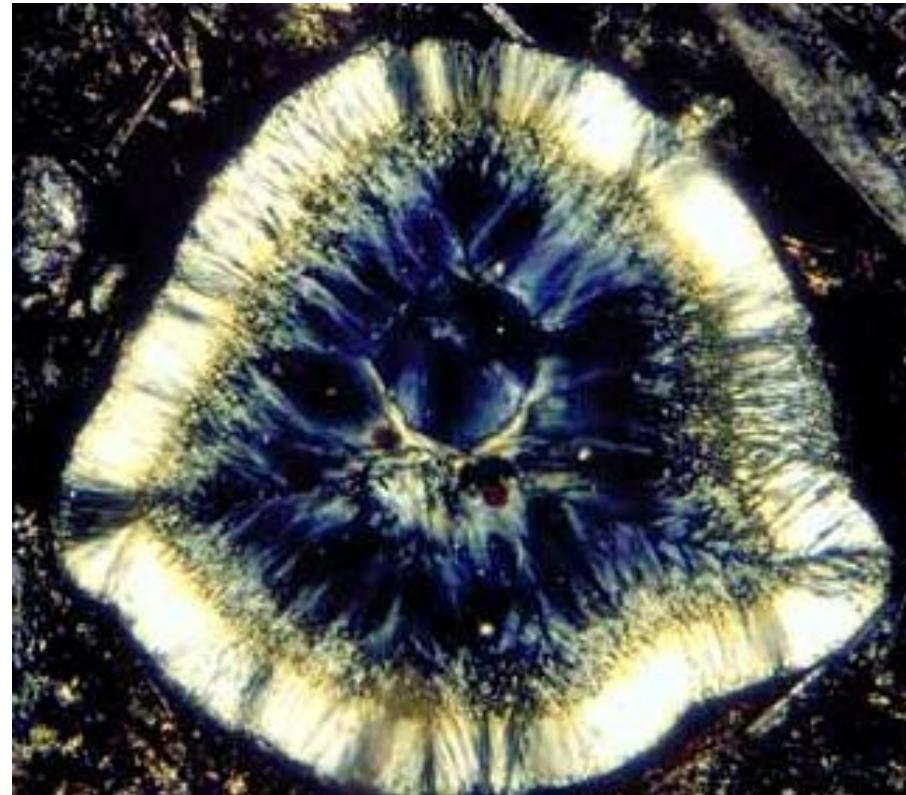


Graywacke in greenschist facies



Greenschist-facies

Greenschist (www.theimage.com)



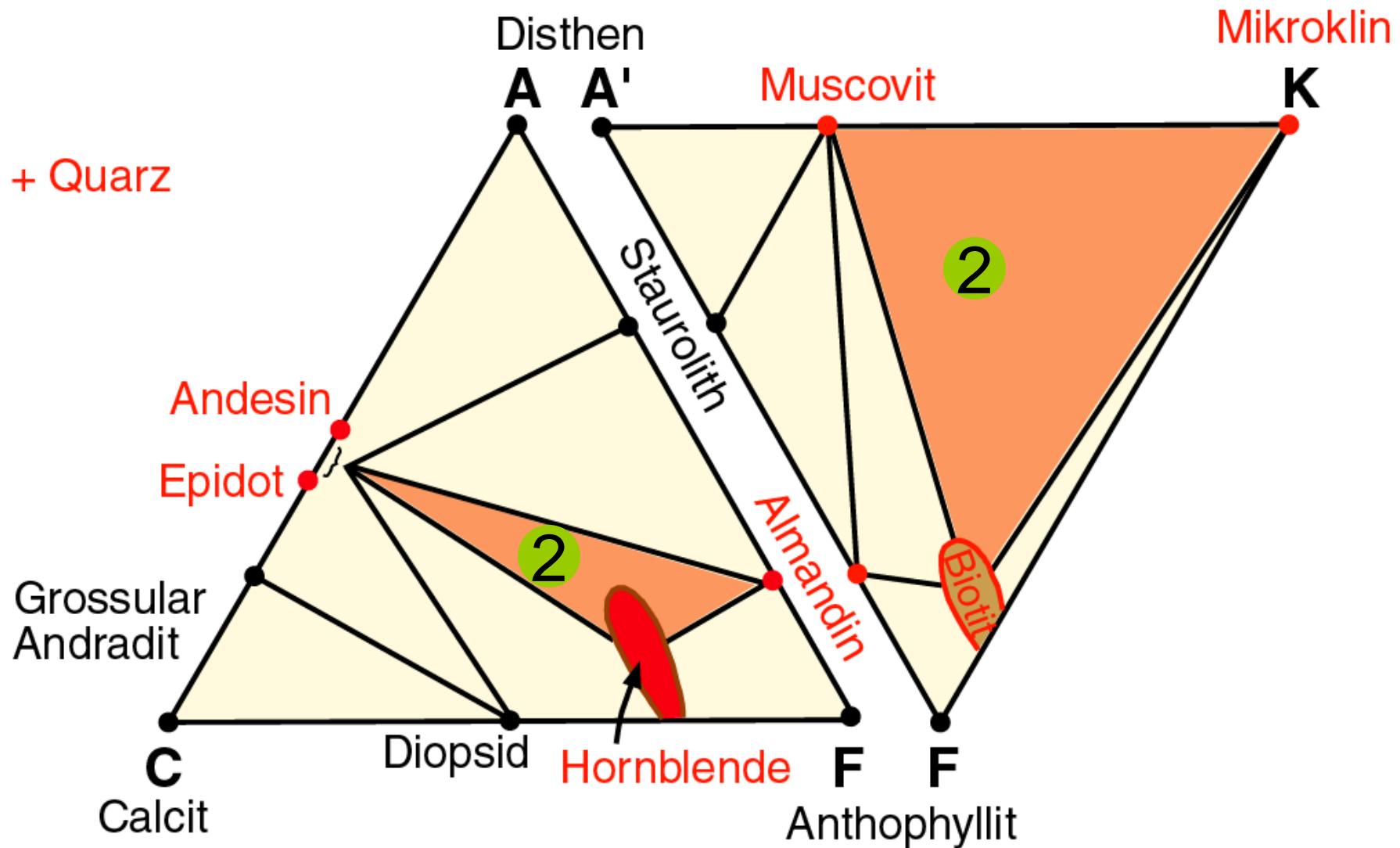
Chloritization in the initiating greenschist facies: thin section with radial grown chlorite, which is characterized by abnormal blue interference colour

Low-Grade metamorphic rock – greenschist-Facies

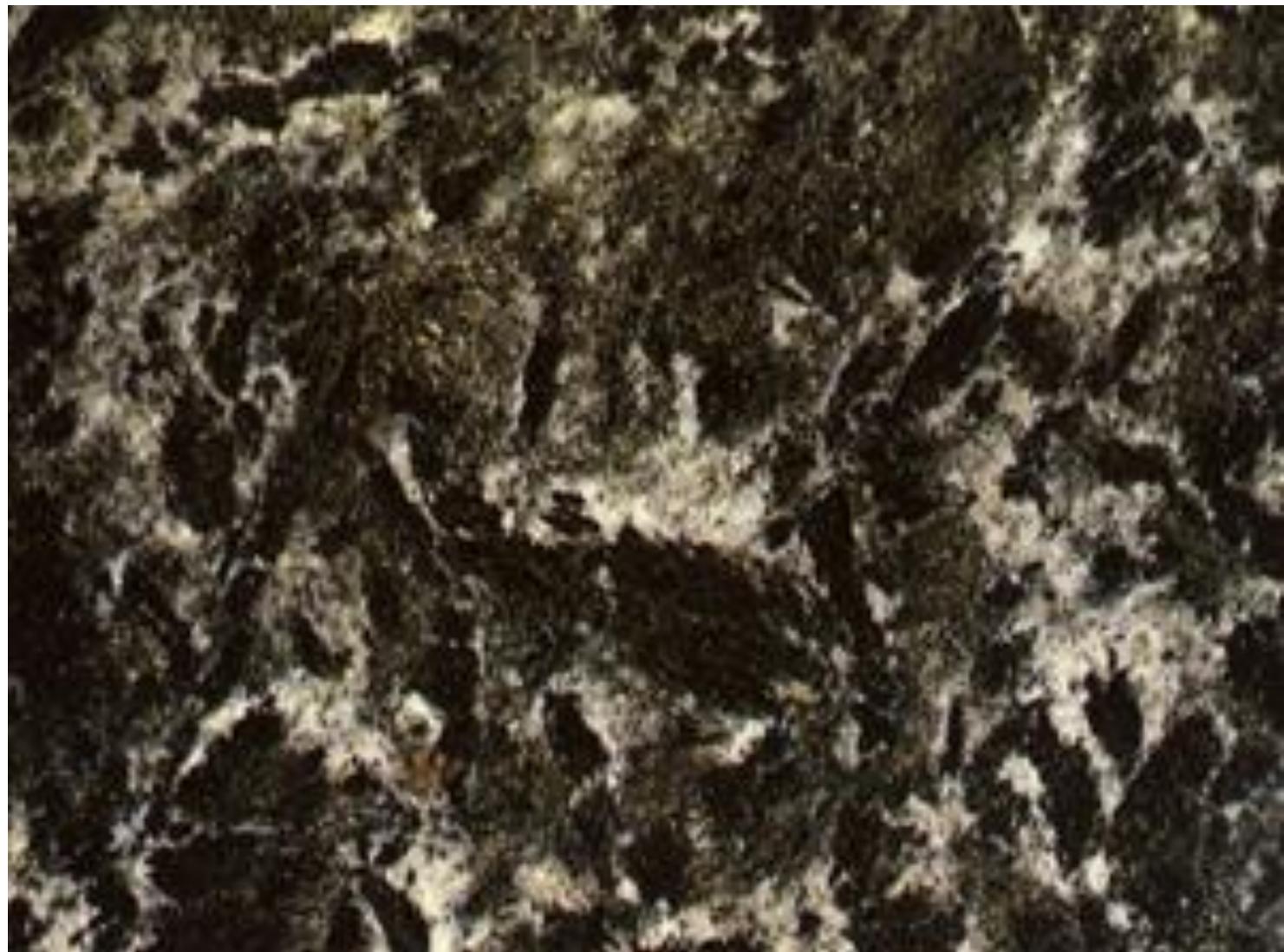


Phyllite from Woodbridge, Connecticut:
Perpendicular view to the foliation

Graywacke in amphibolite facies



Graywacke in a mphibolite facies



Clay/phyllite in amphibolite facies

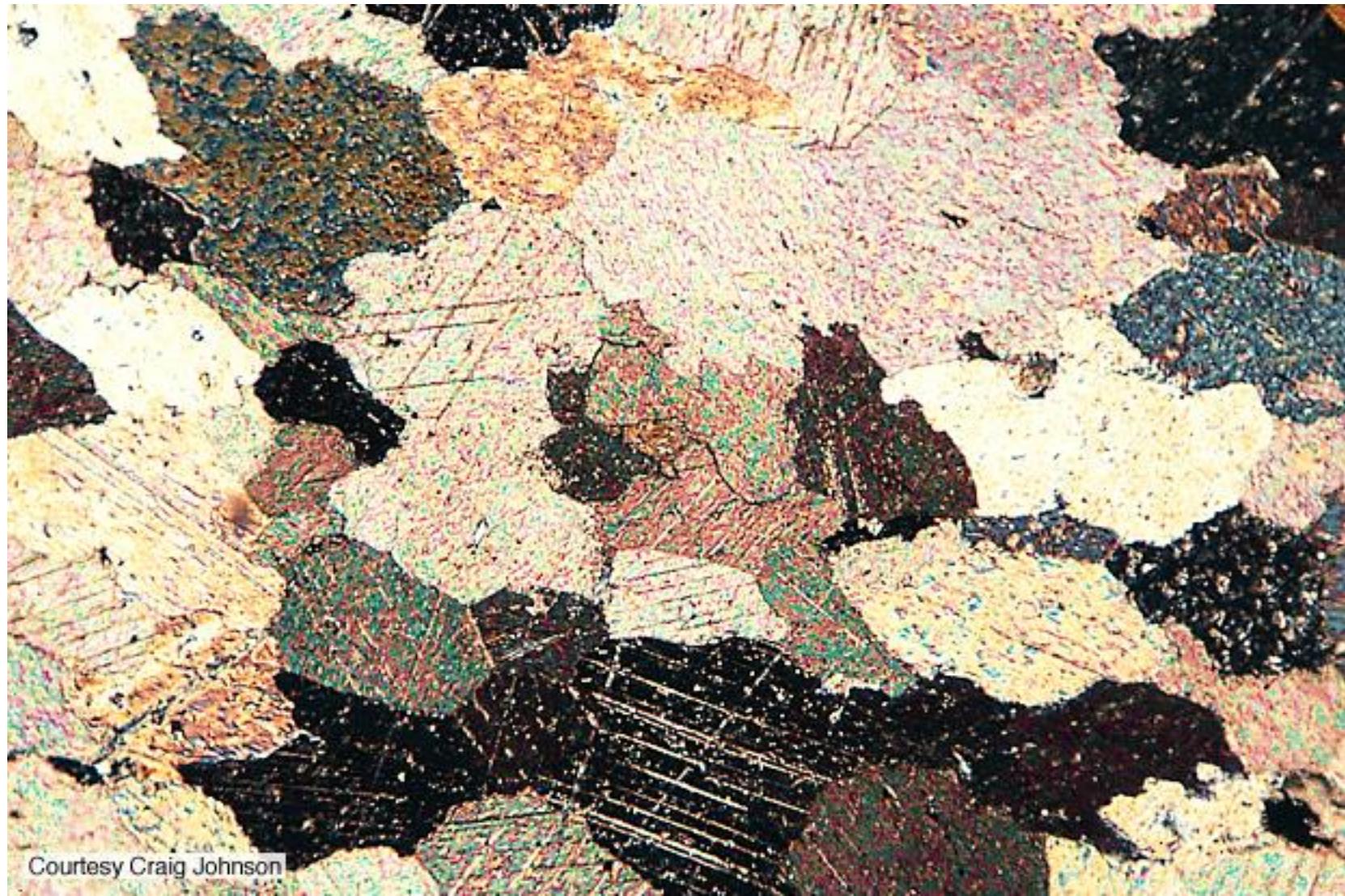


- Gneiss from Uxbridge, Massachusetts: quartz and feldspar layers (white) between biotite layers (dark).

Marble – amphibolite facies



Marble - texture in thin section



Courtesy Craig Johnson

0.5 mm

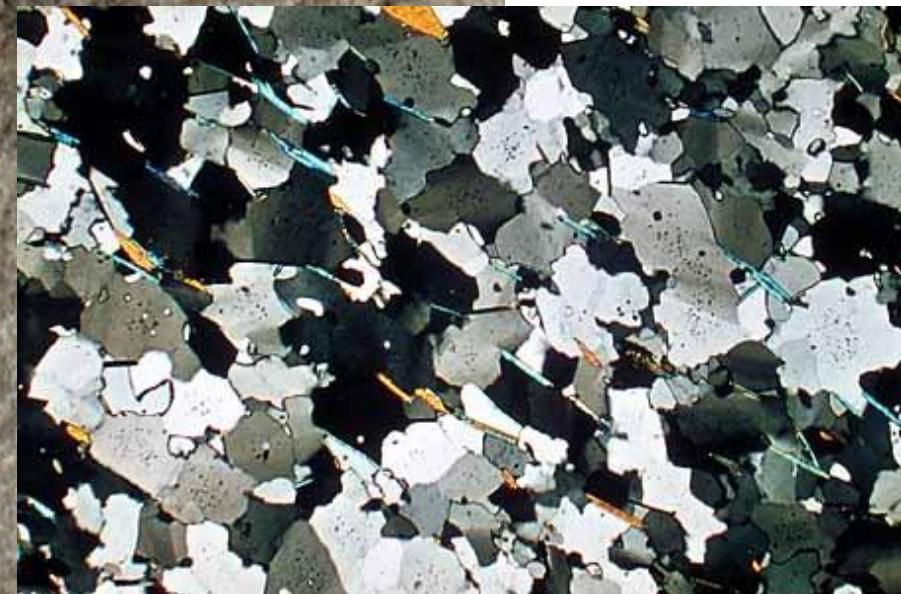


Educt: quartz sand → quarzite



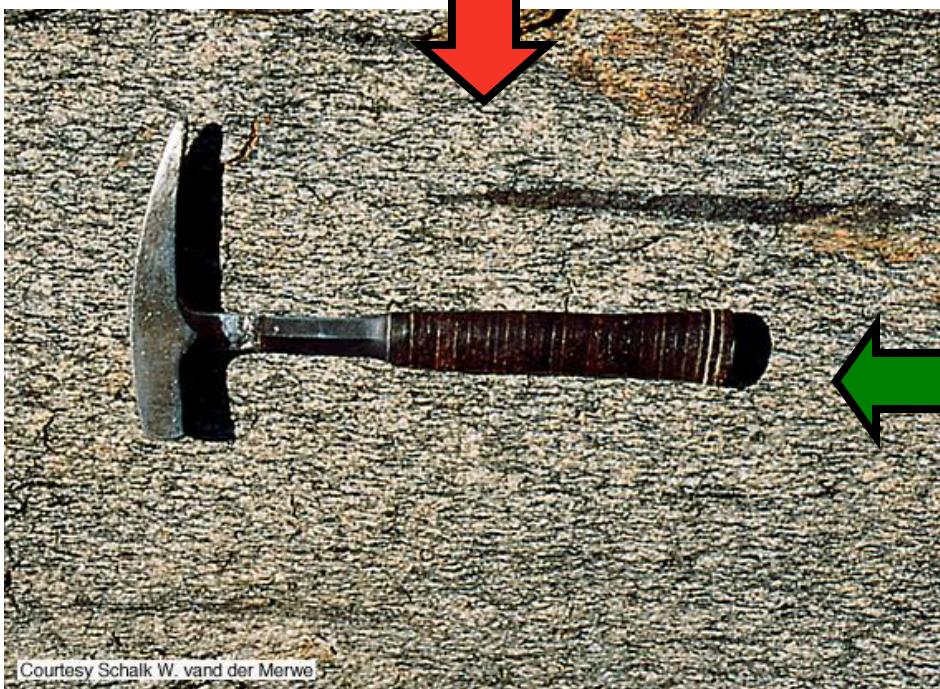
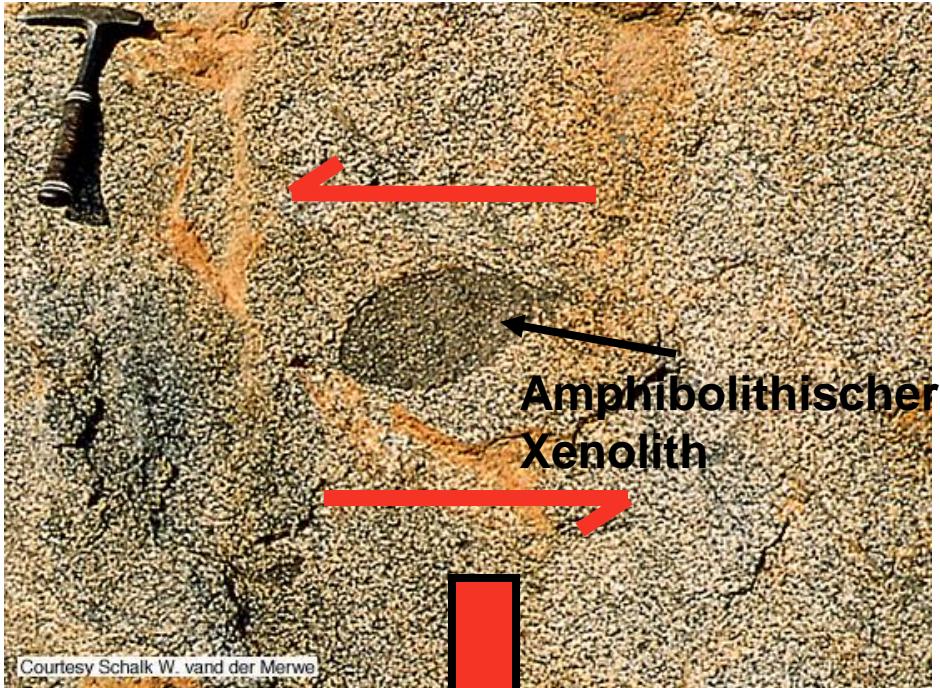
Sericite-lead
quarzite in thin
section

(www.geomuseum.tu-clausthal.jpg)

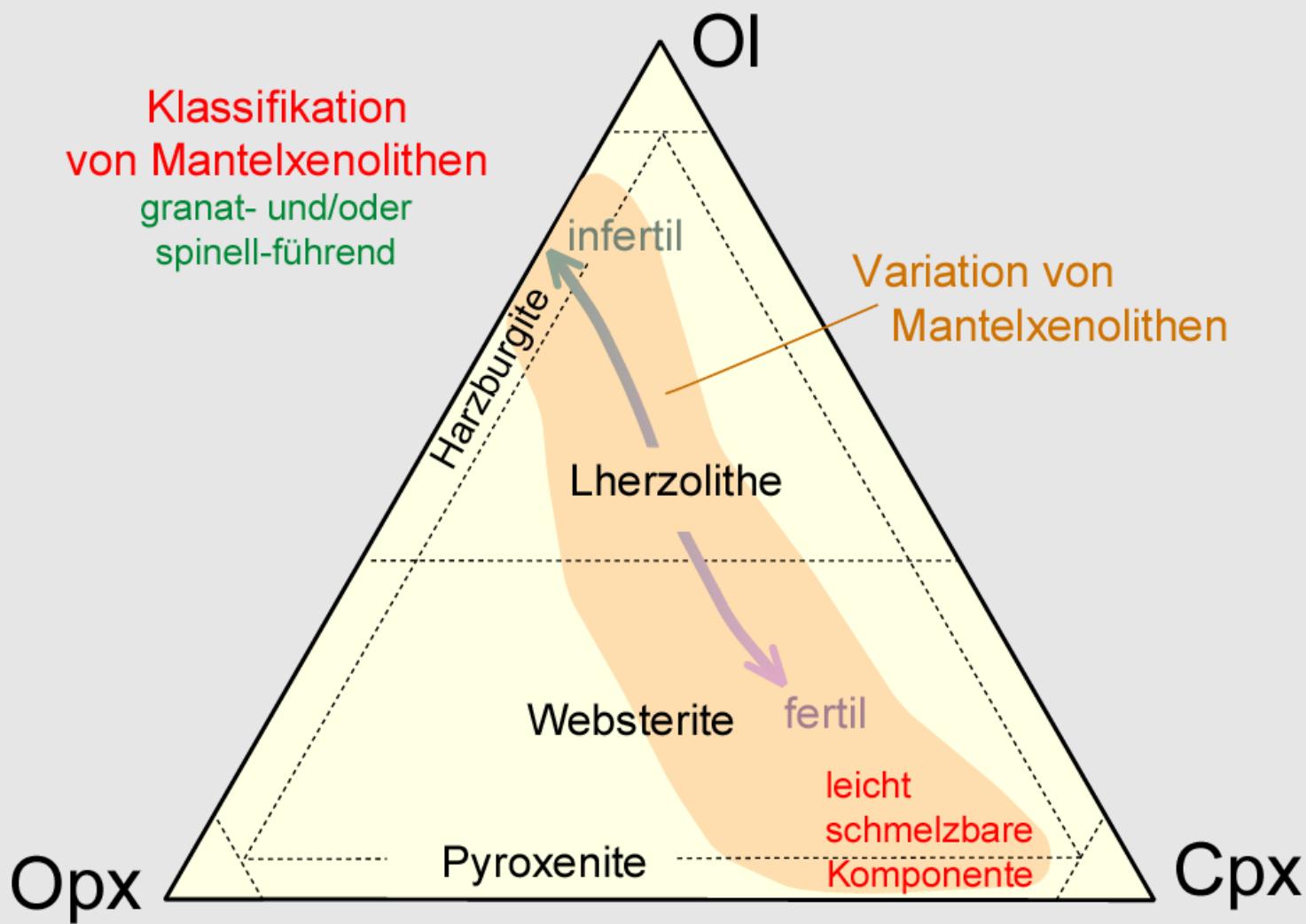


Granite-Deformation

- Example a more and less strongly deformed granites from Groothoek, South Africa
- Shows the development of a slaty texture through **deformation** (→ arrows).
- The mineral paragenesis remained the same, only changed the spatial arrangement of the minerals (→ texture).
- Both pieces consist of quartz, feldspar and biotite.
- After the deformation the biotites are arranged in layer and form slide planes
- The rounded amphibolitic xenoliths are deformed to slices → **sneiss**



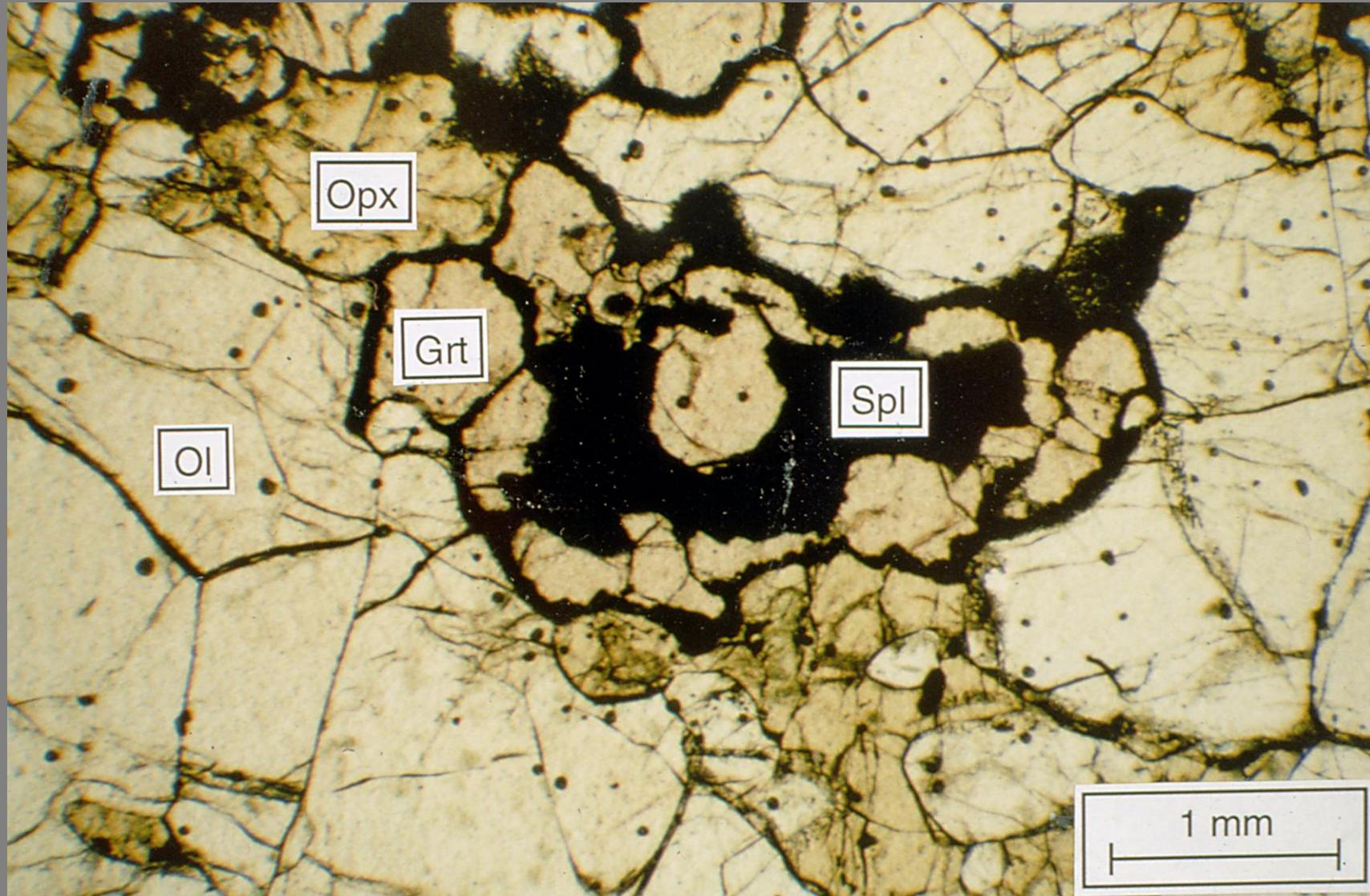
Peridotite classification



Heterogeneous mantle-peridotite

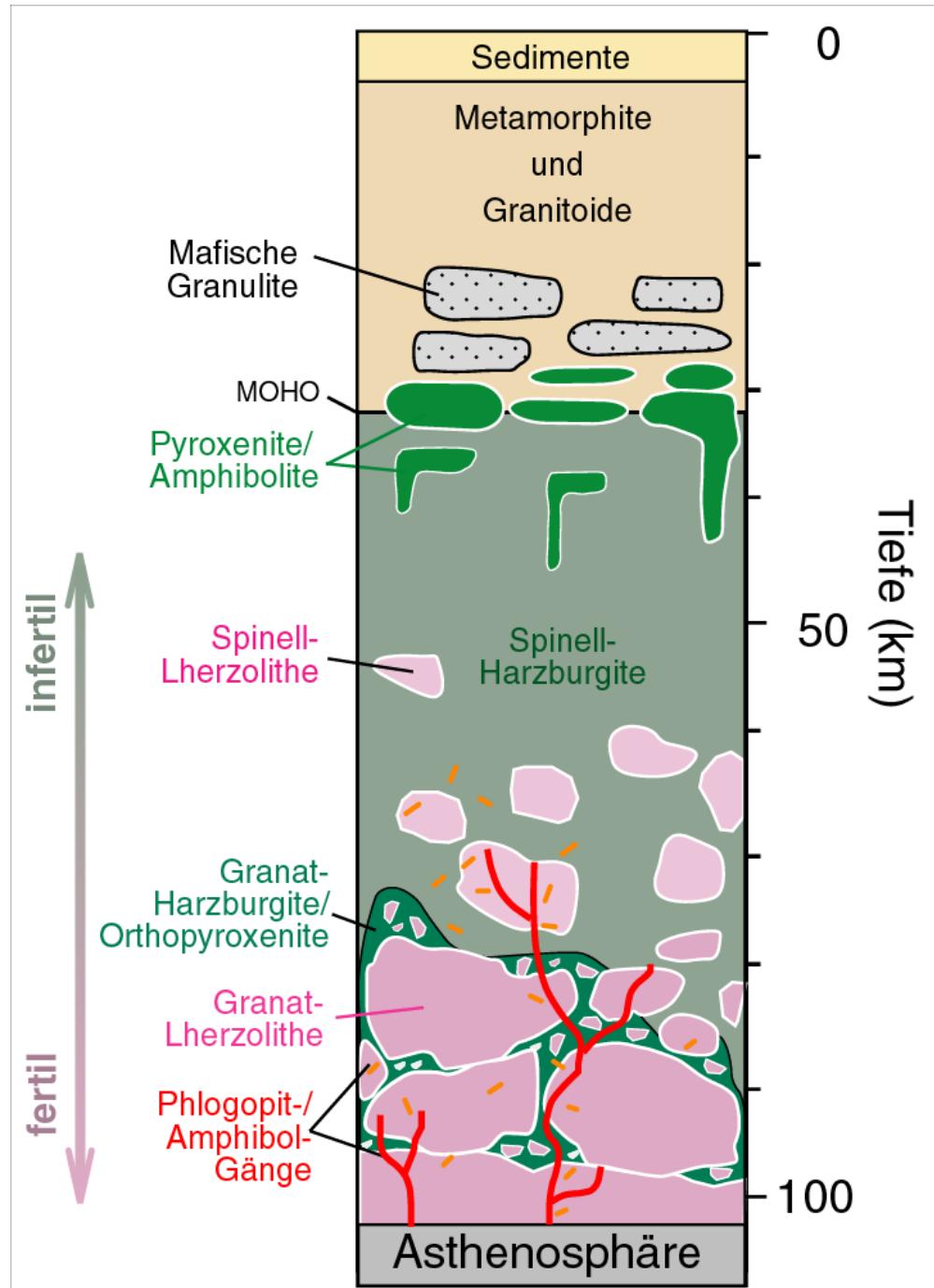


Spinel-garnet-transition



Structure of continental lithosphere. Example from Pali Aike- xenoliths of the southern South America

(Stern, Kilian et al. 1999)



- A. SiO₂-reiche wasserhaltige Stoffsysteme (z.B. granitisch) schmelzen bereits bei Temperaturen von >1100°C.
- B: Klinopyroxene können in Basalten und in Granuliten gebildet werden.
- C: Plagioklase stellen Mischkristalle zwischen Anorthit (Ca-Endglied) und Albit (Na-Endglied) dar, wobei letzterer den höheren Schmelzpunkt hat.
- D. Karbonatite sind metamorphe Gesteine, die vor allem aus Karbonatmineralen bestehen.

- A. Das Pneumatolitische Kristallisationsstadium erfolgt bei höheren Temperaturen als das hydrothermale Stadium, in welchem Gold- und Kupfer-Vererzungen vorkommen.
- B. Die Fraktionierte Kristallisation von Olivin führt zu einer K, Ca und Mg-reichen Restschmelze.
- C. Alkalifeldspäte weisen eine Mischungslücke auf, weil die einwertige Kalium-Kationen nicht so einfach durch zweiwertige Natrium Kationen ersetzt werden können.
- D. Unter adiabatischer Dekompression versteht man, dass sich Gesteine bei der Dekompression erhitzen.

- S. Ein Marmor kann zur Grünschiefer- und Amphibolitfazies gehören.
- T. Die Anatexis beginnt bei Temperaturen oberhalb des Liquidus.
- U. In wasserfreien Stoffsystemen nimmt die Solidus-Temperatur mit zunehmendem Druck ab.
- V. Bereits die Alten Griechen hatten erkannt, dass Schriftgranite bei einer Eutektischen Magmenzusammensetzung entstehen.

- A. Die Ozeanische Kruste besteht aus basaltischen Pillowlaven, Gangintrusionen, Gabbros und Kummulaten.
- B: An Mittelozeanische Rücken kommt es zur Hydrothermalmetamorphose, wobei Zeolith, Sulfide und Pyroxene entstehen.
- C: In Granuliten kann als Folge einer Dehydratation zur Schmelzbildung kommen.
- D. Granate enthalten einen relativ hohen Anteil des Aluminum des Erdmantels und bilden sich dort bei Tiefen über 30 km.

- K. Eklogite können aus Basalten entstehen, wenn die Temperatur genügend hoch ist.
- L. Gneise, Marmore, Quarzite und Amphibolite können in der Amphibolitfazies vorkommen.
- M. Das granitische Stoffsystem ist aluminiumreicher als das pellitische (tonige), weil es mehr Al-reiche Feldspäte enthält.
- N. Gabbros haben mehr Quarz und Alkalifeldspat als Tonalite.

- Q. Je langsamer die Abkühlung eines Magmas, um so stärker ist die fraktionierte Kristallisation.
- R. In wasserhaltigen Schmelzen wachsen Kristalle langsamer als in wasserfreien Magmen.
- S. In einem Basaltmagma werden erst Pyroxene und Olivine und danach Feldspäte gebildet.
- T. Harzburgite sind Clinopyroxene-arme Mantelperidotite, die einen durch Schmelzbildung chemisch verarmten Erdmantel repräsentieren.

Berechnung der Absinkgeschwindigkeit von Kristallen in einer Magmenkammer

In einer Magmenkammer mit basaltischem Magma (Dichte 3,0 g/cm³, Viskosität von 14 [kg/(m*s)]) sinken die früh ausgeschiedenen Kristalle (vereinfachte kugelförmige Gestalt) wieder ab.

Wieviel Meter (v_p in m/s) sinken die häufig gleichzeitig gebildeten Minerale Olivin (Forsterit) [$r = 5 \text{ mm}$] und Magnetit [$r = 0.1 \text{ mm}$] in einem Jahr ab? Beachten sie die üblicherweise sehr unterschiedliche Größen und unterschiedliche Dichten und überlegen sie, welche Parameter die Absinkgeschwindigkeit besonders stark beeinflussen?

$$v_p = \frac{2 * r^2 * g * (\rho_p - \rho_f)}{9 * \eta}$$

Stokes'sche Gleichung

ρ_p = Dichte Partikel

ρ_f = Dichte Fluid

η = Viskosität

ρ Forsterit = 3.2 [g/cm³]

ρ Magnetit = 5.2 [g/cm³]

Erdbeschleunigung = g = 9.81 [m/s²]