



Einführung in die Geowissenschaften I **Geomaterialien Teil II WS 2016/2017**

2 Das System Erde:

- Warum sollen wir Gesteine, Minerale studieren?
- Wie alt ist die Erde und wie ist sie aufgebaut?
- Gesteinskreislauf
- Einfache Klassifikation der Magmatite:
 - QAPF-Diagramm (= Streckeisendiagramm)
 - ultramafische Gesteine

Warum sollen wir Gesteine studieren?

Verständnis für

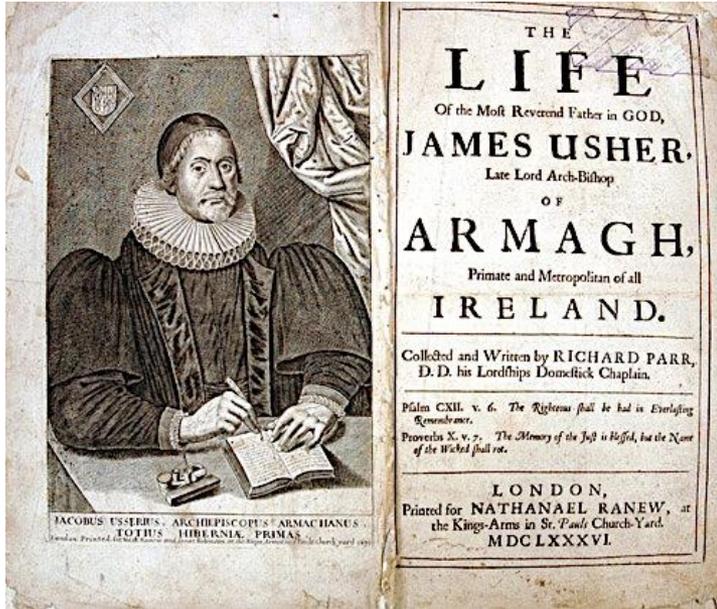
- den Aufbau der Erde
- ihre Entwicklung und Veränderungen (**geologische Prozesse**)
- deren physikalisch-chemische Eigenschaften (**angewandte Geowiss.**)

Warum sollen wir Minerale studieren?

Verständnis für

- für die physikalischen und chemischen Eigenschaft der Gesteine
- Stabilität der Minerale, Folgen veränderter Randbedingungen
- Natur als riesiges chemisches Labor (**Materialwissenschaften**)

Das Alter unserer Erde



James Usher (1625)

Berechnungen basierend auf
die Angaben der Bibel

23. Oktober 4004 v.Chr.

Kristallbreite 250 µm



Zirkon ($ZrSiO_4$)

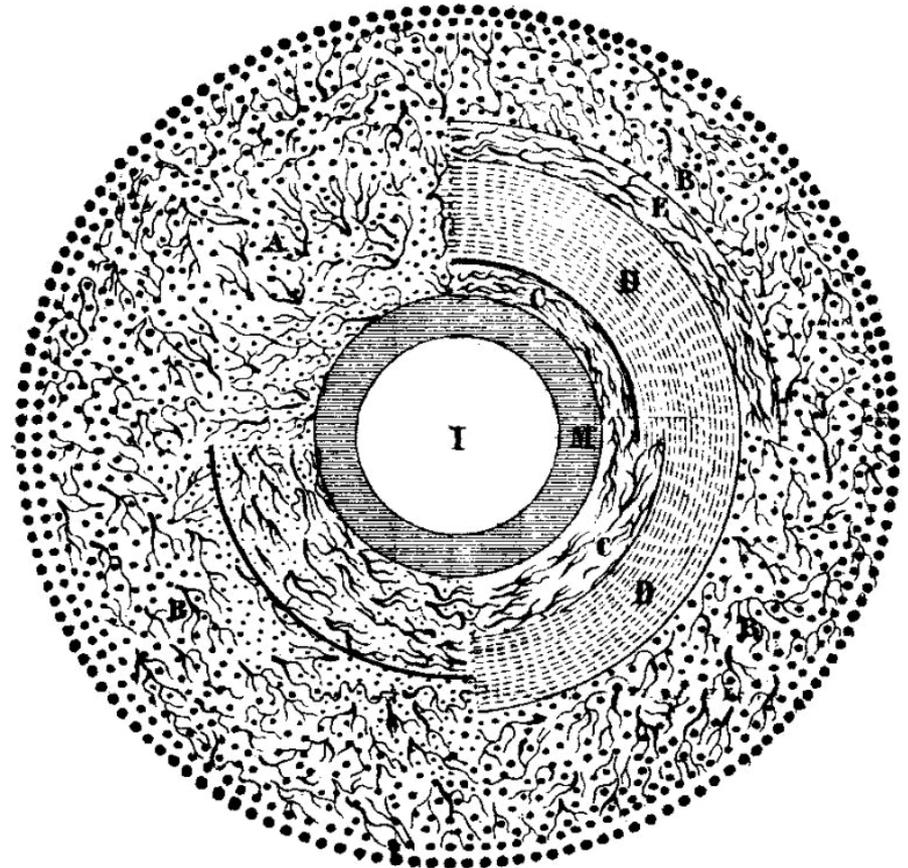
- in vielen verschiedenen Gesteinen
- verwitterungs- und transportfest
- temperaturbeständig
- U und Th in ppm-Konzentrationen
- Die ältesten Zirkone kommen aus Jack Hills (Yilgarn Kraton, Australien) und sind **4.4 Milliarden Jahre** alt

Entstehung unserer Erde

Die Erde: Ebbe und Flut, Feuer

Innere geschichtete Struktur der Erde
nach Descartes (1644)

Fig. 29.



- I** primäre / subtil feste Substanz
- M** opaque Materie "eine Art Kruste"
- D** Wasser
- B, F** Luft

Gesteine - Genese



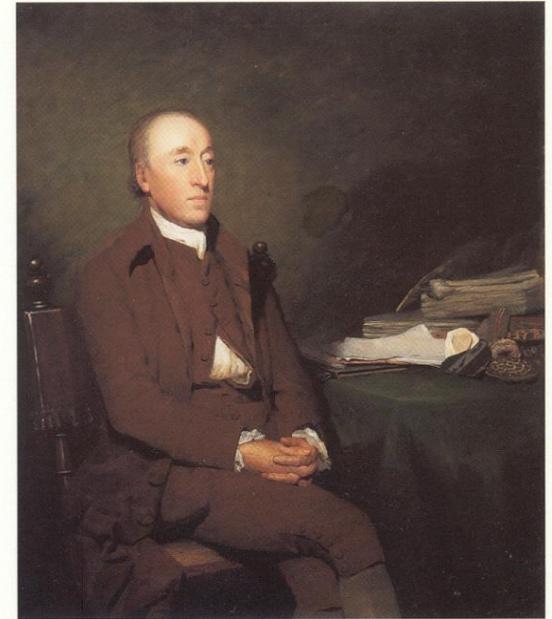
Abraham G. Werner
(1749–1817)

NEPTUNISMUS

- alle Gesteine entstanden in einem Panozean.
- alle Gesteine sind **sedimentär**

PLUTONISMUS

- alle Gesteine entstanden aus **Feuer**
- d.h., alle Gesteine sind **magmatisch**



James Hutton
(1726–1797)

Das System Erde – Eine Kurzfassung der Erdgeschichte

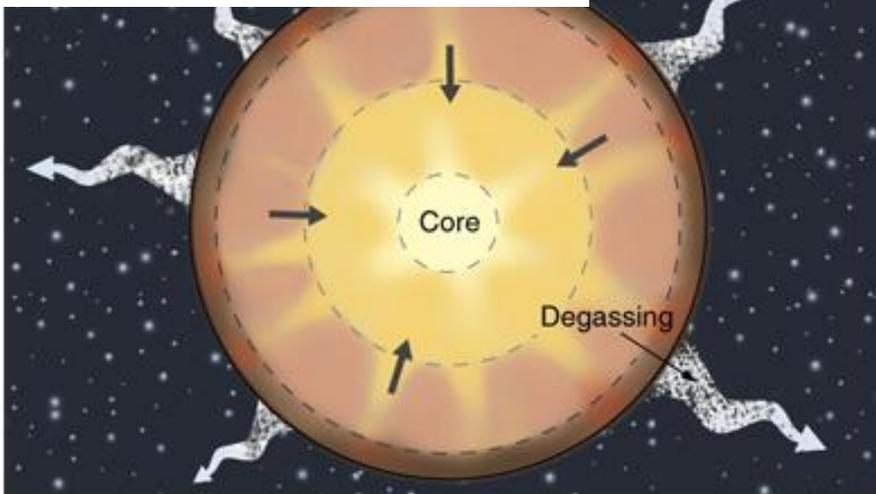
5) Entstehung von Planetenringen und der Sonne



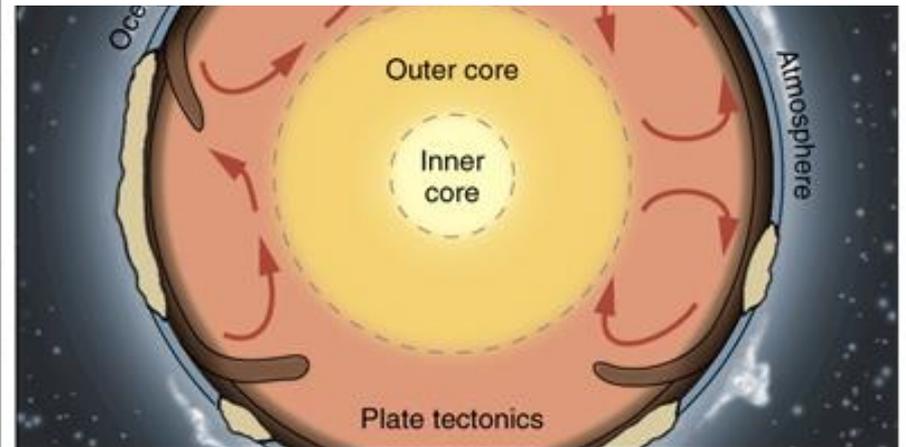
6) Entstehung der Erde. Die Erde wird von Meteoriten bombardiert.



7) Entstehung des Erdkernes



8) Entstehung von Ozeanen und der Atmosphäre



Die innere Struktur der Erde: ist es wirklich ein unzugängliches Studienobjekt?

- **Geophysik**
Natürliche seismische Wellen (durch Erdbeben)
Künstlich erzeugte Wellen (durch Explosionen)
- **Tektonik**
Materialproben aus 60-100 km Tiefe
- **Bohrungen**
Erdöl: ~ 6 - 7 km Tiefe
Wissenschaftliche Bohrungen: bis 12,262 km
- **Magmen**
kommen aus 100-200 km Tiefe,
bringen uns Materialproben aus ihren
Entstehungsgebieten



*Satellitenbild der Erde; Abbildung der NASA
(Quelle: <http://visibleearth.nasa.gov/>)*

Wie können wir Informationen über die innere Struktur der Erde gewinnen?

Tiefbohrung der Kola Halbinsel (in Russland):

Von 1970 bis 1989 → 12,262 km

Wofür? → um die geophysikalische Daten zu überprüfen

Warum nur bis zu dieser Tiefe?

→ wegen der hohen Temperatur von ca. 300°C



Wie können wir Informationen über die innere Struktur der Erde gewinnen?

"Das tiefe Loch"

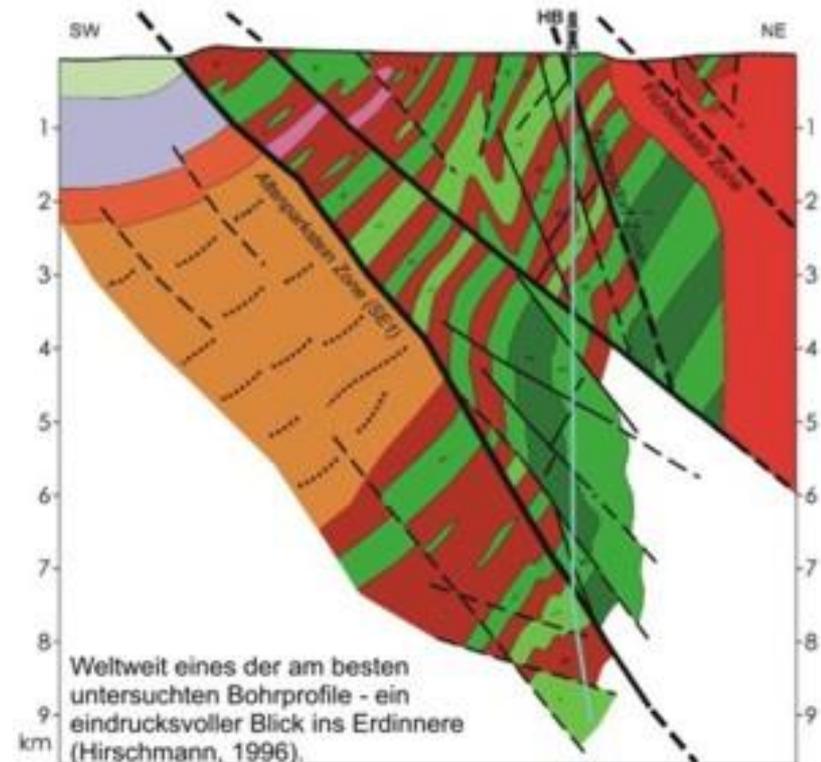
Kontinentale Tiefbohrprogramm (KTB)

Grundlagenforschung -

- physikalische & chemische Zustandsbedingungen & Prozesse in der tieferen Erdkruste
- Dynamik & Evolution intrakontinentaler Krustenbereiche



22.09.1987	Vorbohrung
04.04.1989	Teufe von 4.000,1 m Temperatur 118° C
05.10.1990	Hauptbohrung
12.10.1994	Endteufe von 9.101 m geplant waren 12.000 m



Wie können wir Informationen über die innere Struktur der Erde gewinnen?

durch Magma



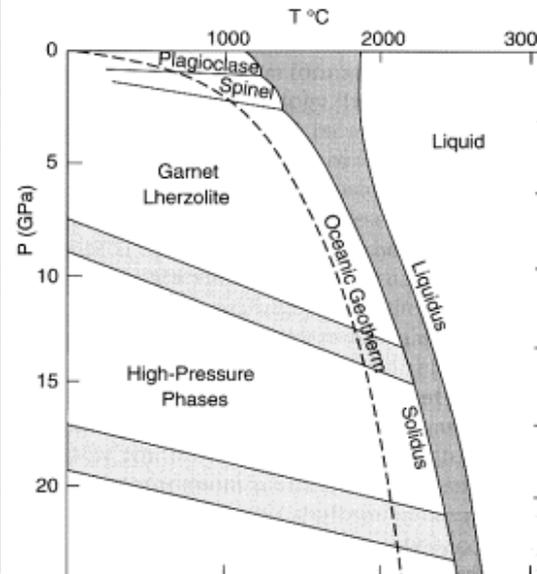
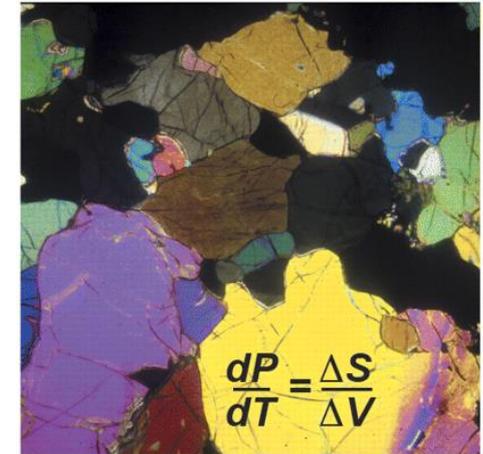
Makroskopische Beobachtung

Peridotit-Xenolithe aus dem Erdmantel

Mikroskopische Beobachtung

→ Dünnschliff

- Olivin (*gelb & violett*)
- Pyroxene (*braun & grau*)
- Spinel (*schwarz*)



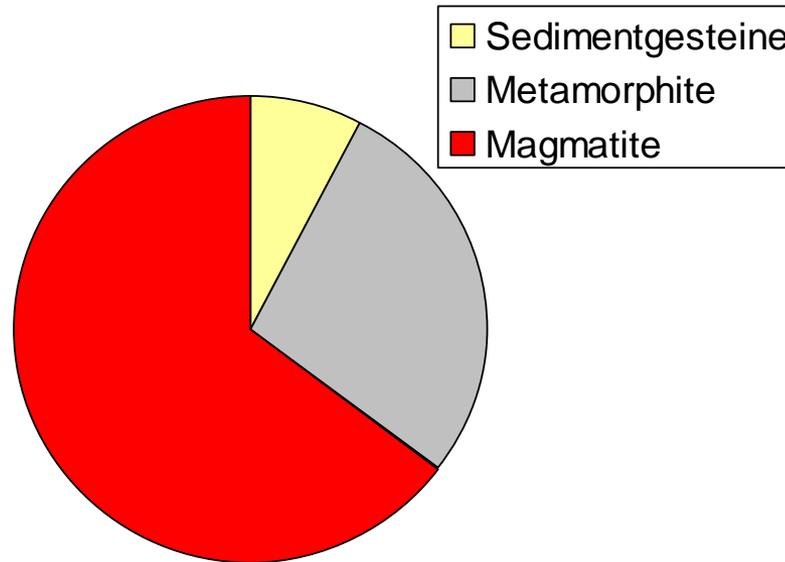
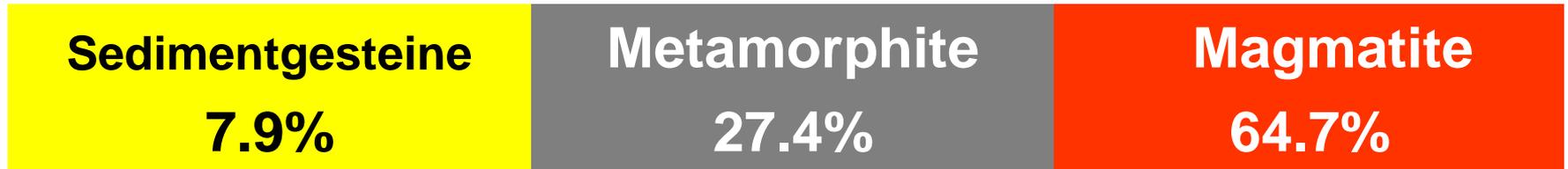
Experimentelle Untersuchungen & thermodynam. Datensätze

Clausius-Clapeyron Gleichung:

- Spinnell-Stabilität
→ ca. 30 - 60 km

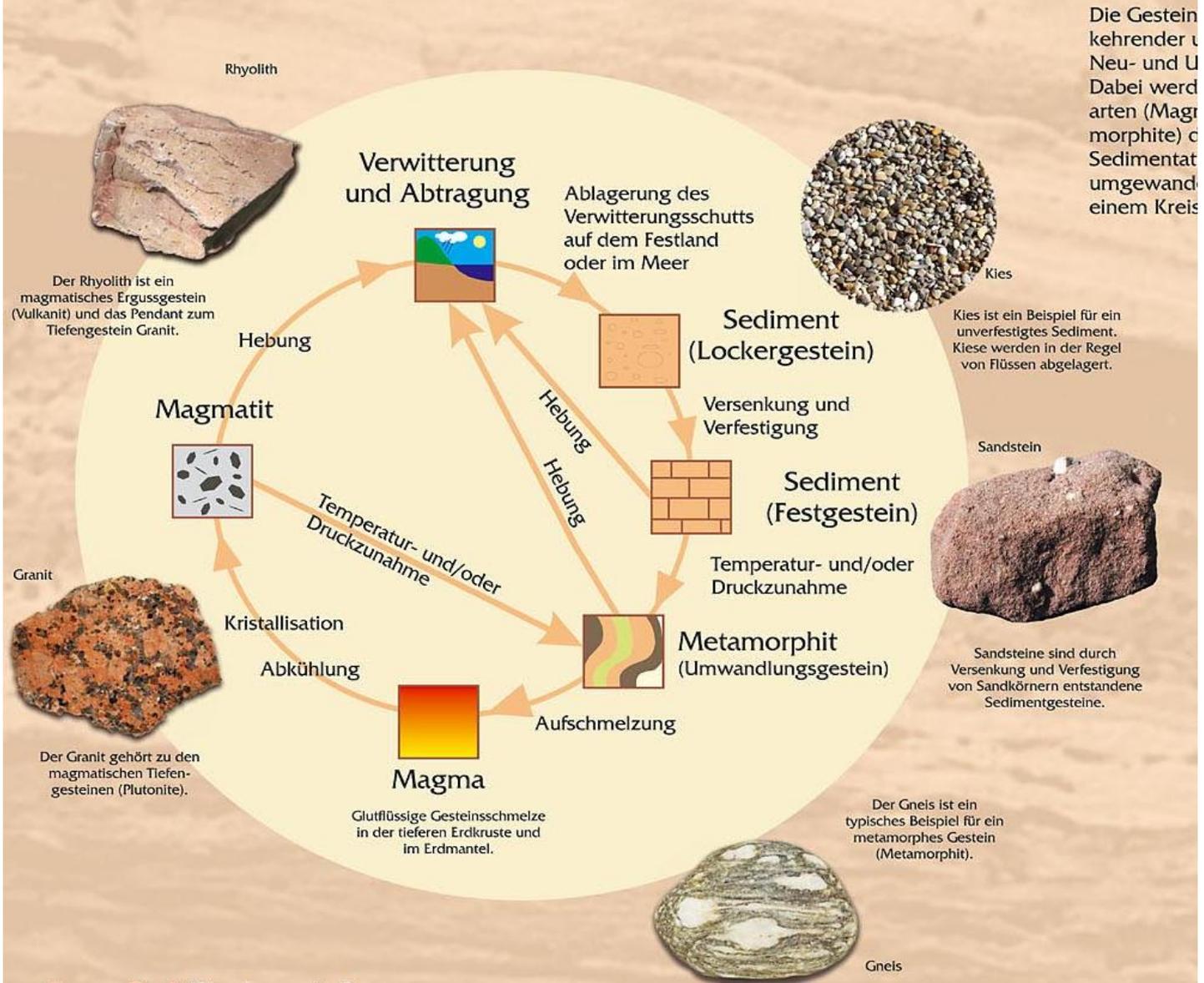
$$\frac{dP}{dT} = \frac{\Delta S}{\Delta V}$$

Relative Häufigkeit der verschiedenen Gesteine in der Erdkruste



ca. 71% der Erdoberfläche werden von Ozeanen bedeckt
> 75% der Ozeanböden werden von
dünnen Sedimentschichten bedeckt

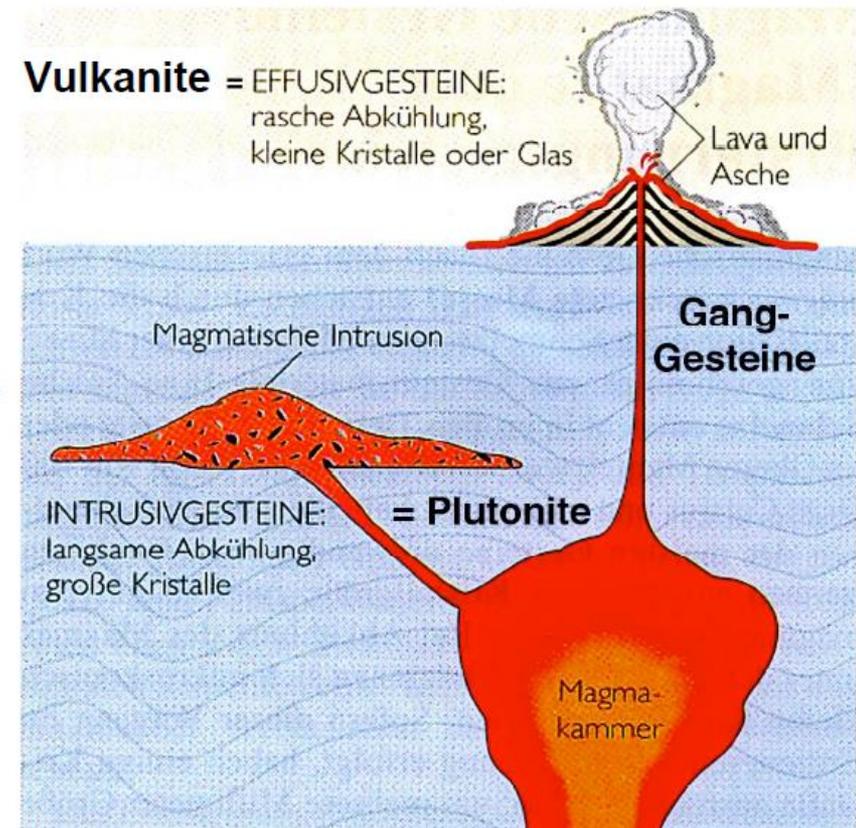
Kreislauf der Gesteine



Die Gesteine kehren durch den Kreislauf der Gesteine in den Kreislauf zurück. Dabei werden neue Gesteine (Magmatit, Metamorphite) aus Sedimenten umgewandelt.

Klassifikation magmatischer Gesteine

1. nach Erstarrungsort:
innerhalb der Erdkruste
oder auf der Erdoberfläche
2. nach Mineralbestand
3. nach Chemismus
4. nach Gefüge und Struktur

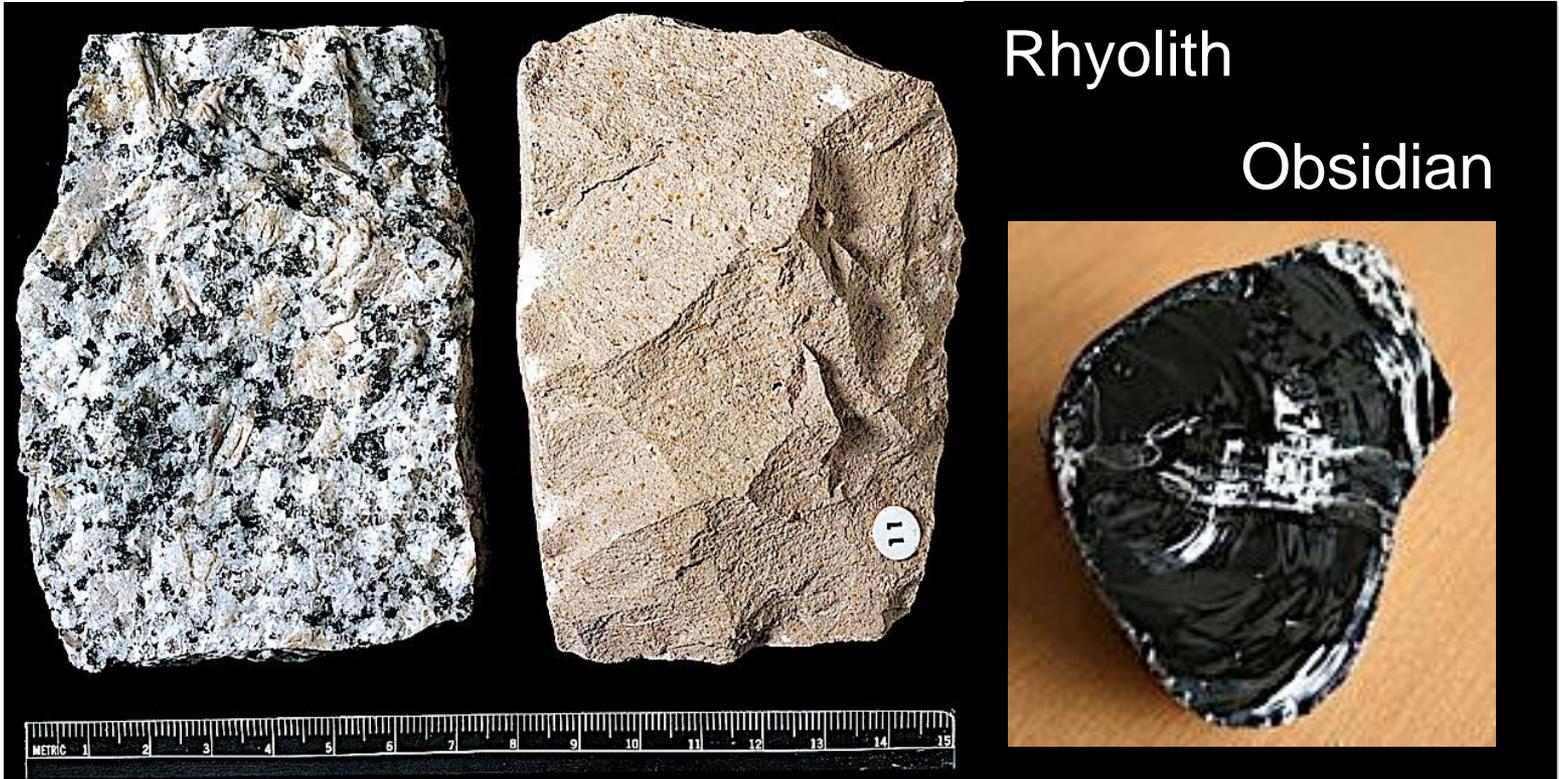


Nach dem Erstarrungsort

Plutonit

Vulkanit

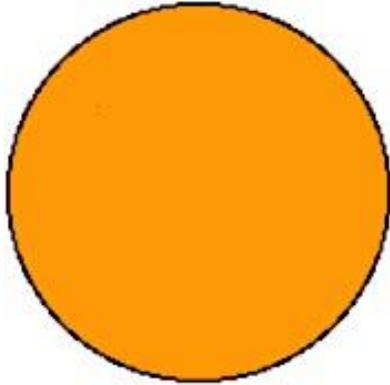
Granit



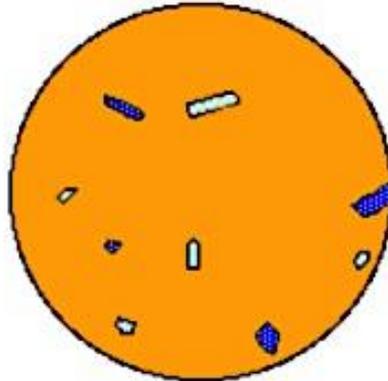
- Gleiche Zusammensetzung
- unterschiedliche Abkühlungsrate

Vulkanite und Plutonite

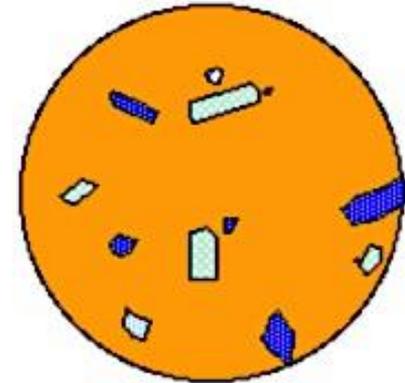
unterschiedliche Korngrößen
= unterschiedliche Abkühlungsrate



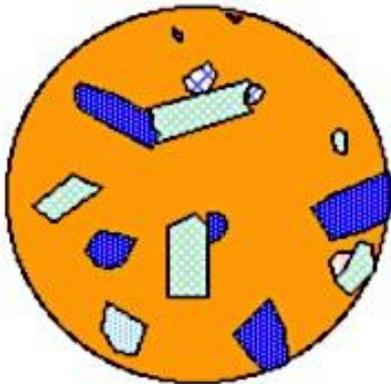
1



2



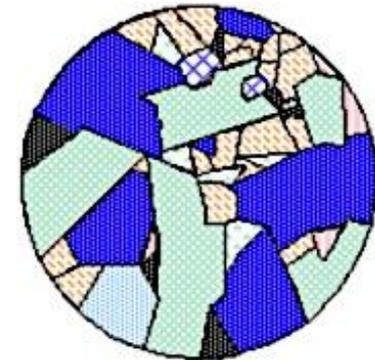
3



4



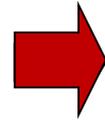
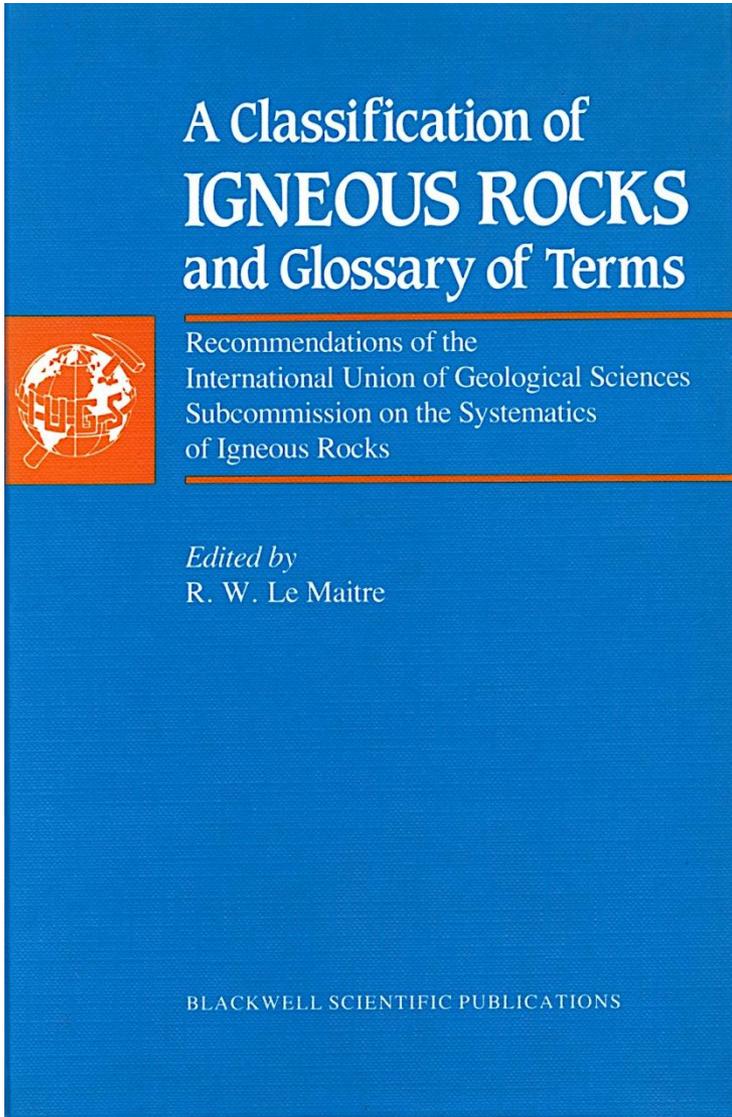
5



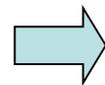
6

Einheitliche Klassifikation – Vorschlag der IUGS

International Union of Geological Sciences –



Primäre Klassifikation
nach Mineralbestand

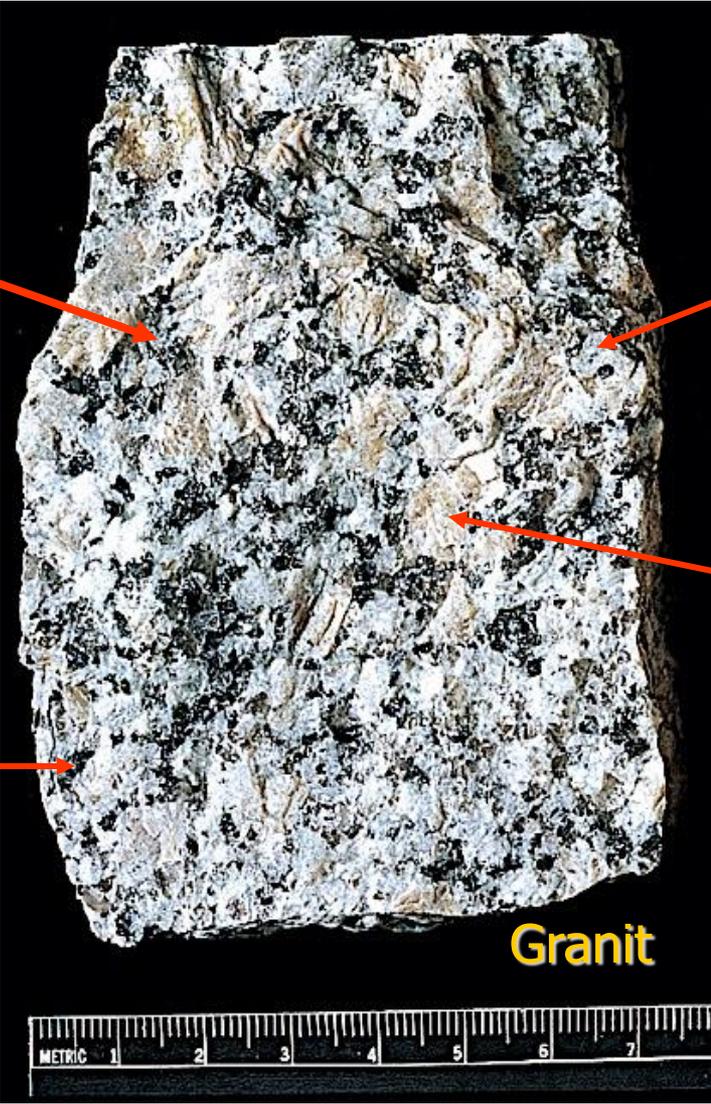


Falls nicht möglich:
Klassifikation nach dem
Chemismus

Nach dem Mineralbestand (Modalanalyse)



Quarz



Plagioklas



Biotit



Alkalifeldspat

Ein Gestein enthält :

1% Biotit

50% K-Feldspat

37% Qz

12% Plagioklas

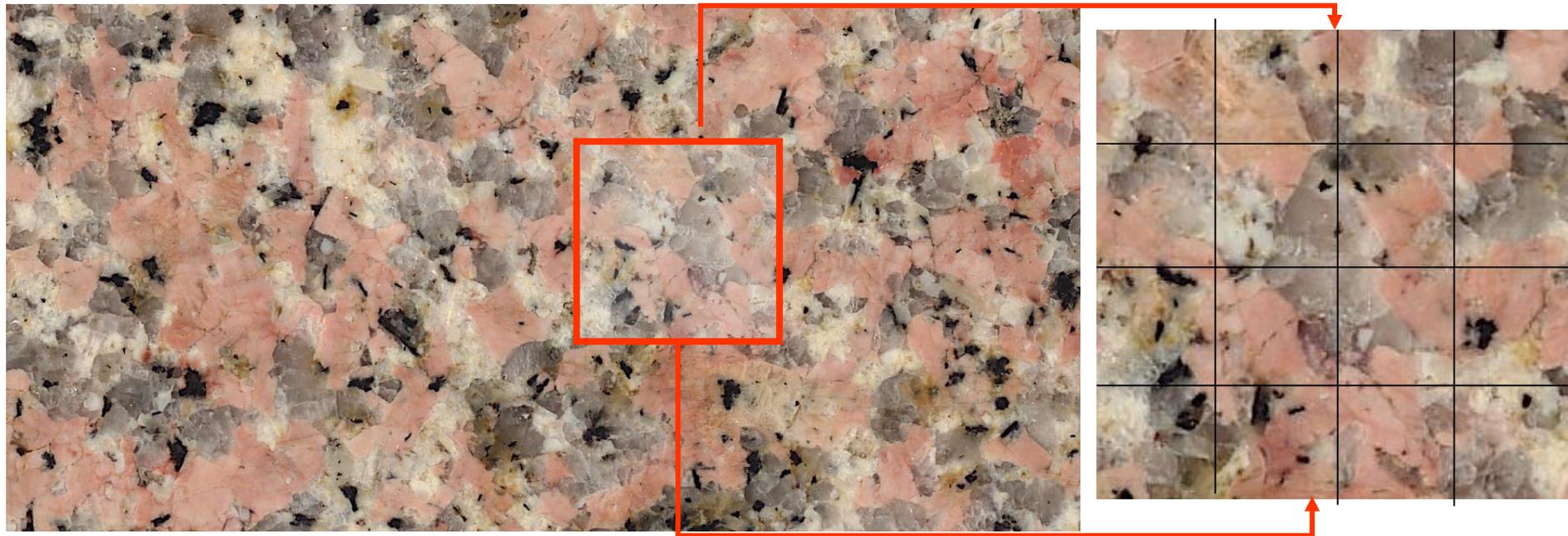
1. Schritt: Alle felsischen Mineralien auf 100% normieren:

K-Feldspat $\rightarrow (50/99) \times 100 = 50,5\%$

Qz $\rightarrow (37/99) \times 100 = 37,4\%$

A/B = C/D \rightarrow Dreisatzrechnung

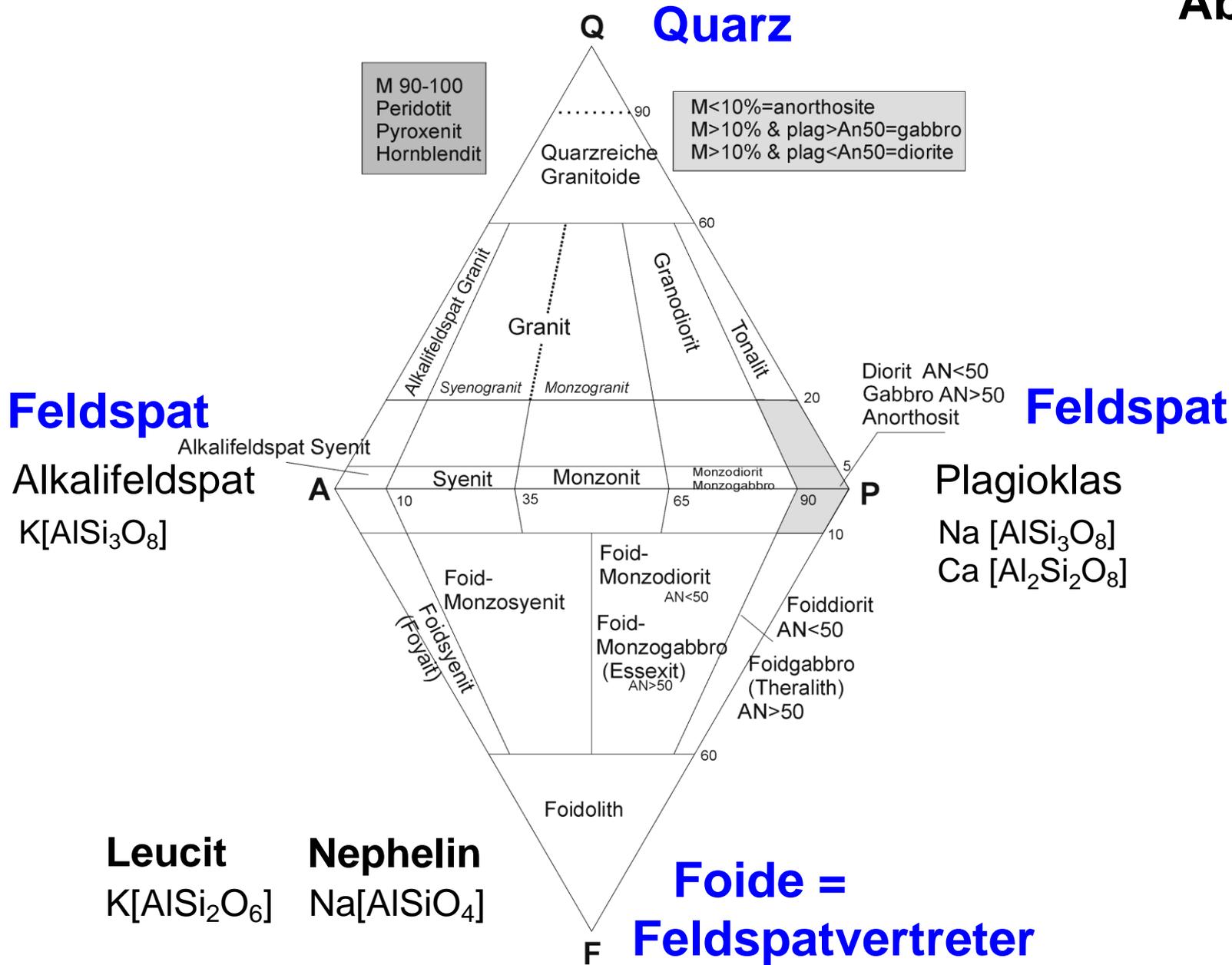
Plagioklas $\rightarrow (12/99) \times 100 = 12,1\%$



Modalanalyse = Klassifikation nach dem Mineralbestand

Plutonite

Abnahme
SiO₂



Chemische Zusammensetzung [%] von Feldspat und Feldspatvertreter

	K-Feldspat	Albit	Anorthit	Leucit	Nephelin
SiO ₂	64,66	67,84	44,17	54,66	44,65
Al ₂ O ₃	19,72	19,65	34,95	23,15	32,03
CaO	0,34	0,00	18,63	0,11	0,71
Na ₂ O	3,42	11,07	0,79	0,63	17,25
K ₂ O	11,72	0,29	0,05	20,04	3,66
+ Rest	0,14	1,15	1,41	1,41	1,17

Plagioklas

Foide

Nephelin und Leucit kommen **nie** zusammen mit Quarz vor.

Nephelin + Qz = Albit

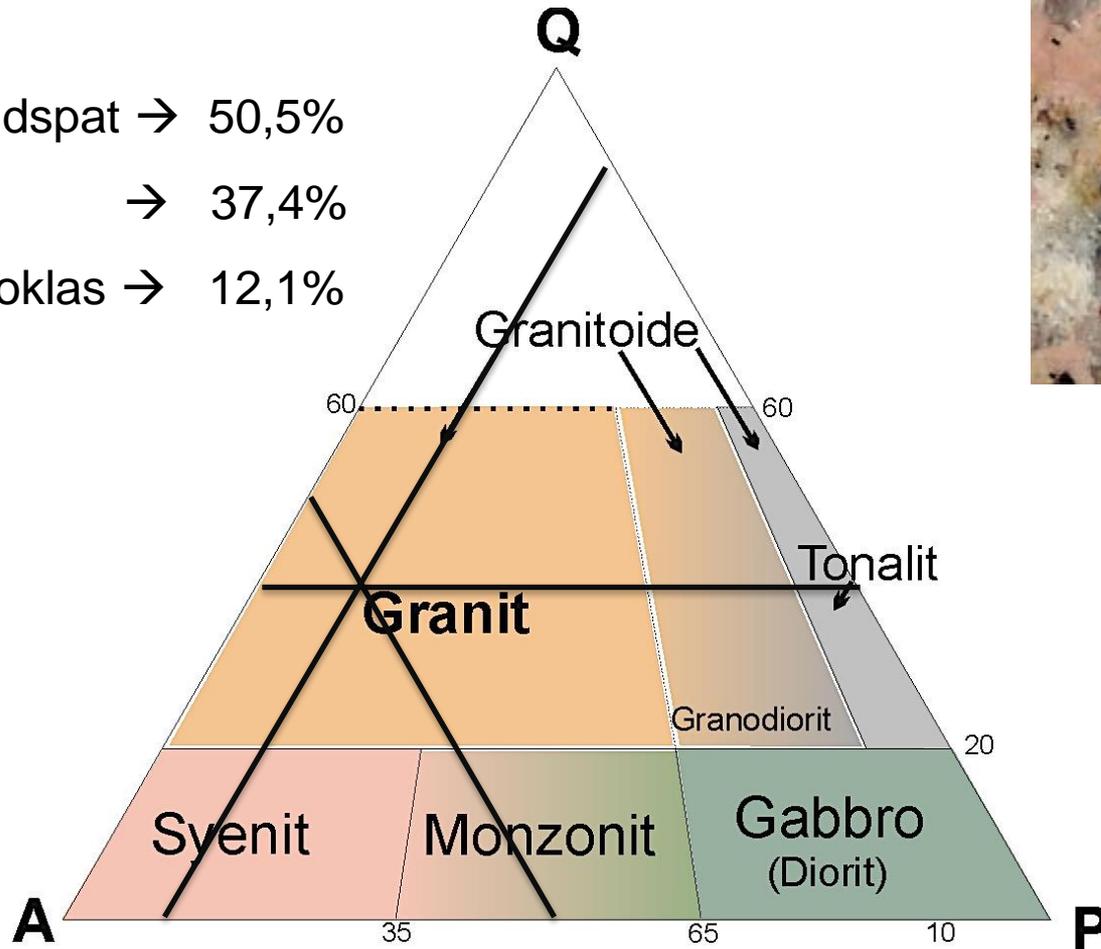
Leucit + Qz = K-Feldspat

Vereinfachte Klassifikation der Plutonite

K-Feldspat → 50,5%

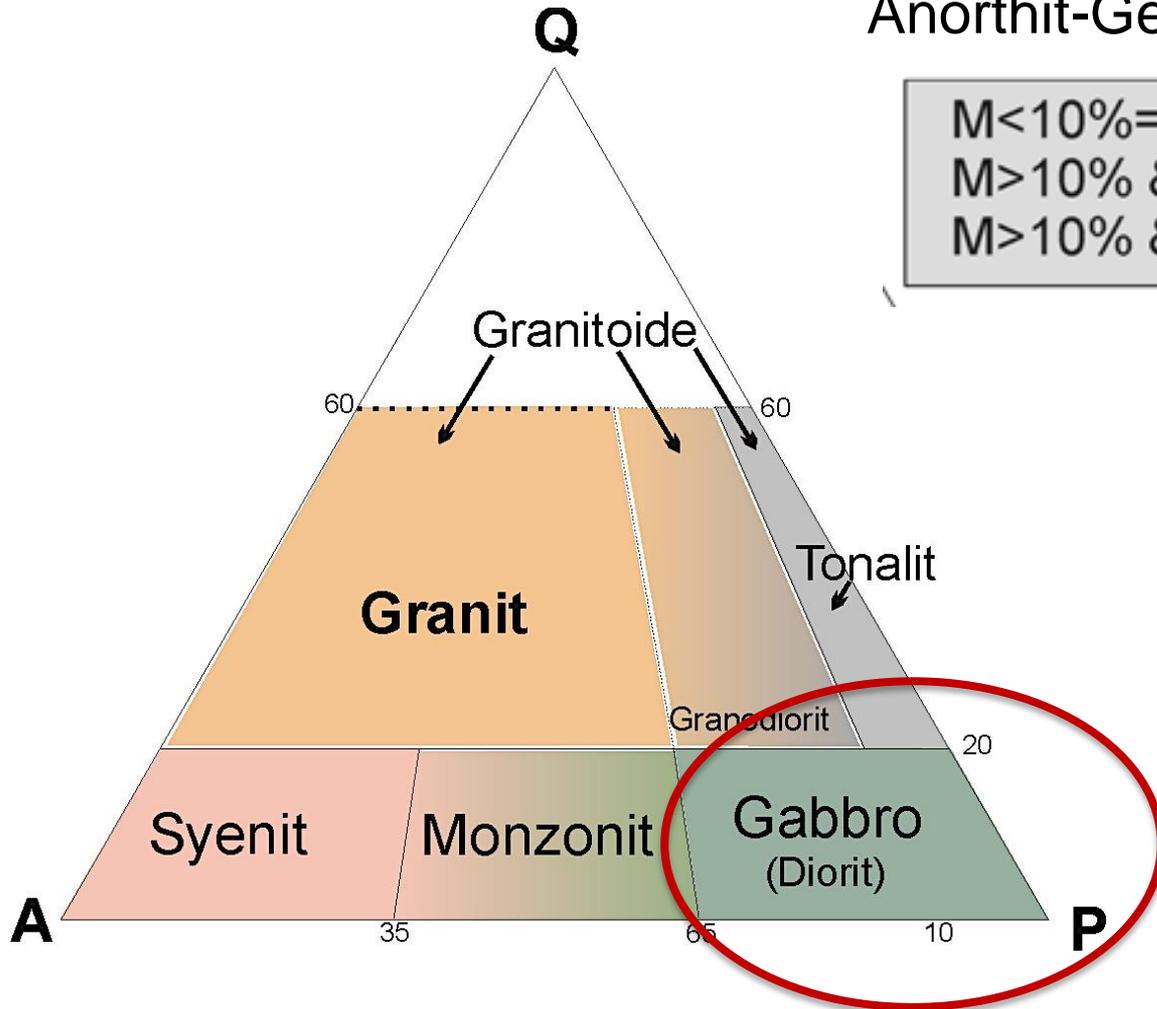
Qz → 37,4%

Plagioklas → 12,1%



Vereinfachte Klassifikation der Plutonite

Anteil der mafischen Minerale M
Anorthit-Gehalt im Plagioklas



M < 10% = anorthosite
M > 10% & plag > An50 = gabbro
M > 10% & plag < An50 = diorite

M 90-100
Peridotit
Pyroxenit
Hornblendit

Unterscheidung zwischen Gabbro & Diorit

Anteil der dunklen Mineralien

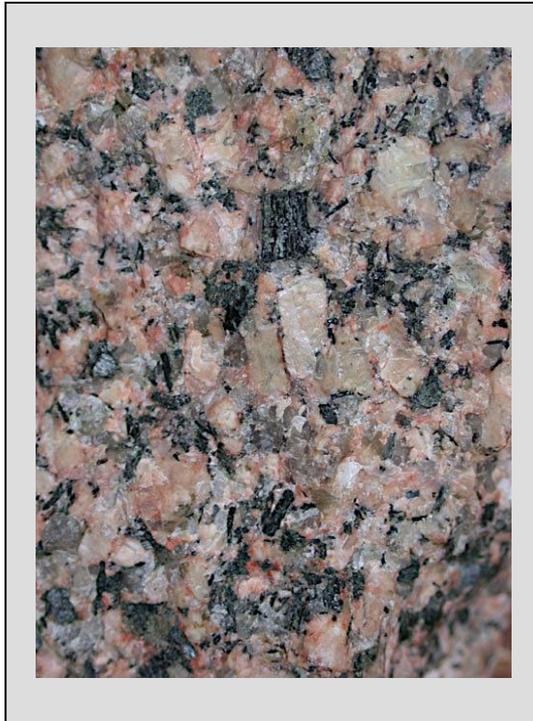
**Farbindex
(Farbzahl)** Anteil dunkler Mineralien in Magmatiten
(auch wenn sie metamorph überprägt sind)

Indizes nach Shand	in %
• hololeukokrat	0 - 10
• leukokrat	10 - 35
• mesokrat	35 - 65
• melanokrat	65 - 90
• holomelanokrat (bzw. ultramafisch)	> 90

Aus dem Alt-Griechisch:

<i>leukos</i>	= weiß
<i>mesos</i>	= mittel
<i>melas</i>	= dunkel
<i>kratein</i>	= vorherrschen
<i>holos</i>	= völlig

FZ ~ 15 %
leukokrat



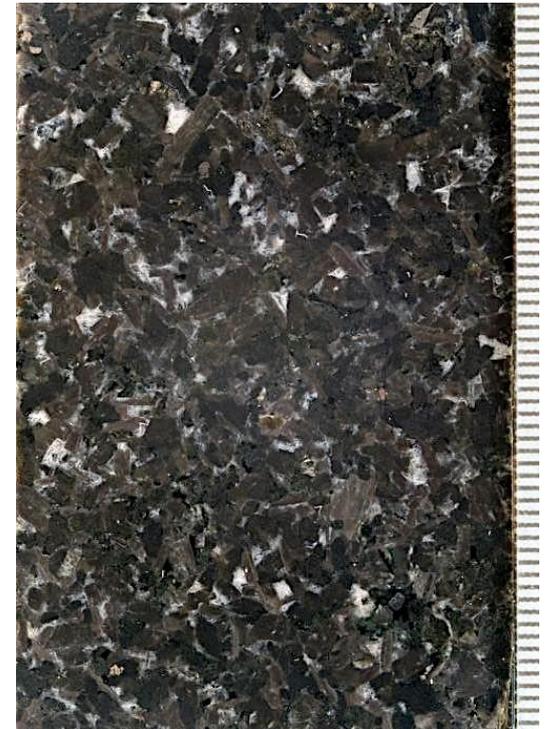
Granit

~ 40 %
mesokrat



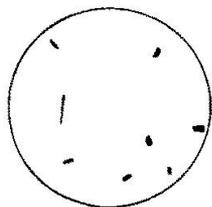
Diorit

~ 70 %
melanokrat

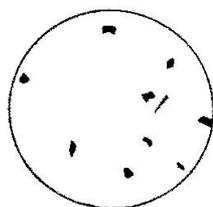


Gabbro

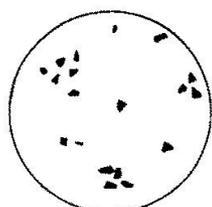
Visuelle Abschätzung der Farbzahl zur Modalanalyse



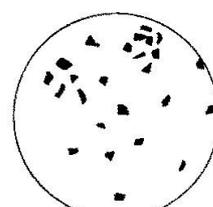
1%



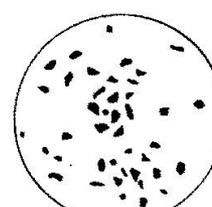
2%



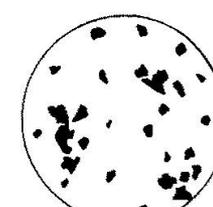
3%



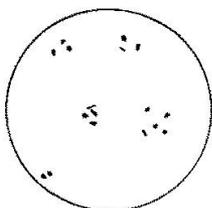
5%



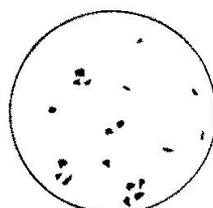
7%



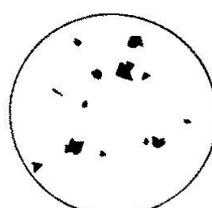
10%



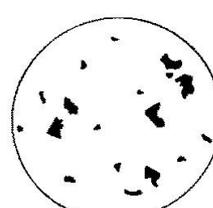
15%



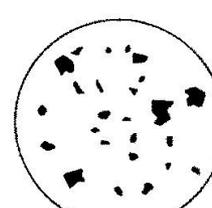
20%



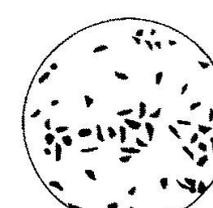
25%



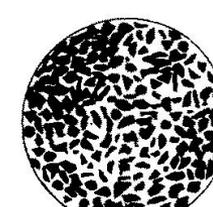
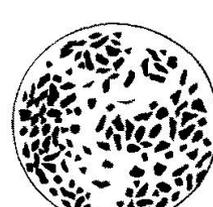
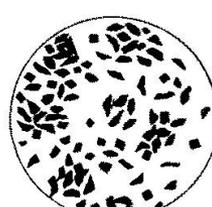
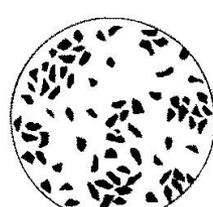
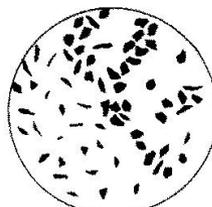
30%



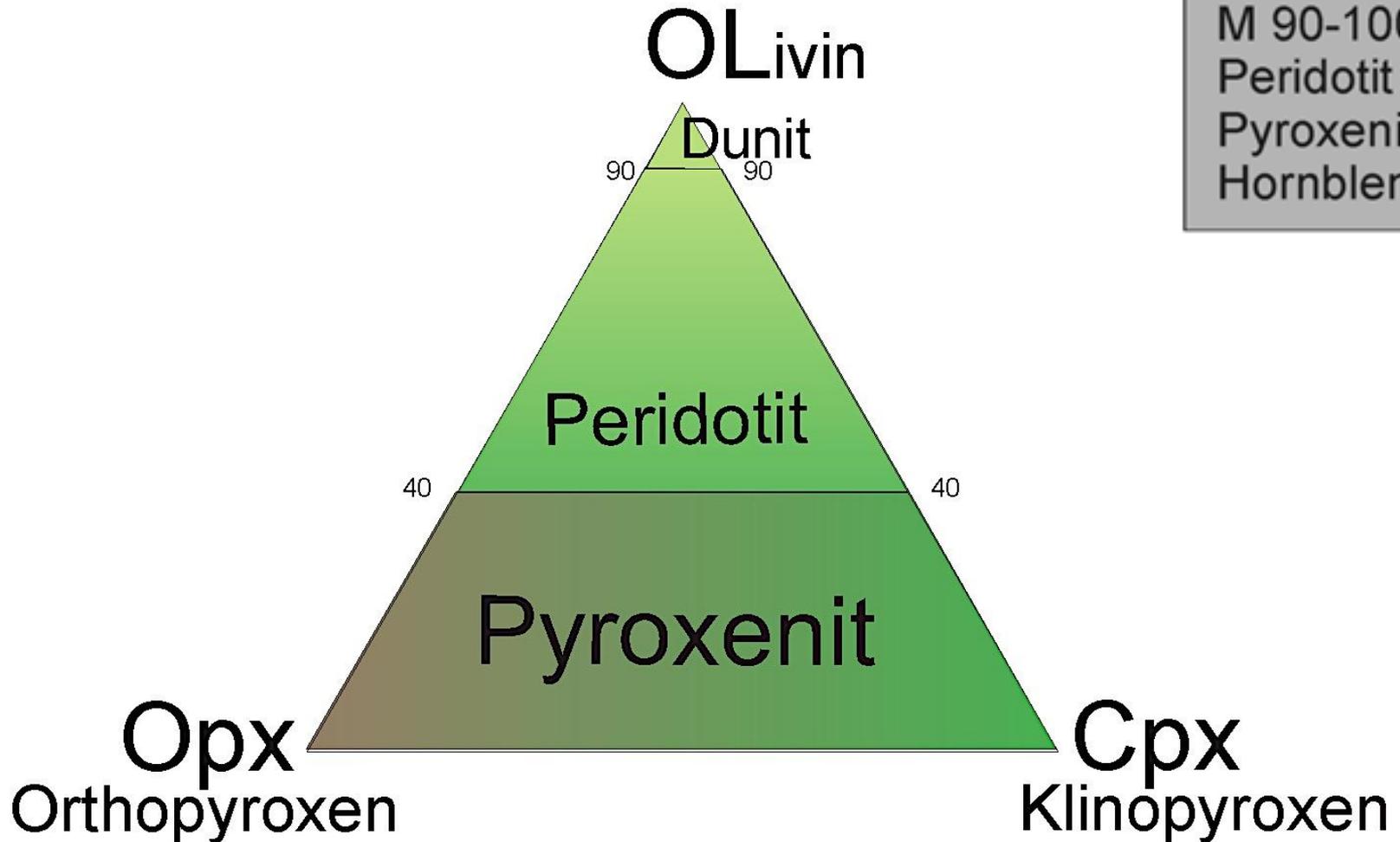
40%



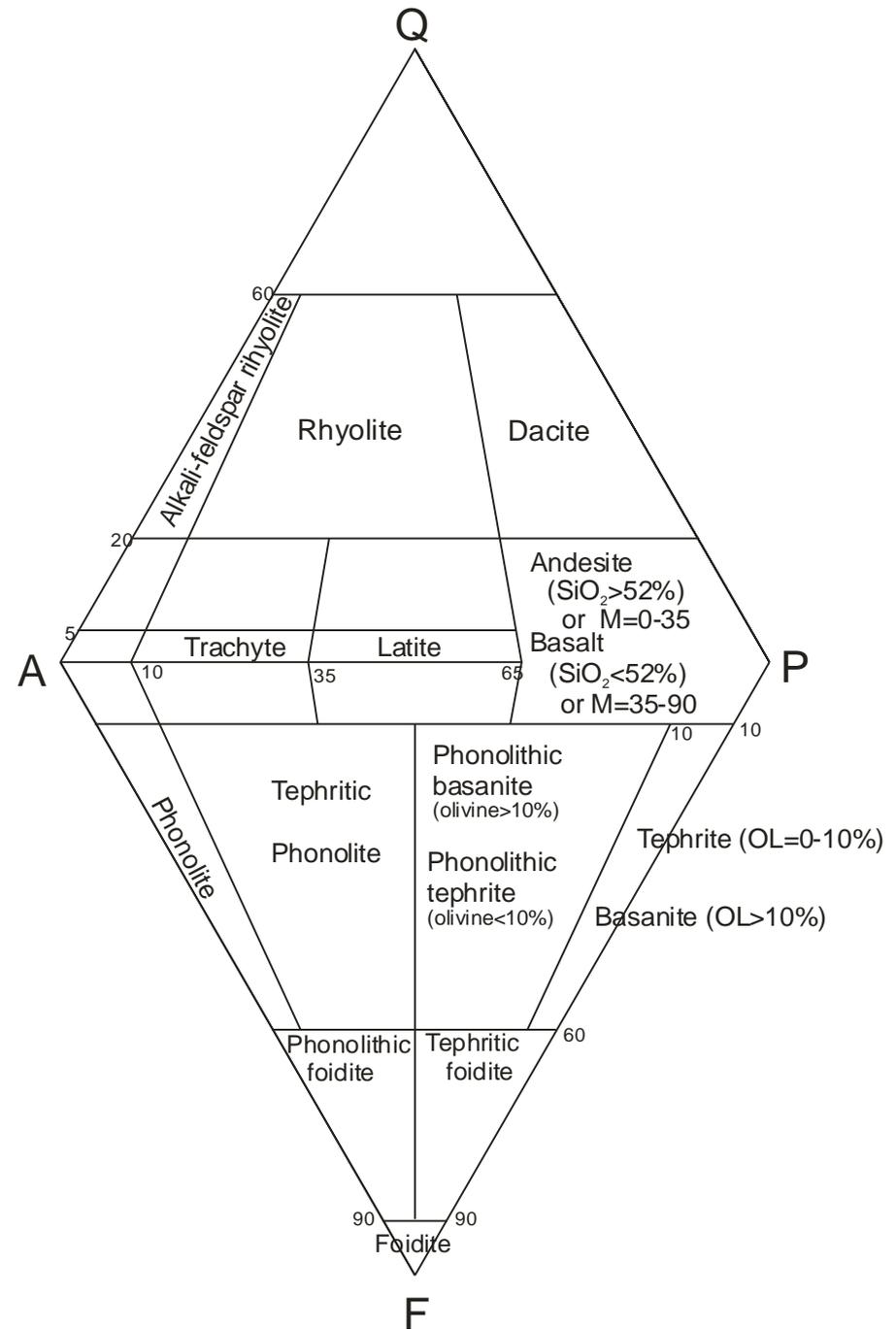
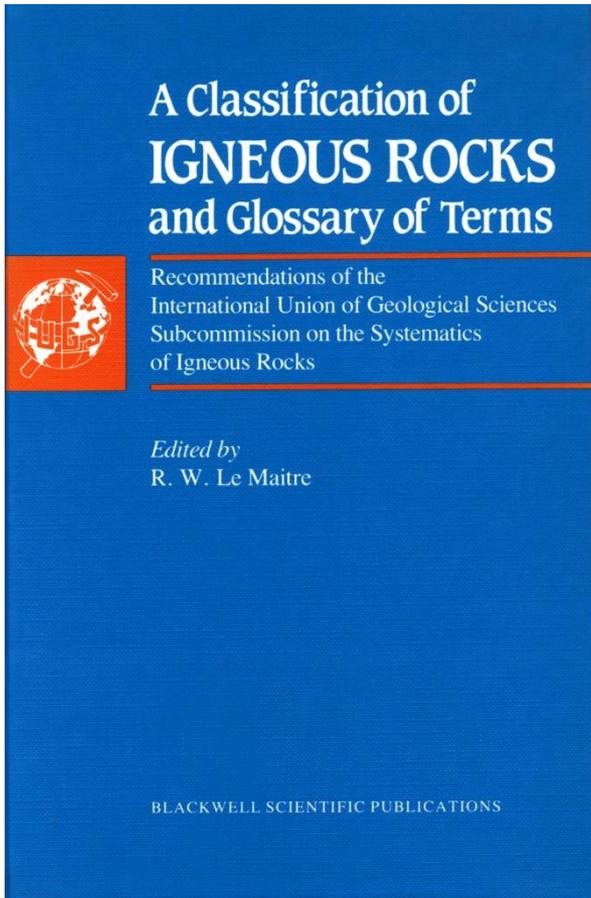
50%



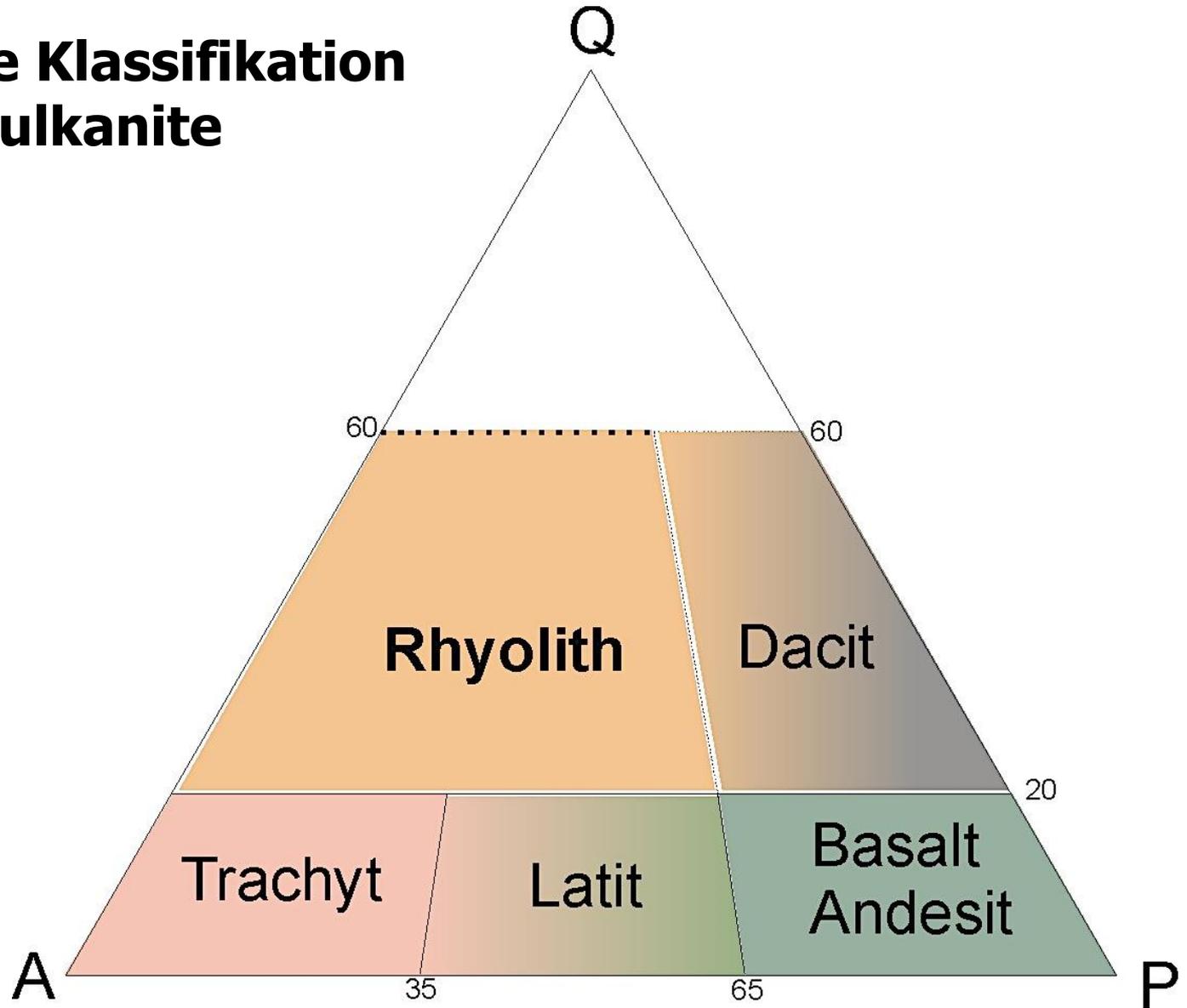
Ultramafische Gesteine



Klassifikation der vulkanischen Gesteine



Vereinfachte Klassifikation der Vulkanite



Rhyolith → ρέιν (*rhein*) = fließen & λιθος (*lithos*) = Stein

Dacit → aus Dacium, in Rumänien, Siebenbürgen

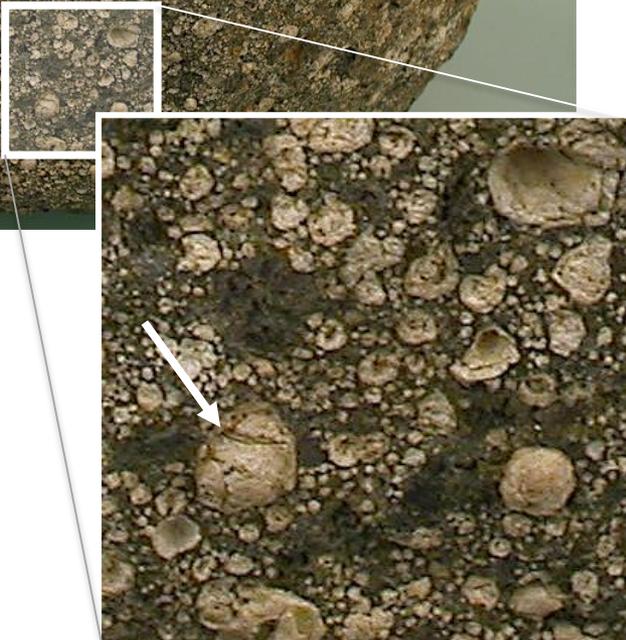
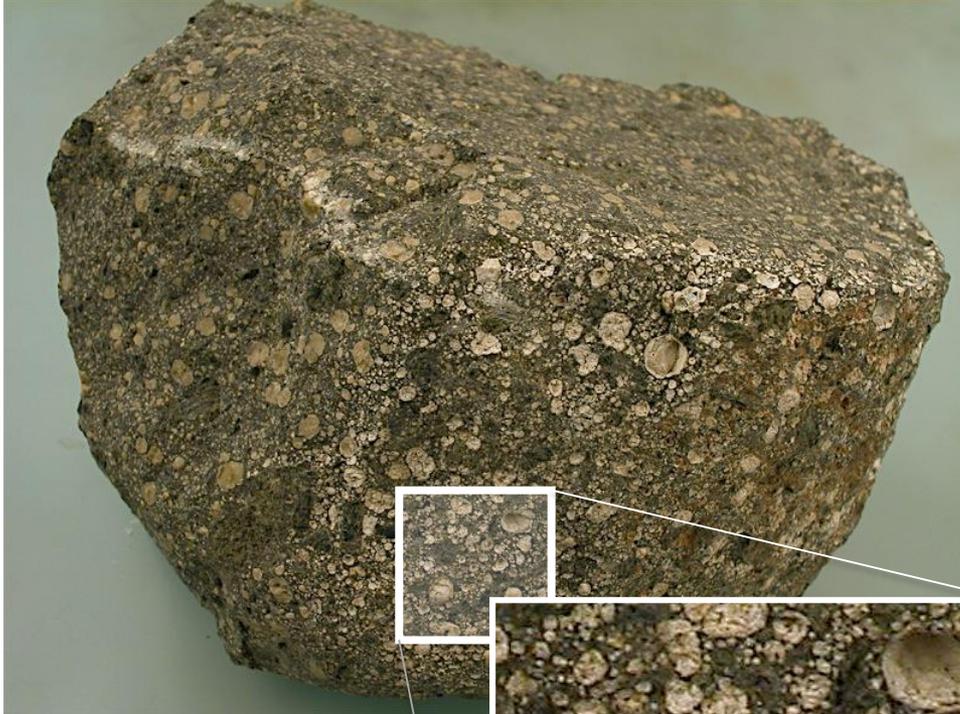
Trachyt → τραχύς (*trachys*) = rau

Latit → nach der römischen Landschaft "Latium"

Basalt → lat. basaltēs,
→ βασανίτης = Probiestein, sehr harter Stein

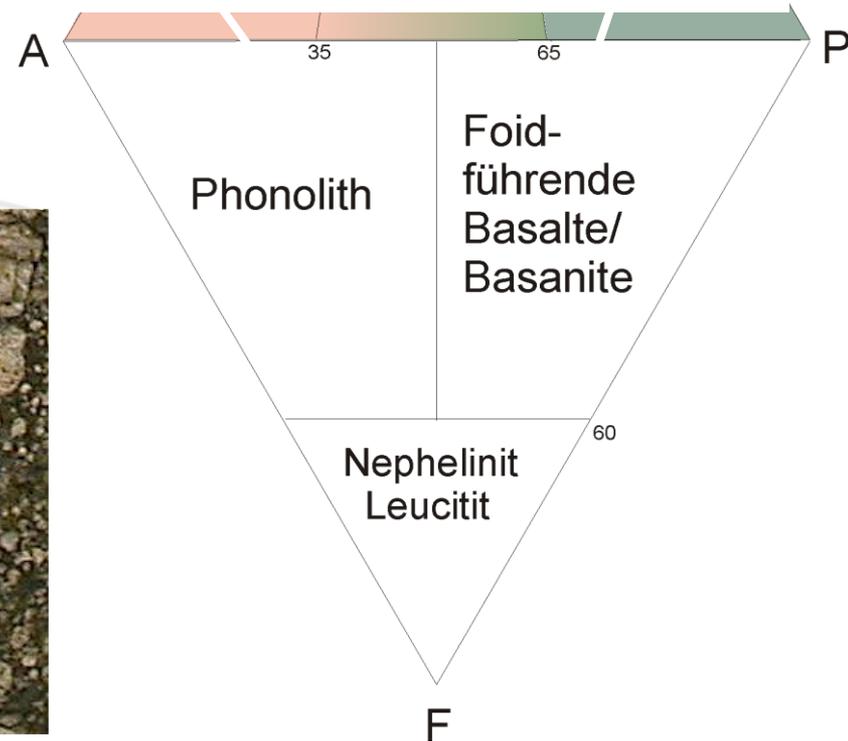
Andesit → aus den Anden

Leucit-Phonolith bis Leucitit

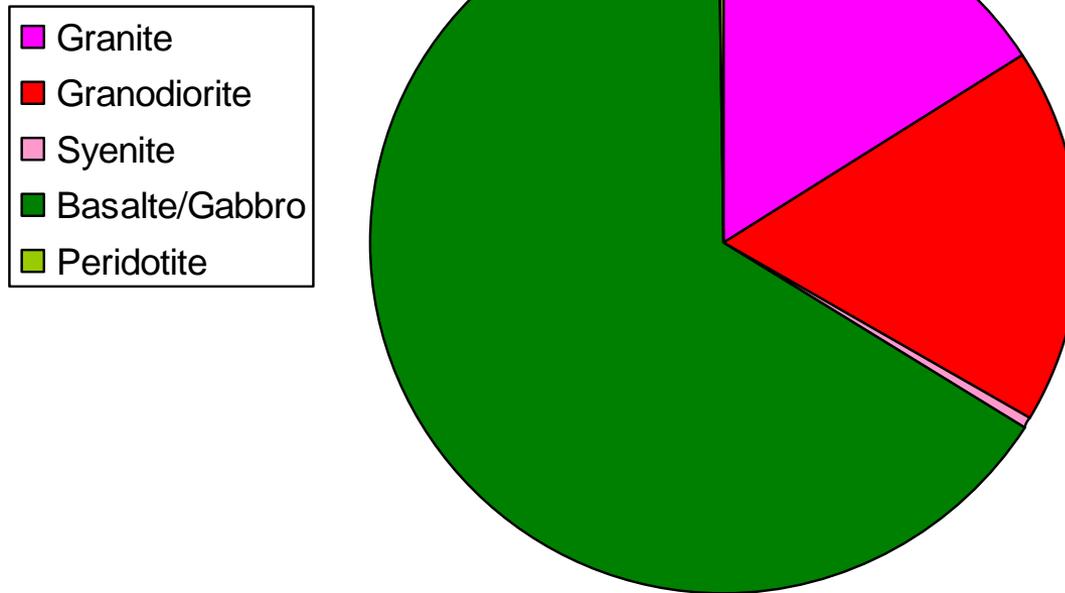


Leucit
 KAlSi_2O_6

Eine vereinfachte Klassifikation der Foid-führenden Gesteine



Häufigkeit und Zusammensetzung der Magmatite



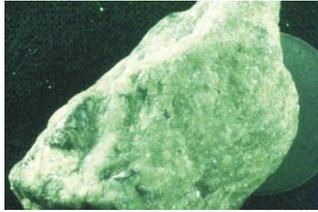
Die Durchschnittszusammensetzung

- eines kontinentalen Krustengesteins ist eher granitisch
- der ozeanische Erdkruste ist eher basaltisch

Die häufigsten Minerale in Magmatiten

Fe- & Mg-haltig → dunkel

Olivin



Pyroxen



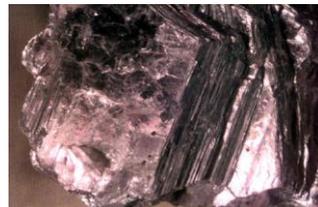
Amphibol



Biotit



Muskovit



ohne Fe & Mg → hell



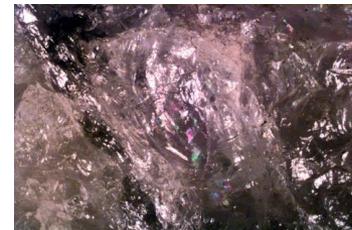
Ca-Plagioklas



Na-Plagioklas

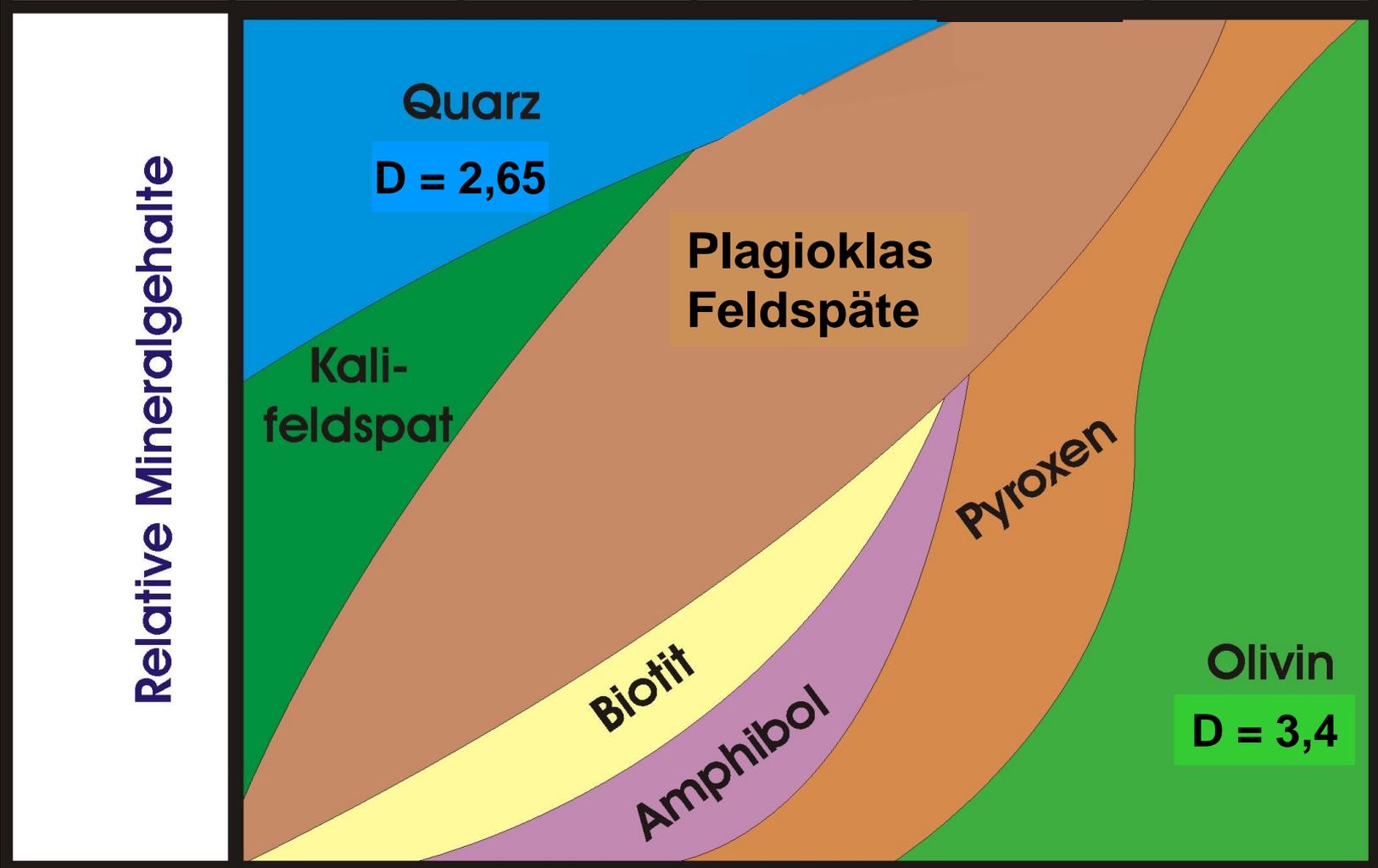


Orthoklas



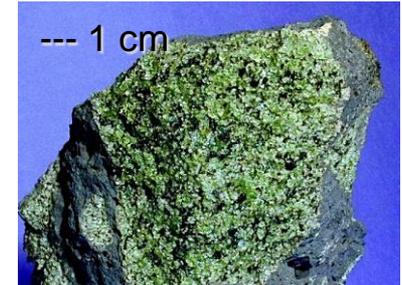
Quarz

Intrusiv	Granit	Grano- diorit	Diorit	Gabbro	Peridotit
Extrusiv	Rhyolith	Dacit	Andesit	Basalt	-



Unterteilung nach dem SiO₂-Gehalt

	SiO ₂ - Gehalt	Minerale	Beispiel
ultrabasisch	< 45 %	meist mafische Minerale wie Olivin, Pyroxen	Peridotit
basisch	45 – 52 %	meist mafische Mineralien & Plagioklas und/oder Foide	Basalt Gabbro
Intermediär	52 – 63 %		Monzonit Andesit
Sauer	> 63 %	meist Feldspat & Quarz	Rhyolith Granit



→ Klassifikation nach Chemismus

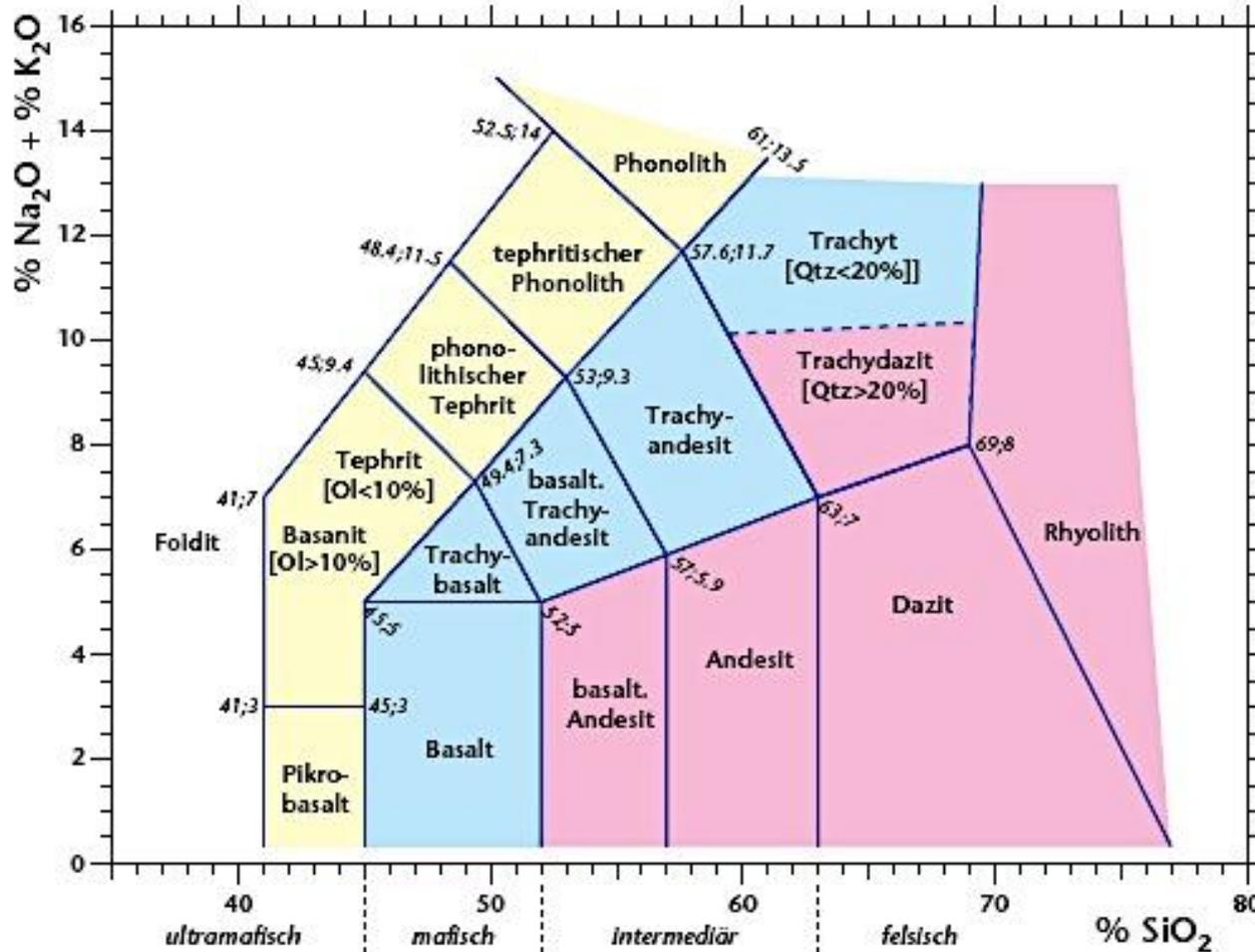


ABBILDUNG 10

TAS-Diagramm für Vulkanite; gelbe (bzw. hellgraue) Felder: SiO₂-untersättigte [= foidhaltig], blaue (mittelgraue) Felder: SiO₂-gesättigte [kaum Quarz oder kaum Foide führend], rote (dunkelgraue) Farben: SiO₂-übersättigte [= mit Quarz] Gesteine.

1) Sind **ultramafische** (melanokrate) Gesteine immer **ultrabasisch**?

- Nein, nicht immer:
z.B. ein Pyroxenit besteht nur aus mafischen Mineralien (Pyroxen)
→ holomelanokrat (FZ > 90%) und kann trotzdem mehr als 45% SiO₂ enthalten.



Pyroxenit



Nephelinit
Lorenzfelsen,
Laach See

2) Kann ein **leukokrates** Gestein **ultrabasisch** sein?

- Ja:
z.B. ein Nephelinit; er besteht fast nur aus Nephelin und kann unter 45% SiO₂ enthalten.