

Einführung in die Geowissenschaften I

Geomaterialien Teil II WS 2016/2017

3 Was sind magmatische Gesteine?

- Magmatite an der Erdoberfläche: **Vulkanite**
- Magmatite in der Tiefe: **Plutonite**
- Schmelzbildung – Transport – Kristallisation

Einteilung magmatischer Gesteine – Magmatite (Zusammenfassung)

Einteilung nach ihrem Bildungsort:

→ charakteristische Gefügemerkmale

1. Vulkanite (Effusivgesteine)

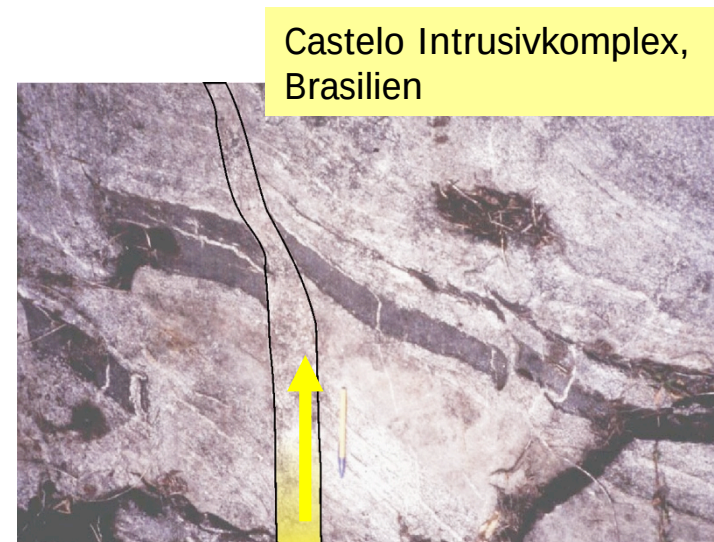
- Entstehung durch rasche Abkühlung von Laven an der Erdoberfläche (subaerisch) oder am Meeresboden (submarin)
- Erscheinungsformen: Lavaströme, Dome, pyroklastische Ablagerungen

2. Plutonite (Tiefengesteine)

- Entstehung durch langsames Abkühlen von Magmen im Erdinneren
- Erscheinungsformen: Plutonite, Batholite

3. Subvulkanische (hypabyssische) Gesteine

- Übergangsbereich zwischen Vulkaniten und Plutoniten
- Formen: Gänge (dikes),
Lagergänge (sills)



Magmatitische Gesteine (Magmatite)

entstehen durch Erstarren von etwa 450 °C bis 1500 °C heißen Gesteinsschmelzen (Magmen)

Gabbro
(Plutonit)



Basalt
(Vulkanit)



Obsidian
(Vulkanit)



- **Plutonite (= Tiefen- oder Intrusivgestein)**
mittel- bis grobkörnig, häufig annähernd gleichkörnig
- **Vulkanite (= Effusiv- oder Ergussgestein)**
porphyrisch, voll- oder hemikristallin, glasig,
porös (blasig, schaumig, schlackig, Mandelsteinstruktur)

Einsprenglinge

→ Phänokristalle (= Phänokristen)

das sind relativ große und gewöhnlich deutlich sichtbare Kristalle in einer feinerkörnigen Grundmasse.

Diese Kristalle sind meist vor dem Ausbruch im Magma gewachsen



Leucit-Phonolith

→ Xenokristalle (= Fremdkristalle)

Kristalle, die beim Aufstieg der Schmelze mitgerissen wurden bzw. in die Schmelze hineingefallen sind

→ Xenolith (= Fremdgestein)

Nebengesteinsbruchstücke, die in die Schmelze hineingefallen sind. Sie sind meist als Fremdeinschluss erkennbar



Gabbro-Xenolith im
Granit; E-Sierra Nevada



Pahoehoe Lava

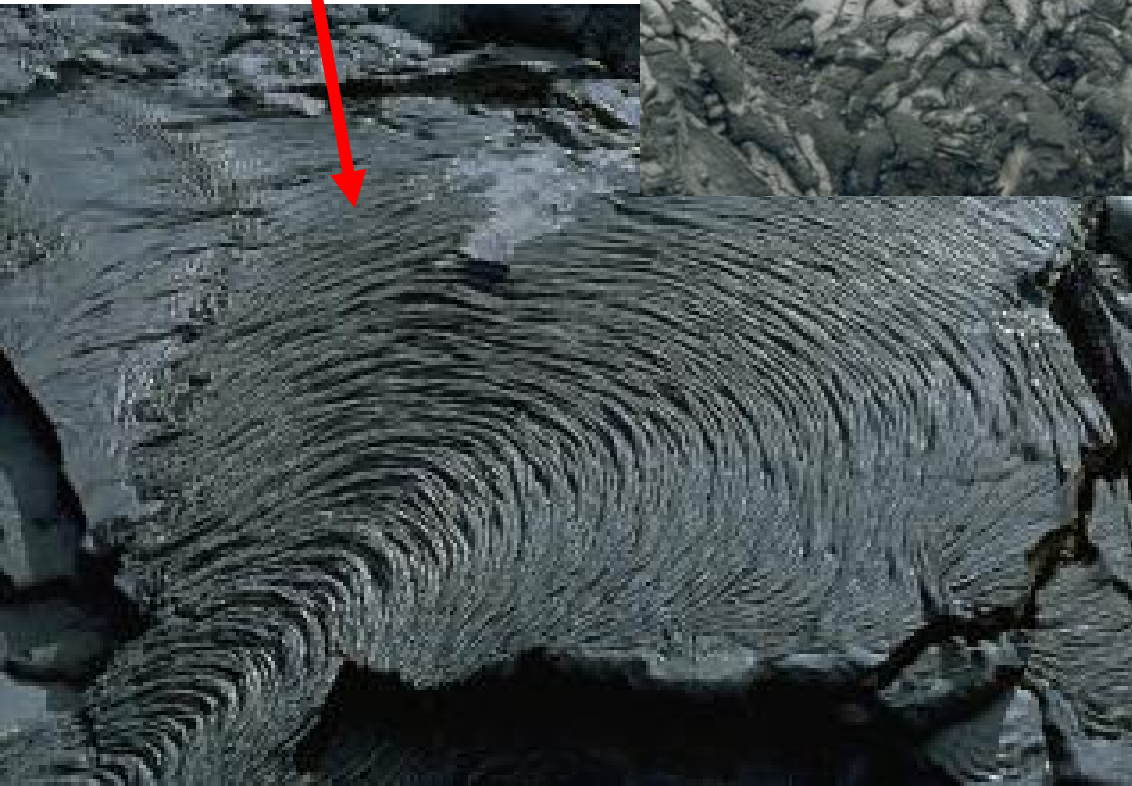
(= Strick-, Fladen- Lava)

→ Schollen-Laven,

düninflüssige basaltische Lava, die in Strängen, Wülste oder Fladen erstarrt, bildet glasige Oberflächen



AA-Lava

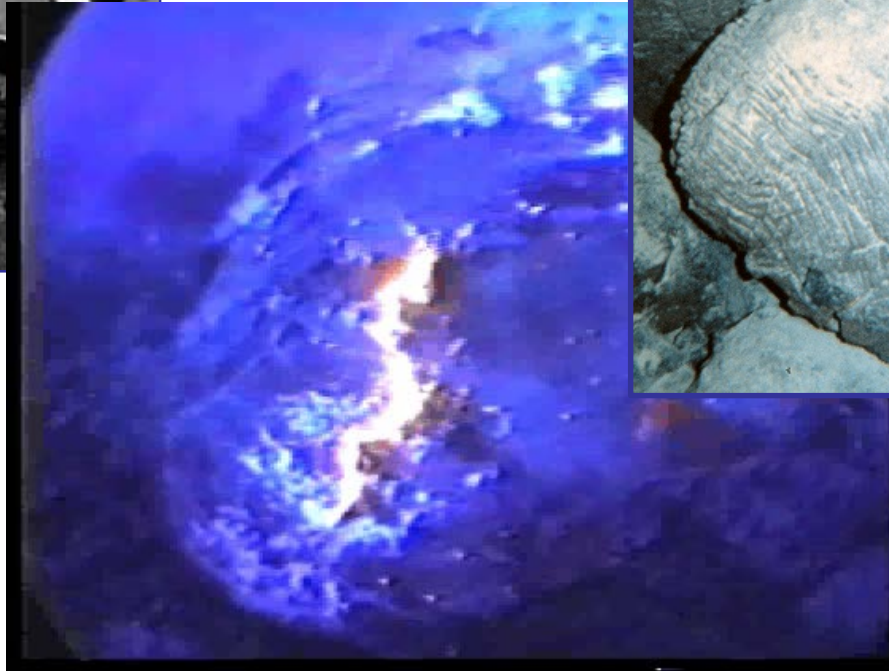
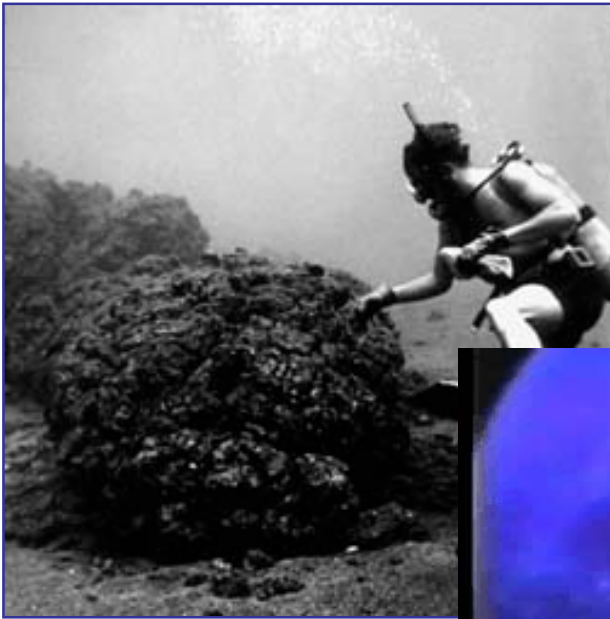


AA-Lava

(= Brockenlava)

zähflüssige basaltische Lava, die zu scharfkantigen Brocken und Klumpen erstarrt, bildet rauhe schlackige Oberflächen

Kissenlava - Pillow lavas



<http://volcanoes.usgs.gov/Products/Pglossary/PillowLava.html>

www.youtube.com/embed/5yDlGXz3CwE?rel=0&hd=1 frameborder="0" allowfullscreen></iframe>

<http://www.youtube.com/watch?v=yY3qpSsQNfo&list=PL00969F440964CEDB&index=18>



In der Nähe von Sohar, Oman

Bonin-Islands



http://www.discussfossils.com/forum/uploads/1038/01_Pillow_lava_sm.jpg
http://wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/d/d6/Pillow_Lava_in_Bonin_Islands.jpg/800px-Pillow_Lava_in_Bonin_Islands.jpg

Flutbasalt

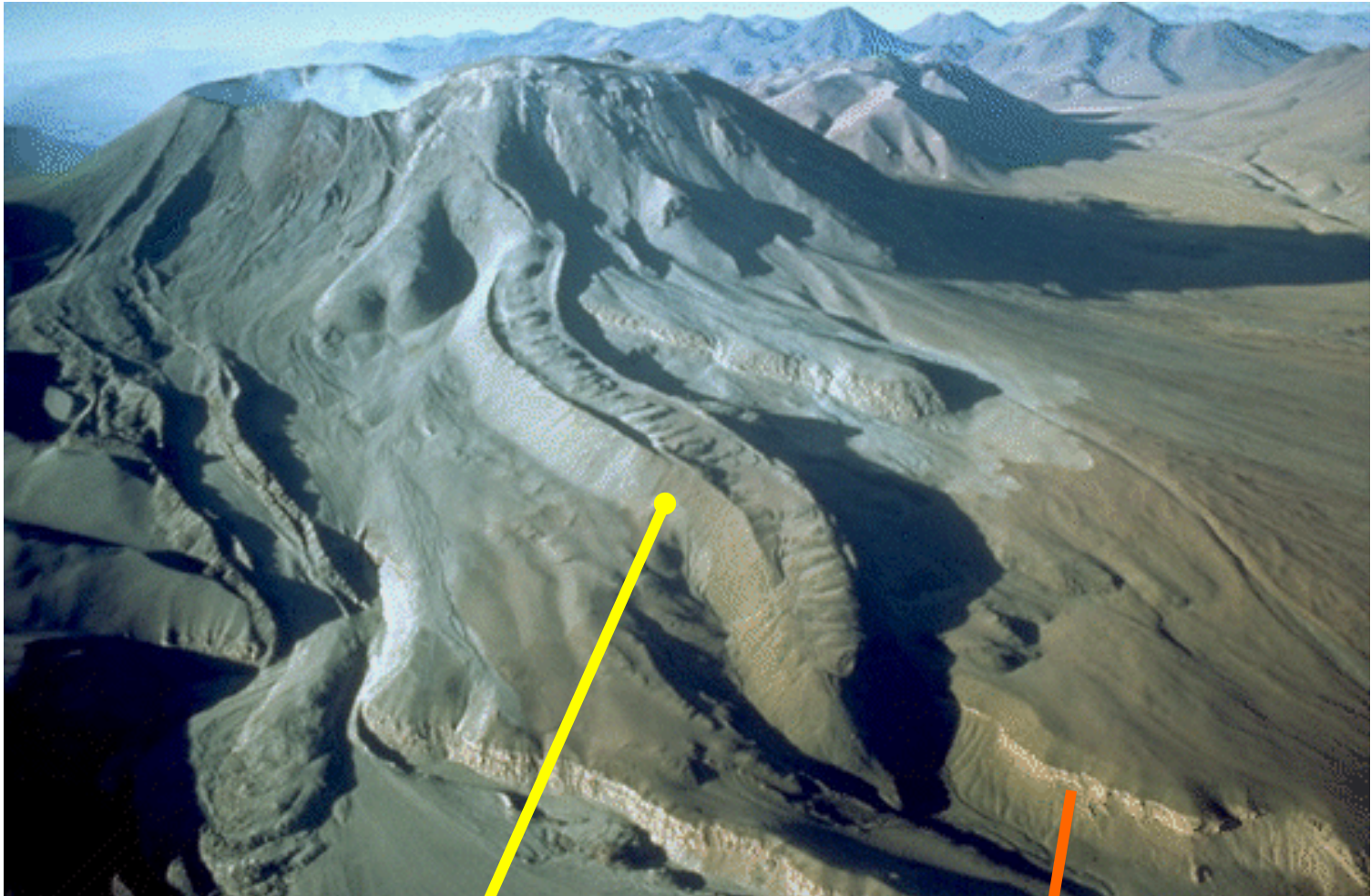


Flutbasaltlagen der Deccan Traps,
Indien, ca. 2km Mächtigkeit

Flutbasalt, Kilt Rock
Isle of Skye



Stratovulkan: Lascar – Zentralanden



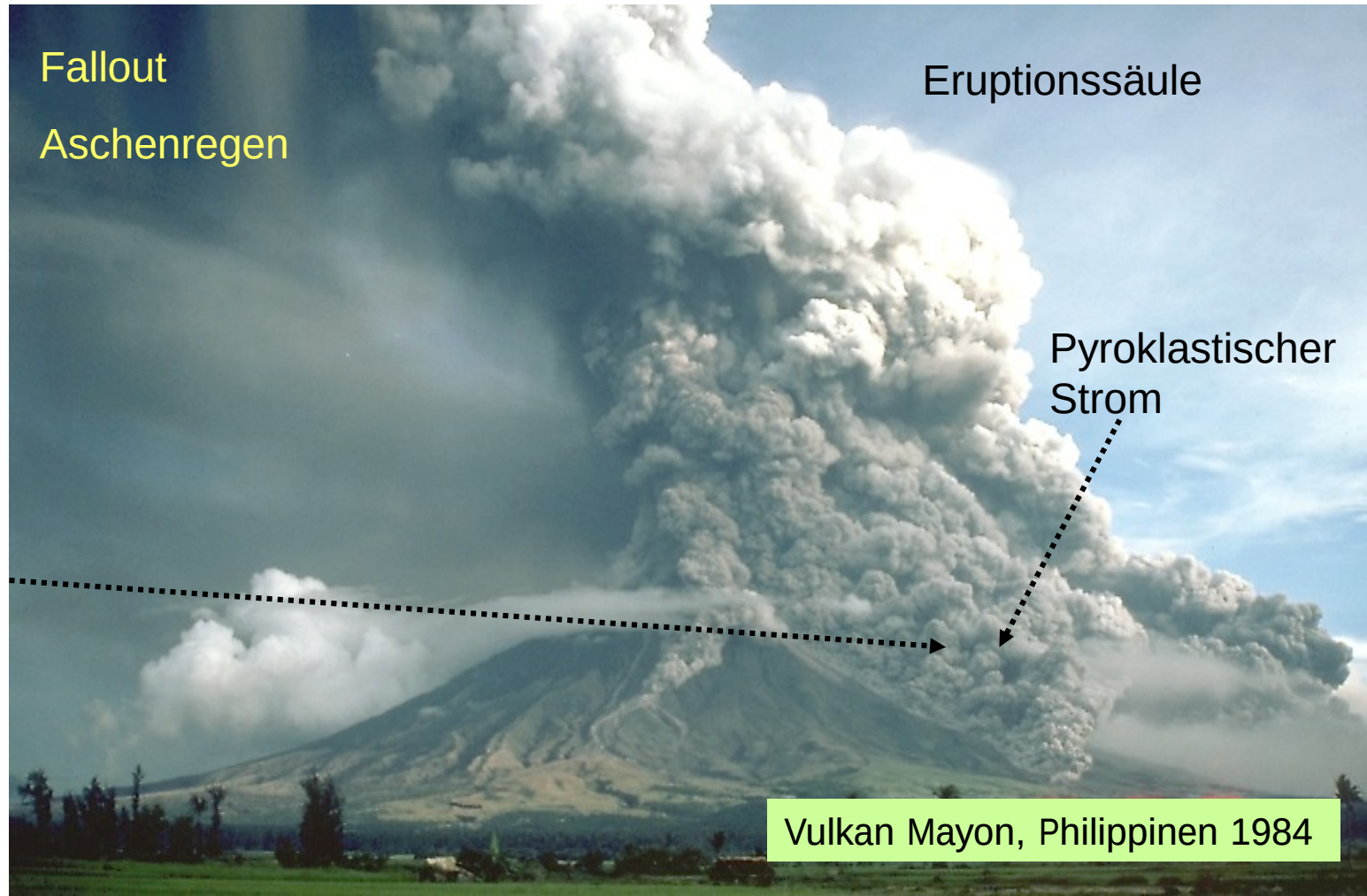
Andesitische Lavaströme
(~ 20 m hoch)

Basis: Pyroklastische Ablagerungen
Glutwolken (Ignimbrit) aus
Andesit und Dacit

Explosiver Vulkanismus ➡ Pyroklastite

„pyroklastisch“ leitet sich ab aus dem Griechischen
„pyros“ (Feuer) und „klasto“ (Brocken).

pyroklastischer Strom → Gas, Glutwolke, Block- und Asche-Strom



Fallout

Aschenregen

Eruptionssäule

Pyroklastischer
Strom

Geschwindigkeit
bis zu 600 km/h
rast lawinenartig
als weißglühende
Wolke zu Tal

Vulkan Mayon, Philippinen 1984



Bei explosiven Vulkanausbrüchen werden verschiedenartige Materialien eruptiert und abgelagert:

- Gas und Tephra (vulkanisches Lockermaterial oder **Pyroklastite**)

La Angostura in Argentinien



Tephra:

Einteilung nach Durchmesser:

- **Asche** < 2 mm
- **Lapilli** 2 - 64 mm
- **Bomben** > 64 mm

Bomben



Lapilli



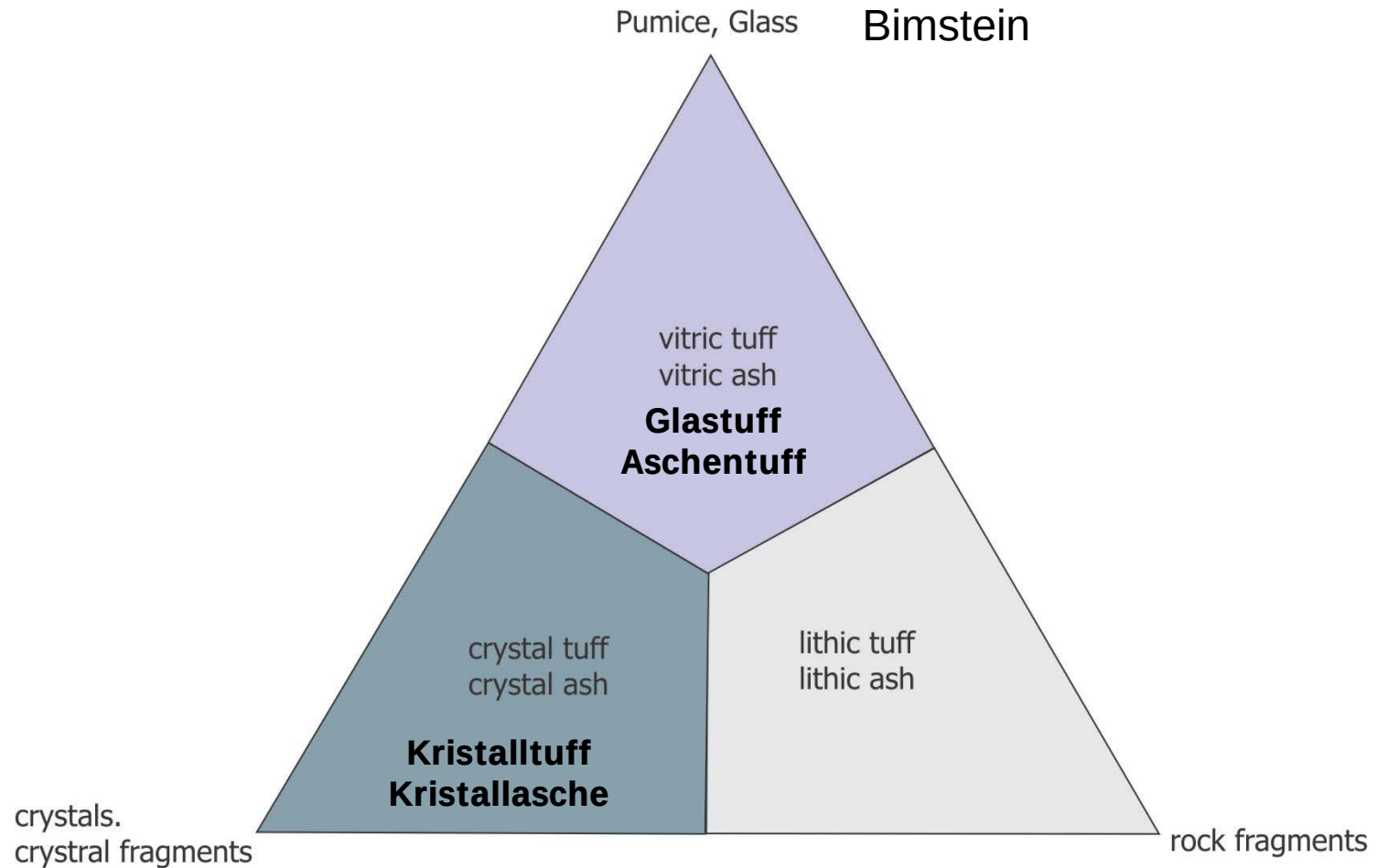
Asche

Klassifikation / Nomenklatur nach Verfestigungsgrad

Größe der Fragmente in mm	Pyroklastite (in der Luft erstarrte Lavapartikel)	PYROKLASTISCHE Ablagerungen	
		Unverfestigte Tephra	Überwiegend verfestigte Tephra
64	Bombe, Block (Festgesteinstrümmern)	Agglomerate Bett aus Block- oder Bombentephra	Agglomerate Pyroklastische Breccie
> 2	Lapillus	Lapilli oder Lapilli Tephra	Lapilli Tuff
> 1/16	Grobes Aschenkorn	Grobasche	Grober Aschentuff
< 1/16	Feines Staubkorn	Feinasche (Staub)	Feiner Tuff (Staubsuff)

Welded Tuff = Schmelztuff
Verschweißte Fragmente

Klassifikation der Pyroklastite: Nomenklatur nach Art der Fragmente



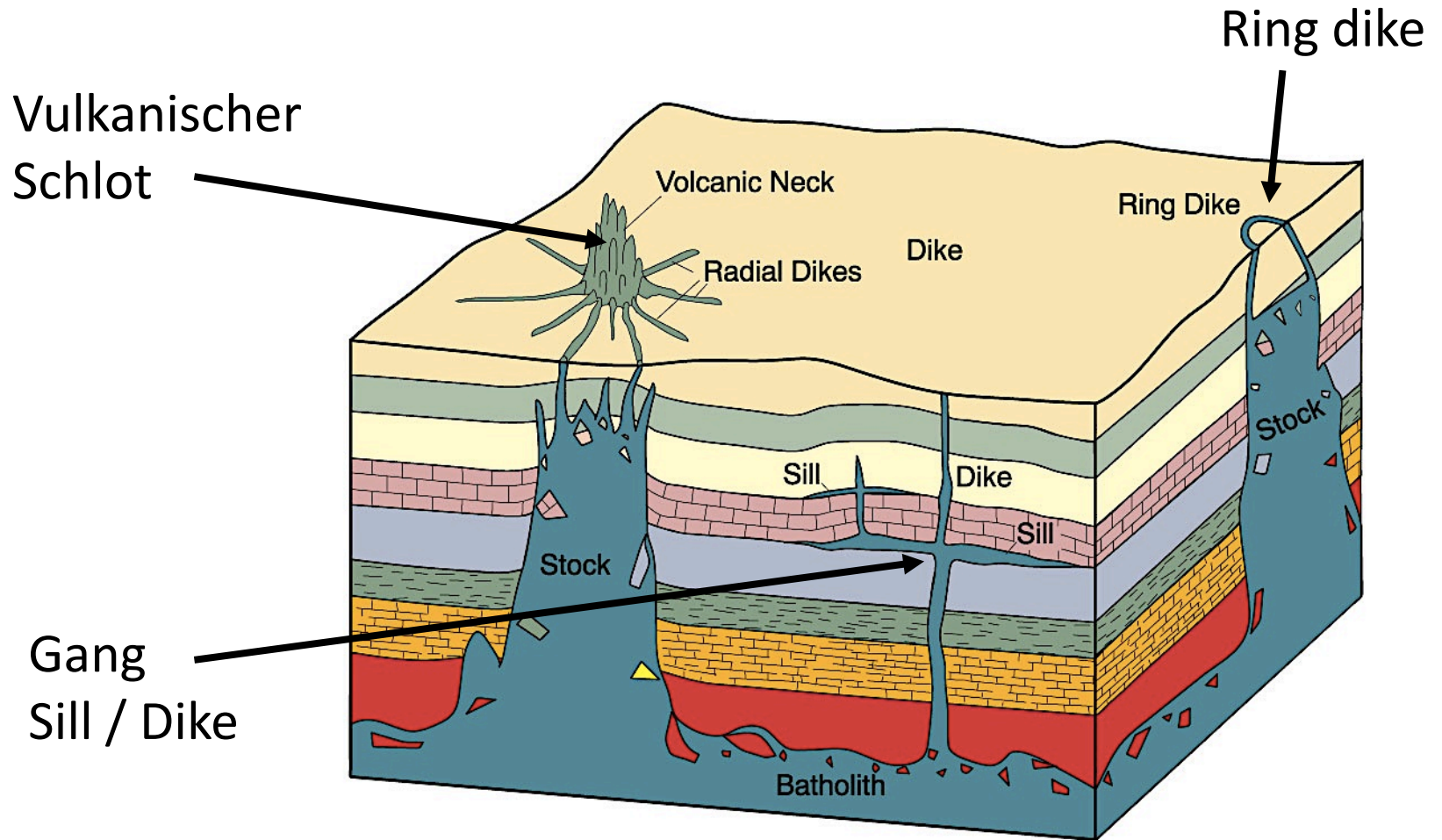
- **Pyroklasten (= Pyroklastite, vulkanisches Lockergestein)**
Asche + Gas + Gesteinsfragmente. Sie entstehen bei vulkanischen Eruptionen oder anderen vulkanischen Prozessen durch Zerreißen oder Zerschlagen (= **Fragmentierung**) von Gestein oder Magma
- **pyroklastische Gesteine**
überwiegend verfestigte pyroklastische Fragmente
- **Tephra** (*griech. Asche*)
Unverfestigte pyroklastische Ablagerungen
- **Tuff** (Aschetuff/Lapillituff)
ein Festgestein aus Tephra mit mehr als 75 % Pyroklasten
- **Bimsstein** (*ahd. pumiz / bumez aus dem lat. pumex*)
ein poröses glasiges Vulkangestein, dessen Dichte aufgrund der zahlreichen Poren, kleiner als die von Wasser ist
- **Ignimbrit**
Nach IUGS-Definition verhärteter Tuff aus verschmolzenen Kristall- und Gesteinsfragmenten in einer glasartigen Matrix.

Unterscheidung der Vulkanite nach Art der Förderung:

(Zusammenfassung)

1. Lava oder Ergussgesteine (effusiv), sowie Ganggesteine
 - feinkörnig bis dicht
 - Mineralbestand mit bloßem Auge oft schlecht oder nicht erkennbar
 - teilweise oder vollständig glasig
 - porphyrisches Gefüge
2. Pyroklastische Gesteine (explosiv)
 - fein- bis sehr grobkörnige unverfestigte Fragmente
 - Gesteins- und Kristallfragmente
 - Tuffit (verfestigte und teilweise verschweißte Fragmente)
 - Ignimbrit (verschweißte Fragmente)

Formen **subvulkanischer** Intrusivkörper



Schematic block diagram of some intrusive bodies.

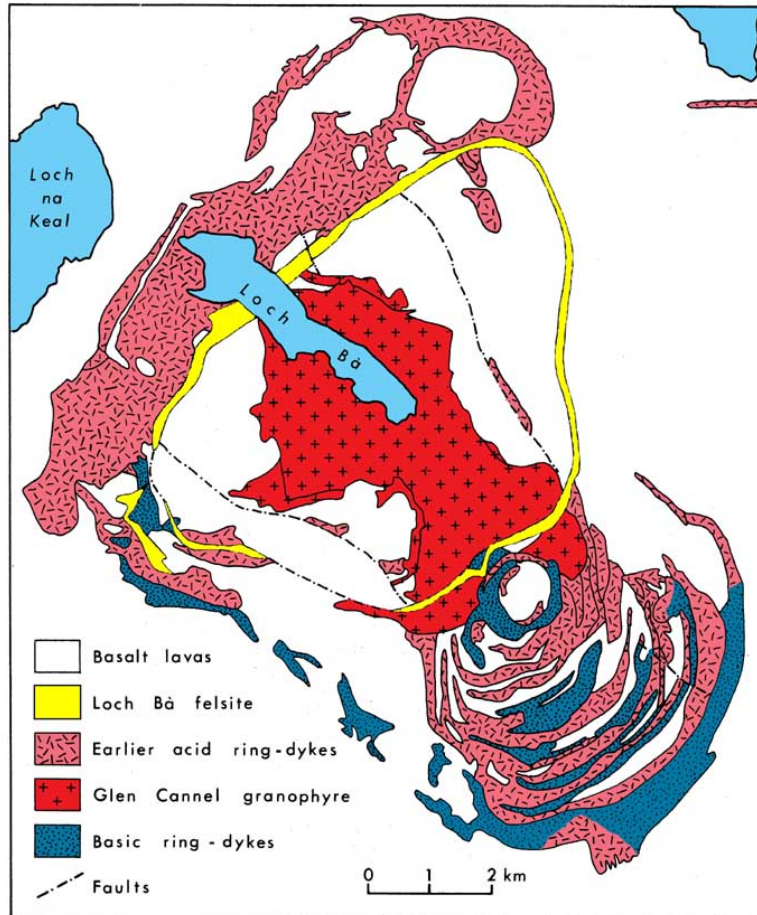
Beispiel eines vulkanischen Schlotes mit Radialgänge

Ship Rock, New Mexico.

nach John Shelton © (1966) *Geology Illustrated*. W. H. Freeman. San Francisco.



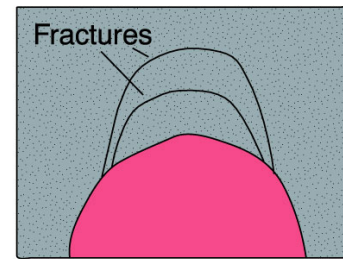
Ring Dikes und Cone Sheet



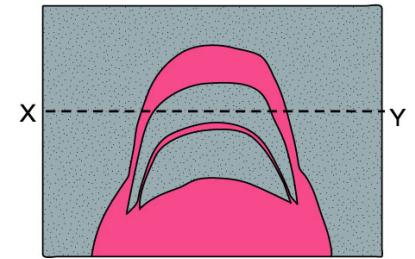
Isle of Mull, Scotland

Ardnamurchan, Scotland

Cross -sections of Ring Dike

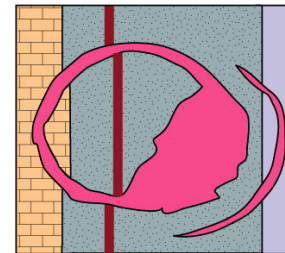


a



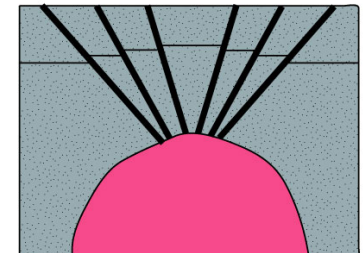
b

Map View of Ring Dike



c

Cone Sheet



d

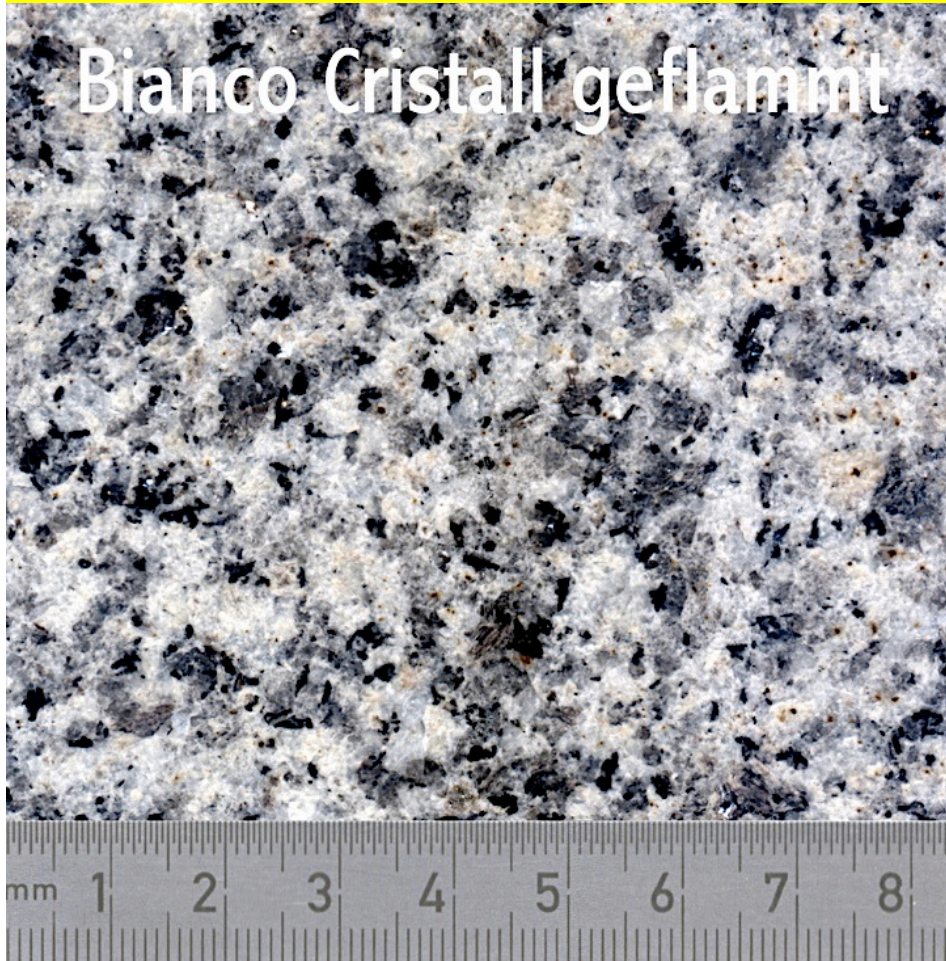


View of the Ardnamurchan volcano, showing the circular form of the magma intrusions, called ring dykes

3 Was sind magmatische Gesteine?

- Magmatite an der Erdoberfläche: **Vulkanite**
- Magmatite in der Tiefe: **Plutonite**
- Schmelzbildung – Transport – Kristallisation

Adamello Granit



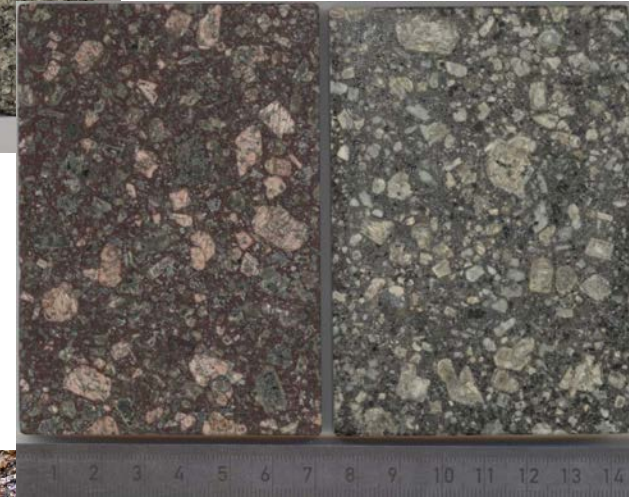
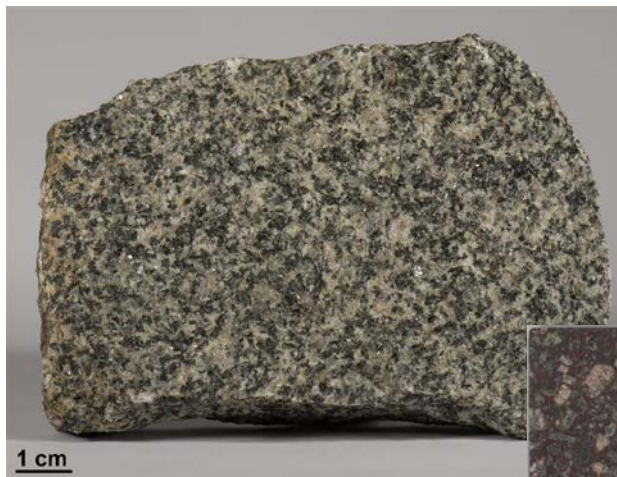
Pedra Azul Granit



Plutone sind im Aufschlussmaßstab
überwiegend massig und homogen

Gefüge

- Gleichkörnig
- Porphyrisch
- Serialgefüge
- Richtungslos
- Eingeregelt – Fließrichtung (Fluidalgefüge)



Plutonite

- meist in den Kernregionen von Orogenen
- wesentlicher Bestandteil tief abgetragener alter Gebirgssockel
- Bestandteil proterozoischer sowie archaischer Kratone

Vulkanite



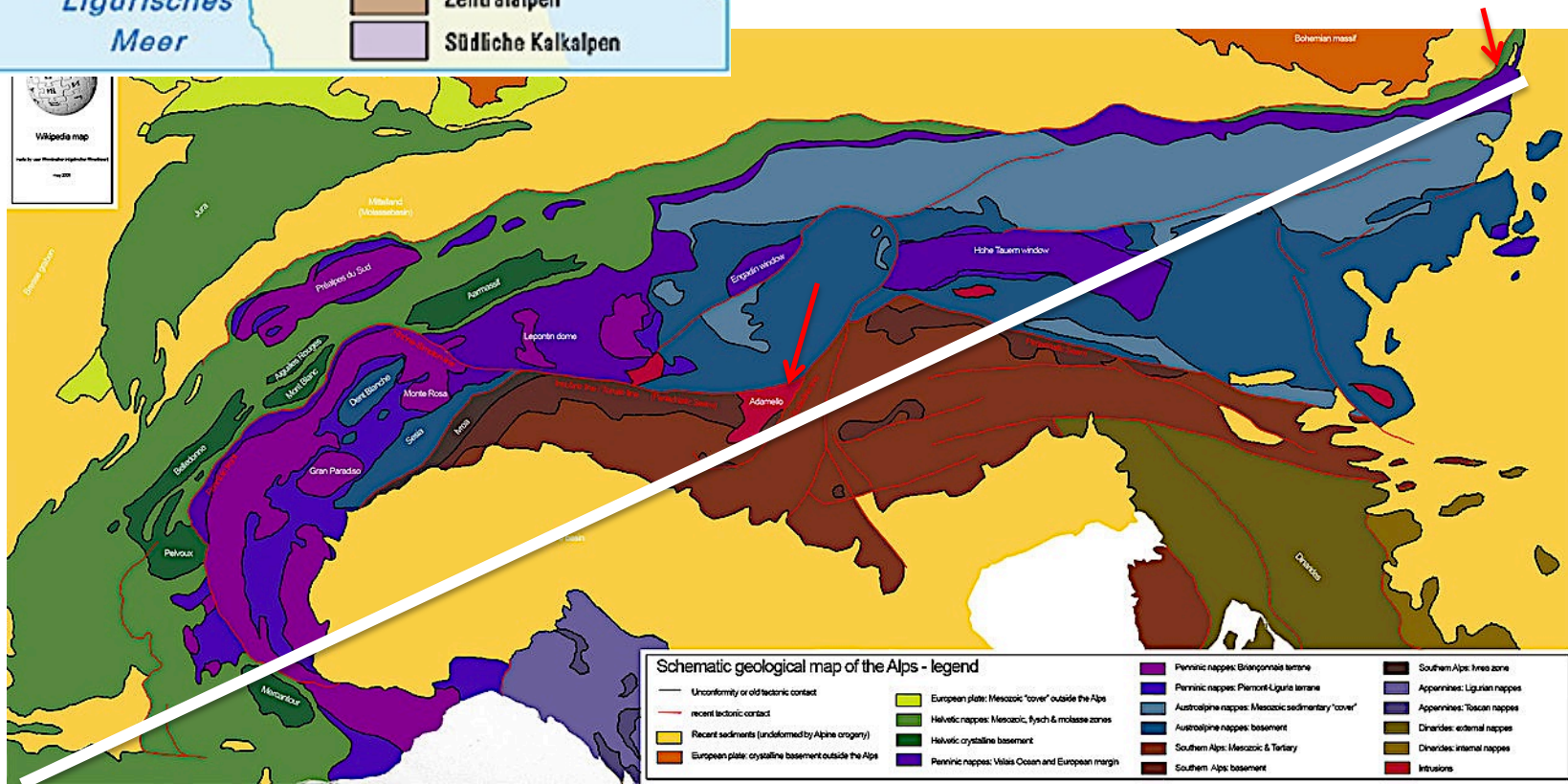
prinzipiell möglich, die Entstehung der vulkanischen Gesteine direkt zu beobachten

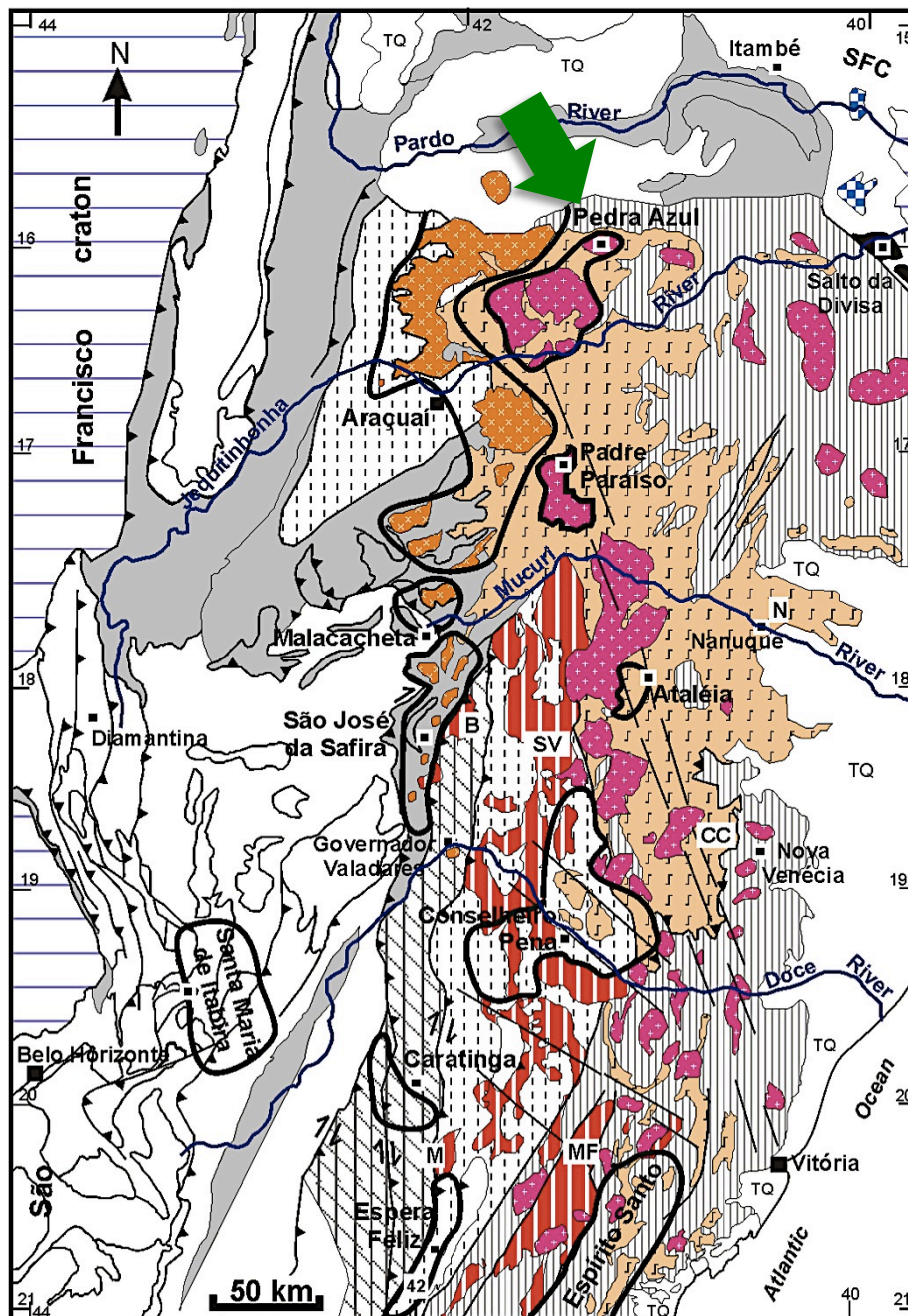
Plutonite



Ihre Entstehung kann nicht direkt beobachtet werden.

Sie sind erst nach Abtragung der überlagernden Gesteine zugänglich





TQ Cenozoic cover

ARAÇUAÍ OROGEN

— Pegmatite districts

Cambrian

G5 supersuite
(520-480 Ma)

G4 supersuite
(530-500 Ma)

Neoproterozoic

G2 (585-560 Ma) and G3
(545-525 Ma) supersuites

Orogenic basins and
older successions

Arc-forearc-basement
assemblage

G1 supersuite
(630-585 Ma)

Paragneiss complexes

Rift, passive margin and
oceanic successions

Rift-related granites
(c. 875 Ma)

SÃO FRANCISCO CRATON

Neoproterozoic cover

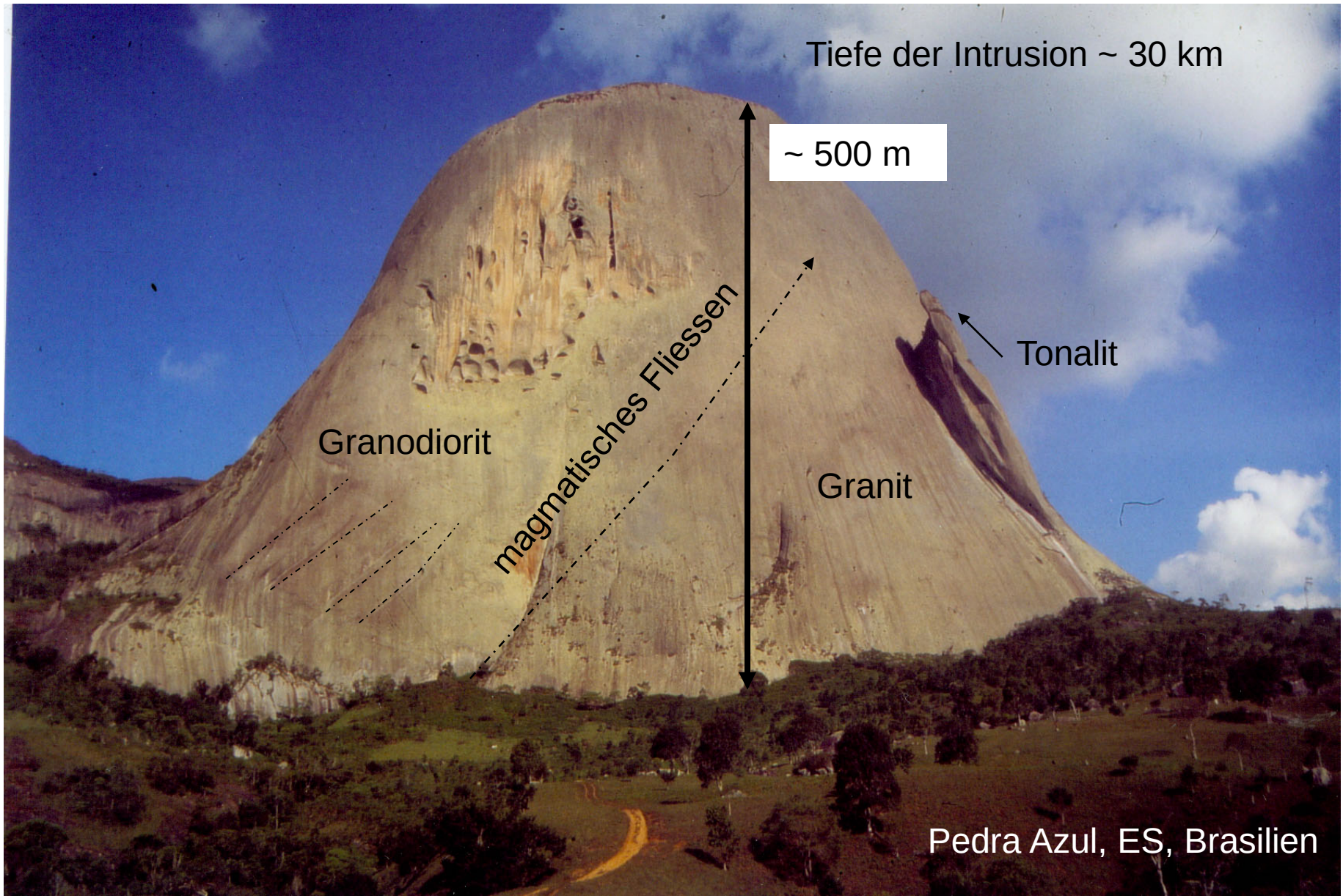
Alkaline intrusions
(730-690 Ma)

PRE-NEOPROTEROZOIC

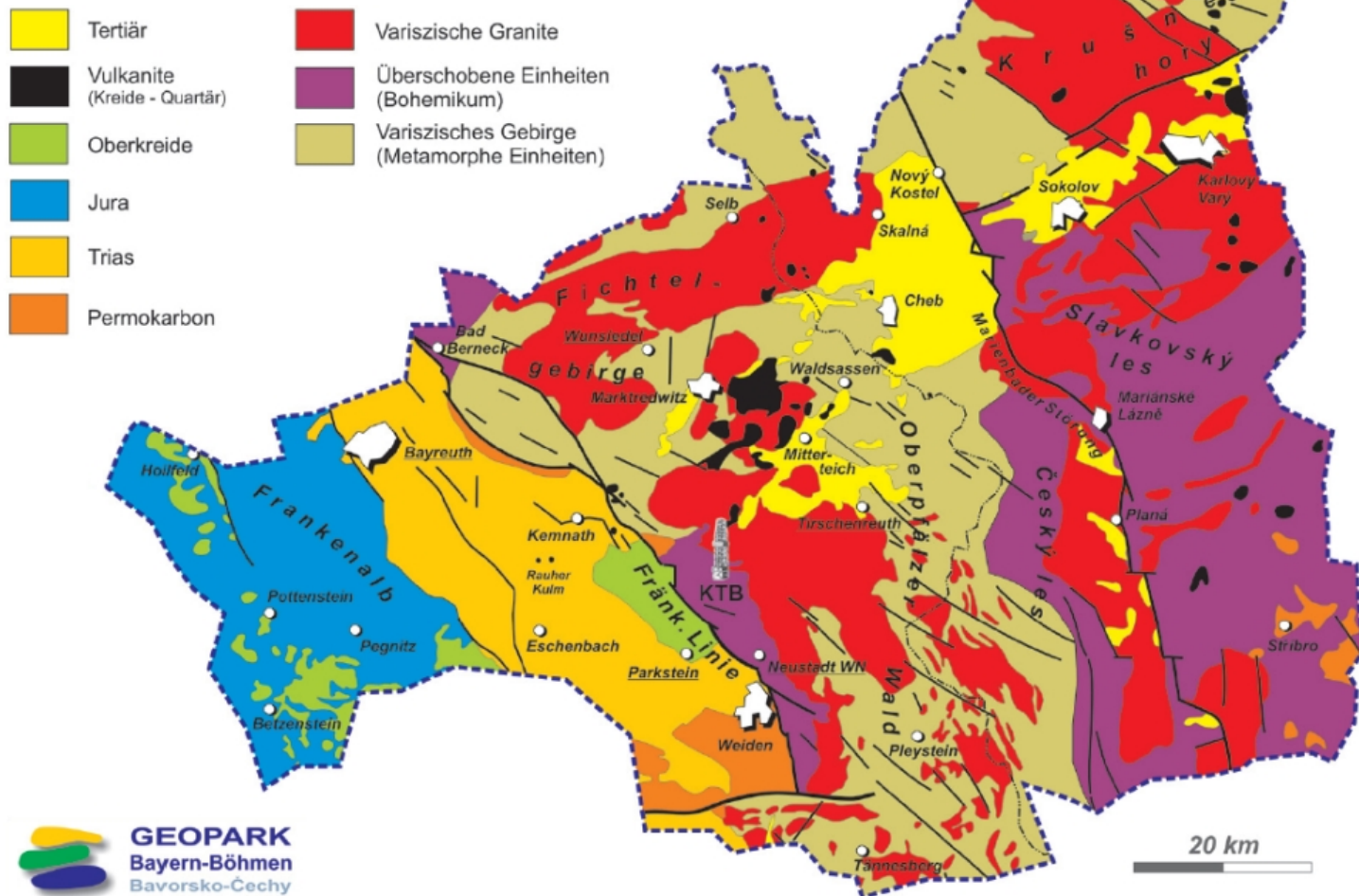
Basement and
supracrustal units

~ 1000 km

Plutone und Batholithe



Geologische Karte GEOPARK Bayern-Böhmen



Formen **plutonischer** Intrusivkörper

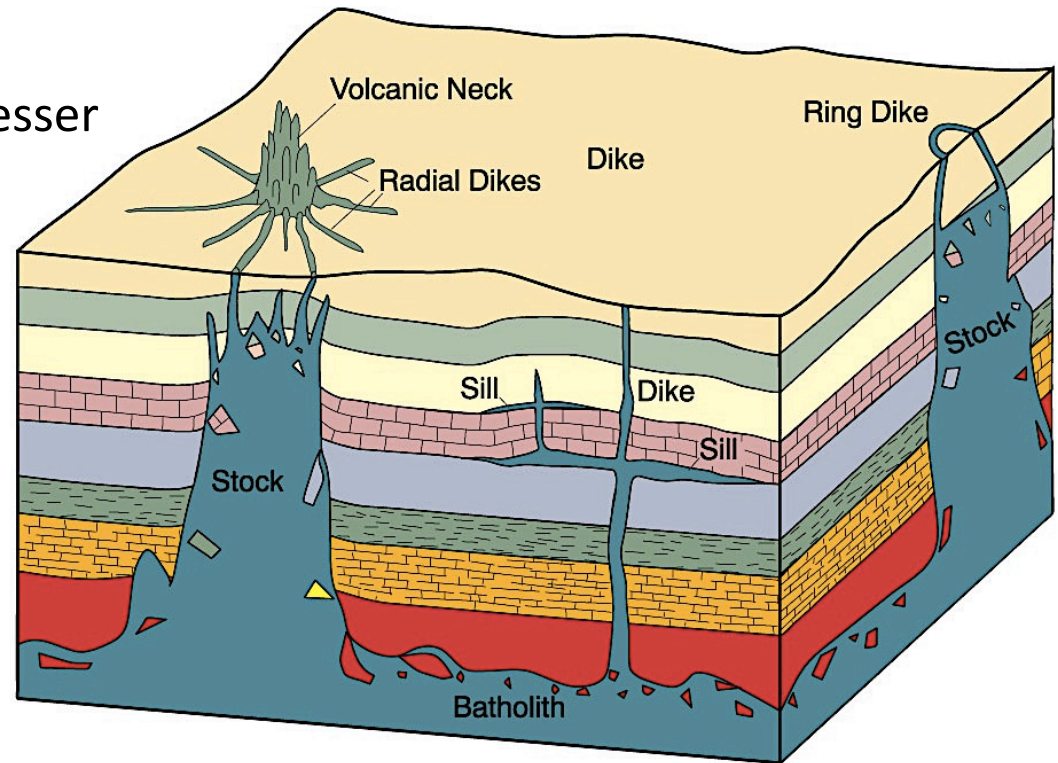
Plutone

Stock < 100 km² Durchmesser

Batholith > tausende km²

Lopolith – Lakkolith

Ringintrusion
(ring dike)



Schematic block diagram of some intrusive bodies.

3 Was sind magmatische Gesteine?

- Magmatite an der Erdoberfläche: **Vulkanite**
- Magmatite in der Tiefe: **Plutonite**
- **Schmelzbildung – Transport – Kristallisation**

Schmelzbildung – Transport - Kristallisation



Eine auf die Erdoberfläche ausgetretenes
Magma wird als **Lava** bezeichnet



Probenentnahme aus einer Lavatube in Hawaii

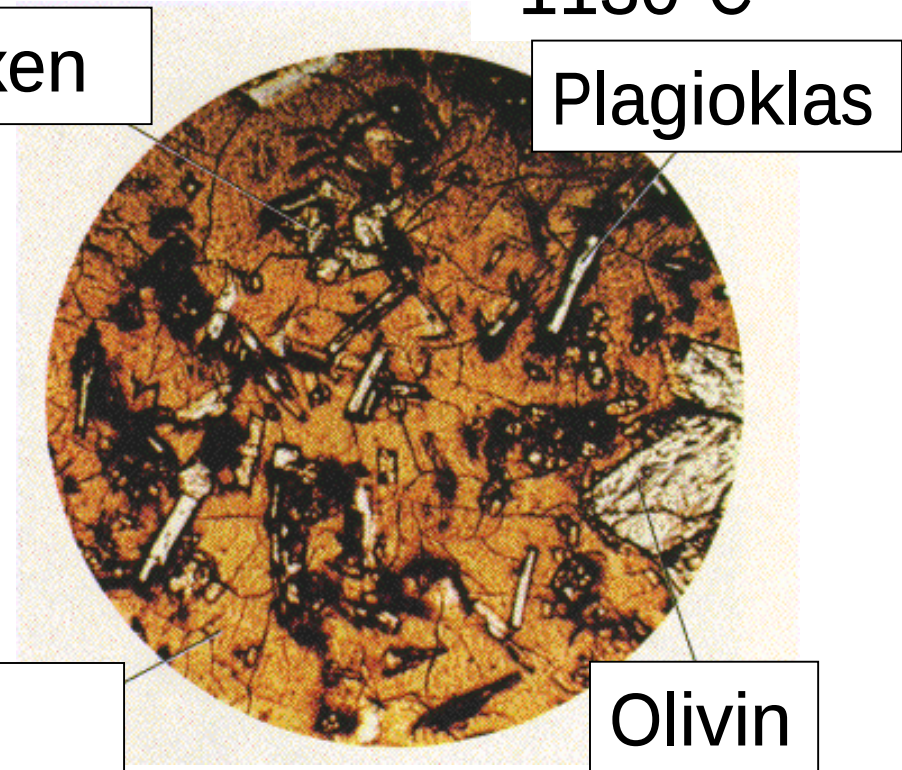
Erstarrte Magmaproben aus einem Lavasee in Hawaii (Dünnschliffe)



1170°C



1130°C



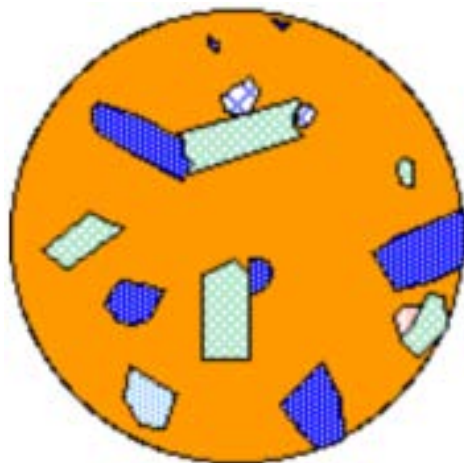
nach Wright and Okamura, (1977) *USGS Prof. Paper*, 1004.

Porphyrische Textur bedeutet bimodale Korngrößenverteilung
(große Kristalle in einer deutlich feinerkörnigen Grundmasse)

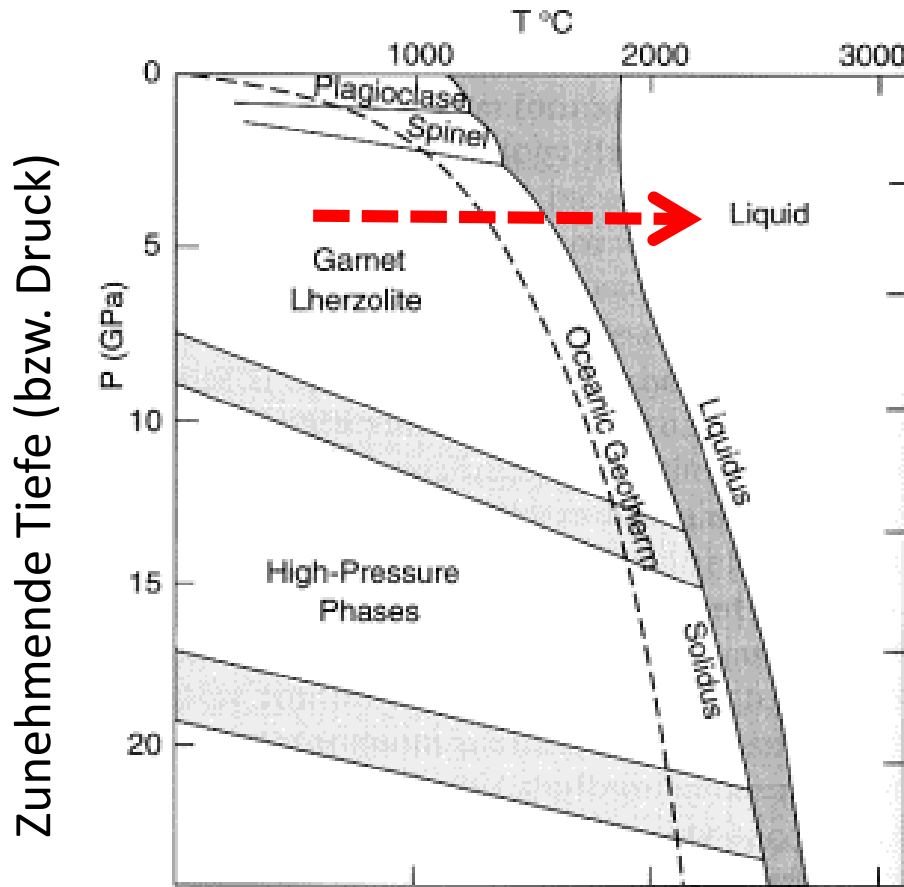
Die bereits in der Magmakammer begonnene Kristallisation wurde unterbrochen.

Die schnelle Abkühlung oder Abschreckung an oder nahe der Erdoberfläche nach der Eruption des Magmas bedingt eine rasche Kristallisation der Schmelze zu einer viel feinkörnigeren Grundmasse bzw. die Erstarrung zu Glas.

typisch
porphyrisches
Gefüge



Wie entstehen silikatische Schmelzen (=Magma)?



- **Durch Temperaturerhöhung**
- Durch Druckentlastung
- Durch Erhöhung des Anteils an Fluiden

Durch Temperaturerhöhung und ...



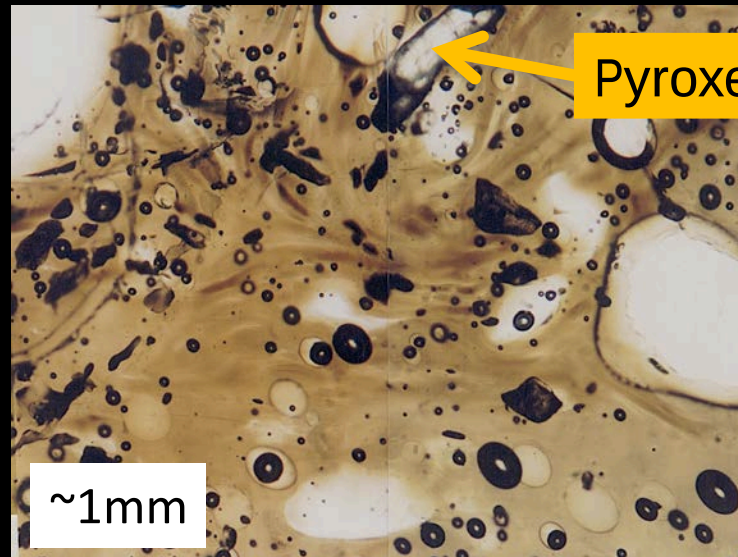
...Temperatursenkung



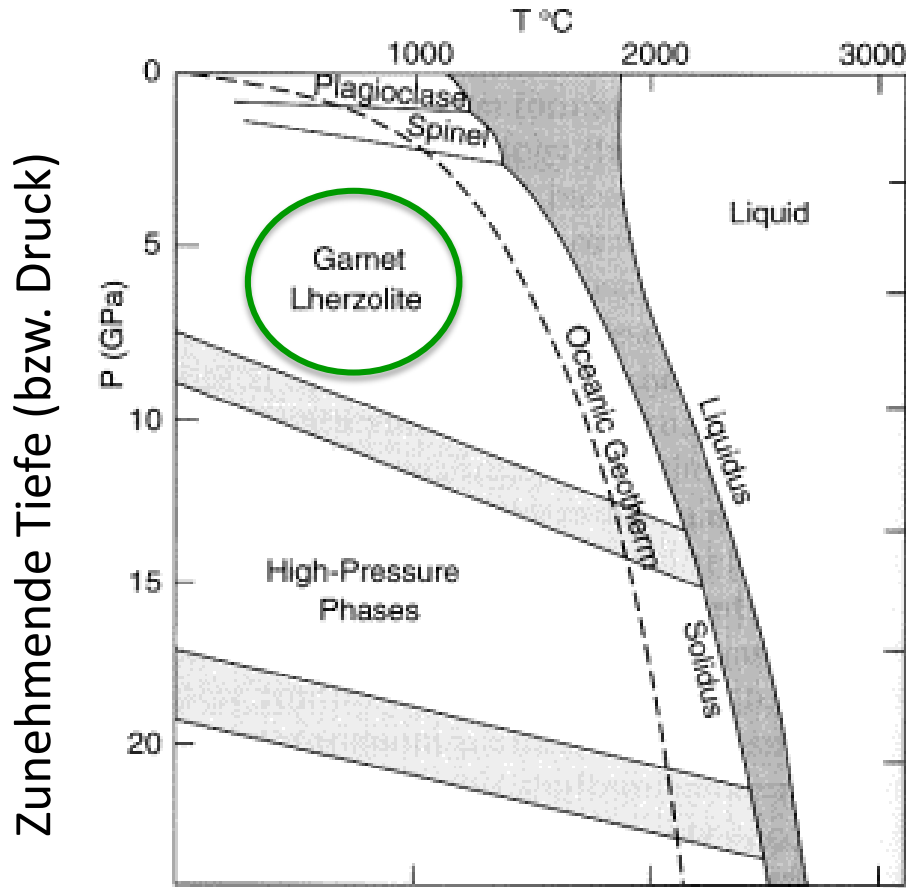
Durch Temperaturerhöhung und Senken der Temperatur - im Experiment -



Durch Temperaturerhöhung und Senken der Temperatur - im Experiment -

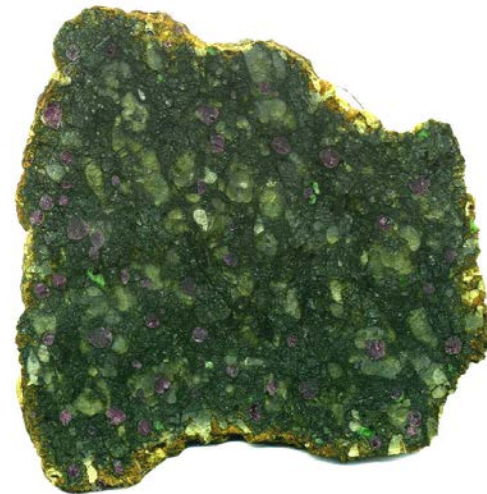


Wie entstehen silikatische Schmelzen (=Magma)?



Granat - Lherzolith

- **Olivin** (grüngelblich)
- **Orthopyroxen**
- **Klinopyroxen** (dunkelgrün)
- **Granat** (rot)



Teilschmelzen = partielle Aufschmelzung

Restit (Harzburgit)

- Olivin
- Orthopyroxen
- Spinell

80 Vol.-% des Ausgangsgesteins



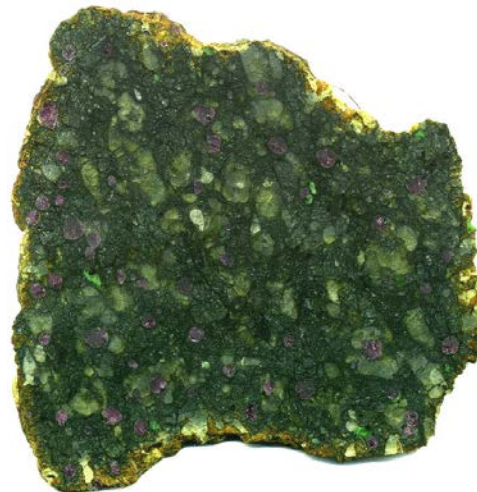
Basaltische Schmelze

ca. 10 - 20 Vol.-% des Ausgangsgesteins

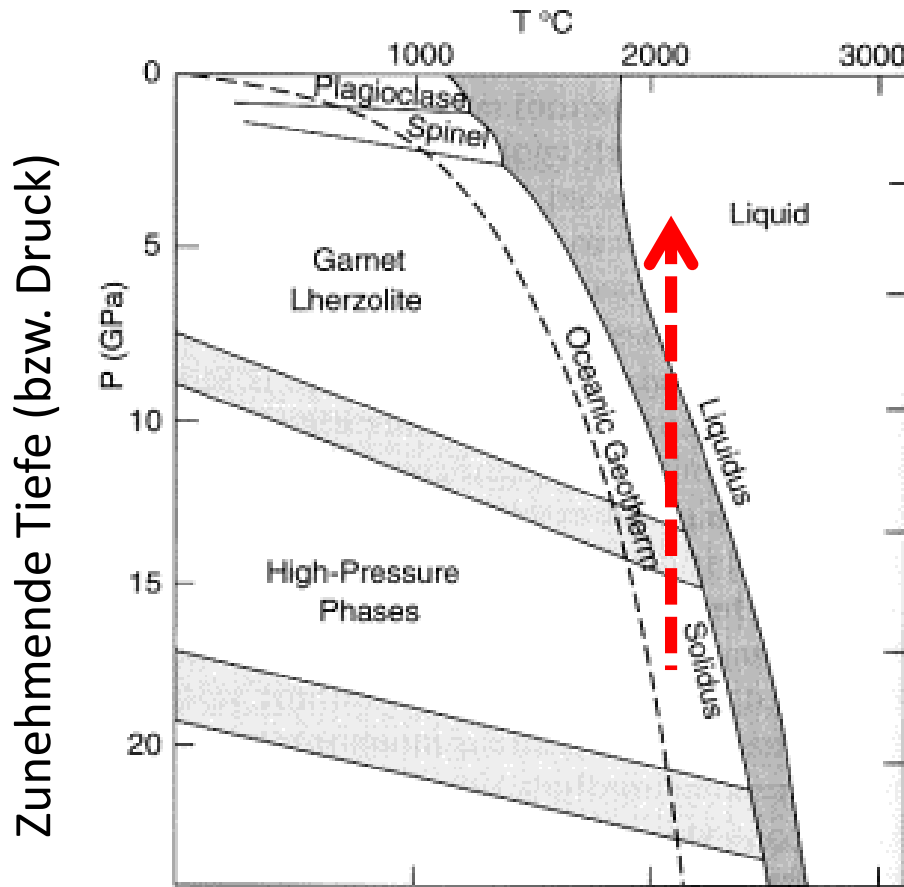


Granat - Lherzolith

- Olivin (grüngelblich)
- Orthopyroxen
- Klinopyroxen (dunkelgrün)
- Granat (rot)



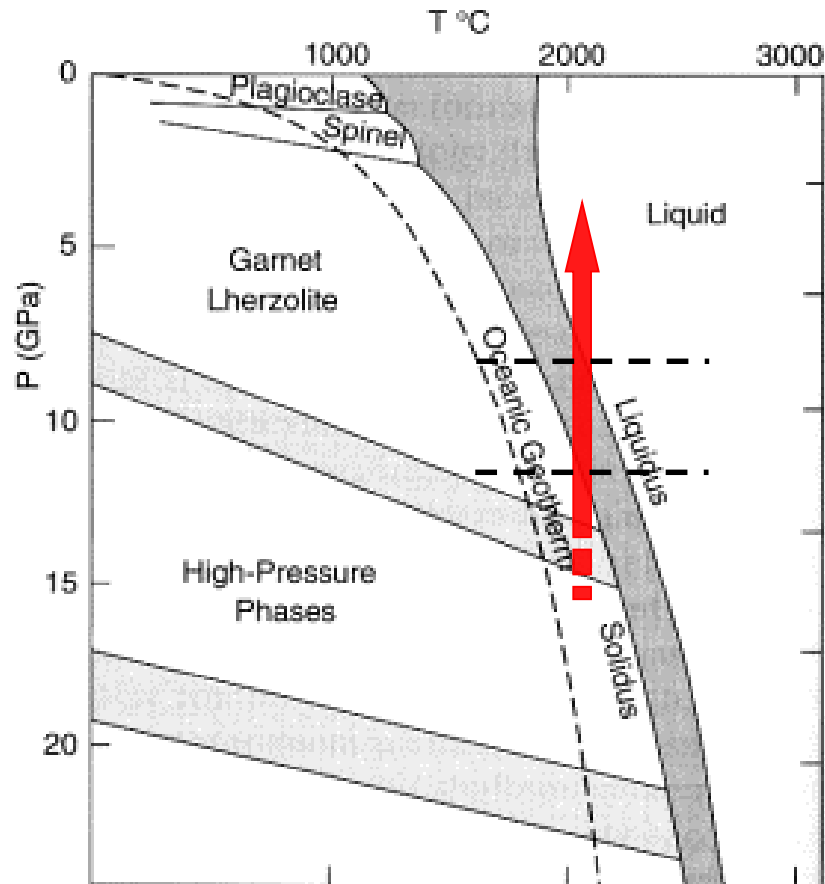
Wie entstehen silikatische Schmelzen (=Magma)?



- Durch Temperaturerhöhung
- **Durch Druckentlastung**
- Durch Erhöhung des Anteils an Fluiden

Durch Druckentlastung (Dekompression)

Zunehmende Tiefe (bzw. Druck)



Schmelze
melt / liquid

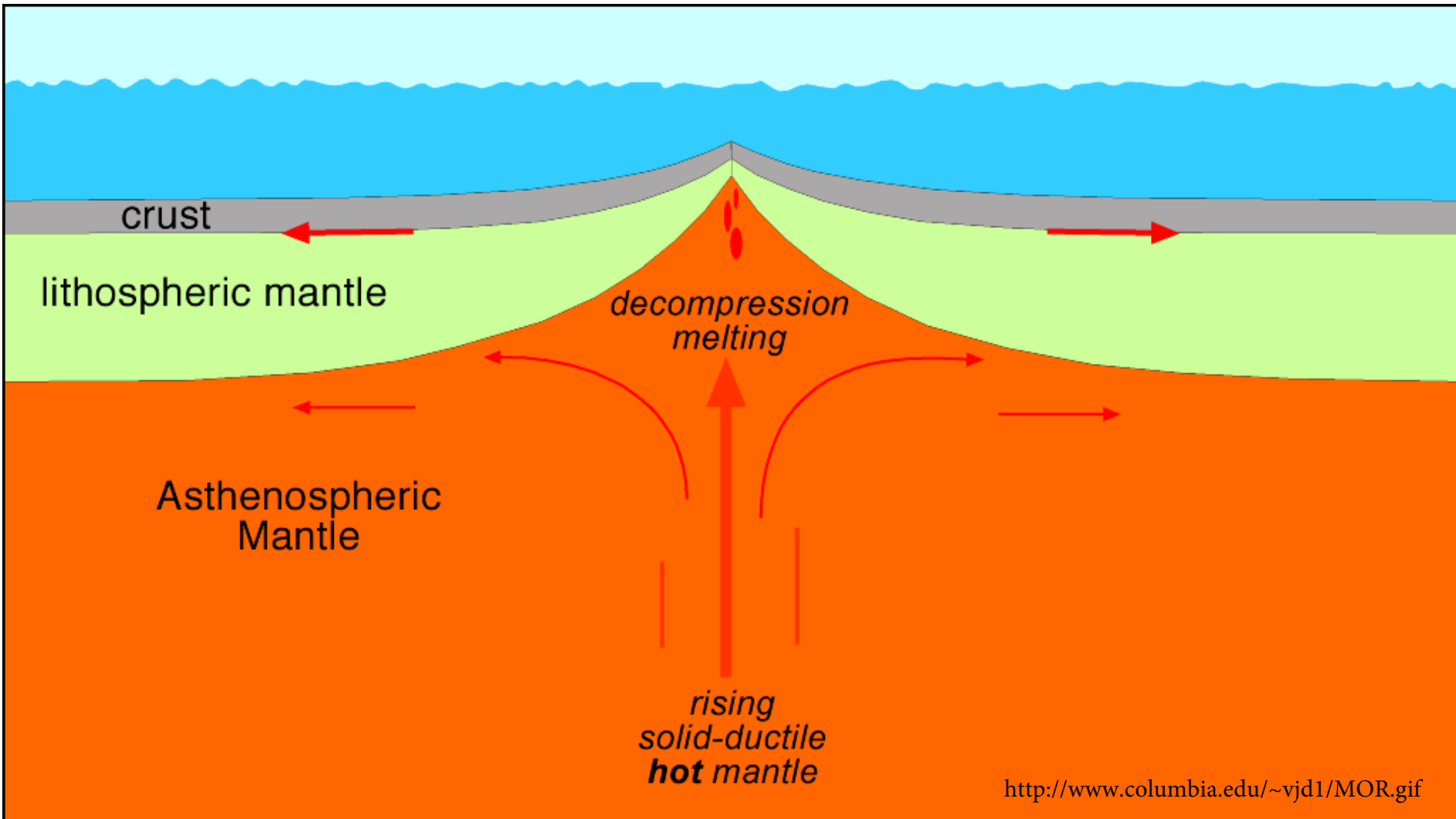


Restit
Feststoff / solid

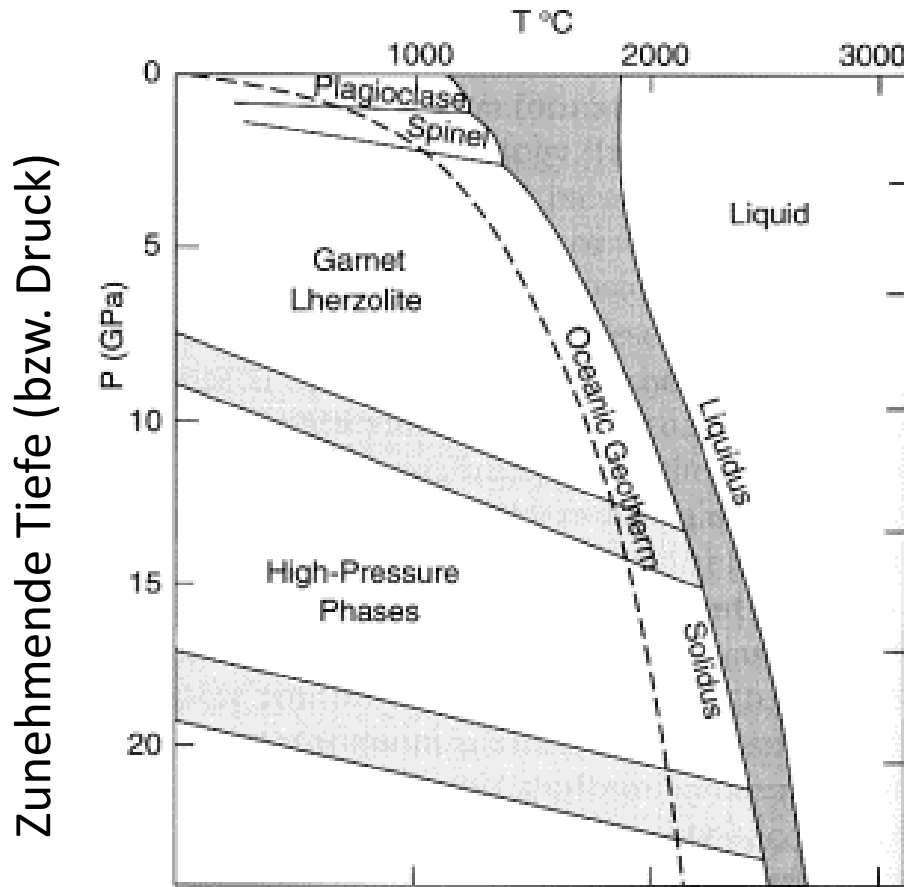


Durch Druckentlastung (Dekompression)

Aktivität entlang des mittelozeanischen Rücken



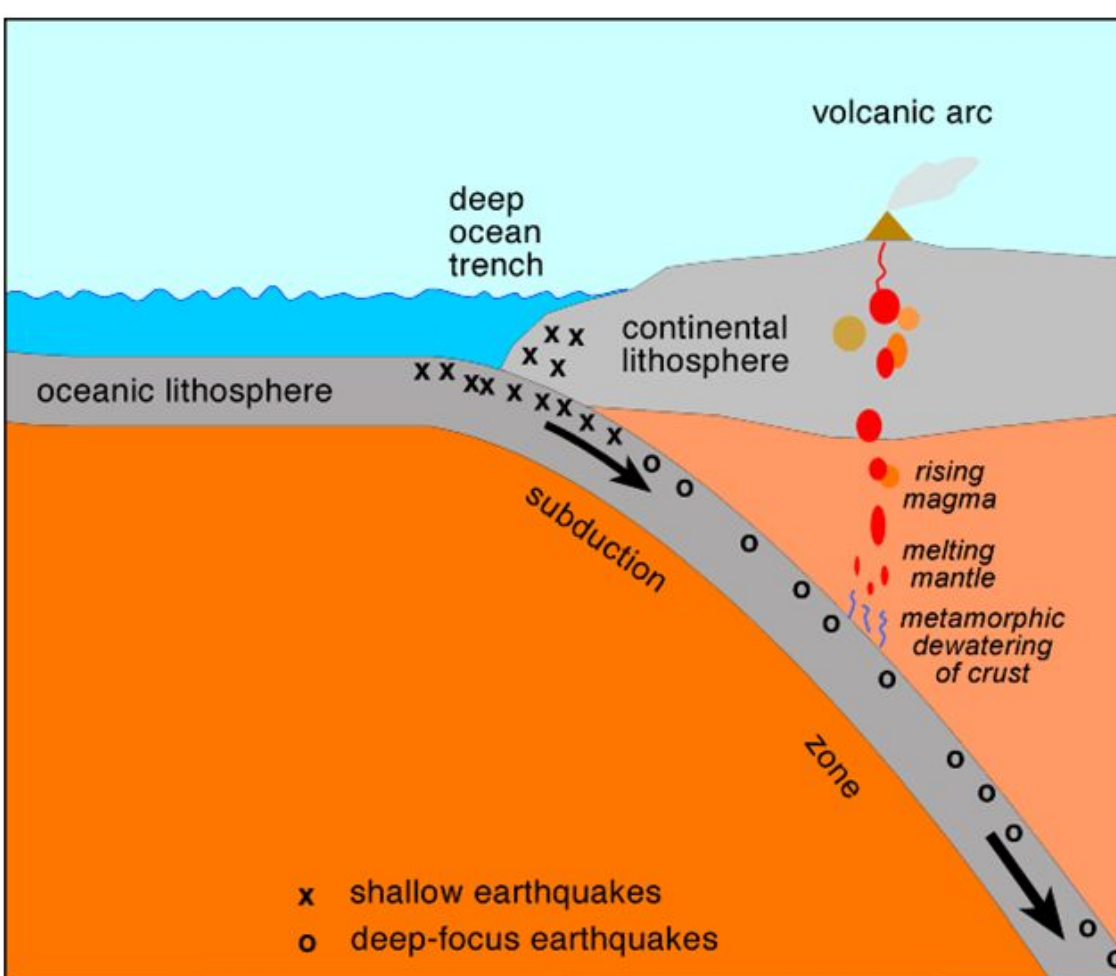
Wie entstehen silikatische Schmelzen (=Magma)?



- Durch Temperaturerhöhung
- Durch Druckentlastung
- **Durch Erhöhung des Anteils an Fluiden**

Wie entstehen silikatische Schmelzen (=Magma)?

- Erhöhung des Anteils an Fluiden -> Schmelztemperatur der Gesteine sinkt



- Kalte ozeanische Sedimente werden aufgeheizt
- Fluide wird freigesetzt
- Bildung von Teilschmelze
- Magma steigt auf und differenziert
- Bildung des Vulkanbogens

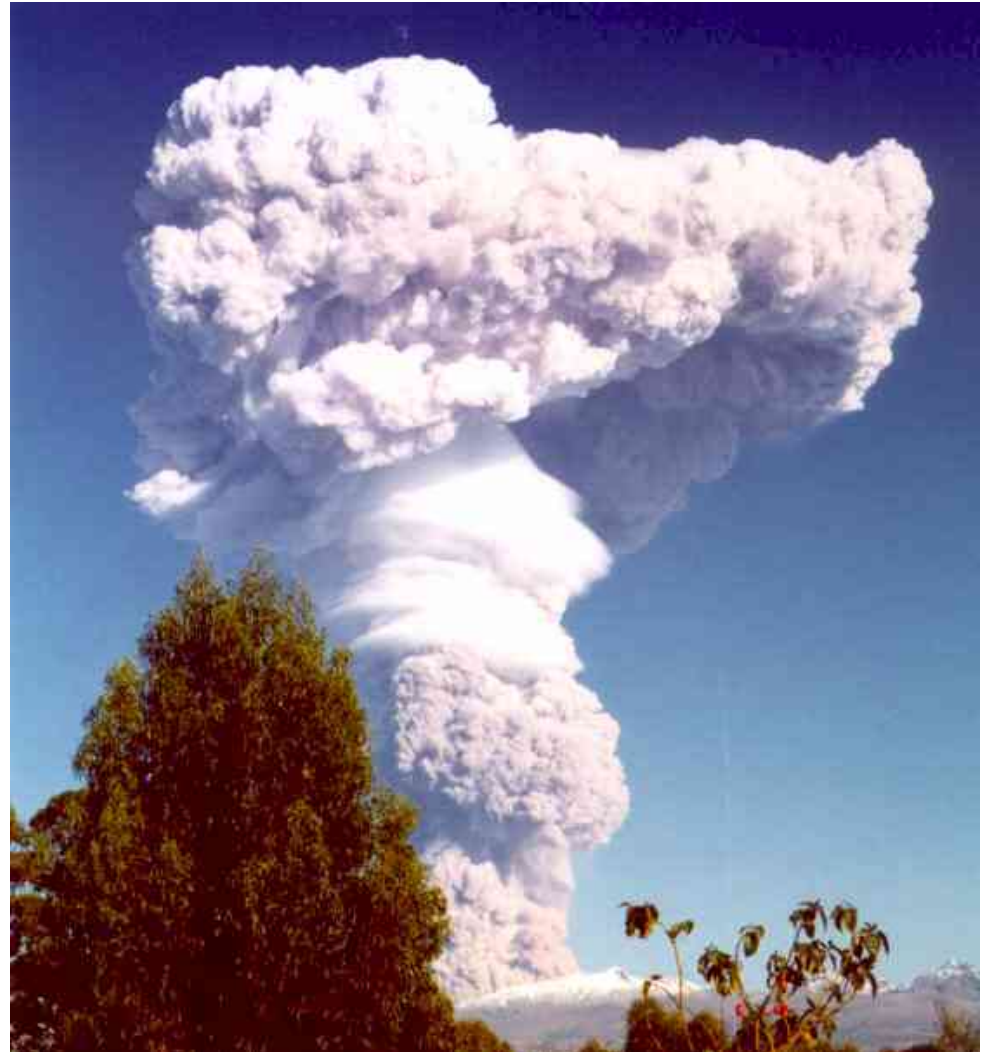
Das vulkanische Dilemma

Ausfließen (effusives Verhalten)



Kilauea, Hawaii (1984) Photograph by J.D. Griggs

Explodieren (Explosives Verhalten)



Pichincha - Guagua Volcano in Ecuador



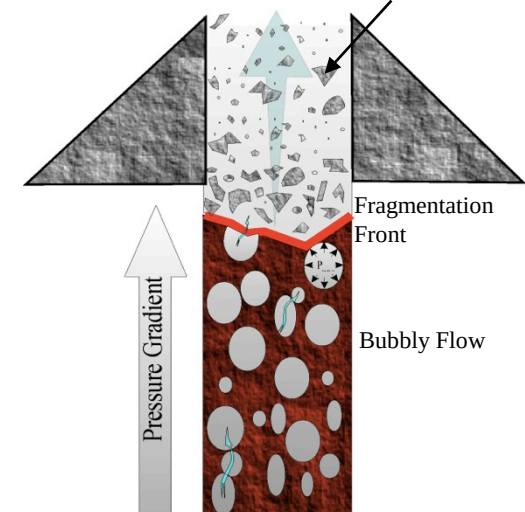
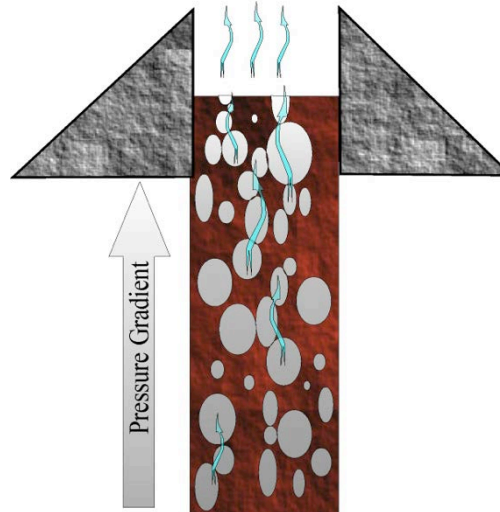
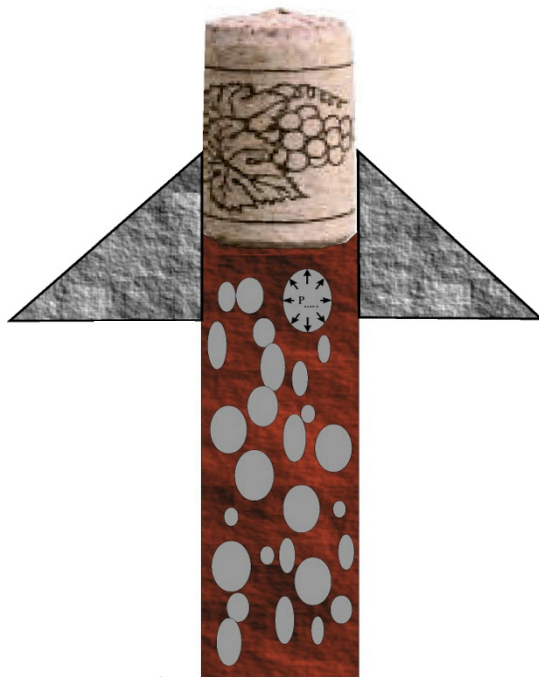
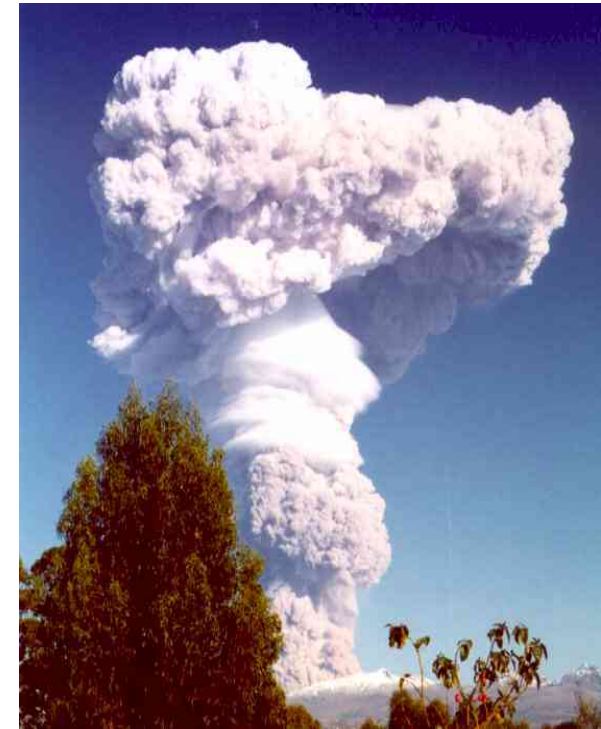
© U.Küppers



<http://www.colourbox.de/preview/1260838-18633-.jpg>

<http://img.welt.de/img/wissenschaft/crop102003038/0172099557-ci3x2s-w260/sektorkorken-DW-Wissenschaft-.jpg>

Das Prinzip der Sektflasche



Wie können verschiedene
Magmenzusammensetzungen entstehen?

- **Fraktionierung durch Kristallbildung**

Karl Heinrich Ferdinand **Rosenbusch**

* 1836 in Einbeck † 1914 in Heidelberg

Prof. für Petrographie und Mineralogie

(Univ. Straßburg und Heidelberg)



Norman L. **Bowen**

Amerikanischer Geologe und Geophysiker

1887-1956

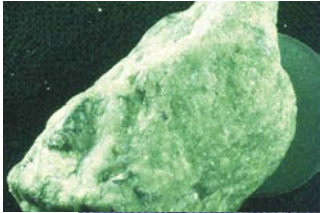
Prof. (MIT, Yale, Carnegie Inst. Washington)



Die Ausscheidungsfolge der Minerale in Magmagesteinen wurde von K.H.F. Rosenbusch (1875) erkannt und von N.L. Bowen (1922) experimentell nachgewiesen.

Die häufigsten Minerale in Magmatiten

Fe- und Mg-haltig → dunkel



Olivin



Pyroxen

Amphibol



Biotit



Muskovit



ohne Fe und Mg → hell



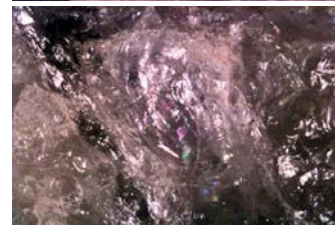
Ca-Plagioklas



Na-Plagioklas



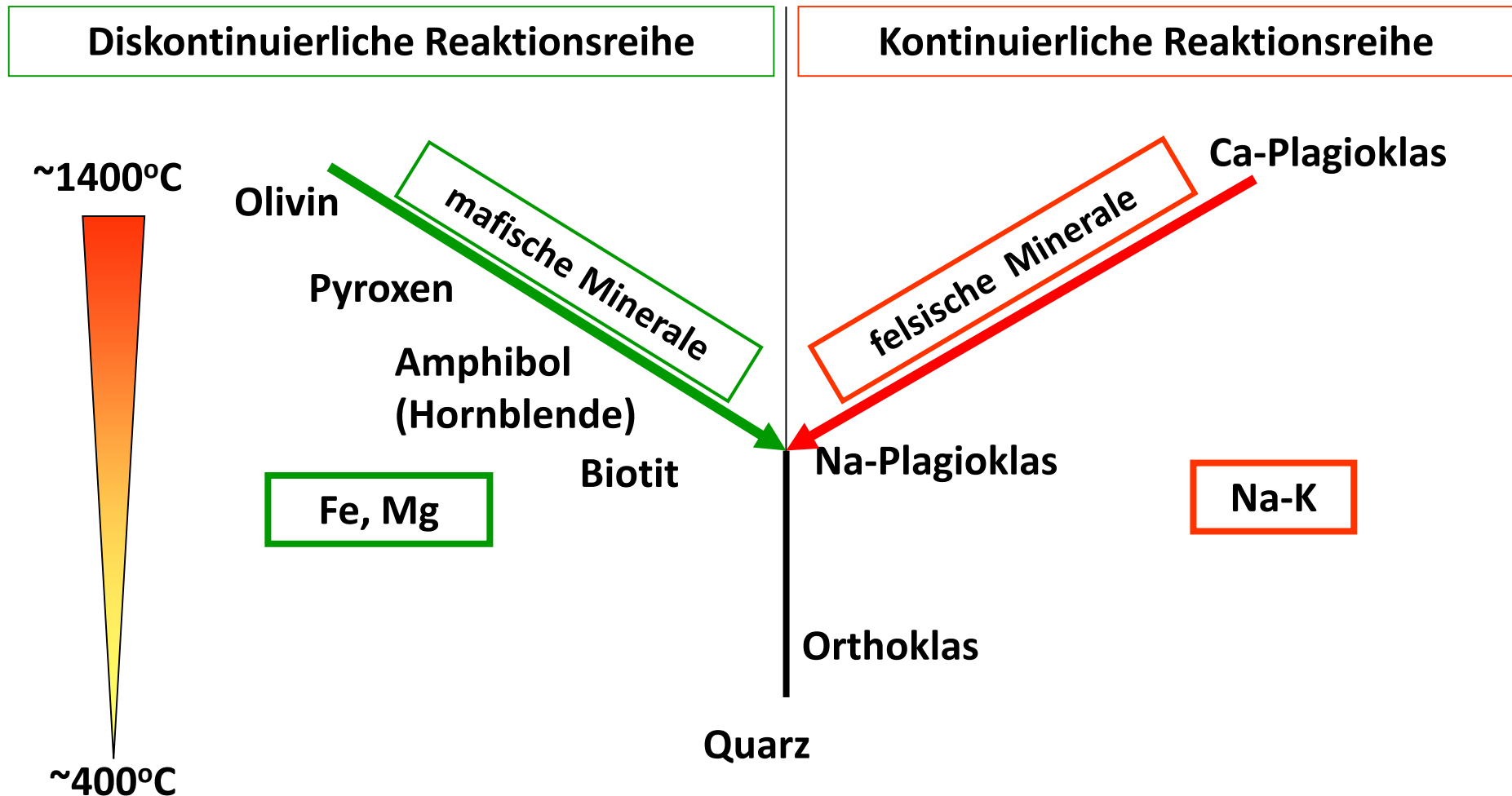
Orthoklas



Quarz

Bowen'sches Reaktionsprinzip

The Evolution of Igneous Rocks, 1928



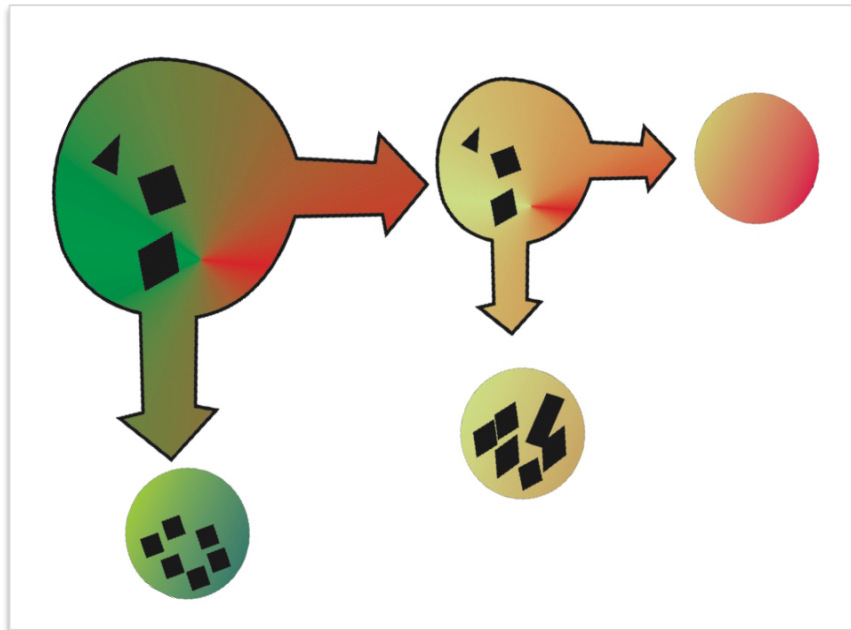
Kristallisation

- **Gleichgewichtskristallisation**

ausgeschiedenen Kristalle bleiben im Gleichgewicht mit der Schmelze
→ Gestein entspricht der Ausgangszusammensetzung

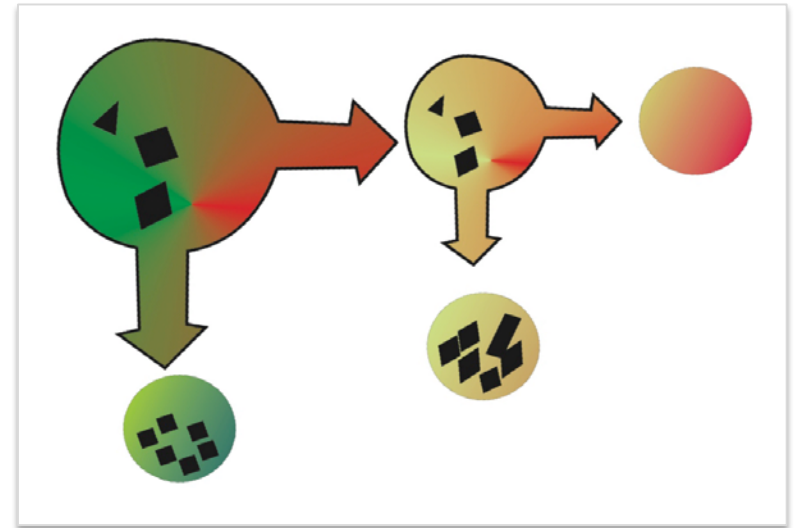
- **Fraktionierte Kristallisation**

ausgeschiedene Kristalle werden von der Schmelze getrennt
→ Änderung der Zusammensetzung der Restschmelze



Fraktionierte Kristallisation

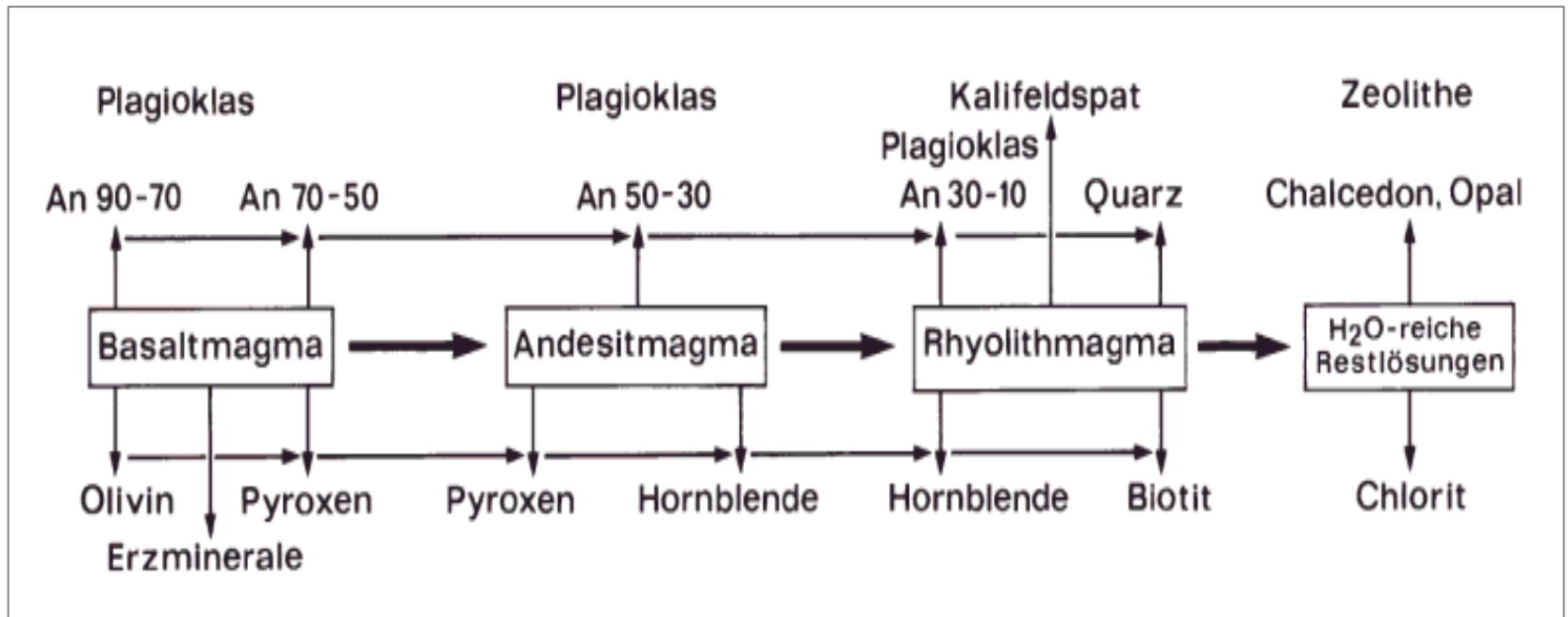
Die Erstkristallite werden **gravitativ** aus einem Magma entfernt, d.h. die schwereren Erstkristallite (-> höhere Dichte) sinken auf den Boden der Magmakammer



Bei weiterer Kristallisation und Entfernung der Kristallite wird die chemische Zusammensetzung des Restmagmas geändert, weil die bereits kristallisierten Mineralphasen durch Absinken von der Restschmelze getrennt werden.

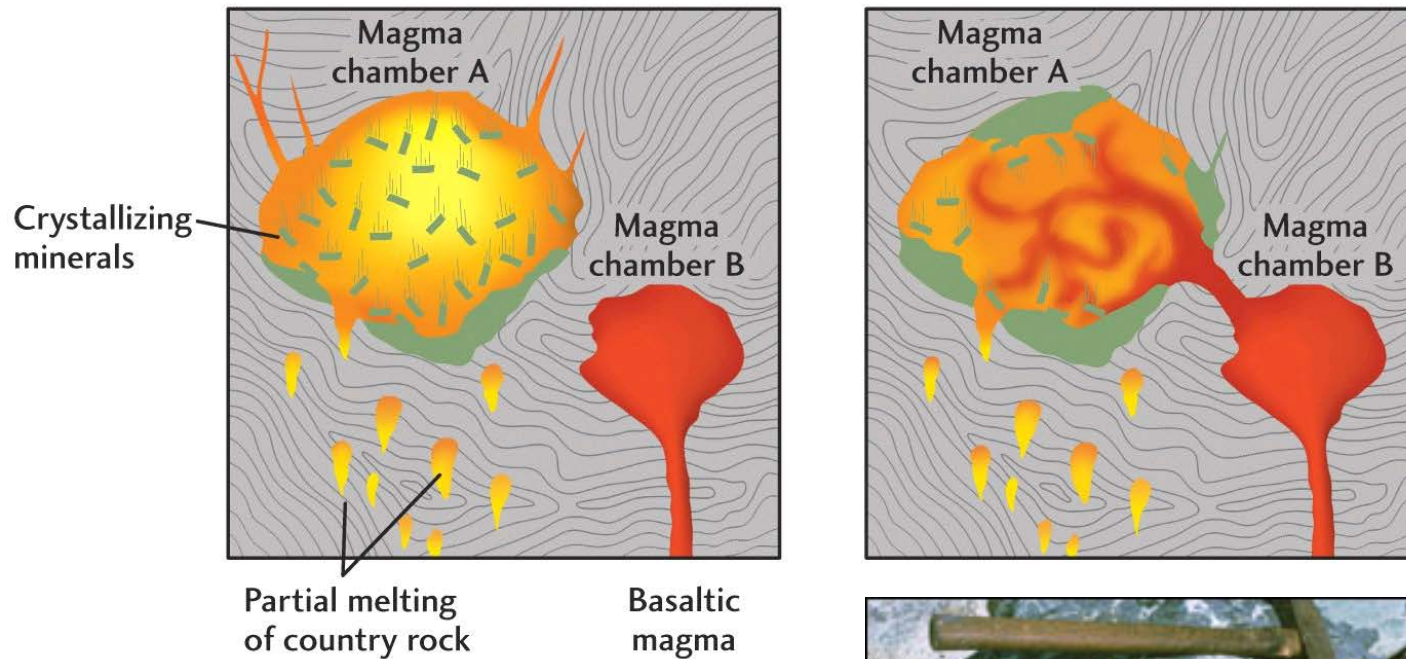
Magma = Erstkristallite + Restschmelze

Kristallisation

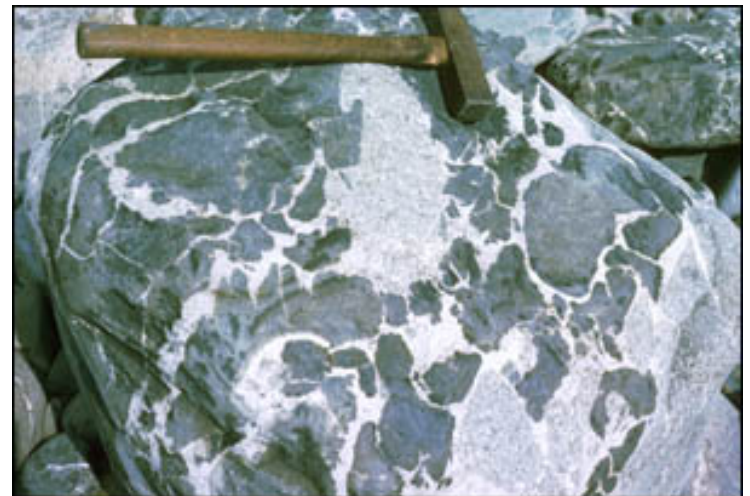


Dies ist eine Erklärung für die Entstehung von verschiedenen Magmentypen aus einem basaltischen Stammagma

Magmenmischung



Dunkle gabbroide Magmen in einer helleren granitischen Schmelze.
Caolas an Duin.



Photograph: Graham Durant

Magmenmischung – Kontamination einer Schmelze

