

# Übungen zur Lehrveranstaltung: **Grundlagen der Geowissenschaften**



...

## Willkommen zum “Schotterkurs” !



Petra Maissenbacher, TU Freiberg



Die Folien (in Farbe & ungekürzt) sind auch zu finden unter:  
<http://www.geo.tu-freiberg.de/tektono/privatesites/pfaender/index.html>  
in der Rubrik „Teaching“

# Wozu ein "Schotterkurs" ?



## 1. Zielsetzung:

Makroskopische Bestimmung von häufig vorkommenden Gesteinen.



## Daraus:

Rückschlüsse auf ihre Entstehung und ihre Herkunft.



## Wozu ein "Schotterkurs" ?



### **2.Zielsetzung:**

- Die drei Gesteinsgruppen (Erstarrungs-, Ablagerungs- und Umwandlungsgesteine) kennenlernen und die Fachbegriffe der drei Gesteinsgruppen Magmatite, Metamorphite und Sedimentite richtig anwenden,
- Beispiele für die Gesteinsgruppen kennen und diese benennen können und den Gruppen zuordnen,
- die Entstehungsprozesse der Gesteinsgruppen beschreiben,
- die wichtigsten gesteinsbildenden Minerale kennen
- den Gesteinskreislauf als natürlichen Prozess des ständig ablaufenden Auf- und Abbaus auf der Erde verstehen

# Was sind Gesteine?

Natürlich entstandene geologische Körper, die aus einem **Mineraliengemenge** bestehen.

Ausnahmen:

**monomineralische** Gesteine

(z.B. Marmor, Dunit)



Marmor

und Gesteine, die aus Gesteinsbruchstücken bestehen.

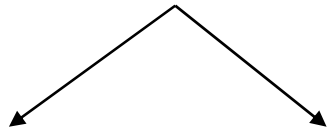


# Arten von Gesteinen



Magmatische Gesteine  
(Magmatite)

Metamorphe Gesteine  
(Metamorphite)



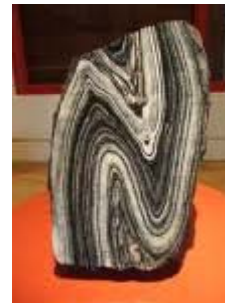
Vulkanite

Plutonite

z.B. Basalt

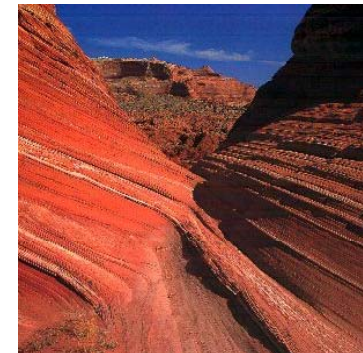
z.B. Granit

z.B. Gneis



Sedimentgesteine  
(Sedimente)

z.B. Kalkstein, Tonstein, Sandstein



# Arten von Gesteinen

## Impaktgesteine



## Pyroklastische Gesteine , (vulkanoklastische Sedimente)



# Meteorite

(=extraterrestrische Gesteine)

## Eisenmeteorite

bestehen hauptsächlich aus  
metallischem Eisen

## Stein-Eisenmeteorite

bestehen aus Gestein & Eisen

## Steinmeteorite

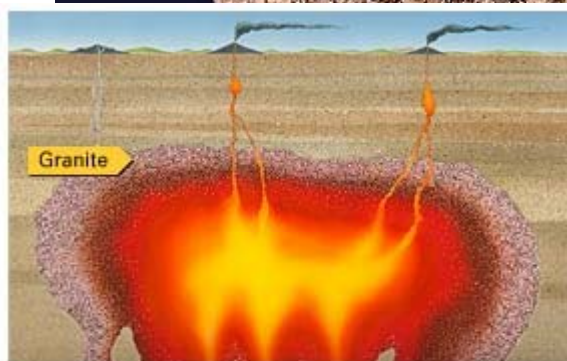
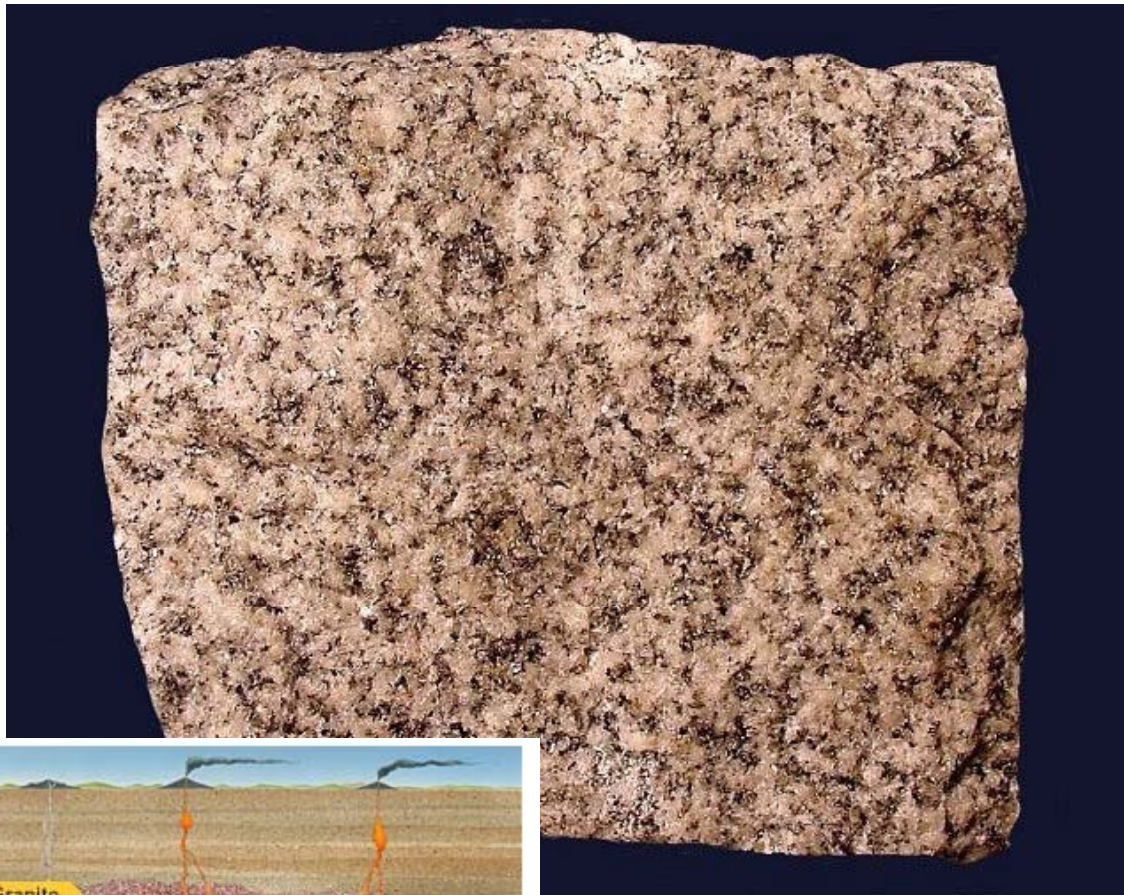
bestehen aus reinem Gestein





# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: PLUTONITE – Granit



Biotit-Granit

**Intrusivgestein**

**Vorkommen:**

Europa: Alpen, Mittelgebirge;

**Entstehung:**

Langsame Abkühlung von Magma in der Tiefe, deshalb große miteinander verzahnte Kristalle

**Hauptminerale:**

Feldspat, Quarz, Glimmer

**Aussehen:**

Hell, gesprenkelt, massig

**Eigenschaften:**

Körnig, sehr hart. Mancherorts viele Klüfte und Gänge

**Magmatische Gesteine: PLUTONITE – Granit I**

Die Minerale des Granit – mikroskopische Darstellung



← Quarz: klar, durchsichtig, farblos, fettiger Glanz, muscheliger Bruch



← Orthoklas (Kalifeldspat):  
blass lachsfarbig



Plagioklas: Albit: sehr weiß →



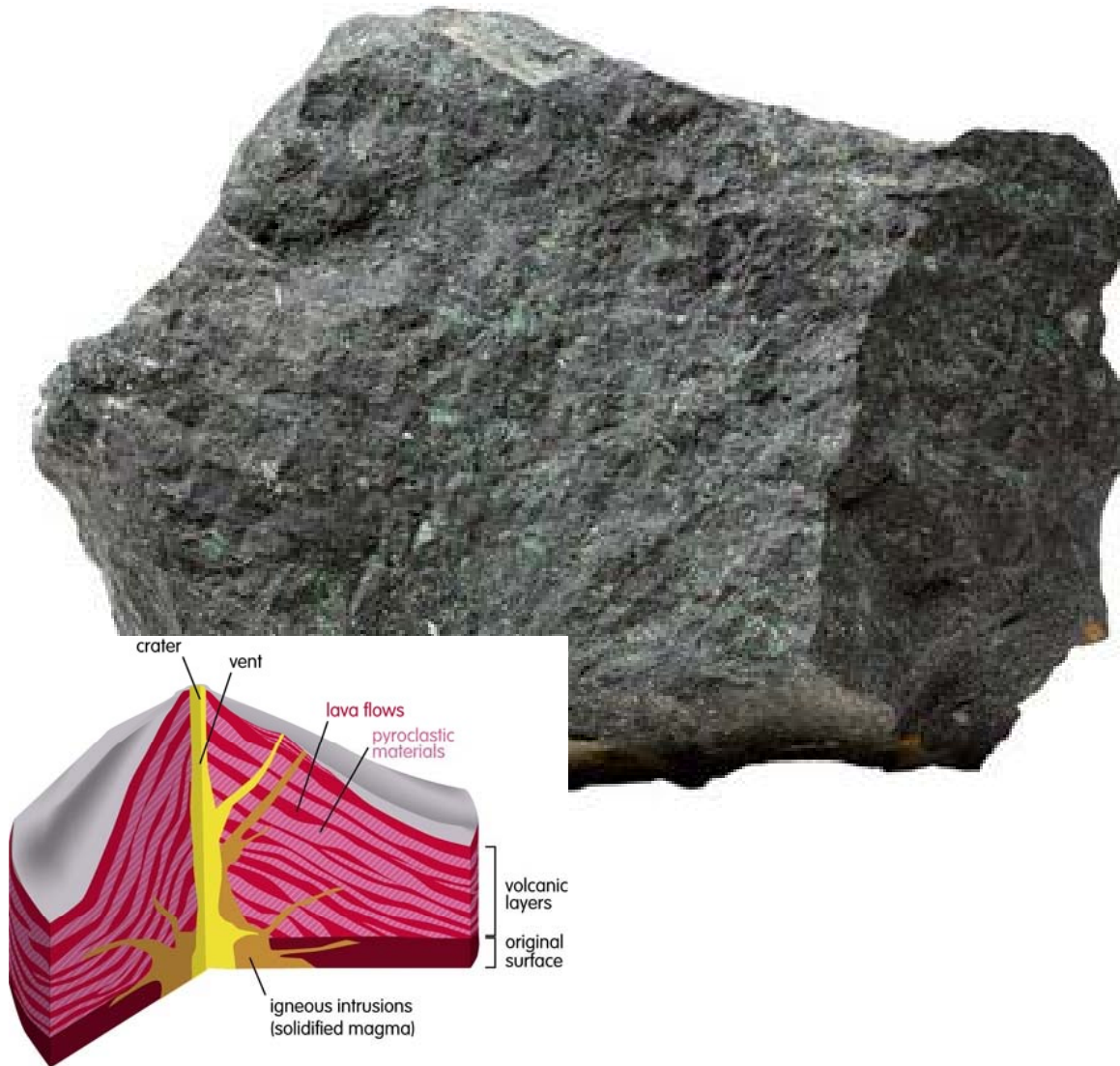
← Glimmer: Biotit: schwarz



← Hornblende:  
schwarz

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: VULKANITE – Basalt



### Vulkanisches Gestein

#### Vorkommen:

Italien: Ätna, Vesuv

Frankreich: Zentralmassif

#### Entstehung:

Schnelle Abkühlung von Lava an der Erdoberfläche, nicht vollständig auskristallisiert

#### Hauptminerale:

Pyroxen, Hornblende, Olivin, Feldspat

#### Aussehen:

Dunkelgrau bis schwarz, massig  
Häufig Einsprenglinge

#### Eigenschaften:

Scharfkantig, spröd,  
verwitterungsbeständig

**Magmatische Gesteine: VULKANITE – Basalt**

Die Minerale des Basalt – mikroskopische Darstellung



← Olivin  
gelbgrün



→ Plagioklas –  
Einsprenglinge



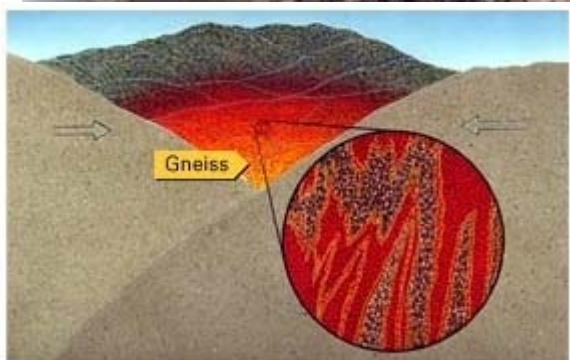
← Pyroxen  
schwarz

→ Gasblasen  
mit Zeolith-  
Füllung



## Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (2) Metamorphe Gesteine

### Metamorphe Gesteine: METAMORPHITE – Gneis



**Metamorphes Gestein**

**Vorkommen:**

Alpen

**Entstehung:**

Durch Druck- und Temperaturerhöhung verändertes Gestein.

Entstanden zum Beispiel aus Granit

**Hauptminerale:**

Feldspat, Quarz, Glimmer

**Aussehen:**

Hell gesprenkelt, dicklagig, ausgerichtete Minerale

**Eigenschaften:**

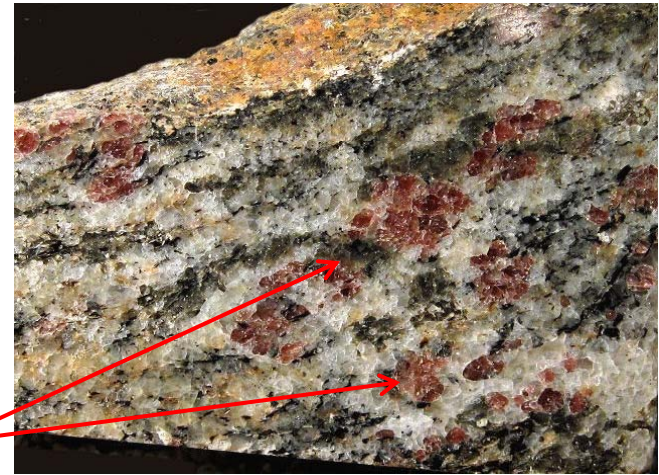
Verwitterungsbeständig, spaltbar. Kann stark geklüftet und von Gängen durchzogen sein

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (2) Metamorphe Gesteine

## Metamorphe Gesteine: Gneis



← Augen-Gneis:  
Quarz, Biotit,  
Feldspat-Linsen



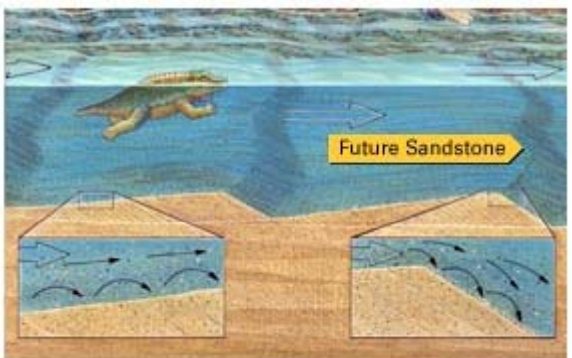
→ Granat, rot



← Quarz, weiß –  
Biotit, schwarz

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (3) Sedimentgesteine

## Sedimentgesteine: SEDIMENTE – Sandstein



### Sedimentgestein

#### Vorkommen:

Europaweit

z.B. Buntsandstein

#### Entstehung:

Durch Verfestigung von  
lockerem Sand

#### Hauptminerale:

Feldspat, Quarz, Glimmer

#### Aussehen:

Gerundete bis kantige Körner

#### Eigenschaften:

Kaum verwitterungsbeständig



## Sedimentgesteine: Sandstein



← Quarz in Sandstein

→ Zoom-in:  
Quarz in feiner  
kalzitischer  
Matrix

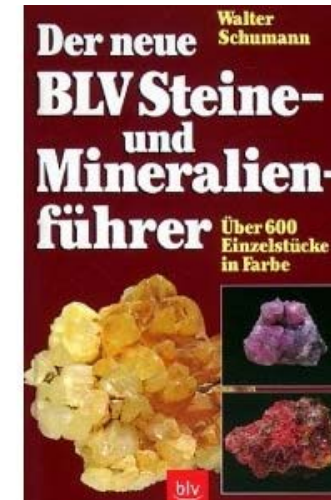
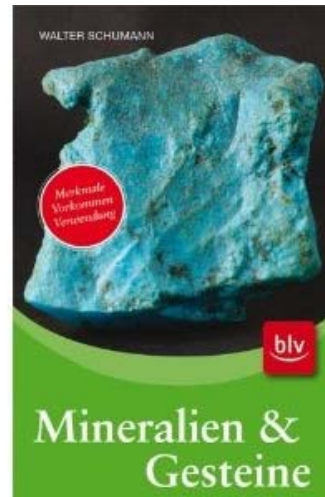


## Literaturempfehlungen

E.J. Tarbuck & F.K. Lutgens (2000) *Earth Science*, 9. Auflage, Prentice-Hall, Upper Saddle River/ New Jersey, 672 Seiten

B.J. Skinner & S.C. Porter (1999) *The Dynamic Earth*, 4. Auflage, John Wiley & Sons, New York 640 Seiten

W. Schumann (2003)  
*Mineralien, Gesteine – Merkmale,  
Vorkommen und Verwendung*,  
BLV Verlagsgesellschaft München, 127 Seiten



F. Press & R. Siever (1997)  
*Understanding Earth*,  
W.H. Freeman & Company, New York, 752 Seiten  
In deutscher Übersetzung erschienen als *Allgemeine Geologie*, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg 1995, 608 Seiten

→ Die Folien (in Farbe & ungekürzt) sind auch zu finden unter ←  
<http://www.geo.tu-freiberg.de/tektono/privatesites/pfaender/index.html>  
in der Rubrik „Teaching“

## **Tutorium**

Es findet ein Tutorium statt:

Mittwoch ab 18 Uhr – Seminarraum Geologie

Evtl. freitags...

Listen gibts bei Tom Jaroka....

---

## Übersicht UE 2

Themen dieser Woche:

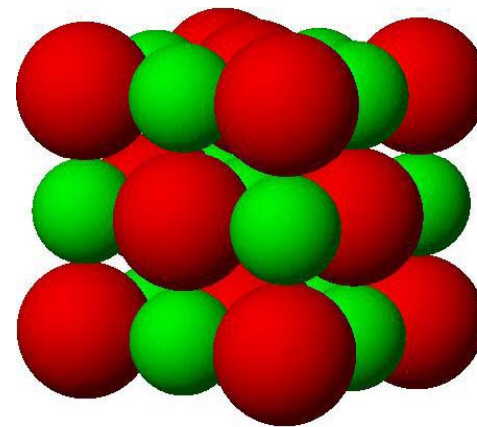
- Was sind Minerale?
- Wie werden Minerale klassifiziert?
- Physikalische Eigenschaften von Mineralen
- Chemische Eigenschaften von Mineralen
- Die wichtigsten gesteinsbildenden Minerale  
→ Silikate, Karbonate
  
- Bestimmungsübungen der wichtigsten gesteinsbildenden Minerale

---

## Was sind Minerale – Kristalle?

Minerale (und Kristalle) sind **homogene**, natürliche feste Körper (Feststoffe) mit einer **geordneten** Feinstruktur (kristalliner Zustand).

Der atomare Aufbau folgt einer strengen Systematik.



NaCl Gitter

Nicht kristalline Festkörper wie Gläser oder Kunststoffe haben **keine** geordnete Feinstruktur, der atomare Aufbau ist „chaotisch“.

Man spricht vom **amorphen Zustand**

## Einteilung der Minerale (nach Hugo Strunz, 1941)

---

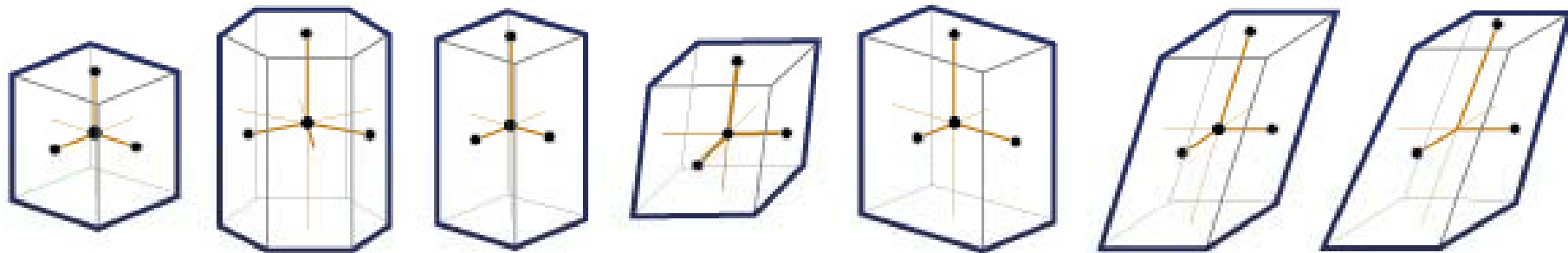
### ... auf Basis ihrer chemischen Zusammensetzung

- **Elemente** (reine, feste chemische Elemente)
  - Metalle: z.B. Eisen, Kupfer, Nickel, Gold, usw.
  - Halbmetalle: z.B. Arsen, Antimon
  - Nichtmetalle: z.B. Schwefel, Graphit
- **Sulfide**, z.B. Bleiglanz, Zinkblende
- **Halogenide**, z.B. Steinsalz, Flußspat
- **Oxide**, z.B. Korund ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), Spinell
- **Karbonate**, z.B. Calcit, Siderit, Malachit
- **Sulfate, Chromate**, z.B. Baryt (Schwerspat), Gips
- **Phosphate**, z.B. Apatit
- **Silikate**, z.B. Feldspat, Glimmer, Olivin

# Einteilung der Minerale in Kristallklassen

**... auf Basis ihrer Gittersymmetrie**

Es gibt 7 Kristallklassen:



Isometric

Hexagonal

Tetragonal

Trigonal

Orthorhombic

Monoclinic

Triclinic

= kubisch

**Abnehmende Symmetrie →**

- 3 Achsen beschreiben das Kristallgitter
- Kristallgitter: dreidimensionale Anordnung von Atomen in einem Kristall

→ Symmetrie des Kristalls

→ Äußere Form des Kristalls = "Habitus"

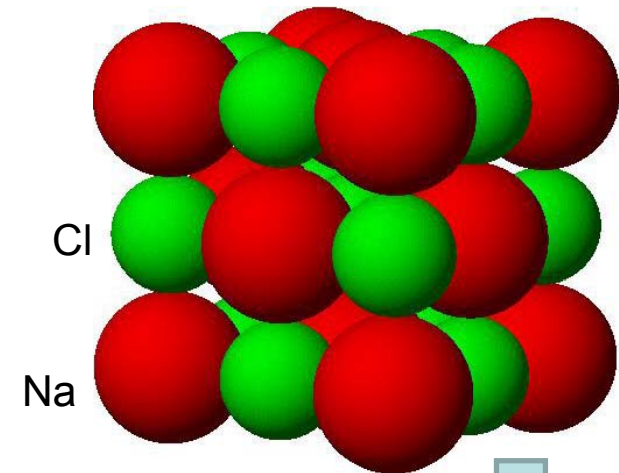
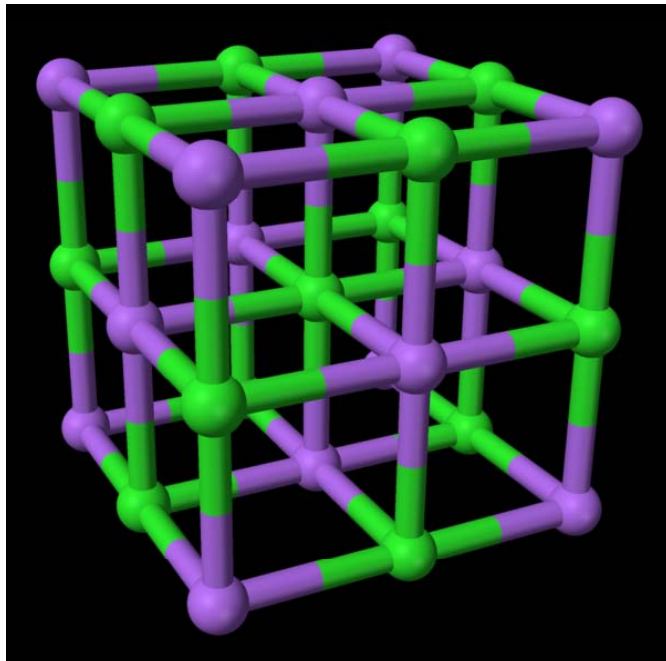
# Einteilung der Minerale in Kristallklassen

... auf Basis ihrer Gittersymmetrie

**Hauptgruppe kubisch**

**$a = b = c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$**

→ alle 3 Raumachsen sind gleich lang



NaCl Gitter



“Würfel”



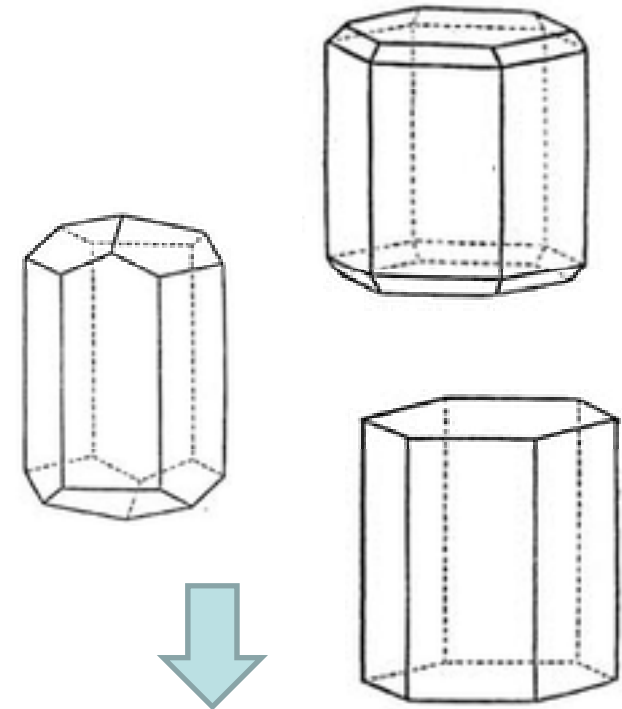
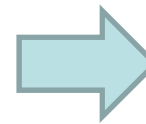
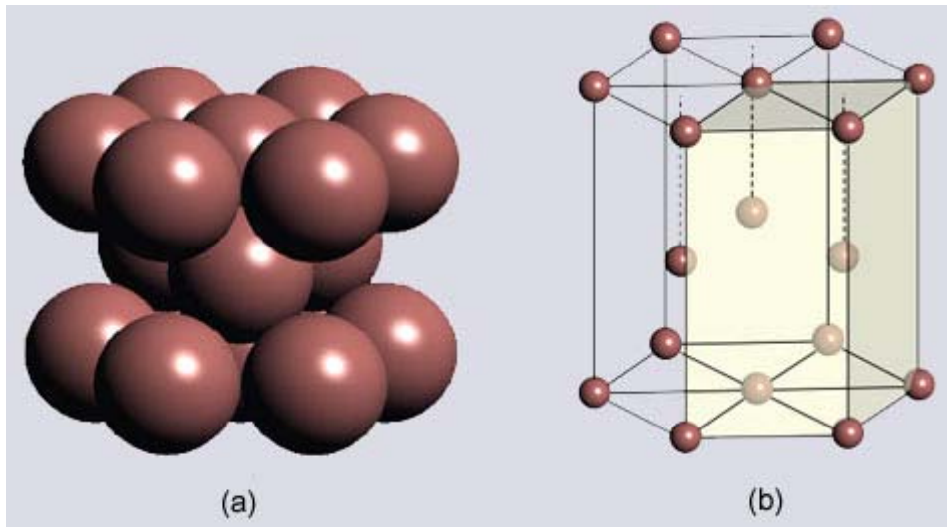
NaCl - Steinsalz

# Einteilung der Minerale in Kristallklassen

... auf Basis ihrer Gittersymmetrie

Hauptgruppe hexagonal

$a = b \neq c, \alpha = \beta = 90^\circ, \gamma = 120^\circ$



Beryll  
Be3Al2[Si6O18]



Nephelin  
(Na,K)AlSiO4

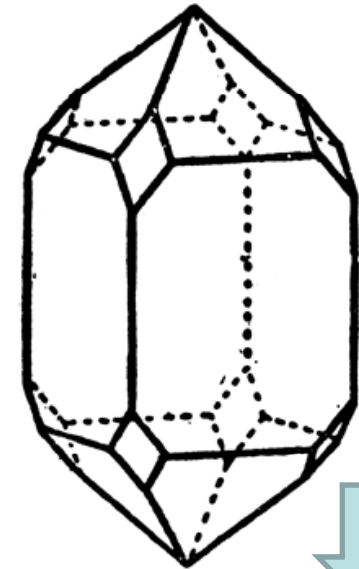
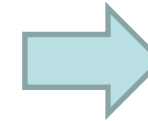
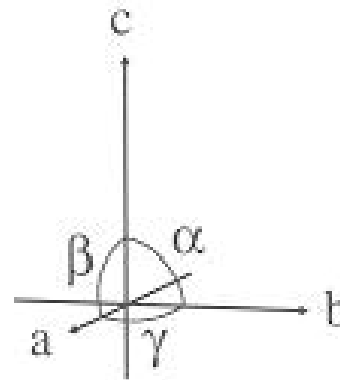
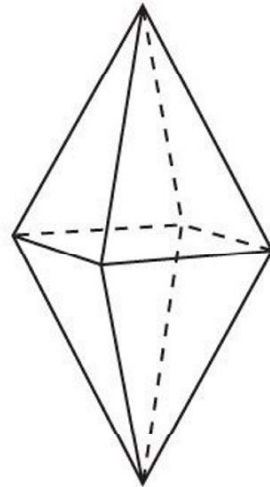
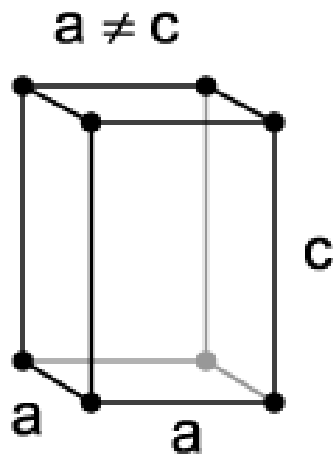


# Einteilung der Minerale in Kristallklassen

... auf Basis ihrer Gittersymmetrie

Hauptgruppe tetragonal

$a = b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$



Rutil  $\text{TiO}_2$



Zirkon  
 $\text{ZrSiO}_4$

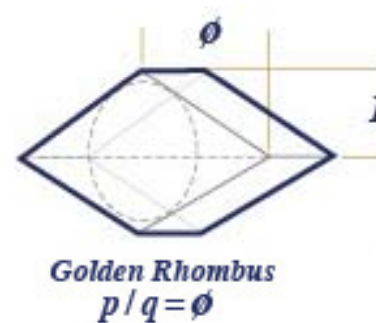
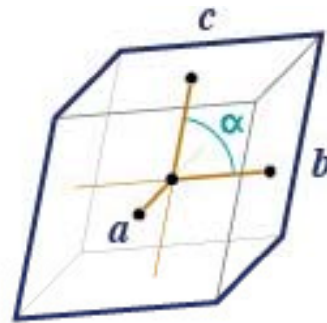
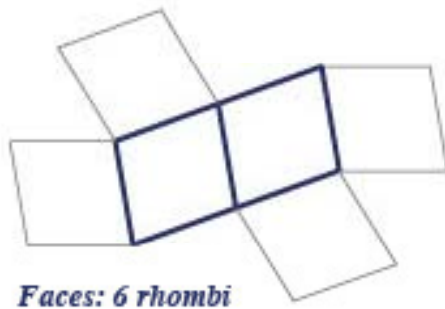


# Einteilung der Minerale in Kristallklassen

... auf Basis ihrer Gittersymmetrie

## Hauptgruppe trigonal

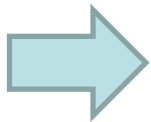
$$a = b = c, \alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$$



Flat Rhombohedron

Rhombohedral Unit-Cell

Crystallographic Axes



Calcit  
CaCO3



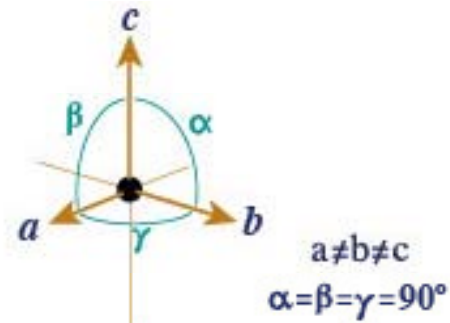
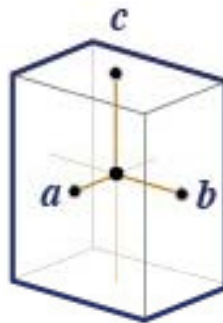
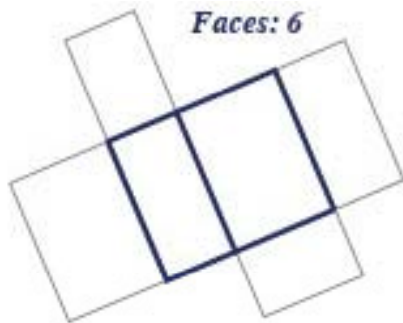
Quarz  
SiO2

# Einteilung der Minerale in Kristallklassen

... auf Basis ihrer Gittersymmetrie

## Hauptgruppe orthorhombisch

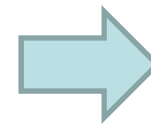
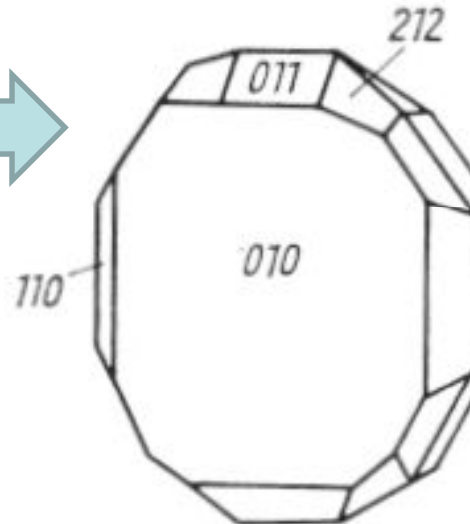
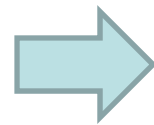
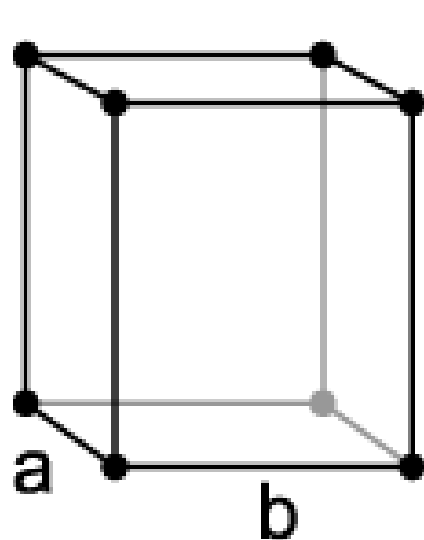
$$a \neq b \neq c, \alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$$



Flat Monoclinic System

Orthorhombic Unit-Cell

Crystallographic Axes



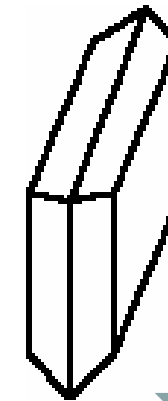
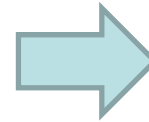
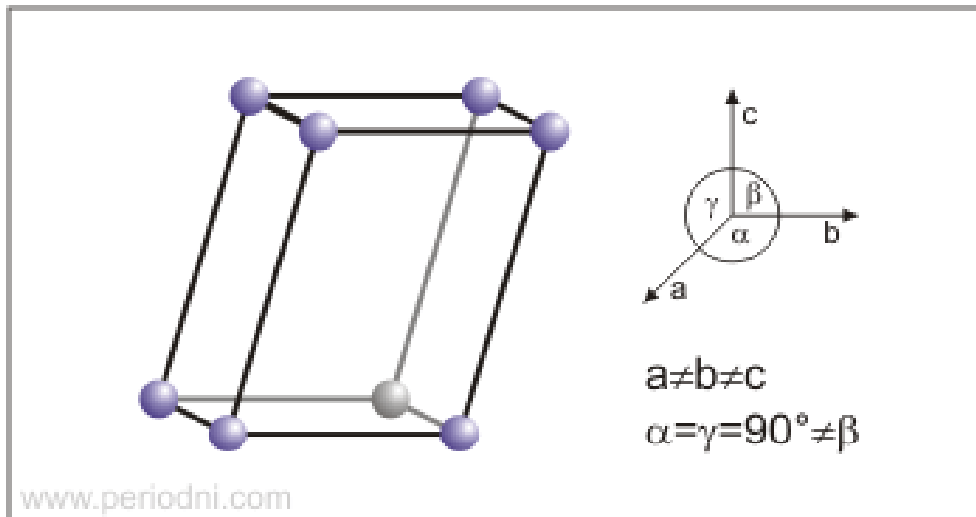
Olivin  $(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$

# Einteilung der Minerale in Kristallklassen

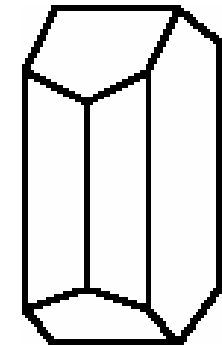
... auf Basis ihrer Gittersymmetrie

## Hauptgruppe monoklin

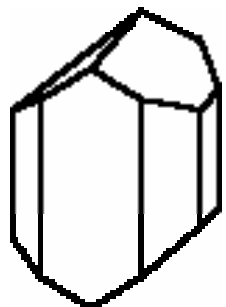
$a \neq b \neq c, \alpha = \gamma = 90^\circ, \beta \neq 90^\circ$



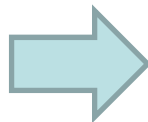
Gips  
 $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$



Pyroxen:  
Diopsid  
 $\text{MgCaSi}_2\text{O}_6$



Alkali-  
Feldspat  
Orthoklas  
 $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$



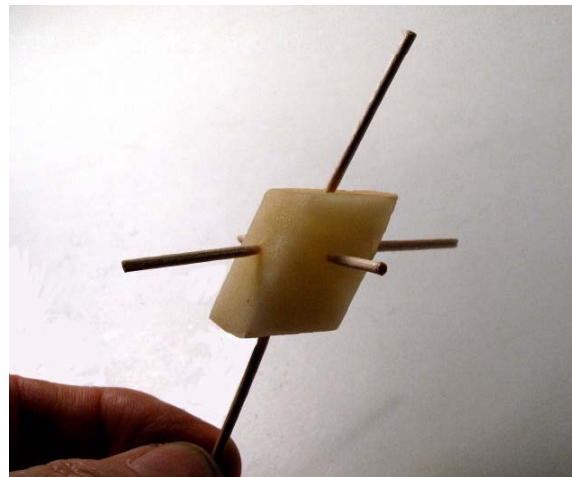
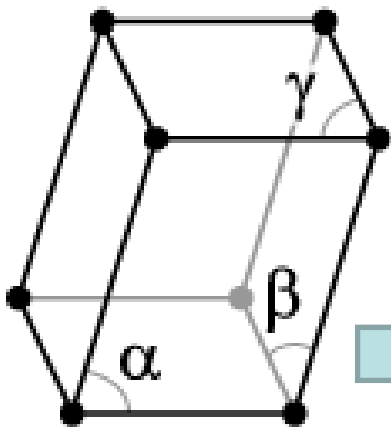
# Einteilung der Minerale in Kristallklassen

... auf Basis ihrer Gittersymmetrie

## Hauptgruppe triklin

$a \neq b \neq c, \alpha \neq \gamma \neq 90^\circ, \beta \neq 90^\circ$

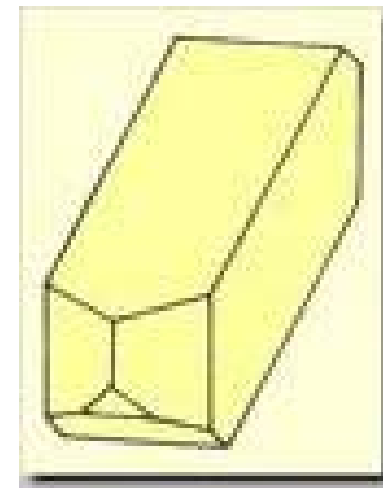
$\alpha, \beta, \gamma \neq 90^\circ$



Die 3 Raumachsen:  
ungleich lang und nie  
rechtwinklig



Disthen  
 $\text{Al}_2\text{SiO}_5$



## Übersicht

### Physikalische Eigenschaften:

- Optische Eigenschaften z.B. Lichtbrechung
- Dichte
- Härte
- Bruchverhalten

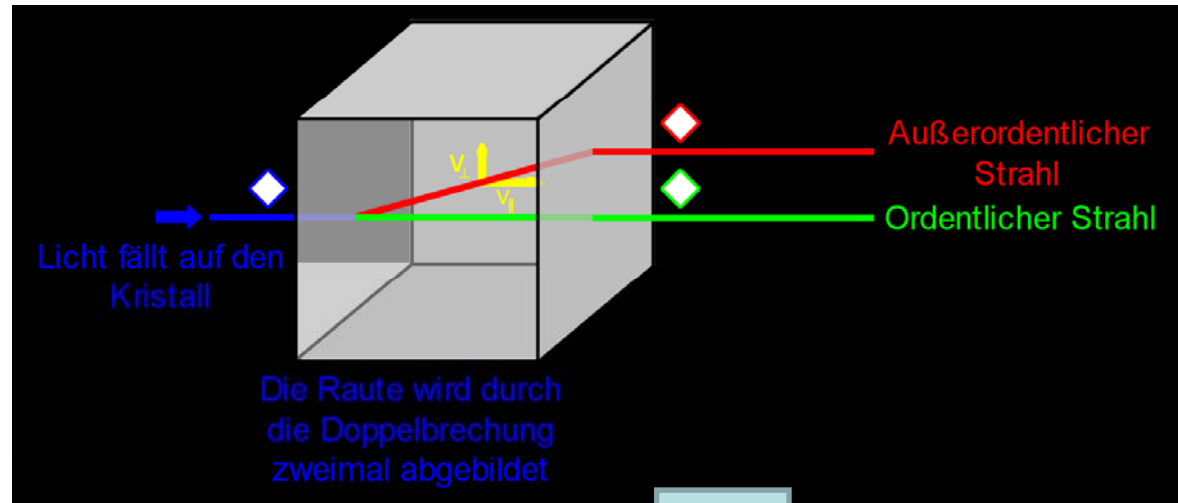
Alle nicht-kubischen Kristalle zeigen *Anisotropie*:

→ Minerale zeigen in verschiedenen Raumrichtungen unterschiedliches physikalisches und chemisches Verhalten ←

## Optische Eigenschaften: Lichtbrechung

→ **Calcit**  
ist optisch anisotrop

→ **Doppelbrechung**



← Laserstrahl wird durch Calcit aufgespalten

## Härte

Wichtige Eigenschaft im Zusammenhang mit Erosion & Transport, außerdem ein wichtiges diagnostisches Merkmal.

Härte ist der Widerstand eines Minerals gegen Anritzen.

Härte von Mineralen wird angegeben als **Mohs'sche Härte** (Ritzhärte) auf einer Skala von 1 (sehr weich) bis 10 (sehr hart).

**Carl Friedrich Christian Mohs**



# Relative Härteskala nach Mohs (auch Ritzhärte genannt)

H = 1



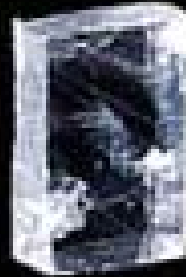
Talk

H = 2



Gips

H = 3



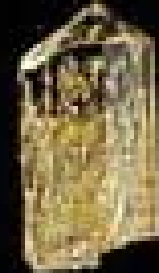
Calcit

H = 4



Fluorit

H = 5



Apatit

H = 6



Kalifeldspat

H = 7



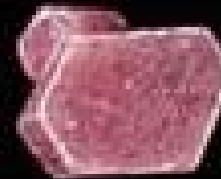
Quarz  
(Olivin)

H = 8



Topas

H = 9



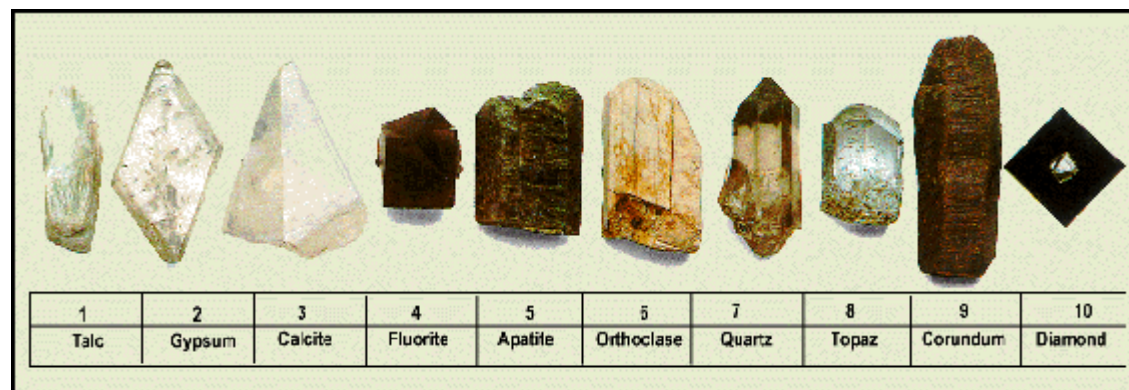
Korund

H = 10



Diamant

**Stahl ~ 5.5**  
**Fingernagel ~ 2.5**



Mineral	Mohs relative Härte	Ritzprobe	Rosiwal absolute Härte	Vickers $kp / mm^2$
Talk	1	mit Fingernagel schabbar	0,03	2,4
Gips	2	mit Fingernagel ritzbar	1,25	36
Calcit	3	mit Kupfermünze ritzbar	4,5	109
Fluorit	4	mit Messer leicht ritzbar	5	189
Apatit	5	mit Messer noch ritzbar	6,5	536
Orthoklas	6	mit Stahlfeile ritzbar	37	795
Quarz	7	ritzst Fensterglas	120	1.120
Topas	8	ritzst Quarz	175	1.427
Korund	9	ritzst Topas	1.000	2.060
Diamant	10	ritzst Korund	140.000	10.060

## Spaltbarkeit, Bruchverhalten

Bruchverhalten eines Minerals ist bedingt durch die Gitterstruktur des Minerals

Anisotropie der physikalischen und chemischen Eigenschaften !

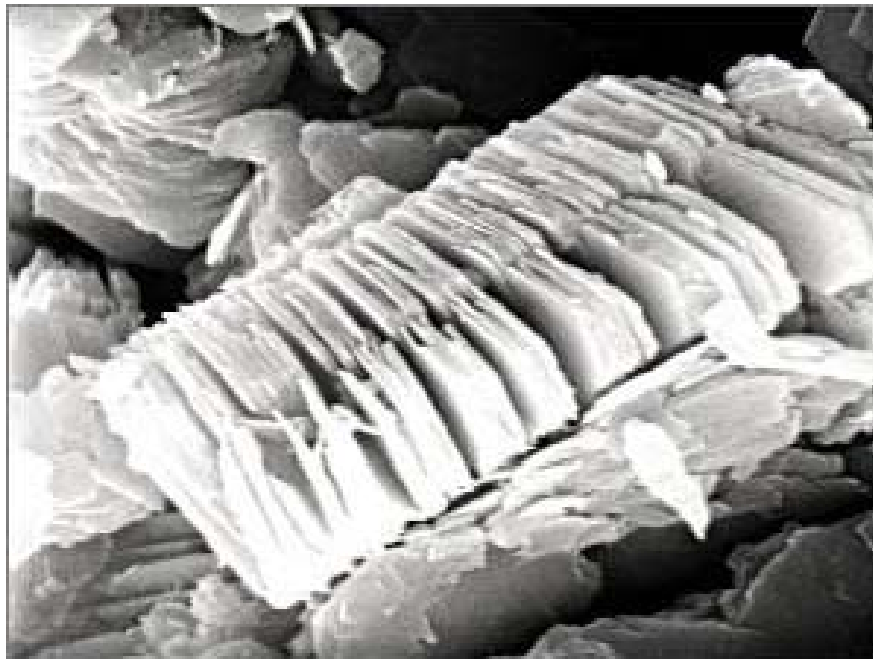
Bestimmte Minerale besitzen eine charakteristische Spaltbarkeit

Z.B. haben **Schichtsilikate** wie Tonminerale eine perfekte Spaltbarkeit parallel zu den Gitterebenen

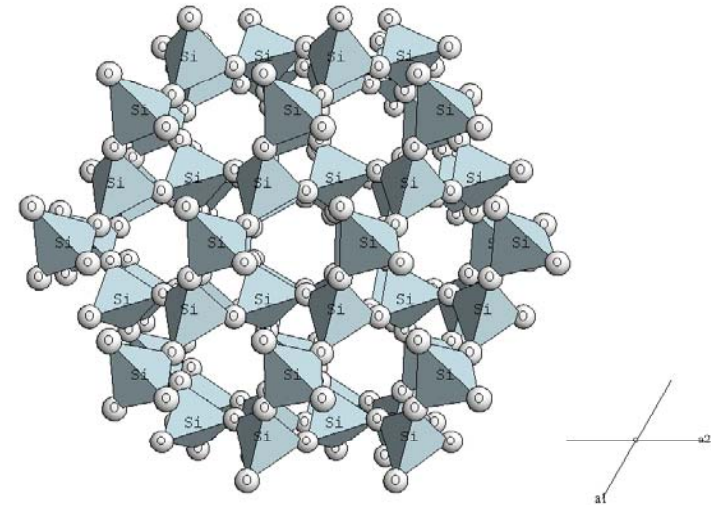
**Gerüstsilikate** haben keine **Spaltbarkeit**,

z.B. Quarz oder Olivin: **muscheliger Bruch**

**Spaltbarkeit : Gitterstruktur und mechanische Eigenschaften**



Tonmineralblättchen:  
perfekte Spaltbarkeit



„Muscheliger Bruch“ beim Quarz

## Spaltbarkeit : Übersicht

Höchst vollkommen: Glimmer, Gips

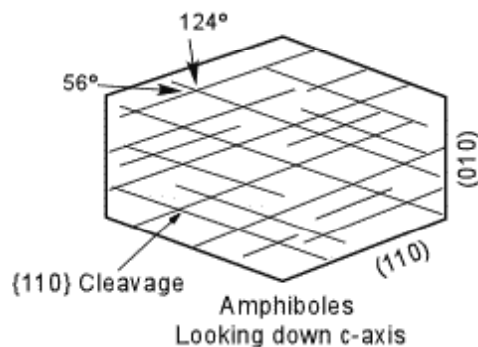
Vollkommen: Calcit, Galenit, Fluorit, Steinsalz

Gut: Orthoklas, Hornblende, Pyroxene

Deutlich: Apatit, Kassiterit

Undeutlich: Korund, Magnetit (meist muscheliger Bruch)

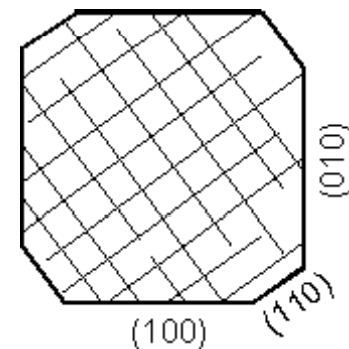
Keine Spaltbarkeit: z.B. Quarz (nur Bruch)



Spaltbarkeit von Hornblende



und Pyroxen →



**Spaltbarkeit : Gitterstruktur und mechanische Eigenschaften**

Fazit:

Die Spaltbarkeit eines Minerals ist von seiner Struktur und damit von seiner Kristallklasse abhängig !



## Farbe

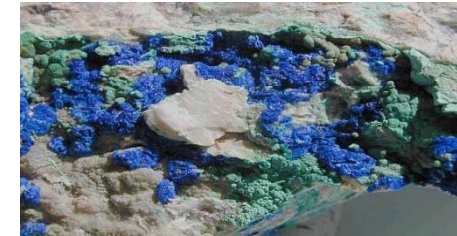
Farbe leider selten charakteristisch

→ Minerale fast immer **Mischkristalle** !

z.B. Feldspat-Reihe:



→ **Farben**: farblos über weiß, rosa, grün, blau bis braun



Malachit & Azurit

Ausnahme: Minerale mit Eigenfärbung, z.B. Malachit

Eigenfärbung: **“idiochromatisch”** -  
Färbung durch “Verunreinigungen”:  
**“allochromatisch”**

z.B. Korund: farblos

⇒ Saphir            ⇒ Rubin

z.B. Quarz, farblos

⇒ Amethyst        ⇒ Rauchquarz)



Saphir



Rubin



Rauchquarz



Amethyst

## Farbe

Strichfarbe !



**Die Strichfarbe eines Minerals ist die Farbe des Pulvers, welches das Mineral hinterläßt nach dem Streichen über eine Porzellanplatte.**

**! Die Strichfarbe ist nicht immer die Farbe des Minerals !**

## Dichte



Bleiglanz



Pyrit



Sphalerit

Die Dichte der meisten Minerale liegt zwischen **2.5 und 3.3 g/cm<sup>3</sup>**. Eine höhere Dichte haben viele **Erze** (Oxide & Sulfide, z.B. Bleiglanz, Pyrit, Sphalerit) sowie **Metalle** und einige andere Minerale wie z.B. Schwerspat (Baryt) oder Flussspat (Fluorit).

Einige Beispiele (in g/cm<sup>3</sup>):

Quarz ~ 2.65  
Fluorit CaF<sub>2</sub> ~ 3.2  
Baryt BaSO<sub>4</sub> ~ 4.5

Erze ~ 4 – 7  
**Eisen Fe ~ 7.9**  
**Gold Au ~ 19**



Baryt



Fluorit



Gold

**Glanz**



Unterschieden wird zwischen **metallischem** und **nicht-metallischem** Glanz

Weitere Begriffe:

Fettglanz – z.B. bei Serpentin oder Bernstein



Serpentin



Bernstein

Perlmutterglanz – z.B. bei Glimmer



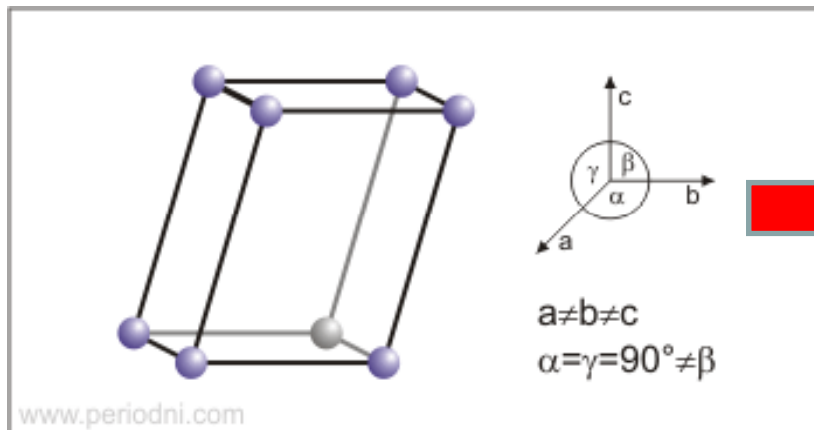
Glimmer

## Äußere Form, Habitus

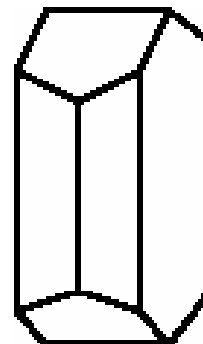
! Der Habitus eines Minerals wird durch sein Raumgitter festgelegt !

→ z.B. ein **Pyroxen** mit einem **monoklinen** Raumgitter hat einen stängelig-gedrungenen Habitus

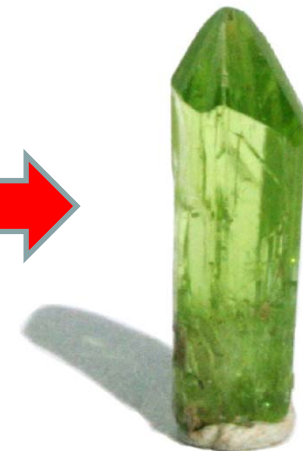
Monoklines Raumgitter



Habitus eines Pyroxen



Diopsid



## Form, Habitus

Ein Mineral kann sein:

**idiomorph:**

Gut ausgeprägte Kristallflächen



Quarz



z.B. In Drusen

oder **xenomorph**



← Xenomorpher  
Quarz neben  
Feldspat und  
Biotit

Weitere Begriffe: Stängelig, faserig,  
körnig, gestreckt, gedrunge...



Turmalin



Chrysotil

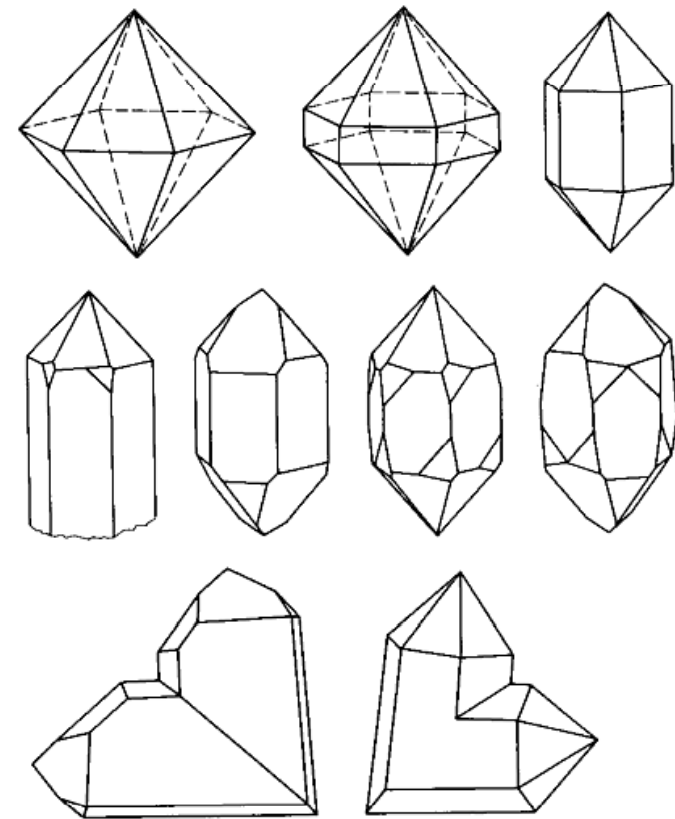
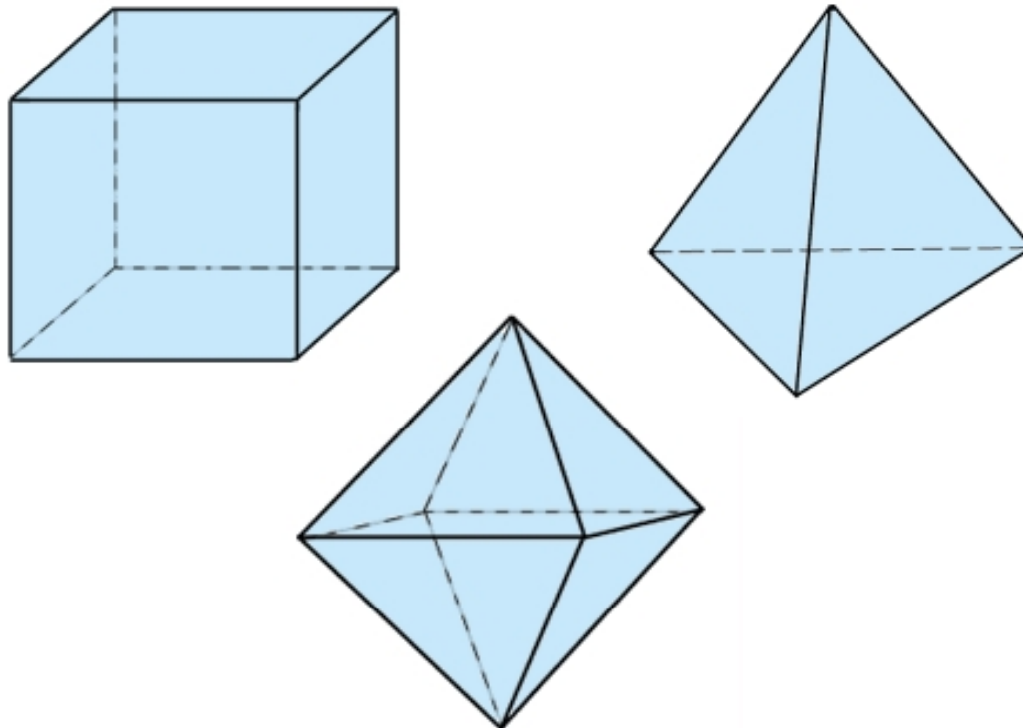


Diopsid

# Tracht

Unter Tracht versteht man das **“Erscheinungsbild der Flächenkombination”** – die Anordnung der Kristallflächen zueinander – eines **idiomorphen Kristalls**

z.B. Würfel, Oktaeder, Tetraeder



Kristalltrachten des Quarz

## Löslichkeit

Wesentlich für die Geowissenschaften ist hier eigentlich nur die **Löslichkeit** verschiedener Minerale in **wässrigen Lösungen**

→ wichtig bei der Verwitterung von Gesteinen und der Bildung chemischer Sedimente:

- Karbonatische Sedimente (z.B. marine Flachwasserkalke)
- Kieselige Sedimente (z.B. marine Tiefseesedimente)
- Phosphatgesteine (an Flachwasser gebunden)
- Evaporite (terrestrische und marine Evaporite)



Wüstenrose – Gips -  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

# Die wichtigsten gesteinsbildenden Mineralgruppen

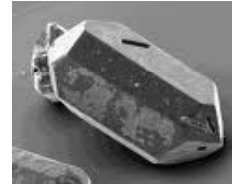
## Silikate und Karbonate



Granat



Olivine



Zirkon



Topas

**Silikate** (Insel-, Gruppen-, Ring-, Ketten-, Doppelketten-, Schicht- und Gerüstsilikate)



Magnesit



Calcit Zwilling

**Karbonate** (Calcit, Dolomit)

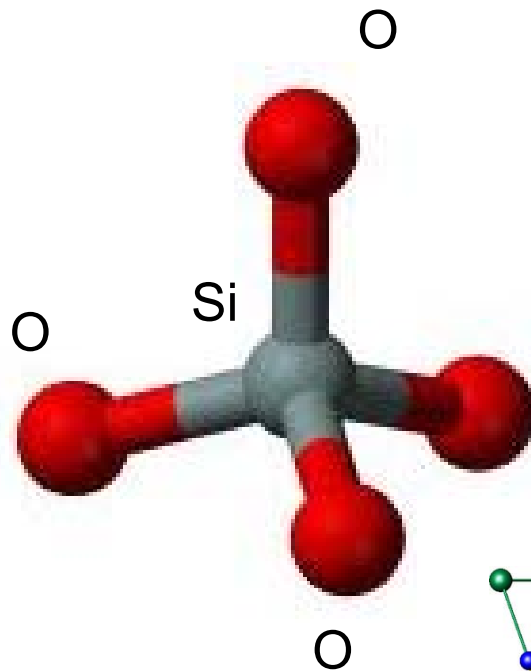
Carrara Marmor  
Abbau



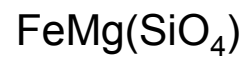
# Die wichtigsten gesteinsbildenden Mineralgruppen: **Silikate**

## Inselsilikate - Nesosilikate

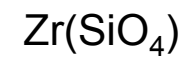
Isolierte  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  - Tetraeder



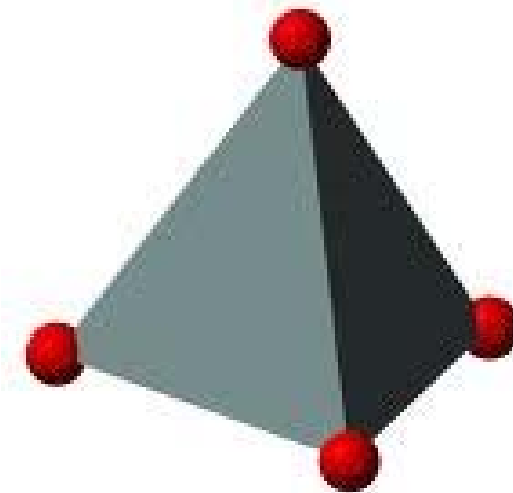
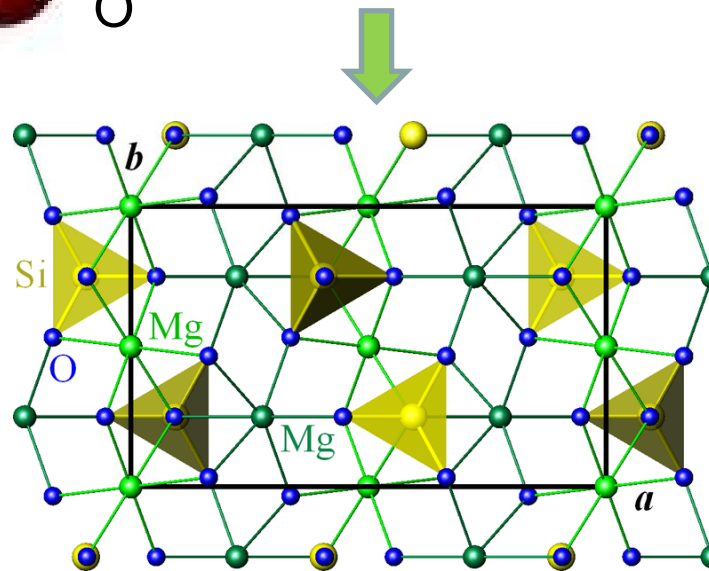
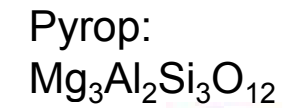
z.B. Olivin



Zirkon



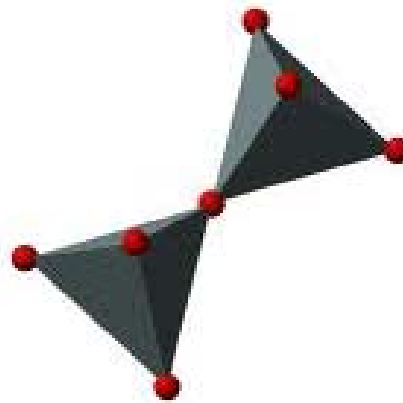
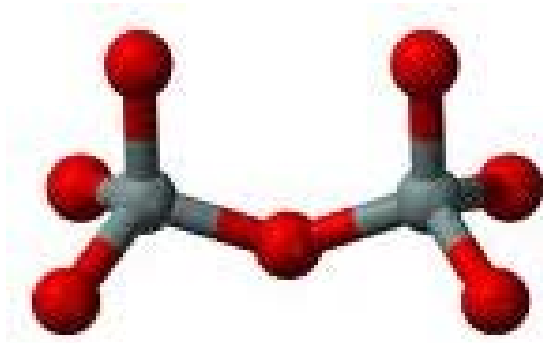
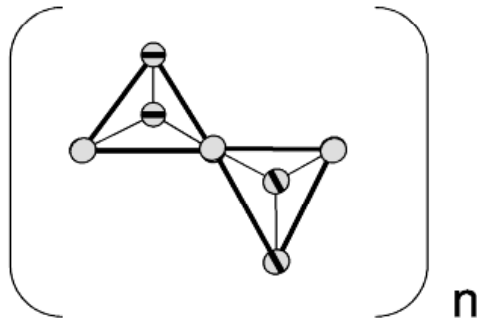
Granat



# Die wichtigsten gesteinsbildenden Mineralgruppen: **Silikate**

## Gruppensilikate - Sorosilikate

Zwei  $[\text{SiO}_4]$  - Tetraeder, die über einen gemeinsamen Sauerstoff verbunden sind:  $[\text{Si}_2\text{O}_7]^{6-}$



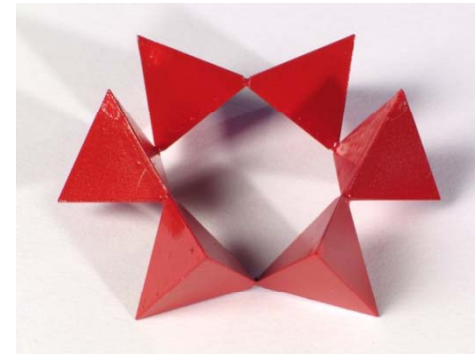
*Beispiel: Epidot*



## Die wichtigsten (gesteinsbildenden) Mineralgruppen: **Silikate**

### **Ringsilikate - Cyclosilikate**

Drei, vier oder sechs  $[\text{SiO}_4]$  - Tetraeder, die über jeweils ein Sauerstoffatom ringförmig verbunden sind:



Turmalin

### **Kettensilikate - Inosilikate**

“Unendlich” lange Ketten aus  $[\text{SiO}_4]$  – Tetraedern

Wichtige Vertreter dieser Gruppe:

**Pyroxene**, z.B. **Diopsid**:  $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$



Pyroxen

## Die wichtigsten (gesteinsbildenden) Mineralgruppen: **Silikate**

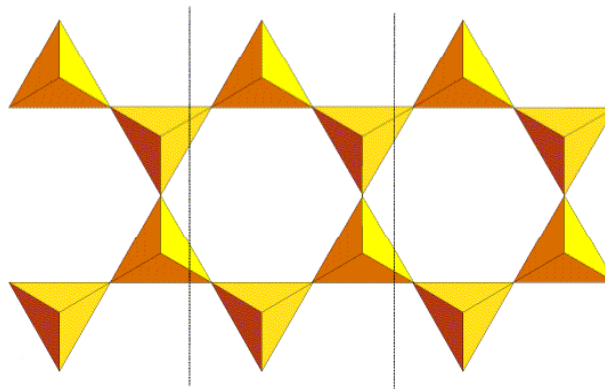
### **Doppelkettensilikate - Inosilikate**

“Unendlich” lange Doppelketten aus  $[\text{SiO}_4]$  – Tetraedern, es ergibt sich daraus als Formeleinheit:  $[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_n^{6-}$ .

Wichtige Vertreter dieser Gruppe: **Minerale der Amphibolgruppe**, z.B. Hornblende, Aktinolith



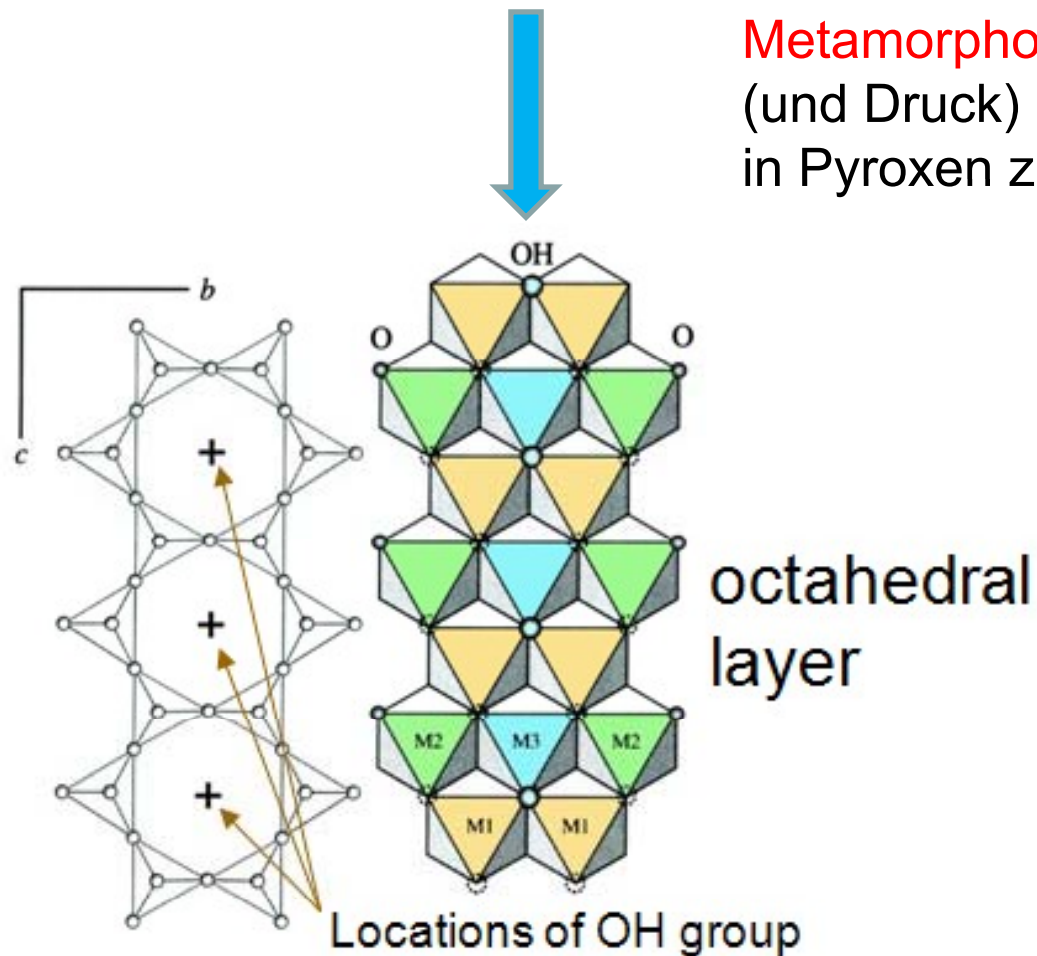
Wichtiges Merkmal: “Hohlräume” im Gitter: Einbau  $(\text{OH}^-)$ , man spricht von “wasserhaltigen” Mineralen.



## Die wichtigsten (gesteinsbildenden) Mineralgruppen: **Silikate**

→ **Pyroxene** und **Amphibole** chemisch sehr ähnlich !

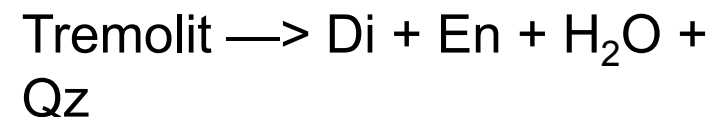
→ Unterschied: Amphibole bauen auf den Zwischengitterplätzen Wasser ein



**Metamorphose:** Anstieg von Temperatur (und Druck) hat Umwandlung von Amphibol in Pyroxen zur Folge !

Beim Erhitzen wird Wasser abgespalten:

Tremolit (Amphibol) geht über in Diopsid, Enstatit (2 Pyroxene), Wasser und Quarz:



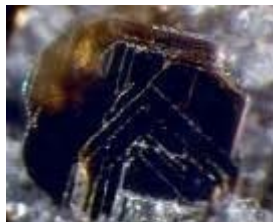
## Die wichtigsten (gesteinsbildenden) Mineralgruppen: **Silikate**

### Schichtsilikate - Phyllosilikate

Zweidimensionale “unendlich” ausgedehnte  $[\text{SiO}_4]$  – Tetraederschichten, mit der Formeleinheit:  $[\text{Si}_4\text{O}_{10}]_n^{4-}$ .

Wichtige Vertreter dieser Gruppe: **Minerale der Glimmergruppe**, z.B. Biotit, Muskovit, Phyllit

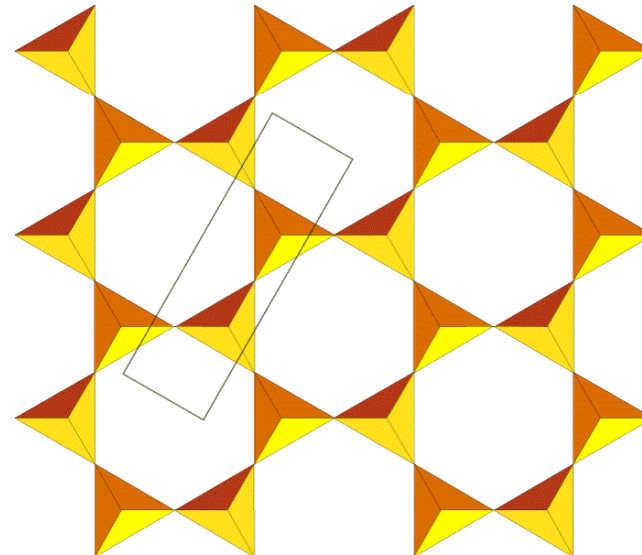
Schichtsilikate gehören ebenfalls zu den “wasserhaltigen” Mineralen.



Biotit



Muskovit



# Die wichtigsten (gesteinsbildenden) Mineralgruppen: **Silikate**

## Gerüstsilikate - Tektosilikate

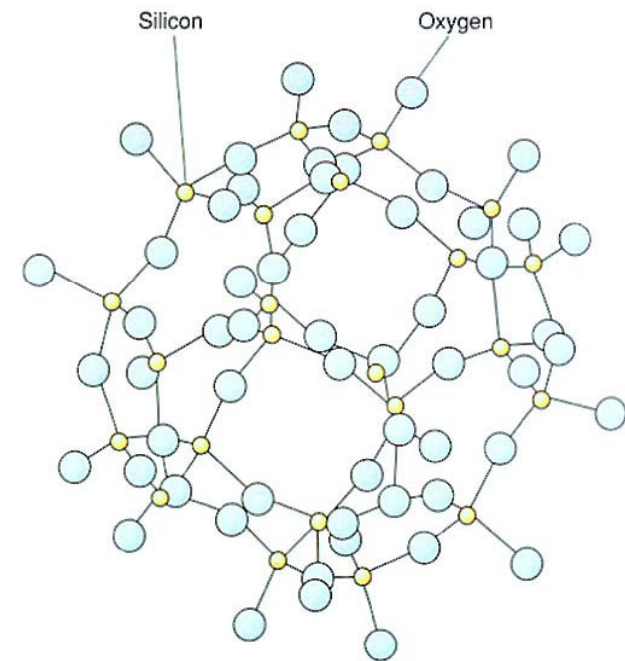
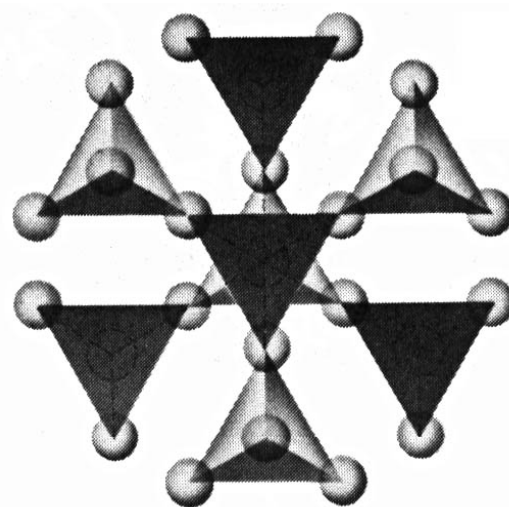
Dreidimensionale “**unendlich**” ausgedehnte Anordnung von  $[\text{SiO}_4]$  – Tetraedern.

Jedes Si-Atom teilt sich seine vier Sauerstoffatome mit jeweils vier benachbarten Si-Atomen, daraus ergibt sich die Formeleinheit  $[\text{SiO}_2]$ .

Wichtige Vertreter dieser Gruppe: **Quarz**, **Feldspäte**.



Quarz

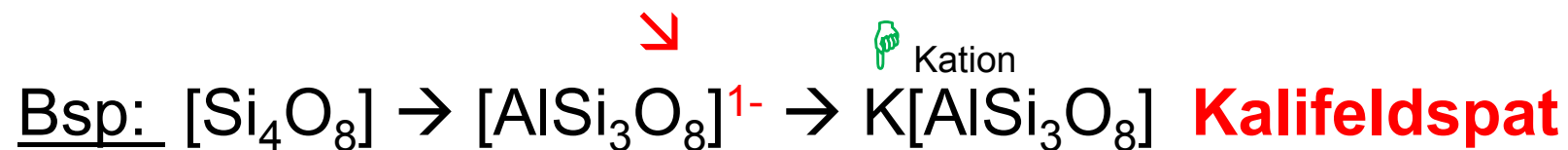


## Die wichtigsten (gesteinsbildenden) Mineralgruppen: **Silikate**

**Für alle Silikate gilt:**

Ein vierwertiges **Si-Atom**  $\text{Si}^{4+}$  kann durch ein dreiwertiges **Al-Atom**  $\text{Al}^{3+}$  ersetzt werden (**Substitution**).

Wichtig bei den Gerüstsilikaten: Nur durch Substitution von Si-Atomen durch Al-Atome ergibt sich ein **negativer Ladungsüberschuß**, der es erlaubt, **Kationen** zu binden!



Ersatz eines weiteren Si-Atoms erlaubt die Bindung von 2-wertigen Kationen:  $\text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$  **Plagioklas**

Kation 

# Die wichtigsten (gesteinsbildenden) Mineralgruppen: **Silikate**



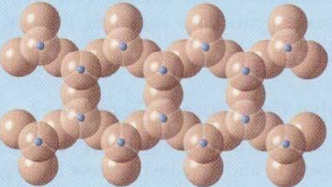
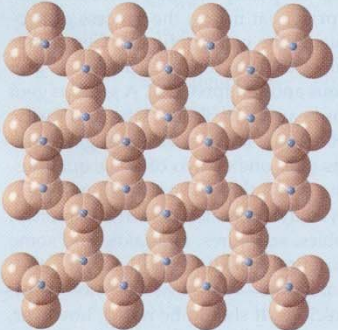

Mineral	Idealized Formula	Cleavage	Silicate Structure
Olivine	$(\text{Mg, Fe})_2\text{SiO}_4$	None	Single tetrahedron 
Pyroxene group (Augite)	$(\text{Mg, Fe})\text{SiO}_3$	Two planes at right angles	Single chains 
Amphibole group (Hornblende)	$\text{Ca}_2(\text{Fe, Mg})_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$	Two planes at 60° and 120°	Double chains 
Micas	Biotite	One plane	Sheets 
	Muscovite		
Feldspars	Orthoclase (Potassium feldspar)	Two planes at 90°	Three-dimensional networks 
	Plagioclase		
Quartz	$\text{SiO}_2$	None	

Figure 1.12 Common silicate minerals. Note that the complexity of the silicate structure increases down the chart.

# Die wichtigsten (gesteinsbildenden) Mineralgruppen: **Karbonate**

## Drei wichtig Vertreter:

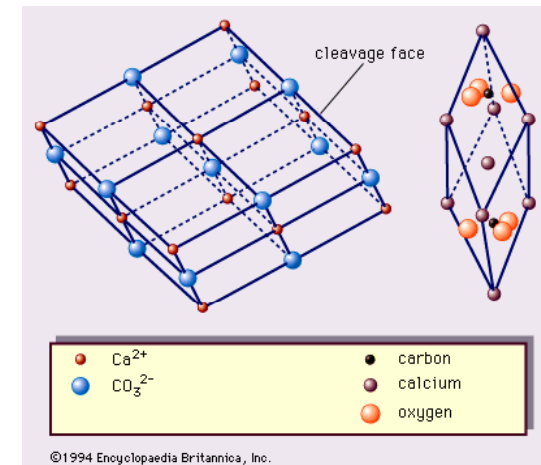
### 1. $\text{CaCO}_3$

- Trigonal als **Kalkspat** (Calcit)
- Ortho-Rhombisch als **Aragonit**

→  $\text{CaCO}_3$  ist **dimorph**,  
d.h. kann als Calcit oder  
Aragonit vorliegen  
(**Polymorphie**)



Calcitgitter



Calcit

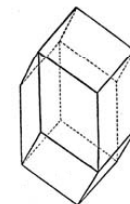


Aragonit

### 2. **Dolomit**: $\text{CaMg}[\text{CO}_3]_2$ (trigonal)

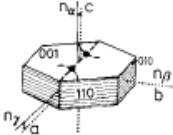
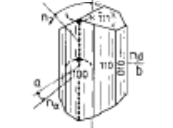
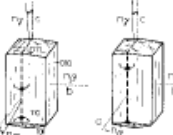
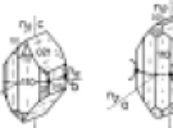
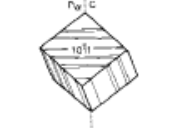
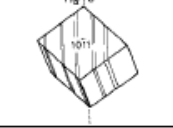


Dolomit



# Die wichtigsten gesteinsbildenden Minerale

## Dunkelglimmer – Pyroxen - Amphibol

Mineralgruppe	Mineral	Farbe	Härte	Glanz, Durchsichtigkeit	Spaltbarkeit Bruch		Bemerkungen
Glimmer	<b>Biotit</b> $K(Mg,Fe)_3(OH)_2$ $(Al,Fe)Si_3O_{10}$	schwarz, dunkel- braun	2-3	Perlmutterglanz, durchschei- nend	5 (höchst voll- kommen), glatt		blättrig
Pyroxene	<b>Augit</b> $Ca(Mg,Fe)Si_2O_6$	schwarz, grünlich- schwarz	5-6	Glasglanz, undurchsichtig	2-3 (mäßig - gut), stufig (90°)		häufig gedrungener Habitus und matte- re Bruchfläche als Amphibole
Amphibole	<b>Hornblende</b> $Ca_2(Mg,Fe)_5$ $(OH)_2Si_8O_{22}$	schwarz, grünlich- schwarz	5-6	Glasglanz, undurchsichtig	4 (vollkommen), glatt (120°)		häufig nadeligerer Habitus als Pyro- xene
	<b>Olivin</b> $(Mg,Fe)_2SiO_4$	flaschen- grün	6-7	Glasglanz, durchschei- nend	2-3 (mäßig - gut), stufig		
	<b>Calcit</b> $CaCO_3$	farblos, weiß, ge- färbt	3	Glasglanz, durchsichtig - undurchsichtig	5 (höchst voll- kommen), glatt		in HCl (10%) kräftige Reaktion
	<b>Dolomit</b> $CaMg(CO_3)_2$	farblos, weißgrau, gelb	3,5-4		4 (vollkommen), muschlig		in HCl (10%) schwache Reaktion, Magneson-Test!

Magneson II –Test: Magnesium reagiert mit dem Azofarbstoff Magneson II zu blauem Farblack

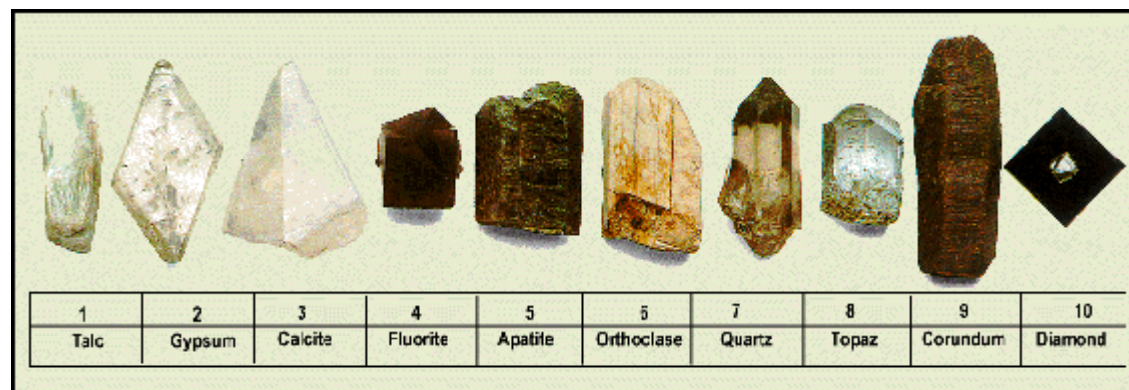
# Die wichtigsten gesteinsbildenden Minerale

## Quarz – Feldspat – Foid - Hellglimmer

Mineralgruppe	Mineral	Farbe	Härte	Glanz, Durchsichtigkeit	Spaltbarkeit, Bruch	Kristallform	Bemerkungen
	<b>Quarz</b> $\text{SiO}_2$	farblos, weiß	7	Fettglanz, durchsichtig	0 (ohne), muschlig, uneben		
Feldspäte	<b>Orthoklas</b> $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$	rötlich, gelb, weiß	6	Glasglanz, undurchsichtig	3-4 (gut – vollkommen), glatt (90°)		häufig Verzwillingung nach Karlsbader Gesetz
	<b>Plagioklas</b> Ab: $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ An: $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$	weiß, grünlich	6	Glasglanz durchscheinend	4 (vollkommen), glatt		häufig polysynthetische Zwillingbildungen
Feldspatvertreter	<b>Leucit</b> $\text{KAlSi}_2\text{O}_6$	weiß, grau	5-6	Mattglanz undurchsichtig	0 (ohne), muschlig, uneben		tritt nicht gemeinsam mit Quarz auf
	<b>Nephelin</b> $\text{NaAlSiO}_4$	farblos, weiß	5-6	Glasglanz, wasserklar-undurchsichtig	0-1 (undeutlich), stufig		tritt nicht gemeinsam mit Quarz auf
Glimmer	<b>Muskovit</b> $\text{KAl}_2(\text{OH})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}$	farblos, silbrig, weiß	2-3	Perlmutterglanz, durchsichtig	5 (höchst vollkommen), glatt		blättrig
	<b>Serizit</b>	silbrig, weiß, hellgrün	2-3	Perlmutterglanz, durchscheinend	5 (höchst vollkommen), glatt		blättrig, feinschuppig

# Minerale und ihre Kristallsysteme

Kristallsystem (Abteilungszahl)	Achsenkreuz	Hauptparameter und Interaxialwinkel	Einige charakteristische Kristallformen
triklin (2)		$a \neq b \neq c$ $\alpha \neq \beta \neq \gamma \neq 90^\circ$	Albit, Disthen, Chalkanthit, Sassolin, Rhodonit
monoklin (3)		$a \neq b \neq c$ $\alpha = \gamma = 90^\circ$ $\beta \neq 90^\circ$	Gips, Realgar, Melanterit, Augit, Orthoklas
orthorhombisch (3)		$a \neq b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Schwefel, Cerussit, Olivin, Eusphenit, Baryt
tetragonal (7)		$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Rutil, Zirkon, Chalkopyrit, Skapolit, Apophyllit
hexagonal (7)		$a_1 = a_2 = a_3 \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma = 120^\circ$	Beryll, Apatit, Vanadinit, Nephelin, Pyrrhotin
rhombsch (5)		$a = a_1 = a_2 = a_3$ $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 \neq 90^\circ$	Calcit, Cinnabarit, Quarz, Aragonit, Turmalin
kubisch (5)		$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$	Galenit, Magnetit, Pyrit, Almadin, Tetraedrit



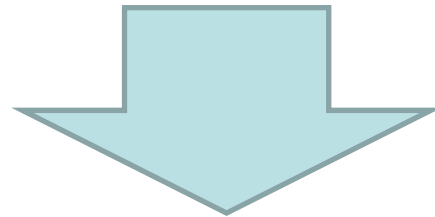
Mineral	Mohs relative Härte	Ritzprobe	Rosiwal absolute Härte	Vickers $kp / mm^2$
Talk	1	mit Fingernagel schabbar	0,03	2,4
Gips	2	mit Fingernagel ritzbar	1,25	36
Calcit	3	mit Kupfermünze ritzbar	4,5	109
Fluorit	4	mit Messer leicht ritzbar	5	189
Apatit	5	mit Messer noch ritzbar	6,5	536
Orthoklas	6	mit Stahlfeile ritzbar	37	795
Quarz	7	ritzst Fensterglas	120	1.120
Topas	8	ritzst Quarz	175	1.427
Korund	9	ritzst Topas	1.000	2.060
Diamant	10	ritzst Korund	140.000	10.060

## Latest news....

---

→ Die Skripte zu den Übungen sind HIER zu finden ←

<http://www.geo.tu-freiberg.de/tektono/privatesites/pfaender/index.html>  
*in der Rubrik „Teaching“*



Übungen: **"Einführung in die Geowissenschaften"** (TU Freiberg, since 10/2004)

Download overheads of [Chapter 1](#) (Introduction & Magmatic rocks)

Download overheads of [Chapter 2](#) (Sedimentary rocks)

Download overheads of [Chapter 3](#) (Metamorphic rocks)

Übungen: **"Einführung in die Geowissenschaften"** (Kurs P. Maissenbacher)

Download overheads of [Chapter 1](#) (Introduction & Magmatic rocks)

Download overheads of [Chapter 2](#) (Sedimentary rocks)

Download overheads of [Chapter 3](#) (Metamorphic rocks)

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung



## Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung – magmatische Gesteine

---

### Diese Woche.....

- Wo entstehen magmatische Gesteine?
- Gefüge magmatischer Gesteine
- Einteilung der magmatischen Gesteine anhand ihres  $\text{SiO}_2$ - Gehalts
- Diagramm “magmatische Gesteine –  $\text{SiO}_2$ -Gehalt – Mineralbestand (felsisch und mafisch)
- QAPF – bzw. Streckeisendiagramme
- Intermediäre bis felsische magmatische Gesteine und deren Mineralbestand

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

Magmatische Gesteine  
(Magmatite)

Metamorphe Gesteine  
(Metamorphite)

Entstehen aus  
anderen Gesteinen

Vulkanite

Plutonite

Schnelle  
Abkühlung

Langsame  
Abkühlung



Basalt



Granodiorit

Sedimentgesteine  
(Sedimente)

z.B. Kalkstein, Tonstein, Sandstein

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine



Eruption von Magma

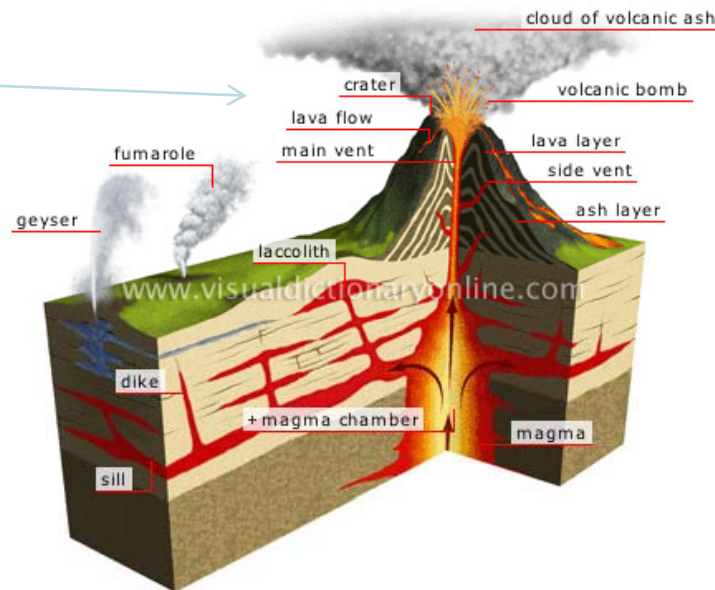


Lava



Basalt

**Vulkanite**



! Schnelle Abkühlung !

Kleine Kristalle



Obsidian



Lapilli

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine



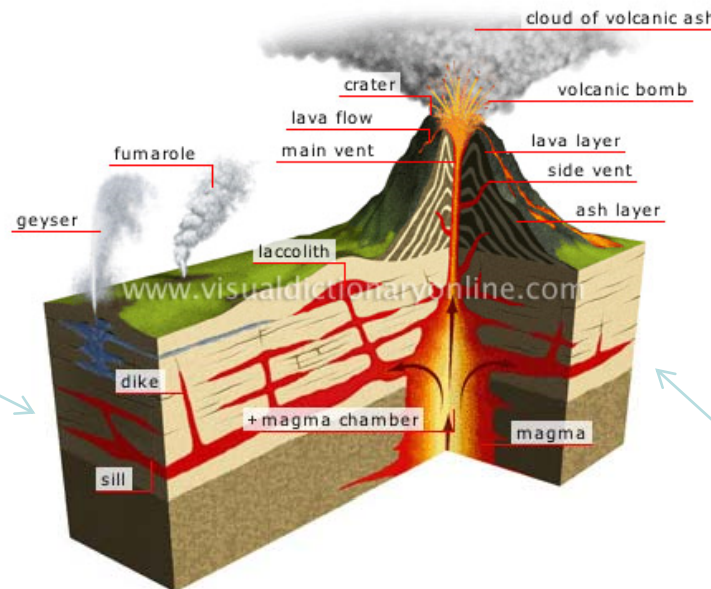
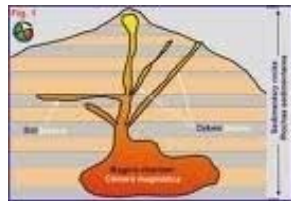
Intrusivkörper - Pluton



Granitischer Gang



Granit



Gabbro



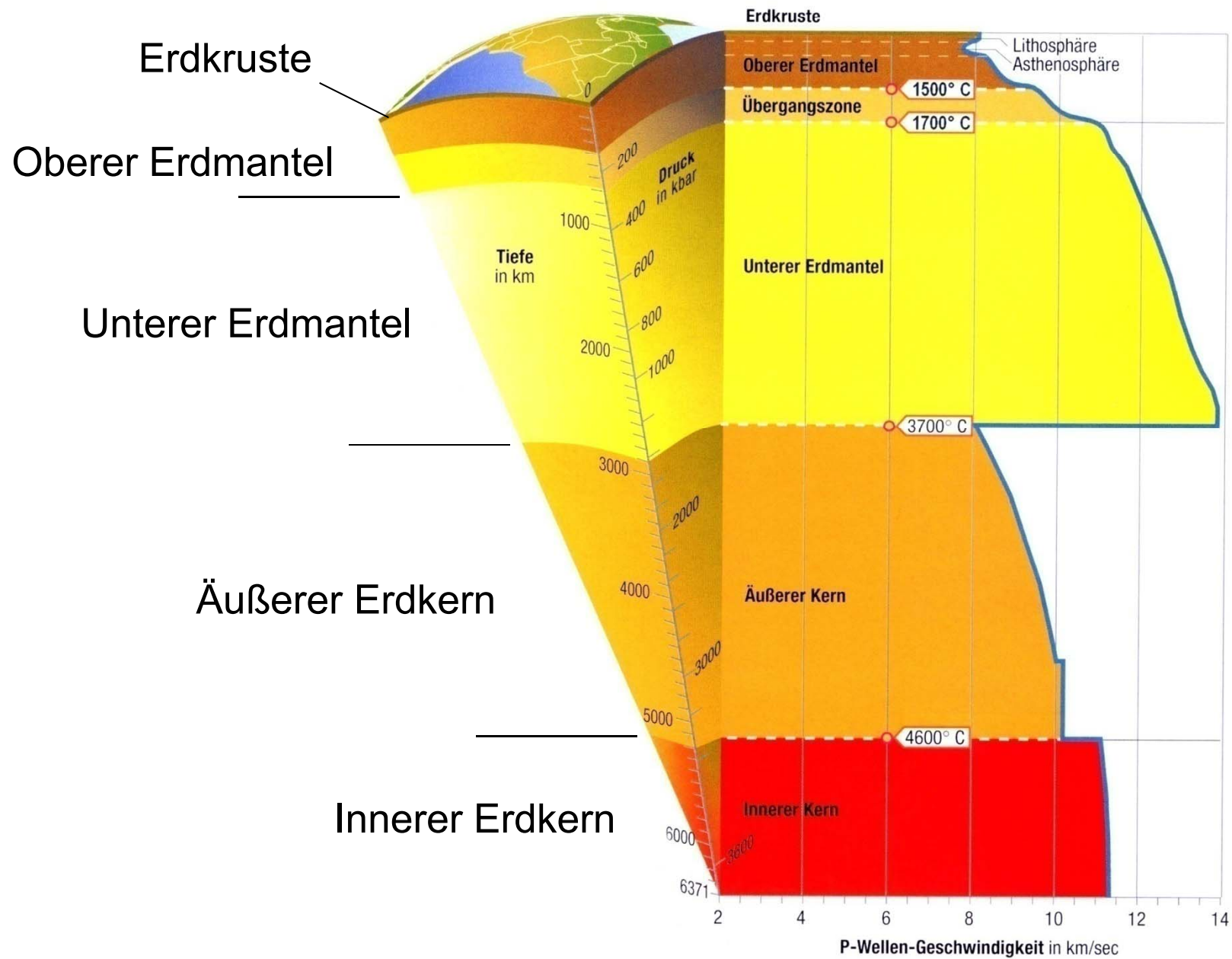
Intrusive rocks

**Plutonite**

! Langsame Abkühlung !

Große Kristalle

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine



# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

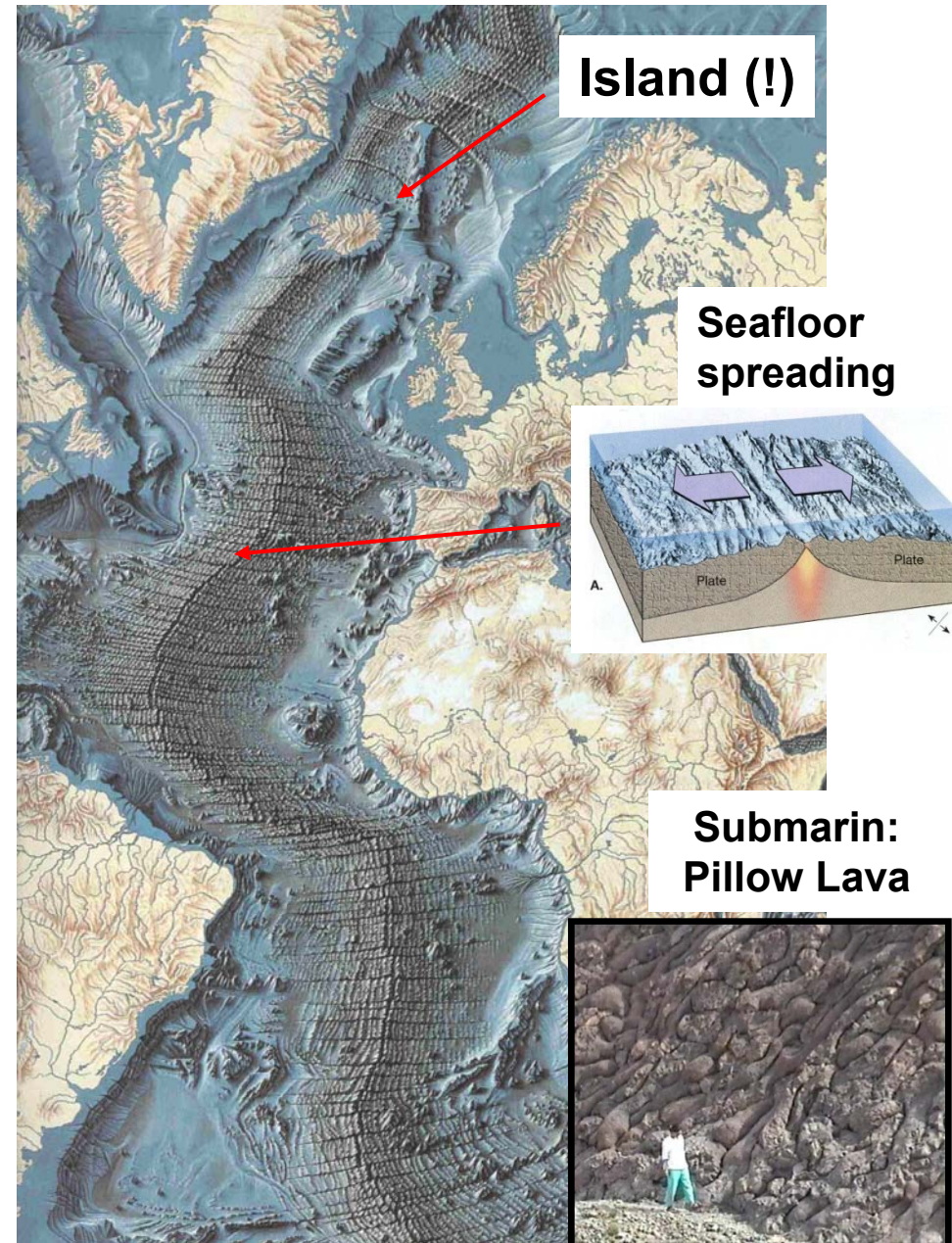
## Mittelatlantischer Rücken

### Submarine "Vulkankette" !

An den mittelozeanischen Rücken entstehen, global gesehen, über 90% aller **magmatischen** Gesteine (mit i.W. "basaltischer" Zusammensetzung)

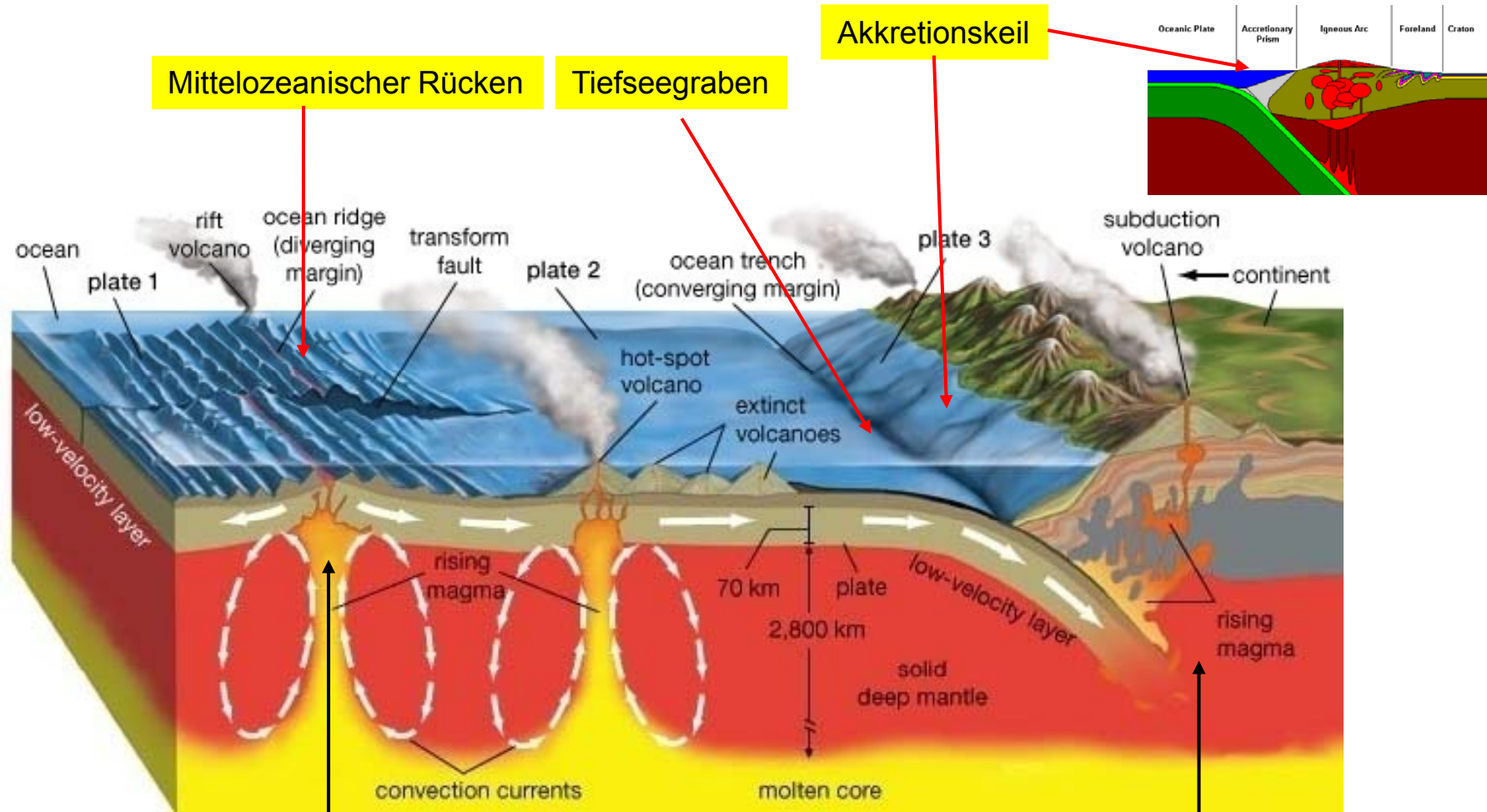


Spalteneruption auf Island



# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Mittelozeanischer Rücken & Subduktionszone



Divergierende Platten

Subduktionsvulkanismus

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

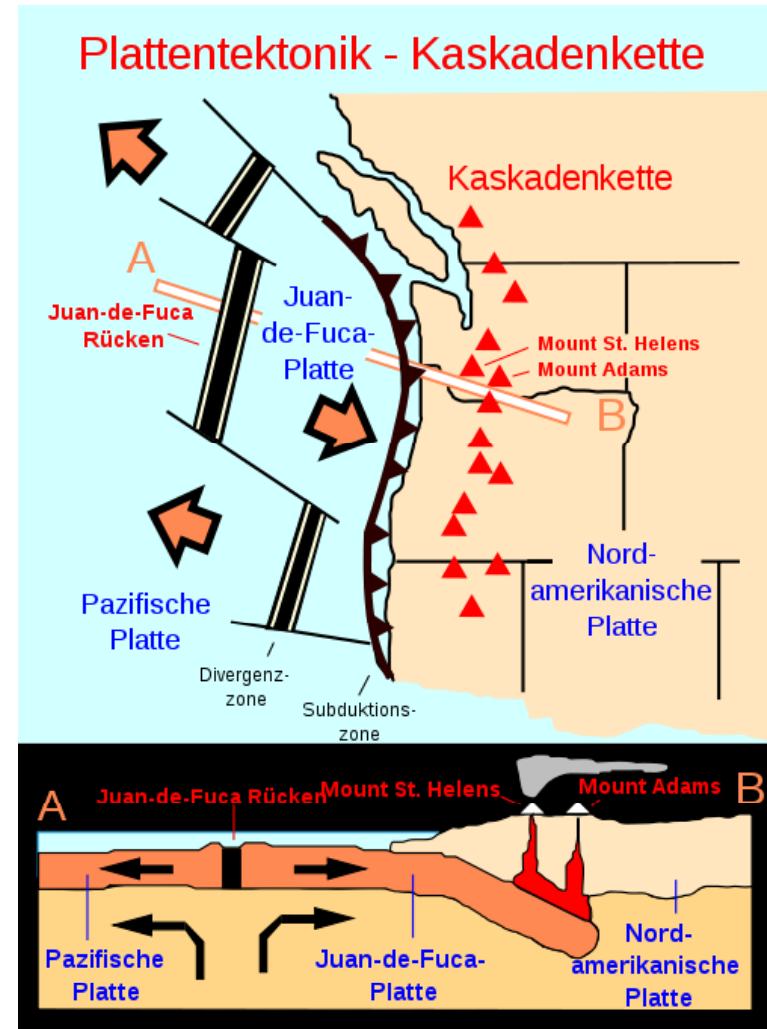
## Mittelozeanischer Rücken & Subduktionszone



Mount Saint Helens

### Subduktionsvulkanismus:

Heftige plinianische Eruption des Mt. Saint Helens  
Mai 1980



Divergierende Platten

## Wo entstehen nun magmatische Gesteine ??

- An mittelozeanischen Rücken: Island
- Über Subduktionszonen: Mt. St. Helens
- Über hotspots: Hawaii-Inselkette

Spalteneruption auf Island



Submarin entstandene Kissenlaven Oman



# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Silikatische Magmatite

...werden anhand ihres  $\text{SiO}_2$ -Gehalts unterteilt in:

$\text{SiO}_2 < 45\%$ : ultramafisch ("ultrabasisch")  
Fe-Mg-reiche Gesteine



Dunit

$\text{SiO}_2 = 45 - 52\%$ : mafisch ("basisch")  
Fe-Mg-reiche Gesteine



Basalt

$\text{SiO}_2 = 52 - 66\%$ : intermediär



Andesit

$\text{SiO}_2 > 66\%$ : felsisch ("sauer")  
Fe-Mg arm,  
reich an K, Na, Al und  $\text{SiO}_2$



Rhyolith

Felsisch – felsic - **F**eldspar-**S**ilica

mafisch – mafic - **M**agnesium - **F**erric

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Gefüge magmatischer Gesteine

- Grobkörniges Gefüge (grobkristallin):

→ langsame Abkühlung → Plutonite →



Granit

- Feinkörniges Gefüge (feinkristallin):

→ schnelle Abkühlung → Vulkanite



Dazit

- Glasiges Gefüge (amorph oder mikrokristallin):

→ extrem schnelle Abkühlung,  
z.B. Obsidian →



Obsidian

- Porphyrisches Gefüge:

→ große Kristalle (idiomorph,  
„Einsprenglinge“) in feinkristalliner  
Grundmasse



porphyrisches Gefüge

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Gefüge magmatischer Gesteine

- Blasiges Gefüge:

→ gasreiche Magmen → Druckentlastung  
führt zu Blasenbildung (Hohlräume)

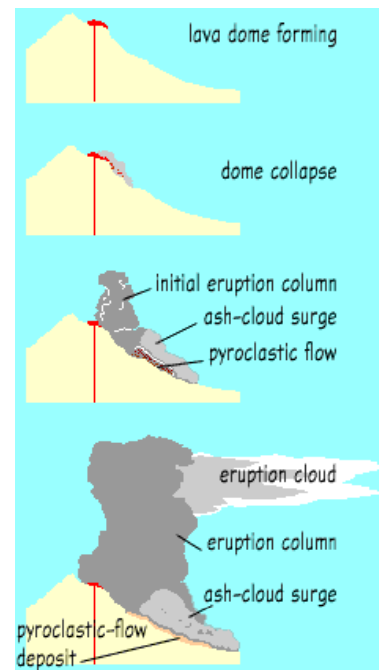
→ oft mit Sekundärmineralisation (Calcit, Zeolithe: **Melaphyr, Mandelstein**)



Blasiger, rezenter Basalt  
vom Ätna, Sizilien



“Gesteinsschaum”  
= **Bims**  
engl. pumice



Pyroklastischer Strom

## Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

---

### Magmatische Gesteine: Gefüge magmatischer Gesteine

- Fluidalgefüge (= Fluidaltextur):
  - Fließgefüge bei sehr zähflüssigen (also  $\text{SiO}_2$ -reichen) Laven



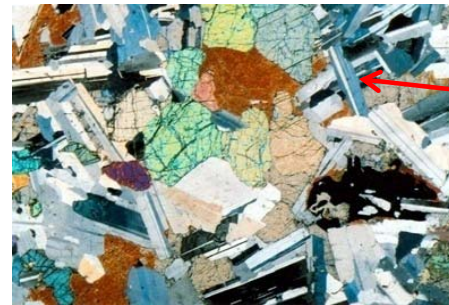
# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Gefüge magmatischer Gesteine

- Ophitisches Gefüge der Diabase (Paläobasalte)  
→ Plagioklasleisten in einer Matrix aus grobkristallinen Pyroxenen



Plagioklasleisten in Olivindiabas



Dünnschliffbild

Plagioklas-Leisten



Diabas

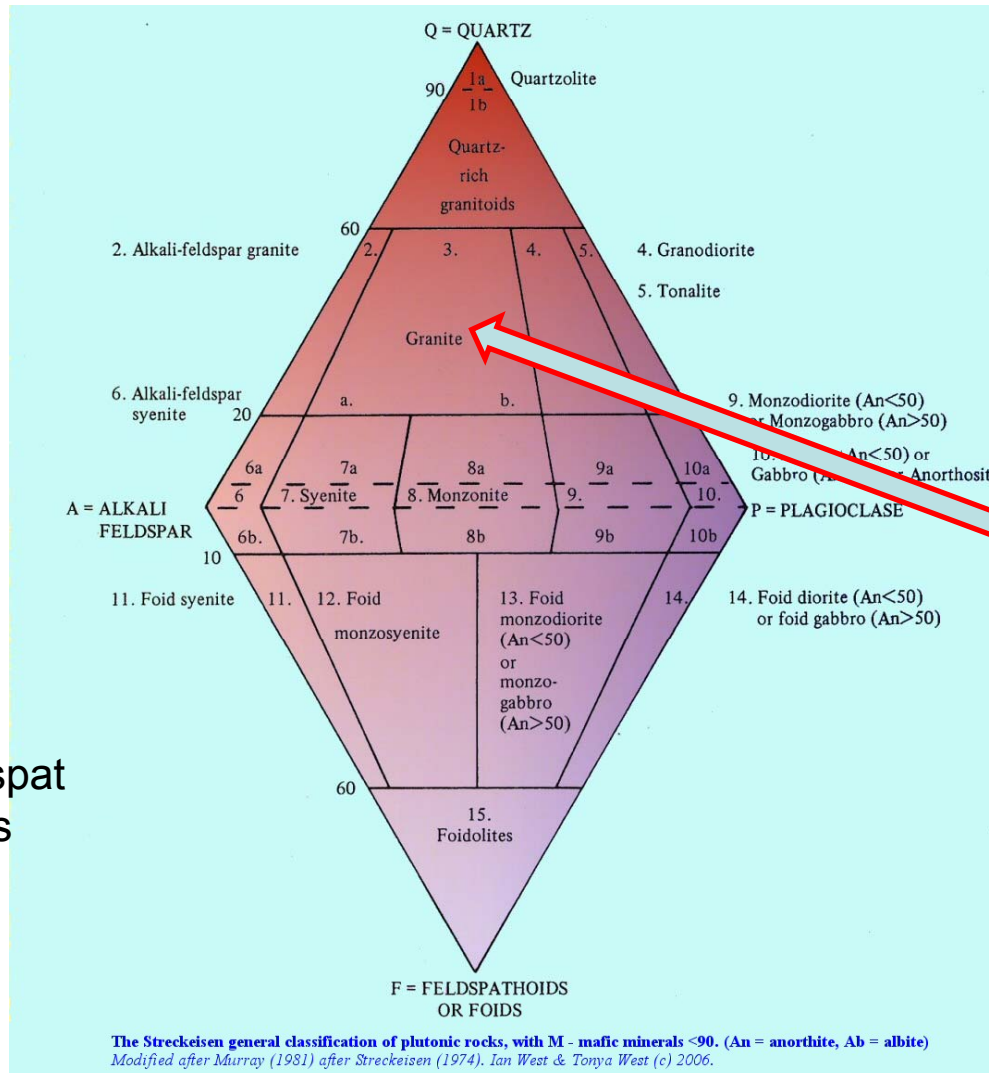
# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Klassifikation nach Streckeisen: Intermediäre bis felsische Magmatite

### Plutonite

#### QAPF – Diagramm

Q = Quarz  
 A = Alkalifeldspat  
 P = Plagioklas  
 F = Foide



Intermediär:  
 52 – 66 % SiO<sub>2</sub>

Felsisch:  
 > 66% SiO<sub>2</sub>

Granit –  
 > 65 % SiO<sub>2</sub>

Frage:  
 Vulkanisches  
 Äquivalent dazu??

Streckeisen-Nomenklatur: (nicht für mafische und ultramafische Gesteine!!!!)

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Intermediäre bis felsische magm. Gest.

### Streckeisen-Diagramm ist möglich, weil:

Foide und freier Quarz können nicht nebeneinander existieren:  
Bsp.:

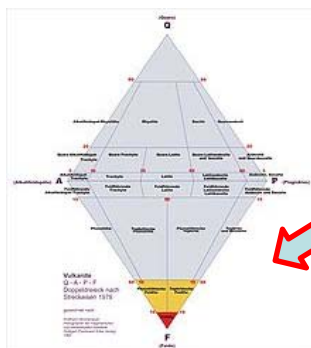


Leucit

Kalifeldspat



→ **Foide** ersetzen in  $\text{SiO}_2$ - untersättigten Schmelzen einen Teil der Feldspäte:



Foide

**Foide = Feldspatvertreter**

**Gesteine: Syenit, Trachyt, Phonolith**

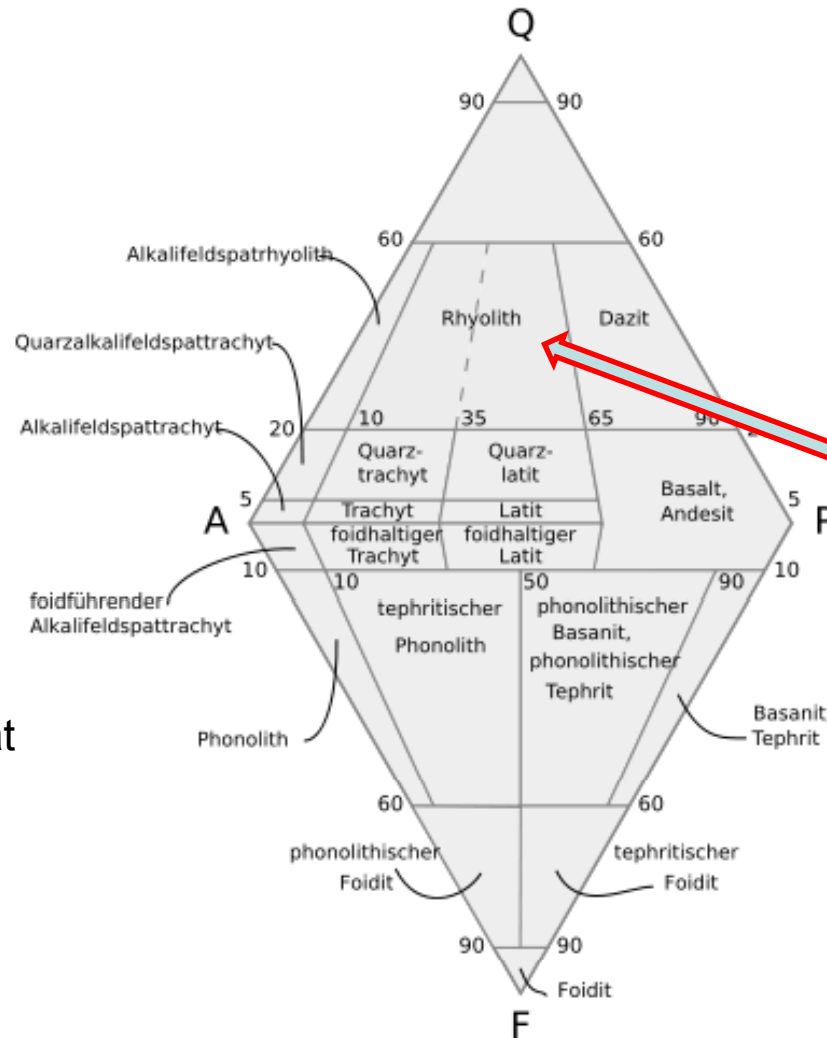
# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Klassifikation nach Streckeisen: Intermediäre bis felsische Magmatite

### Vulkanite

#### QAPF – Diagramm

Q = Quarz  
A = Alkalifeldspat  
P = Plagioklas  
F = Foide



Intermediär:  
52 – 66 % SiO<sub>2</sub>

Felsisch:  
> 66% SiO<sub>2</sub>

Rhyolith –  
> 65 % SiO<sub>2</sub>

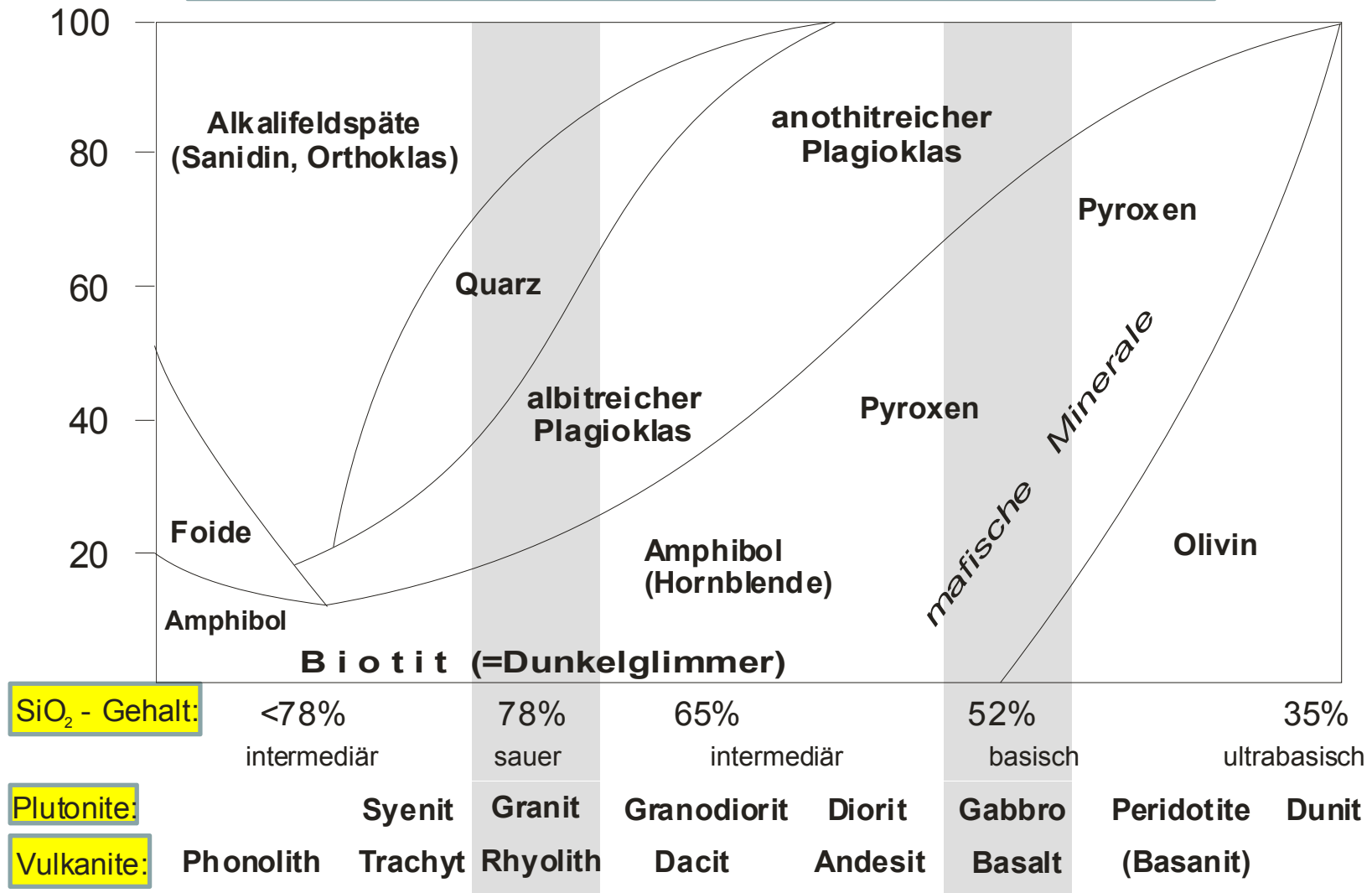
Frage:  
Plutonisches  
Äquivalent dazu??

Streckeisen-Nomenklatur: (nicht für mafische und ultramafische Gesteine!!!!)

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## ÜBERBLICK über die wichtigsten Gesteine

### Vereinfachte Übersicht über die magmatischen Gesteine

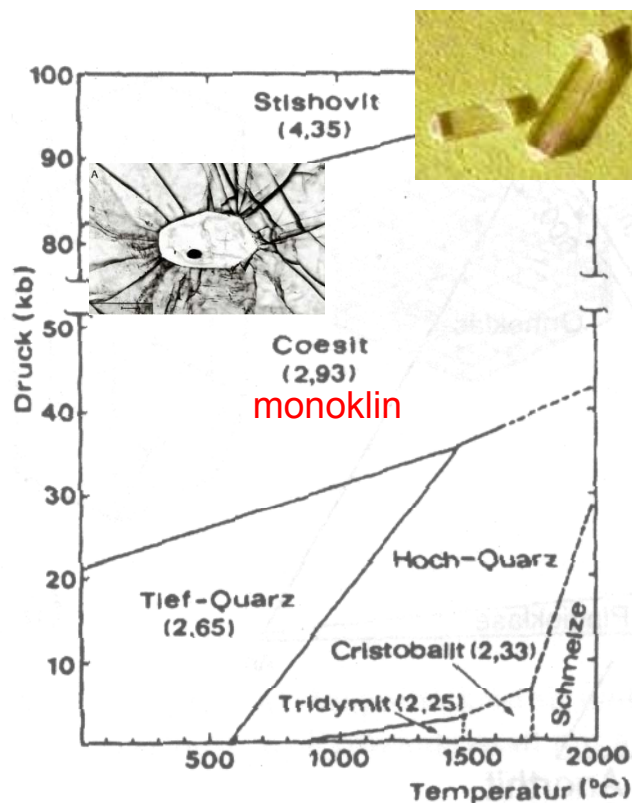


# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Die wichtigsten felsischen Minerale

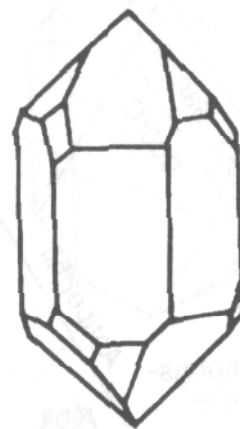
**Quarz** ( $\text{SiO}_2$ , Gerüstsilikat, Härte = 7)

muscheliger Bruch, fettiger Glanz, durchsichtig klar bis leicht trüb, härter als Stahl, in Gesteinen meist xenomorph da spätkristallisierende Phase

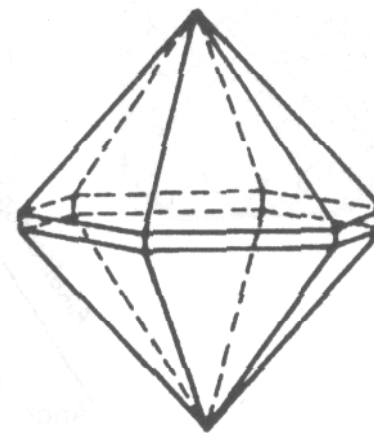


Steigende Temperaturen

Umwandlung



Tiefquarz  
(trigonal)



Hochquarz  
(hexagonal)



Tridymit



Cristobalit in  
Obsidian

## Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

---

### Magmatische Gesteine: Die wichtigsten felsischen Minerale

#### Feldspat Gruppe (Härte = 6)

Monokline oder trikline Gerüstsilikate.

Unterschieden werden **Alkalifeldspäte** (monoklin und triklin; Sanidin, Orthoklas, Mikroklin, Albit) und Feldspäte der **Plagioklas Reihe** (triklin; Albit, Oligoklas, ).

Alle Feldspäte lassen sich als **Mischkristalle** der Endglieder **Orthoklas**, **Albit** und **Anorthit** darstellen.

Nomenklatur & Zusammensetzung  
der Feldspäte:

**ternäres Feldspatsystem**

(nächste Folie!)

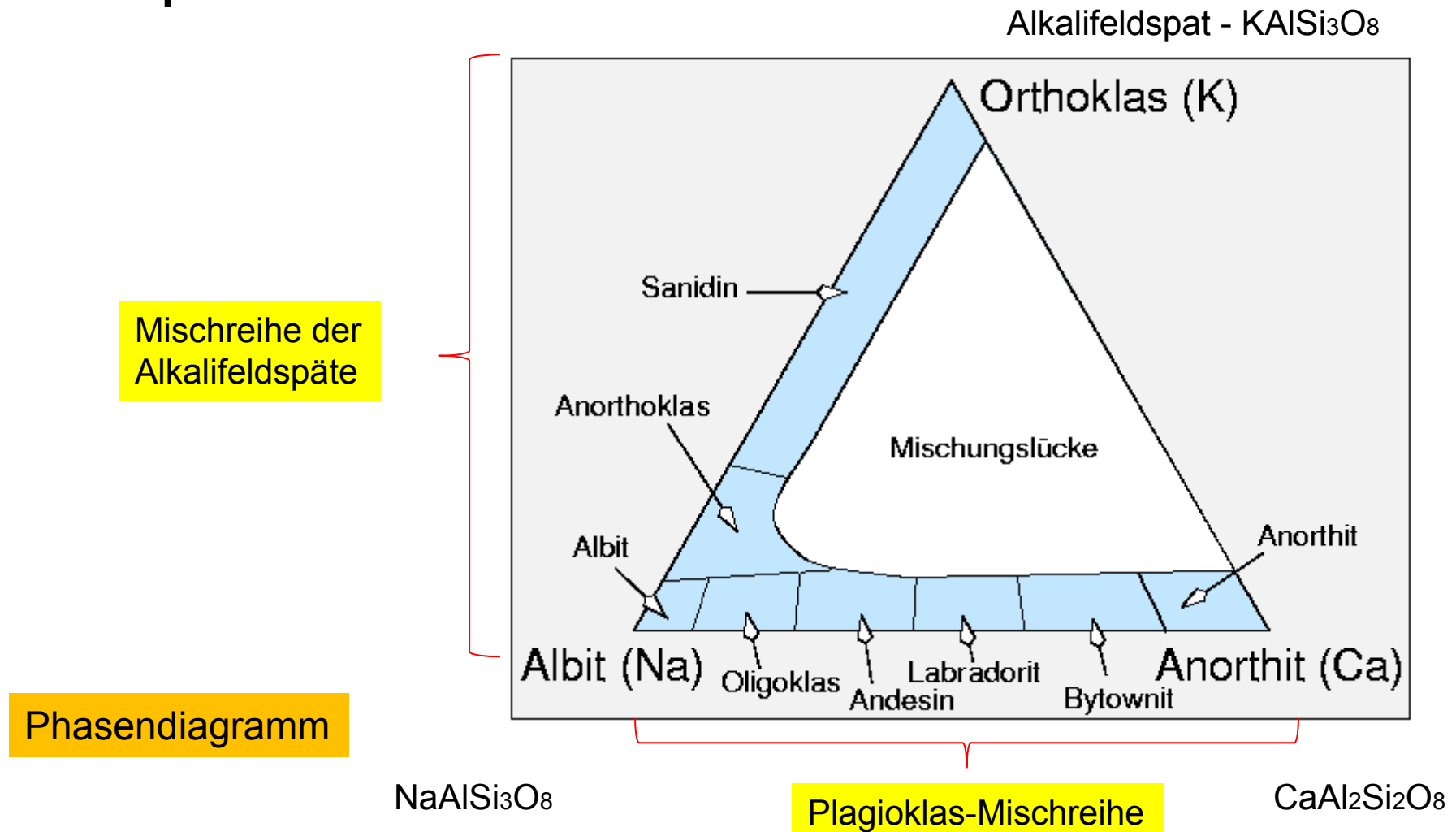


Perthitische Entmischung bei AFsp

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Die wichtigsten felsischen Minerale

### Feldspäte sind Mischkristalle



# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

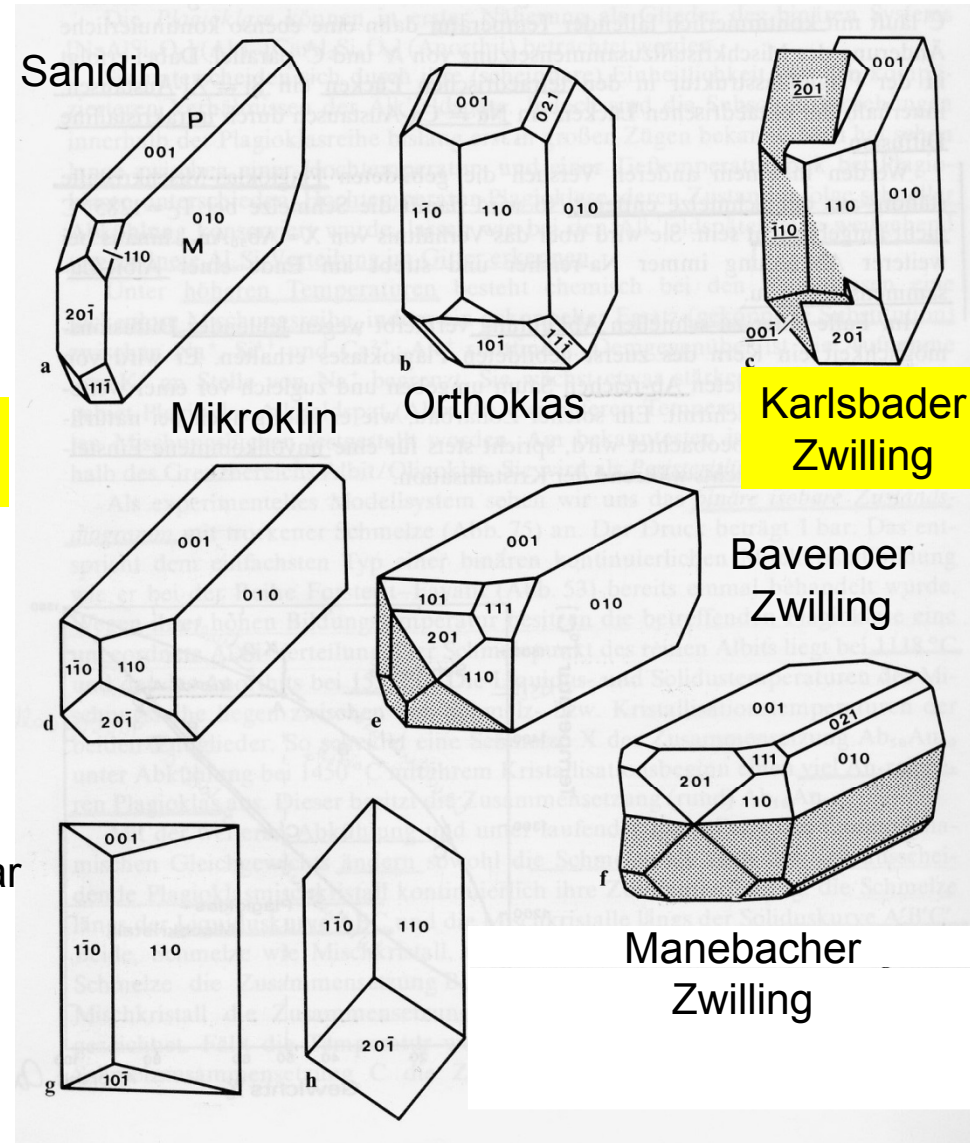
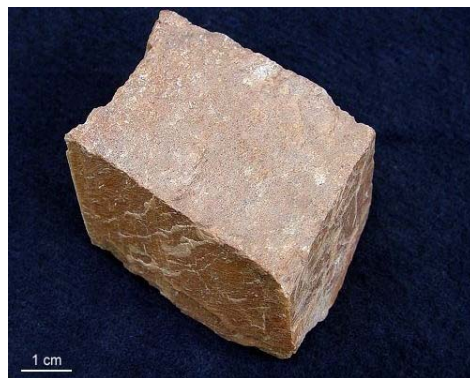
## Magmatische Gesteine: Die wichtigsten felsischen Minerale

**Feldspat Gruppe**  
Alkalifeldspäte  
Kristallformen & Zwillingsbildung



Karlsbader Zwillinge

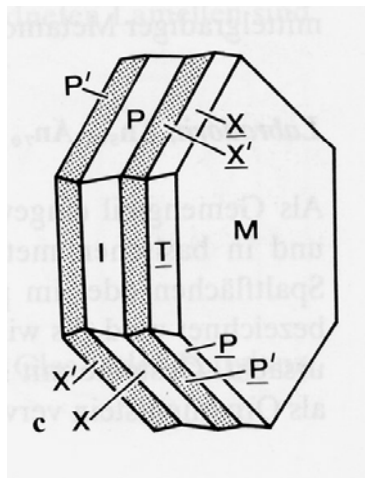
© 2007 Walter de Gruyter, Riedel/Janiak: Anorganische Chemie.



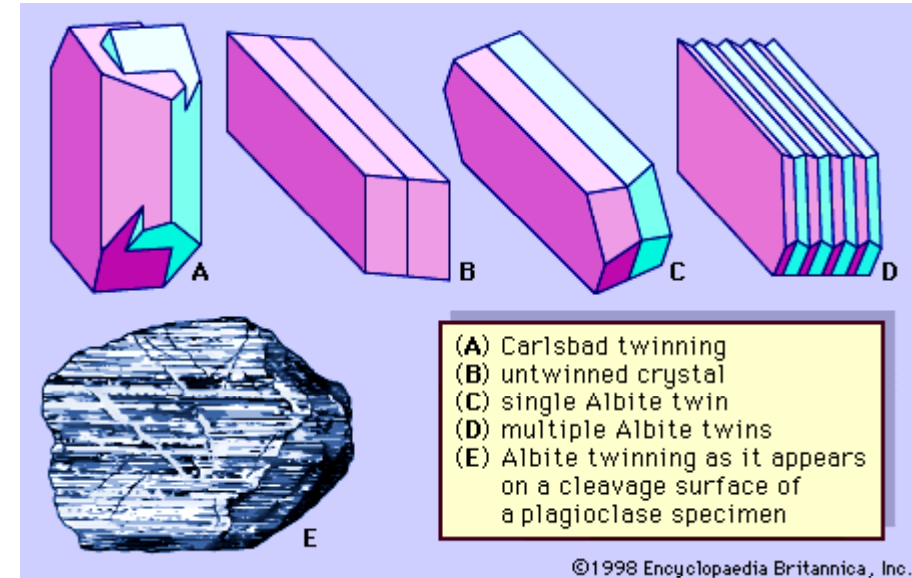
# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Die wichtigsten felsischen Minerale

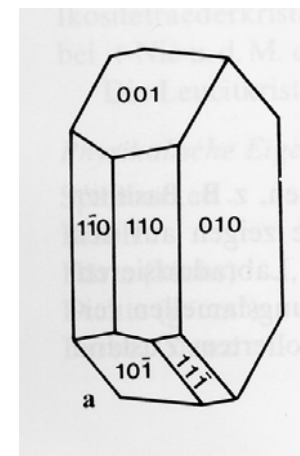
### Feldspat Gruppe Plagioklas-Reihe Kristallformen & Zwillingsbildung



Plagioklas ist typischerweise **zoniert**, mit *anorthitreichem Kern* und *albitreichem Rand*.



### Albit



# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Die wichtigsten Minerale

**Glimmer-Gruppe** (Schichtsilikate, Härte = 2-3)

Glimmer gehören zu den **Dreischichtsilikaten**.

Typisch ist die *perfekte Spaltbarkeit* entlang der Gitterebenen, *Perlmutterglanz* sowie eine *geringe Ritzhärte* von 2-3.

Man unterscheidet die dunklen, Mg-Fe-reichen Glimmer (**Dunkelglimmer**), und die hellen, Al-reichen Glimmer (**Hellglimmer**), die fast **nur** in Metamorphiten vorkommen.

Wichtige Vertreter sind:

Biotit (Dunkelglimmer):  $K(Mg,Fe)_3[(OH)_2AlSi_3O_{10}]$

Muskovit (Hellglimmer):  $KAl_2[(OH)_2AlSi_3O_{10}]$

Phlogopit (gelblich-braun bis grünlich):  $KMg_3[(OH)_2AlSi_3O_{10}]$



Muskovit



Biotit



Phlogopit



# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Die wichtigsten Minerale

### Foide (Feldspatvertreter) I

Alkali-Aluminium-Silikate

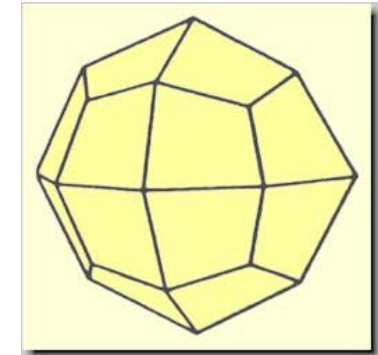
Wichtige Vertreter sind:

► **Leucit:**  $K[AlSi_2O_6]$  (H = 6.5 - 7)

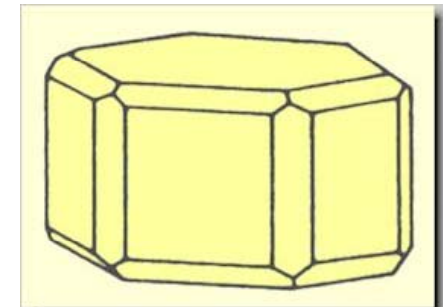
Die **HT-Modifikation** von Leucit ist kubisch, oft als **Ikositetraeder**, **LT-Modifikation** tetragonal. Leucit kommt v.a. in SiO<sub>2</sub>-untersättigten vulkanischen Gesteinen vor, ist oft weißlich und hat fettigen Glanz.

► **Nephelin:**  $(Na,K)[AlSiO_4]$

Hexagonal, H=6.5-7. Ebenfalls fettiger Glanz, verschiedene Färbungen: weiß, grau, bräunlich. Muscheliger Bruch (wie Quarz!)



Typischer Habitus von Leucit



Nephelin

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Die wichtigsten Minerale

### Foide (Feldspatvertreter) II

► Sodalith-Reihe:

**Sodalith:**  $\text{Na}_8[\text{Cl}_2/(\text{AlSiO}_4)_6]$

**Nosean:**  $\text{Na}_8[\text{SO}_4/(\text{AlSiO}_4)_6]$

**Haüyn:** Nosean + Ca

Sodalith-Foide sind typisch für  $\text{SiO}_2$ -untersättigte Magmen mit **Na-Überschuss**, meist **idiomorph**, nur in Plutoniten xenomorph. Nosean ist meist farblos bis graubraun, Haüyn oft blau.

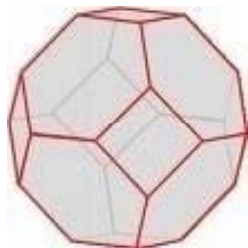
Sodalith



Photo: Kristina Waz

Haüyn

Haüyn in Bims



Sodalith-Reihe



Nosean

Hackmanite



daylight



Photos: Michael C. Roarke

LW UV



SW UV

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Die wichtigsten Minerale

### Amphibol- Gruppe (H=6, meist monoklin, selten rhombisch)

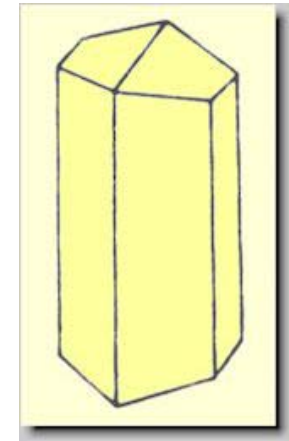
Wichtige Vertreter sind:

**Tremolit:**  $\text{Ca}_2\text{Mg}_5[(\text{OH})_2\text{Si}_8\text{O}_{22}]$

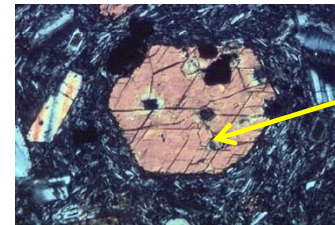
**Aktinolith:**  $\text{Ca}_2(\text{Mg,Fe})_5 [(\text{OH})_2\text{Si}_8\text{O}_{22}]$

**Hornblende:**  $(\text{Ca,Na})_2(\text{Mg,Fe,Al})_5(\text{Al,Si})_8\text{O}_{22} (\text{OH})_2$

Tremolit



Aktinolith



Hornblende  
im  
Dünnschliff

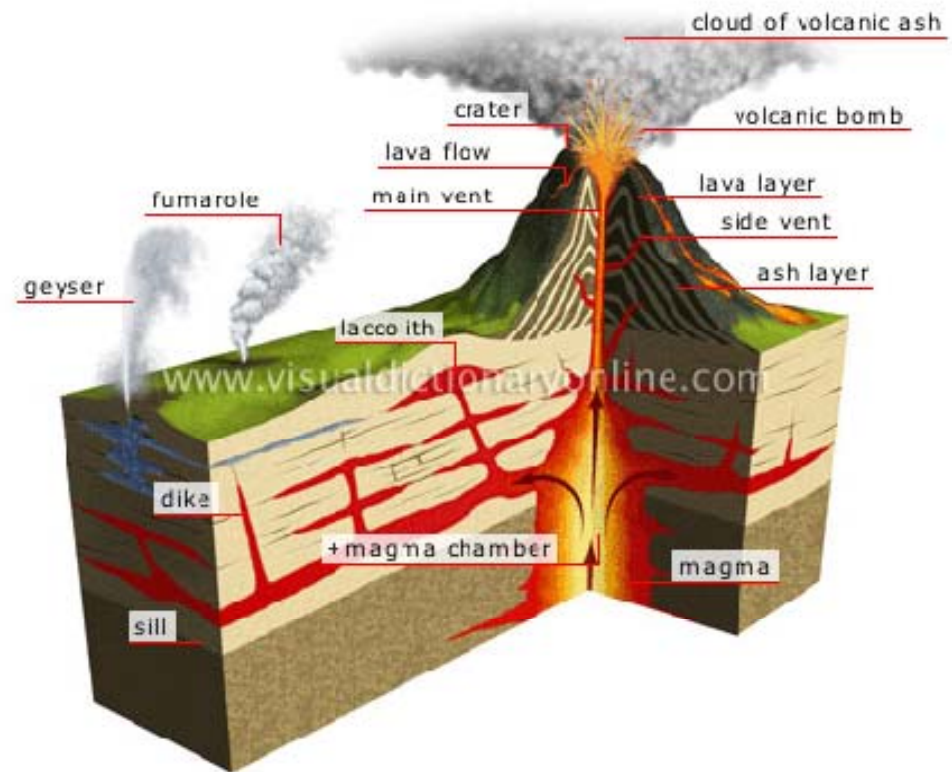


Hornblende

**Hornblenden** sind die am weitesten verbreiteten Amphibole, ihr Chemismus schwankt sehr stark. Nach ihrer Zusammensetzung und Färbung unterscheidet man z.B. die **grüne („gemeine“)** Hornblende oder die **braune Hornblende**

# Diese Woche.....

- mafische und ultramafische Gesteine
- Entstehung von Schmelzen



## Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

### Magmatische Gesteine: Mafische & ultramafische magm. Gest.

**Mafische** und **ultramafische Gesteine** sind solche mit einem Gesamt-SiO<sub>2</sub>-Gehalt von weniger als 52%.

Diese Gesteine enthalten normalerweise keinen **freien Quarz** mehr, die dominierenden Phasen sind die mafischen Minerale **Olivin**, **Pyroxen** (Ortho- und Klinopyroxen) und **Spinell**.



In mafischen Gesteinen findet sich als einziges felsisches Mineral **Plagioklas**, ultramafische Gesteine sind i.Allg. Plagioklas-frei.



**Peridotit**

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Mafische & ultramafische magm. Gest.

**Olivin** (Formel:  $(\text{Mg,Fe})_2[\text{SiO}_4]$ , rhombisch, H=6)

► Binärer Mischkristall aus den Endgliedern:

**Forsterit:**  $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$  und **Fayalit:**  $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$

**Farbe: meist grün. Muscheliger Bruch, keine Spaltbarkeit.**

Olivin ist wesentlicher Bestandteil der **Gesteine des Erdmantels**. Mehr als 90% Olivin: Dunit  
Außerdem als **Einsprengling** in vielen Basalten (Frühkristallinat).

Formal gilt:  $\text{Ol} + \text{SiO}_2 \rightarrow \text{Opx}$ ,  
d.h. Olivin koexistiert nur in metastabilen Zuständen mit freiem Quarz  
(z.B. in manchen Eklogiten).



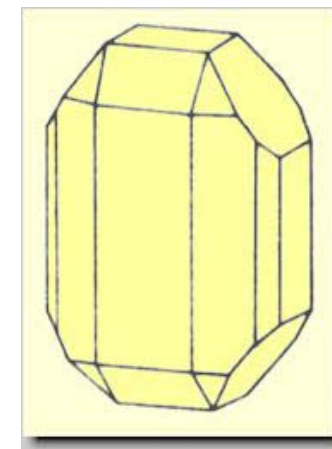
Forsterit



Fayalit



Olivin



Habitus:  
prismatisch

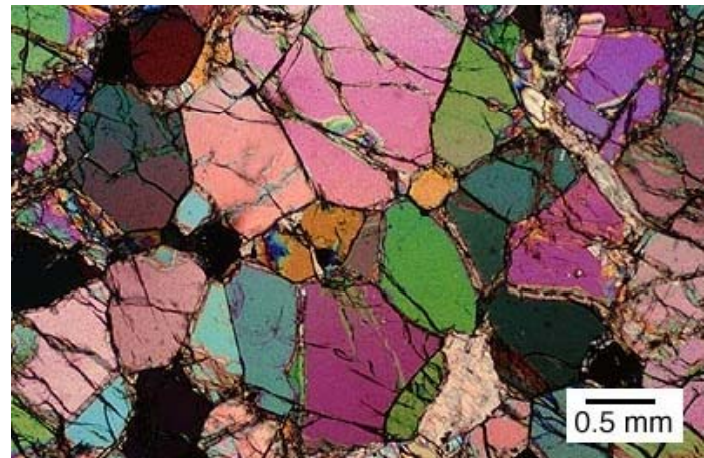
Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

**Magmatische Gesteine: Mafische & ultramafische magm. Gest.**

**Olivin** als **Einsprengling** in vielen Basalten (Frühkristallisit):



Olivinbasalt



Olivin Einsprenglinge in einem Dunit



Dunit

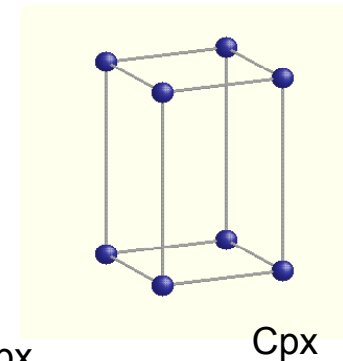
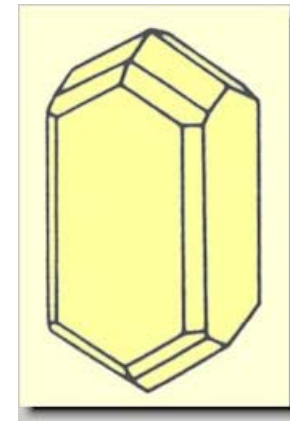
## Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

### Magmatische Gesteine: Mafische & ultramafische magm. Gest.

**Pyroxen-Gruppe** (Formel:  $(\text{Mg,Fe,Ca})_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$ , H=6)

► Zwei Gruppen:  
Orthorhombische **Orthopyroxene** und  
monokline **Klinopyroxene**.

Pyroxene sind **Mischkristalle** der Endglieder  
Wollastonit, Enstatit & Ferrosilit.



**Farbe: schwarz – (dunkel) grün, je nach Fe-Gehalt.**

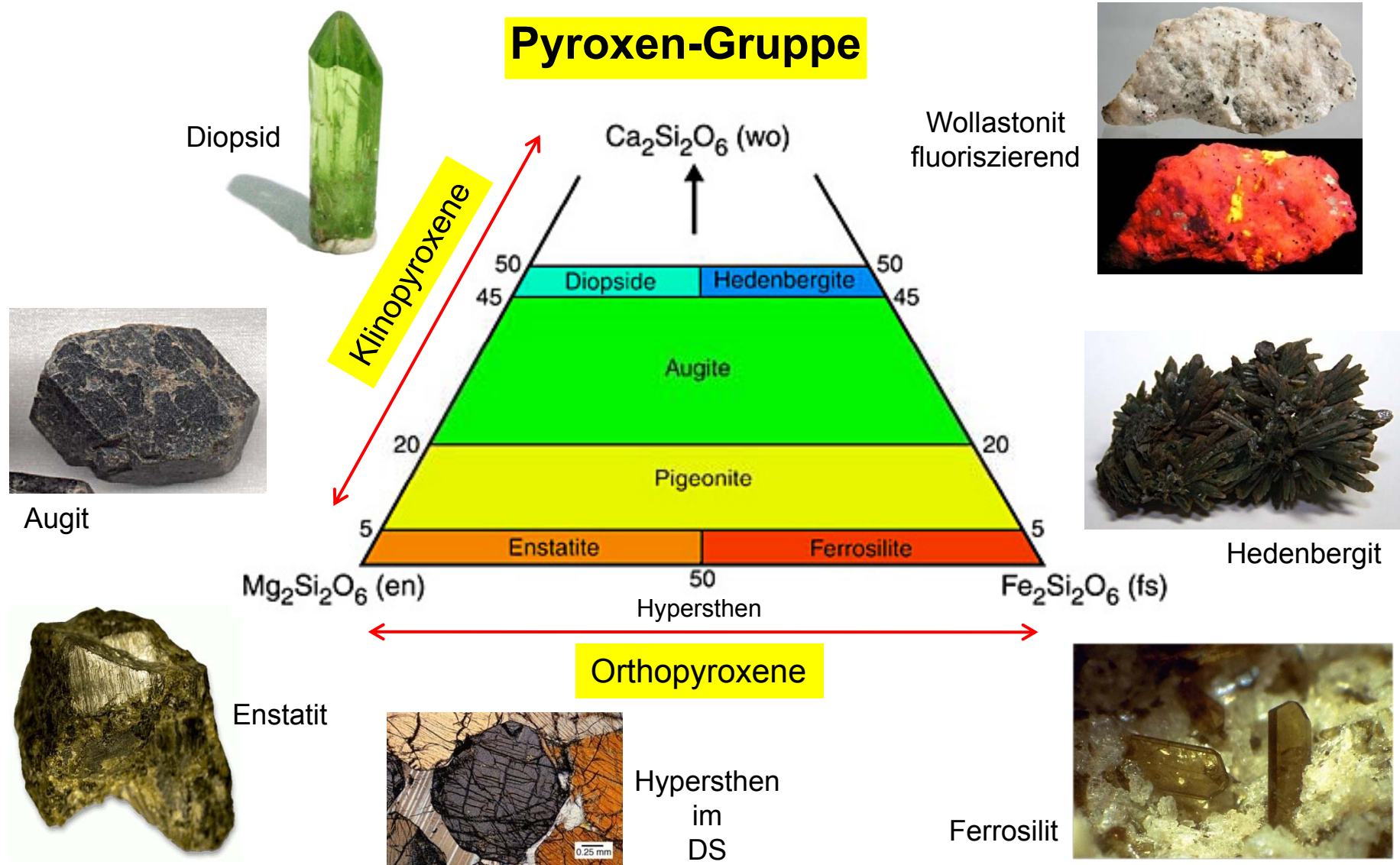
Wie Olivin sind die Pyroxene ein wesentlicher  
Bestandteil der **Gesteine des Erdmantels** und der  
Erdkruste

=> Basalte mit Phänokristallen (Einsprenglingen)



# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Mafische & ultramafische magm. Gest.



# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Mafische & ultramafische magm. Gest.

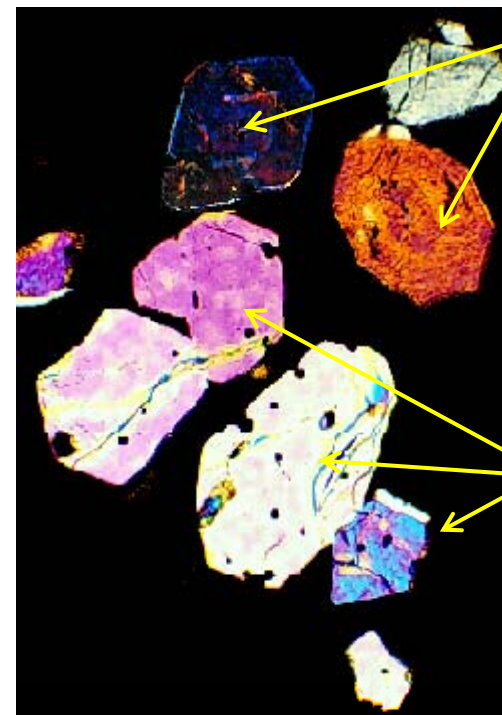
### Pyroxene als **Einsprenglinge** in tholeiitischen Basalten:



Kissenlava des submarinen Vulkans Lo'ihi - Hawaii

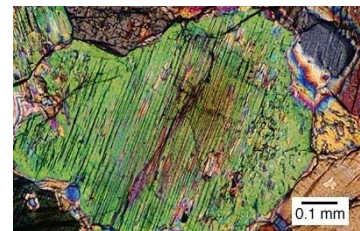
Tholeiit: Cpx, Plag, Opx, Olivin, Quarz

Dünnschliff eines Tholeiitbasalt



Klinopyroxene mit Zonierung

Pigeonit



Olivine

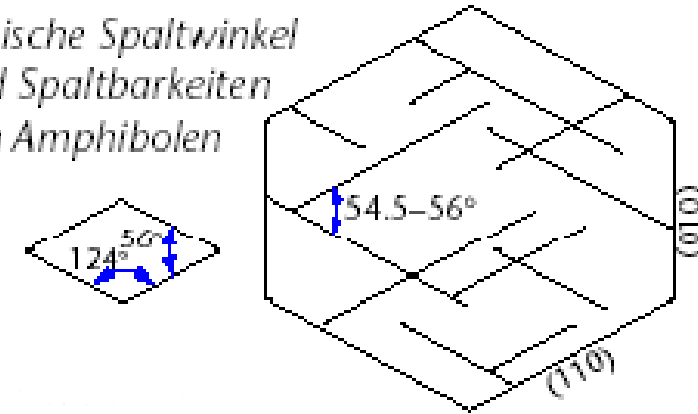
Lo'ihi Seamount – Hawai'i

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Mafische & ultramafische magm. Gest.

### Unterscheidung von Amphibol und Pyroxen (schwierig!):

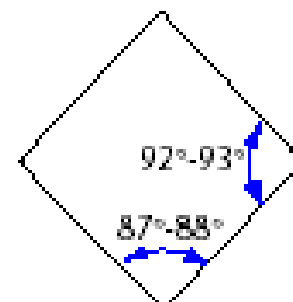
Typische Spaltwinkel und Spaltbarkeiten von Amphibolen



124°  
56°  
54.5–56°

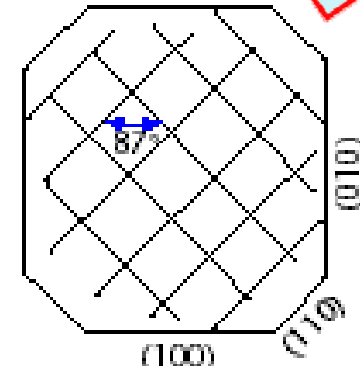
(010)  
(110)

Spaltwinkel von Pyroxenen



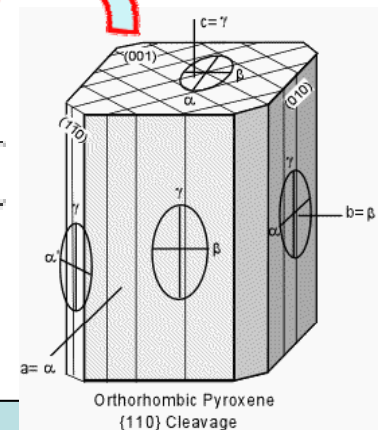
92°-93°  
87°-88°

Typische Pyroxen-spaltbarkeit

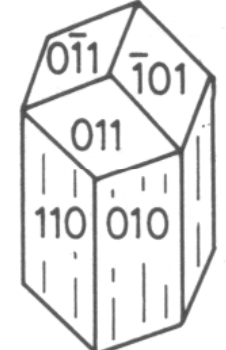


87°

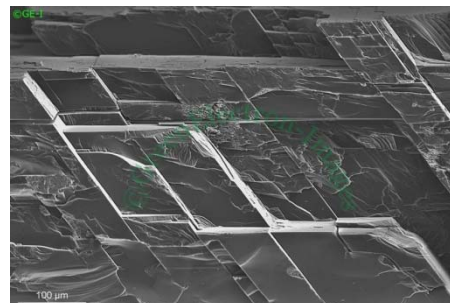
Kopfschnitt



Orthorhombic Pyroxene  
{110} Cleavage

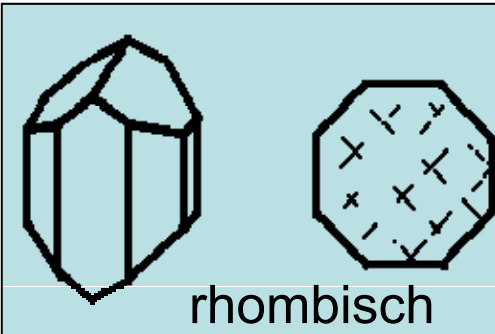


011 101  
011  
110 010




100 µm

REM Bild



rhombisch



**STOP**

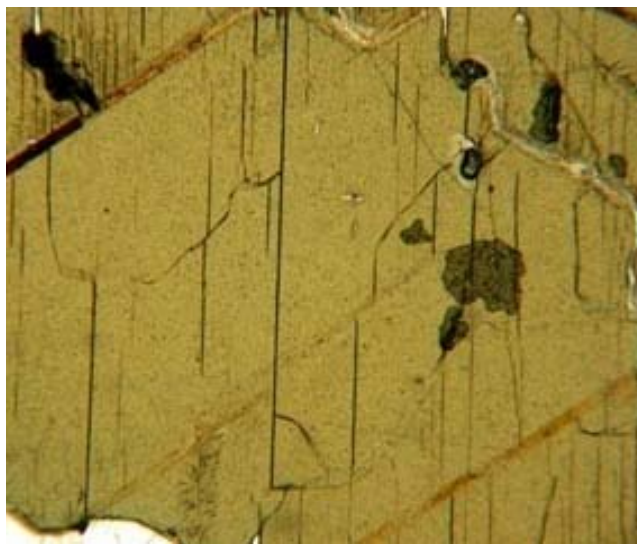
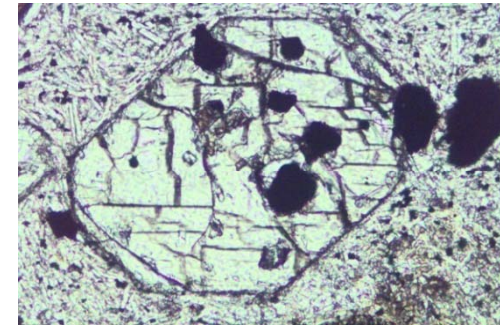
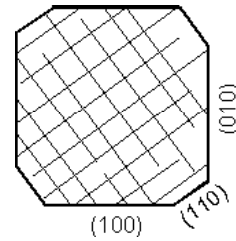
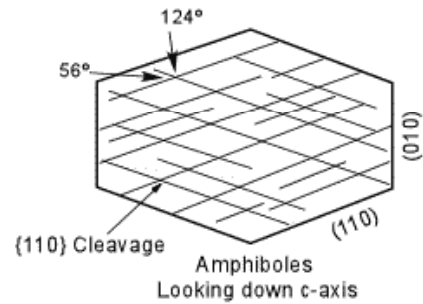
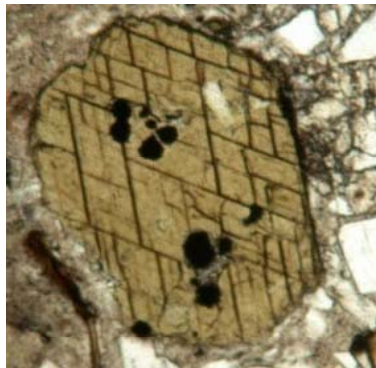
**Amphibole**

**Pyroxene**

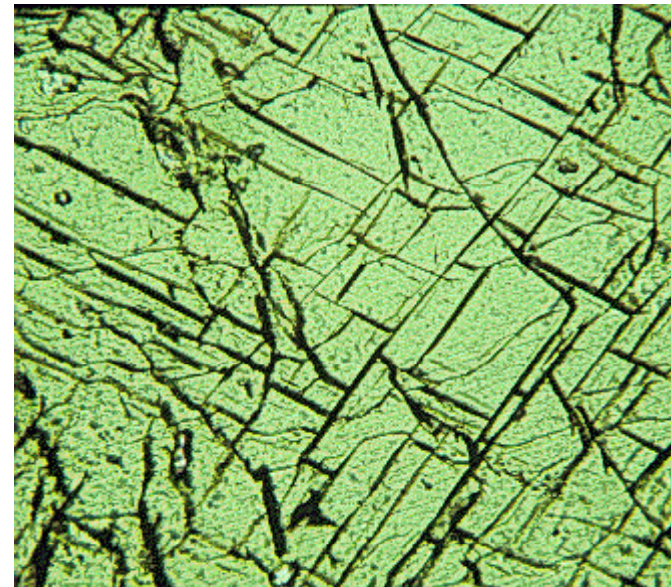
Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

**Magmatische Gesteine: Mafische & ultramafische magm. Gest.**

## Unterscheidung von Amphibol und Pyroxen



**Amphibole**



**Pyroxene**

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Mafische & ultramafische magm. Gest.

### Spinell-Gruppe - $AB_2O_4$

- ▶ Spinelle sind Oxide der Elemente Mg, Fe, Al und Cr, auch  $Mn^{3+}$  und  $Co^{3+}$ .

Aluminatspinelle : z.B. „**Spinell**“:  $MgAl_2O_4$

Ferritspinelle: z.B. **Magnetit**:  $FeFe_2O_4$  ( $=Fe_3O_4$ )

Chromitspinelle: z.B. **Chromit**:  $FeCr_2O_4$

Kubisch als  
Oktaeder



Spinell



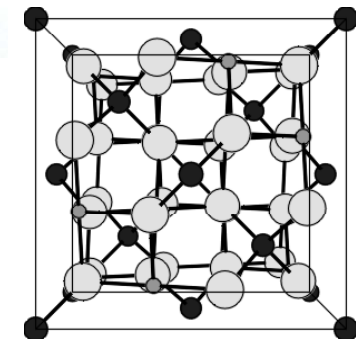
Magnetit



Chromit



Spinell - Gitter

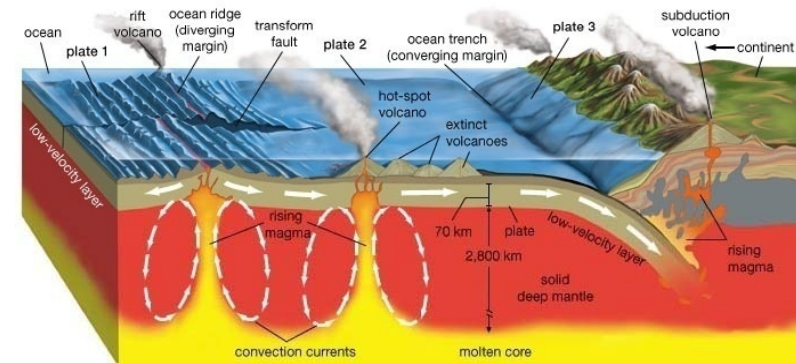
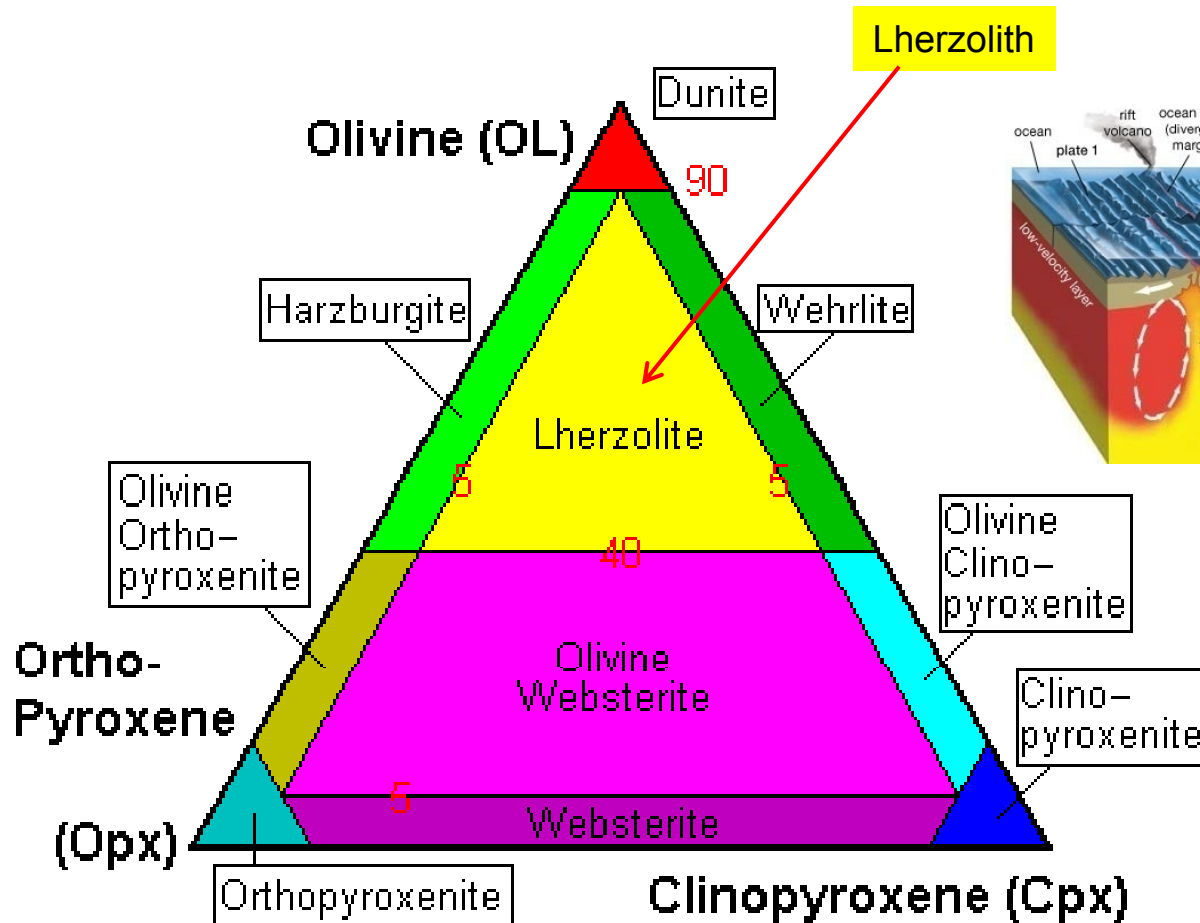


# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Mafische & ultramafische magm. Gest.

### Nomenklatur der Ultramafite

1. Mit Olivin, Opx und Cpx

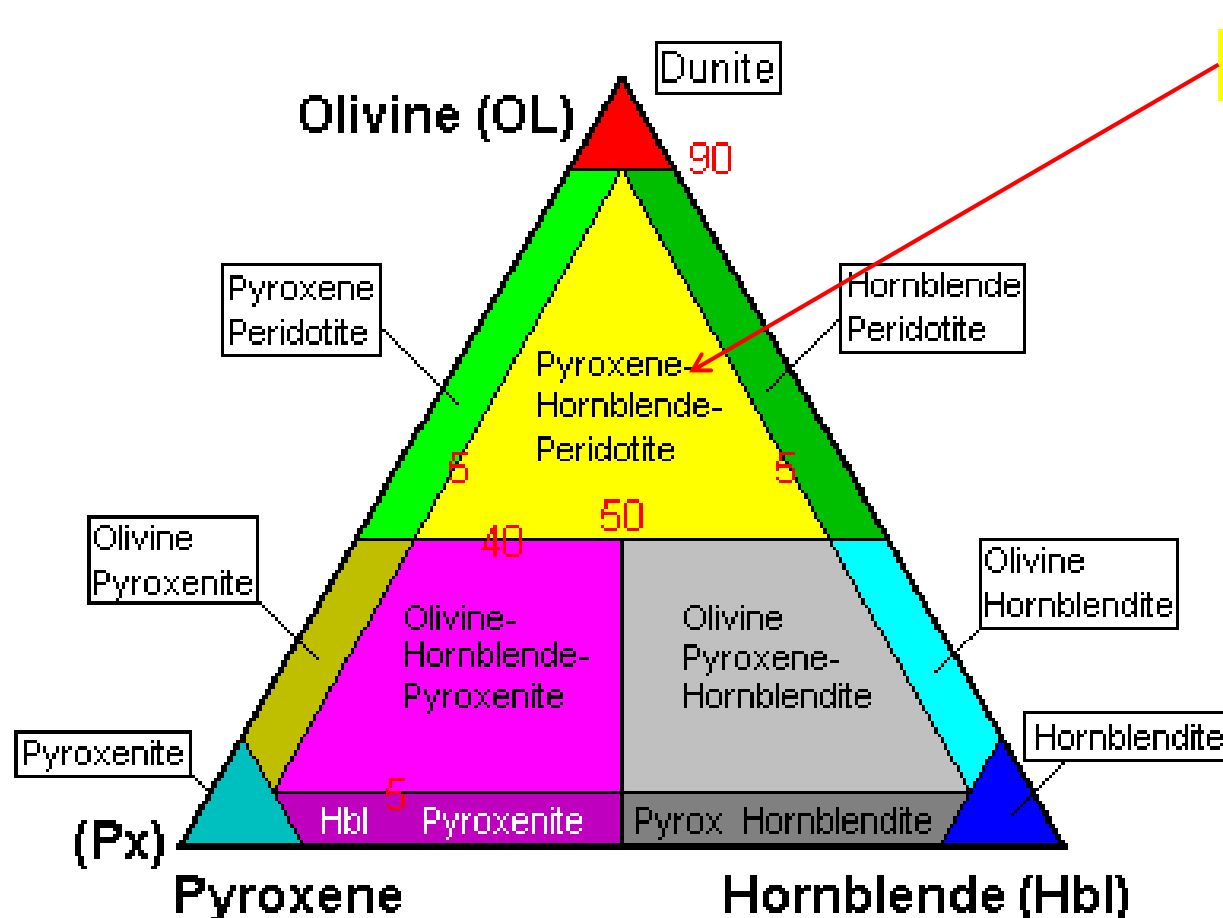


# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Mafische & ultramafische magm. Gest.

### Nomenklatur der Ultramafite

2. Mit Hornblende, Olivin und Pyroxen



Peridotit

Peridotit – ultramafisches Gestein mit Fe, Mg (Olivin, Opx)  
Vorkommen:  
An Subduktionszonen  
! Wasser !

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Mafische & ultramafische magm. Gest.

### Xenolithe

Peridotit aus dem Oberen Erdmantel (hellgrün)  
in einem Basanit – transportiert aus einer Tiefe  
von ca. 50 bis 60 km ! →  
San Carlos Volcanic Field, Arizona



Olivin



Alkalischer Magmatit in Nephelin-Syenit –  
Beachte die Größenverhältnisse !



Mt. Saint Hilaire, Canada

## Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

---

### Magmatische Gesteine: Entstehung von Schmelzen

#### Übersicht über Schmelzen:

Basaltische bzw. Gabbroische Schmelze: 45-55 Gew.% SiO<sub>2</sub> mit **viel** Fe, Mg, Ca, wenig K und Na

Andesitische bzw. Dioritische Schmelzen: 55-65 Gew.% SiO<sub>2</sub> mit **mäßig** Fe, Mg, Ca, Na, K

Rhyolitische bzw. granitische Schmelzen: 65-78 Gew.% SiO<sub>2</sub>, **wenig** Fe, Mg, Ca, viel K und Na

#### Was ist sonst noch drin in Schmelzen?

→ Gase !!

#### Temperaturen der Schmelzen:

Basaltische / Gabbroische Magmen:	1000 bis 1200 Grad
Andesitische / dioritische Magmen:	800 bis 1000 Grad
Rhyolitische / granitische Magmen:	650 bis 800 Grad

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Entstehung von Schmelzen

### Viskosität von Schmelzen:

- höherer SiO<sub>2</sub> Gehalt → HÖHERE Viskosität UND
- niedrigere Temperaturen → HÖHERE Viskositäten → rhyolitische Schmelzen

### Fazit:

- \* Ein rhyolitischer Vulkanismus erfolgt hoch explosiv
- \* Ein basaltischer Vulkanismus bringt dagegen Schildvulkane hervor



Mauna Kea, Hawaii

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Entstehung basaltischer Schmelzen

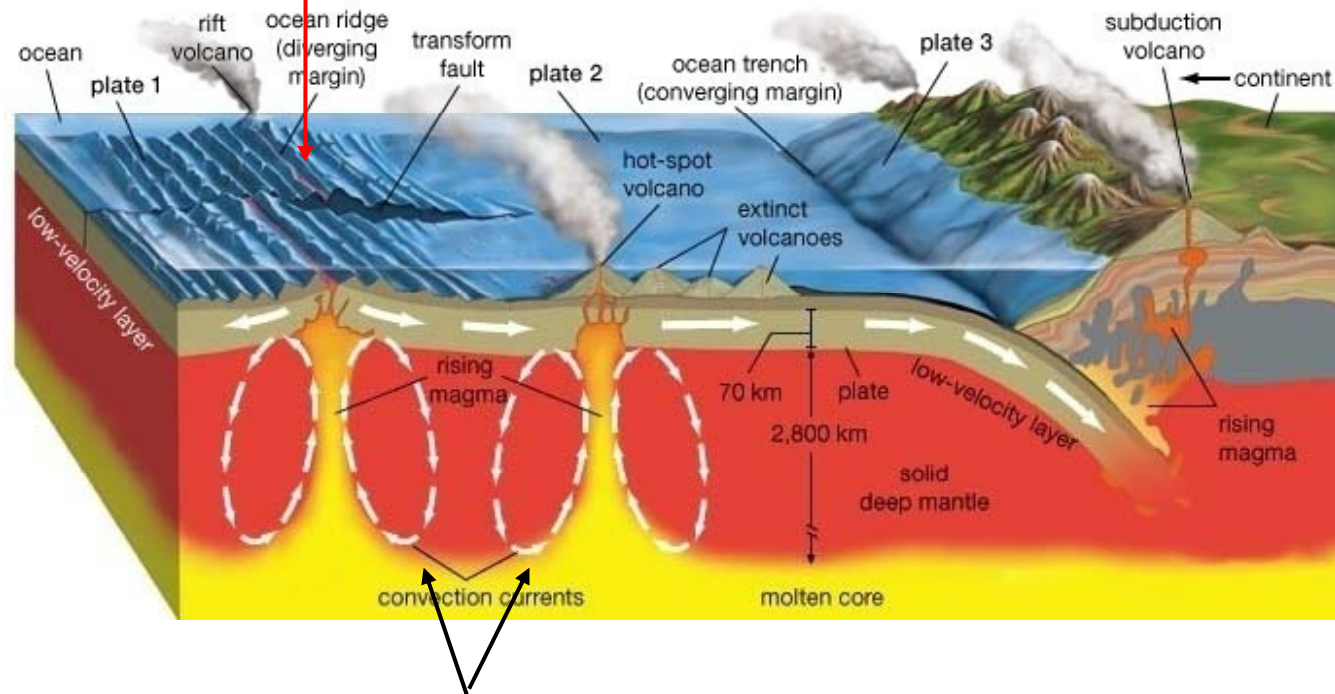
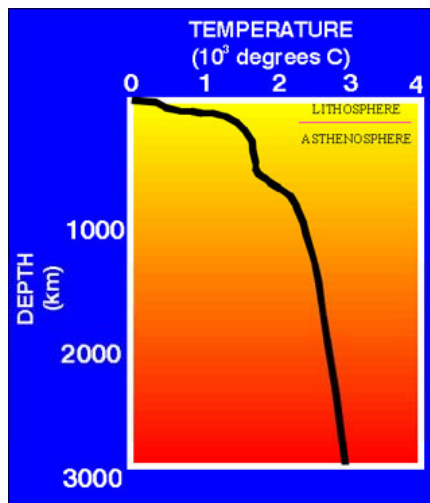
### Mittelozeanischer Rücken



Kissenlaven

Subduktionsvulkanismus

Geothermischer Gradient



Konvektionszellen

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Entstehung von Schmelzen

### Partielles Aufschmelzen des Erdmantels

→ Es gibt Bereiche, in denen Erdmantelmaterial aufschmelzen kann:

**Asthenosphäre**: seismische Wellen sind langsamer

→ Konvektionszellen bringen Hitze nach oben

→ Feldspat und Pyroxen erniedrigen die Aufschmelztemperatur des Gesteins

→ Fluide Phasen ebenso

Wenn Plagioklas und Pyroxen aufschmelzen,  
bleibt Olivin zurück:

Es entsteht basaltisches Magma.

→ Dieses kann kristallisieren oder

→ Weiteres Gestein zum Aufschmelzen bringen

→ Dadurch wird die Schmelze verändert !

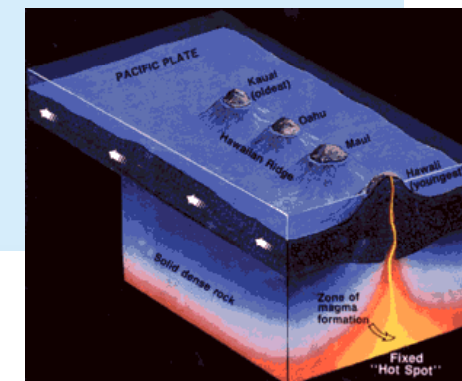
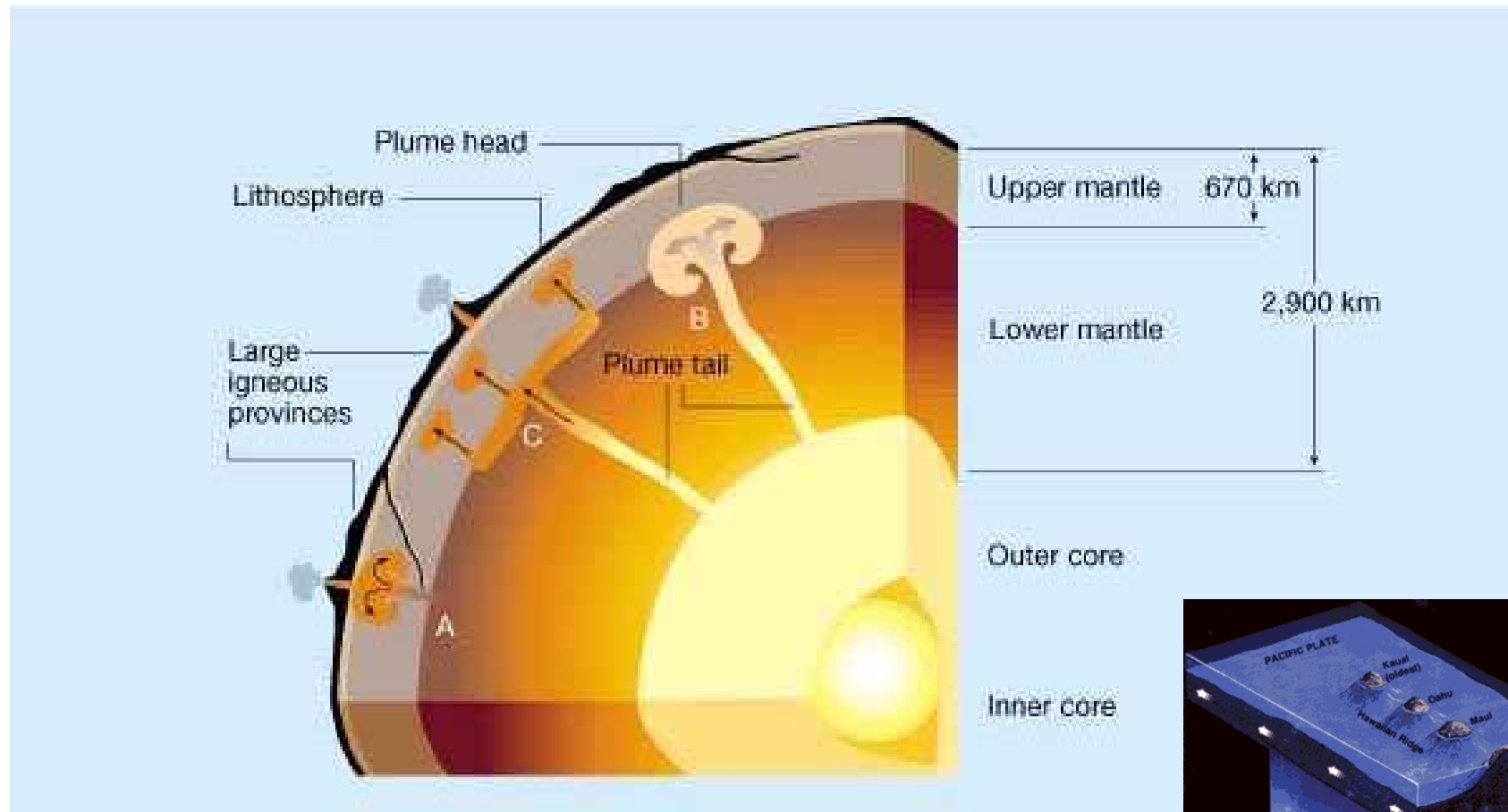


Kissenlava - Oman

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Entstehung basaltischer Schmelzen

### Hot Spot Vulkanismus

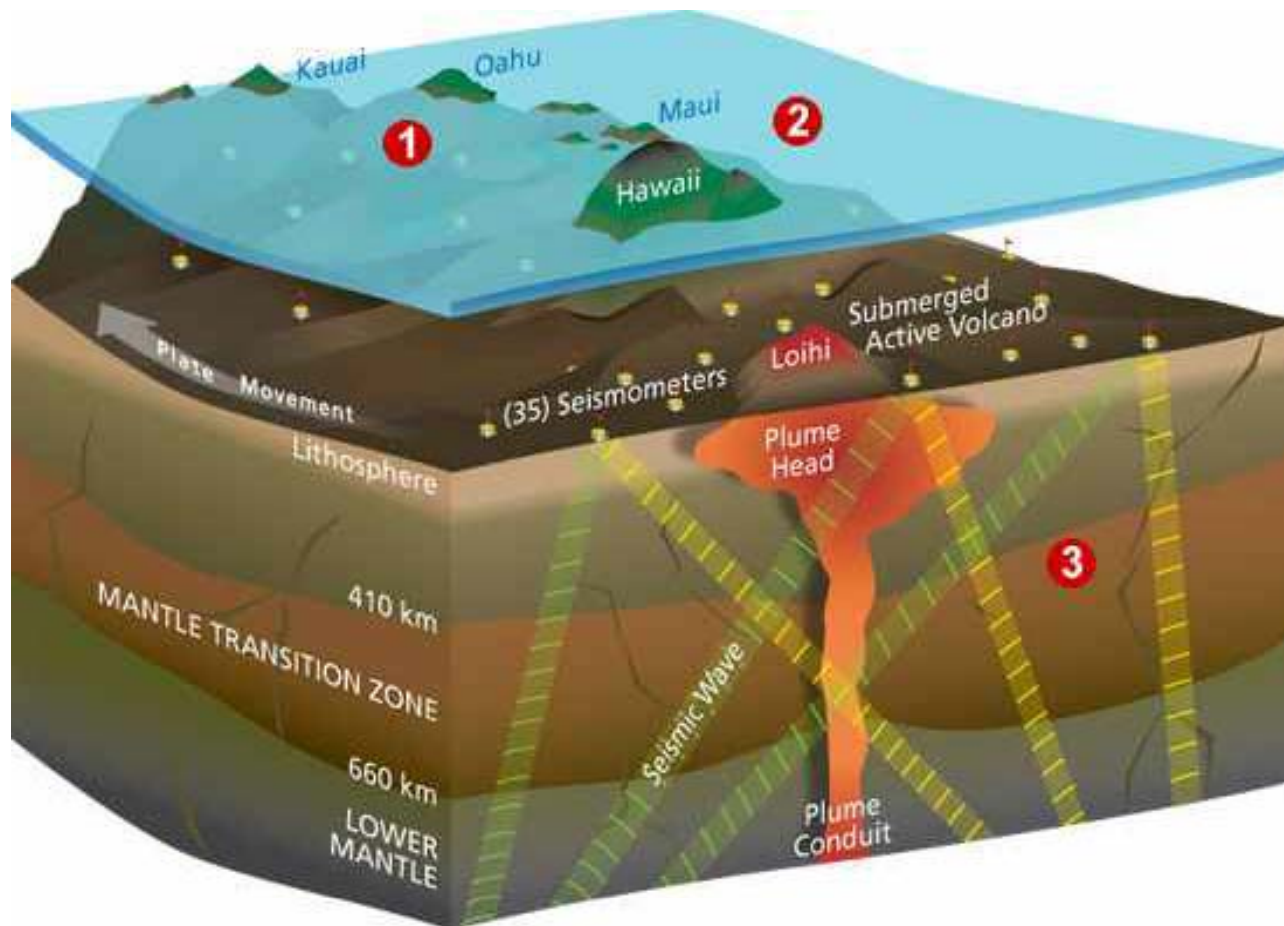


Mantel Plumes

Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

**Magmatische Gesteine: Entstehung basaltischer Schmelzen**

## Hot Spot Vulkanismus



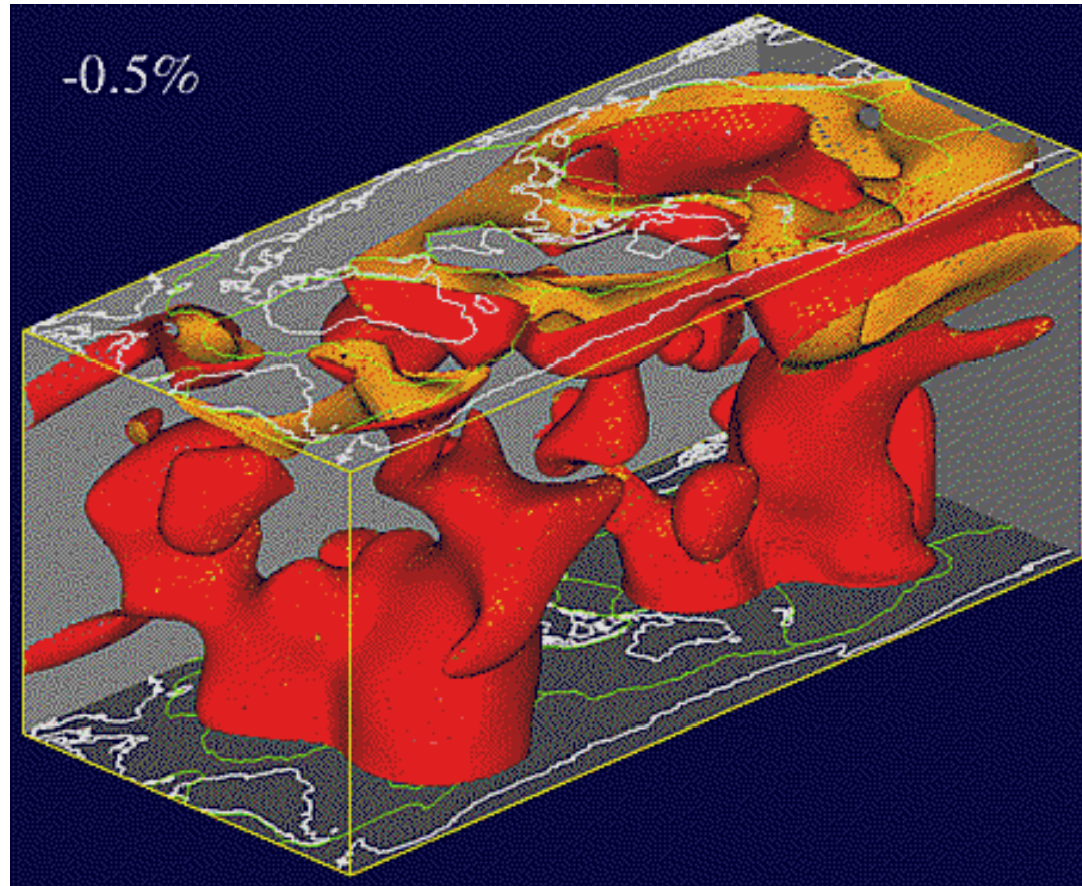
## Mantel Plumes

Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

---

**Magmatische Gesteine: Entstehung basaltischer Schmelzen**

## Hot Spot Vulkanismus

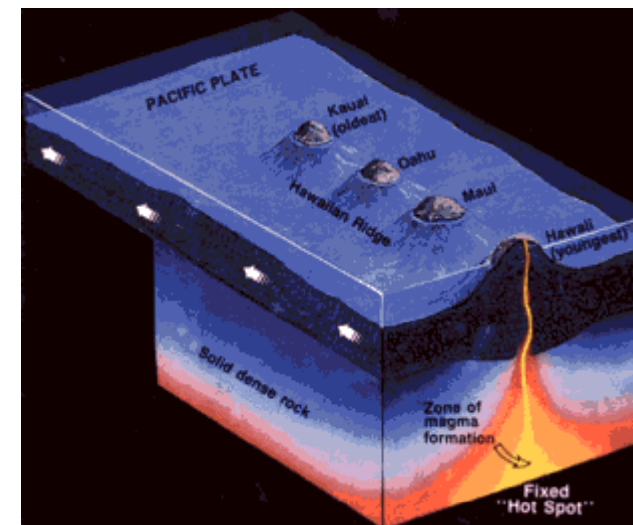
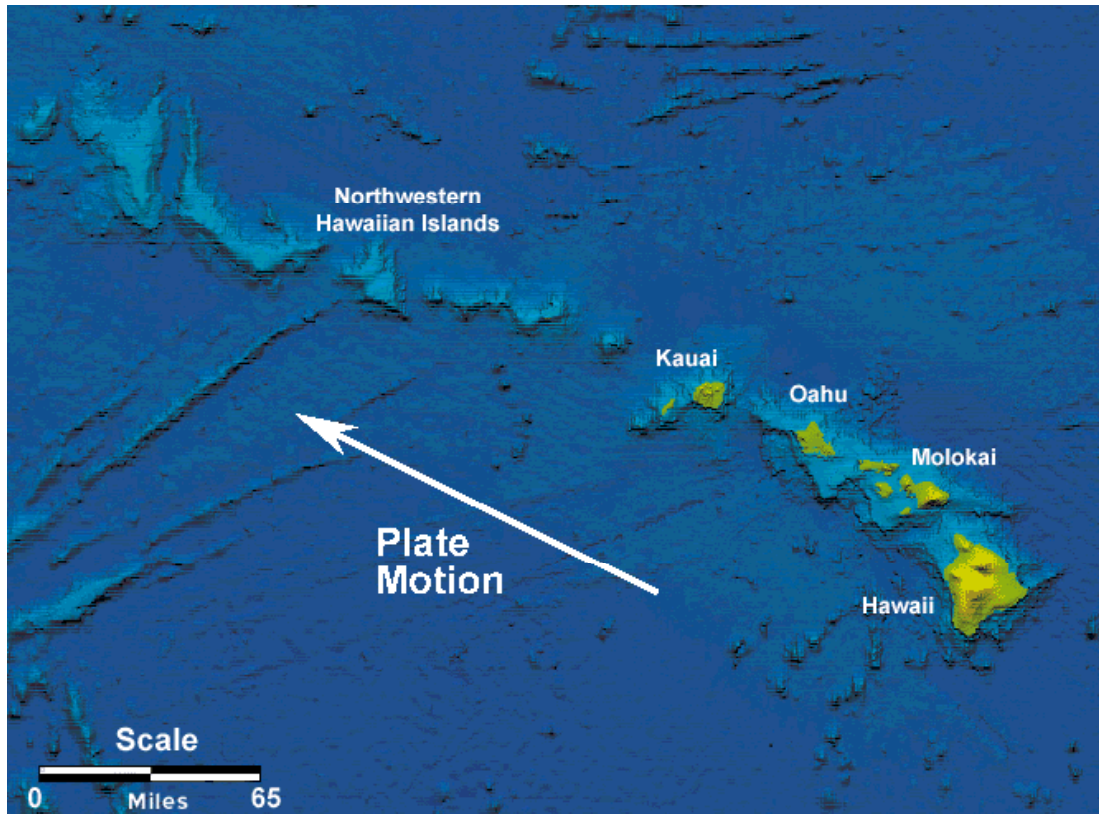


**Mantel Plumes**

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Entstehung basaltischer Schmelzen

### Hot Spot Vulkanismus

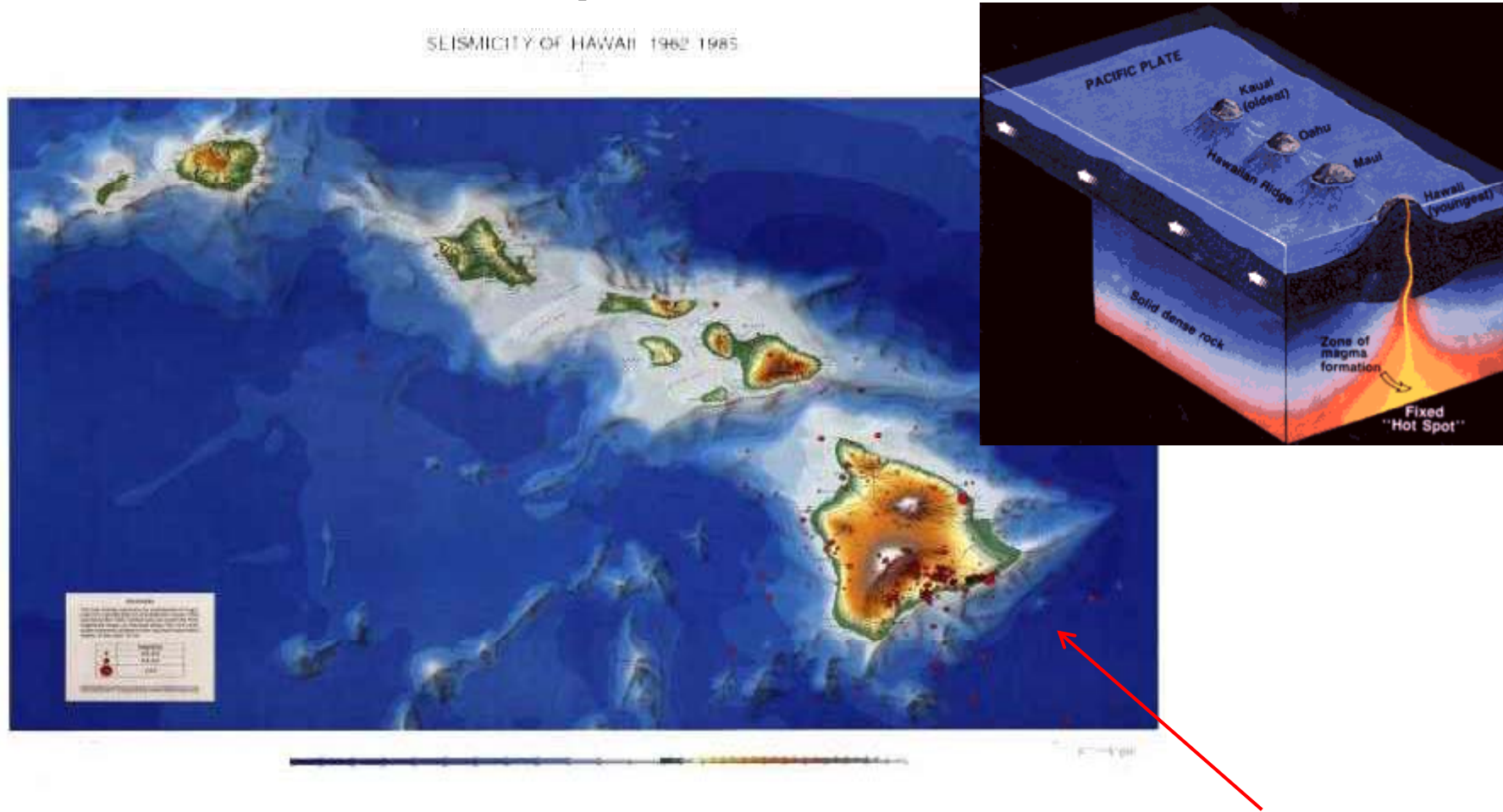


### Mantel Plumes

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Entstehung basaltischer Schmelzen

### Hot Spot Vulkanismus



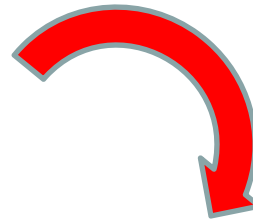
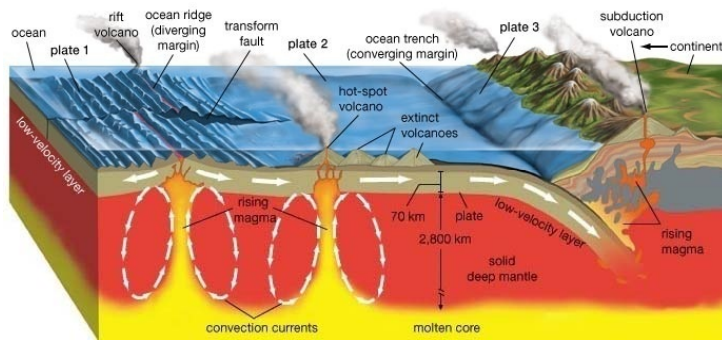
Hawaii Inselkette

Seamount LOIHI

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Entstehung von Andesiten

### Subduktionszone



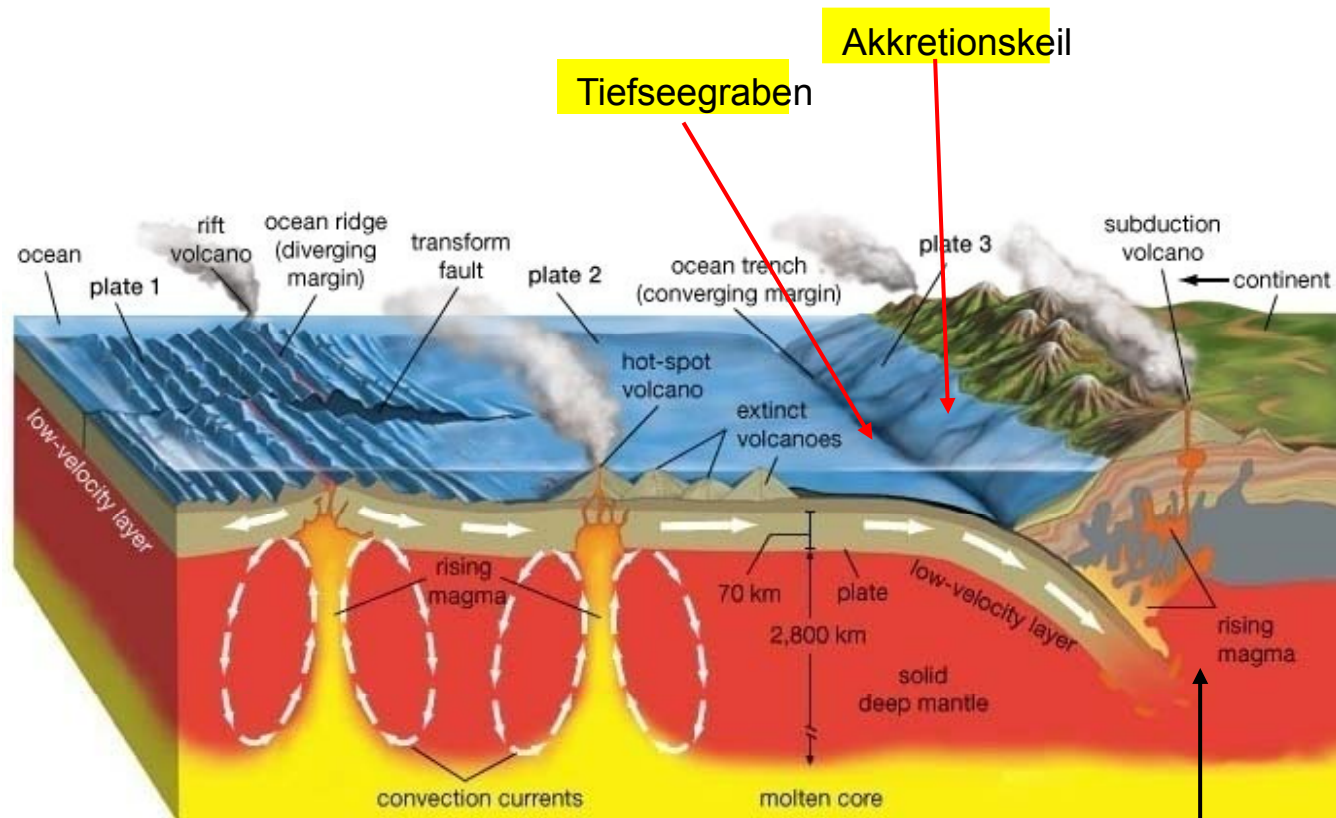
### Pacific Ring Of Fire



# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Entstehung von Andesiten

### Subduktionszone

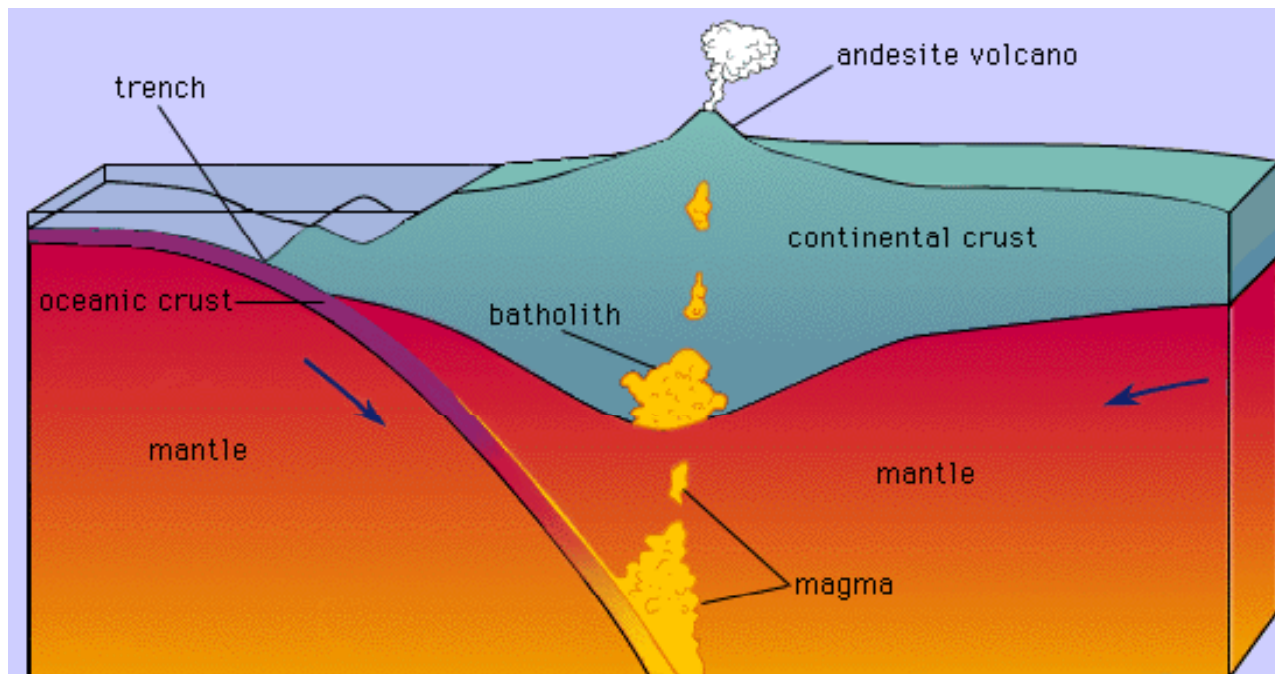


Subduktionsvulkanismus

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Entstehung von Schmelzen

### Andesitische Schmelzen

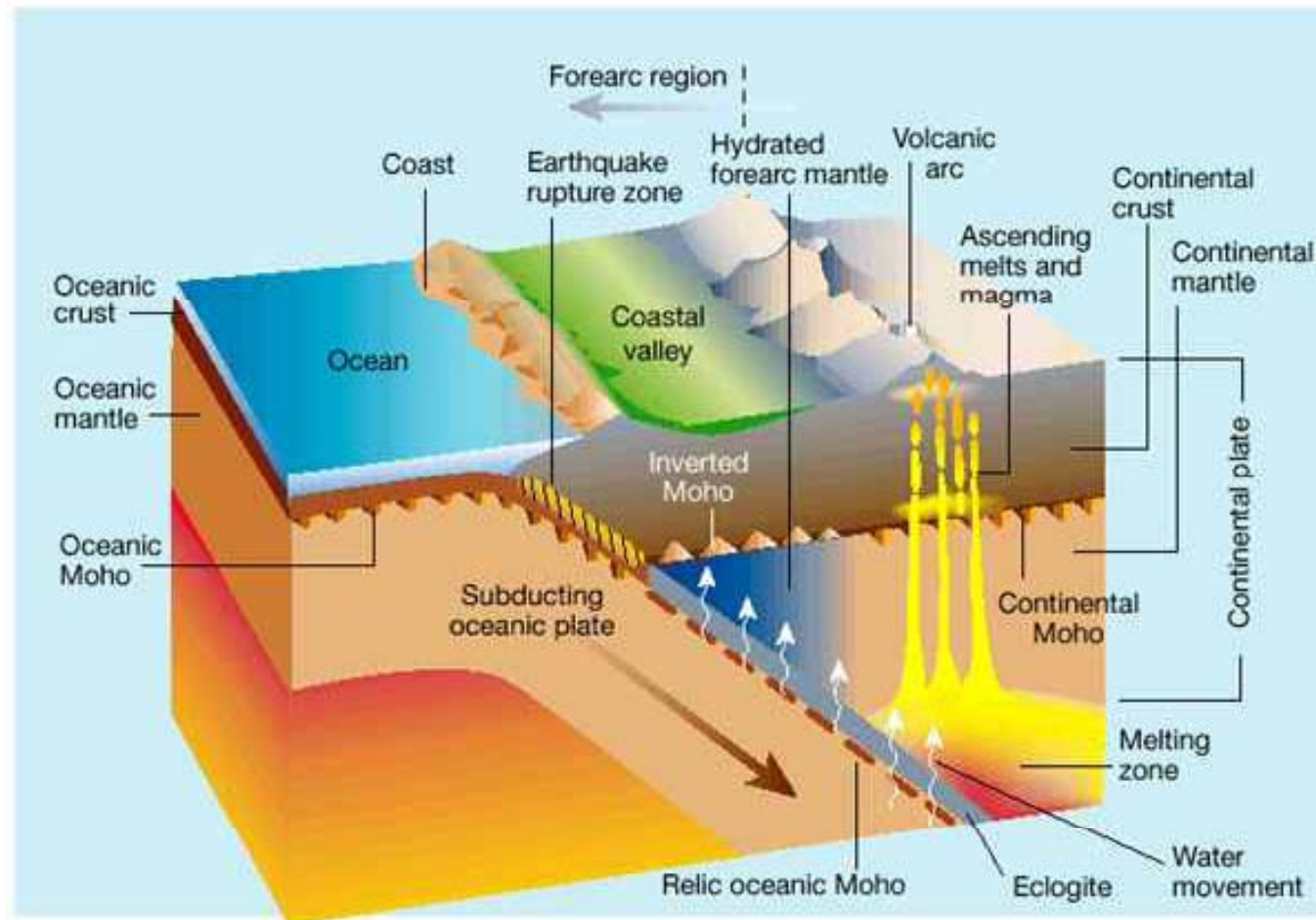


The oceanic plate is shown subducting below the continental crust. Melting of the crust or of the mantle above the subducting plate occurs only at a depth of about 100 kilometres below the Earth's surface.

# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Entstehung von Schmelzen

### Granitische Schmelzen – S Typ



# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Entstehung von Schmelzen

