

Übungen zur Lehrveranstaltung:

# Grundlagen der Geowissenschaften

Jörg A. Pfänder, 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“*

# **Zielsetzung:**

Makroskopische Bestimmung von häufig vorkommenden Gesteinen.

## Daraus:

Rückschlüsse auf ihre Entstehung und ihre Herkunft.

# Was sind Gesteine?

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

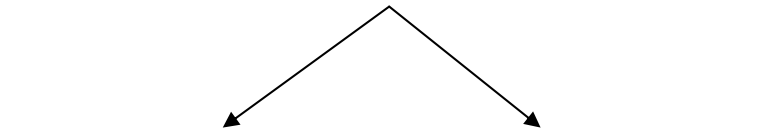
Ausnahmen: **monomineralische** Gesteine  
(z.B. Marmor, Dunit) und Gesteine, die aus  
Gesteinsbruchstücken bestehen.

# Arten von Gesteinen

Magmatische Gesteine  
(Magmatite)

Metamorphe Gesteine  
(Metamorphite)

z.B. Gneis



Vulkanite

z.B. Basalt

Plutonite

z.B. Granit

Sedimentgesteine  
(Sedimente)

z.B. Kalkstein, Tonstein, Sandstein

Eine untergeordnete Rolle spielen:

## **Impaktgesteine**

Ausserdem existieren Zwischenformen:

## **Pyroklastische Gesteine**

(= vulkanoklastische Sedimente)

# Meteorite

(=extraterrestrische Gesteine)

## Eisenmeteorite

bestehen hauptsächlich aus  
metallischem Eisen



## Stein-Eisenmeteorite

bestehen aus Gestein & Eisen

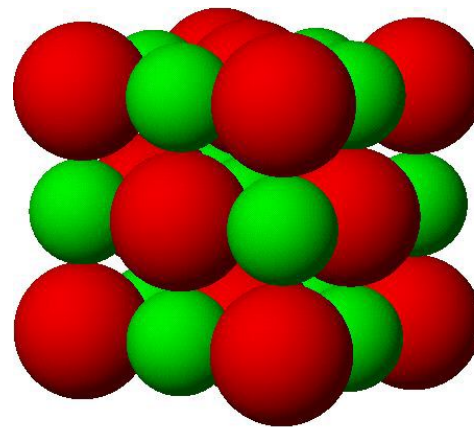
## Steinmeteorite

bestehen aus reinem Gestein



# Was sind Minerale (und 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**

# Bausteine der Minerale

1 <b>H</b>																	2 <b>He</b>
3 <b>Li</b>	4 <b>Be</b>											5 <b>B</b>	6 <b>C</b>	7 <b>N</b>	8 <b>O</b>	9 <b>F</b>	10 <b>Ne</b>
11 <b>Na</b>	12 <b>Mg</b>											13 <b>Al</b>	14 <b>Si</b>	15 <b>P</b>	16 <b>S</b>	17 <b>Cl</b>	18 <b>Ar</b>
19 <b>K</b>	20 <b>Ca</b>	21 <b>Sc</b>	22 <b>Ti</b>	23 <b>V</b>	24 <b>Cr</b>	25 <b>Mn</b>	26 <b>Fe</b>	27 <b>Co</b>	28 <b>Ni</b>	29 <b>Cu</b>	30 <b>Zn</b>	31 <b>Ga</b>	32 <b>Ge</b>	33 <b>As</b>	34 <b>Se</b>	35 <b>Br</b>	36 <b>Kr</b>
37 <b>Rb</b>	38 <b>Sr</b>	39 <b>Y</b>	40 <b>Zr</b>	41 <b>Nb</b>	42 <b>Mo</b>	43 <b>Tc</b>	44 <b>Ru</b>	45 <b>Rh</b>	46 <b>Pd</b>	47 <b>Ag</b>	48 <b>Cd</b>	49 <b>In</b>	50 <b>Sn</b>	51 <b>Sb</b>	52 <b>Te</b>	53 <b>I</b>	54 <b>Xe</b>
55 <b>Cs</b>	56 <b>Ba</b>	57 <b>La</b>	72 <b>Hf</b>	73 <b>Ta</b>	74 <b>W</b>	75 <b>Re</b>	76 <b>Os</b>	77 <b>Ir</b>	78 <b>Pt</b>	79 <b>Au</b>	80 <b>Hg</b>	81 <b>Tl</b>	82 <b>Pb</b>	83 <b>Bi</b>	84 <b>Po</b>	85 <b>At</b>	86 <b>Rn</b>
87 <b>Fr</b>	88 <b>Ra</b>	89 <b>Ac</b>	104 <b>Unq</b>	105 <b>Unp</b>	106 <b>Unh</b>	107 <b>Uns</b>	108 <b>Uno</b>	109 <b>Unc</b>	110 <b>Unn</b>								

58 <b>Ce</b>	59 <b>Pr</b>	60 <b>Nd</b>	61 <b>Pm</b>	62 <b>Sm</b>	63 <b>Eu</b>	64 <b>Gd</b>	65 <b>Tb</b>	66 <b>Dy</b>	67 <b>Ho</b>	68 <b>Er</b>	69 <b>Tm</b>	70 <b>Yb</b>	71 <b>Lu</b>
90 <b>Th</b>	91 <b>Pa</b>	92 <b>U</b>	93 <b>Np</b>	94 <b>Pu</b>	95 <b>Am</b>	96 <b>Cm</b>	97 <b>Bk</b>	98 <b>Cf</b>	99 <b>Es</b>	100 <b>Fm</b>	101 <b>Md</b>	102 <b>No</b>	103 <b>Lr</b>

# Einteilung der Minerale (nach H. Strunz)

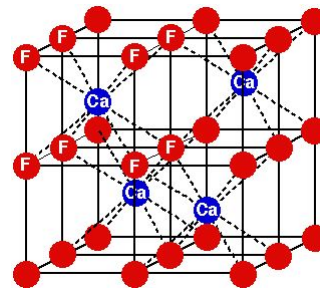
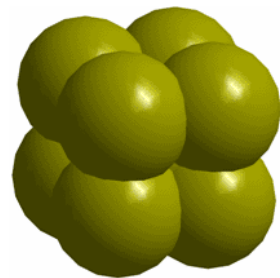
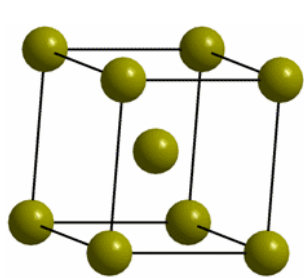
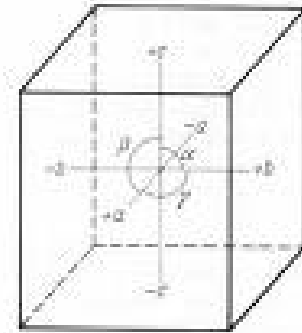
*auf Basis ihrer chemischen Zusammensetzung*

- **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

auf Basis ihrer Gittersymmetrie unterscheidet man folgende Hauptgruppen:

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



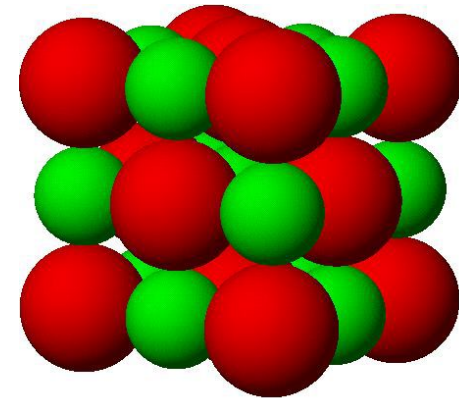
kubisch raumzentriert: Eisen und Fluspat ( $\text{CaF}_2$ )



Pentagondodekaeder



Pentagonikositetraeder

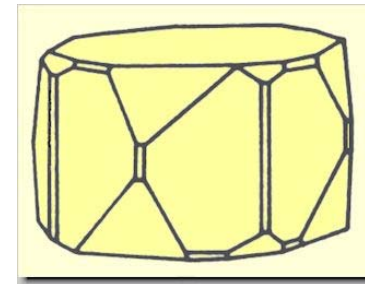
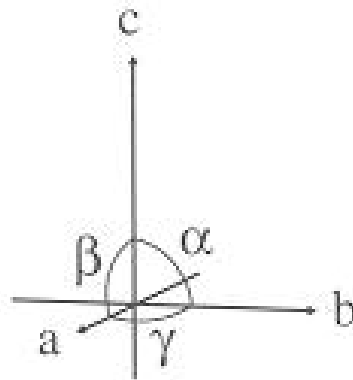
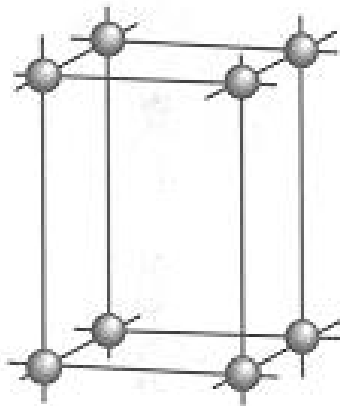


NaCl Gitter

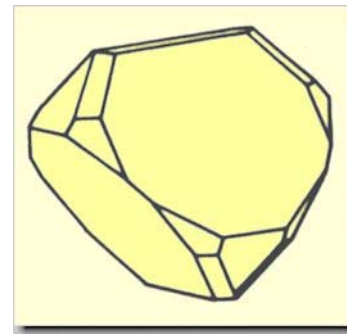
# Einteilung der Minerale

*auf Basis ihrer Gittersymmetrie unterscheidet man folgende Hauptgruppen:*

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



Phosgenit ( $\text{Pb}_2\text{Cl}_2\text{CO}_3$ )

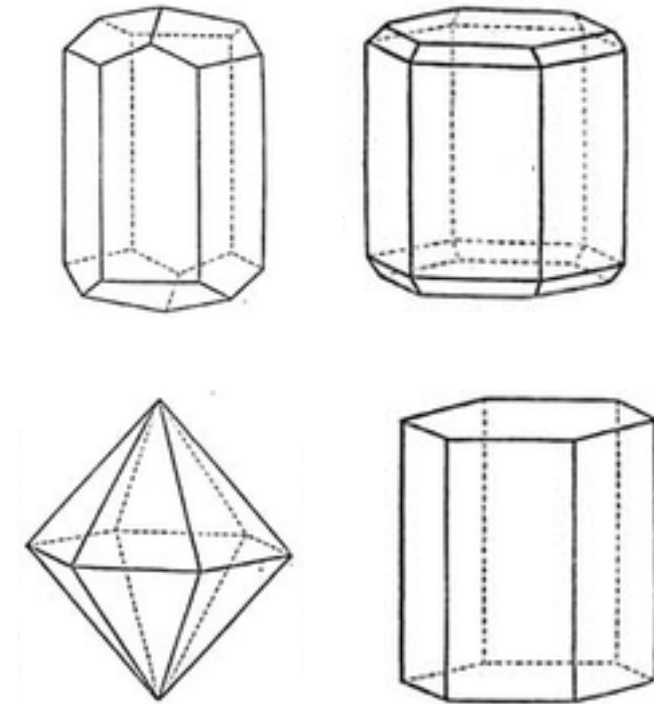
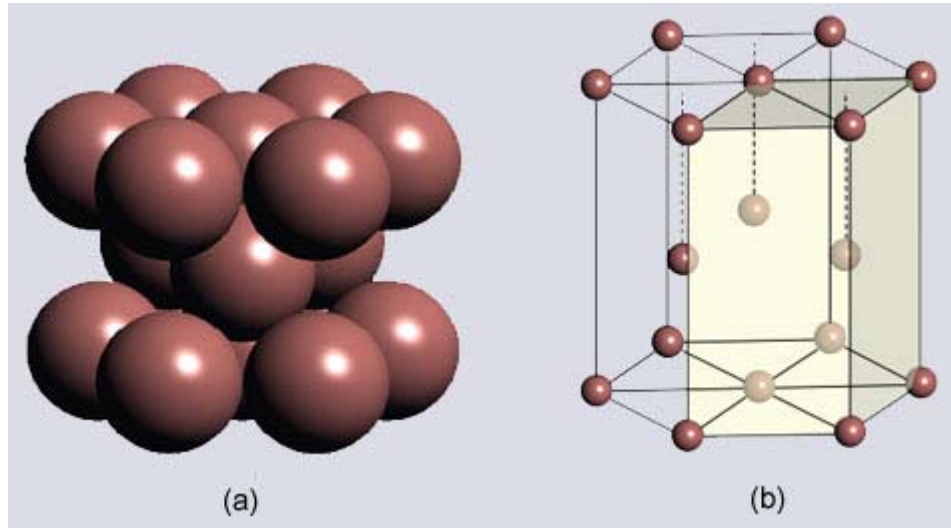


Chalokopyrit

# Einteilung der Minerale

*auf Basis ihrer Gittersymmetrie unterscheidet man folgende Hauptgruppen:*

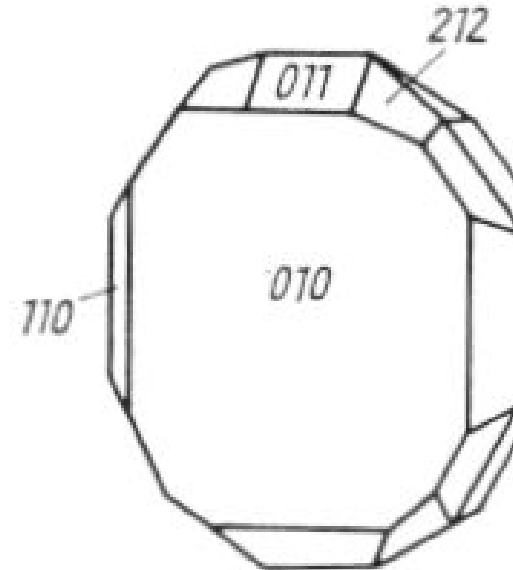
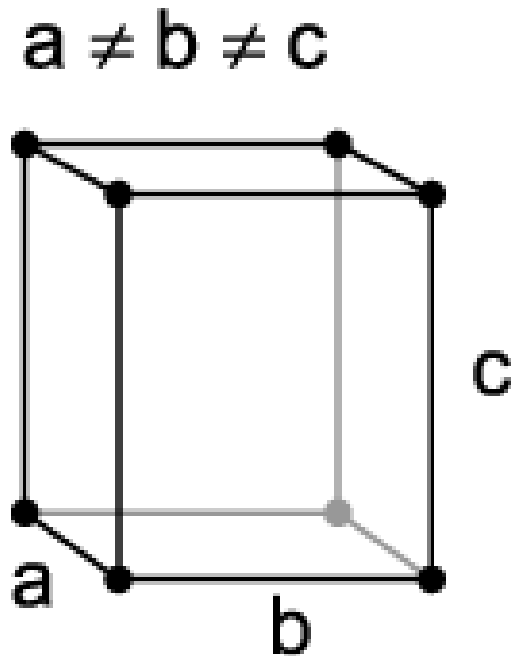
**hexagonal,  $a = b \neq c$ ,  $\alpha = \beta = 90^\circ$ ,  $\gamma = 120^\circ$**



# Einteilung der Minerale

*auf Basis ihrer Gittersymmetrie unterscheidet man folgende Hauptgruppen:*

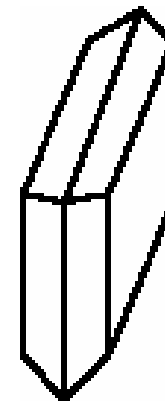
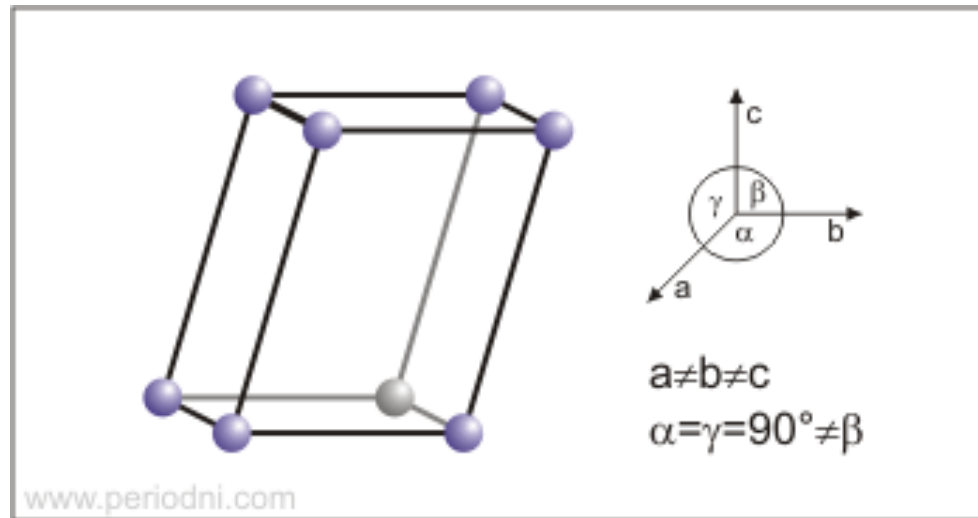
**rhombisch,  $a \neq b \neq c$ ,  $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$**



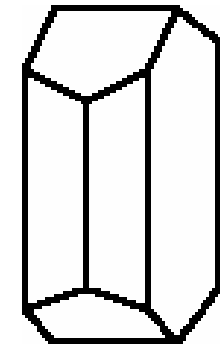
# Einteilung der Minerale

*auf Basis ihrer Gittersymmetrie unterscheidet man folgende Hauptgruppen:*

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



Gips



Diopsid

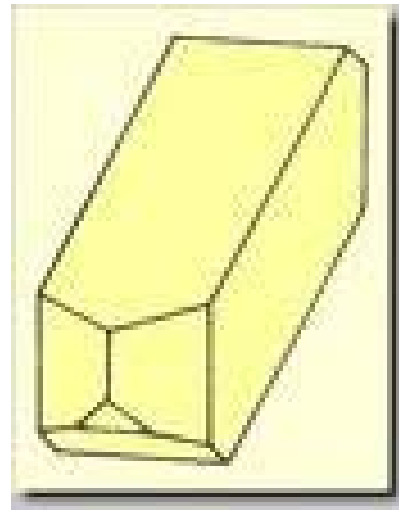
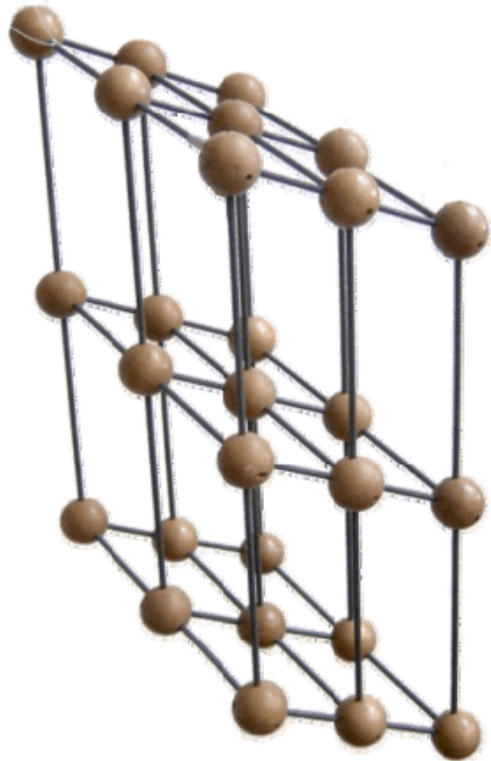


Orthoklas

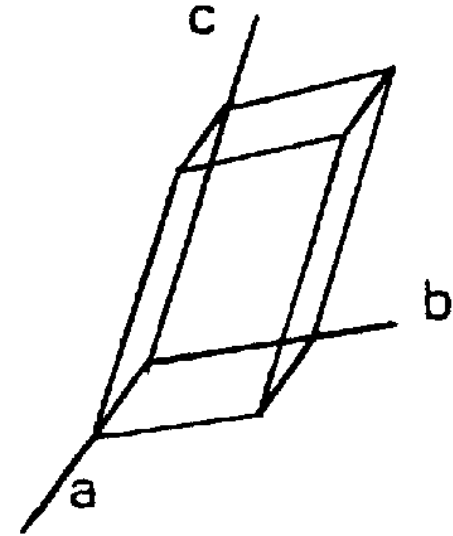
# Einteilung der Minerale

*auf Basis ihrer Gittersymmetrie unterscheidet man folgende Hauptgruppen:*

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



Mikroclin



# Physikalische Eigenschaften

*von Mineralen*

- **Härte**

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

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

# 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



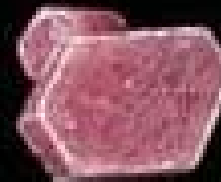
Quarz  
(Olivin)

H = 8



Topas

H = 9



Korund

H = 10



Diamant

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

# Physikalische Eigenschaften

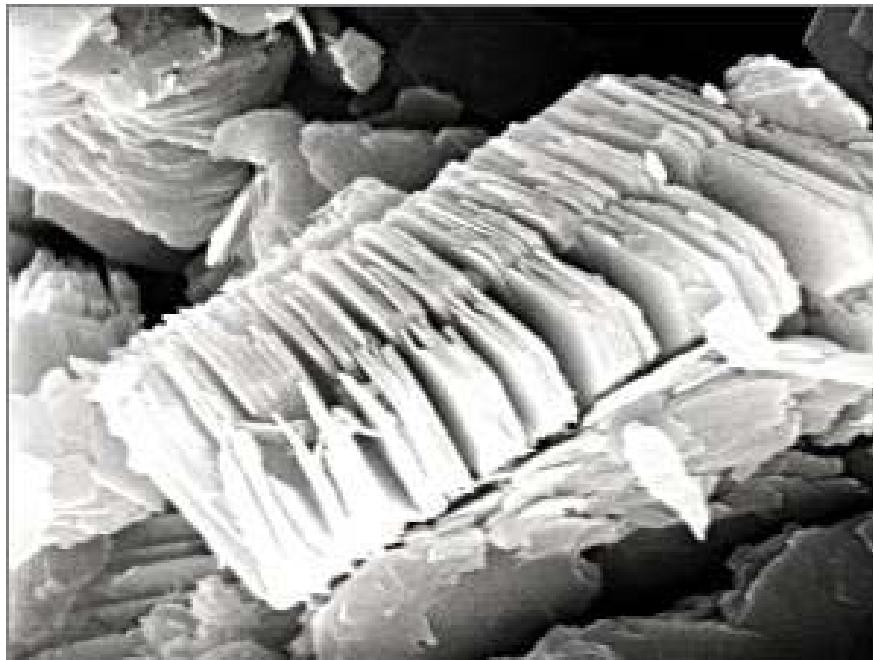
*von Mineralen*

- **Spaltbarkeit, Bruch**

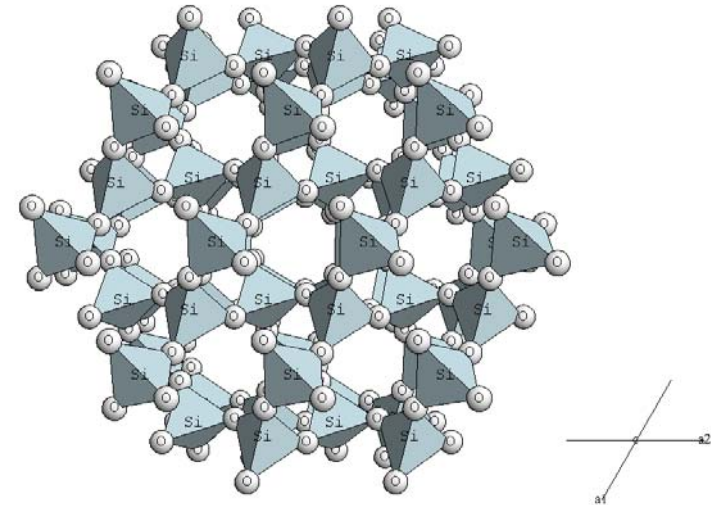
Bedingt durch die Gitterstruktur, diese bedingt die sog. “**Anisotropie der mechanischen Festigkeit**”. So haben bestimmte Minerale eine charakteristische Spaltbarkeit (oder eben auch nicht, was dann auch charakteristisch ist!).

Z.B. haben **Schichtsilikate** eine perfekte Spaltbarkeit parallel zur Gitterebenen (keine chemische Bindung zwischen den Schichten!), **Gerüstsilikate** haben keine Spaltbarkeit, z.B. Quarz oder Olivin: **muscheliger Bruch**.

# Gitterstruktur & mechanische Eigenschaften



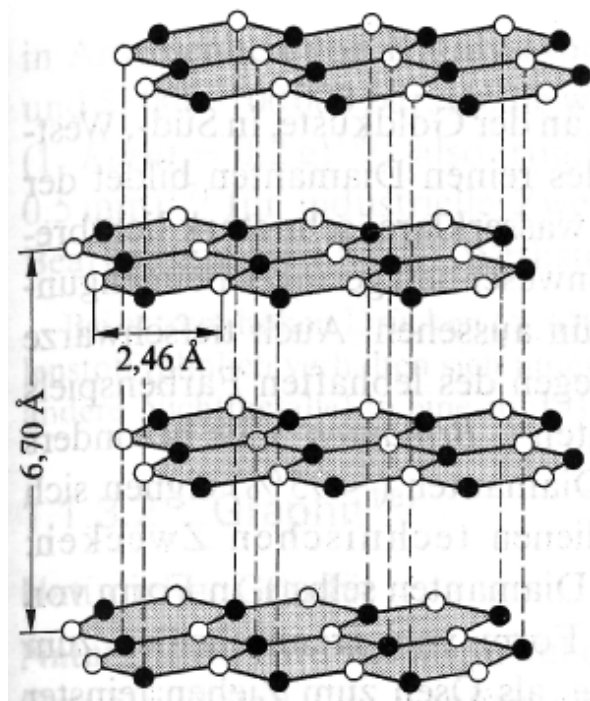
Tonmineralblättchen:  
perfekte Spaltbarkeit



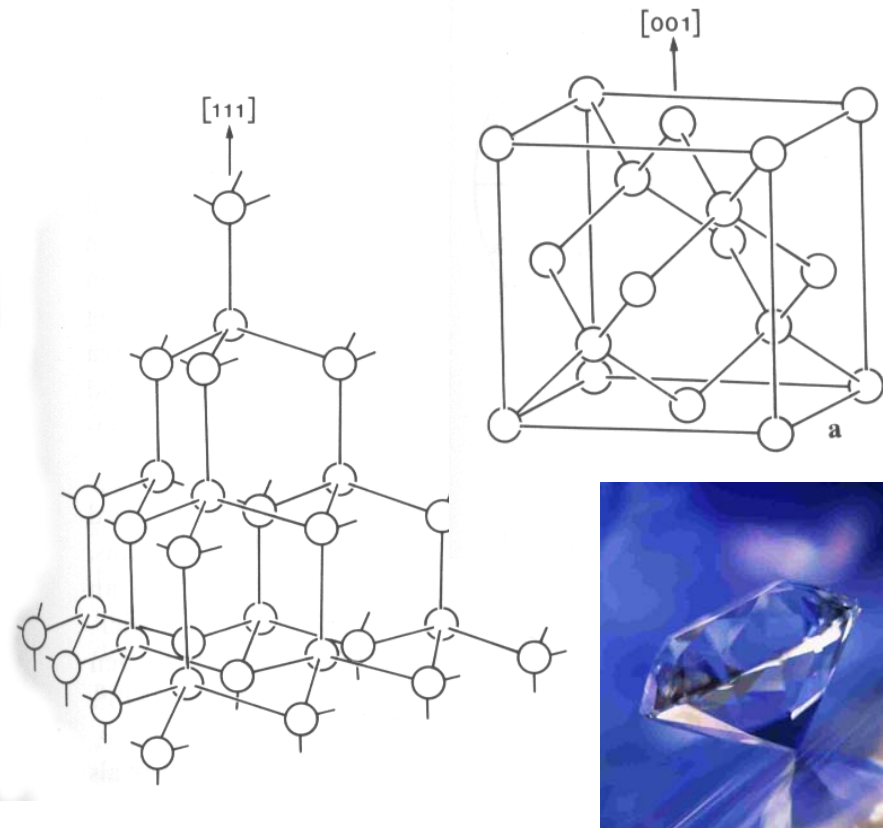
„Muscheliger Bruch“ beim Quarz

# Gitterstruktur & mechanische

## Eigenschaften am Beispiel Diamant - Graphit



Graphitgitter (hexagonal)



Diamantgitter (kubisch)

# Physikalische Eigenschaften

*von Mineralen*

- **Farbe**

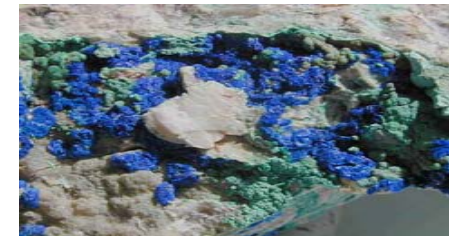
Farbe leider selten charakteristisch, da Minerale fast immer Mischkristalle sind!

Ausnahme: Minerale mit Eigenfärbung, z.B. Malachit.

Eigenfärbung: **idiochromatisch**

Färbung durch “Verunreinigungen”:  
**allochromatisch** (z.B. Quarz als  
Amethyst oder Rauchquarz)

Strichfarbe!



Malachit & Azurit



Rauchquarz



Amethyst

# Physikalische Eigenschaften

## *von Mineralen*

### ● Dichte

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 die 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 ~ 3.2

Baryt ~ 4.5

Erze ~ 4 – 7

Eisen ~ 7.9

Gold ~ 19

# Physikalische Eigenschaften

*von Mineralen*

- **Glanz**

Unterschieden wird zwischen **metallischem** (Metalle, die meisten Sulfide & Erze) und **nicht-metallischem** Glanz (alle anderen Minerale).

Weitere Begriffe:

Fettglanz – z.B. beim Quarz

Perlmutterglanz – z.B. bei Glimmern

# Physikalische Eigenschaften

*von Mineralen*

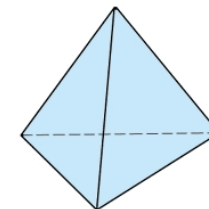
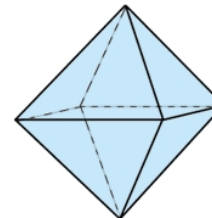
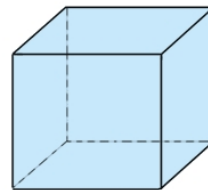
- **Form (“Habitus”)**

Ein Mineral kann sein: **idiomorph** oder **xenomorph** – oder irgend etwas dazwischen.

Weitere Begriffe: Stengelig, faserig, körnig, gestreckt, gedrunken usw.

- **Tracht**

Unter Tracht versteht man das “**Erscheinungsbild der Flächenkombination**”, z.B. Würfel, Oktaeder, Tetraeder



# Chemische Eigenschaften

## *von Mineralen*

Wesentlich für die Geowissenschaften ist hier eigentlich nur die **Löslichkeit** verschiedener Minerale in **wässrigen Lösungen** (wichtig bei der Verwitterung von Gesteinen und der Bildung von Sedimenten).

Die Konzentration lässt sich dabei über das **Löslichkeitsprodukt** berechnen: **Bsp. Gips:**



Daraus ergibt sich eine Ca-Konz. von  $\sim 4.5 \times 10^{-3} \text{ mol/l}$  (entsprechend  $\sim 17.9 \text{ mg/l} = 17.9 \text{ ppm}$ ) im gesättigten Zustand (dynamisches Lösungsgleichgewicht).

# Löslichkeitsprodukte schwer löslicher Verbindungen (25°C)

Halogenide		Sulfide		Sulfate	
MgF <sub>2</sub>	6·10 <sup>-9</sup>	SnS	1·10 <sup>-25</sup>	CaSO <sub>4</sub>	2·10 <sup>-5</sup>
CaF <sub>2</sub>	2·10 <sup>-10</sup>	PbS	2·10 <sup>-28</sup>	SrSO <sub>4</sub>	8·10 <sup>-7</sup>
BaF <sub>2</sub>	2·10 <sup>-6</sup>	MnS	7·10 <sup>-16</sup>	RaSO <sub>4</sub>	1·10 <sup>-9</sup>
PbF <sub>2</sub>	4·10 <sup>-8</sup>	NiS	1·10 <sup>-21</sup>	PbSO <sub>4</sub>	2·10 <sup>-8</sup>
PbCl <sub>2</sub>	2·10 <sup>-5</sup>	FeS	4·10 <sup>-19</sup>		
PbI <sub>2</sub>	1·10 <sup>-8</sup>	CuS	8·10 <sup>-45</sup>	Hydroxide	
CuCl	1·10 <sup>-6</sup>	Ag <sub>2</sub> S	5·10 <sup>-51</sup>	Be(OH) <sub>2</sub>	3·10 <sup>-19</sup>
CuBr	4·10 <sup>-8</sup>	ZnS	1·10 <sup>-24</sup>	Mg(OH) <sub>2</sub>	1·10 <sup>-12</sup>
CuI	5·10 <sup>-12</sup>	CdS	1·10 <sup>-28</sup>	Ca(OH) <sub>2</sub>	4·10 <sup>-6</sup>
AgCl	2·10 <sup>-10</sup>	Hg <sub>2</sub> S	2·10 <sup>-51</sup>	Ba(OH) <sub>2</sub>	4·10 <sup>-3</sup>
AgBr	5·10 <sup>-13</sup>			Al(OH) <sub>3</sub>	2·10 <sup>-33</sup>
AgI	8·10 <sup>-17</sup>	Carbonate		Pb(OH) <sub>2</sub>	4·10 <sup>-15</sup>
AgCN	2·10 <sup>-14</sup>	Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2·10 <sup>-3</sup>	Mn(OH) <sub>2</sub>	7·10 <sup>-13</sup>
Hg <sub>2</sub> Cl <sub>2</sub>	2·10 <sup>-13</sup>	MgCO <sub>3</sub>	2·10 <sup>-5</sup>	Cr(OH) <sub>3</sub>	7·10 <sup>-31</sup>
Hg <sub>2</sub> I <sub>2</sub>	1·10 <sup>-23</sup>	CaCO <sub>3</sub>	5·10 <sup>-9</sup>	Ni(OH) <sub>2</sub>	3·10 <sup>-17</sup>
		SrCO <sub>3</sub>	2·10 <sup>-9</sup>	Fe(OH) <sub>2</sub>	2·10 <sup>-15</sup>
Chromate		BaCO <sub>3</sub>	2·10 <sup>-9</sup>	Fe(OH) <sub>3</sub>	5·10 <sup>-38</sup>
BaCrO <sub>4</sub>	8·10 <sup>-11</sup>	Pb <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	2·10 <sup>-14</sup>	Cu(OH) <sub>2</sub>	2·10 <sup>-19</sup>
PbCrO <sub>4</sub>	2·10 <sup>-14</sup>	Zn <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	6·10 <sup>-11</sup>	Zn(OH) <sub>2</sub>	2·10 <sup>-17</sup>
Ag <sub>2</sub> CrO <sub>4</sub>	4·10 <sup>-12</sup>	Ag <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	6·10 <sup>-12</sup>	Cd(OH) <sub>2</sub>	2·10 <sup>-14</sup>

# Die wichtigsten (gesteinsbildenden) Mineralgruppen

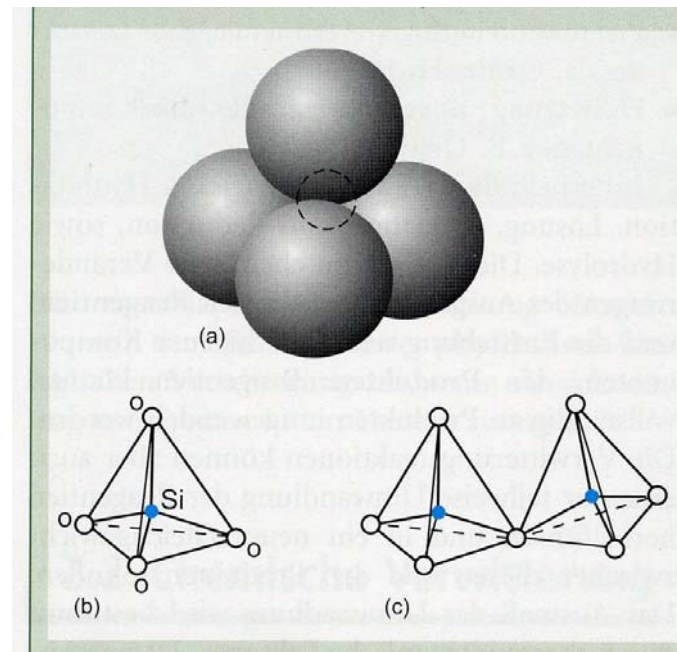
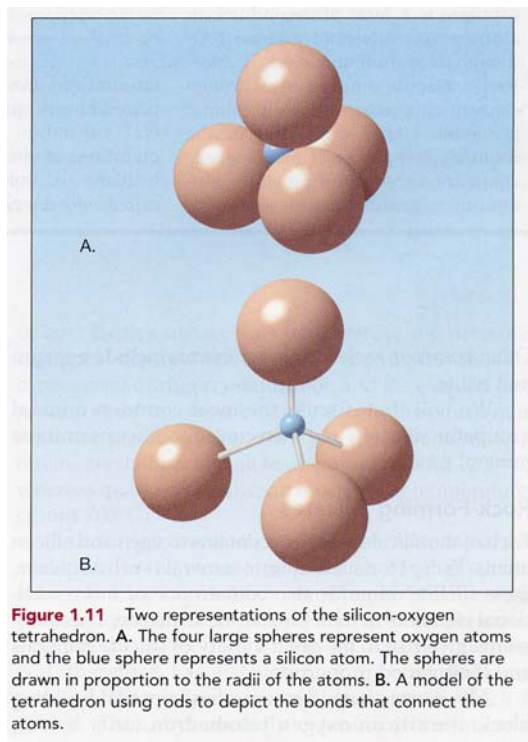
1) **Silikate** (Insel-, Gruppen-, Ring-, Ketten-,  
Doppelketten-, Schicht- und Gerüstsilikate)

2) **Karbonate** (Calcit, Dolomit)

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

- **Insel silikate = Nesosilikate**

Isolierte  $[\text{SiO}_4]^{4-}$  - Tetraeder, der Ladungsüberschuss wird durch Kationen kompensiert, z.B. Olivin, Zirkon

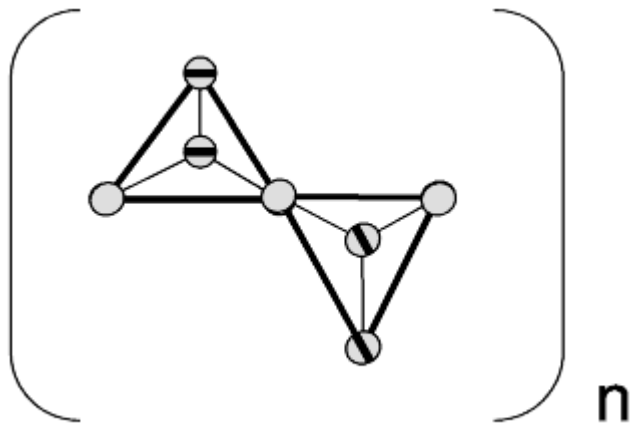


## Die wichtigsten (gesteinsbildenden) Mineralgruppen: **Silikate**

---

- **Gruppensilikate = Sorosilikate**

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



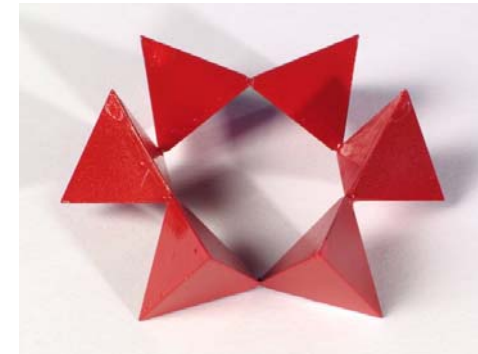
*Beispiel: Epidot*

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

---

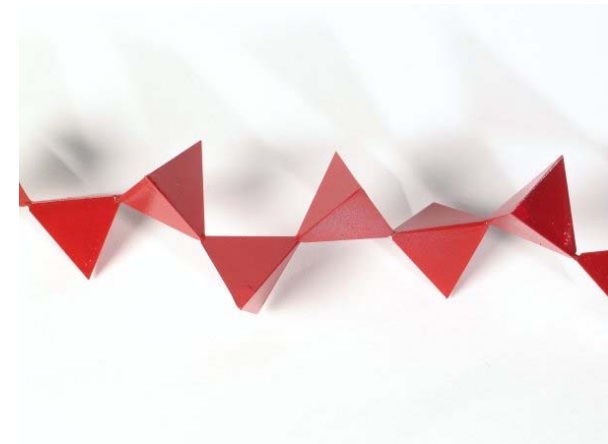
- **Ringsilikate = Cyclosilikate**

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



- **Kettensilikate = Inosilikate**

“Unendlich” lange Ketten aus  $[\text{SiO}_4]$  – Tetraedern, Verhältnis Si : O = 1 : 3, daraus ergibt sich folgende Formeleinheit:  $[\text{Si}_2\text{O}_6]_n^{4-}$ . Wichtige Vertreter dieser Gruppe: **Pyroxene**, z.B. **Diopsid**:  $\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$



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

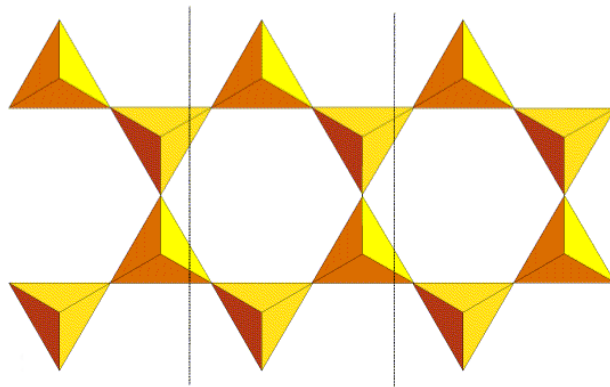
---

- **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 von  $(\text{OH}^-)$ , man spricht von “wasserhaltigen” Mineralen.



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

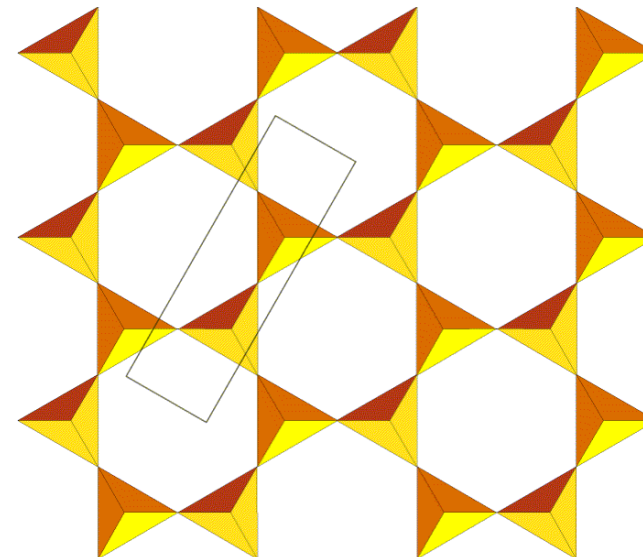
---

- **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.



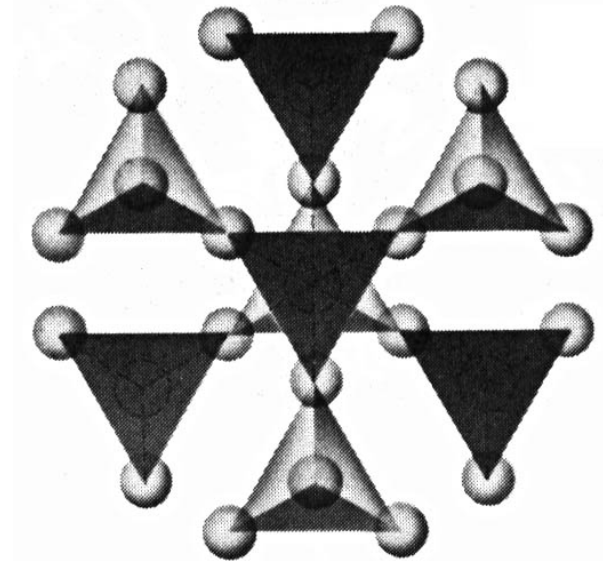
## Die wichtigsten (gesteinsbildenden) Mineralgruppen: **Silikate**

---

- **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  $[\text{SiO}_2]$  ohne negativen Ladungsüberschuss.

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



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

---

### **Für alle Silikate gilt:**




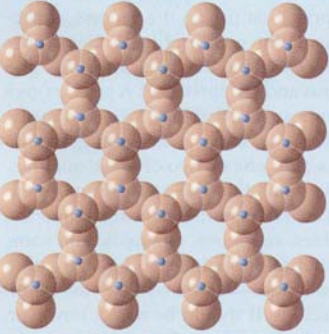

Ein vierwertiges **Si-Atom** kann durch ein dreiwertiges **Al-Atom** ersetzt werden (Substitution). Dadurch erhöht sich der negative Ladungsüberschuss pro Al-Atom um 1.

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

Bsp:  $[\text{Si}_4\text{O}_8] \rightarrow [\text{AlSi}_3\text{O}_8]^{1-} \rightarrow \text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$  **Kalifeldspat**

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

# 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	$\text{K}(\text{Mg, Fe})_3\text{AlSi}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	One plane	Sheets	
	Muscovite	$\text{KAl}_2(\text{AlSi}_3\text{O}_{10})(\text{OH})_2$			
Feldspars	Orthoclase (Potassium feldspar)	$\text{KAlSi}_3\text{O}_8$	Two planes at 90°	Three-dimensional networks	
	Plagioclase	$(\text{Ca, Na})\text{AlSi}_3\text{O}_8$			
Quartz		$\text{SiO}_2$	None		

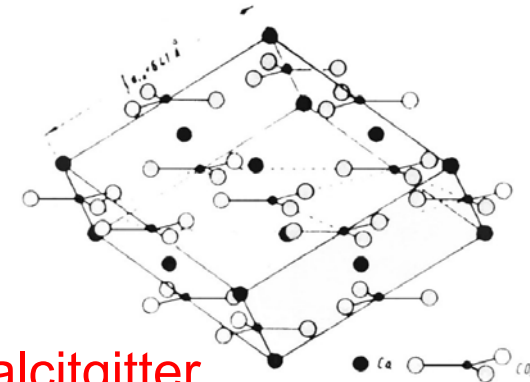
**Figure 1.12** Common silicate minerals. Note that the complexity of the silicate structure increases down the chart.

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

---

- **Nur drei wichtige Vertreter:**

Calcit (Kalkspat):  $\text{CaCO}_3$  (trigonal)

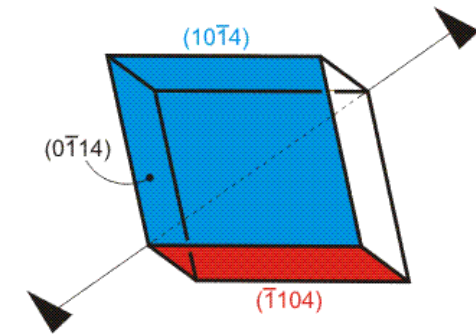


Calcitgitter

Aragonit:  $\text{CaCO}_3$  (rhombisch)

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

(kein Mischkristall,  $\text{Ca:Mg} = 1:1!$ )



Aragonit

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

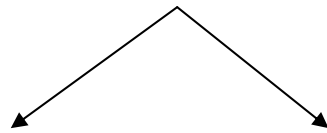
# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung



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

---

Magmatische Gesteine  
(Magmatite)



Vulkanite

Schnelle  
Abkühlung

Plutonite

Langsame  
Abkühlung

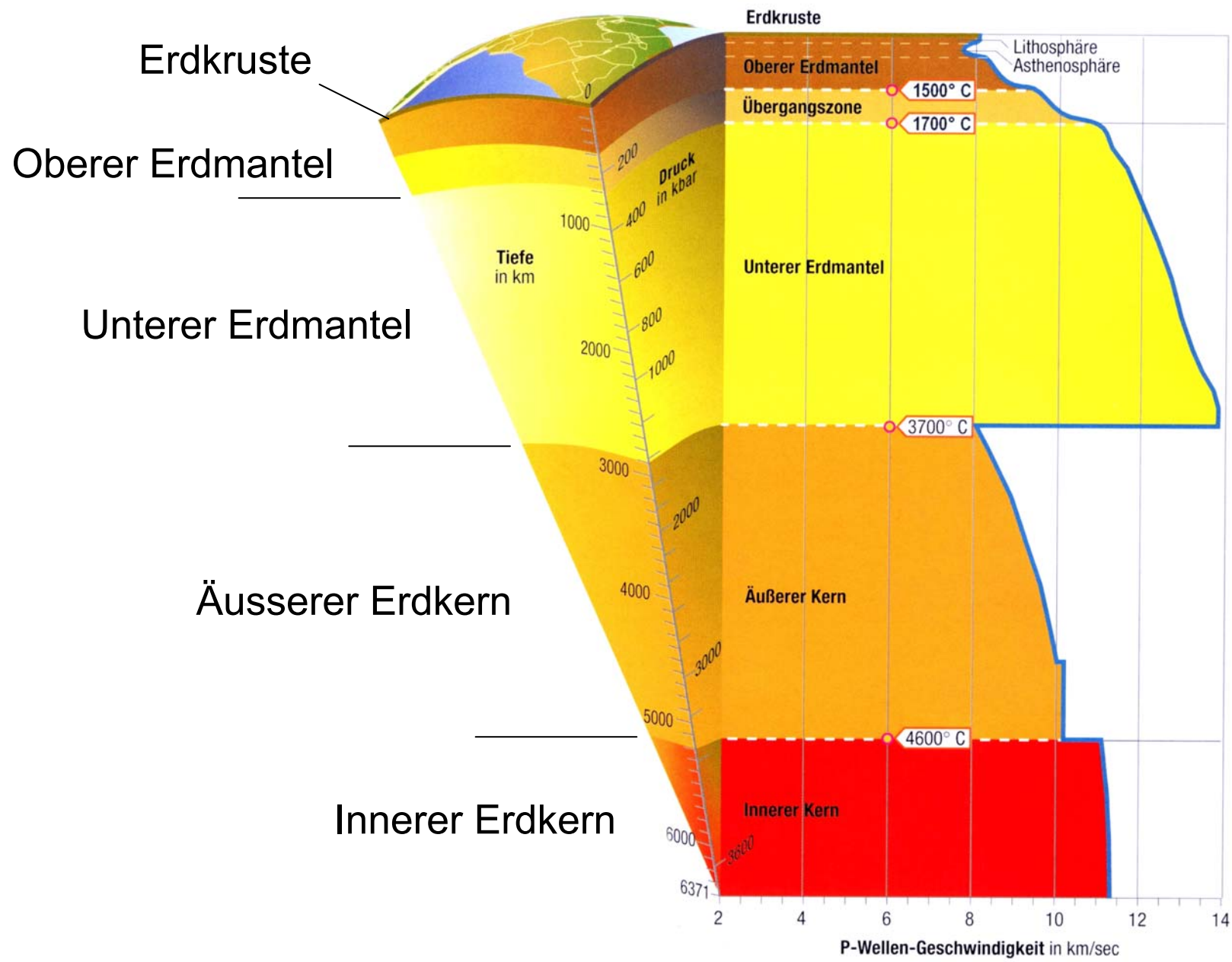
Metamorphe Gesteine  
(Metamorphite)

Entstehen aus  
anderen Gesteinen

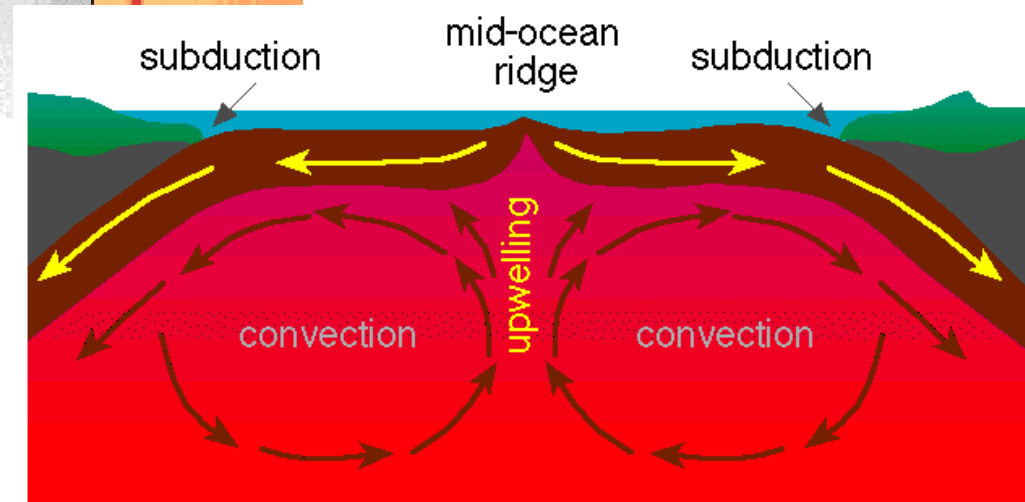
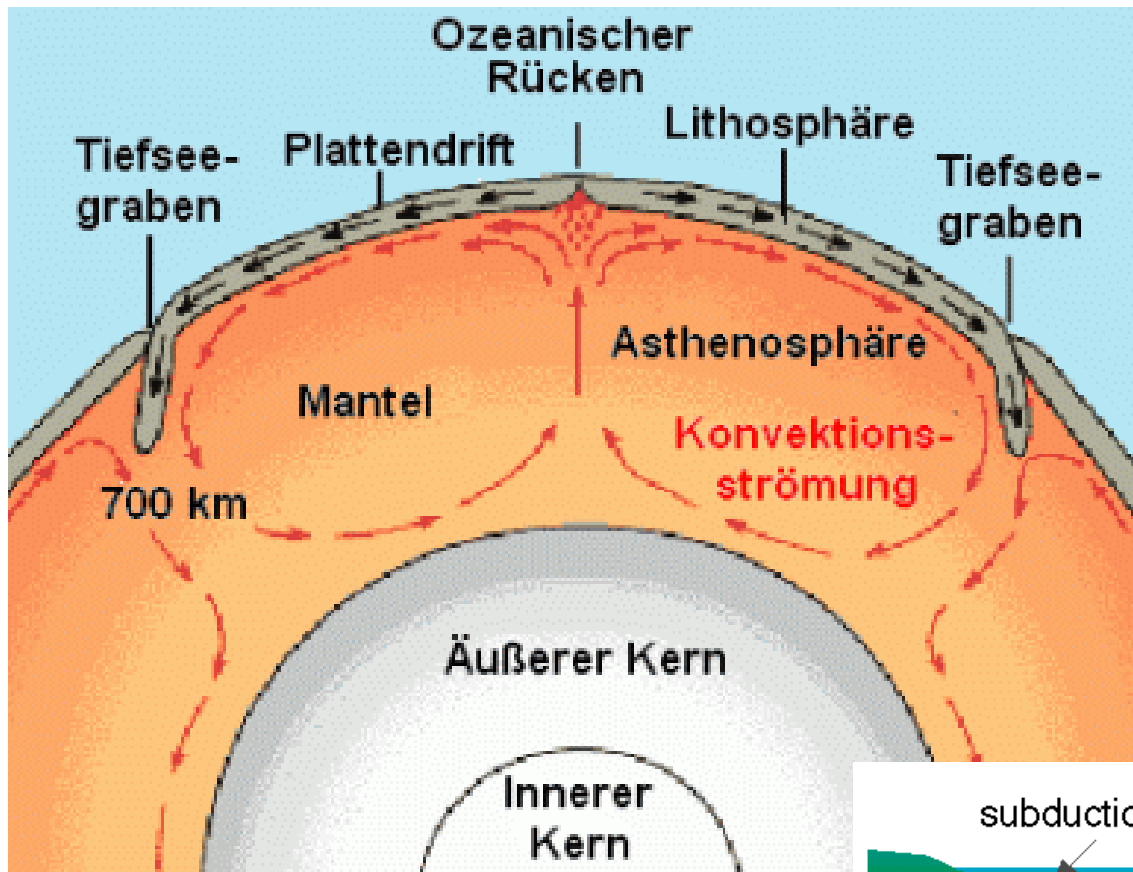
Sedimentgesteine  
(Sedimente)

z.B. Kalkstein, Tonstein, Sandstein

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



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



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

---

### Plattengrenzen



## Wo entstehen nun magmatische Gesteine ??

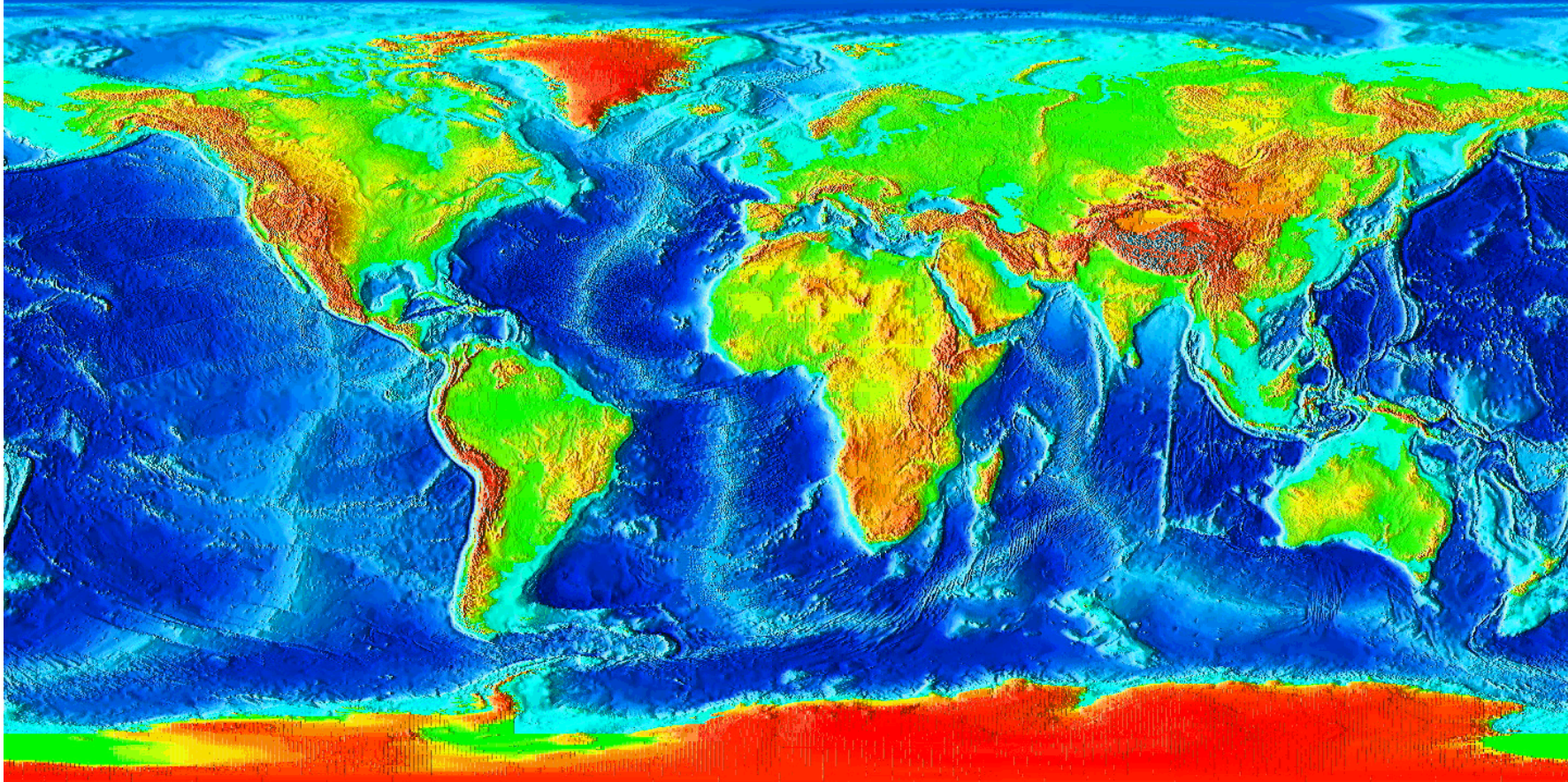
- **An mittelozeanischen Rücken**
- **Über Subduktionszonen**
- **In der Erdkruste bei der Gebirgsbildung**



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

---

## Reliefkarte (Topographie) der Erdoberfläche (“ohne Wasser”)



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

---

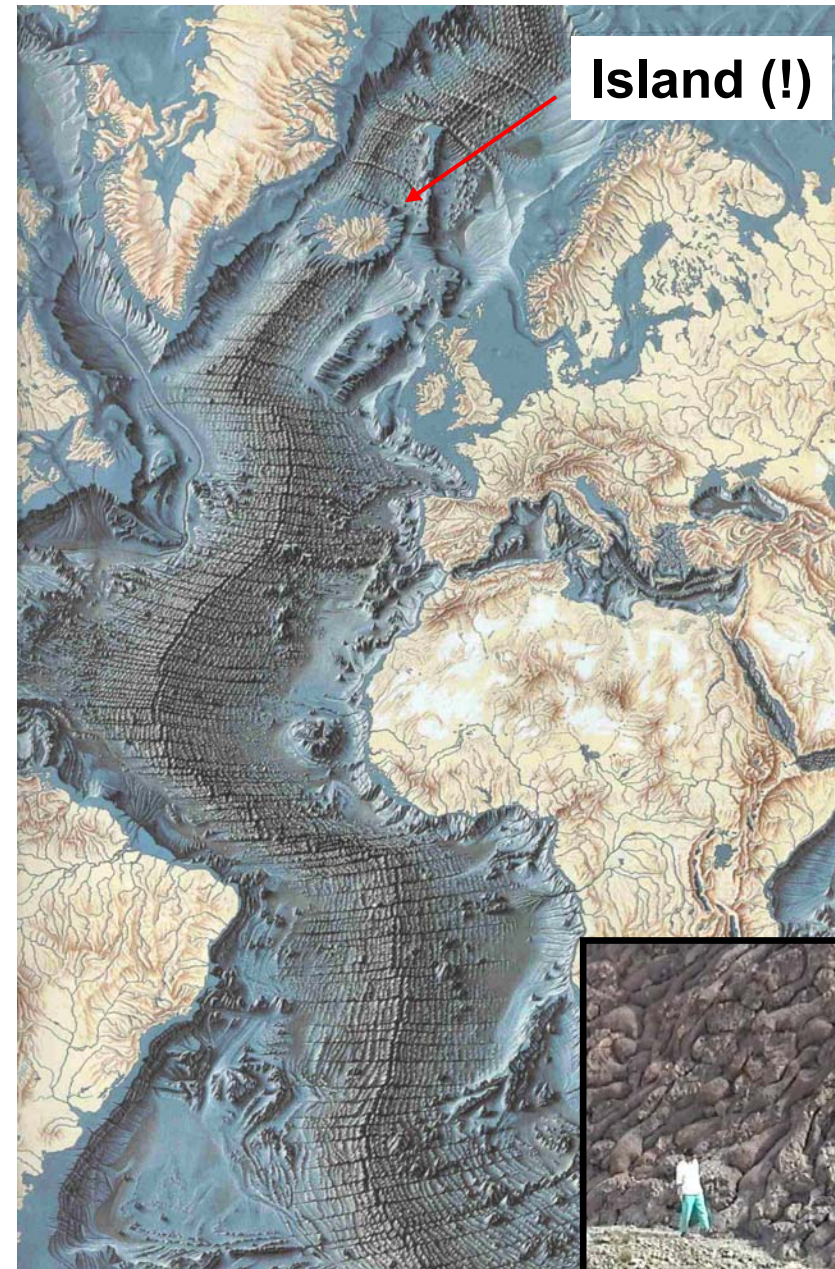
## Mittelatlantischer Rücken

### Submarine "Vulkankette" !

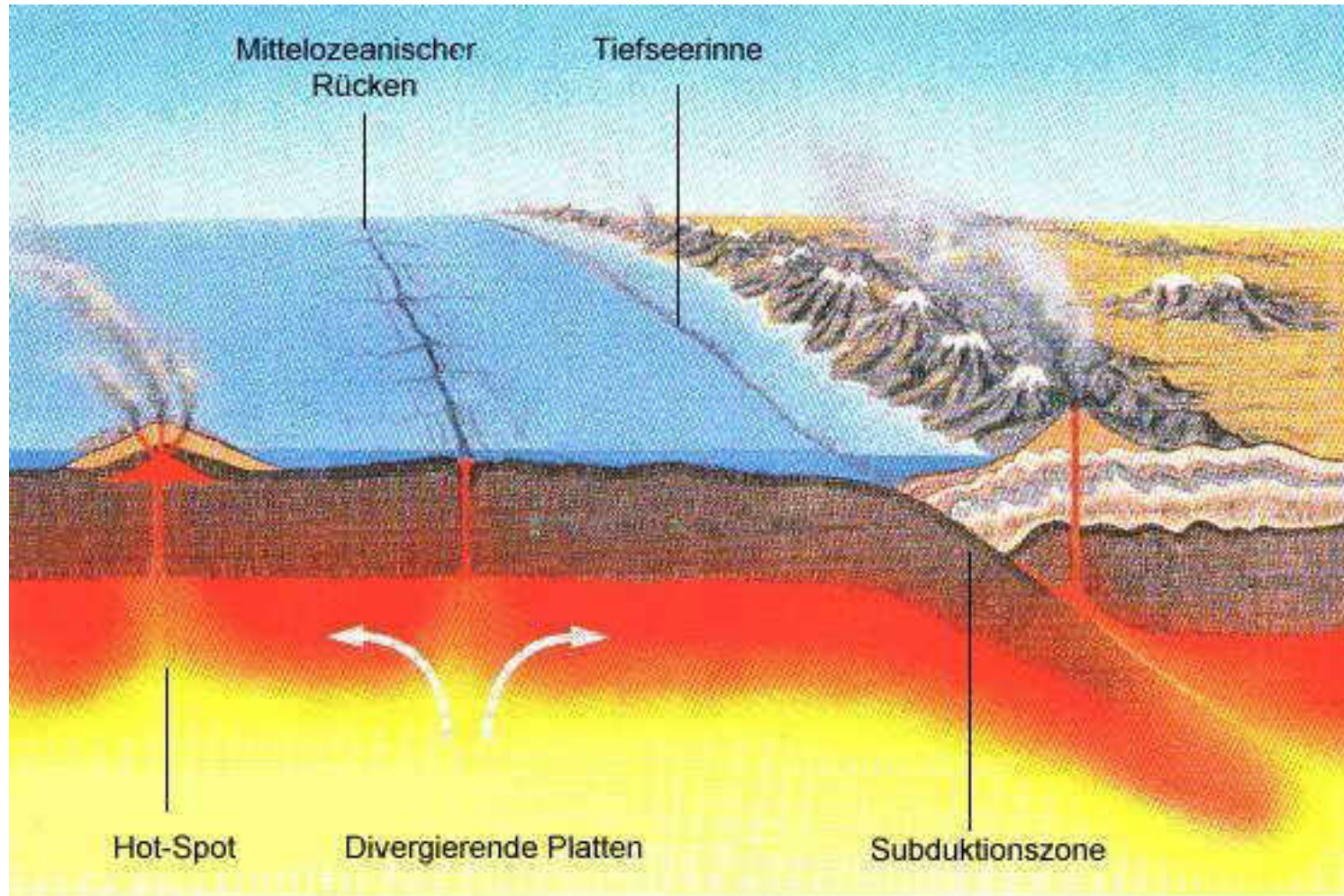
An den mittelozeanischen Rücken entstehen, global gesehen, über 90% aller **magmatischen** Gesteine (mit i.W. "basaltischer" Zusammensetzung)



Spalteneruption auf Island

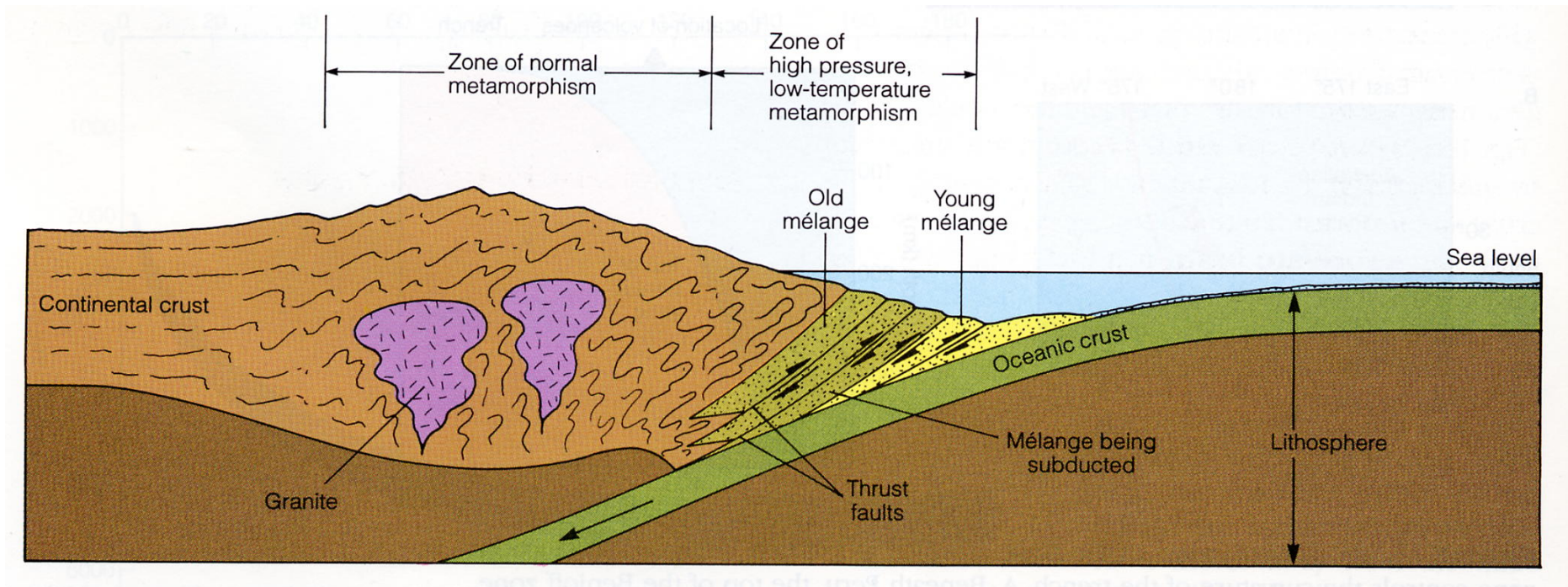


## Mittelozeanischer Rücken & Subduktionszone



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

## Krustenverdickung & Aufheizung im Arc-Bereich



## Magmatische Gesteine

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

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

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

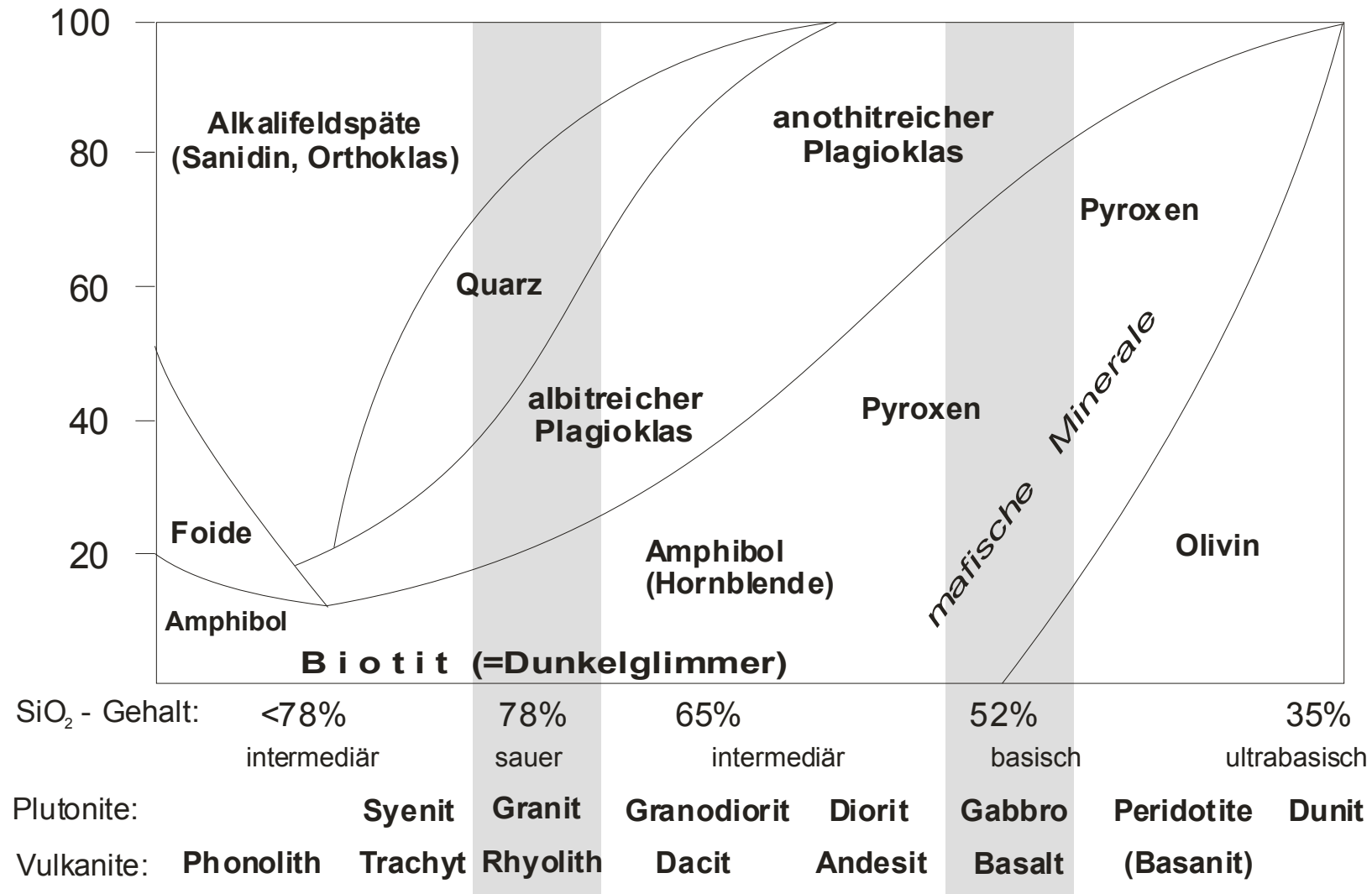
$\text{SiO}_2 = 52 - 66\%$ : intermediär

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

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

## Magmatische Gesteine: ÜBERBLICK über die wichtigsten Gest.

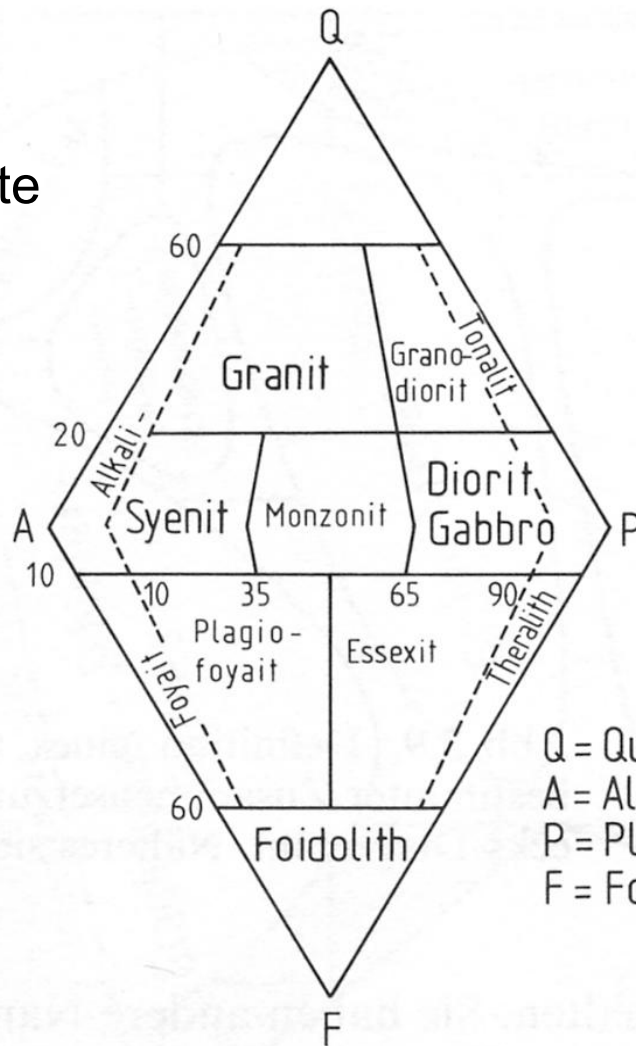
Vereinfachte Übersicht über die magmatischen Gesteine



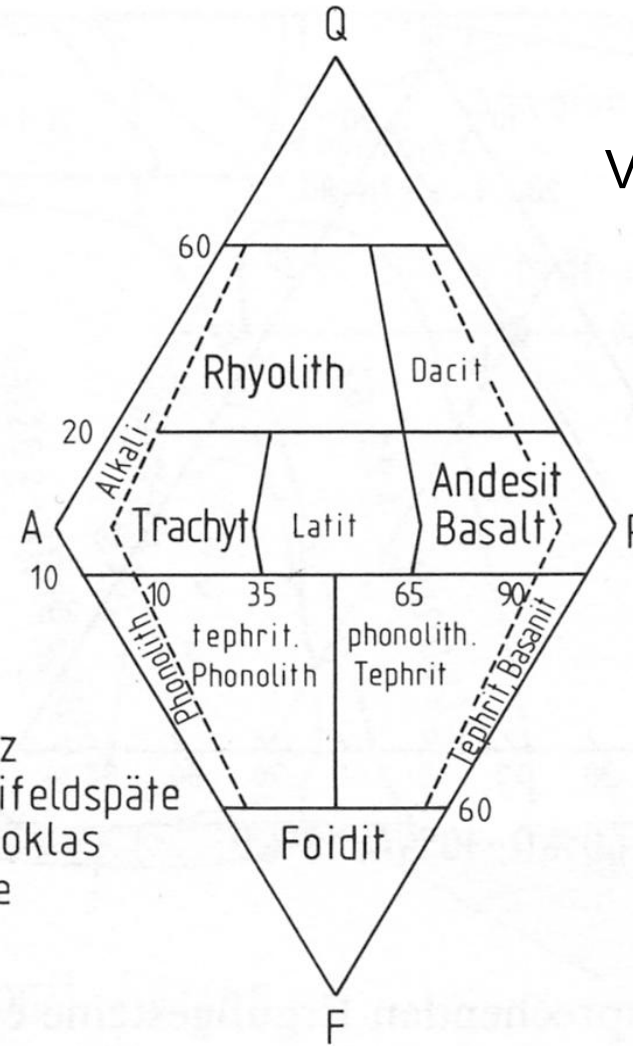
# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

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

Plutonite



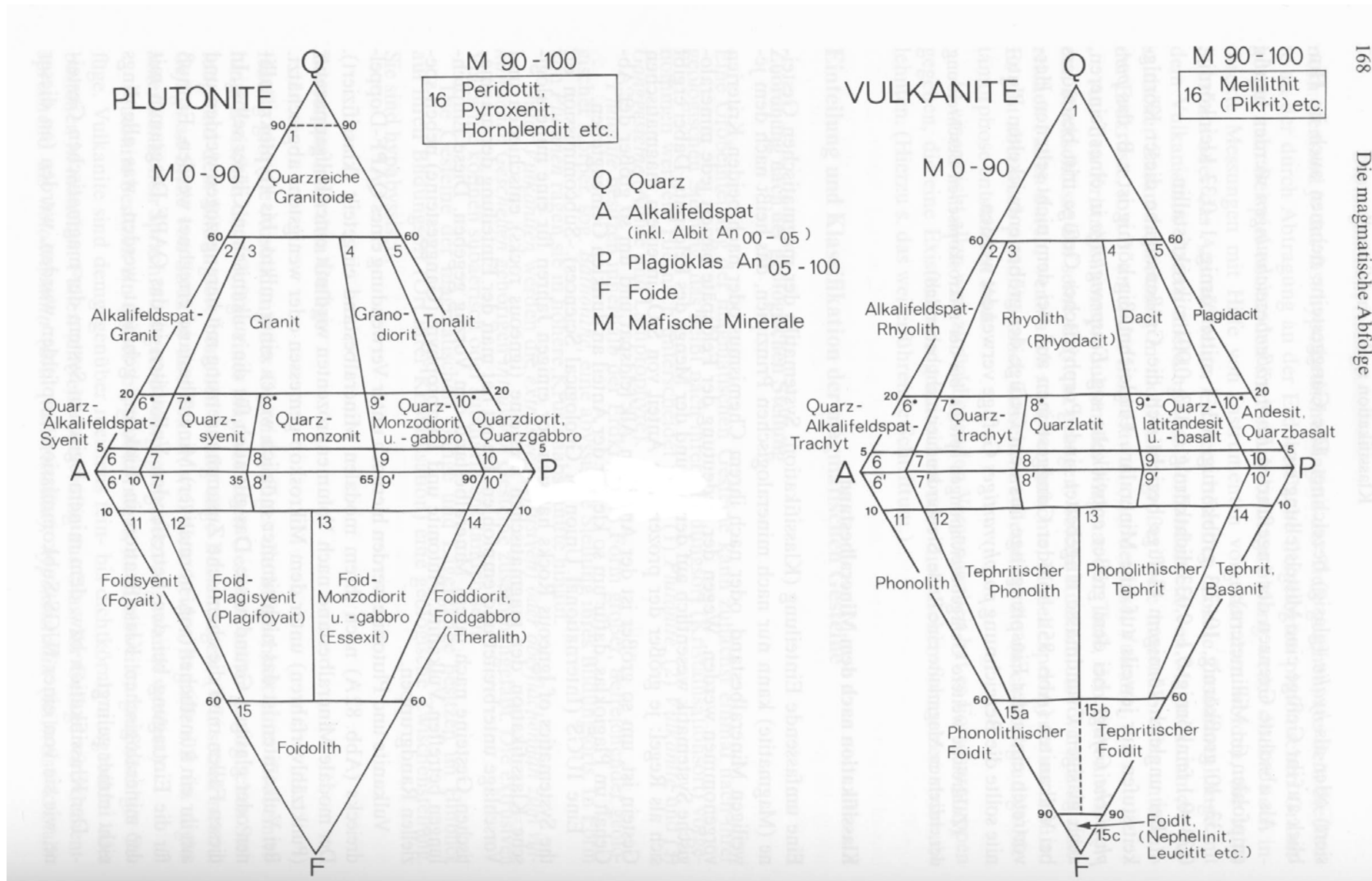
Vulkanite



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

Streckeisen-Nomenklatur (nur für intermediäre – felsische Gesteine!!!!)

# Streckeisen-Diagramme: Detaillierter



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

---

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

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



Leucit

Kalifeldspat

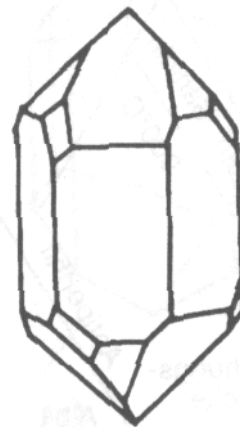
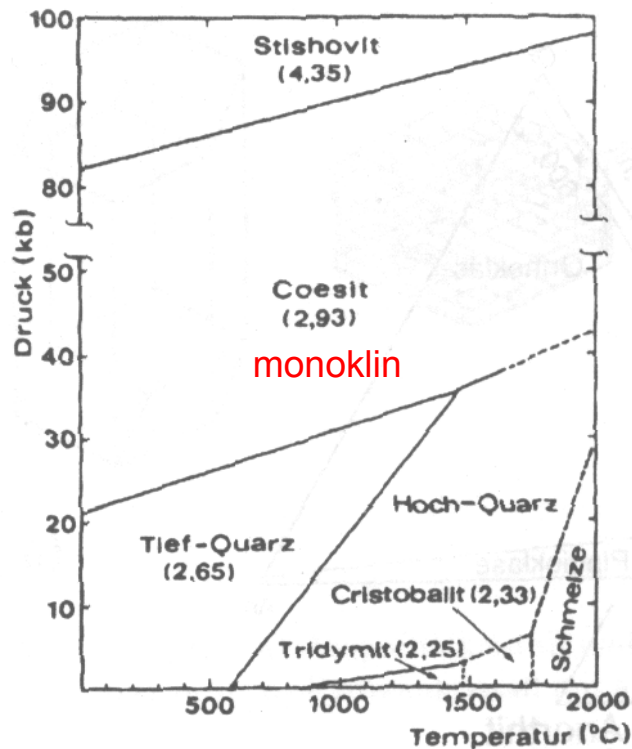
D.h., **Foide** ersetzen in SiO<sub>2</sub>-armen (“unterkieselten”) Schmelzen einen Teil der Feldspäte: **Foide = Feldspat-vertreter**

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

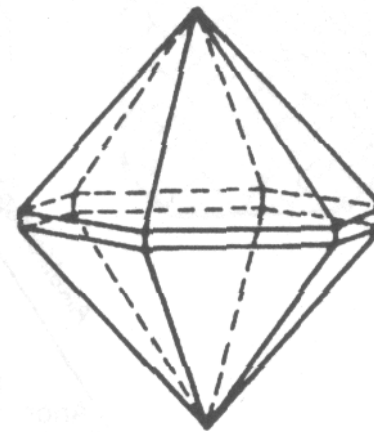
## Magmatische Gesteine: Die wichtigsten felsischen Minerale

### Quarz ( $\text{SiO}_2$ , Gerüstsilikat, H=7)

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



Tiefquarz  
(trigonal)



Hochquarz  
(hexagonal)



## Magmatische Gesteine: Die wichtigsten felsischen Minerale

### Feldspat Gruppe (H=6)

Monokline oder trikline Gerüstsilikate, H=6. Unterschieden werden **Alkalifeldspäte** (monoklin und triklin; Sanidin, Orthoklas, Mikroklin, Albit) und Feldspäte der **Plagioklasreihe** (triklin; Albit, Oligoklas, ).

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

Nomenklatur & Zusammensetzung der Feldspäte: **ternäres Feldspat-system** (nächste Folie!)



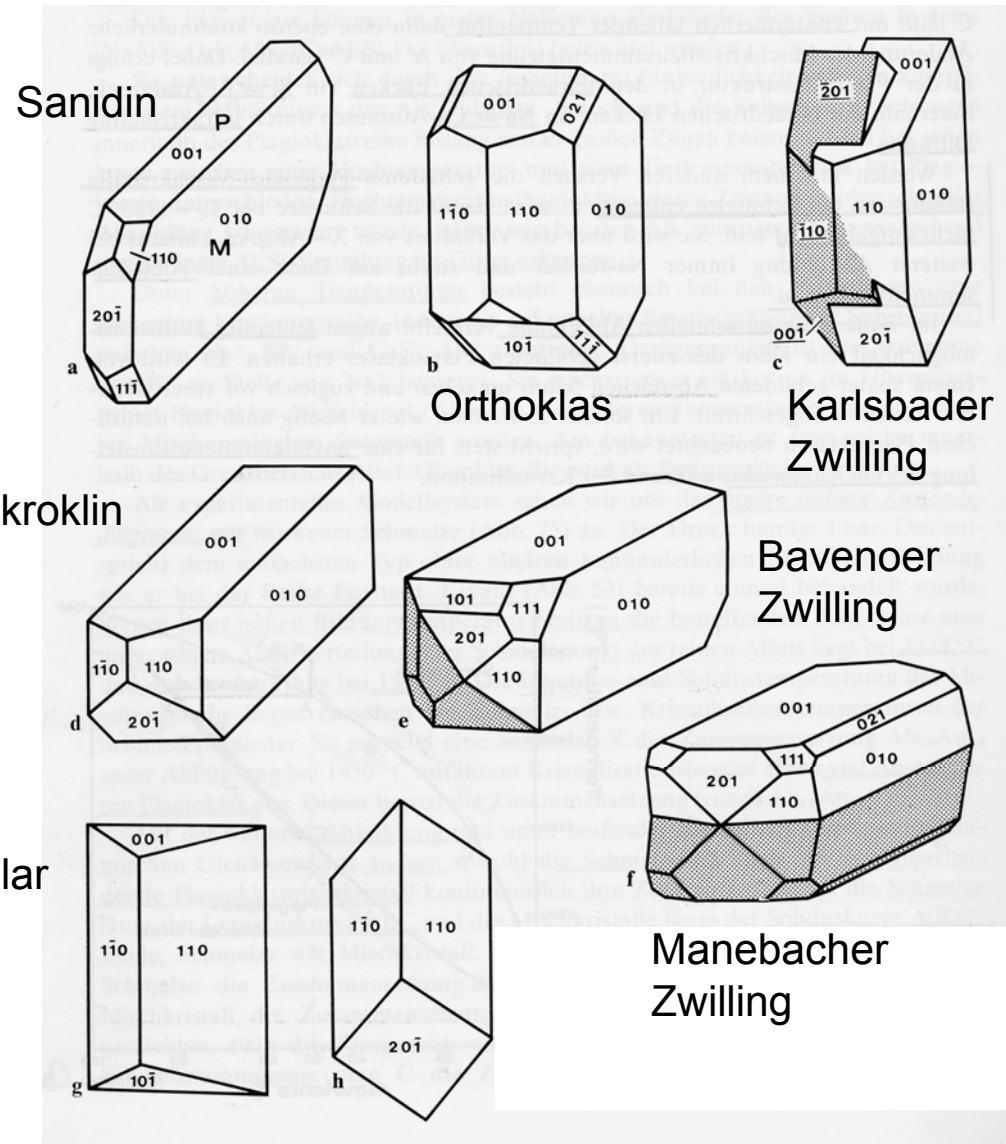
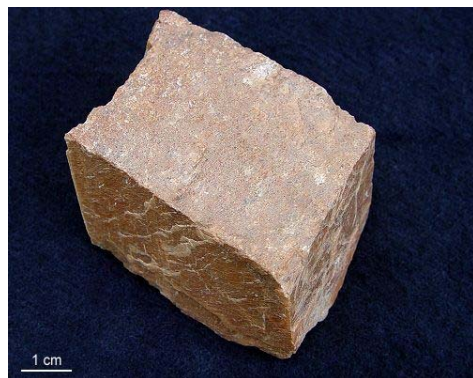
Perthitische Entmischung bei AFsp

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

## Magmatische Gesteine: Die wichtigsten felsischen Minerale

### Feldspat Gruppe

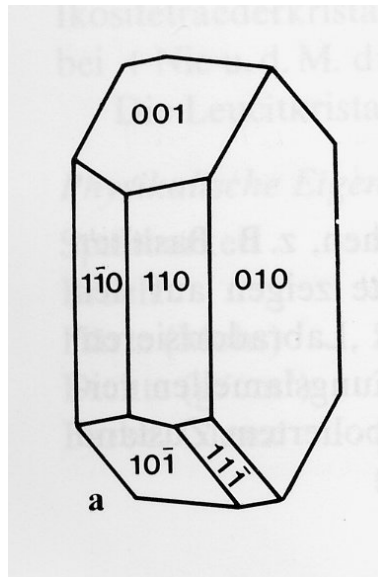
Kristallformen & Zwillingsbildung bei Alkalifeldspäten



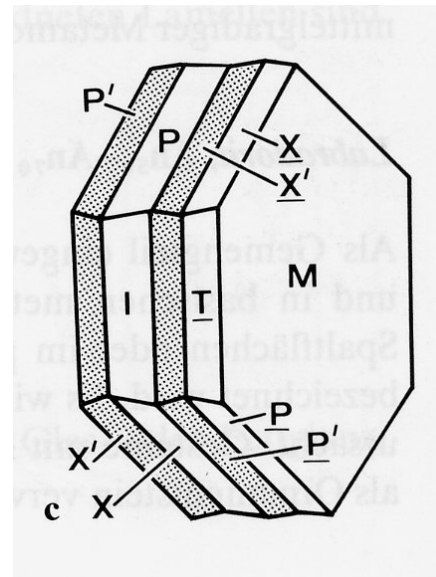
# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

## Magmatische Gesteine: Die wichtigsten felsischen Minerale

### Feldspat Gruppe Kristallformen der Plagioklasse



Albit



polysynthetischer  
Zwilling

Plagioklas ist typischerweise **zoniert**, mit *anorthitreichem Kern* und *albitreichem Rand* (chemischer Gradient): siehe *isobares System Albit - Anorthit*.

## Magmatische Gesteine: Die wichtigsten Minerale

### Glimmer-Gruppe (Schichtsilikate, H=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):  $KMg_3[(OH)_2AlSi_3O_{10}]$

## Magmatische Gesteine: Die wichtigsten Minerale

### Foide (Feldspatvertreter)

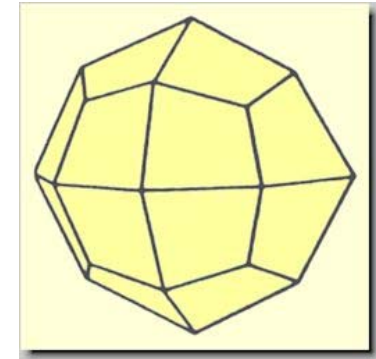
Formal entstehen sie durch Abspaltung von  $\text{SiO}_2$  aus Feldspäten. Wichtige Vertreter sind:

► **Leucit:**  $\text{K}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$  (H=6.5-7)

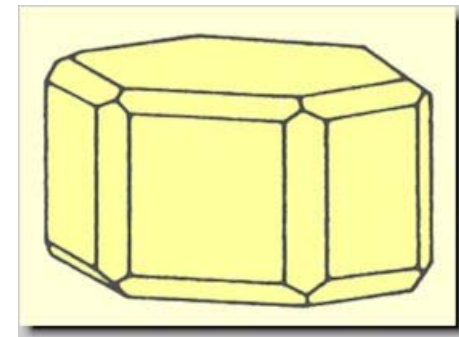
Die **HT-Modifikation** von Leucit ist kubisch, oft als **Ikositetraeder**, **LT-Modifikation** tetragonal. Leucit kommt v.a. in  $\text{SiO}_2$ -untersättigten vulkanischen Gesteinen vor, ist oft weißlich und hat fettigen Glanz.

► **Nephelin:**  $(\text{Na},\text{K})[\text{AlSiO}_4]$

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



Typischer Habitus  
von Leucit



Nephelin

## Magmatische Gesteine: Die wichtigsten Minerale

### Foide (Fortsetzung)

► Sodalith-Reihe:

**Sodalith:**  $\text{Na}_8[\text{Cl}_2/(\text{AlSiO}_4)_6]$  (= 6 Nephelin + 2 NaCl)

**Nosean:**  $\text{Na}_8[\text{SO}_4/(\text{AlSiO}_4)_6]$  (= 6 Nephelin +  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ )

**Hauyn:** Nosean + Ca

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



Sodalith – die Si und Al Atome sitzen auf den Gitterpunkten



Sodalith



Hauyn

## Magmatische Gesteine: Die wichtigsten Minerale

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

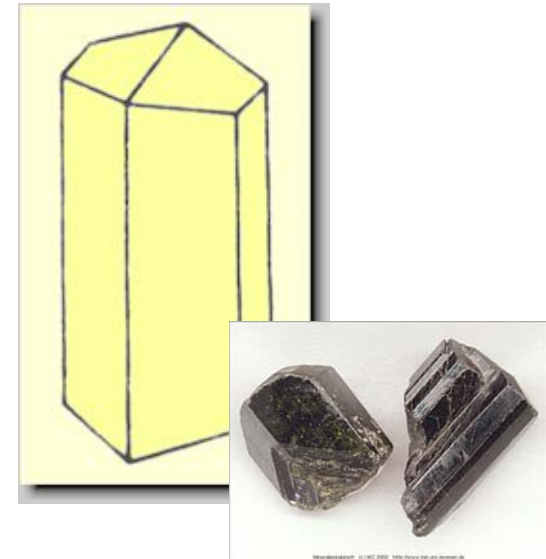
Die häufigsten Kationen im Gitter der Amphibole sind Ca, Mg und Fe.  
Wichtige Vertreter sind:

**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:**  $\text{A}_{0-1}\text{X}_2\text{Y}_5[(\text{OH})_2\text{Si}_8\text{O}_{22}]$

mit: A=Na,K      X=Na,Ca      Y=Mg,Fe,Al



**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**

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

### Magmatische Gesteine: Gefüge magmatischer Gesteine

- Grobkörniges Gefüge (grobkristallin):  
→ langsame Abkühlung → Plutonite

- Feinkörniges Gefüge (feinkristallin):  
→ schnelle Abkühlung → Vulkanite

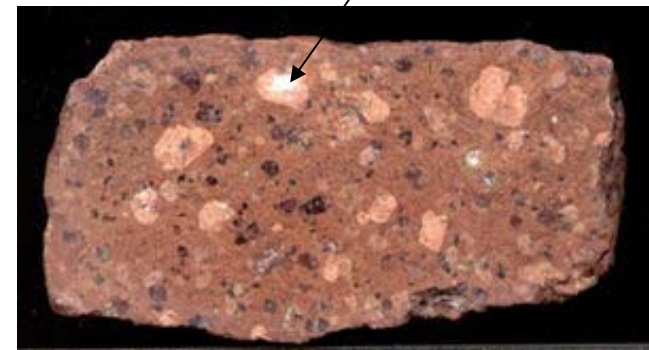
- Glasiges Gefüge (amorph oder mikrokristallin):  
→ extrem schnelle Abkühlung, z.B. Obsidian

- Porphyrisches Gefüge:  
→ grosse Kristalle (idiomorph, sog. Einsprenglinge) in mikrokristalliner Grundmasse



Obsidian

“Einsprengling”, z.B. Fsp



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 Sekundärmineralisation (Calcit, Zeolithe: **Melaphyr, Mandelstein**). Gesteins“schaum“ = **Bims**
- Fluidalgefüge (= Fluidaltextur):
  - Fließgefüge bei sehr zähflüssigen (also SiO<sub>2</sub>-reichen) Laven



Blasiger, rezenter Basalt vom Ätna, Sizilien

## 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,  $H=6$ )

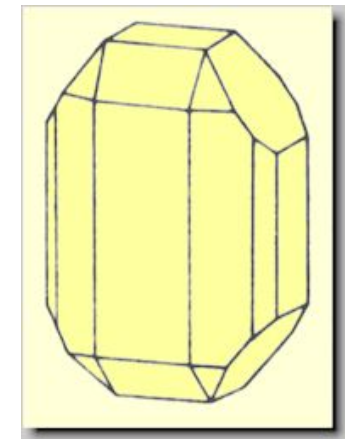
► Binärer Mischkristall aus den Endgliedern:

**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**.  
Ausserdem als **Einsprengling** in vielen Basalten (Frühkristallinat), sowie in Gesteinen der **ozeanischen Kruste**.

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



**Olivin**

## 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)

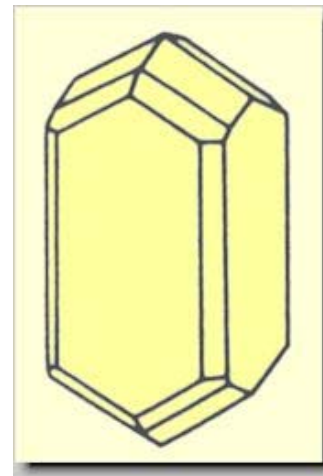
- ▶ Zwei Gruppen: rhombische **Orthopyroxene** und monokline **Klinopyroxene**. Pyroxene sind Mischkristalle der Endglieder Wollastonit, Enstatit & Ferrosilit.

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

Wie Olivin sind die Pyroxene ein wesentlicher Bestandteil der **Gesteine des Erdmantels**, sowie der Gesteine der **ozeanischen Kruste**.



**Augit (Cpx)**



**Bronzit (Opx)**

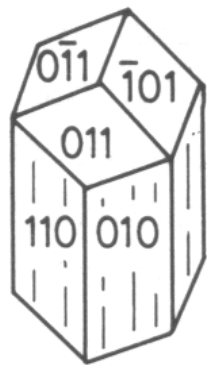
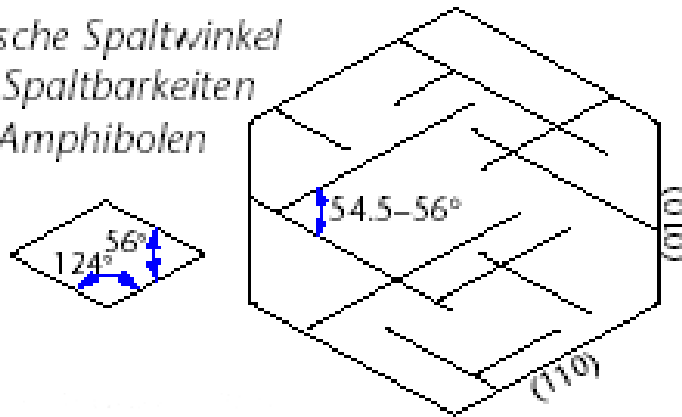


# Die wichtigsten Gesteine und ihre Entstehung: (1) Magmatische Gesteine

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

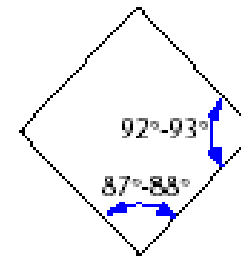
### Unterscheidung von Pyroxen und Amphibol (schwierig!):

Typische Spaltwinkel  
und Spaltbarkeiten  
von Amphibolen

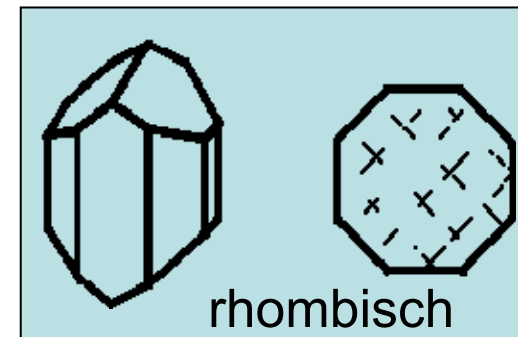
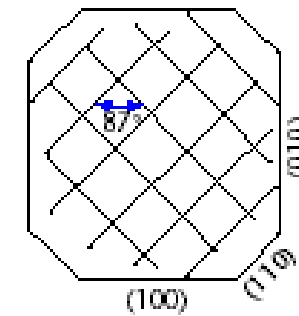


**Amphibole**

Spaltwinkel  
von Pyroxenen



Typische Pyroxen-  
spaltbarkeit



**Pyroxene**

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

## Spinell-Gruppe

- ▶ Spinelle sind Oxide der Elemente Mg, Fe, Al und Cr (untergeordnet bauen Spinelle auch  $\text{Mn}^{3+}$  und  $\text{Co}^{3+}$  ein).

Aluminatspinelle: z.B. „**Spinell**“:  $\text{MgAl}_2\text{O}_4$

Ferritspinelle: z.B. **Magnetit**:  $\text{FeFe}_2\text{O}_4$  ( $=\text{Fe}_3\text{O}_4$ )

Chromitspinelle: z.B. **Chromit**:  $\text{FeCr}_2\text{O}_4$

Farbe: schwarz – (dunkel) braun.

$\text{MgAl}_2\text{O}_4$  - Gitter

