

## BODENBESTANDTEILE

### *2. Mineralische Bestandteile der Böden*

---

---

---

---

---

---

---

---

S 9

#### Das Programm

1. Einführung

#### BODENBESTANDTEILE

→ 2. Mineralische Bodenbestandteile

3. Organische Bodenbestandteile

#### BODENBILDUNG

4. Faktoren und Prozesse der Bodenbildung

5. Bodenbildung auf verschiedenen Gesteinen

6. Klassifikation und Kartierung von Böden

#### BODENFRUCHTBARKEIT

7. Wasser, Luft und Wärme

8. Bodenreaktion und Nährstoffe

9. Erhaltung und Gefährdung der  
Bodenfruchtbarkeit

#### BÖDEN UND KLIMAWANDEL

10. Böden und Klimawandel

---

---

---

---

---

---

---

---

S 9

### Kapitel 2: Inhalt

- Welche Bedeutung haben die Bodenminerale?
- Überblick über die wichtigsten Gesteine
- Einführung in die wichtigsten Mineralien in Böden

---

---

---

---

---

---

---

---

S 9

### Warum sind die Bodenmineralien wichtig?

- Porenraum → Wasser, Luft, Organismen
- Mechanischen Halt für Pflanzenwurzeln
- Quellung und Schrumpfung des Bodens
- Quelle von Pflanzennährstoffen (Ca, Mg, K, Fe, u.a.)
- Kationenaustausch, Sorption, u.a.
- Indikator für Verwitterungsprozesse → Paleoklima?

---

---

---

---

---

---

---

---

S 14

### Mineralien in Böden

Wie sind diese Mineralien aufgebaut?  
Was besitzen sie für Eigenschaften?



---

---

---

---

---

---

---

---

### S 14 Einteilung der Mineralien nach Entstehung

#### Primäre Mineralien

- entstanden unter hohem Druck- und/oder hoher Temperatur
- Bestandteile der magmatischen und metamorphen Gesteine
- in Böden vor allem in den Grössenfraktionen Sand (50 - 2000  $\mu\text{m}$ ) und Schluff (2 - 50  $\mu\text{m}$ ) zu finden

#### Sekundäre Mineralien

- entstanden durch chemische Verwitterung unter atmosphärischen Bedingungen
- in Böden vor allem in der Grössenfraktion Ton (<2  $\mu\text{m}$ ) zu finden

---

---

---

---

---

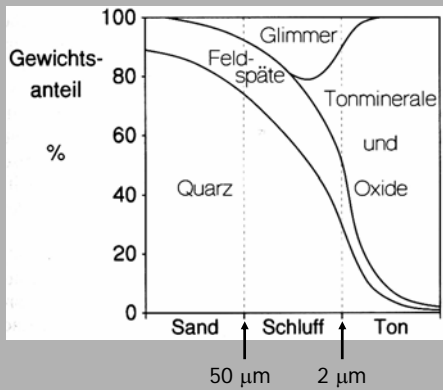
---

---

---

S 15

### Mineralien in Korngrößenfraktionen




---

---

---

---

---

---

---

---

S 15

### Elementare Zusammensetzung der Erdkruste

Elemente	Gew%	Vol%
O	47.0	88.2
Si	26.9	0.32
Al	8.1	0.55
Fe(III)	1.8	0.32
Fe(II)	3.3	1.08
Mg	2.3	0.60
Ca	5.0	3.42
Na	2.1	1.55
K	1.9	3.49

---

---

---

---

---

---

---

---

S 15

### Wichtige Mineralgruppen in der Erdkruste

Mineralgruppe	Haupt-Elemente	Neben-Elemente	Vol%
Silikate	Si, Al, O, H	Ca, Fe, Mg, Na, K	91.6
Fe-Oxide	Fe, O, H	Al	1.5
Carbonate	Ca, Mg, C, O		2

---

---

---

---

---

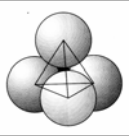
---

---

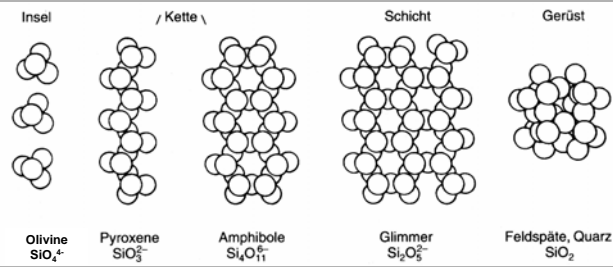
---

S 16

### Primäre Silikate



- $\text{SiO}_4^{4-}$  Tetraeder sind Grundbaustein.
- Einteilung der Silikate je nach Vernetzung der Si-Tetraeder in verschiedene Gruppen:




---

---

---

---

---

---

---

---

S 18

### Insel-, Ketten- und Bandsilikate

**Olivine** (Insel-silikate):

z.B. Forsterit ( $\text{Mg}_2\text{SiO}_4$ )

**Pyroxene** (Kettensilikate):

z.B. Diopsit ( $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$ )

**Amphibole** (Bandsilikate):

z.B. Hornblende ( $\text{NaCa}_2\text{Mg}_5\text{Fe}_2\text{AlSi}_7\text{O}_{22}(\text{OH})$ )

- reich an Fe(II), Mg, Ca.
- vor allem in basischen und ultrabasischen Gesteinen
- verwittern leicht

---

---

---

---

---

---

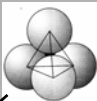
---

---

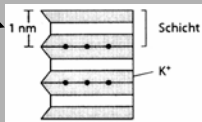
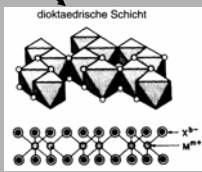
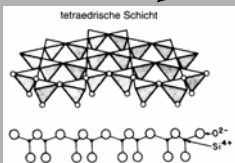
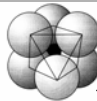
S 17

### Schichtsilikate

$\text{SiO}_4$ -Tetraeder  
(Al ↔ Si)



$\text{AlO}_6$ -Oktaeder  
(Fe<sup>II</sup>, Mg ↔ Al)




---

---

---

---

---

---

---

---

S 17

**Glimmer (2:1 Schichtsilikate)**

- **Muskovit:** helle Farbe, relativ schwer verwitterbar, K<sup>+</sup> in den Zwischenschichten (nicht austauschbar!)

Typische Summenformel:  $KAl_2(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$

- **Biotit:** dunkle Farbe, relativ leicht verwitterbar, K<sup>+</sup> in den Zwischenschichten (nicht austauschbar!)

Typische Summenformel:  $K(Mg, Fe^{II})_3(Si_3Al)O_{10}(OH)_2$




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

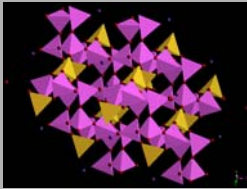
S 17

**Gerüstsilikate**



**Quarz (SiO<sub>2</sub>):**

- sehr schwer verwitterbar
- in Böden oft Hauptbestandteil der Sand- und Schlufffraktionen



**Feldspäte:**

Orthoklas:  $KAlSi_3O_8$

Albit:  $NaAlSi_3O_8$

Anorthit:  $CaAl_2Si_2O_8$

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

S 19

**Sekundäre Silikate**

**Tonminerale (= sekundäre Schichtsilikate)**

Mineral	Schichtaufbau (T:O)	Basisabstand (nm)	KAK (mmol/kg)	Morphologie
Illite	2:1	1.0	250	Plättchen
Vermikulite	2:1	1.0 – 1.4	1500	Plättchen
Smektite	2:1	1.0 – 1.8	1000	Plättchen
Sekundäre Chlorite	2:1:1	1.4	100	Plättchen
Kaolinite	1:1	0.7	<100	Plättchen
Halloysite	1:1	1.0 – 0.7	<100	Röhren, Hohlkugeln

---

---

---

---

---

---

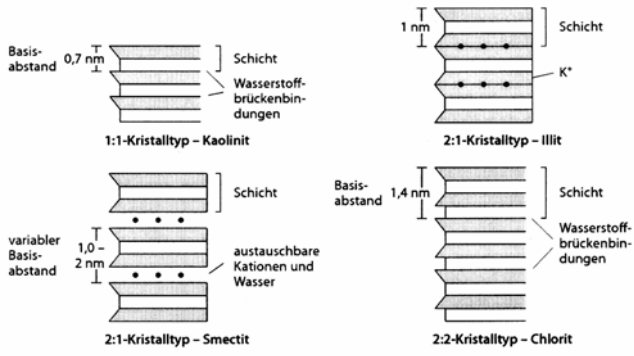
---

---

---

---

# Aufbau der Tonminerale



---

---

---

---

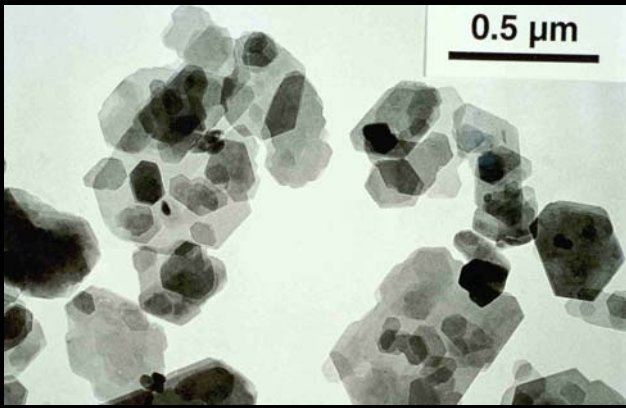
---

---

---

---

Kaolinite



---

---

---

---

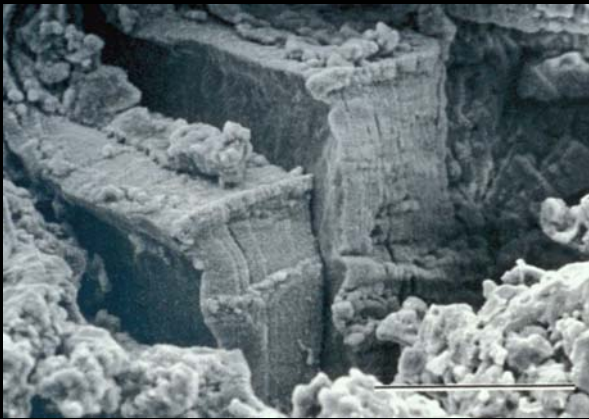
---

---

---

---

Halloysite formation on weathering biotite in granite-gneiss saprolite



---

---

---

---

---

---

---

---

Halloysite formation on weathering biotite in granite-gneiss saprolite



---

---

---

---

---

---

---

---

Halloysite formation on weathering biotite in granite-gneiss saprolite



---

---

---

---

---

---

---

---

S 18

### Wichtige Eigenschaften von Tonmineralien

- sehr kleine, plättchenförmige Partikel ( $<2 \mu\text{m}$ )
- sehr grosse spezifische Oberfläche ( $10\text{-}800 \text{ m}^2/\text{g}$ )
- Oberflächen negativ geladen  $\rightarrow$  Kationenaustausch
- manche Tonmineralien können stark Quellen und Schrumpfen (vor allem Smektite)

---

---

---

---

---

---

---

---

S 20

## Weitere sekundäre Mineralien in Böden

### Oxide, Hydroxide

Goethit ( $\text{FeOOH}$ )

Hämatit ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )

Ferrihydrit ( $\text{Fe}_5\text{O}_7 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ )

Gibbsit ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ )

### Carbonate

Calcit ( $\text{CaCO}_3$ )

Dolomit ( $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ )

### Sulfate

Gips ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ )

### Sulfide

Pyrit ( $\text{FeS}_2$ )

### Phosphate

Apatite ( $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{OH}, \text{F}, \text{CO}_3)$ )

---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---



---

---

---

---

---

---

---

---





---

---

---

---

---

---

---

---

### Zusammenfassung: Minerale

Böden enthalten:

- Vor allem Gerüstsilikate (Quarz, Feldspäte) in den Sand- (2000-50  $\mu\text{m}$ ) und Schluff- (50-2  $\mu\text{m}$ ) Fraktionen.
- Schichtsilikate (Tonminerale) und Oxide (z.B. Goethit, Ferrihydrit) in der Tonfraktion (<2  $\mu\text{m}$ ).
- Tonminerale besitzen eine sehr grosse spezifische Oberfläche mit negativer Oberflächenladung. Sie binden deshalb Kationen in austauschbarer Form.
- Oxide besitzen ebenfalls grosse reaktive Oberflächen und sind wichtige Sorbenten für Anionen (z.B. Phosphat) und Schwermetallkationen (z.B.  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ ).

---

---

---

---

---

---

---

---

S 9

### Gesteine als Ausgangsmaterial für die Bodenbildung

- Magmatische Gesteine
- Sedimentgesteine
- Metamorphe Gesteine

---

---

---

---

---

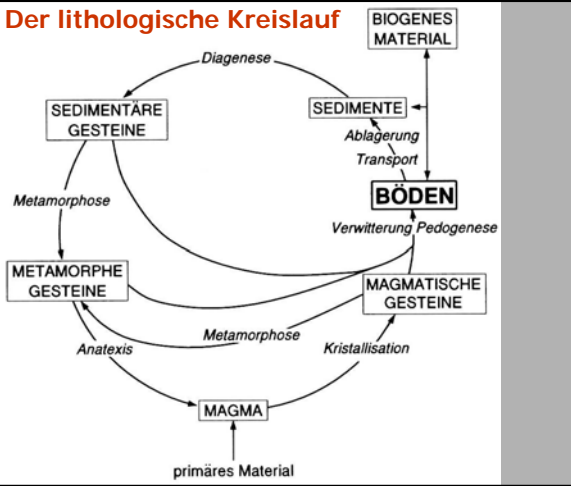
---

---

---

S 10

### Der lithologische Kreislauf




---

---

---

---

---

---

---

---

S 10

### Magmatische Gesteine: Entstehung

#### Tiefengesteine (Plutonite, Intrusivgesteine):

Magma kühlt langsam ab →  
 grobe Textur, d.h. mit grossen Kristallen unterschiedlicher Mineralien.

#### Ergussgesteine (Vulkanite, Effusivgesteine):

Magma kühlt schnell ab →  
 feine Textur, oft mit Einsprenglingen, manchmal auch porös, oft mit hohen Anteilen an vulkanischen Gläsern (amorphe bis schlecht kristallines Material).

---

---

---

---

---

---

---

---

Vulkanische Gesteine (Etna 2001)




---

---

---

---

---

---

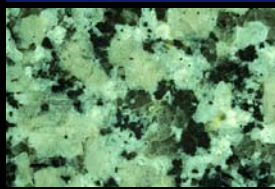
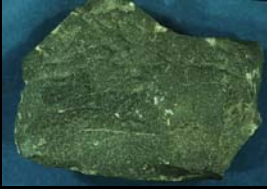
---

---

## Textur

Effusiv: fein

Intrusiv: grob




---

---

---

---

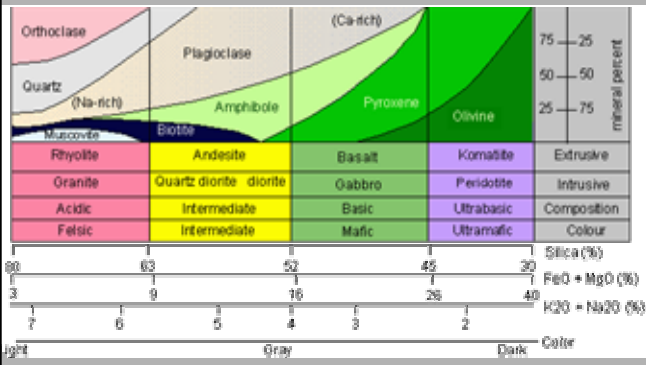
---

---

---

---

## Magmatische Gesteine: Zusammensetzung




---

---

---

---

---

---

---

---

S 11

## Elementare Zusammensetzung

	Intrusivgesteine				Effusivgesteine		
	sauer	intermediär	basisch	ultra-basisch	sauer	intermediär	basisch
	Granit	Diorit	Gabbro	Peridotit	Rhyolit	Andesit	Basalt
SiO <sub>2</sub>	73.9	66.9	48.4	43.5	73.7	54.2	50.8
TiO <sub>2</sub>	0.20	0.57	1.3	0.81	0.22	1.3	2.0
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	13.8	15.7	16.8	4.0	13.5	17.2	14.1
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.78	1.3	2.6	2.51	1.3	3.5	2.9
FeO	1.1	2.6	7.9	9.8	0.75	5.5	9.0
MnO	0.05	0.07	0.18	0.21	0.03	0.15	0.18
MgO	0.26	1.6	8.1	34.0	0.32	4.4	6.3
CaO	0.72	3.6	11.1	3.5	1.1	7.9	10.4
Na <sub>2</sub> O	3.5	3.8	2.3	0.56	3.0	3.7	2.2
K <sub>2</sub> O	5.1	3.1	0.56	0.25	5.4	1.1	0.82
H <sub>2</sub> O	0.47	0.65	0.64	0.76	0.78	0.89	0.91
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.14	0.21	0.24	0.05	0.07	0.28	0.23

---

---

---

---

---

---

---

---

## Mineralogische Zusammensetzung

	Intrusivgesteine				Effusivgesteine		
	sauer	inter- mediär	basisch	ultra- basisch	sauer	inter- mediär	basisch
	Granit	Diorit	Gabbro	Peridotit	Rhyolit	Andesit	Basalt
Quarz	27	21	-	-	30	5	1
K-Feldspat	35	15	-	-	40	11	-
Plagioklas	30	46	56	-	25	55	50
Biotit	5	3	-	-	2	-	-
Amphibol	1	13	1	-	2	15	-
Pyroxen	-	-	32	26	-	10	40
Olivin	-	-	-	70	-	-	3
Magnetit							
Ilmenit	2			3	1.5	4	6
Apatit	0.5	0.5	0.6				

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Mineralzusammensetzung



Granit (sauer):  
~74% SiO<sub>2</sub>  
Quarz, K-Feldspäte,  
Plagioklase, Biotite, u.a.



Gabbro (basisch):  
~48% SiO<sub>2</sub>  
Plagioklase, Pyroxene, u.a.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Sedimentgesteine

Anteil an Erdkruste: ~8%  
Anteil an Erdoberfläche: ~75%

### Entstehung:

a.) Bodenbildung → Erosion → Transport von Partikeln → Sedimentation (→ Diagenese)

b.) Bodenbildung → Auswaschung von Lösungsprodukten → Transport von Ionen → Ausfällung (→ Diagenese)

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

S 12

**Siliziklastische Sedimentgesteine**

- *Tonsteine, Siltsteine, Sandsteine*
- *Brekzien* (kantiges Grobmaterial)
- *Konglomerate* (gerundetes Grobmaterial)
- *Arkosen* (Feldspatreiche Sandsteine)
- *Grauwacken* (Sandsteine aus Feldspat, Quarz und Gesteinsbruchstücken in toniger Matrix)

**Karbonatische Sedimentgesteine**

- *Kalksteine* (überwiegend aus  $\text{CaCO}_3$ )
- *Dolomite* (überwiegend aus  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ )
- *Mergelsteine* (tonig, kalkhaltig, mit  $>35\% \text{CaCO}_3$ )

---

---

---

---

---

---

---

---

S 12

**Quartäre Lockersedimente**

- *Löss* (durch Wind verfrachtetes schluffiges Lockersediment, meist kalkhaltig)
- Flugsande (z.B. an Küsten, als Hügelsysteme)
- Sedimente der Flusstäler und Küsten (Alluvial)
- Kolluvien
- Glazigene Sedimente (Grundmoränen oder Endmoränen aus Geschiebe oder Geschiebemergel)
- Fliesserden, Solifluktionsschutt
- u.a.

---

---

---

---

---

---

---

---

**Flugsande**



---

---

---

---

---

---

---

---

Alluviale Sedimente



---

---

---

---

---

---

---

---

Kolluviale Sedimente



---

---

---

---

---

---

---

---

Glazigene Sedimente



---

---

---

---

---

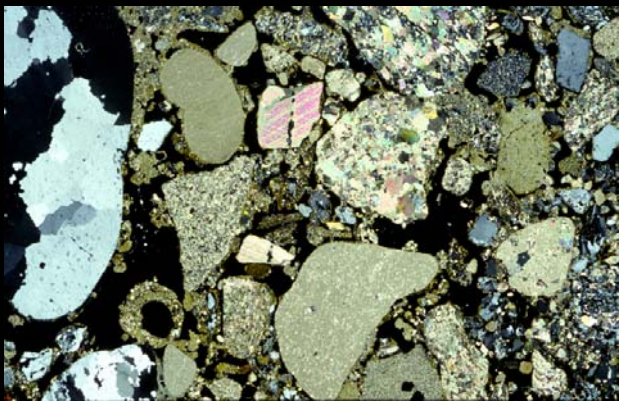
---

---

---



Minerale in Geschiebe (Bildbreite 15 mm, CP)



---

---

---

---

---

---

---

---

Schotter



---

---

---

---

---

---

---

---

Sedimenttransport durch den Yangtze (China)



---

---

---

---

---

---

---

---

## Metamorphe Gesteine

**Metamorphose:** Umwandlung eines Gesteins unter stark erhöhten Druck- und Temperaturbedingungen, wobei die ursprüngliche Mineralzusammensetzung (und Textur) verändert wird.

→ ähnliche Mineralien wie in Magmatiten, aber auch einige typisch für Metamorphose

→ Schieferung oder Bänderung

→ Textur gröber, je stärker die Metamorphose

**Ortho**-Gesteine aus Magmatiten (z.B. Ortho-Gneiss)

**Para**-Gesteine aus Sedimentiten (z.B. Para-Gneiss)

---

---

---

---

---

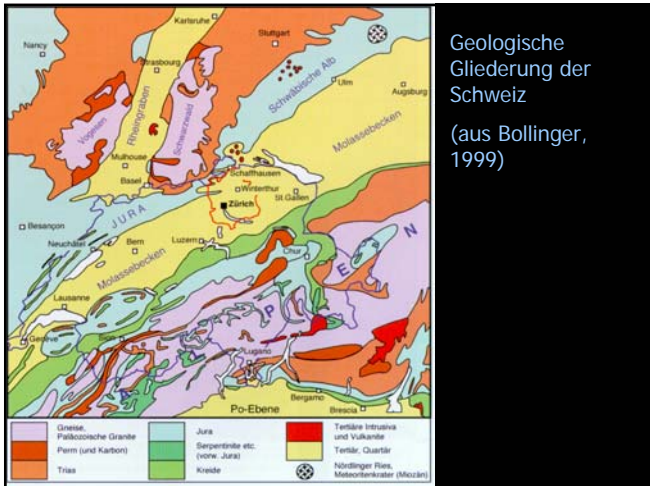
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## Zusammenfassung: Gesteine

- Es gibt magmatische Gesteine, Sedimentgesteine, und metamorphe Gesteine.
- Magmatite (und entsprechende metamorphe Gesteine) enthalten verschiedene primäre Mineralien. Je nach Zusammensetzung (Si, K, Fe, Mg Gehalte) unterscheidet man saure bis (ultra)basische Gesteine.
- Sedimentgesteine können primäre und sekundäre Mineralien, oder auch verschiedene Gesteinsbruchstücke enthalten, je nach Entstehung.
- Viele Sedimentgesteine enthalten Carbonate (CaCO<sub>3</sub>).

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---