

## Eigenschaften

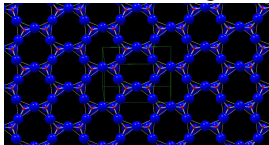
- ▶ Silicate mit Schichtstruktur:  
ebene, unendliche Netzwerke
- ▶ starke Si–O- bzw. Al–O-Bindungen in der Schicht
- ▶ schwache van-der-Waals- und schwächere ionische Bindungen zwischen den Schichten
- ▶ vollkommene Spaltbarkeit || Schicht
- ▶ geringe Härte
- ▶ wichtige gesteinsbildene Mineralgruppen
- ▶ große wirtschaftliche und geowissenschaftliche Bedeutung

## Systematik

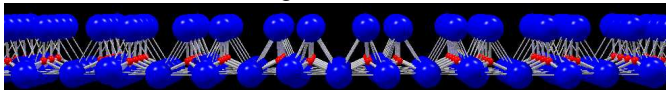
- ▶ Bausteine der Basisschicht
  - ▶  $[\text{SiO}_4]$ -Tetraeder: Silicate
  - ▶  $[(\text{Al},\text{Si})\text{O}_4]$ -Tetraeder: Alumosilicate
  - ▶ **Tetraederschichten** ( $\top$  bzw.  $\perp$ )
- ▶ Bausteine der zweiten Schicht
  - ▶  $\text{A}(\text{O},\text{OH})_6$ -Oktaeder  
 $\text{A} = \text{Al}^{3+}, \text{Mg}^{2+}$  (auch  $\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}, \text{Mn}^{3+}, \text{Ni}^{2+}$ )
  - ▶ **Oktaederschicht** ( $\circ$ )
- ▶ Bausteine zwischen den Schichten
  - ▶  $\text{H}_2\text{O}$ -Moleküle
  - ▶ große Kationen (z. B.  $\text{K}^+$ )

## Systematik

- ▶ Aufbau der Basisschicht
  - ▶ eckenverknüpfte Tetraeder: 3  $O_B$ , 1  $O_E$
  - ▶ Netz aus 6er-Ringen, meist deformiert

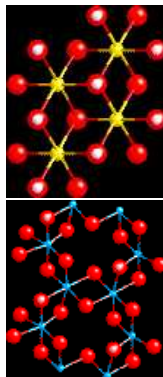


- ▶ alle  $O_E$  in einer Richtung  $\perp$  Schicht



## Systematik

- ▶ Aufbau der Oktaederschicht
  - ▶ kantenverknüpfte  $A(O,OH)_6$ -Oktaeder
  - ▶  $Mg(O,OH)_6$ -Oktaeder („Brucit“-Schichten)  
 $Mg^{2+}$ : jede Oktaederlücke besetzt:  
3 von 3  
⇒ **trioctaedrisch**
  - ▶  $Al(O,OH)_6$ -Oktaeder („Hydragillit“-Schichten):  
 $Al^{3+}$ : jede dritte Oktaederlücke nicht besetzt:  
2 von 3  
⇒ **dioktaedrisch**



## Systematik

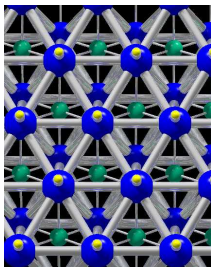
- ▶ Aufbau der Oktaederschichten  
„Brucit“-Schicht ( $Mg^{2+}$ ) „Hydragillit“-Schicht ( $Al^{3+}$ )

3 von 3

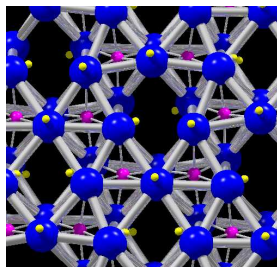
2 von 3

Oktaederlücken besetzt

trioctaedrisch



dioctaedrisch



## Systematik

- ▶ Eckenverknüpfung der Schichten:  
1 gemeinsame Ecke des  $\text{SiO}_4$ -Tetraeders und  
des Mg-/Al-Oktaeders
- ▶ OH-Gruppen des Mg-/Al-Oktaeders:  
Ringlücke der Tetraederschicht



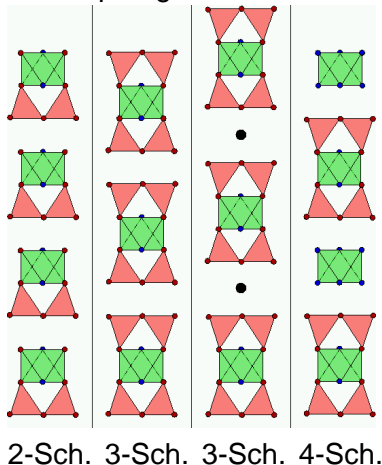
## Systematik

- Verknüpfung der Tetraeder- ( $\top$ ,  $\perp$ ) und Oktaeder- ( $\circ$ ) Schichten

Ein-Schicht-silicat	Zwei-Schicht-silicat	Drei-Schicht-silicat	Drei-Schicht-alumosilicat	Vier-Schicht-alumosilicat
				$\circ$
(nicht bekannt)	$\circ$ $\perp$	$\top$ $\circ$ $\perp$	$\top$ $\circ$ $\perp$	$\top$ $\circ$ $\perp$
	Tonminerale	Talk-Gruppe	Glimmer-Gruppe	Chlorit-Gruppe

## Systematik

## ▶ Verknüpfung der Schichten



## Systematik

- ▶ Tetraederschicht
  - ▶ Silicat
  - ▶ Alumosilicat
- ▶ Oktaederschicht
  - ▶ dioktaedrisch
  - ▶ trioktaedrisch
- ▶ Stapelung
  - ▶ Zwei-Schichten
  - ▶ Drei-Schichten
  - ▶ Vier-Schichten
- ▶ H<sub>2</sub>O-Moleküle zwischen den Schichten
  - ▶ nichthydratisiert
  - ▶ hydratisiert
- ▶ ⇒ keine Unterscheidung nach „tetraederfremden“ Anionen

## Systematik

- ▶ dioktaedrisches Zwei-Schicht-Silicat:  
Kaolinit-Gruppe  $\text{Al}_4[(\text{OH})_8|\text{Si}_4\text{O}_{10}]$
- ▶ trioktaedrisches Zwei-Schicht-Silicat:  
Serpentinit-Gruppe  $\text{Mg}_6[(\text{OH})_8|\text{Si}_4\text{O}_{10}]$
- ▶ dioktaedrisches Drei-Schicht-Silicat:  
Pyrophyllit  $\text{Al}_2[(\text{OH})_2|\text{Si}_4\text{O}_{10}]$
- ▶ trioktaedrisches Drei-Schicht-Silicat:  
Talk-Gruppe  $\text{Mg}_3[(\text{OH})_2|\text{Si}_4\text{O}_{10}]$
- ▶ hydratisiertes dioktaedrisches Drei-Schicht-Silicat:  
Montmorillonit-Gruppe  $(\text{Al},\text{Mg})_2[(\text{OH})_2|\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot (\text{Na},\text{Ca})_x(\text{H}_2\text{O})_y$

## Systematik

- ▶ dioktaedrisches Drei-Schicht-Alumosilicat:  
Muskovit-Gruppe  $\text{KAl}_2[(\text{OH})_2|\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$
- ▶ trioktaedrisches Drei-Schicht-Alumosilicat:  
Biotit-Gruppe  $\text{K}(\text{Mg,Fe})_3[(\text{OH})_2|\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$
- ▶ trioktaedrisches Vier-Schicht-Alumosilicat:  
Chlorit-Gruppe  $(\text{Mg,Fe,Al})_3[(\text{OH})_2|(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}]$   
 $\cdot(\text{Mg,Fe})_3(\text{OH})_6$
- ▶ Glimmer: Biotit-Gruppe und Muskovit-Gruppe
- ▶ Smektite: Montmorillonit-Gruppe und Saponit-Gruppe

## VIII/H.09-10: Pyrophyllit



- ▶ nur röntgenographisch von Talk zu unterscheiden
- ▶ in niedriggradigen Al-reichen Metamorphiten
- ▶ Verwendung als Feuerfestmaterial (mit Zirkon) für Isolationskeramik, Füllstoff für Papier, Kunststoffe und Seifen

## VIII/H.09-40: Talk

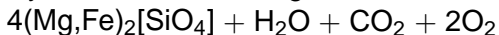


- ▶ Härte 1 (Standardmineral der Mohs-Skala)
- ▶ Bildung durch hydrothermale Umwandlung von Mg-reichen basischen Gesteine  
auch durch Hochdruckmetamorphose Mg-reicher Gesteine
- ▶ oft Pseudomorphose nach Olivin, Pyroxen, Amphibol

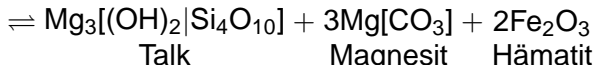
## VIII/H.09-40: Talk



- ▶ Hydrothermale Bildung mit kohlensäurehaltigem Wasser:



Olivin



Talk

Magnesit

Hämatit

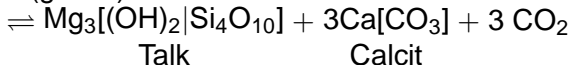
(ohne Sauerstoffüberschuss: Ferromagnesit und Magnetit)

- ▶ Kontaktmetasomatose (Grenze zwischen Intrusivgestein und Dolomit: linsenförmige Körper)



Dolomit

(gelöst)



Talk

Calcit

## VIII/H.09-40: Talk



- ▶ keine Schichtladung, nur schwache Van-der-Waals-Kräfte zwischen den Schichten
- ▶ massig dicht: Steatit, Speckstein
- ▶ wasserabweisend
- ▶ Verwendung
  - ▶ Absorptionsmittel für organische Stoffe
  - ▶ gemahlen (Talkum): als Schmiermittel und in Arzneimitteln
  - ▶ gebrannter Talk: Steatit-Keramik  
sehr fest, zäh und hart: Gemisch aus Cristobalit und Klinoenstatit  
⇒ wichtige Elektrokermaik
  - ▶ Material für Kleinskulpturen

## VIII/H.10–13: Glimmergruppen

- ▶ Drei-Schicht-Alumosilicate: Muskovit, Biotit, etc.
- ▶  $AB_2[(OH,F)_2|XSi_3O_{10}]$  mit  
A<sup>[XII]</sup>:  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Rb^+$ ,  $Cs^+$   
B<sup>[VI]</sup>:  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Mn^{3+}$ ,  $V^{3+}$ ,  $Ti^{3+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Fe^{2+}$ ,  
 $Mn^{2+}$ ,  $Li^+$   
X<sup>[IV]</sup>:  $Al^{3+}$ , auch  $Si^{4+}$
- ▶ geringe Mischkristallbildung

## VIII/H.10-70: Muskovit



- ▶ dioktaedrisches Drei-Schicht-Alumosilicat
- ▶ „Hellglimmer“: K- und Al-reich
- ▶ Cr-haltig: Fuchsit
- ▶ Vorkommen in Magmatiten, Metamorphiten (z.B. Glimmerschiefer), auch in Sedimentgesteinen (Sandstein)
- ▶ gute Wärme- und Elektroisolation

## VIII/H.11-00: Biotit



- ▶ trioktaedrisches Drei-Schicht-Alumosilicat
- ▶ „Dunkelglimmer“: Fe- und Mg-reich
- ▶ VIII/H.11-80: Phlogopite  $\text{KMg}_3[(\text{OH})_2|\text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$   
Fe-freies „Endglied“ der Mischkristallreihe mit Biotit

## VIII/H.19-15: Illit $(\text{K},\text{H}_3\text{O})(\text{Al},\text{Mg},\text{Fe})_2[(\text{OH},\text{H}_2\text{O})_2|(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}]$

- ▶ hydratisiertes dioktaedrisches Drei-Schicht-Alumosilicat (Hydroglimmer, Hydromuskovit)
- ▶ Bildung durch teilweise Hydratation des Muskovits: teilweiser Ersatz von  $\text{K}^+$  durch  $\text{H}_3\text{O}^+$
- ▶ häufigstes Tonmineral der jüngeren Tone (Tertiär) in Mitteleuropa
- ▶ fettig, weniger biegsam als Muskovit

## VIII/H.19-20: Montmorillonit (Smectit)



- ▶ hydratisiertes dioktaedrisches Drei-Schicht-Silicat
- ▶ variabler Wassergehalt
  - ⇒ Änderung der  $\vec{c}$ -Gitterkonstante (18.4–21.4 Å): quellend
  - ⇒ wasserspeicherndes Tonmineral
- ▶ vorherrschendes Tonmineral im Bentonit
- ▶ Verwitterungsprodukt von basischen Magmatiten und Vulkaniten, vor allem Aschen
  - wichtiger Bestandteil in tropischen und Tiefsee-Böden

## VIII/H.19-20: Montmorillonit (Smectit)



- ▶ thixotrop (Erniedrigung der Viskosität bei Scherung und Erhöhung bei nachlassender Scherung)
- ▶ Verwendung bei tiefen Bohrungen:  
Eindicken der Spülflüssigkeit bei Stillstand und Verflüssigung beim Fortsetzen der Bohrung
- ▶ VIII/H.19-40: Nontronit (grünlich)  
 $\text{Fe}_2^{3+} [(\text{OH})_2 | \text{Al}_{0.33} \text{Si}_{3.67} \text{O}_{10}]^{-0.33} \cdot \text{Na}_{0.33} (\text{H}_2\text{O})_4$

## VIII/H.21-10: Vermiculit



- ▶ hydratisiertes trioktaedrisches Drei-Schicht-Alumosilicat
- ▶ geordnete und ungeordnete Strukturen möglich
- ▶ vielfältige Diadochie: Ladungsausgleich durch Zwischenschichtkationen
- ▶ variabler Wassergehalt: quellfähig
- ▶ rasches Erhitzen  $>850\text{ }^\circ\text{C}$ : starkes Expandieren (Volumenzunahme bis auf das 30-fache!)
- ▶ Verwendung als Leichtbauzuschlagstoff, Verpackungsmaterial, Kationenaustauscher, Speicherung von Nährstoffen

## VIII/H.23-20: Klinochlor

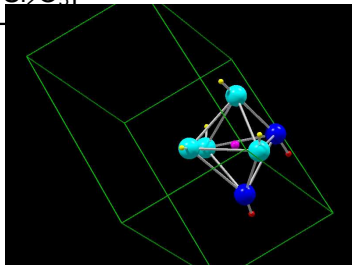
## (VIII/H.23 Chlorit-Gruppe)



- ▶ trioktaedrisches Vier-Schicht-Alumosilicat
- ▶ breite Mischkristallreihen
- ▶ Mg > Fe: Klinochlor, meist grün  
Fe > Mg: Chamosit (34–43% FeO, 0–6% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) und Thuringit (19–39% FeO, 7–31% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>): wichtiges Eisenerzmineral
- ▶ Mg<sub>3</sub>[(OH)<sub>2</sub>|Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub>]·Mg<sub>3</sub>(OH)<sub>6</sub>: kein Endglied, sondern Serpentin-Gruppe (kein Alumosilicat)
- ▶ wichtiges gesteinsbildendes Mineral in niedriggradigen Metamorphiten
- ▶ sekundäres Umwandlungsprodukt von Biotit, Granat, Pyroxen, Amphibol

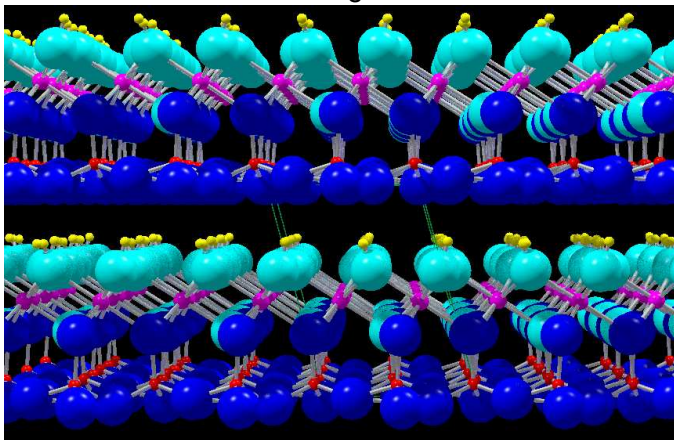
VIII/H.25-10: Kaolinit  $\text{Al}_2[(\text{OH})_4|\text{Si}_2\text{O}_5]$ 

- ▶ dioktaedrisches Zwei-Schicht-Silicat
- ▶ Variation in Schichtfolge und Kationenbesetzung:
  - ▶ VIII/H.25-20: Dickit  $\text{Al}_2[(\text{OH})_4|\text{Si}_2\text{O}_5]$
  - ▶ VIII/H.25-40: Halloysit  $\text{Al}_2[(\text{OH})_4|\text{Si}_2\text{O}_5]$
- ▶  $\text{AlO}_2(\text{OH})_4$ -Oktaeder  
über 2 Sauerstoffe mit  
2  $\text{SiO}_4$ -Tetraedern verknüpft
- ▶ fest gebundenes „Wasser“  
 $\approx 400^\circ\text{C}$   
(OH-Gruppen)



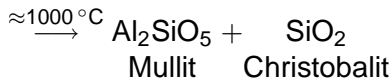
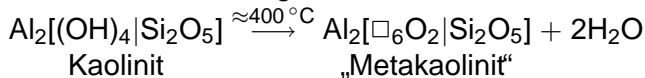
VIII/H.25-10: Kaolinit  $\text{Al}_2[(\text{OH})_4|\text{Si}_2\text{O}_5]$ 

- ▶ Bindung zwischen den Zweier-Schichten:  
Wasserstoffbrückenbindung



VIII/H.25-10: Kaolinit  $\text{Al}_2[(\text{OH})_4|\text{Si}_2\text{O}_5]$ 

- ▶ Hauptbestandteil von Kaolin (Porzellanerde, china clay)
- ▶ feucht: ungewöhnlich plastisch
- ▶ außerordentlich wichtig für die keramische Industrie:

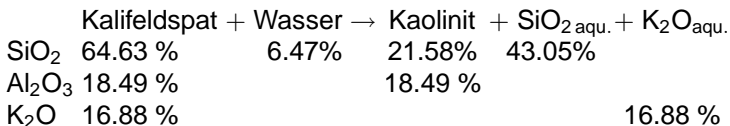


- ▶ Feinkeramik
- ▶ Feuerfestmaterial (Ofenziegel)
- ▶ Füllstoff: Papier-, Pharmaindustrie

VIII/H.25-10: Kaolinit  $\text{Al}_2[(\text{OH})_4|\text{Si}_2\text{O}_5]$ 

## ▶ Bildung

- ▶ durch Verwitterung von Magmatiten und Metamorphiten, z. B.:



- ▶ humides Klima
- ▶ auch Niedrigtemperatur-Hydrothermal-Bedingungen

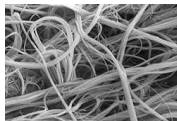
## VIII/H.27: Serpentin-Gruppe

- ▶ trioktaedrisches Zwei-Schicht-Silicat

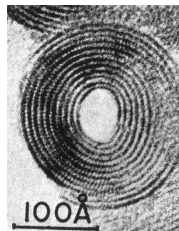
- ▶ VIII/H.27-00:

Chrysotil

(Faserserpentin)

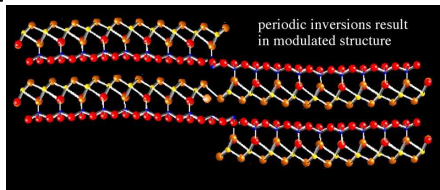
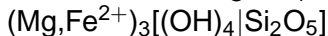


REM-Aufnahme 1000x



TEM-Aufnahme

- ▶ VIII/H.27-10: Antigorit (Blätterserpentin)



## VIII/H.27: Serpentin-Gruppe

- ▶  $r_{\text{Mg}^{2+}} > r_{\text{Al}^{3+}}$   $r_{\text{Mg}^{2+}} = 0.66 \text{ \AA}$ ,  $r_{\text{Al}^{3+[\text{VI}]}} = 0.51 \text{ \AA}$ 
  - ▶ Aufweitung der Oktaederschichten
  - ▶ „misfit“ zwischen Tetraeder- und Oktaederschichten
  - ▶ Krümmung der Schichten
- ▶ schwer unterscheidbar, sicher nur mit Röntgenbeugung
- ▶ Bildung durch niedriggradige Metamorphose aus ultrabasischen Gesteinen
- ▶ Chrysotil-Asbest: hochfeuerfeste verspinnbare Fasern, aber Krebsgefahr
  - ▶ Feuerfestplatten, -gewebe und -filter
  - ▶ bruchzäher Faserbeton und -bitumen
  - ▶ Reibbeläge
- ▶ Serpentin: leicht polierfähiger Werkstein

## wichtige Schichtsilicatgruppen

- |  |  |
|--|--|
| ▶ Serpentin-Gruppe<br>Chrysotil, Antigorit                     | Zwei-Schicht-Silicate  |
| ▶ Tonmineralgruppe<br>Kaolinit<br>Montmorillonit<br>Vermiculit | Zwei-Schicht-Silicate<br>Drei-Schicht-Silicate<br>Drei-Schicht-Alumosilicate |
| ▶ Pyrophyllit-Talk-Gruppe                                      | Drei-Schicht-Silicate  |
| ▶ Glimmer-Gruppe<br>Muskovit, Biotit                           | Drei-Schicht-Alumosilicate   |
| ▶ Hydroglimmer-Gruppe<br>Illit                                 | Drei-Schicht-Alumosilicate   |
| ▶ Chlorit-Gruppe<br>Klinochlor                                 | Vier-Schicht-Alumosilicate   |