

VIII/H: Schichtsilicate

260

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

VIII/H: Schichtsilicate

261

Systematik

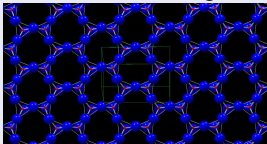
- Bausteine der Basisschicht
 - $[\text{SiO}_4]$ -Tetraeder: Silicate
 - $[(\text{Al},\text{Si})\text{O}_4]$ -Tetraeder: Alumosilicate
 - **Tetraederschichten** (\top bzw. \perp)
- Bausteine der zweiten Schicht
 - $\text{A}(\text{O},\text{OH})_6$ -Oktaeder
A = Al^{3+} , Mg^{2+} (auch Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{3+} , Ni^{2+})
 - **Oktaederschicht** (\circ)
- Bausteine zwischen den Schichten
 - H_2O -Moleküle
 - große Kationen (z. B. K^+)

VIII/H: Schichtsilicate

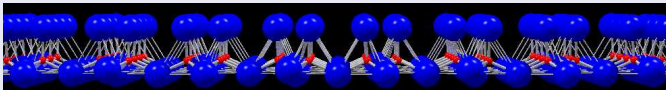
262

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

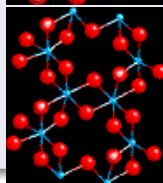
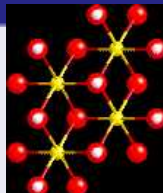


VIII/H: Schichtsilicate

263

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
 ⇒ **trioktaedrisch**
 - $Al(O,OH)_6$ -Oktaeder („Hydragillit“-Schichten):
 Al^{3+} : jede dritte Oktaederlücke nicht besetzt:
 2 von 3
 ⇒ **dioktaedrisch**

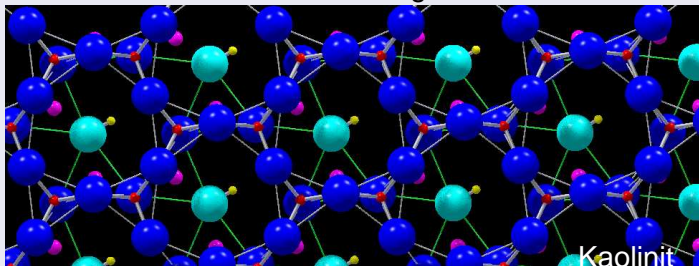


VIII/H: Schichtsilicate

265

Systematik

- Eckenverknüpfung der Schichten:
1 gemeinsame Ecke des SiO_4 -Tetraeders und
des Mg-/Al-Oktaeders
- OH-Gruppen des Mg-/Al-Oktaeders:
Ringlücke der Tetraederschicht



VIII/H: Schichtsilicate

266

Systematik

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

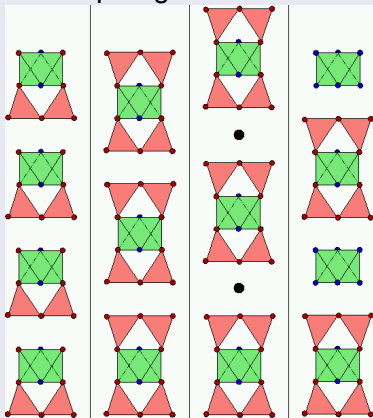
Ein-Schicht-silicat	Zwei-Schicht-silicat	Drei-Schicht-silicat	Drei-Schicht-alumosilicat	Vier-Schicht-alumosilicat
				\circ
(nicht bekannt)	\circ \perp	\top \circ \perp	\top \circ \perp	\top \circ \perp
	Tonminerale	Talk-Gruppe	Glimmer-Gruppe	Chlorit-Gruppe

VIII/H: Schichtsilicate

267

Systematik

- Verknüpfung der Schichten



2-Sch. 3-Sch. 3-Sch. 4-Sch.

VIII/H: Schichtsilicate

268

Systematik

- Tetraederschicht
 - Silicat
 - Alumosilicat
- Oktaederschicht
 - dioktaedrisch
 - trioktaedrisch
- Stapelung
 - Zwei-Schichten
 - Drei-Schichten
 - Vier-Schichten
- H₂O-Moleküle zwischen den Schichten
 - nichthydratisiert
 - hydratisiert
- ⇒ keine Unterscheidung nach „tetraederfremden“ Anionen

VIII/H: Schichtsilicate

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 $(\text{Al},\text{Mg})_2[(\text{OH})_2|\text{Si}_4\text{O}_{10}] \cdot (\text{Na},\text{Ca})_x(\text{H}_2\text{O})_y$

VIII/H: Schichtsilicate

270

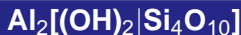
Systematik

- 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: Schichtsilicate

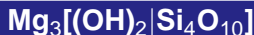
271

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

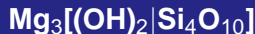


- Härte 1 (Standardmineral der Mohs-Skala)
- Bildung durch hydrothermale Umwandlung von Mg-reichen basischen Gesteine
auch durch Hochdruckmetamorphose Mg-reicher Gesteine
- oft Pseudomorphose nach Olvin, Pyroxen, Amphibol

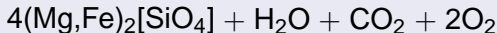
VIII/H: Schichtsilicate

272

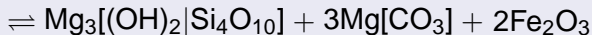
VIII/H.09-40: Talk



- Hydrothermale Bildung mit kohlensäurehaltigem Wasser:



Olivin



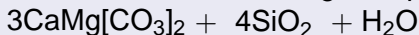
Talk

Magnesit

Hämatit

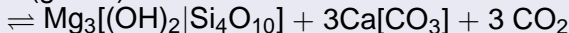
(ohne Sauerstoffüberschuss: Ferromagnesit und Magnetit)

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



Dolomit

(gelöst)



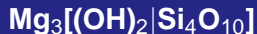
Talk

Calcit

VIII/H: Schichtsilicate

273

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: Schichtsilicate

274

VIII/H.10–13: Glimmergruppen

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

VIII/H: Schichtsilicate

275

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: Schichtsilicate

276

VIII/H.19-15: Illit $(K,H_3O)(Al,Mg,Fe)_2[(OH,H_2O)_2|(Si,Al)_4O_{10}]$

- hydratisiertes dioktaedrisches Drei-Schicht-Alumosilicat (Hydroglimmer, Hydromuskovit)
- Bildung durch teilweise Hydratation des Muskovits: teilweiser Ersatz von K^+ durch H_3O^+
- 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: Schichtsilicate

278

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



- thixtrop (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: Schichtsilicate

279

VIII/H.21-10: Vermiculit



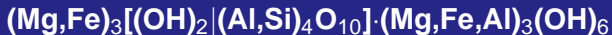
- hydratisiertes trioktaedrisches Drei-Schicht-Alumosilicat
- geordnete und ungeordnete Strukturen möglich
- vielfältige Diadochie: Ladungsausgleich durch Zwischenschichtkationen
- variabler Wassergehalt: quellfähig
- rasches Erhitzen $> 850^\circ\text{C}$: starkes Expandieren (Volumenzunahme bis auf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

VIII/H: Schichtsilicate

280

VIII/H.23-20: Klinochlor

(VIII/H.23 Chlorit-Gruppe)



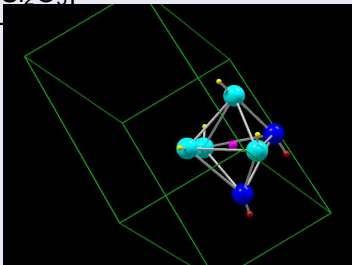
- trioktaedrisches Vier-Schicht-Alumosilicat
- breite Mischkristallreihen
- Mg > Fe: Klinochlor, meist grün
Fe > Mg: Chamosit (34–43% FeO, 0–6% Fe₂O₃) und Thuringit (19–39% FeO, 7–31% Fe₂O₃): wichtiges Eisenerzmineral
- Mg₃[(OH)₂|Si₄O₁₀]·Mg₃(OH)₆: kein Endglied, sondern Serpentin-Gruppe (kein Alumosilicat)
- wichtiges gesteinsbildendes Mineral in niedriggradigen Metamorphiten
- sekundäres Umwandlungsprodukt von Biotit, Granat, Pyroxen, Amphibol

VIII/H: Schichtsilicate

281

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 SiO_4 -Tetraedern verknüpft
- fest gebundenes „Wasser“
 $\approx 400^\circ\text{C}$
(OH-Gruppen)

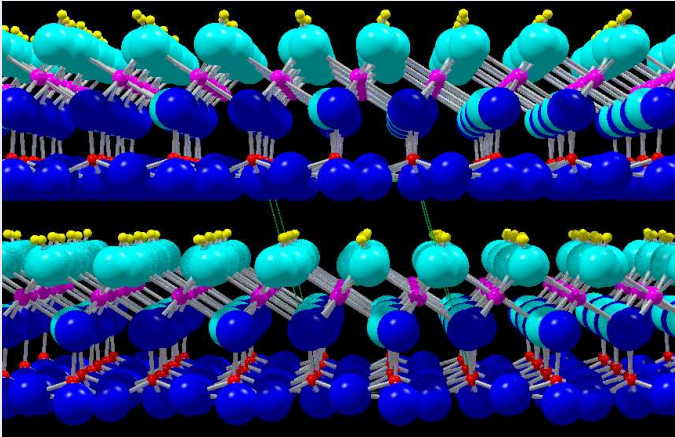


VIII/H: Schichtsilicate

282

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

- Bindung zwischen den Zweier-Schichten:
Wasserstoffbrückenbindung



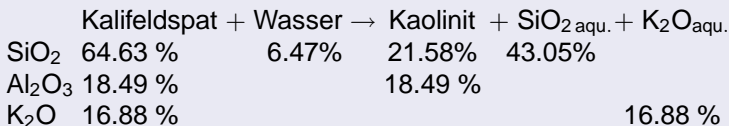
VIII/H: Schichtsilicate

284

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: Schichtsilicate

285

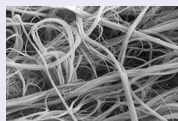
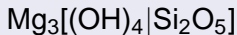
VIII/H.27: Serpentin-Gruppe

- trioktaedrisches Zwei-Schicht-Silicat

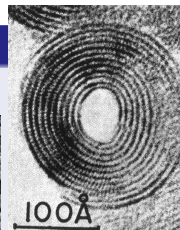
- VIII/H.27-00:

Chrysotil

(Faserserpentin)

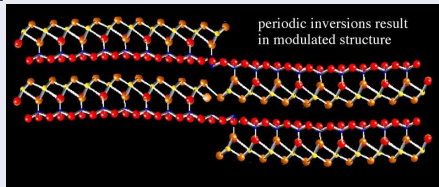
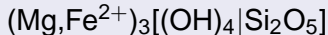


REM-Aufnahme 1000x



TEM-Aufnahme

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



VIII/H: Schichtsilicate

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

VIII/H: Schichtsilicate

287

wichtige Schichtsilicatgruppen

- | | |
|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| ● Serpentin-Gruppe
Chrothit, Antigorit | Zwei-Schicht-Silicate |
| ● Tonmineralgruppe
Kaolinit
Montmorillonit
Vermiculit | Zwei-Schicht-Silicate
Drei-Schicht-Silicate
Drei-Schicht-Alumosilicate |
| ● Pyrophyllit-Talk-Gruppe | Drei-Schicht-Silicate |
| ● Glimmer-Gruppe
Muskovit, Biotit | Drei-Schicht-Alumosilicate |
| ● Hydroglimmer-Gruppe
Illit | Drei-Schicht-Alumosilicate |
| ● Chlorit-Gruppe
Klinochlor | Vier-Schicht-Alumosilicate |