

**Drei Wege vom primären Tonmineral zum sekundären Bodentonmineral:**

- TOP 1: Tonmineral-Neubildung
- TOP 2: Veränderung der Schichtladung in den Zwischenschichten
- TOP 3: Umkristallisation

**Magma, metamorphes Gestein oder Sedimentgestein: Granit + Gneis**

**Primäre physikalisch verwitternde Tonminerale:**

- a) Ton:  $< 2\mu\text{m}$  (nasser Ton glänzt)
- b) Schluff:  $2\mu\text{m}$  bis  $63\mu\text{m}$  (ist wie Mehl) - Löß entsteht aus Windprozessen
- c) Sand:  $63\mu\text{m}$  bis  $2\text{mm}$
- d) Kies:  $2\text{mm}$  bis  $63\text{mm}$

Quarz	Feldspäte	Calcit	Glimmer
	<b>Gerüstsilikate</b> 3D-Gitter Weniger gut spaltbar wie Blattsilikate		<b>Blattsilikate</b> = Schichtsilikate = Phyllosilikate Spröde nur in Richtung der Schichtlage
			Da > 2 µm → mindestens Schluff- oder Sandminerale Geringe physikalische Verwitterung 3-Schicht-Blattalumosilikate Weniger stabil als 2-Schicht-Blattalumosilikate 2:1 Schichten (Tetraeder, Oktaeder, Tetraeder) $Si_4O_{10}^{8-}$ Ausgleich der hohen Schichtladungen z. B. durch Kationen. Kalium nur mittelfristig verfügbar. (10% Kalium: "Kaliumkleber" zwischen 2 Schichten. $NH_4^+$ auch möglich, wird aber von MO verbraucht) Keine Quellung*
			<i>Tetraeder</i> aus $SiO_4$ -Einheiten (4 Nachbarn) Si hat höchste Ladung = höchste Stabilität Isomorpher Ersatz $Al^{3+}$ gegen $Si^{4+}$ = Desilifizierung
			<i>Oktaeder</i> aus $Al(OH)_6$ -Einheiten (6 Nachbarn) Isomorpher Ersatz $Ca^{2+}/Mg^{2+}/Fe^{2+}$ gegen $Al^{3+}$ Eisen liegt also wegen iso. E. als $Fe^{2+}$ in Mineralen vor

\* Quellung: Wenn Silikate in ihren Zwischenschichten Wasser durch das Hydratisieren von Ionen aufnehmen

**1. Echte Glimmer:**

Muskovit als Kaliumglimmer  $\text{Al}_2[(\text{OH},\text{F})_2 | \text{AlSi}_3\text{O}_{10}]$

**2. Mischkristalle:**

Biotit

verwittert leicht → eingelagertes  $\text{Fe}^{2+}$  wegen Luft- $\text{O}_2$  instabil

in Granit und Diorit, ex USA + China

Färbung durch Fe anstatt Al/Si

**3. Zwischenschicht-defizitäre Glimmer:**

3.1. Dioktaedrisch: Illit

3.2. Trioktaedrisch: Wonesit

## Bodenchlorite

### Chlorit

Sekundäre Tonminerale ab hier. Größe:  $< 2\mu\text{m}$

4-Schicht-Blattalumosilikate = 2:1:1 Schichten (T, O, T, O)

Schichtenzusammenhalt durch 4. Schicht aus Hydroxiden wie Al-OH, Fe(II)-OH, Mg-OH-Oktaedern, aber nicht durch Kalium  
Gibt's nur im Sauren

Wegen Oxidgehalten weniger Verschiebung wie bei Glimmern

Ladung ca. 0 (T minus  $\leftrightarrow$  O plus)

Wenig Quellung\*

Keine Adsorption austauschbarer Ionen in Zwischenräumen









### 1. Verwitterung: Illit

Ab hier sekundäre Tonminerale. Größe: < 2µm

3-Schicht-Blattalumosilikate =

2:1 Schichten (Tetraeder, Oktaeder, Tetraeder)

Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub><sup>8-</sup>

Isomorpher Ersatz TOP1 = Desilifizierung !!!

Ausgleich der Schichtladungen durch Kalium, aber hydratisiertes Kalium passt nicht rein

Große Oberfläche, KAK und Wasserbindung

Randliche Aufweitungen

Wenig Quellung\*, da viel kittendes Kalium (4-6%)

Kolloidale Eigenschaften, da < 2µm

50-200 m<sup>2</sup>/g

Tauscht NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> und K<sup>+</sup>

Zeitbestimmungen mit Illit

*\* Quellung: Wenn Silikate in ihren Zwischenschichten Wasser durch das Hydratisieren von Ionen aufnehmen*

*\* Quellung: Wenn Silikate in ihren Zwischenschichten Wasser durch das Hydratisieren von Ionen aufnehmen*

*\* Quellung: Wenn Silikate in ihren Zwischenschichten Wasser durch das Hydratisieren von Ionen aufnehmen*

*\* Quellung: Wenn Silikate in ihren Zwischenschichten Wasser durch das Hydratisieren von Ionen aufnehmen*

## **2. Verwitterung: Smectit, Vermiculit und Montmorillonit**

Wechselagerungsminerale =  
3-Schicht-Blattalumosilikate =  
2:1 Schichten (Tetraeder, Oktaeder, Tetraeder)  
Si<sub>4</sub>O<sub>10</sub><sup>8-</sup>  
Große Oberfläche, KAK und Wasserbindung (Sorption)  
Viel Quellung\*, da wenig kittendes Kalium (< 1%)  
Silikate mit weniger Ladung = weniger stabil als Illit

### **Smectit**

Schichtladung 0,25 - 0,6  
600-800 m<sup>2</sup>/g  
Viel Quellung (u.a. hydratisiertes Kalium und Wasserhaltevermögen)  
In Vertisolen → Peloturbation durch Quellen & Schrumpfen

### **Vermiculit**

Durch stärkere Aufweitung größerer Schichtabstand  
→ Einbau größerer Kationen  
Höhere Schichtladung 0,6 - 0,9 als Smectit und  
Montmorillonit  
Nicht quellfähig\*

### **Montmorillonit**

Schichtladung 0,25 - 0,6  
Tauscht NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Na<sup>+</sup> und K<sup>+</sup>  
In Katzenstreu

**1. Verwitterung: Allophane**

Schnell auskristallisierte Tonminerale aus vulkanischen Böden

Keine Schichten, sondern Nanokügelchen

Druck: wie flüssig. Entspannung: Ausdehnung

**1. Verwitterung: Imogolite**

Schnell auskristallisierte Tonminerale aus  
vulkanischen Böden

Keine Schichten, sondern Röhrrchen









### 3. Verwitterung: Kaolonit, Serpentin, Gibbsit, Talk

Tonminerale = 2-Schicht-Blattalumosilikate = 1:1 Schichten  
(Tetraeder, Oktaeder)

Stabiler als 3-Schicht-Blattalumosilikate  $\text{Si}_2\text{O}_5^{10-}$

Hoher Verwitterungsgrad

Kein isomorpher Ersatz mehr !!!

Keine (negative) Ladung = Schichtladung = 0 !!!

Keine Speicherung von Kationen = KAK niedrig !!!

Nur Wasserstoffbrückenbindungen

Kein Quellvermögen\* und geringe Wasserbindung

Kleine Oberfläche

v. a. in tropischen Böden große Auswaschungen

Geringe Fruchtbarkeit (Nährstoffe oberirdig gelagert)

*\* Quellung: Wenn Silikate in ihren  
Zwischenschichten Wasser durch das Hydratisieren  
von Ionen aufnehmen*

**Kaolonit**  $\text{Al}_2\text{OH}_4[\text{Si}_2\text{O}_5]$

10-150  $\text{m}^2/\text{g}$

KAK 3-5 mval/100g

Tauscht  $\text{Ca}^{2+}$  und  $\text{Mg}^{2+}$

Keine zugängliche innere Oberfläche

Appreturmittel in Papierindustrie

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

Kieselsäure + Al-Kationen  $\rightarrow$  Al-Oxide

Kieselsäure + Al-Kationen  $\rightarrow$  Al-Silikate

Appreturmittel immobil, wenn Böden stark verwittert und ohne  $\text{H}_4\text{SiO}_4$ . Dann wirkt der Aluminiumpuffer

$\text{Al}(\text{OH})_3 + 3 \text{H}^+ + 3 \text{H}_2\text{O} \rightarrow [\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$

**Bodentonminerale (BTM)** weiteres Verhalten:

Wenig  $\text{Ca}^{2+}$   $\rightarrow$  Tonverarmung = Auswaschung =  
Lessivierung = Verlagerung in tiefere Schichten z. B.  
einer Parabraunerde

Viel  $\text{Ca}^{2+}$   $\rightarrow$  BTM flocken wieder aus, da in der  
Tiefe oft mehr  $\text{Ca}^{2+}$











<p>Auswaschung = Lessivierung = Verlagerung</p> <p>a) je nach pH - im Basischen</p> <p>Beispiel 1: Parabraunerde [mit a) und b)]</p> <p>Beispiel 2: Wüstenböden = Natriumböden</p> <p>viele <math>K^+</math>, wenig <math>K_2^+</math>, überwiegend Abstoßung</p> <p>BTM sind stark mobil und verschlammend</p> <p>b) bei niedriger Salzkonzentration</p> <p>c) bei niedriger Abschirmung, also viel einwertigen Kationen wie <math>Na^+</math> oder <math>K^+</math></p>	<p>Ausflockung = Auskristallisation</p> <p>a) je nach pH - im Sauren</p> <p>b) bei hoher Salzkonzentration</p> <p>c) bei hoher Abschirmung, also viel mehrwertigen Kationen wie <math>Mg^{2+}</math> oder <math>Al^{3+}</math></p> <p>d) Verstärkung bei Oxidvorkommen (Fe/Al), da sie positiv geladen sind und Oberfläche Säure/Base-Eigenschaften haben</p>
---	---