

Sorption im Boden

Adsorption: Sorbat wird an Sorbens gebunden

Desorption: Sorbat wird vom Sorbens gelöst

- Metallkomplexierung
- Kationenaustausch
- Anionensorption

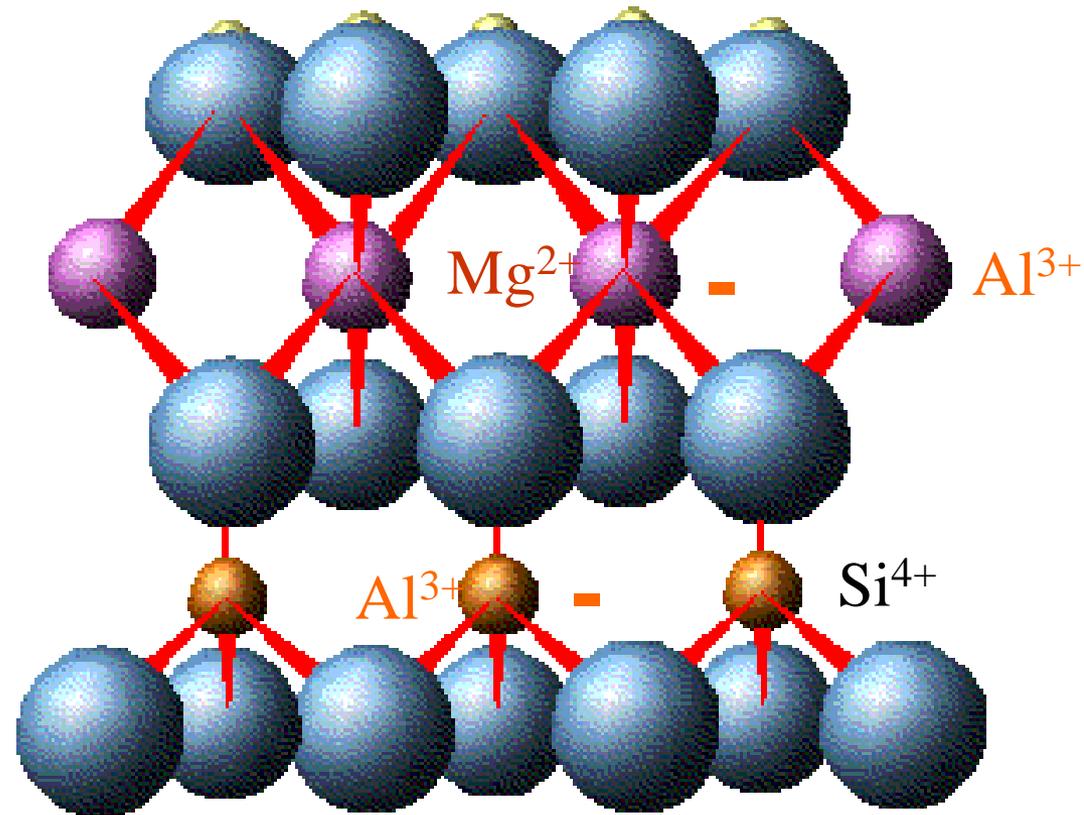
Sorption im Boden

Einflussfaktoren:

- Oberfläche
- Ladung an Oberflächen

Ursachen der Sorption von Ionen: Oberflächenladung

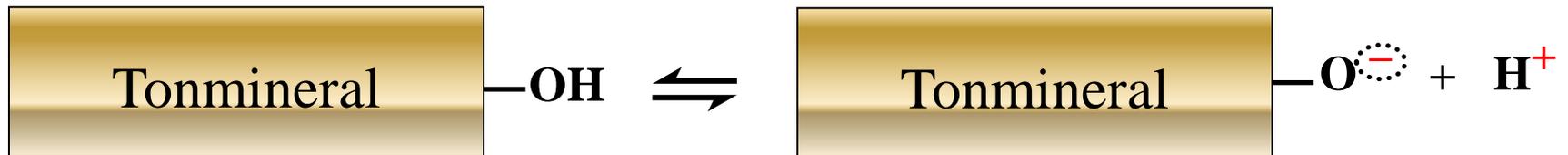
Tonminerale: **Permanente** negative Ladung durch isomorphen Ersatz



Ladungsverhältnisse im Boden

⇒ **variable Ladung**, abhängig von äußeren Bedingungen (v.a. pH)

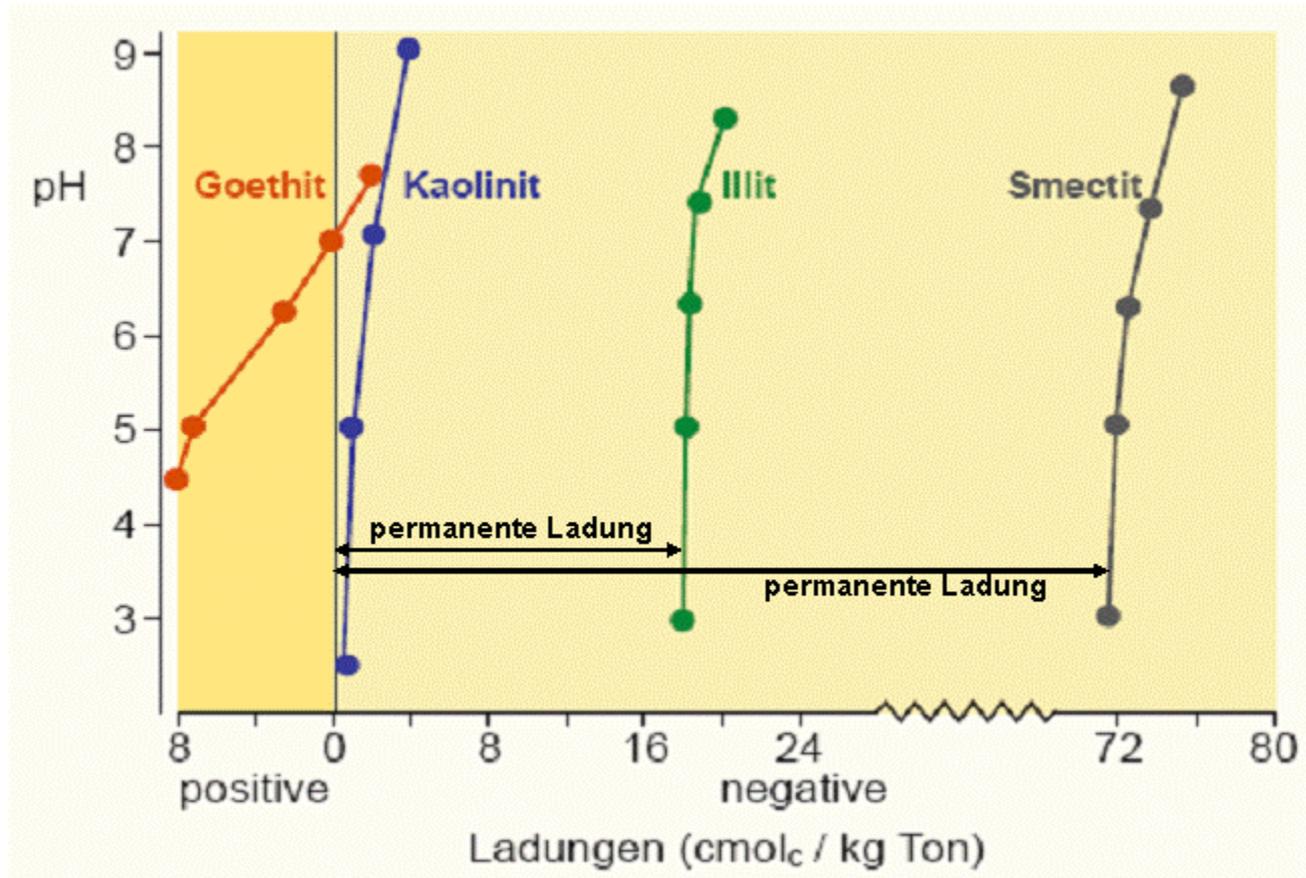
Dissoziation von OH Gruppen an Tonmineralen und Oxiden



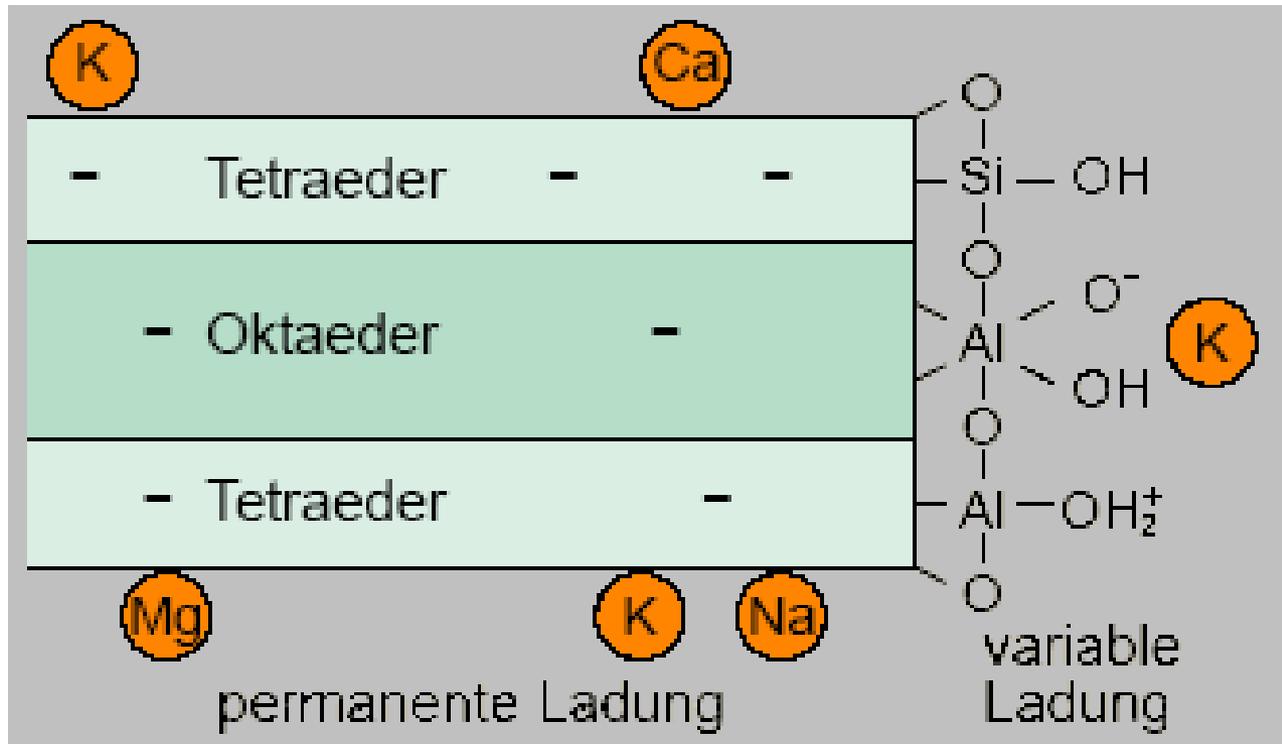
Dissoziation von R-COOH und R-OH Gruppen der SOM



Ladungsverhältnisse an Tonmineralen



Ladungsverhältnisse an Tonmineralen



Ladungsverhältnisse an einem 2:1-Schichtmineral

Ladungsverhältnisse an Oxiden/Hydroxiden



Oxide/Hydroxide haben meist eine positive, variable Ladung
Tonminerale und SOM haben eine negative (netto) Ladung

Ladungsverhältnisse und Ladungsnullpunkt (LNP) bei Hämatit

aus Scheffer-Schachtschabel 2002

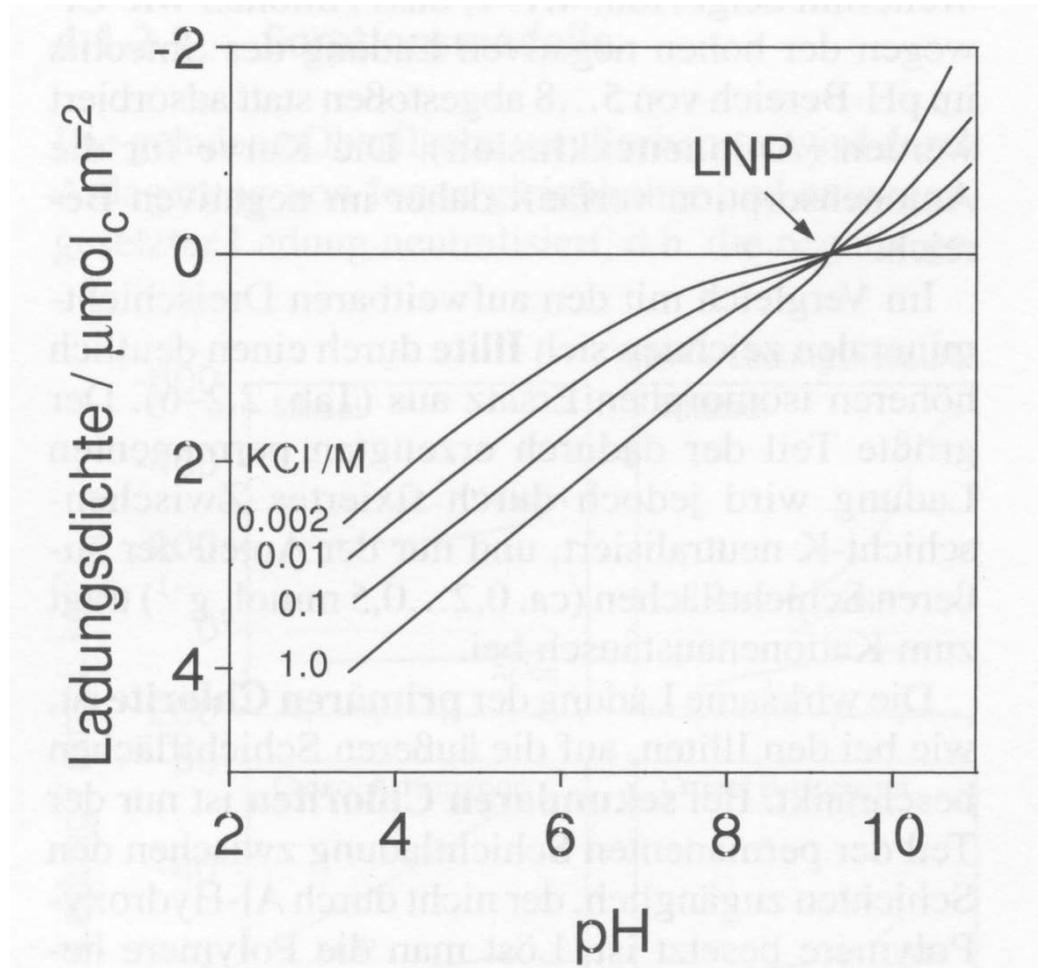


Abb. 4.1–3 pH-Ladungsbeziehungen eines Hämatits, ermittelt aus Säure-Base-Titration bei verschiedener KCl-Konzentration (Mol l^{-1}) (GLASAUER 1995).¹⁷

Ladungsverhältnisse bei Tonmineralen und Gibbsit

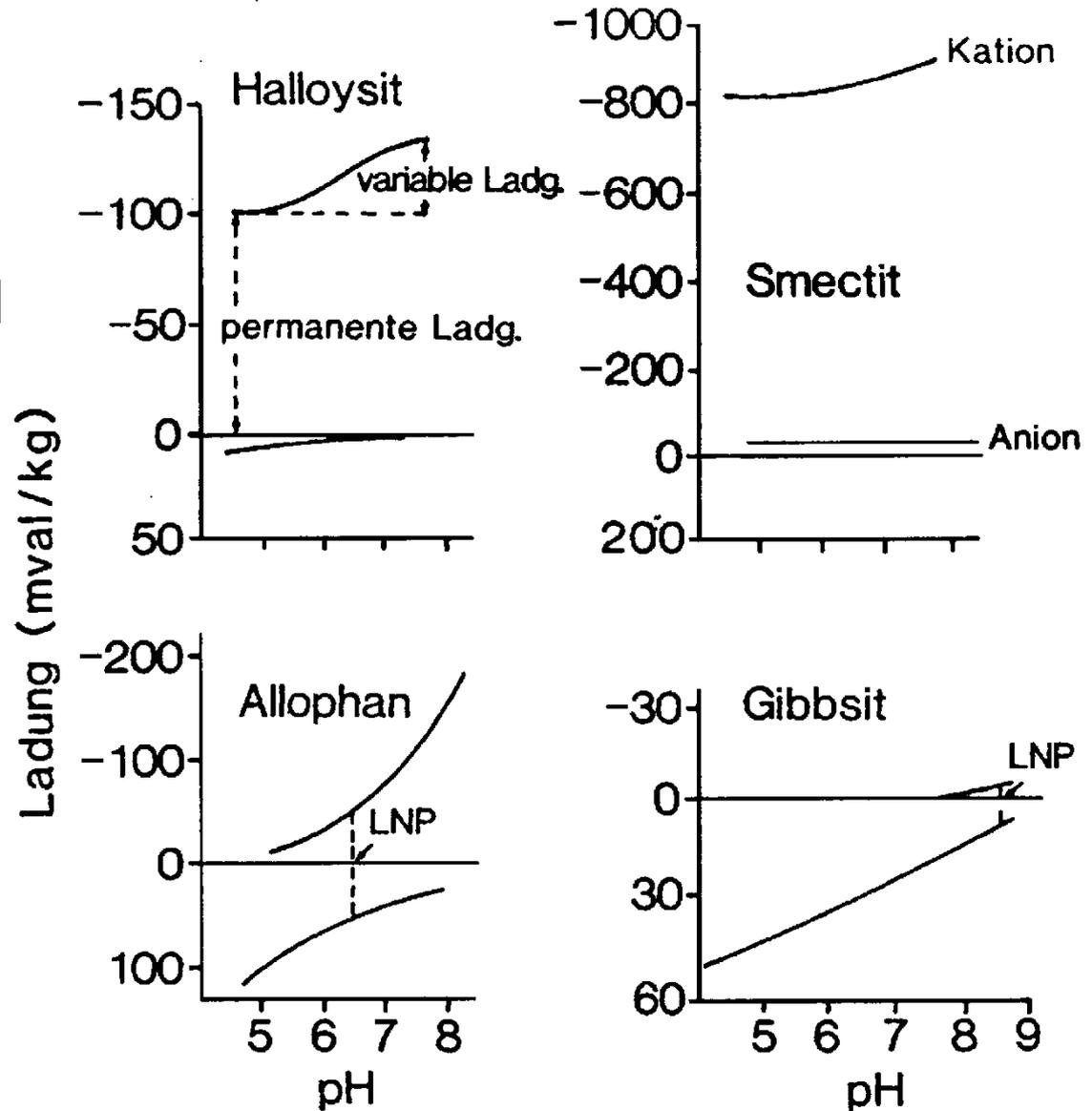


Abb. 4.1-1 Ladungsverhältnisse von Halloysit, Smectit, Allophan und Gibbsit, ermittelt aus der Kationen- (NH_4^+ , Na^+) und Anionen- (Cl^-) Adsorption bei verschiedenen pH. LNP = Ladungsnulppunkt

Ladungsverhältnisse an Tonmineralen

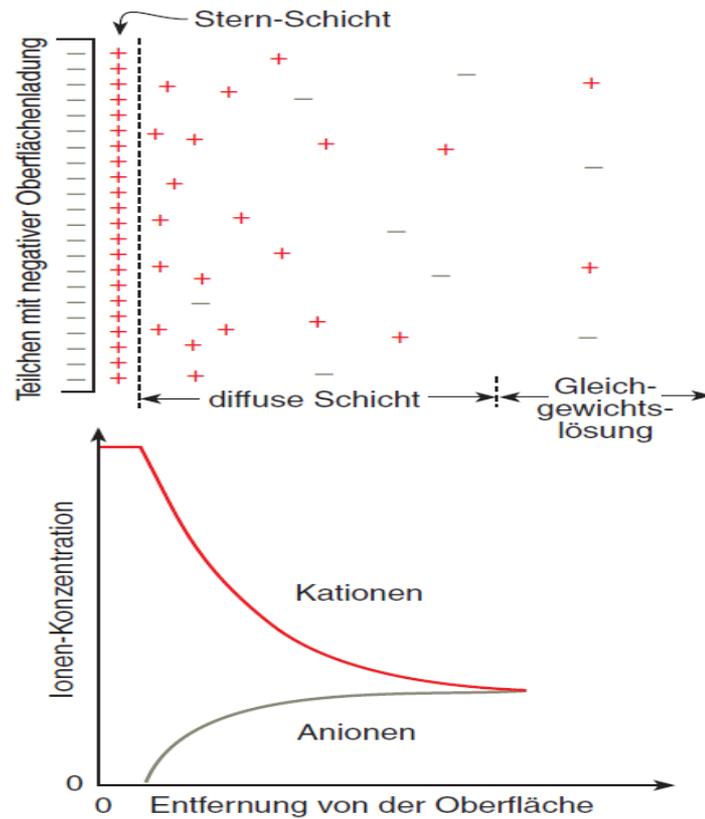
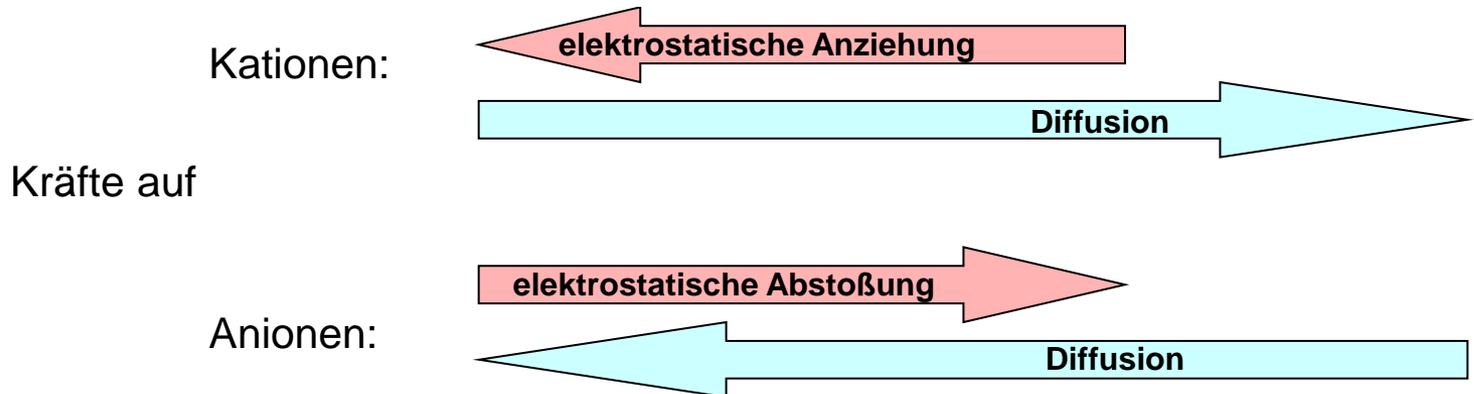


Abb. 5.5-9 Ionenverteilung (oben) und Konzentrationsverlauf (unten) in der elektrischen Doppelschicht eines Kationenaustauschers nach dem Modell von Gouy und STERN.



Elektrische Doppelschicht

Dicke der Doppelschicht wird beeinflusst von

- Ionenkonzentration in der Bodenlösung:

$$\text{Dicke} \sim \frac{1}{\sqrt{\text{Ionenstärke}}}$$

Erhöhung der Ionenstärke um Faktor 100:

→ Verringerung der Dicke um Faktor 10

- Ladung der Ionen:

mit steigender Ladung nimmt Dicke der

Doppelschicht ab: $M^+ > M^{2+} > M^{3+}$

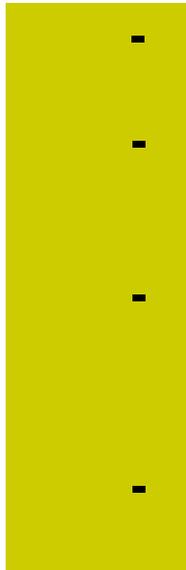
⇒ **Einwertige Ionen und geringe Ionenkonzentrationen in der Lösung verursachen eine dickere Doppelschicht**

Elektrische Doppelschicht

- Beispiele:
 - hohe Na-Belegung (Salzböden):
 - einwertiges, kleines Kation → stark hydratisiert
 - geringe Bindungsstärke → **dicke Doppelschicht**
 - Auflösung des Gefüges und Verschlammung
 - hohe Ca-Belegung (z.B. in kalkhaltigen Böden):
 - zweiwertiges, großes Kation → weniger stark hydratisiert
 - höhere Bindungsstärke → **dünne Doppelschicht**
 - stabiles Gefüge (= Zusammenhalt der Bodenpartikel)

Kationenaustausch: Beispiel Ca vs. K

Austauscher mit
negativer Ladung



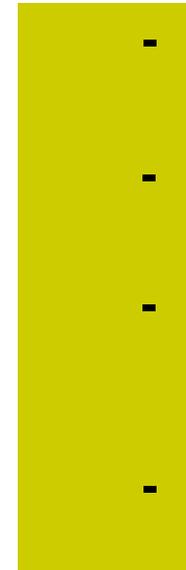
Ca^{2+}

Ca^{2+}

+ 4 K^{+}



Austauscher mit
negativer Ladung



K^{+}

K^{+}

K^{+}

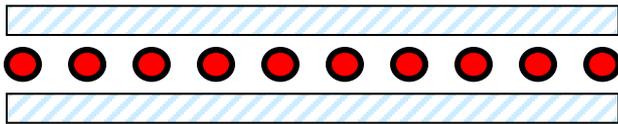
K^{+}

+ 2 Ca^{2+}

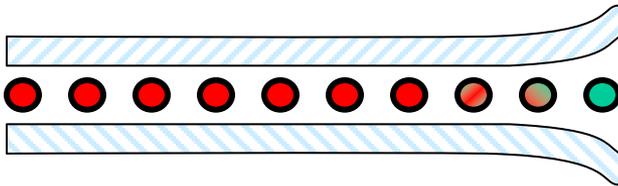
- Schnell
- Reversibel
- Diffusionskontrolliert
- Stöchiometrisch
- Selektiv
- Hydratisierte Ionen

Fixiertes und austauschbares K⁺ in Schichtsilikaten

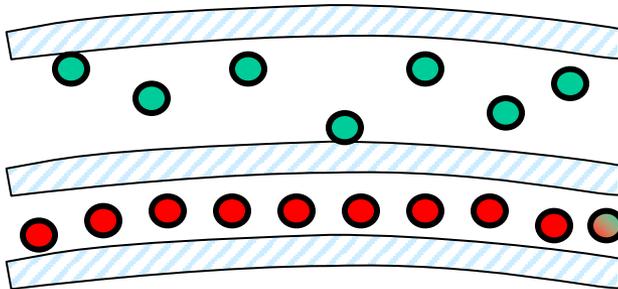
● Nicht austauschbares K ● Austauschbares K



1. Nicht aufgeweitet



2. randlich aufgeweitet



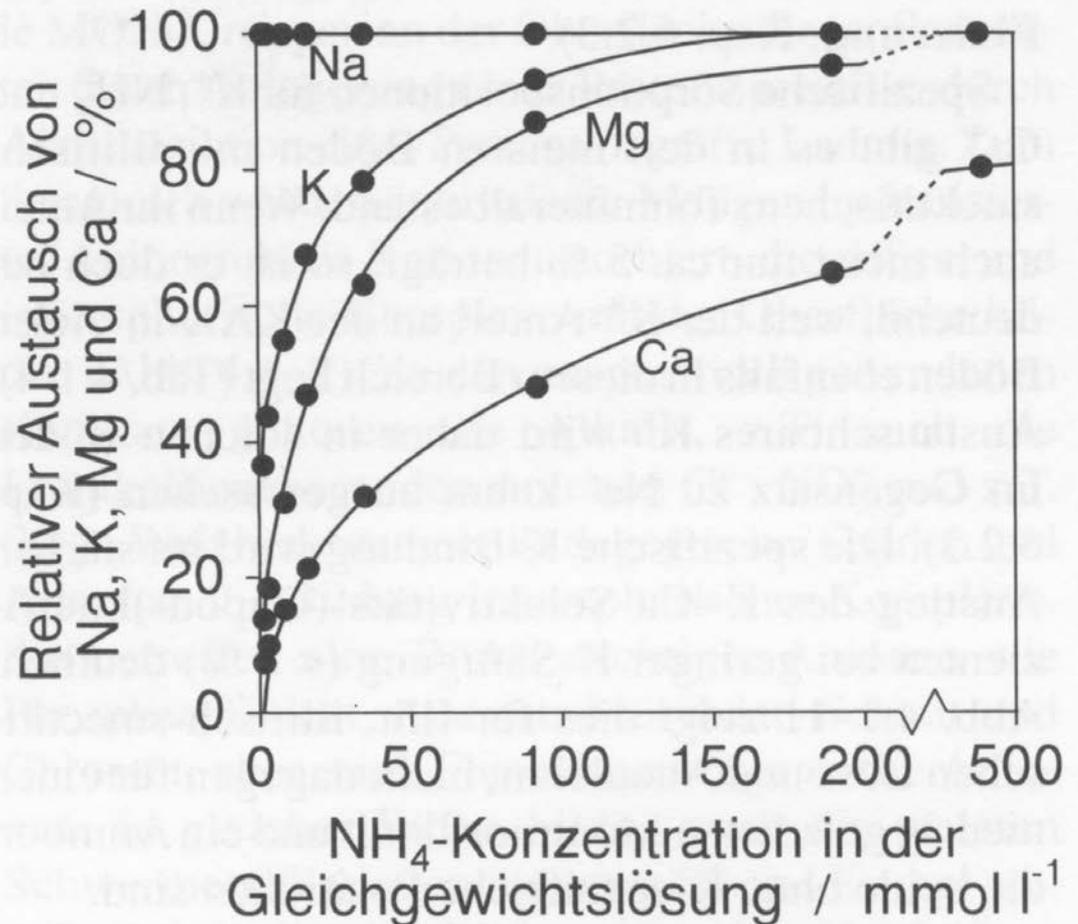
3. völlig aufgeweitet

Potentielle Kationenaustauschkapazität (KAK) definierter Substanzen

KAK = \sum der austauschbar gebundenen Kationen

	KAK umol _c / g	spez. Oberfläche m ² / g
Kaolinite	60	30
Illite	300	100
Vermiculite	1500	750
Smectite	1000	800
Allophane	800	450
SOM (pH 7)	2500	800

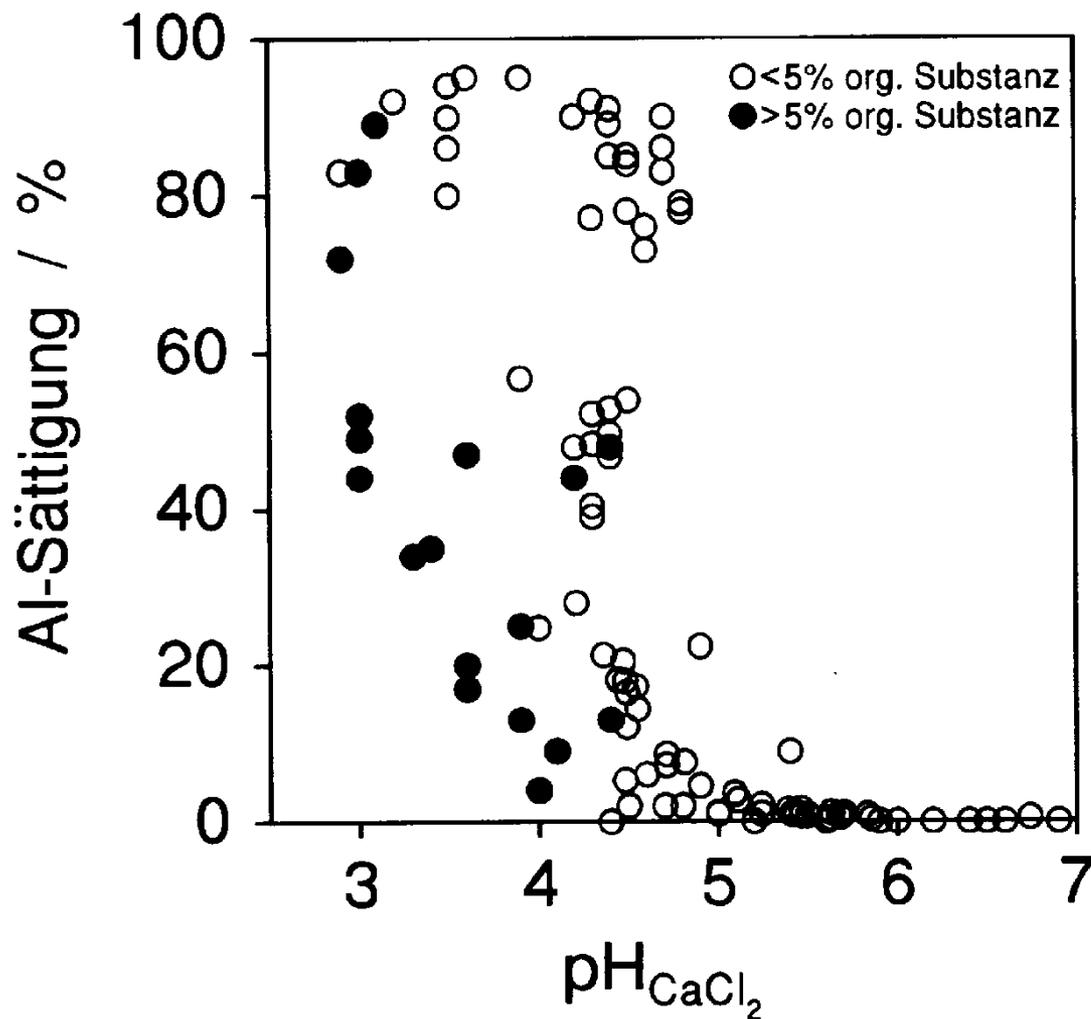
Relative Eintauschstärke



Scheffer-Schachtschabel
2002

Abb. 4.1–10 Relativer Austausch von Na^+ , K^+ , Mg^{2+} und Ca^{2+} gegen NH_4^+ in % der gesamten austauschbaren Menge des jeweiligen Kations in Abhängigkeit von der NH_4^+ -Konzentration der Gleichgewichtslösung bei einem Ap-Horizont einer Löss-Parabraunerde (Bodendaten wie in Abb. 4.1–8).

Al-Sättigung der KAK



Scheffer-Schachtschabel
2002

Abb. 4.2-1 Beziehung zwischen pH_{CaCl₂} und Al-Sättigung in Böden unter Grünland und Wald mit Humusgehalten unter und über 5 % (n. ATTENBERGER, DELLER, SCHWERTMANN & SÜSSER).

Kationenbelegung in Böden

Scheffer Schachtschabel 2010

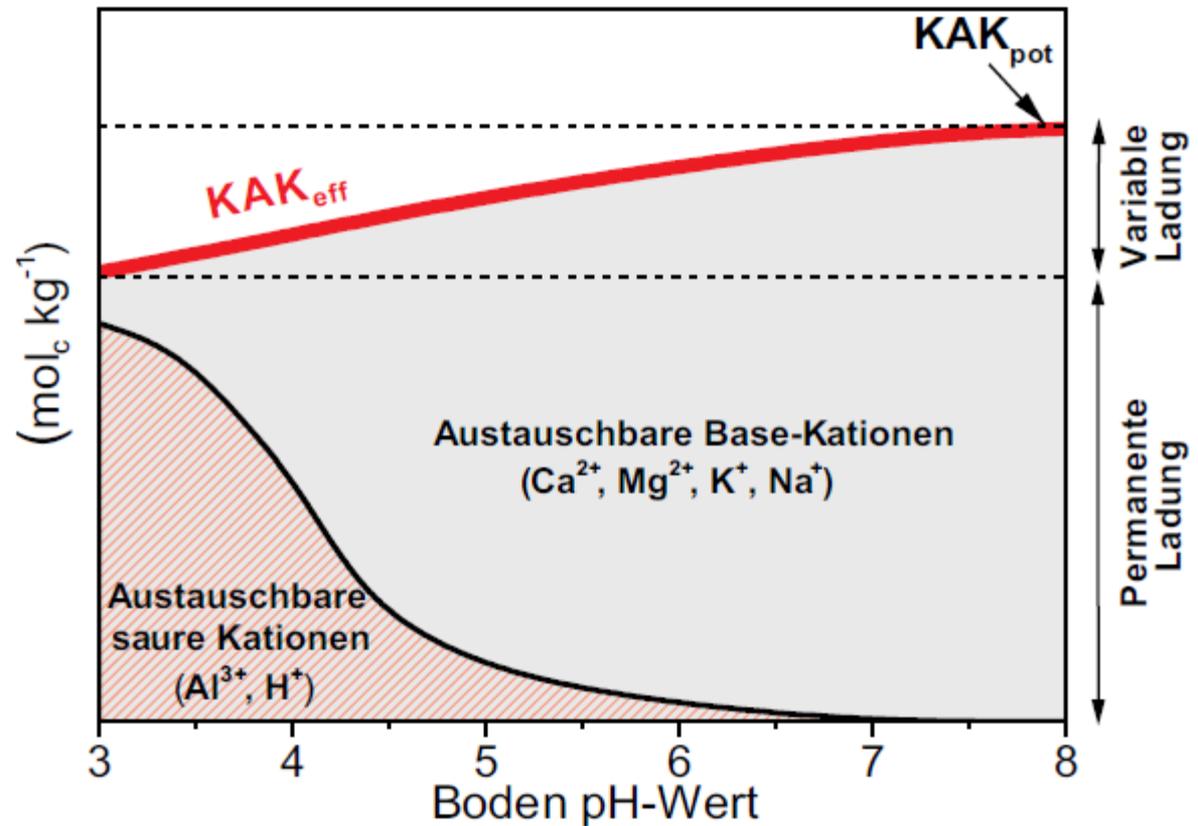


Abb. 5.6-1 Potentielle und effektive Kationenaustauschkapazität (KAK_{pot} und KAK_{eff}), austauschbare Base-Kationen und austauschbare saure Kationen in Abhängigkeit vom Boden pH-Wert (schematisch). Mit abnehmendem Boden pH-Wert sinkt die KAK_{eff} , da die negative variable Ladung an Mineraloberflächen und Huminstoffen abnimmt. Die Anteile an austauschbaren sauren Kationen steigen, und die Basensättigung sinkt mit abnehmendem