

Was Sie schon immer über Humus wissen wollten!



Humus & Bodenchemie

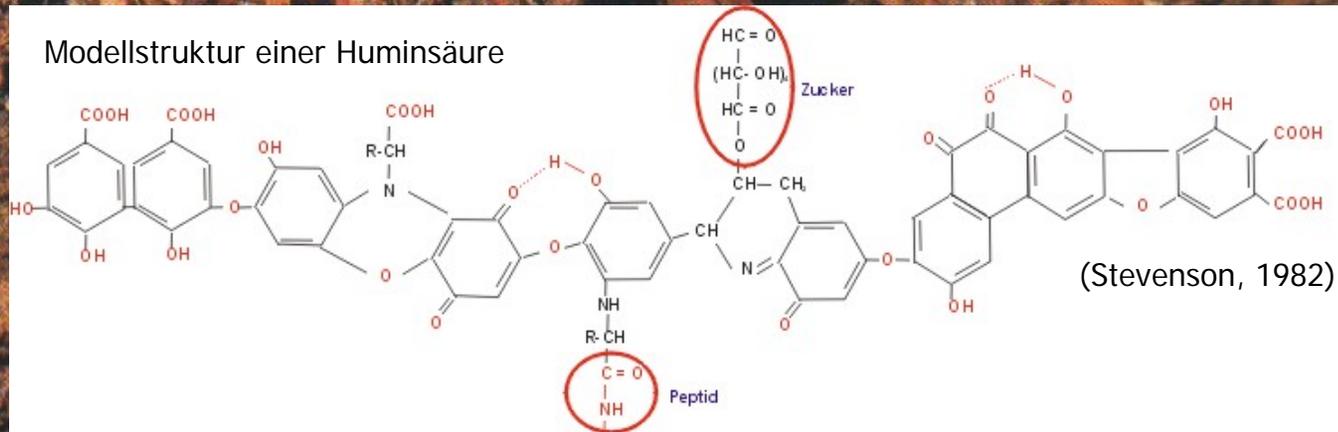
Elke Bloem & Silvia Haneklaus

*Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde,
Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft (FAL), Bundesallee 50,
38116 Braunschweig*

Theoretische Grundlagen

Huminstoffe

Modellstruktur einer Huminsäure

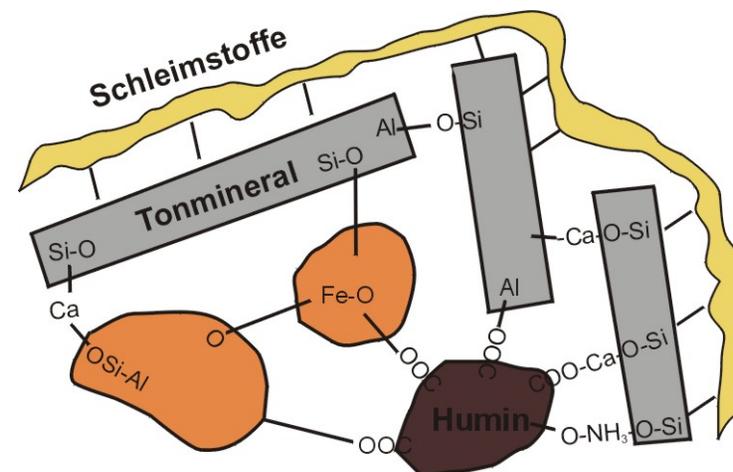
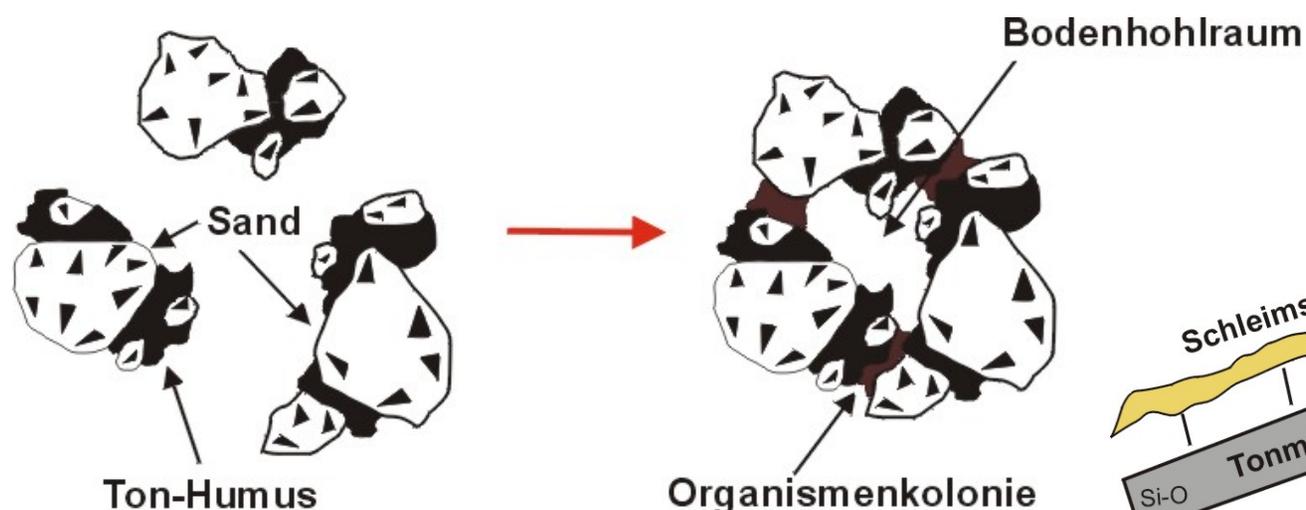


Bodenchemische Funktionen von Humus

- (Gefügestabilisierung)
- (Wasserbindung)
- Nährstoffbindung
- Pufferfunktion
- Filterfunktion

Beispiel eines Ton-Humuskomplexes mittels Lebendverbauung

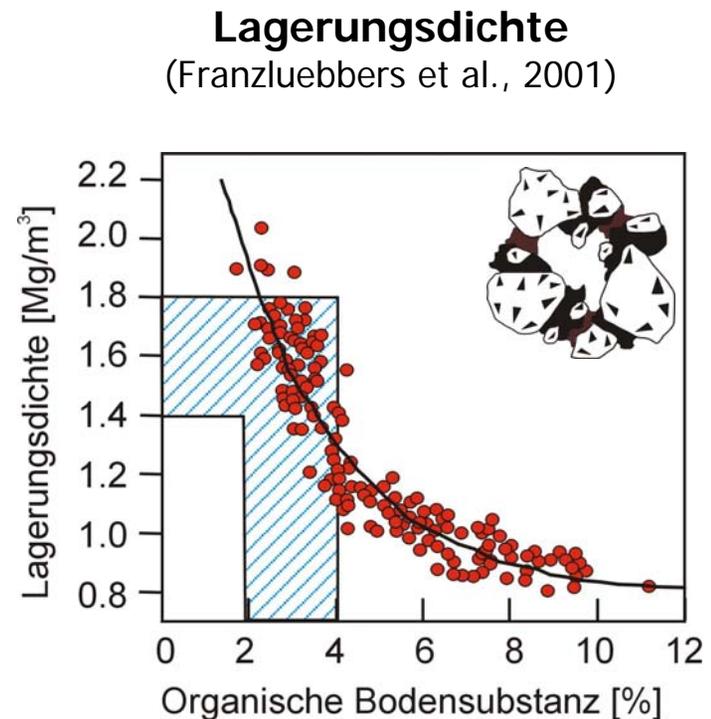
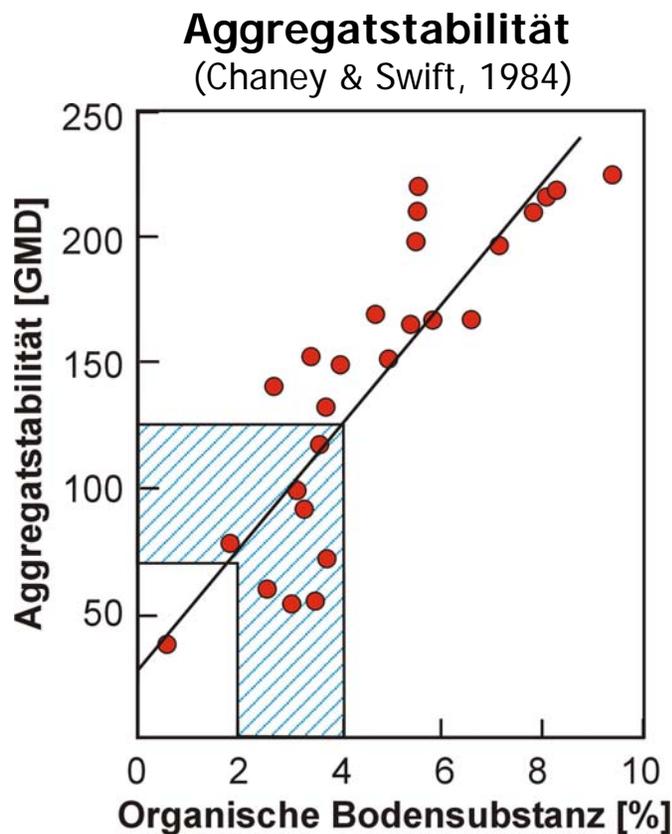
(Quelle: www.geo.unizh.ch)



Bindungstypen von Ton-Humus Komplexen:

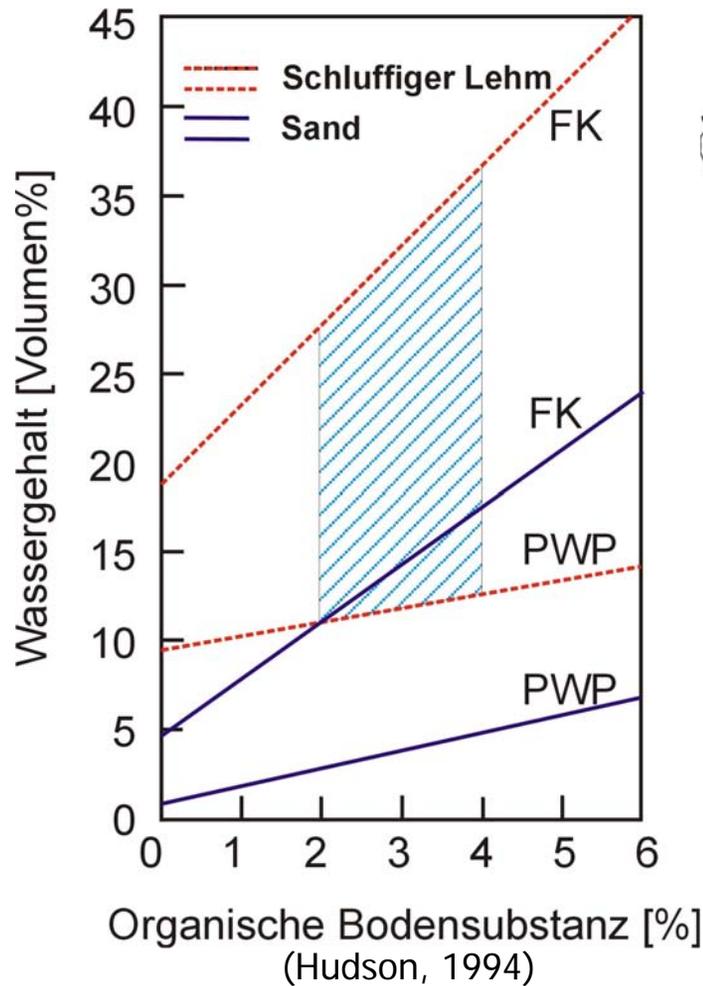
- Anionen- und Ligandenaustausch
- Kationen- oder Wasserbrücken
- Van der Waals Kräfte
- Einschluss im Kristallgitter
- Adsorption in Innenschichträumen
- H-Bindung (funktionelle Gruppen)

Ton-Humuskomplexe und Bodenstruktur



➔ Ein höherer Gehalt an organischer Bodensubstanz erhöht die Aggregatstabilität und verringert die Lagerungsdichte.

Ton-Humuskomplexe und Wasserbindung



➔ Ein höherer Gehalt an organischer Bodensubstanz erhöht den pflanzenverfügbaren Wassergehalt im Boden.

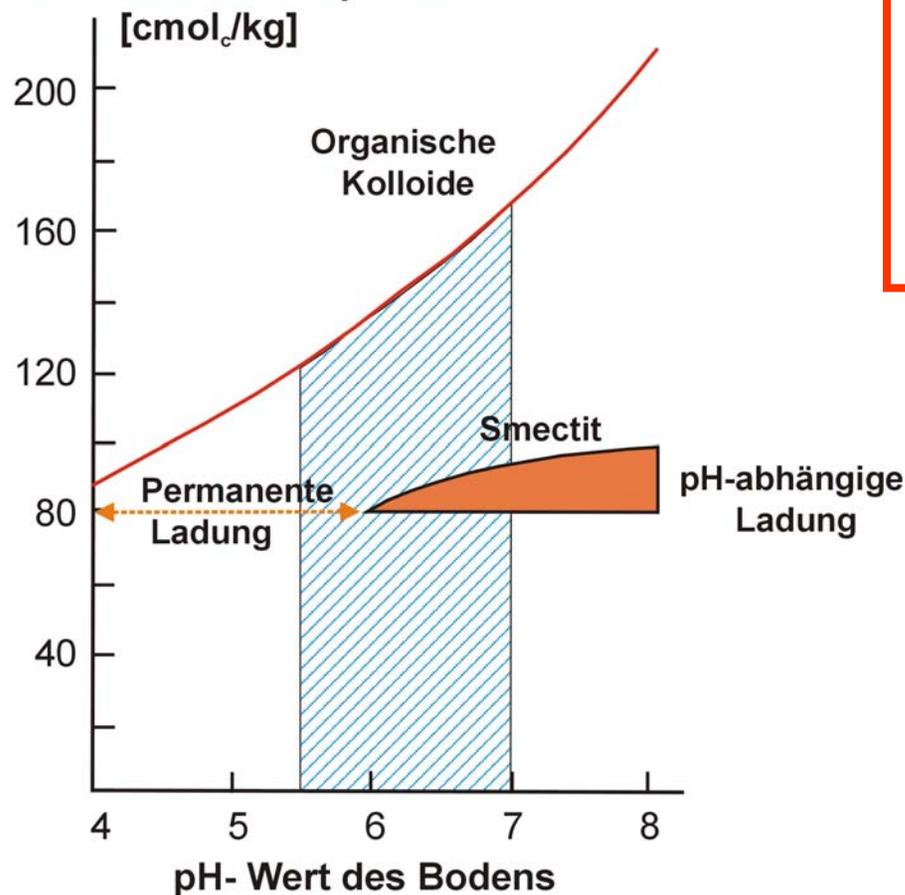
Humus & Kationenaustauschkapazität (KAK)

KAK ist die Fähigkeit eines Bodens, Kationen reversibel zu binden und ist damit ein Index für die negative Ladung je Masseneinheit Boden.

Zusammenhang zwischen KAK und pH-Wert

(Quelle: modifiziert nach Bradley 1990)

Kationenaustauschkapazität



Permanente Ladung = Tonminerale
 Variable Ladung = pH-abhängig
 - Tonminerale
 - Huminstoffe
 - Oxide & Hydroxide

| | |
|-----------------|---------------------------------|
| Vermiculit: | 100-180 cmol/kg |
| Montmorillonit: | 80-120 cmol/kg |
| Illit: | 20-40 cmol/kg |
| Kaolinit: | 2-5 cmol/kg |

➔ Ein höherer Gehalt an organischer Bodensubstanz erhöht die KAK im Boden.

Humus & Pufferkapazität

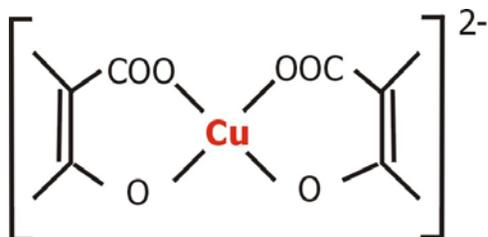
(Auszug aus Scheffer, Schachtschabel)

| Puffersubstanzen | Beispielreaktionen | Haupt-pH-Pufferbereich |
|------------------|---|------------------------|
| Carbonat | $\text{CaCO}_3 + \text{H}^+ \rightarrow \text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+}$ | 8 ... 6,5 |
| Hydrogencarbonat | $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ | 7 ... 4,5 |
| Tonminerale | $-\text{TM-OH}]M + \text{H}^+ \rightarrow \text{TM-OH}_2] + \text{M}^+$ | 8 ... < 5 |
| Oxide | $\text{FeOOH} + 3\text{H}^+ \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 2 \text{H}_2\text{O}$ | < 3 |
| Hydroxide | $\text{Al}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3 \text{H}_2\text{O}$ | 4,8 ... 3 |
| Huminstoffe | $\text{R}-(\text{COO})\text{M} + \text{H}^+ \rightarrow \text{R}-(\text{COO})\text{H} + \text{M}^+$ | 6 ... < 3 |
| | $\text{R-NH}_2 + \text{H}^+ \rightarrow \text{R-NH}_3$ | > 7 ... 4 |

➔ Humus ist ein effizienter pH-Puffer im Boden.

➔ Siehe Kalktag der FAL

Humus & Filterfunktion für Schwermetalle

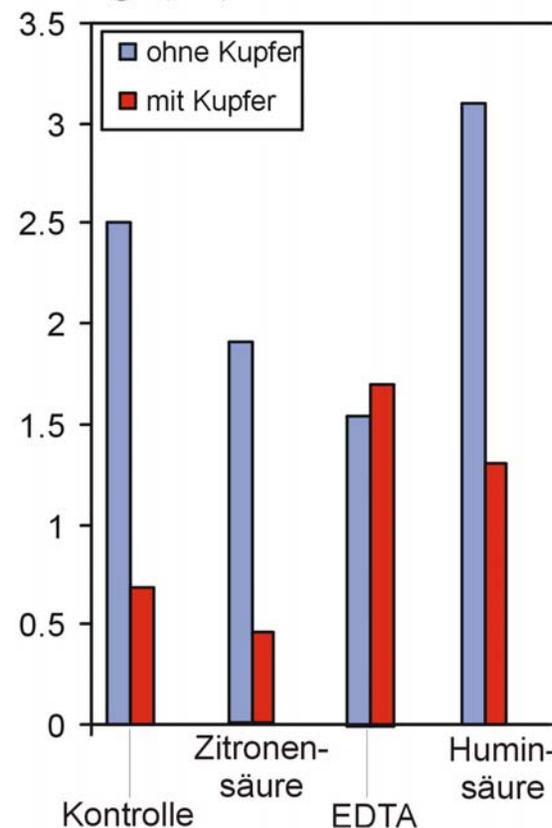


Heidemoorkrankheit (Kupfermangel)
bei Getreide



Quelle: www.bayercropscience.de

Wurzellänge (cm)



Einfluss unterschiedlicher Behandlungen
auf das Wurzellängenwachstum bei Salat
(nach Inaba & Takenaka, 2005)

➔ Huminstoffe immobilisieren Schwermetalle im Boden.

Humus & Auswaschung von Spurenelementen

„DOM = gelöste und kolloidale organische Substanz, die ein Sieb der Maschenweite $\sim 0.1-1 \mu\text{m}$ passiert“



DOM bildet **Komplexe** mit Spurenelementen, Schwermetallen und organischen Schadstoffen, wodurch diese sowohl mobiler und toxischer aber auch weniger toxisch werden können.

Praktische Bedeutung von Humus für die Nährstoffverfügbarkeit

The background of the slide is a photograph of two irregular, yellowish-brown soil samples, likely humus, resting on a light-colored surface. The soil has a crumbly, porous texture.

Humus = ein wichtiger Nährstoffspeicher

...

für Makronährelemente (N, P, S) und Mikronährstoffe (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo, Cl)
N ist zu >95%, S zu >90% und P zu ~50% in der organischen Bodensubstanz gebunden!

Modellrechnung zum potentiellen Beitrag von Humus zur Nährstoffversorgung

| Modellrechnung: 4500 t/ha Boden [0-30 cm] bei LD = 1.5 Mg/m ³ 2 % OBS (90 t/ha) | im Humus enthalten [t/ha] | Freisetzung bei 3% Mineralisierung [kg/ha* a] |
|---|---------------------------------|---|
| C-Gehalt (58%) | 52.2 | 1566 (3*10³ m³ CO₂) |
| N-Gehalt (C:N=10) | 5.2 | 157 |
| P-Gehalt (C:P=~100) | 0.52 | 17 |
| S-Gehalt (C:S=80) | 0.65 | 20 |

Beitrag der Mineralisierung zur Nährstoffversorgung ist nur bedingt prognostizierbar

Typische C : N Verhältnisse:

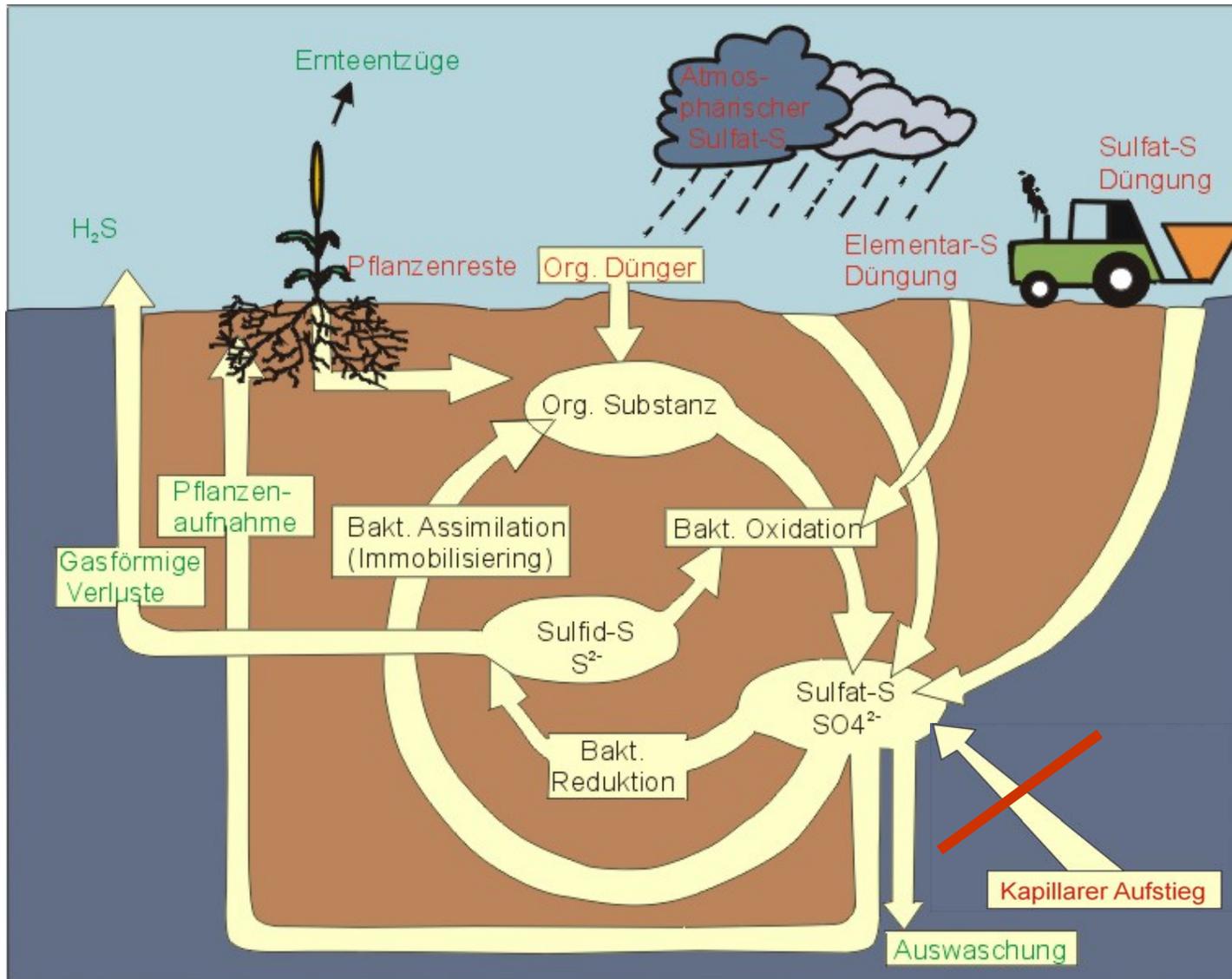
| | |
|-------------------------------------|------------------|
| Waldboden (Laubwald) | ~ 20 : 1 |
| (Nadelwald) Auflage | > 30 : 1 |
| 0-10 cm | > 20 : 1 |
| Ackerboden | 8-18 : 1 |
| Weizenstroh | 80-100 : 1 |
| Zuckerrübenblatt | 15-22 : 1 |
| Leguminosen | 10-15 : 1 |
| Hühnerdung | 7-12 : 1 |
| Sägemehl | 300-500 : 1 |
| idealer Wert für Regenwürmer | 20-35 : 1 |

| Abbaubarkeit: | C : N |
|---------------|---------|
| leicht | < 18 |
| mäßig | 18 - 27 |
| langsam | 28 - 60 |
| wenig | > 60 |

| | Nettoumsatz: |
|-------------|---------------------|
| C : N < 20 | Mineralisation |
| C : N > 30 | Immobilisierung |
| C : P < 100 | Mineralisation |
| C : P > 300 | Immobilisierung |
| C : S < 200 | Mineralisation |
| C : S > 400 | Immobilisierung |

... und die räumliche und zeitliche Variabilität der Mineralisierung führt dazu, dass Bedarf und Freisetzung nicht koinzidieren.

Beispiel: Schwefelkreislauf

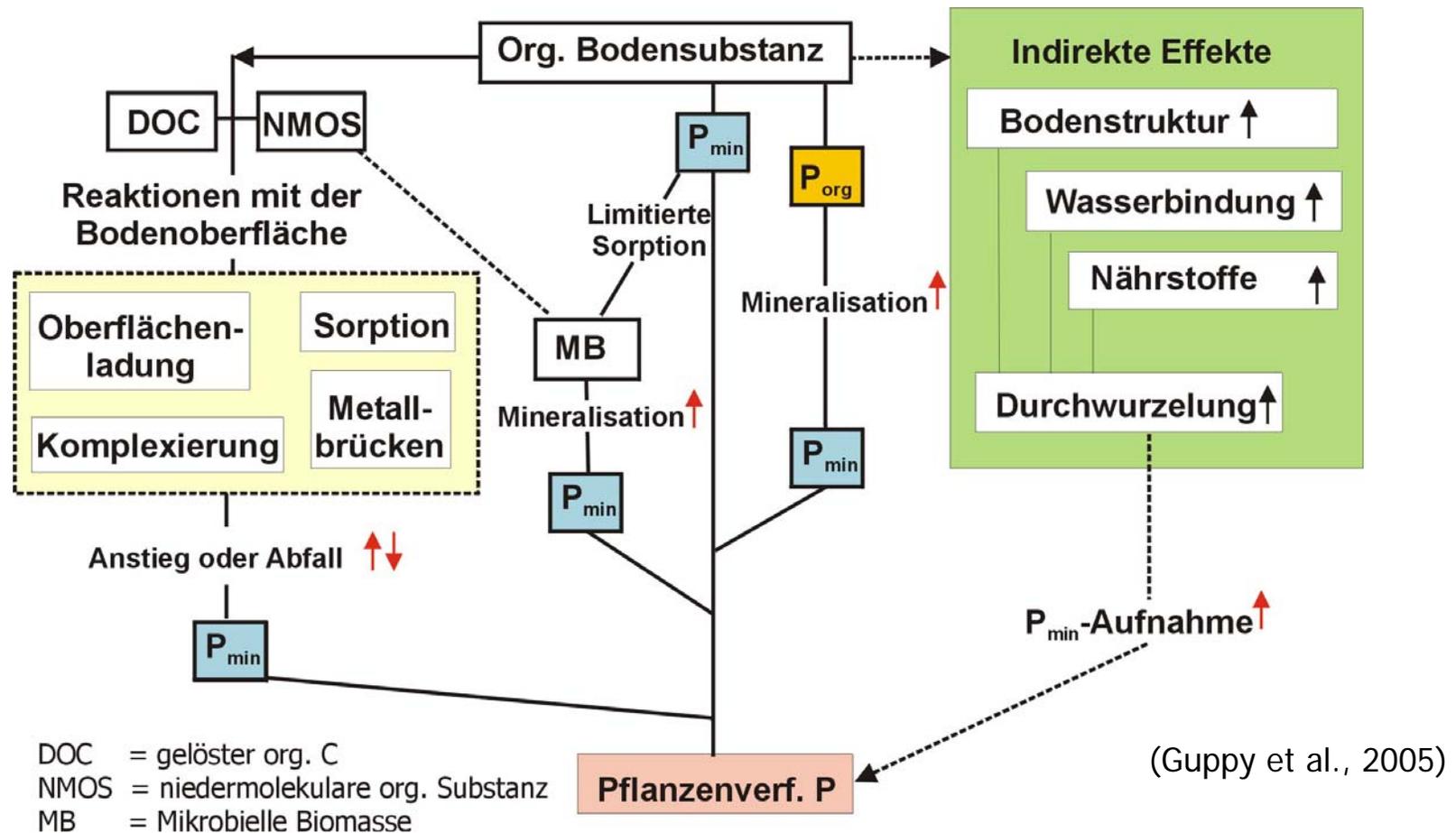


Schwefelbilanz eines Winterweizenstandortes

| | Traditionelle S-Bilanz [kg/ha S] | Korrigierte S-Bilanz [kg/ha S] |
|----------------------------|--|--------------------------------------|
| S-Einträge: | | |
| Atmosphäre | 18 | 18 |
| Nettomineralisation | 33 + ??? | 33 |
| Düngung, Beregnung | 0 | 0 |
| Grundwasser, kap. Aufstieg | nicht berücksichtigt | 141 |
| Summe | 51 | 192 |
| S-Austräge: | | |
| Pflanzenaufnahme | 42 | 42 |
| Auswaschung | 131 | 131 |
| Summe | 173 | 173 |
| Bilanz | -122 | +19 |

➔ Siehe Schwefeltag der FAL

Humus und Phosphorverfügbarkeit



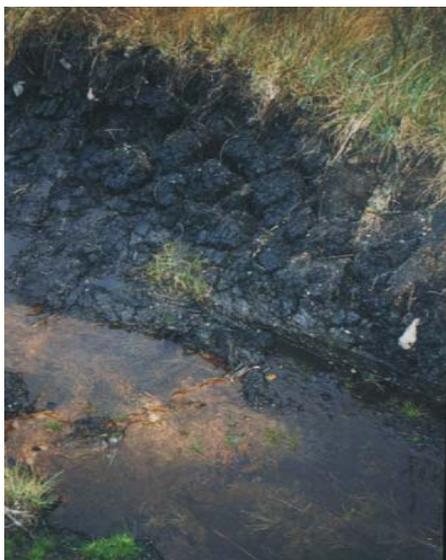
➔ Huminstoffe erhöhen die Verfügbarkeit von P.

The background of the slide is a photograph of a dense canopy of autumn leaves in shades of yellow, orange, and brown, with dark tree branches visible against a bright sky. The text is overlaid on this image.

FAZIT

**Mit seinen vielfältigen
Funktionen ist Humus ein
unverzichtbarer
"Boden-Verbesserer"**

Vielen Dank!



Wodurch wird Gehalt an DOM beeinflusst ?

