

BODENBESTANDTEILE

3. *Organische Bodenbestandteile*

Das Programm

1. Einführung

BODENBESTANDTEILE

2. Mineralische Bestandteile der Böden

→ 3. **Organische Bestandteile der Böden**

BODENBILDUNG

4. Faktoren und Prozesse der Bodenbildung

5. Bodenbildung auf verschiedenen Gesteinen

6. Klassifikation und Kartierung von Böden

BODENFUNKTIONEN

7. Wasser, Luft und Wärme

8. Bodenreaktion und Nährstoffe

9. Erhaltung und Gefährdung der Bodenfruchtbarkeit

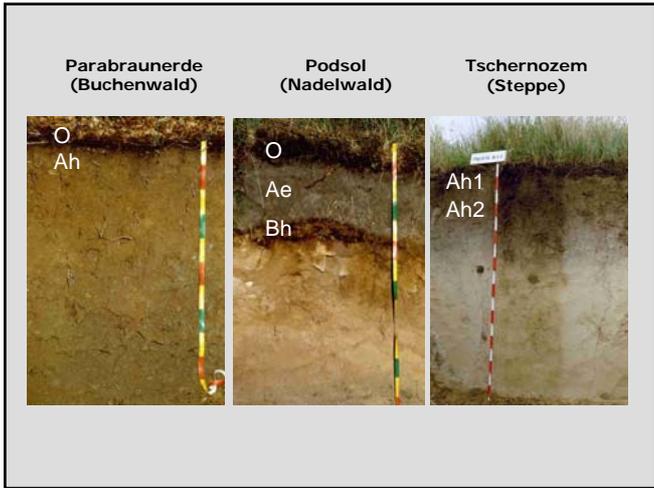
BÖDEN UND KLIMA

10. Böden und Klima

Inhalt: Kapitel 3

• **Bedeutung und Funktionen der organischen Substanz**

- Streustoffe
- Abbau der Streustoffe durch Bodenorganismen
- Huminstoffe
- Dynamik der organischen Substanz und Humusformen



S 23

Humusgehalte einiger Mineralböden

Bodentyp (Vegetation)	Horizont	Tiefe (cm)	C (%)	C/N	Organische Substanz bis 1 m (kg/m ²)	Mineralische Substanz bis 1 m (kg/m ²)
Parabraunerde (Buchenwald)	O	+5 - 0	25	24	18	1000 - 1500
	Ah	0 - 14	2.4	11		
Podsol (Nadelwald)	O	+3 - 0	10	34	20	1000 - 1500
	Ae	1 - 10	2.6	36		
	Bh	22 - 24	2.6	32		
Tschernozem (Steppe)	Ah1	0 - 7	7.4	14	58	1000 - 1500
	Ah2	10 - 30	4.7	12		

Organische Substanz ≈ Organischer Kohlenstoff x 1.8

S 24

**Bindungsformen von Nährstoffen in Böden
(A Horizonte)**

Element		Organische Bindungsformen		Anorganische Bindungsformen
N	C/N = 10 - 30	>95%	Aminosäuren, Aminozucker, Amide	<5%
P	C/P = 100- 1000	20-65%	Phytate, Nukleinsäuren, Phosphorlipide, Zuckerphosphate, Phosphorproteine	35-80%
S	C/S = 60 - 120	60-95%	Cystein, Cystin, Methionin, Mercaptan, Sulfolipide, u.a.	5-40%

S 24

Funktionen der organischen Substanz in Böden

- Nährstoffspeicher für N, P, S, u.a.
- Nahrung für Bodentiere und Mikroorganismen
- Verbesserung und Stabilisierung der Bodenstruktur
- Verbesserung des Wasser- und Lufthaushaltes
- Schnellere Erwärmung des Bodens bei Sonneneinstrahlung
- Komplexierung von toxischen Metallen, z.B. Al^{3+}
- Enthält Wirkstoffe, die das Wurzelwachstum fördern

Inhalt: Kapitel 3

- Bedeutung und Funktionen der organischen Substanz
- **Streustoffe**
- Abbau der Streustoffe durch Bodenorganismen
- Huminstoffe
- Dynamik der organischen Substanz und Humusformen

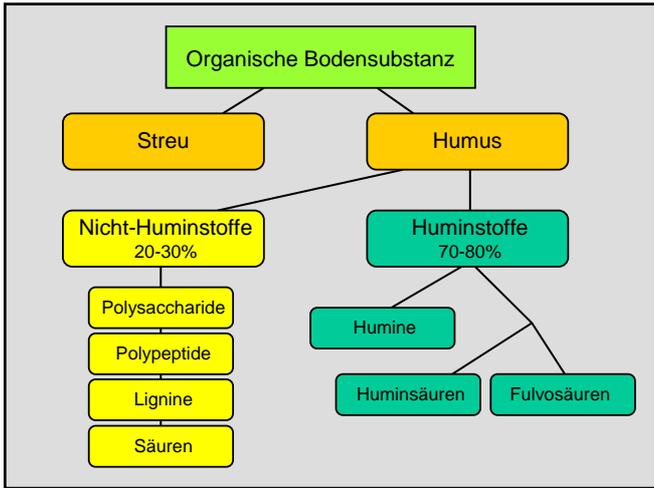
S 25

Wichtige Begriffe

Biomasse = lebende Organismen

Streustoffe = abgestorbene Gewebeteile

Humus = Gesamtheit der toten organischen Substanz im Boden, ausgenommen der Streustoffe

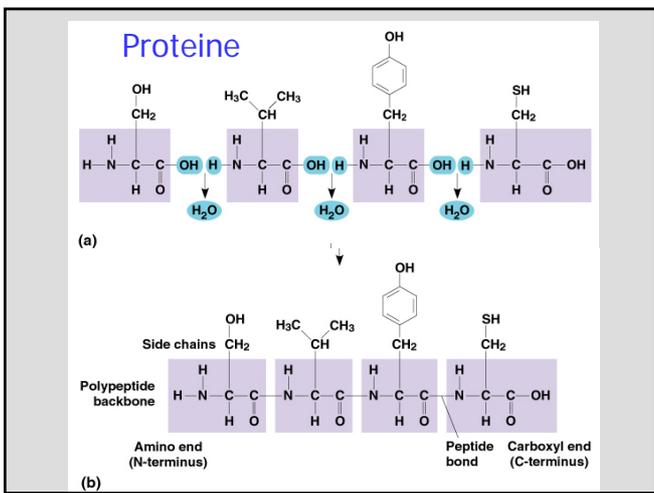


S 26

Woraus besteht die Streu?

“Biologisch”:
 abgestorbene Blätter, Nadeln,
 Holz, Rinde, Wurzeln, Pilze,
 Bodentiere, u.a.

“Chemisch”:
 Proteine, Aminosäuren
 Cellulose, Stärke, Zucker
 Fette, Öle, Wachse
 Lignine, Phenole
 Harze
 u.a.



Cellulose

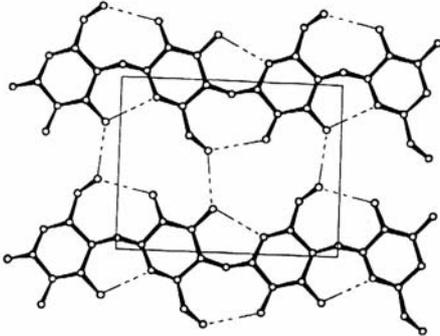
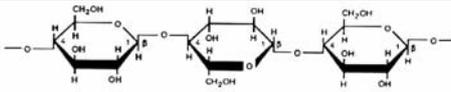
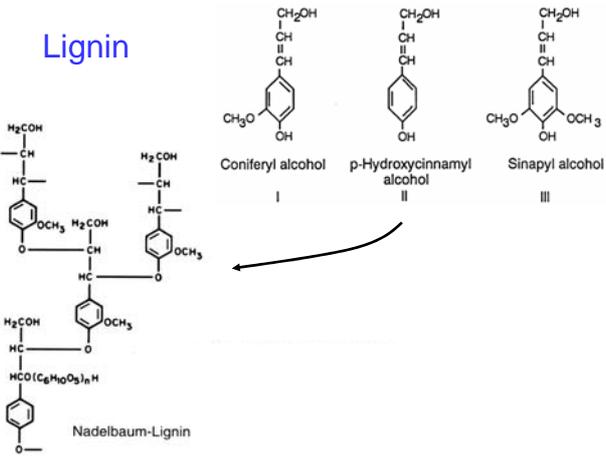


Abb. 2.2 Ausschnitt aus einem Cellulose-Molekül, das die 1,4-Verknüpfung der Glukose-Einheiten sowie das Netzwerk von Wasserstoffbrücken innerhalb und zwischen den Ketten zeigt (ERIKSSON et al., 1990; PAUL & CLARK, 1989)

Lignin



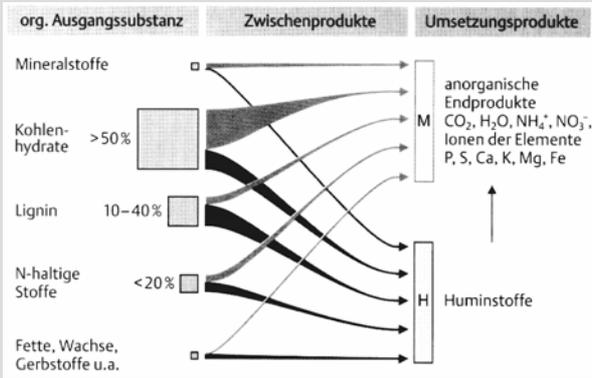
S 26 Zusammensetzung der Streu (Durchschnittswerte)

Streustoffe	Cellulose	Lignin	Proteine	C/N
Fichte				
Holz	40	28	<2	100...400
Nadeln	15	14...20	3...6	40...80
Buche				
Holz	32	24	2	100...300
Blätter	20	11...16	6	30...50
Weidelgras	19...26	4...6	12...20	20...40
Weizenstroh	27...33	18...21	3	50...100

(aus Scheffer/Schachtschabel, 2002)

C/N Verhältnis der Mikroorganismen: 10-15

Pflanzeninhaltsstoffe sind unterschiedlich leicht abbaubar



Inhalt: Kapitel 3

- Bedeutung und Funktionen der organischen Substanz
- Streustoffe
- **Abbau der Streustoffe durch Bodenorganismen**
- Huminstoffe
- Dynamik der organischen Substanz und Humusformen

S 27



Absterbephase: Körpereigene Enzyme bewirken hydrolytische Spaltung und Oxidation von polymeren Substanzen (z.B. Stärke → Zucker; Proteine → Aminosäuren, etc.)

S 27



Auswaschungsphase: Zellmembranen verlieren ihre Funktion und lösliche Stoffe (Ionen, Zucker, Aminosäuren, Fettsäuren, etc.) werden ausgewaschen → rasante Vermehrung von Mikroorganismen.

S 27

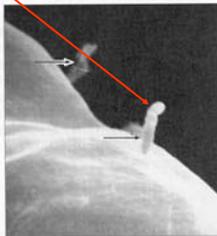
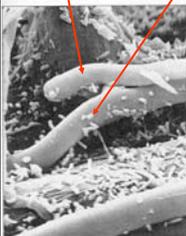


Zerkleinerungsphase: Primärzersetzer (Regenwürmer, Milben, Collembolen, Dipterenlarven, Asseln, etc.) zerkleinern das Gewebe. Sekundärzersetzer verwerten zerkleinertes Material und Kot weiter (Milben, Collembolen, Pilze, Bakterien).

Pilzhypen

Bakterien

Actinomyceten



(a)

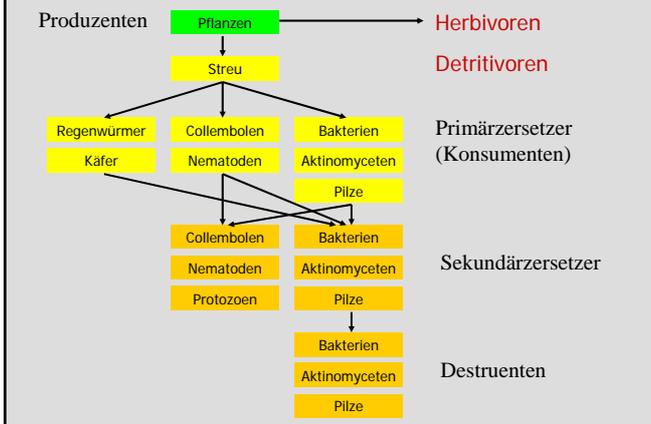
(b)

(c)

aus Brady und Weil, 2002

Mikrobieller Abbau: Mikroorganismen wandeln zerkleinertes Material enzymatisch um oder bauen es zum Teil ab. Es kommt zur Mineralisation und Humifizierung. Andere Bodenorganismen fressen wiederum Mikroorganismen.

Abbau der Streu: Nahrungsnetze

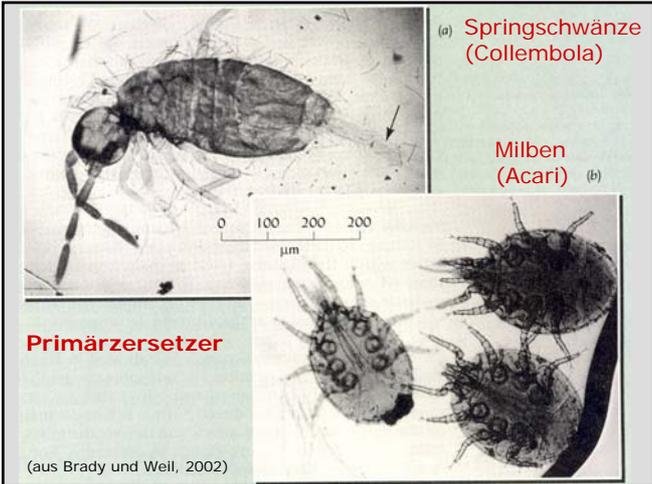


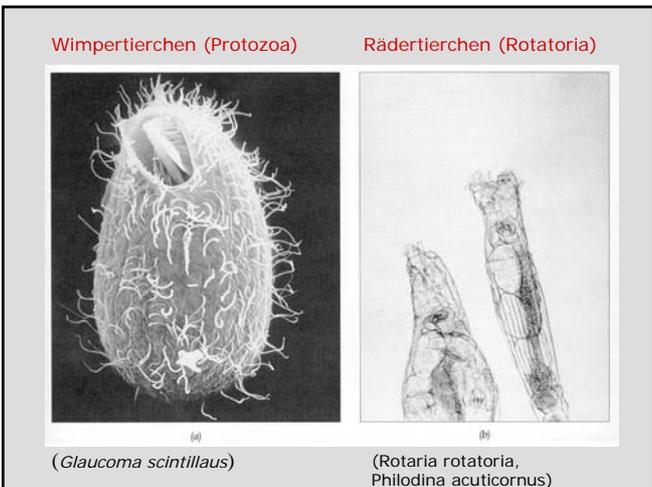
Regenwürmer

- Weltweit ca. 7000 Arten bekannt
 - Epigäische Arten (Streubewohner, z.B. *Eisenia foetida*)
 - Endogäische Arten (Horizontalbohrer, z.B. *Allolobophora caliginosa*)
 - Anözische Arten (Vertikalbohrer, z.B. *Lumbricus terrestris*)
- Regenwürmer „fressen“ Boden und schaffen so Makroporen
 - Das 2- bis 30-fache des eigenen Körpergewichtes pro Tag !
 - Auf einem ha Land 50 bis 1000 to Boden pro Jahr !
 - 5 bis 100 m Gänge unter 1 m² Boden !
- Regenwürmer schaffen stabile Bodenaggregate
 - Stabile Bodenaggregate durch Ton-Humus Komplexe
 - Reich an Nährstoffen und Mikroorganismen

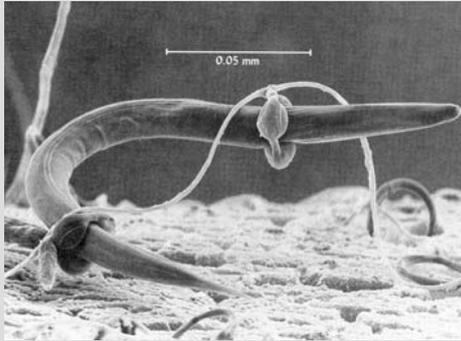






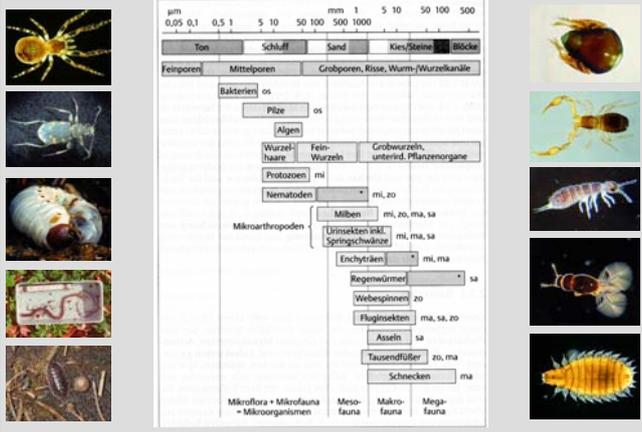


Pilz fängt Nematoden mit Lasso

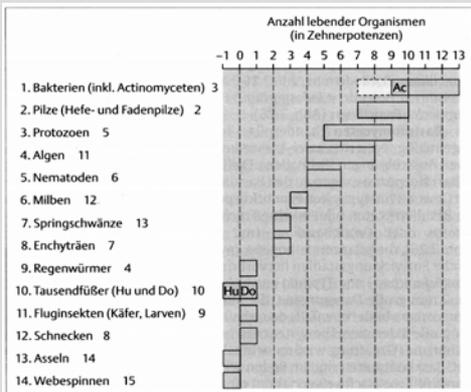


Pilz *Arthrobotrys anthonia* fängt einen Nematoden (aus Brady und Weil, 2002)

S 36 Mikroflora, Mikrofauna, Mesofauna, Makrofauna, und Megafauna



S 37 Wieviele Organismen gibt es im Boden (Anzahl pro dm³) ?



Zahlen = Rang in der Biomasse aus Gisi et al., 1997

Anteile an der unterirdischen Biomasse (100% = 12 to/ha)

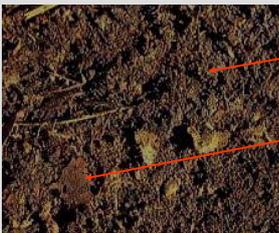
S 37

Rang	Organismusgruppe	Biomasse (g/m ²)	Biomasse (%)
1	unterirdische Pflanzenorgane	600	50
2	Pilze	350	29
3	Bakterien	150	13
4	Regenwürmer	60	5
5	Protozoen	25	2
6	Nematoden	4	0.3
7	Enchytraen	2	0.2
8	Schnecken	2	0.2
9	Fluginsekten	2	0.2
10	Tausendfüßler	2	0.1
11	Algen	1	-
12	Milben	1	-
13	Springschwänze	1	-
14	Asseln	0.5	-
15	Webspinnen	0.1	-
	Total		100

Inhalt: Kapitel 3

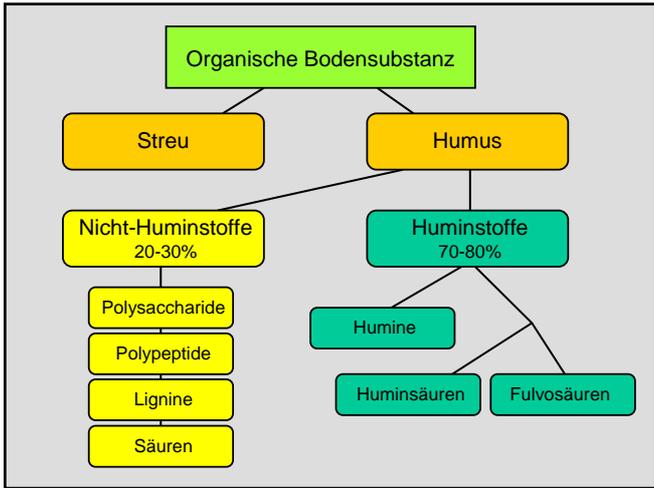
- Bedeutung und Funktionen der organischen Substanz
- Bestandteile der organischen Substanz
- Streustoffe
- Abbau der Streustoffe durch Bodenorganismen
- **Huminstoffe**
- Dynamik der organischen Substanz und Humusformen

Streu und Humus



Humus (keine Gewebeteile mehr erkennbar)

Teilweise zersetzte Streustoffe (Gewebeteile noch erkennbar)



S 25

Wichtige Begriffe

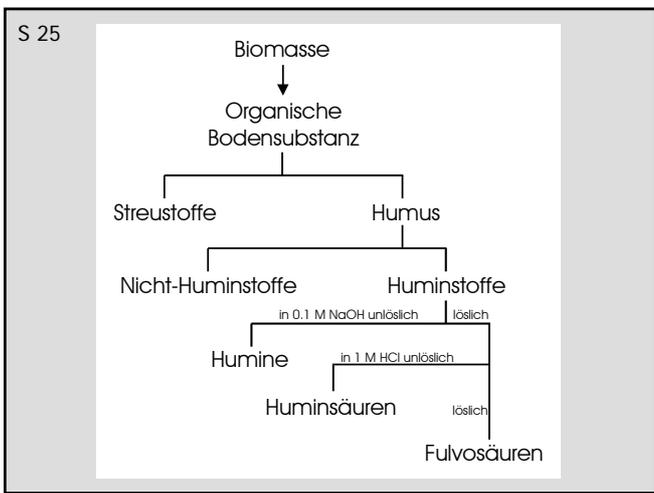
Biomasse = lebende Organismen

Streustoffe = abgestorbene Gewebeteile

Humus = Gesamtheit der toten organischen Substanz im Boden, ausgenommen der Streustoffe

Nicht-Huminstoffe = alle chemischen Verbindungen mit bekannter, genau definierter Struktur.

Huminstoffe = stark umgeformte, dunkle, meist hochmolekulare Produkte des Ab- und Umbaus der Streustoffe durch Mikroorganismen.



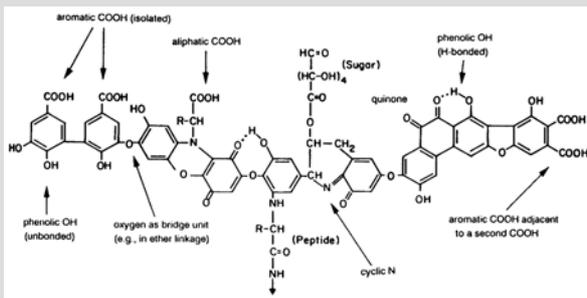
S 30

Eigenschaften von Huminstoffen

	Humine	Huminsäuren	Fulvosäuren
MW	>300000 (?)	9000-300000	900-9000
%C	> 60 (?)	54-59	41-51
%O		33-38	40-50
%N	?	1-4	1-3
%S		0-2	0-3
%H		3-6	4-7
Azidität (mol/kg)	?	6.7	10.3

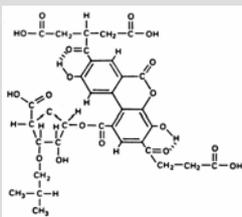
S 30

Huminsäuren



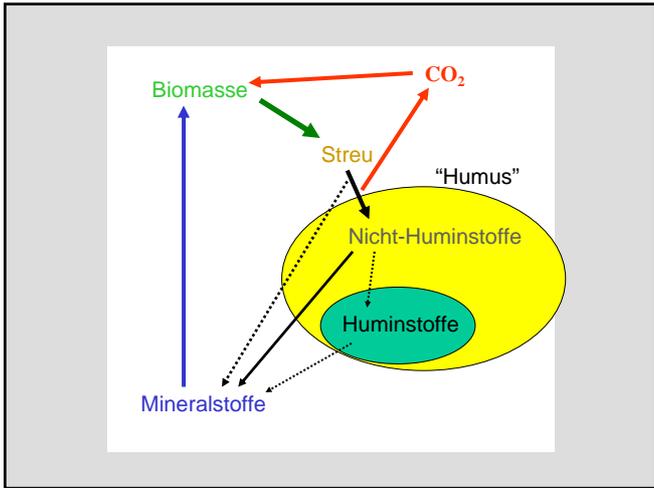
Refraktäre organische Substanzen, dunkle Farbe, hohes Molekulargewicht, keine definierte Struktur, C/N = 10-30, Carboxyl (-COOH) und phenolische OH-Gruppen, Kationenaustauscher, Wasserspeicher.

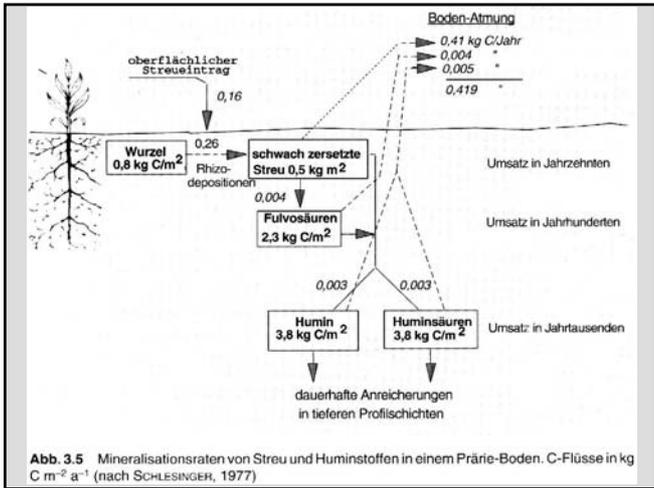
Fulvosäuren

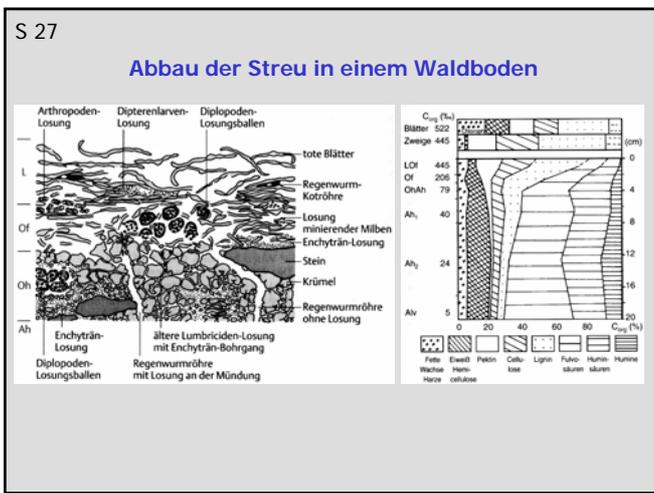


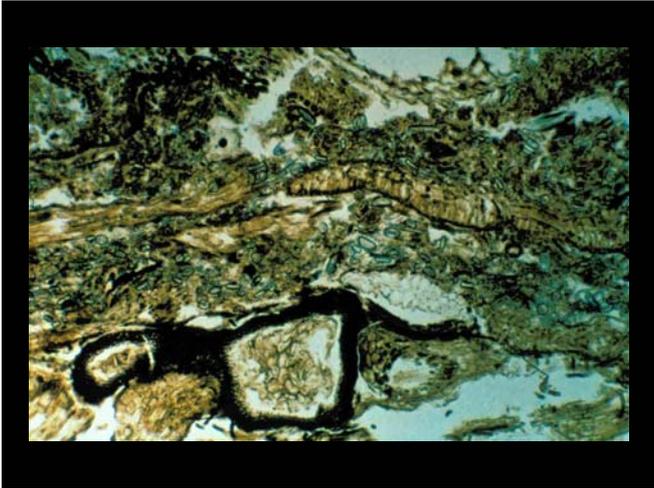
Im Vergleich zu Huminsäuren:

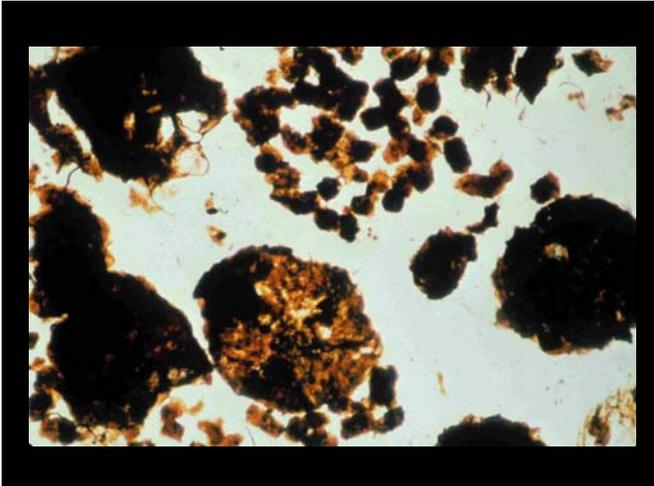
- geringeres Molekulargewicht
- mehr Säuregruppen pro Gewichtseinheit
- höhere Wasserlöslichkeit
- gelblich-braun











S 31

Humusformen

Die **"Humusform"** beschreibt die Art und Verteilung der organischen Substanz in einem Bodenprofil.

Die Humusform reflektiert die Dynamik und Prozesse des Streuabbaus in einem Boden.

Die Humusform ist durch die Art und Mächtigkeit der Bodenhorizonte definiert, die mit organischer Substanz angereichert sind.

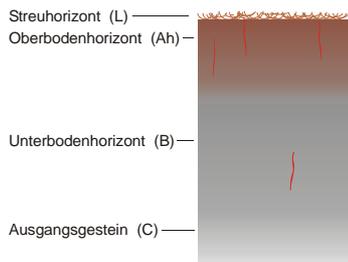
Terrestrische Humusformen: Mull – Moder – Rohhumus

S 38

Bodenhorizonte mit Anreicherung von organischer Substanz

- L-Horizont** = *Streuhorizont (litter)*, wenig abgebaute Pflanzenteile
- Of-Horizont** = *Fermentierungshorizont*, stark zersetzte Streu, viele Pilzhyphen, modriger Geruch, Kot von Bodentieren.
- Oh-Horizont** = *Humifizierungshorizont*, vollständig humifiziertes Material, schwarz-braun gefärbt, keine Pflanzengewebe mehr erkennbar
- Ah-Horizont** = oberster Mineralbodenhorizont mit Anreicherung von Huminstoffen

S 30 Humusform "Mull" (L-Ah)



- gut abbaubare Streu
- günstige Nährstoffverhältnisse
- hohe biologische Aktivität
- wühlende Bodentiere (z.B. Regenwürmer)

Humusform: Mull



S 30

Humusform "Moder" (L-Of-(Oh)-Ah)

Streuhorizont (L) —

Fermentierungshorizont (Of) —

Humifizierungshorizont (Oh) —

Oberbodenhorizont (Ah) —

Unterbodenhorizont (B) —

Ausgangsgestein (C) —

- mässig gut abbaubare Streu
- mässig günstige Nährstoffverhältnisse
- leicht gehemmte biologische Aktivität
- wenige wühlende Bodentiere



S 31

Humusform "Rohhumus" (L-Of-Oh-Ah)

Streuhorizont (L) —

Fermentierungshorizont (Of) —

Humifizierungshorizont (Oh) —

Oberbodenhorizont (Ah) —

Unterbodenhorizont (B) —

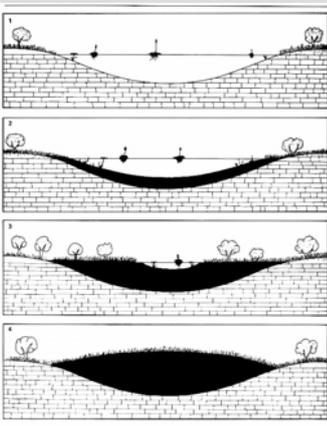
Ausgangsgestein (C) —

- schlecht abbaubare Streu
- ungünstige Nährstoffverhältnisse
- geringe biologische Aktivität
- kaum Bodentiere
(keine Regenwürmer)



S 33

Torfbildung



See

See mit Schilfgürtel

See mit Niedermoorzone und Schilfgürtel

Hochmoor

S 33

Torfe

- unter Wassersättigung entstanden (Moore)
- Niedermoor: neutral bis schwach sauer, nährstoffreich
- Hochmoor: sauer, nährstoffarm



Moorböden



Drainage → Belüftung

- starker Abbau der organischen Substanz
- Freisetzung von CO₂ und Nährstoffen
- Vererdung, Verdichtung

Torfabbau: Brennmaterial, Substrate, etc.

- Zerstörung von Ökosystemen
- Freisetzung von CO₂ und Nährstoffen

Der C-Kreislauf im Boden

