

Bodenlebewesen (Edaphon)

Gesamtheit der im Boden lebenden Organismen, zusammengesetzt aus

- ❑ **Bodenflora** Bakterien (Prokaryoten)
 Archaeen (Prokaryoten)
 Pilze
 Algen
 unterirdische Pflanzenorgane
- ❑ **Bodenfauna** Protozoen
 Nematoden
 Mollusken (Weichtiere),
 Anneliden (Ringelwürmer),
 Arthropoden

Einteilung der Organismen in Böden nach der Körpergröße:

Mikroflora, Mikrofauna, Mesofauna, Makrofauna

Mikroflora und Mikrofauna = Mikroorganismen

Oberirdische Pflanzenteile sind Produzenten der organischen Substanz (durch Photosyntheseleistung)

viele Bodentiere sind Konsumenten (Verbraucher) der Pflanzenmasse

Mikroorganismen und einige Kleintiere sind Reduzenten (Zersetzer oder Destruenten), die organisches Material weiterverwerten und zu anorganischen Endprodukten umwandeln (= Mineralisierung)

aus diesem Stoffkreislauf gewinnen Organismen Energie und Baustoffe für den Körperaufbau
weniger als 5 % der Bodenbakterien und nur wenige Archaeen bisher kultivierbar

Funktion im Boden nur teilweise bekannt

Lebensweise und Funktion der Organismen in Böden

Ernährungsweise der Bodenorganismen

Energie- und Nährstoffquelle nötig

- ❑ phototroph: Strahlungs- (Licht)Energie als Energiequelle
- ❑ chemotroph: Energie aus der Oxidation von chemischen Stoffen
- ❑ (C-)autotroph: Kohlenstoff aus anorganischen Quellen
- ❑ heterotroph: Kohlenstoff aus organischen Verbindungen

4 Grundernährungstypen

❑ **Photoautotrophe Organismen**

Licht als Energiequelle, CO₂ als C-Quelle

höhere Pflanzen (oberird. Teile), Algen, Cyanobakterien

photoautotrophe Bakterien im Boden unbedeutend

❑ Photoheterotrophe Organismen

Energie aus Sonnenlicht, C aus org. Substanzen, im Boden unbedeutend

❑ Chemoautotrophe Organismen

Energie aus Oxidation anorg. Verbindungen, CO₂ als C-Quelle

wichtige spezialisierte Bodenbakterien, z.B. Nitrifizierer (Oxidation von NH₄⁺, NO₂⁻)

S-Oxidation durch Thiobacillus

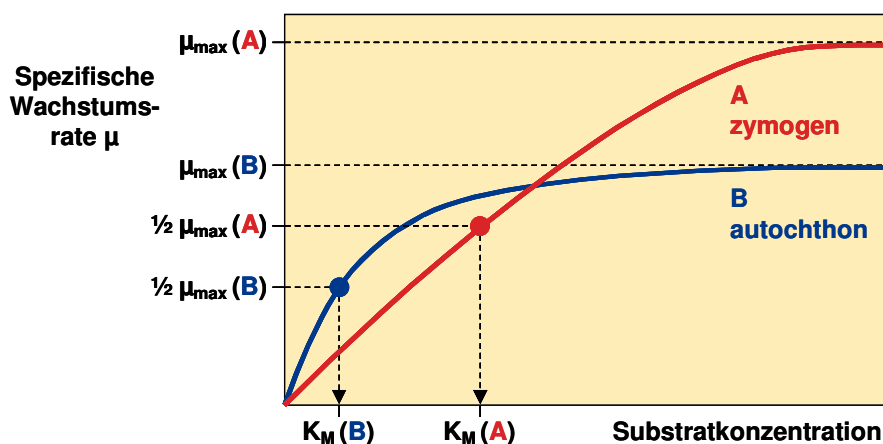
❑ Chemoheterotrophe Organismen

organische Verbindungen als Energie- und C-Quelle

alle Tiere (incl. Protozoen), alle Pilze, die meisten Bakterien, unterird. Pflanzenorgane

Mikrobielles Wachstum

Wachstumskinetik zweier Populationstypen (A, B) von Bodenmikroorganismen in Abhängigkeit von der Substratkonzentration (K_M = Michaelis-Menten-Konstante, μ = spezifische Wachstumsrate) (aus Gisi 1997)



❑ autochthone Bodenorganismen (Populationen)

an niedriges Nährstoffangebot angepasst

bei niedrigem Nährstoffangebot kompetitiver als andere Populationen

immer im Boden gegenwärtig

wachsen bei plötzlichem Nährstoffangebot rasch

gehen bei Nährstoffentzug sofort in Ruhestadium

überdauern lange

❑ zymogene Bodenorganismen (Populationen)

in speziell nährstoffreichen Situationen wichtig

müssen sich erst der neuen Nährstoffsituation anpassen

bei höherer Stoffzufuhr kompetitiver als andere Populationen

bei niedrigem Stoffangebot kaum kompetitiv

sind kein dauernder Anteil der mikrobiellen Gesamtpopulation des Bodens

werden leicht überschätzt, da leichter (auf Agrarmedien) zu isolieren

Bakterien

klein, 0,5 - 2 μm

(meist) einzellig

keine Kernhülle, Prokaryoten

Form unterschiedlich: Kokken, Stäbchen, Spirillen, Vibrionen

wichtige Organismengruppe in Böden

empfindlich gegen Austrocknung

einige Formen bilden ausdauernde Endosporen oder Kapseln

Lebensraum: dünner Wasserfilm um Bodenpartikel und Rhizosphäre

beweglich nur durch Geißeln oder passiv mit dem Bodenwasserstrom

bevorzugen neutrale bis basische Umgebung

meist (chemo)heterotroph, Energie und C aus löslichen organischen Verbindungen, Zersetzung durch Veratmung oder Vergärung

wenige spezialisierte chemoautotrophe Organismen: Nitrosomonas, Nitrobacter, Thiobacillus: Energie aus der Oxidation von anorganischen Verbindungen (NH_4^+ , NO_2^- , S_2^- , S^0), C aus CO_2

Zahl der Bakterienzellen ist sehr hoch, besonders in landwirtschaftlich genutzten Oberböden: 10^6 bis 10^9 Individuen / g Boden

❑ Myxobakterien

heterotroph, ernähren sich meist von anderen Bakterien; Cellulosezersetzer

❑ Actinobakterien (früher Actinomyceten oder „Strahlenpilze“)

heterotroph, filamentös wachsend, d.h. stäbchen- oder kokkenförmige Zellen werden durch schleimartige Zellwandbestandteile zusammengehalten, bilden sogenanntes Pseudomycel, aber feiner (1 μm Durchmesser) als Pilzmycel

z.B. Actinomyces, Nocardia, Streptomyces

häufige Bodenbakterien, etwa 1-10 % der gesamten Bakterienpopulation

Lebensraum: Maximum in 5-10 cm Bodentiefe

fehlen in der Streulage, besiedeln organisches Material, greifen vor allem schwer zersetzbare Substanzen an (Lignin, Chitin, Stärke)

viele Actinomyceten produzieren Antibiotika (Streptomycin, Chloramphenicol, Tetracycline)

mitverantwortlich für charakteristischen Erdgeruch

Gattung Frankia: symbiontische Stickstoff-Fixierung bei nichtleguminösen Angiospermen

❑ Cyanobakterien (früher Blaualgen)

Cyanobakterien sind photoautotroph, deshalb Lebensraum auf die obersten mm des Bodens beschränkt

Viele Cyanobakterien können N_2 -Fixierung betreiben

❑ Archaeen

einzellig, Prokaryoten, 0,4 - 100 μm , meist etwa 1 μm

an extreme Milieubedingungen angepasst

(Temperaturen $>80^\circ\text{C}$, hochkonz. Salzlösungen, pH-Werte bis 0 oder >10)

bisher kultivierte Arten extremophil, z.T. autotroph, z.T. heterotroph, häufig anaerob

Bedeutung im Boden erst wenig bekannt

Ammoniumoxidation durch Crenarchaeota

Methanogene Archaeen in Reisböden für Methanbildung in der Rhizosphäre verantwortlich

Pilze

Eukaryoten, Zellen (in meisten Stadien) mit Wand, nur heterotrophe Organismen aus Einzelzellen (z.B. Hefen) oder längl. zusammenhängende Zellen, d.h. Hyphen (Pilzfäden), bilden Mycel, viele m lang; Durchmesser der Hyphen: 3 - 10 µm bevorzugen eher neutrale bis saure Umgebung

Pilze dringen durch Hyphenwachstum in neue Substrate vor, können sich also neue Nährstoffquellen erschließen

wesentlich am Abbau der org. Substanz im Boden beteiligt, Enzymsystem zum Abbau von Lignocellulosen

Anzahl der Pilzindividuen schwer zu erfassen

etwa 50 bis 500 x kleiner als Bakterienzahl, aber Biomasse der Pilze bis 5 x größer

Mykorrhiza: Symbiose mit Pflanzenwurzel

Algen

photoautotroph, meist einzellig, bilden auch Kolonien oder Filamente

Lebensraum vor allem an der Bodenoberfläche oder in den obersten mm des Bodens

Bodenalgen meist zu den Grünalgen gehörend, z.B. Chlamydomonas, Chlorella

etwa 10^3 bis 10^4 Individuen / g Boden

Unterirdische Pflanzenorgane

1 - 6 g Trockensubstanz / Liter Boden ($0,1 - 1,5 \text{ kg m}^{-2}$)

2-3fache Biomasse sämtlicher Bodenmikroorganismen und -tiere;

überwiegend Wurzeln

größere Speicherwurzeln, Zwiebeln und Rhizome (unterird. Sprossorgane), heterotroph geben organische Substanzen als Exsudate an Boden ab

variabler Anteil der gesamten Pflanzenbiomasse im Boden

besonders hoch bei Dauergrünland (50-70 %)

Pflanze	Samenexsudate (mg pro 1000 Samen)	Wurzelexsudate (mg pro 1000 Pflanzen)
Gerste	240	430
Weizen	200	500
Gurke	110	620
Bohne	520	560

(aus Gisi 1997)

Bodentiere

□ Protozoen

eukaryotische Bodentiere

3 Gruppen:

- Flagellaten (Geißeltierchen)
- Rhizopoden (Wurzelfüßer, = Amöben)
- Ciliaten (Wimpertierchen)

Lebensraum: wassergefüllte Poren, Wasserfilm um Bodenpartikel

häufigste Bodentiere: 10^4 bis 10^6 Individuen / g Boden

fressen überwiegend Bakterien, aber auch Pilze, Algen und pflanzl. Material

□ Nematoden (Fadenwürmer)

10 - 1000 Individuen / g Boden

Lebensraum: Wasserfilm, Rhizosphäre

Lebensweise: Räuber, Mikrophagen, Omnivoren, z.T. Parasiten (Pflanzen, Tiere)

□ Anneliden (Ringelwürmer)

2 wichtige Gruppen:

■ Enchyträen: weiße/durchscheinende Würmer, kleiner als Lumbriciden, besonders in Waldböden, wesentlich geringere Biomasse als Regenwürmer

■ Lumbriciden (Regenwürmer)

3 Kategorien nach Lebensform:

■ Streubewohner (epigäisch)

■ Horizontalbohrer (endogäisch)

■ Vertikalbohrer (anözisch)
auch Intermediärformen

5 % der Biomasse des Bodens

wichtig für Bioturbation, Strukturbildung, Durchlüftung, Entwässerung

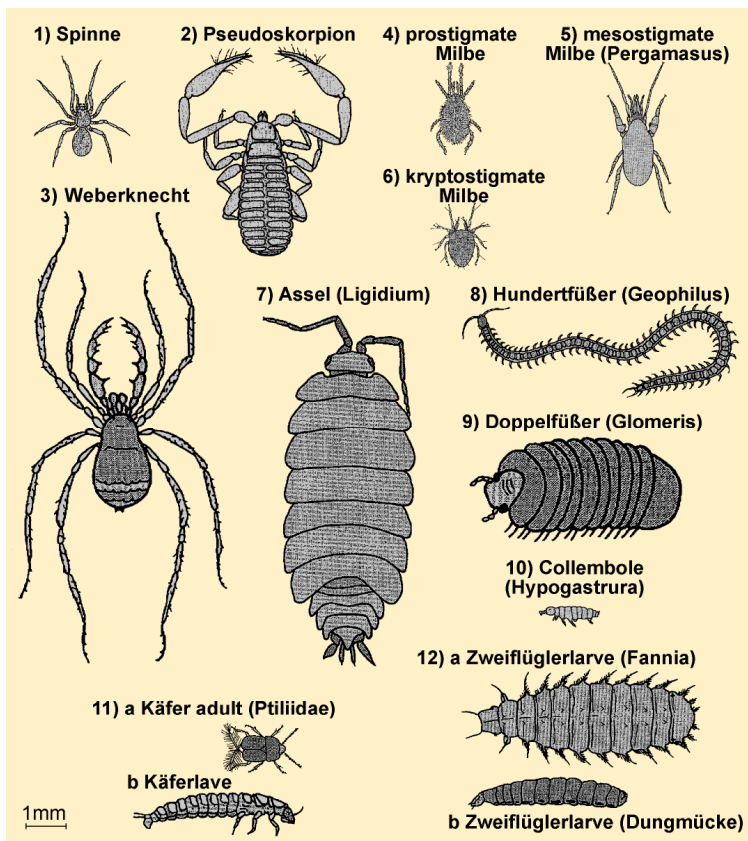
bohren sich durch den Boden, produzieren Bioporen, mit Losungstapeten

fressen Streu, z.T. auch Mineralboden, Transport in tiefere Bodenschichten, Ablagerung von Regenwurmkot häufig auf Bodenoberfläche

Bildung von organo-mineralischen Komplexen während der Darmpassage

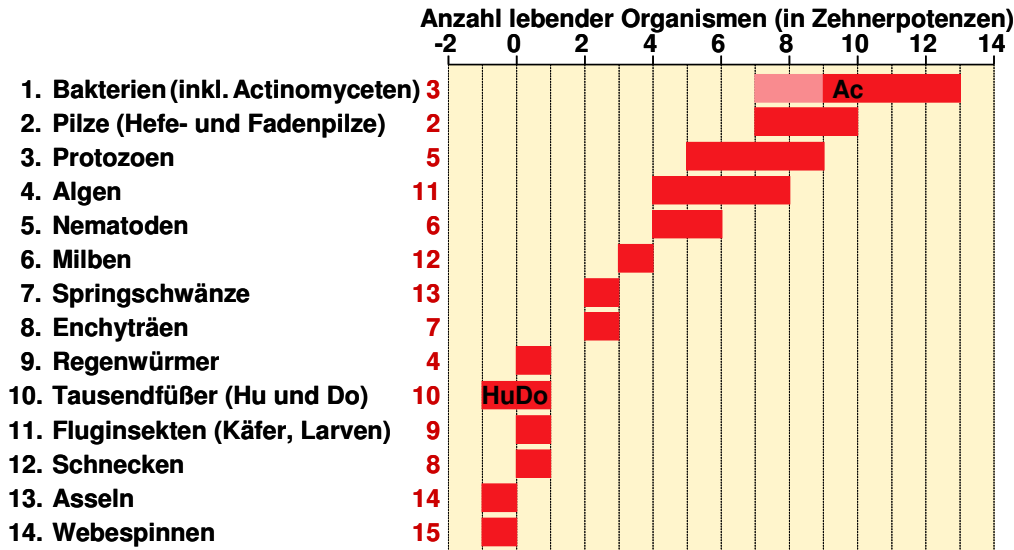
wichtige Funktion im N-Kreislauf, Mobilisierung von P

□ Arthropoden (Gliederfüßer)



Typische Vertreter von Bodenarthropoden
(aus Gisi 1997)

Anzahl und Biomasse der Bodenorganismen



Anzahl lebender Organismen (Mini- und Maximalwerte) in 1 dm³ von land- und forstwirtschaftlich genutzten Böden.

Ac = Actinomyceten; Hu = Hundertfüßer; Do = Doppelfüßer.

Die Zahlen 1-15 vor bzw. nach den Organismengruppen bedeuten Rang bezüglich Anzahl bzw. Biomasse

Anzahl Organismen dm⁻³ (~Anzahl kg⁻¹ Trockengewicht Boden), dividiert durch 1000, ergibt Anzahl g⁻¹ Boden.

Anzahl Organismen dm⁻³ x 100 x 2 ergibt Anzahl pro m² und 20 cm Bodentiefe. (aus Gisi 1997)

Zur Beurteilung der Funktion und Umsatzleistung von Bodenorganismen ist Biomasse wichtiger als Zahl

Biomasse der Bodenorganismen

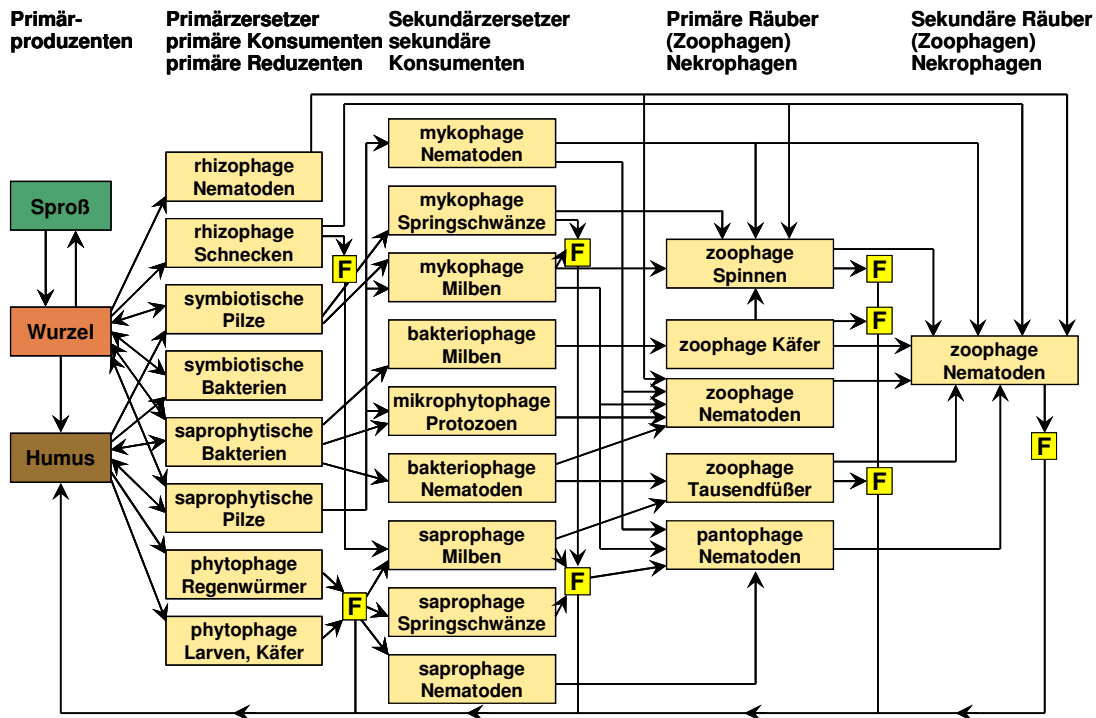
Organismengruppen	Rang	Biomasse ^{a)} in g pro m ² u. 20 cm Tiefe durchschn. min. - max.		Biomasse in % mit / ohne Pflanzen	
		min.	max.	mit	ohne
1 unterirdische Pflanzenorgane		600 ^{b)}	100 - 1500	50	-
2 Pilze (Hefe- u. Fadenpilze)	2	350	100 - 1000	29	58,5
3 Bakterien (inkl. Actinomyceten)	1	150	50 - 500	13	25
4 Regenwürmer	9	60	20 - 400	5	10
5 Protozoen	3	25	10 - 100	2	4
6 Nematoden	5	4	1 - 20	0,3	0,7
7 Enchyträen	8	2	1 - 30	0,2	0,3
8 Schnecken	12	2	1 - 30	0,2	0,3
9 Fluginsekten (Käfer, Larven)	11	2	1 - 20	0,2	0,3
10 Tausendfüßer (Hundertfüßer)	10	2	0,5 - 2	0,1	0,3
11 Algen	4	1	1 - 10	-	0,2
12 Milben	6	1	1 - 10	-	0,2
13 Springschwänze	7	1	1 - 10	-	0,2
14 Asseln	13	-	0,5 - 2	-	-
15 Webespinnen	14	-	0,1 - 1	-	-
		1200	300 - 3600	100	100

1-15 = Rang bezüglich Biomasse, 1-14 = Rang bezüglich Anzahl

a) Biomasse in g m⁻² x 10 / Bodentiefe (dm) ergibt Biomasse mg dm⁻³

b) Zum Vergleich: Wert für Nekromasse (Humus) ist ca. 8000 g m⁻² (aus Gisi 1997)

Nahrungsnetz im Boden hat komplexe Struktur

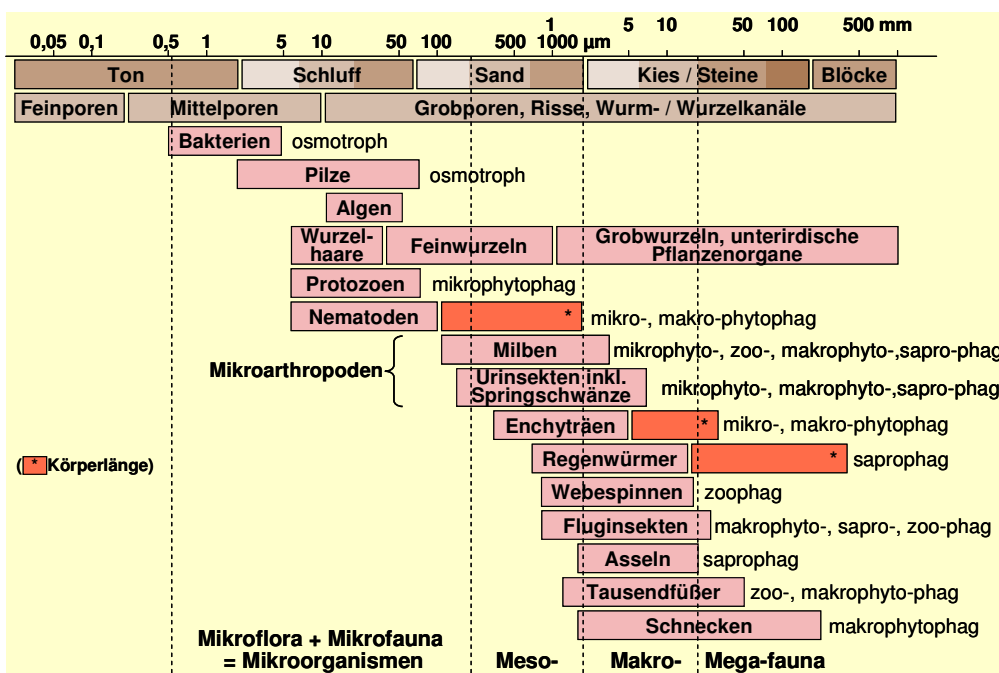


Nahrungsnetz beim Abbau des organischen Materials durch Bodenorganismen an einem Wiesenstandort. F = Fäzes (Detritus, Kot); Pfeile symbolisieren die Richtung des Kohlenstoff- und Nährstoffflusses (aus Gisi 1997)

Lebensraum der Bodenorganismen

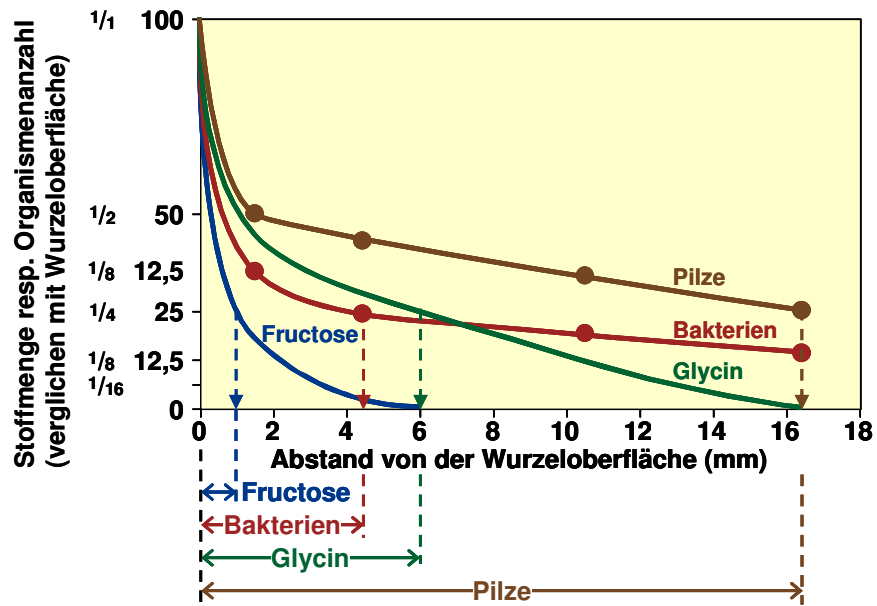
abhängig von verschiedenen Faktoren

- ☐ Zugänglichkeit bestimmter Bereiche des Bodens für Organismen abhängig von Körpergröße



Körperdurchmesser (Körperlänge) von Bodenorganismen im Vergleich zu Poren- und Partikeldurchmesser (aus Gisi 1997)

□ Nährstoffangebot; Wassergehalt, pH-Wert im Boden, Bodenklima



Stoffmengen (Fructose, Glycin) und Organismenanzahl (Bakterien, Pilze) in der Rhizosphäre. Ausgangswert an der Wurzeloberfläche = 100% (1/1)