

# Mikrobielle Ökologie: Standorte und Prozesse

Di. 13<sup>15</sup>-14<sup>00</sup>, Raum W 4-1-162

Bert Engelen    engelen@icbm.de

[www.icbm.de/pmbio](http://www.icbm.de/pmbio)

## Termine

19.10.04	VL 01	Einleitung	
26.10.04	VL 02	Allg. Mikrobielle Ökologie	Grenzen des Lebens, Ökologische Bandbreite
02.11.04	VL 03	Biogeochemische Kreisläufe I	Kreisläufe von C, N, S, Fe, Mn, Anaerober Abbau
09.11.04	VL 04	Biogeochemische Kreisläufe II	Gradienten, Aktivitäten, Methoden
16.11.04	VL 05	Sedimentmikrobiologie	Abbau, Sedimentbildung
23.11.04	VL 06	Marine Mikrobiologie I	Primärproduktion und mikrobielles Nahrungsnetz
30.11.04	VL 07	Marine Mikrobiologie II	Mikrobielles Nahrungsnetz II
07.12.04	VL 08	Limnische Mikrobiologie	Geschichtete Seen
14.12.04	VL 09	<i>Subsurface microbiology</i>	Mikrobiologie der Erdkruste
04.01.05	VL 10	Ökonomische Aspekte	Erdöllagerstätten, Biokorrosion, Erzlaugung
11.01.05	VL 11	Verdauungssysteme	Mensch, Pansen, Termiten, Interaktionen
18.01.05	VL 12	Leben im Mangel	Starvation, Wachstum
25.01.05	VL 13	Bodenmikrobiologie	Struktur und Nischenbildung
01.02.05	VL 14	Mikrobiologie des Abwassers	Kläranlage (Belebtschlamm und Faulturm)
08.02.05	VL 15	Biofilme	Bildung und Aufbau

## Literatur

Atlas R.M., Bartha R., Microbial Ecology, Cummings 1993 (ca. 82 Euro)

Atlas R.M., Principles of Microbiology, Mosby 1995

**Brock T.D. et al., Biology of Microorganisms, Prentice Hall, 10. Aufl., 2000 (ca. 126 Euro)**

**Cypionka, Grundlagen der Mikrobiologie, Springer 2002 (ca. 20 Euro)**

Ehrlich H. L. (1996) Geomicrobiology, Marcel Dekker, New York

**Lengeler JW, Drews, G, Schlegel HG, Biology of the Prokaryotes, Thieme 1999 (ca. 68 Euro)**

Schlegel H.G., Allgemeine Mikrobiologie, 7. Aufl., Thieme (ca. 28 Euro)

Dixon B, Der Pilz, der John F. Kennedy zum Präsidenten machte, Spektrum, 1994

Postgate J.R., Mikroben und Menschen, Spektrum 1995

## Mikrobielle Ökologie ist eine junge Wissenschaft

Mikrobielle Ökologie stand lange Zeit im Schatten der medizinischen Mikrobiologie und der angewandten Mikrobiologie, der sie ihren Aufschwung ab den 1950 er Jahren verdankt.

- Bioproduktion (Aceton, Citronensäure, Enzyme, Antibiotika, u.a.)
- Lebensmittelindustrie
- Abwasserreinigung
- Erdölindustrie
- Landwirtschaft (Stickstofffixierung, Pflanzenpathogene)

### Synökologie

Gesamtumsatz im Ökosystem, z.B. Produktion, heterotrophes Potential  
Biogeochemie

### Demökologie

Umsatz von Populationen, z.B. Grüne Schwefelbakterien, Methanogene

### Autökologie

Ökologische Untersuchungen an Reinkulturen, Extrapolation auf das  
Ökosystem. (Koch'sche Postulate)

### Methodische Probleme der Mikrobiellen Ökologie:

- Geringe morphologische Unterscheidbarkeit
- Oft geringe Kultivierbarkeit (mit klass. Meth. nicht nachweisbar)

### Wieviel Bakterienarten gibt es eigentlich?

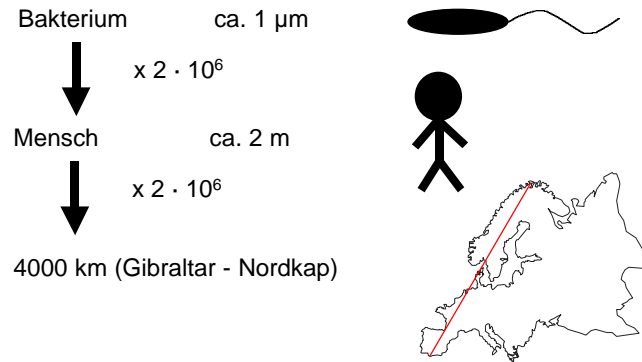
Gültig beschriebene Arten:

5 000 Prokaryonten (Bakteria und Archaea)  
1 700 000 Eukaryonten

### Schätzung zu der bakteriellen Artenzahl in 30 g Waldboden

3 000 (Torsvik et al 1990, Appl Environ Microbiol 58:782-787)  
500 000 (Dykhuisen 1998, Antonie van Leeuwenhoek 73:25-33)  
(basierend auf dem selben Datensatz)

Bakterien sind sehr klein.....



Oder anders ausgedrückt:  
 für ein Bakterium erscheint 1  $\text{cm}^3$   
 wie ein Würfel mit 20 km Kantenlänge für uns

.....aber es sind ungeheuer viele

- Verdauungssysteme  $\longrightarrow$   $0,05 \cdot 10^{29}$
- Ozeane, ca.  $10^6 \text{ ml}^{-1}$   $\longrightarrow$   $10^{29}$
- Böden  $\longrightarrow$   $2,6 \cdot 10^{29}$
- Limnische Systeme  $\longrightarrow$   $0,002 \cdot 10^{29}$
- Sedimente  $\longrightarrow$   $0,2 \cdot 10^{29}$
- *Subsurface*  $\longrightarrow$   $40-60 \cdot 10^{29}$

Beispiele aus:  
 Whitman et al., Proc Natl Acad Sci USA 95:6578-6583, 1998

Insgesamt gibt es etwa  $(5 \cdot 10^{30})$  Mikroorganismen

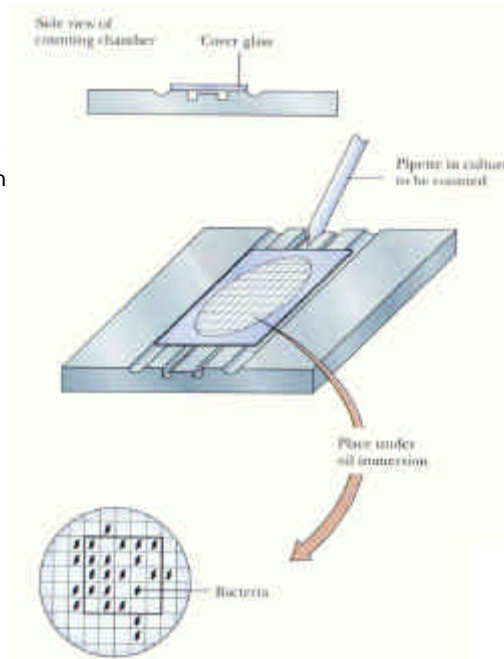
5 000 000 000 000 000 000 000 000 000 000

Bei einem Volumen von  $10^{-15}$  l pro Bakterienzelle entspricht das einem Biovolumen von  $10^{15}$  l.

Die Menschheit kommt hingegen nur auf  $5 \cdot 10^{11}$  l.

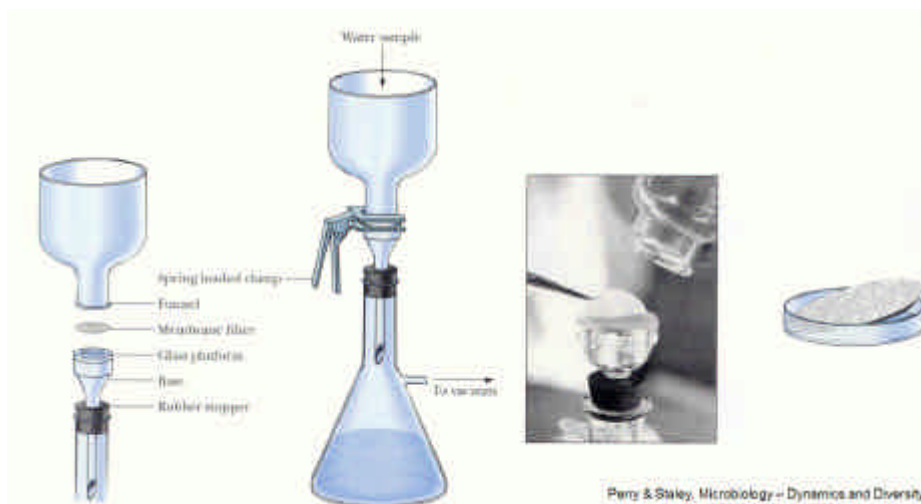
Wie bestimmt man eigentlich  
die Zahl der Bakterien in einer Umweltprobe?

Phasenkontrast-Mikroskopie  
 Zählkammer (Thoma, Petroff-Hausser, ...)  
 Nur für Flüssigkulturen und Wasserproben  
 geeignet.



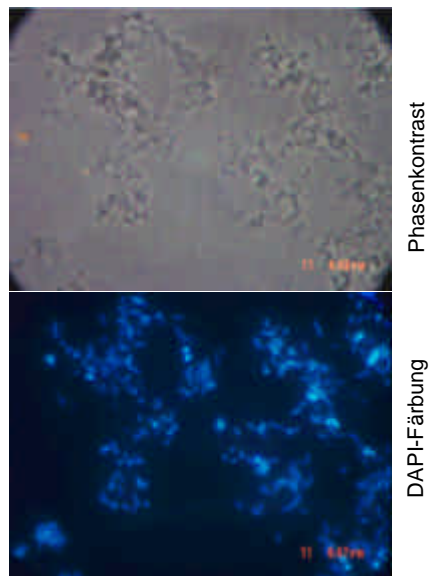
Perry & Staley, Microbiology – Dynamics and Diversity

### Filtration von Wasserproben für die Epifluoreszenzmikroskopie

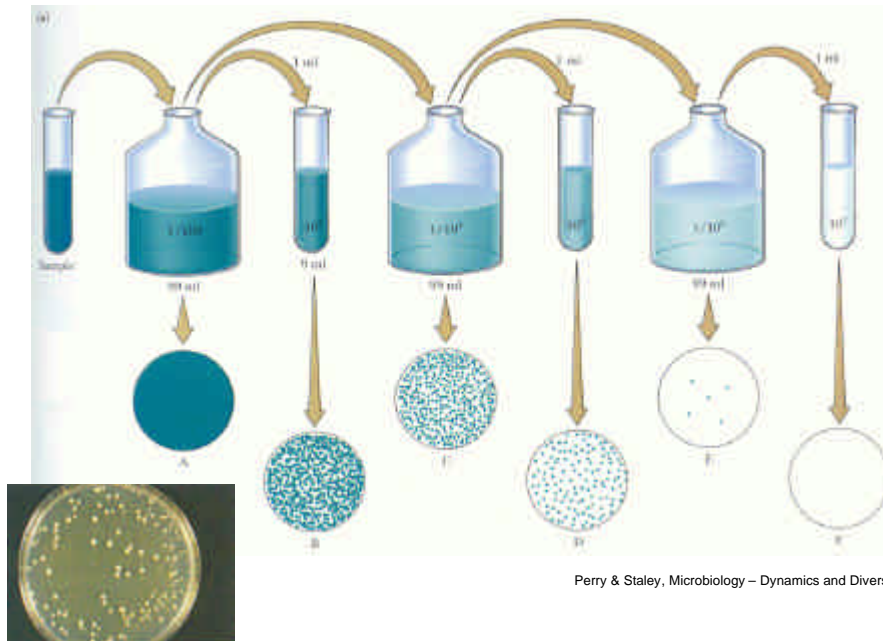


(Partikelfreies Wasser für das Nachspülen verwenden!)

## Mikroskopische Bestimmung der Abundanz von Eubakterien



## Bestimmung von Lebendzellzahlen



Lebendzellzahlen werden von den Inkubationsbedingungen beeinflusst:

- Temperatur	→	<table border="1"><tr><td colspan="2">MPN Zahlen in Wattenmeersediment</td></tr><tr><td>10°C</td><td><math>4,0 \cdot 10^5 \text{ cm}^3</math></td></tr><tr><td>20°C</td><td><math>8,2 \cdot 10^6 \text{ cm}^3</math></td></tr><tr><td>30°C</td><td><math>4,0 \cdot 10^5 \text{ cm}^3</math></td></tr></table>	MPN Zahlen in Wattenmeersediment		10°C	$4,0 \cdot 10^5 \text{ cm}^3$	20°C	$8,2 \cdot 10^6 \text{ cm}^3$	30°C	$4,0 \cdot 10^5 \text{ cm}^3$
MPN Zahlen in Wattenmeersediment										
10°C	$4,0 \cdot 10^5 \text{ cm}^3$									
20°C	$8,2 \cdot 10^6 \text{ cm}^3$									
30°C	$4,0 \cdot 10^5 \text{ cm}^3$									
- Wachstumssubstrat	→	<table border="1"><tr><td colspan="2">MPN Zahlen in Wattenmeersediment</td></tr><tr><td>Aminosäuren</td><td><math>1,9 \cdot 10^7 \text{ cm}^3</math></td></tr><tr><td>Fettsäuren</td><td><math>4,0 \cdot 10^6 \text{ cm}^3</math></td></tr></table>	MPN Zahlen in Wattenmeersediment		Aminosäuren	$1,9 \cdot 10^7 \text{ cm}^3$	Fettsäuren	$4,0 \cdot 10^6 \text{ cm}^3$		
MPN Zahlen in Wattenmeersediment										
Aminosäuren	$1,9 \cdot 10^7 \text{ cm}^3$									
Fettsäuren	$4,0 \cdot 10^6 \text{ cm}^3$									
- Oxisch oder anoxische Bedingungen	→	<table border="1"><tr><td colspan="2">MPN Zahlen in Wattenmeersediment</td></tr><tr><td>Oxisch</td><td><math>1,0 \cdot 10^7 \text{ cm}^3</math></td></tr><tr><td>Anoxisch</td><td><math>4,0 \cdot 10^5 \text{ cm}^3</math></td></tr></table>	MPN Zahlen in Wattenmeersediment		Oxisch	$1,0 \cdot 10^7 \text{ cm}^3$	Anoxisch	$4,0 \cdot 10^5 \text{ cm}^3$		
MPN Zahlen in Wattenmeersediment										
Oxisch	$1,0 \cdot 10^7 \text{ cm}^3$									
Anoxisch	$4,0 \cdot 10^5 \text{ cm}^3$									
- Zusatz von Vitaminen und anderen Supplementen										

Unterschiede der Lebensbedingungen am natürlichen Standort gegenüber Laborkulturen:

- Substratlimitation (oligotrophe Standorte, Selektion k+r Strategen)
- Meist mehr als ein Substrat vorhanden
- Mehrere Organismen typen, Konkurrenz, Kooperation
- Räumliche Heterogenität, schon auf kleinstem Raum
- Selten stabile Bedingungen, zeitliche Varianz, diurnal, annual



Indirekte Methoden ...

... analysieren integrale Parameter, für die Abschätzung von Zellzahlen werden Konversionsfaktoren benötigt. Diese hängen aber vom physiologischen Zustand der Zellen ab.

Bsp.: Analyse von Zellbestandteilen

verschiedene Zellbestandteile mit unterschiedlicher phylogenetischer Spezifität. (Chlorophyll a, Fettsäuren, DNA, Lipide, Amine, u.a.)

Im Prinzip ist jedes Biotop von Mikroorganismen besiedelt

Kein Ökosystem ohne Mikroorganismen

Viele Reaktionen können nur durch Prokaryonten katalysiert werden:

- Stickstoffkreislauf ( $N_2$ -Fixierung, u.a.)
- Schwefelkreislauf (Sulfatreduktion)
- Methanogenese
- u.a.