

eawag
aquatic research o o o

Mikrobielle Diversität

Vielfalt im Verborgenen

Helmut Bürgmann

Eawag: Das Wasserforschungs-Institut des ETH-Bereichs

eawag
aquatic research o o o

Mikrobielle Diversität

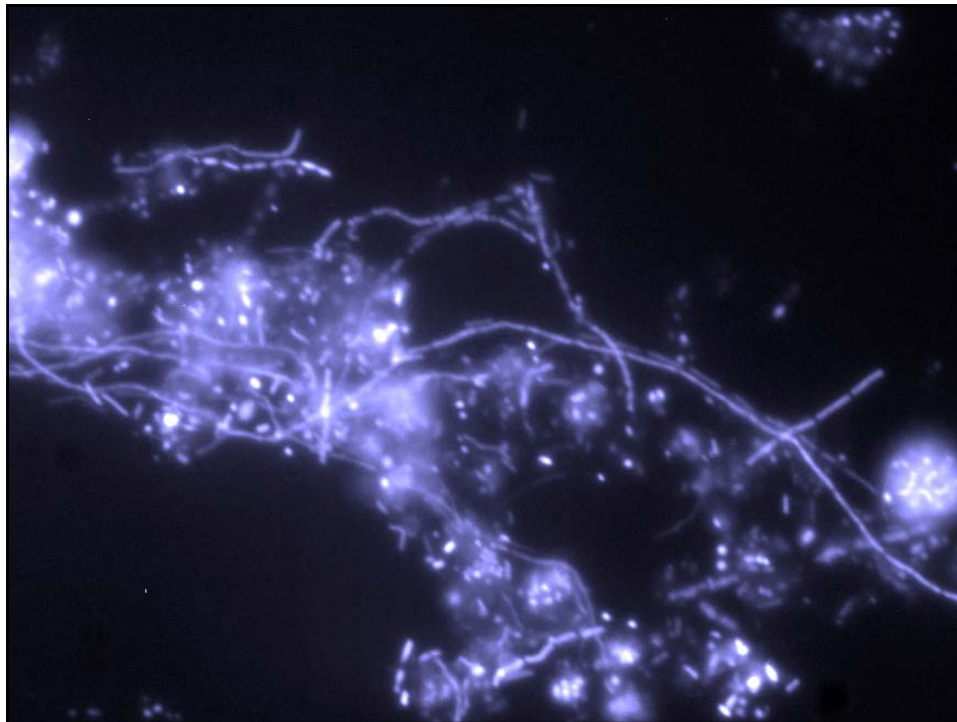
- Inhalt

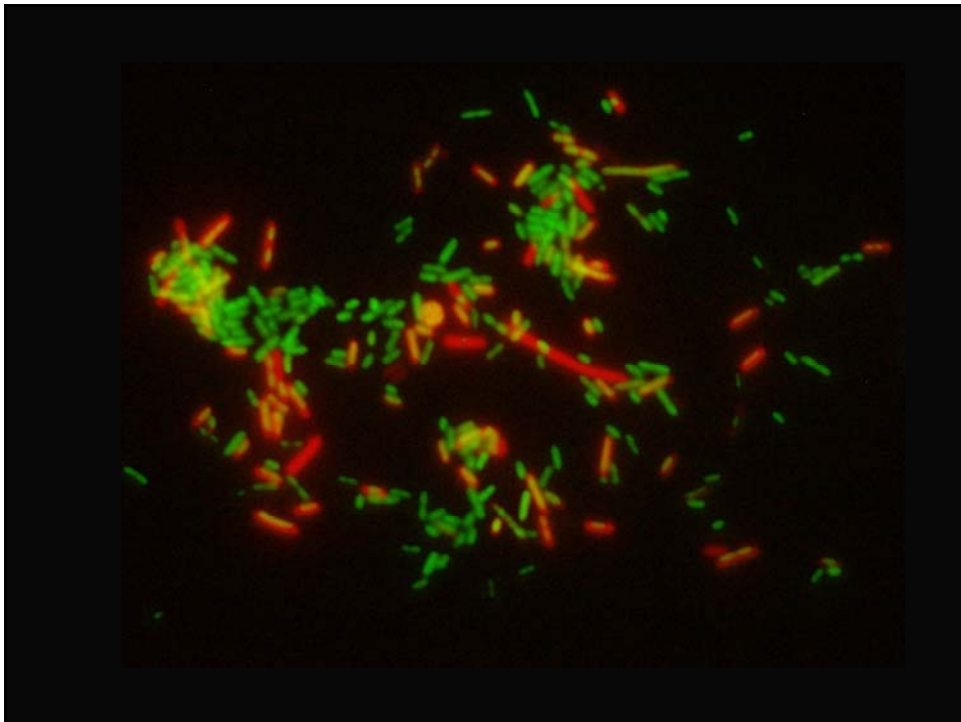
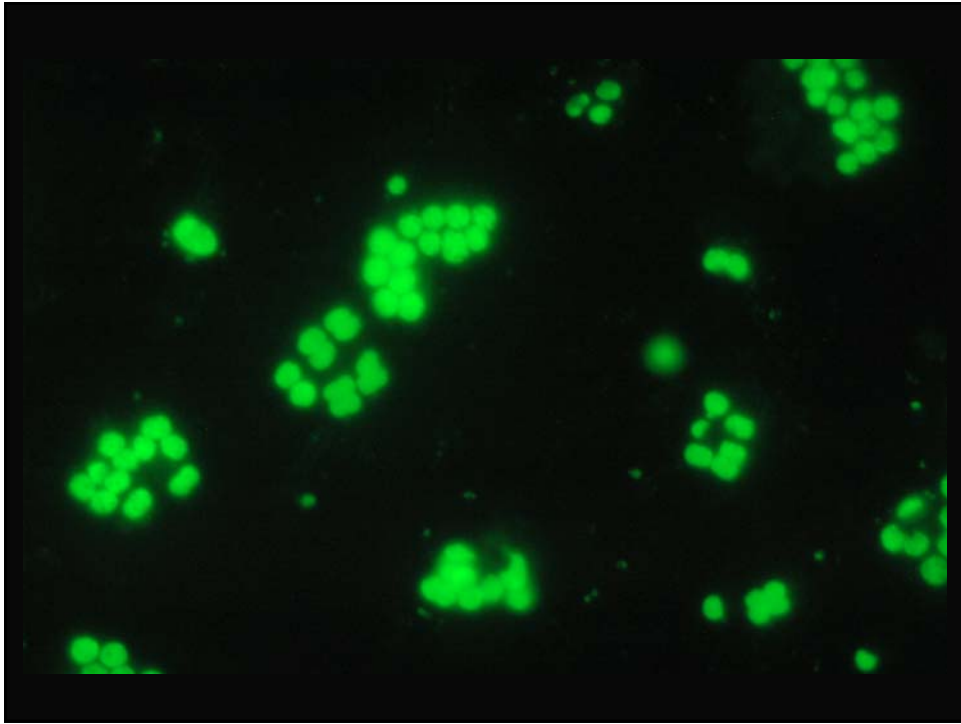
- Das Unzählbare zählen
- Molekularbiologie – Schlüssel zur unsichtbaren Vielfalt
- Die Kleinsten ganz gross – Aufgaben der Mikroben im Ökosystem
 - Kivu-See: Methan von - und für - Mikroben
- Kosmopoliten oder Endemiten?
- Mikrobielle Diversität – schützenswert und schutzbedürftig?

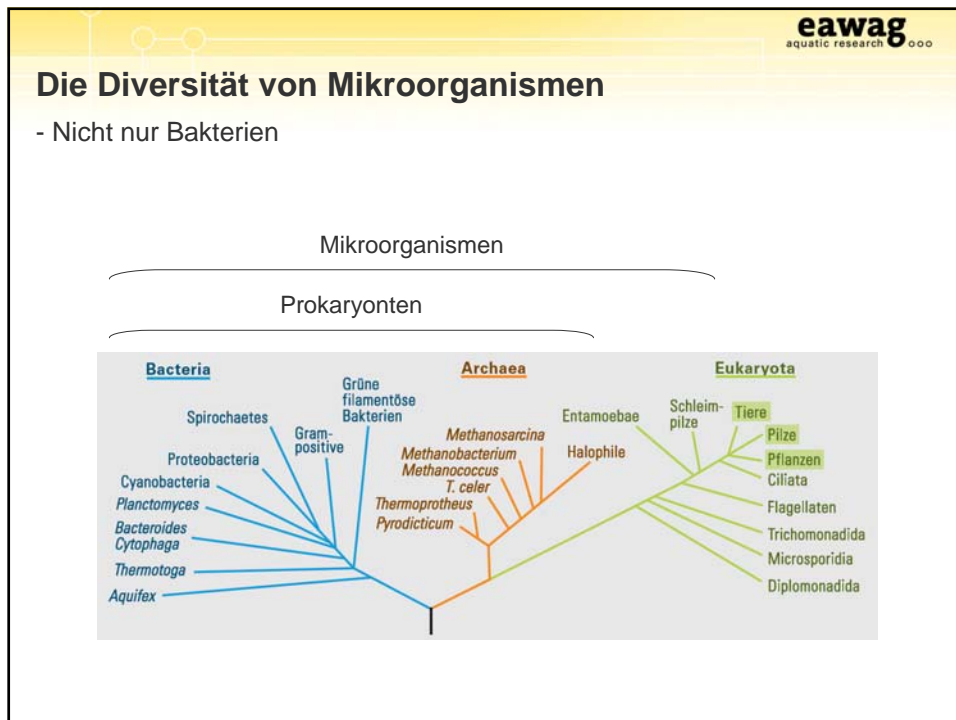
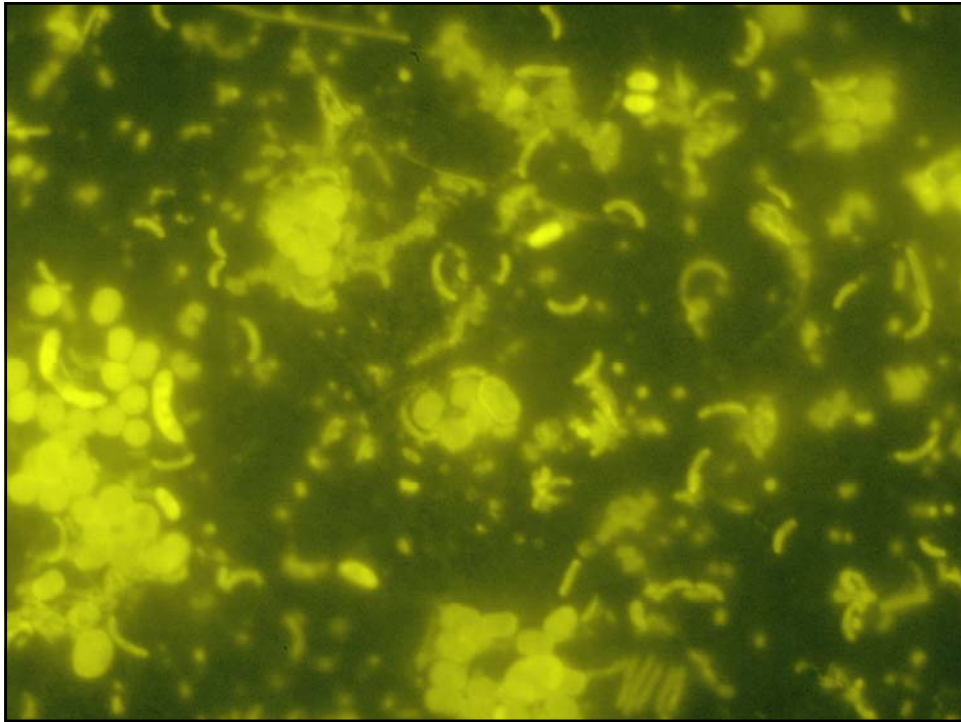
eawag
aquatic research 000

Biodiversität

- Woran denken sie beim Stichwort Biodiversität?







Die Diversität von Mikroorganismen

- Das Unzählbare Zählen?

Gesamtzahl der Bakterien auf der Erde: 5×10^{30}

Bakterielle Biomasse: $3,5 \times 10^{14}$ kg Kohlenstoff
(ca. 60-100% der Pflanzen-Biomasse)

Kultivierte, beschriebene Arten: ~7000
(ca. 300.000 Pflanzenarten, 1,5 Mio. Tierarten)

Ist das alles?

Entdeckung der mikrobiellen Diversität

- Paradigmenwechsel durch Molekularbiologie

Methoden	Zeitraum (ca.)
Kultivierungsabhängige Methoden und Mikroskopie	1850 - 1900
Molekulare Phylogenie	1950 - 2000
DNA-Sequenzierung/16S-rRNA-Ansatz	1975 - 2000
PCR-Methode	1980 - 2000
Direktes DNA-Sequenzieren aus Umweltproben	1990 - 2000
Hybridierungstechnik	1990 - 2000
Fingerprint-Techniken	1995 - 2000
Hochparallele Sequenzierung	2000 - 2005

Entwicklung umweltmikrobiologischer Methodik

eawag
aquatic research ooc

Nicht-kultivierte Bakterien

- Vielfalt im Verborgenen

2007: ~100 Stämme

70% bisher nicht kultivierbar

Physiologische Eigenschaften kaum bekannt!

Geschätzte Artzahl (>97% der rRNA identisch):
Ca. 1 Million ($3 \times 10^4 - 10^9$)

> 100 Arten pro ml Seewasser (Vergleiche: ca. 100 Fischarten in der Schweiz)

Stämme der Bakterien, 2003

Schloss and Handelsmann, 2004

eawag
aquatic research ooc

Mikrobielle Funktionen

- Biogeochemische Kreisläufe

Stoffwechselprozesse der Prokaryonten sind entscheidend für Nährstoffkreisläufe. Auch im Wasser.

- Stickstofffixierung – Luftstickstoff zu Ammonium
 - Cyanobakterien in Gewässern
- Nitrifikation – Ammonium zu Nitrat
 - Entfernt fischtoxisches Ammonium in Seen, Kläranlagen
- Denitrifikation – Nitrat zu Luftstickstoff
 - Geschichtete Seen, Sedimente, Kläranlagen
- Sulfatreduktion – Sulfat zu Schwefelwasserstoff-Gas
 - Geschichtete Seen, Sedimente
- Methanogenese – CO₂ oder Essigsäure zu Methan
 - Geschichtete Seen, Sedimente, Feuchtgebiete

Weitere Rollen: Nahrung, Parasiten, Konkurrenz um Nährstoffe

eawag
aquatic research ooc

Mikrobielle Diversität als Ressource

- 4 Milliarden Jahre Evolution vs. Craig Venter

Enorme Diversität der Stoffwechselprozesse ist Ressource der Biotechnologie:

- Taq-Polymerase – Grundlage der modernen Molekularbiologie
 - *Thermus aquaticus*, Bakterium aus heißen Quellen

Abbau von Schadstoffen:

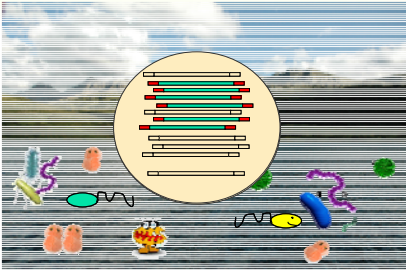
- Abbau von Erdöl in der Umwelt
 - Aerobe und anaerobe Mikrobengemeinschaften
 - Golf: 5-10 x höhere Atmung in der Ölfahne
- Abbau von Chlorethan
 - *Dehalococcoides*
- Abbau von Hexachlorocyclohexane
 - *Sphingobium*

eawag
aquatic research ooc

Molekularbiologische Methoden

- Das Unsichtbare sichtbar machen

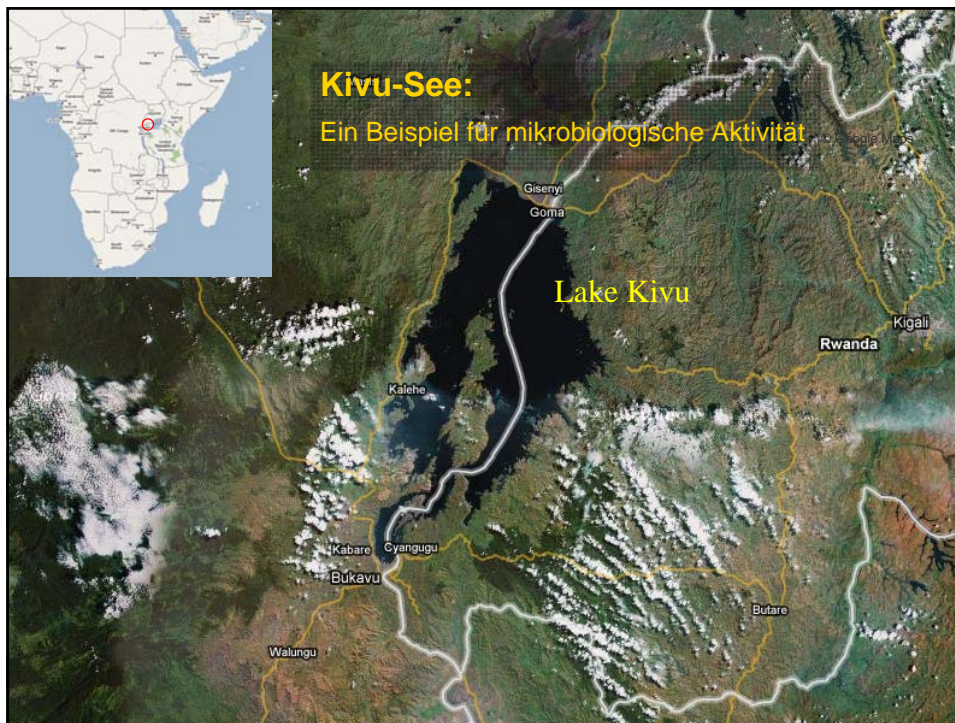
Mikrobengemeinschaft



```

    graph TD
      A[Mikrobengemeinschaft] --> B[Genome (DNA)]
      B --> C[Amplifikation (PCR)]
      C --> D[Auftrennung nach Sequenzeigenschaften]
      D --> E[Genetischer Fingerabdruck]
      E --> F[Sequenz ("lesen" der DNA)]
      B --> F
      F --> G[Metagenomik]
      C --> H[Klonbanken  
Hochparallele Sequenzierung]
      H --> F
      D --> I[Agaroselektrophorese]
      I --> E
    
```

The diagram illustrates the workflow from a microbial community to DNA sequencing and fingerprinting. It starts with a 'Mikrobengemeinschaft' (microbial community) leading to 'Genome (DNA)'. From there, it branches into 'Amplifikation (PCR)' and 'Sequenz ("lesen" der DNA)'. 'Amplifikation (PCR)' leads to 'Auftrennung nach Sequenzeigenschaften' (separation by sequence properties), which then leads to 'Genetischer Fingerabdruck' (genetic fingerprint). 'Sequenz ("lesen" der DNA)' also leads to 'Genetischer Fingerabdruck'. 'Auftrennung nach Sequenzeigenschaften' leads to an agarose gel electrophoresis image. 'Amplifikation (PCR)' also leads to 'Klonbanken Hochparallele Sequenzierung' (cloning banks high-throughput sequencing), which then leads to 'Sequenz ("lesen" der DNA)'. 'Genome (DNA)' also leads to 'Sequenz ("lesen" der DNA)'. 'Sequenz ("lesen" der DNA)' is associated with 'Metagenomik' (metagenomics).




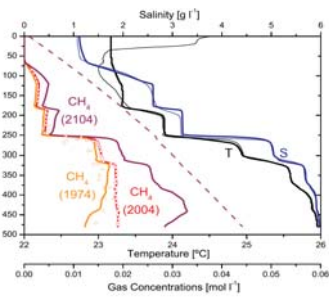
Kivu-See:

- Ein Beispiel für mikrobiologische Aktivität

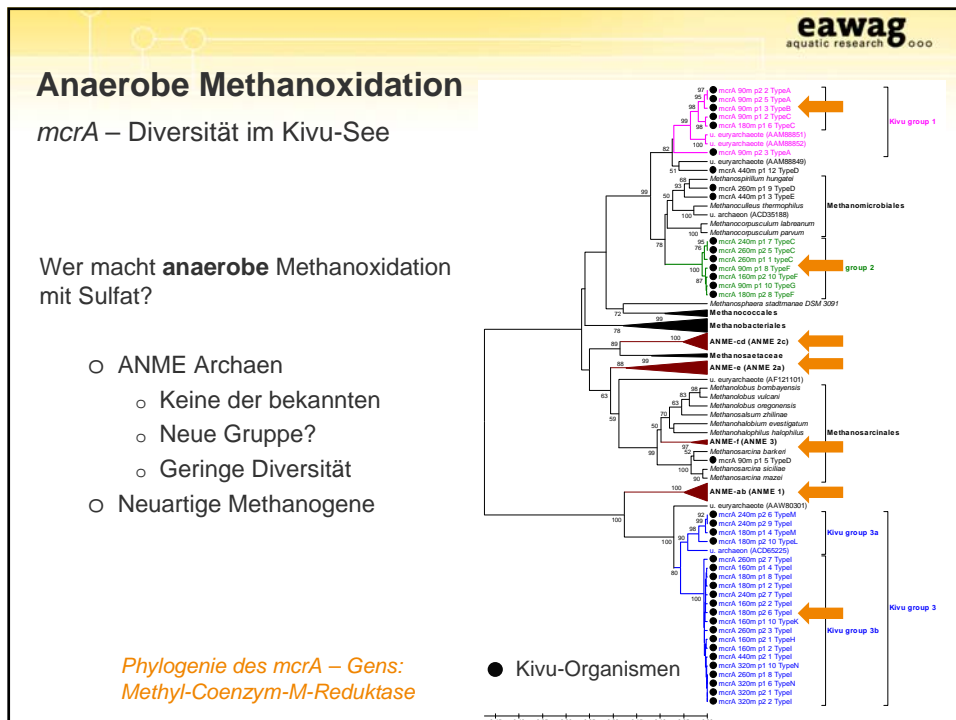
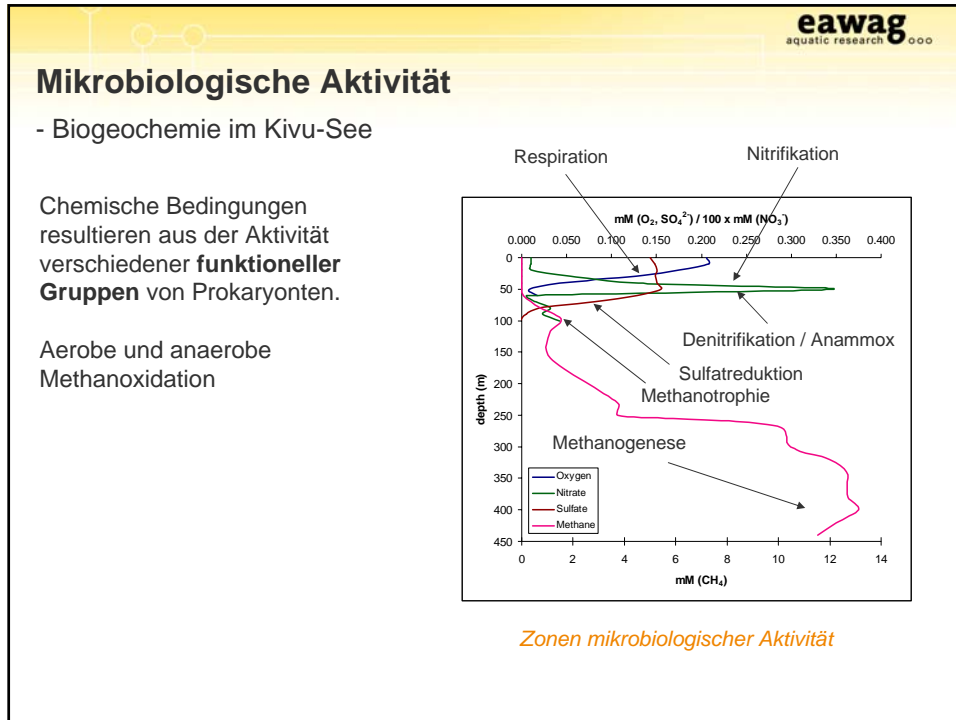
Ein aussergewöhnlicher See:

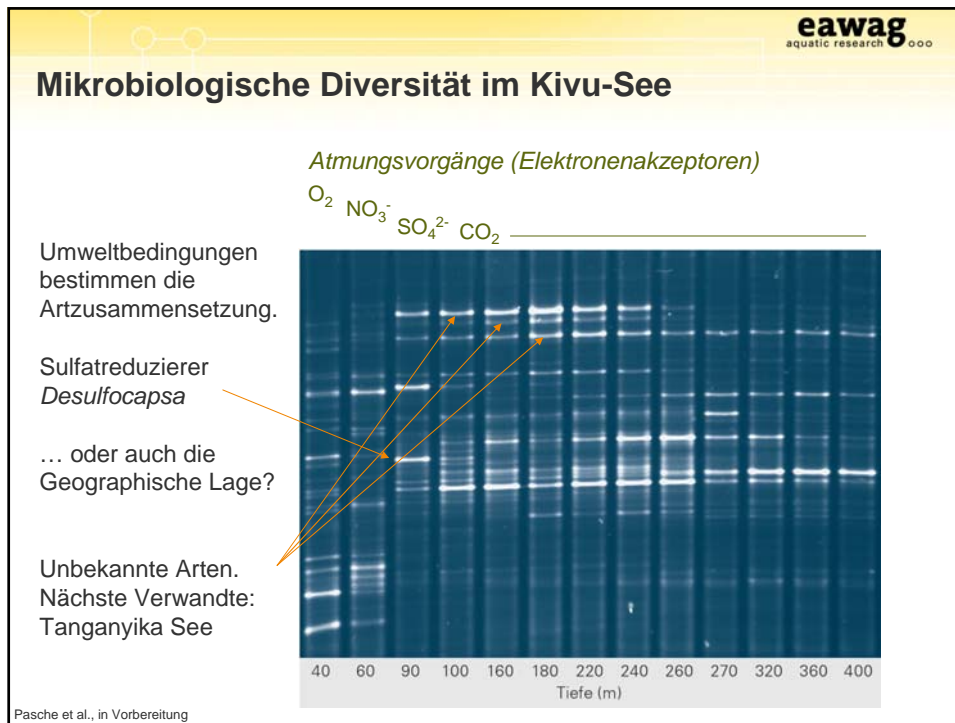
- Enorme Mengen an Methan und CO₂
- CO₂ aus geologischen Quellen (Vulkanismus)
- Methan von Mikroorganismen gebildet
- Nur wenig Methan erreicht Atmosphäre
- Methan nimmt zu!

- Schweizer Seen: Luganer, Zuger See (viel weniger Methan)

Methan-Konzentrationen nahmen zu.





eawag
aquatic research ooo

Baas-Becking's Hypothese

– NUR Umweltbedingungen?

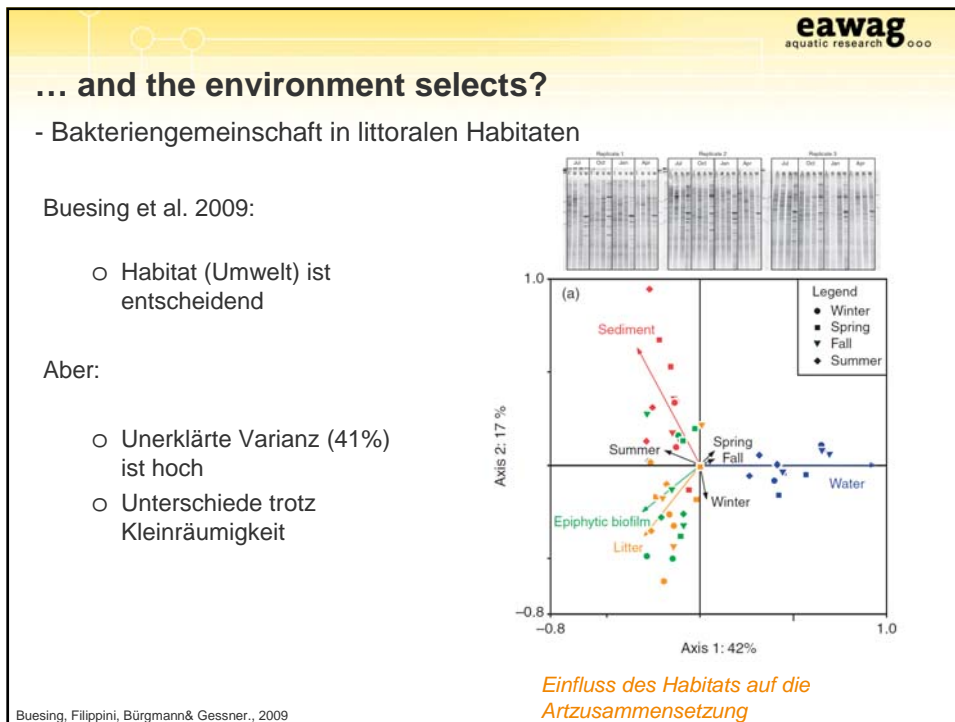
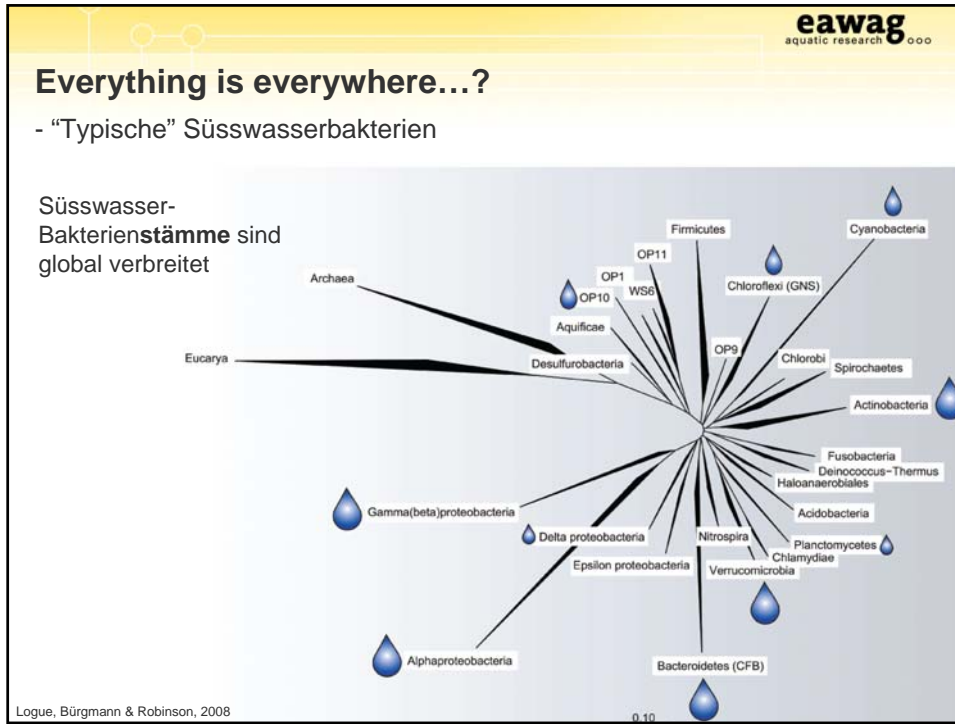
Lourens Baas-Becking, Niederländischer Mikrobiologe, 1895-1963:

"Everything is everywhere, but the environment selects".

- Mikroorganismen sind Kosmopoliten
- Diversität ist nur Funktion der Umwelt

These:

Mikrobielle Diversität ist nicht schutzbedürftig!



Sind Prokaryonten Kosmopoliten?

- Endemische Populationen?

Whitaker et al., 2003:

- o Thermophile *Sulfolobus* aus heißen Quellen
- o Geographie, nicht Umweltvariablen bestimmen Genotyp!
- o Eawag-Projekt: Seen der Schweiz

Whitaker et al., 2003

Sind Prokaryonten Kosmopoliten?

- Lokale Anpassung?

Hahn & Pöckl, 2005:

- o Global verbreitete *Actinobacteria*-Spezies
- o Isoliert aus Seen entlang Temperaturgradient
- o Lokale Anpassung an die Temperatur!
- o Was verbirgt sich hinter der Artdefinition?

Hahn & Pöckl, 2005



Mikrobielle Diversität

Schützenswert und Schutzbedürftig?

Wertvoll?

- Enorme Diversität
- Wichtige Aufgaben in der Natur
- Enorme metabolische Vielfalt als Ressource

JA!

Schutzbedürftig?

- Lokale Anpassung
- Endemische Populationen
- Ausmass?
- Funktionelle Bedeutung?

Vielleicht!

Schätzbar?

- Kultivierbarkeit? Stammsammlungen!
- Wo? Wann? Wissen fehlt!
- Habitatschutz!

Bedingt!



Dank

Kivu-See:

- Natacha Pasche
- Martin Schmid
- Francisco Vazquez

Hallwiler See:

- Mark Gessner
- Nanna Buesing

- Kommunikationsteam Eawag

- Schweizerischer Nationalfonds

