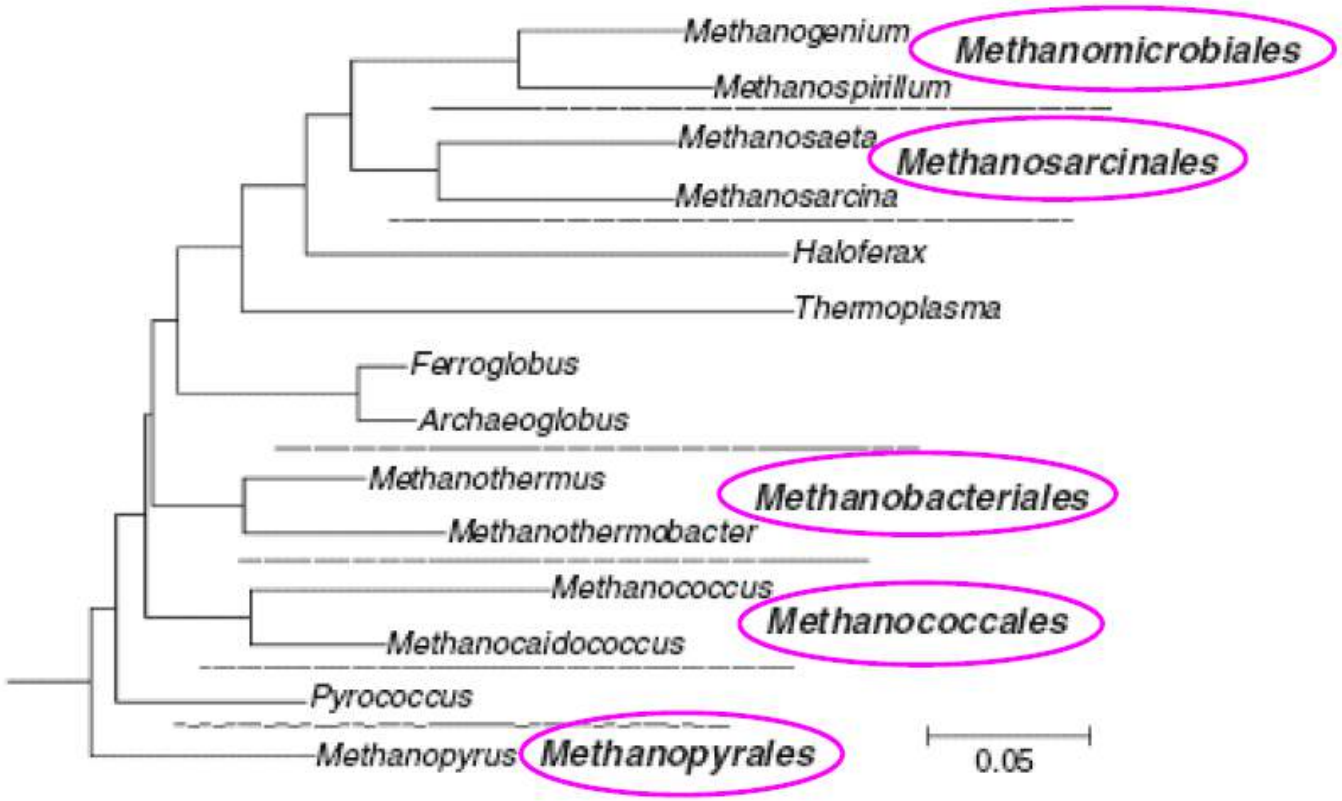
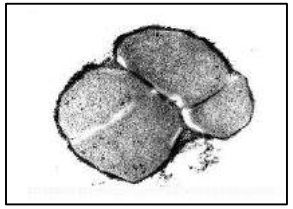
Diversität der methanogenen Archaea



Hedderich & Whitman, *The Prokaryotes* (2006)

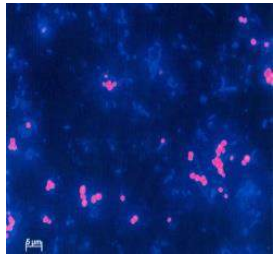
Nachweis von Methanogenen

kultivierungs-abhängige Charakterisierung von Reinkulturen



- Isolation von Organismen
- Morpholgie (z.B. Zellform, Zellwand, Beweglichkeit, Sporen)

- Physiologie (z.B. Substrate, Temperaturregime)
- Biochemie (z.B. Enzyme, Lipide, G+C-Gehalt)

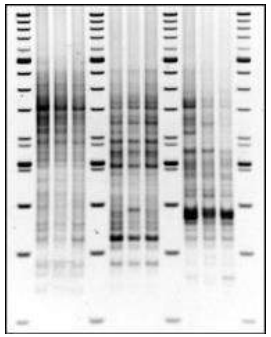


Black-Box Methoden

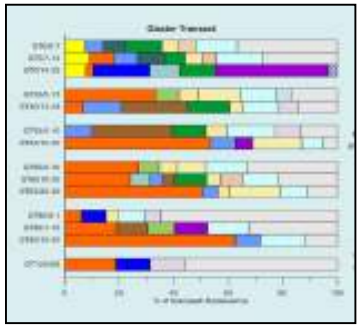
- Zellzahlen (z.B. MPN, Epifluoreszenzmikroskopie)
- Messung der Stoffwechselaktivität
- Simulationsexperimente (z.B. Permafrost-Mikrokosmos)

molekularökologische Methoden zum Nachweis von Methanogenen

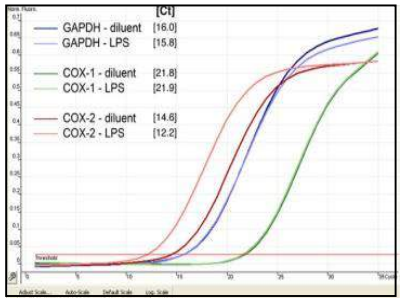
➡ kultivierungs-unabhängige Charakterisierung von mikrobiellen Gemeinschaften



- DNA- oder RNA-basierte Methoden
- Amplifikation (PCR)
- Fingerprint-Methoden (DGGE, T-RFLP)

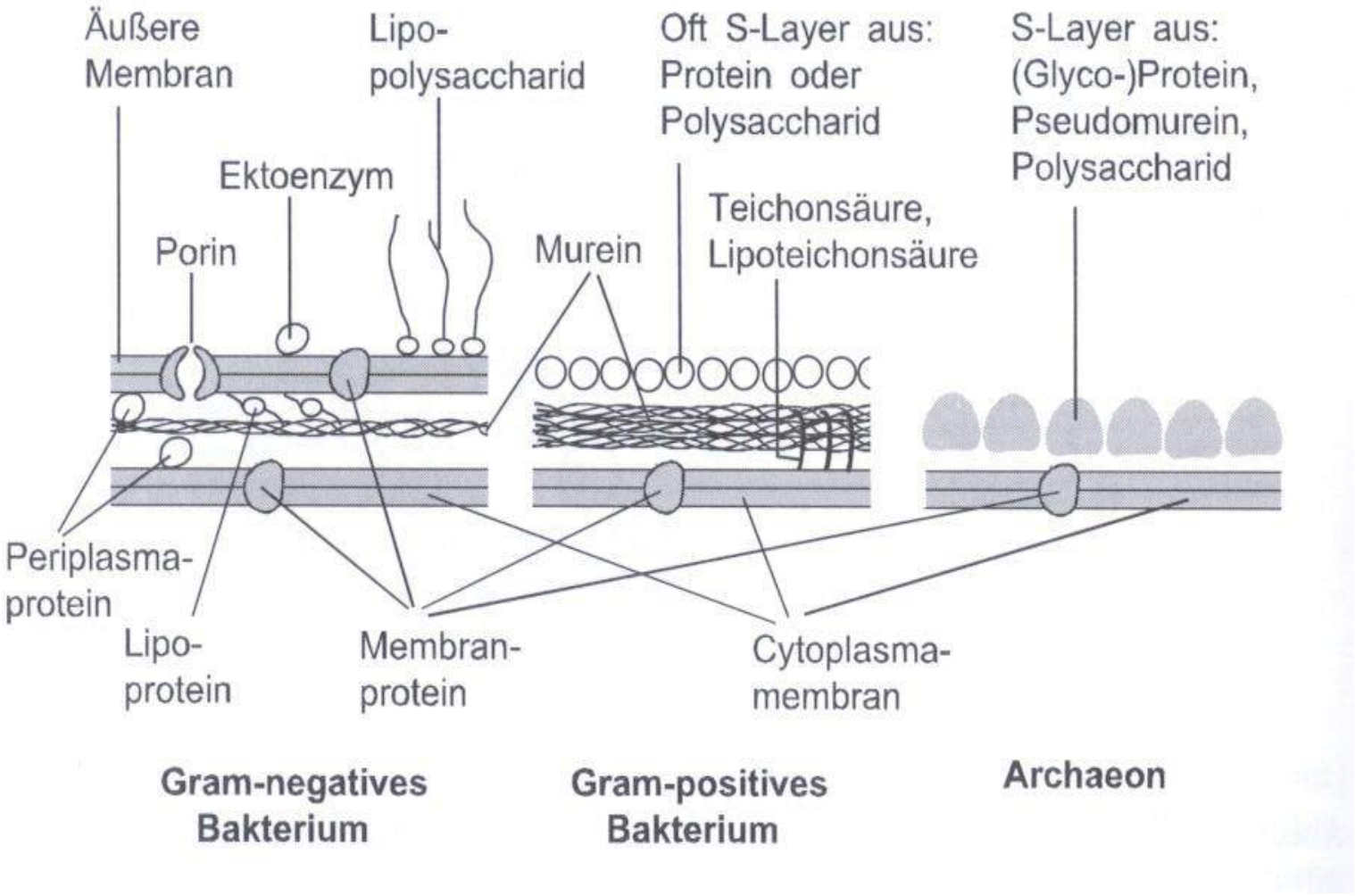


- Klonierung
- 16S rRNA Sequenz-Analysen (z.B. Pyrosequenzierungen)
- Etherlipid-Profile (Biomarker-Analysen)

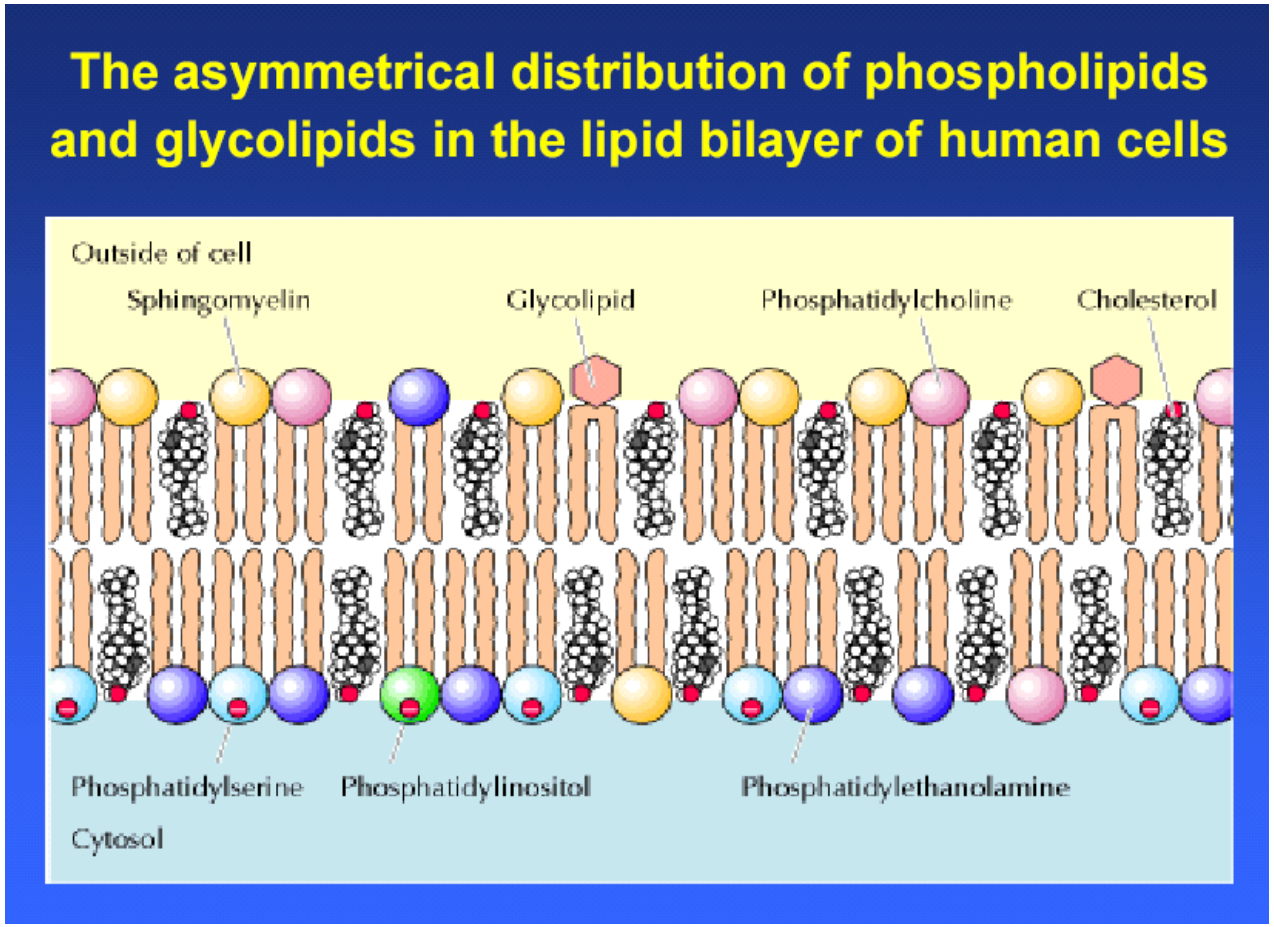


- Abundanz (FISH, qPCR)

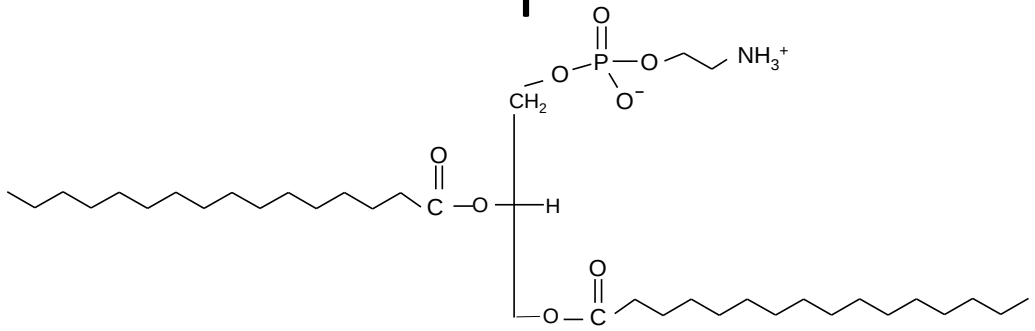
Zellwand von Bakterien und Archaeen



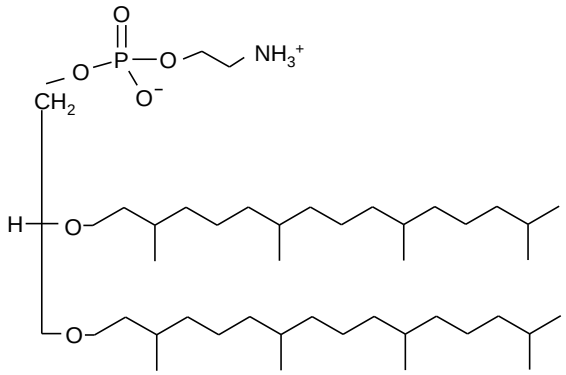
Chemotaxonomische Differenzierung basierend auf polaren Membranlipiden



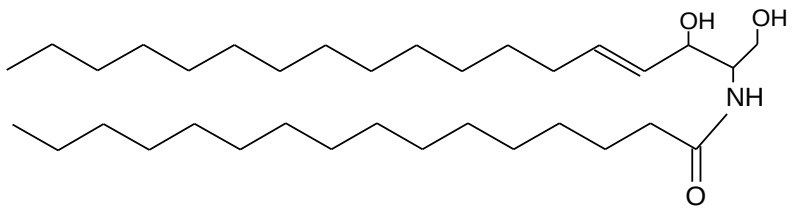
Chemotaxonomische Differenzierung basierend auf Seitenketten in polaren Membranlipiden:



Bacteria & Eucarya
esterlinked fatty acids (PLFA):
- saturated (SATFA)
- monounsaturated (MUFA)
- polyunsaturated (PUFA)
- hydroxysubstituted (PLOH)



Archaea
etherlinked isoprenoids (PLEL):
- saturated short chain: i20:0
- saturated long chain: i40:0
- cyclic long chain: i40:0-cy
- unsaturated short chain: i20:1



Bacteria & Eucarya (& Archaea)
non-esterlinked fatty acids (NEL-PLFA):
- hydroxysubstituted (UNOH)
- unsubstituted fatty acids (UNSFA)

Archaeendiversität in Ackerböden

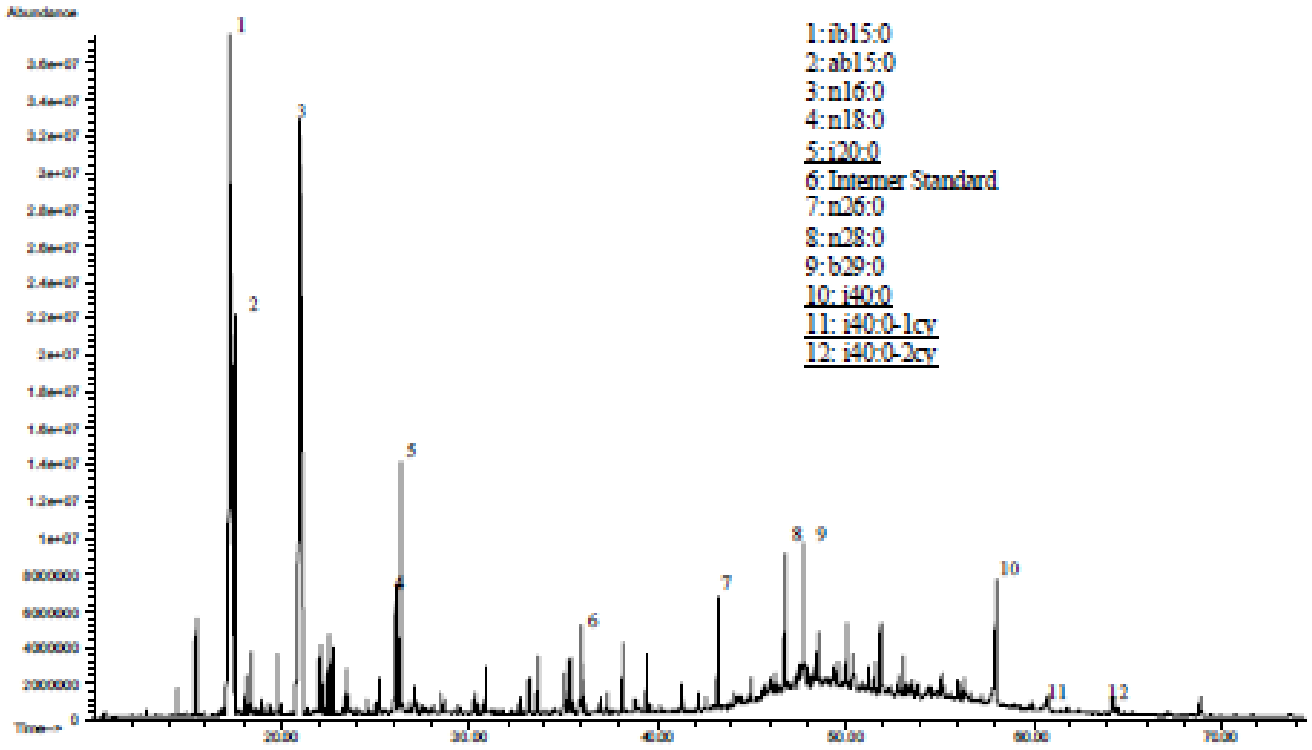
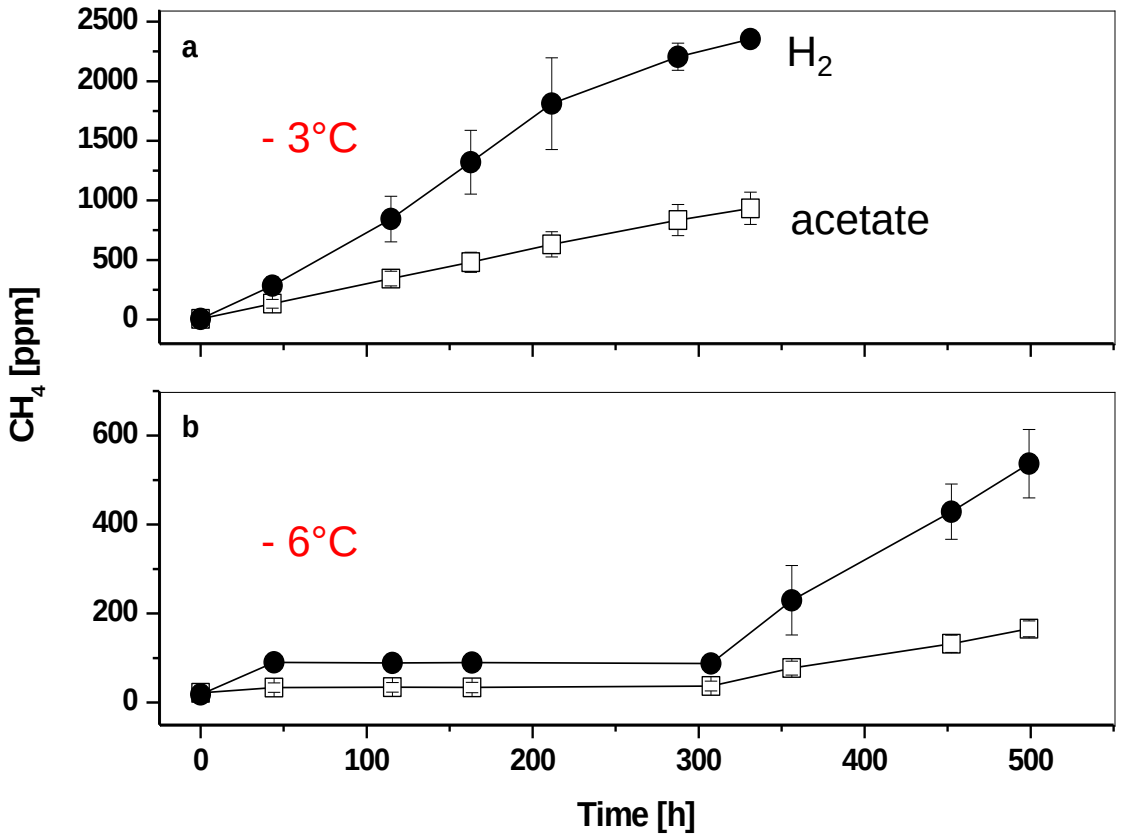


Abbildung 19: TIC von PLEL-Kohlenwasserstoffen aus dem Bodenmischextrakt

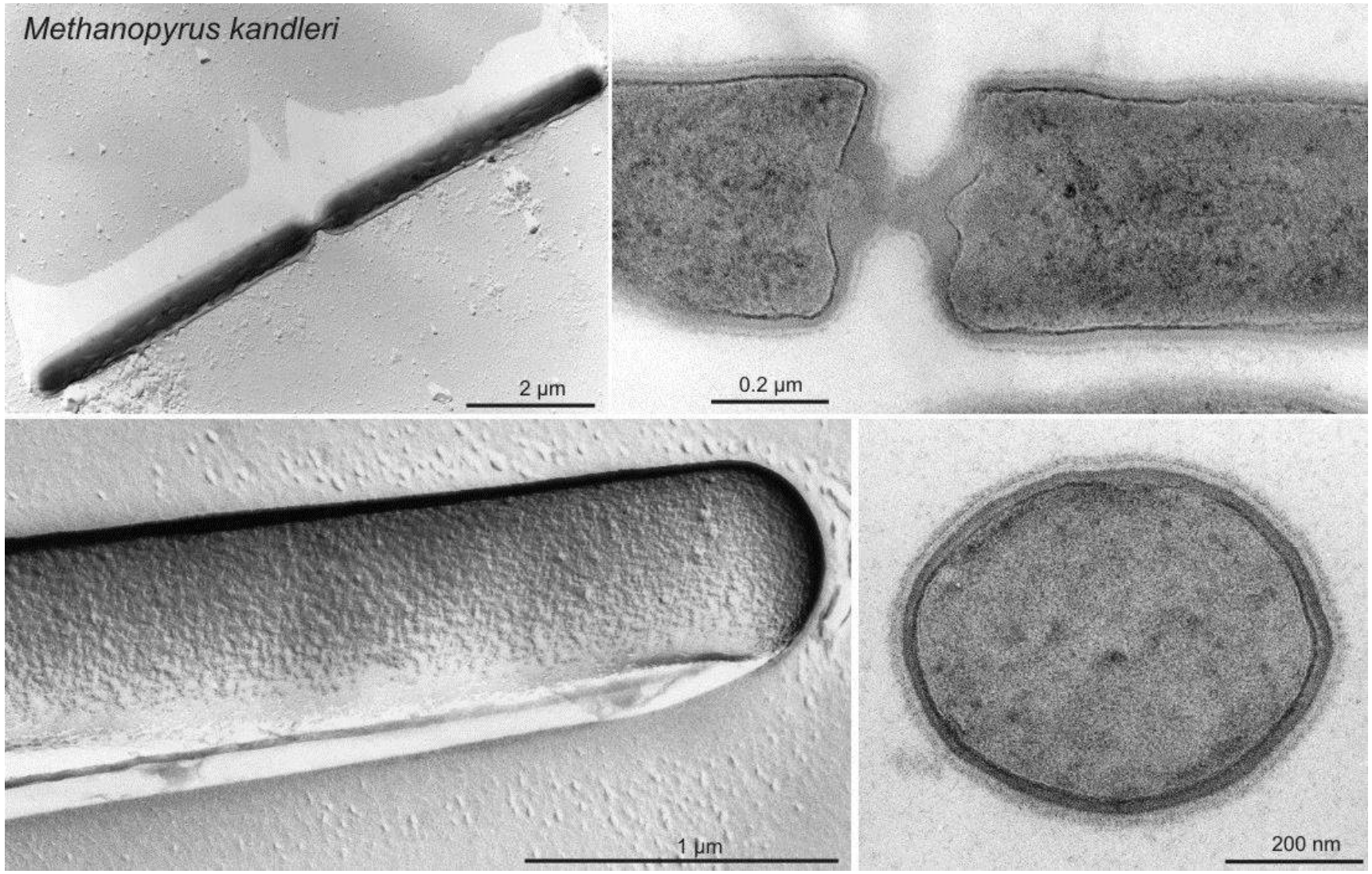
Gattinger et al., 2003

Methanogene Archaeen als extremophile Organismen
(in Permafrostböden Sibiriens)



Wagner et al., 2005

Methanopyrus kandleri
(112°C growing temperature)



R. Huber & R. Rachel, Regensburg

Methanotrophe Bakterien

Vom Methan zum Kohlendioxid

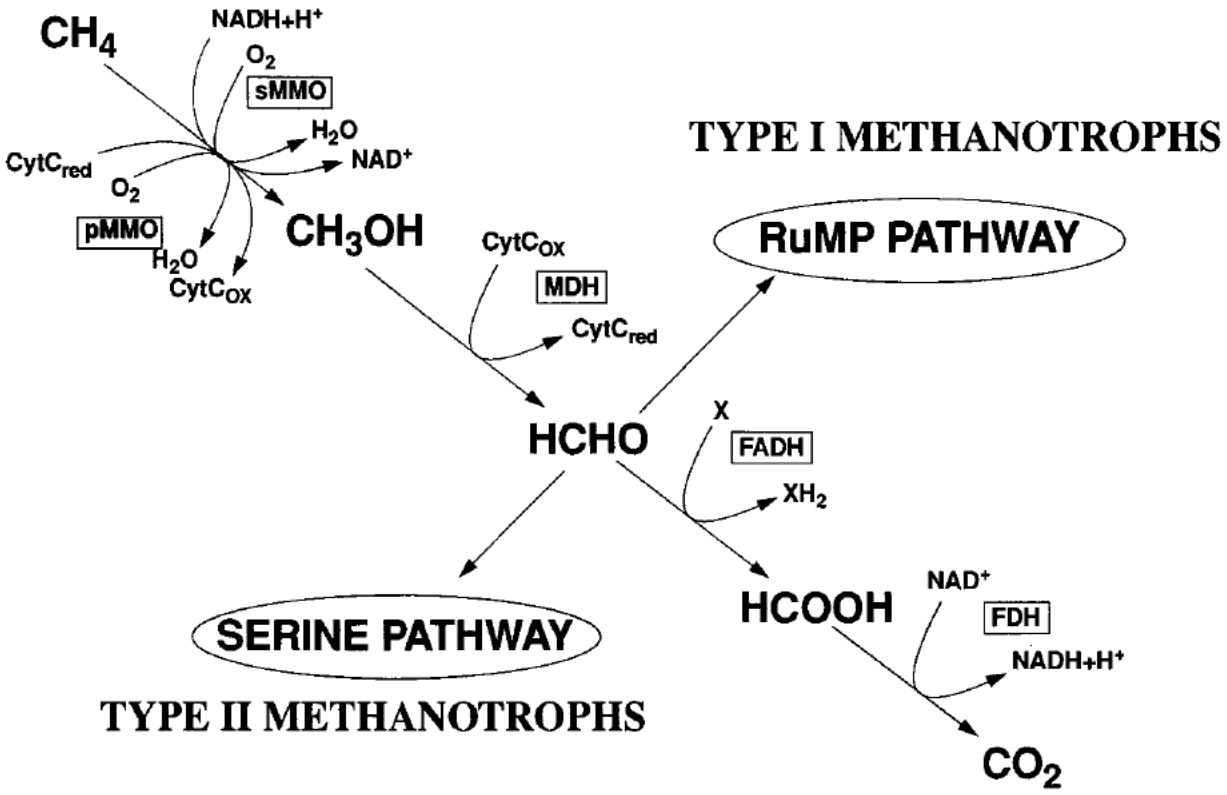
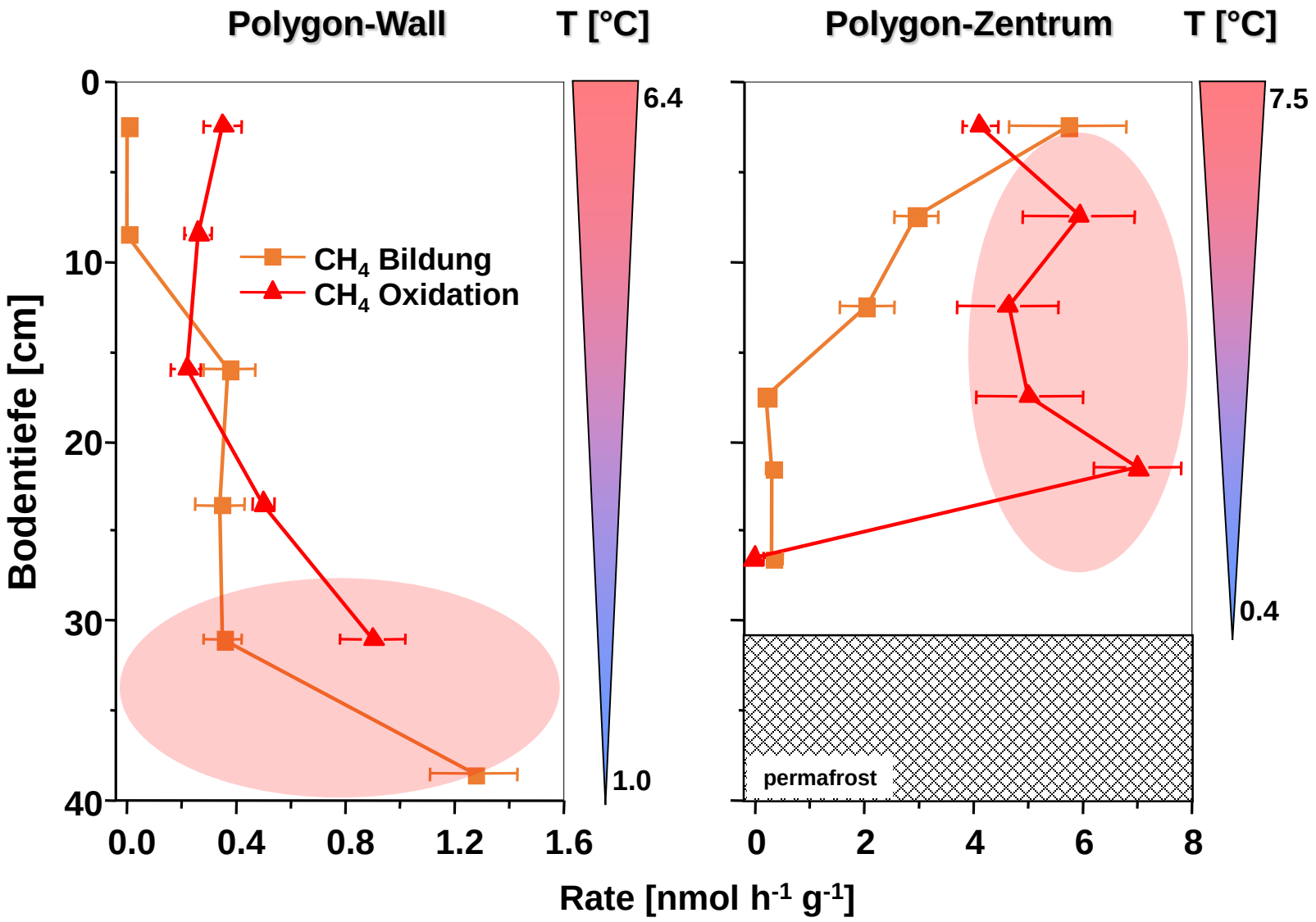


FIG. 1. Pathways for the oxidation of methane and assimilation of formaldehyde. Abbreviations: CytC, cytochrome *c*; FADH, formaldehyde dehydrogenase; FDH, formate dehydrogenase.

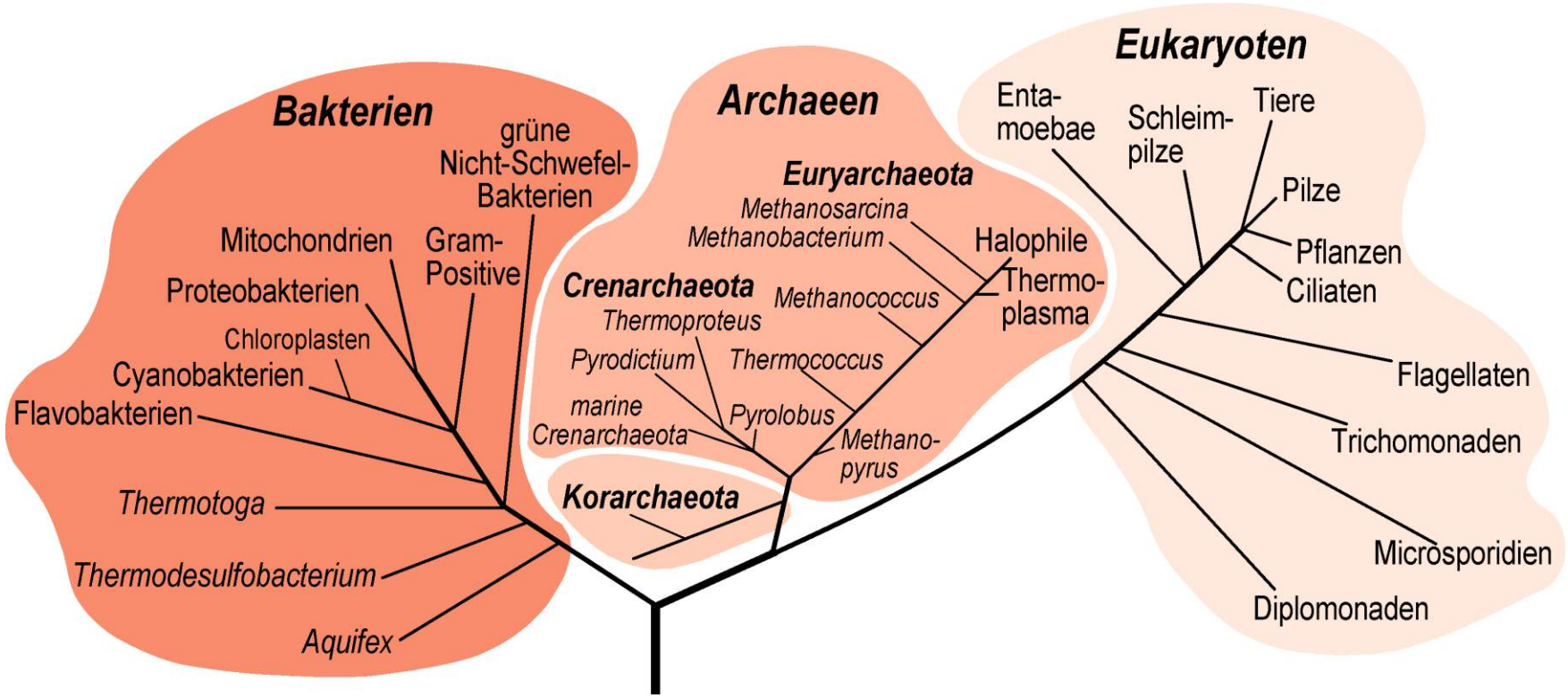
Hanson & Hanson, 1996,

Methanbildung und –oxidation in Böden verlaufen simultan



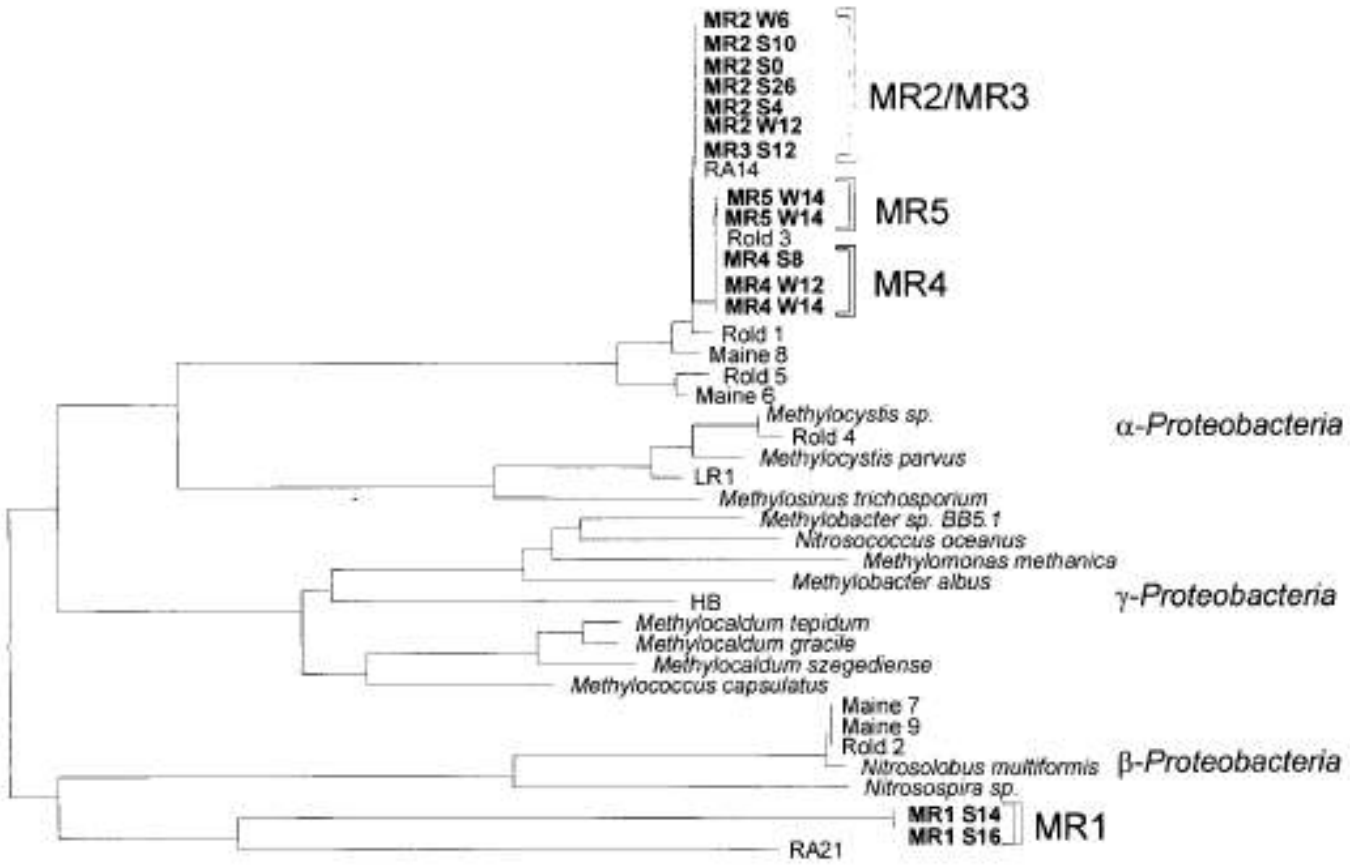
Wagner et al. 2005,

(Aerobe) Methanoxidation nur innerhalb der *Bacteria*



(Fuchs & Schlegel, 2007)

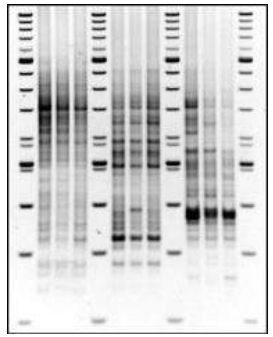
Diversität der methanotrophen Bakterien



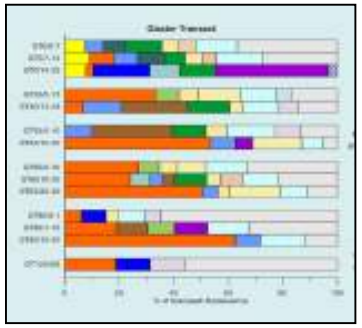
Henckel et al., 2000

molekularökologische Methoden zum Nachweis von Methanotrophen

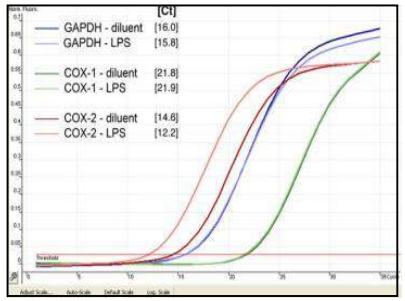
➡ kultivierungs-unabhängige Charakterisierung von mikrobiellen Gemeinschaften



- DNA- oder RNA-basierte Methoden
- Amplifikation (PCR)
- Fingerprint-Methoden (DGGE, T-RFLP)

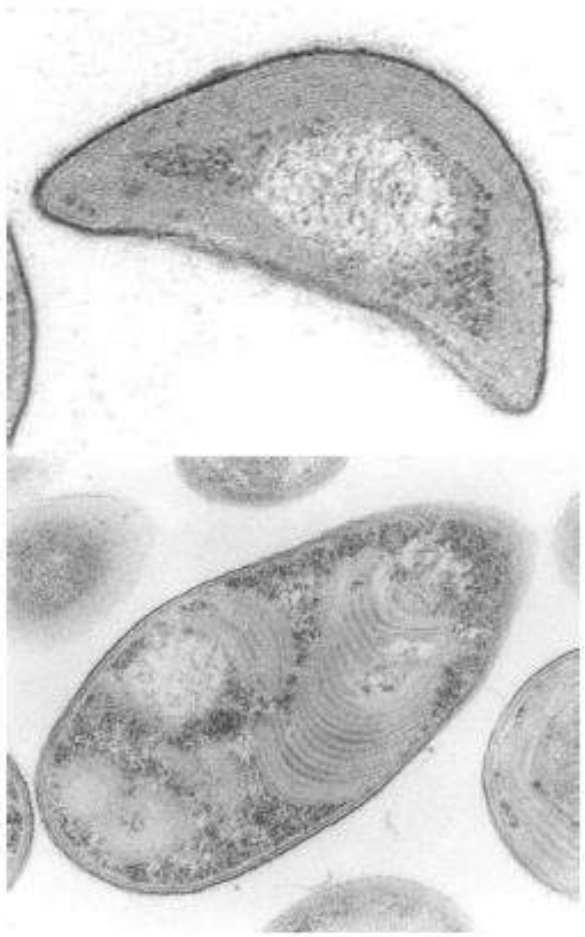


- Klonierung
- 16S rRNA Sequenz-Analysen (z.B. Pyrosequenzierungen)
- Fettsäure-Profile (Biomarker-Analysen: 16:1 und 18:1 Fettsäuren)



- Abundanz (FISH, qPCR)

Methanotrophe Bakterien (isoliert aus Biofilter)



Cell morphology showing intracytoplasmatic membranes (ICM) around the cell periphery (Fig. 1) as well as the PLFA composition (Table 1) with 18:1w8 constituting 63% of total PLFA confirmed the type II-affiliation of the Methylosinus sp.

stacked ICMs within the cell lumen and the 16:1w8-concentration of 33% classifies the Methylobacter
sp. strain as type I methanotroph.

Gebert et al., 2004

Reduktion der Methanemissionen aus landwirtschaftlich genutzten Böden

CH_4-Emissionen aus Böden

Proximale Einflussfaktoren (Direkte Faktoren)

- Verfügbarkeit von Kohlenstoff
- Bodenwasser <-> Sauerstoffgehalt
- Redoxpotential

- pH-Wert (7.0 ist optimal für CH4-Bildung)

CH_4-Emissionen aus Böden

Distale Einflussfaktoren (Indirekte Faktoren)

- Bodenbewirtschaftung: Nassreisanbau (= Wassersättigung); Bodenverdichtung, organische Düngung

- Klima: Temperatur und Niederschläge

- Boden: Bodentyp; Textur (z.B. Tongehalt)

Umstellung von Nass- auf Trockenreisanbau als eff

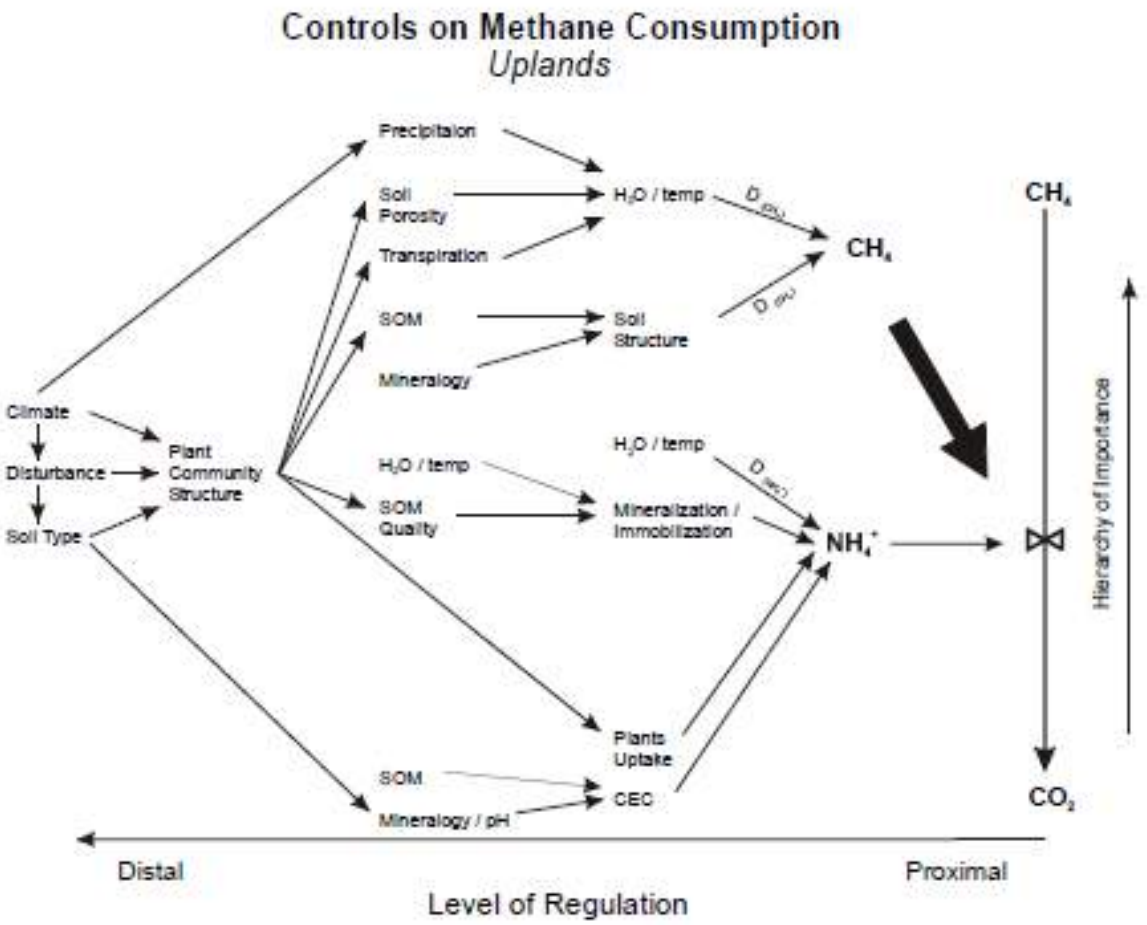
land-use		CH_4 fluxes per acreage (kg CH_4-C ha^{-1} a^{-1}) Mean	SD	studies	treatments	GWP CH_4 fluxes per acreage (kg CO_2-eq. ha^{-1} a^{-1}) Mean	SD	studies	treatments
arable	org	-0.61	0.13	3	3	-20.2	4.2	3	3
	non-org	-0.54	0.11		8	-18.0	3.6		8
rice-paddies	org	180.68	27.29	1	3	6023	910	1	3
	non-org	145.70	7.23		3	4857	241		3

land-use		N_2O fluxes per acreage (kg N_2O-N ha^{-1} a^{-1}) Mean	SD	studies	treatments	GWP [c] N_2O fluxes per acreage (kg CO_2-eq. ha^{-1} a^{-1}) Mean	SD	studies	treatments
all (annual) *	org	2.71	1.02	12	44	1270	476	12	44
	non-org	3.14	1.15		58	1437	536		58
arable	org	2.58	1.00	11	41	1209	470	11	41
	non-org	2.97	1.00		55	1392	468		55
grassland	org	3.22	0.85	2	3	1507	398	2	3
	non-org	5.64	2.52		3	2643	1118		3
rice-paddies	org	0.89	0.16	1	3	418	76	1	3
	non-org	2.28	0.30		3	1068	142		

Skinner et et al., submitted

Erhöhung der Methanoxidation in landwirtschaftlich genutzten Böden

Regulierung der Methanoxidation in Böden



CH_4-Oxidation in Böden

Proximale Einflussfaktoren (Direkte Faktoren)

- Verfügbarkeit von CH4
- Bodenwasser <-> Sauerstoffgehalt Redoxpotential

- Verfügbarkeit von Ammonium und Nitrat in Bodenlösung (Hemmung der CH4-Oxidation durch NH_4^+ oder Nitrat, NO_3^-)
- Temperatur

CH_4-Oxidation in Böden

Distale Einflussfaktoren (Indirekte Faktoren)

- Bodenbewirtschaftung: Düngungsintensität u. Düngeform (Hemmung der CH4-Oxidation durch NH_4^+ oder Nitrat, NO_3^-); Bodenverdichtung
- Landnutzung: Methanoxidation nimmt in der Reihenfolge Wald > Grünland > Acker ab
- Klima: Temperatur und Niederschläge
- Boden: Bodentyp; Textur (z.B. Tongehalt)

Dank

- Für Unterrichtsmaterial danke ich
  - Prof. Dr. Dirk Wagner (GfZ Potsdam, Uni Potsdam)
  - PD Dr. Karin Pritsch (HelmholtzZentrum München, TU München)
  - PD Dr. Tilman Lüders (HelmholtzZentrum München, TU München)
  - Dr. Paul Mäder (FiBL Frick)