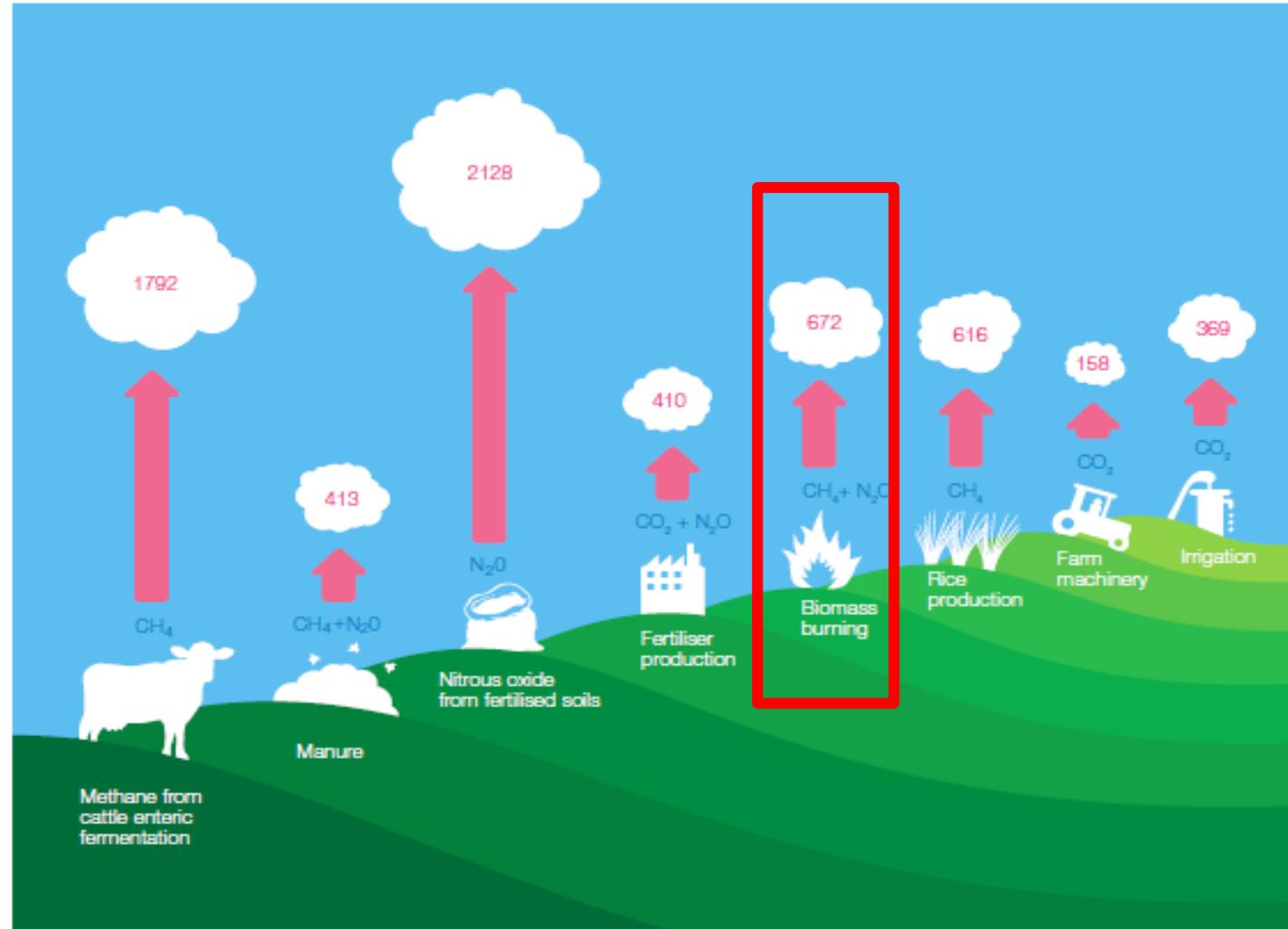


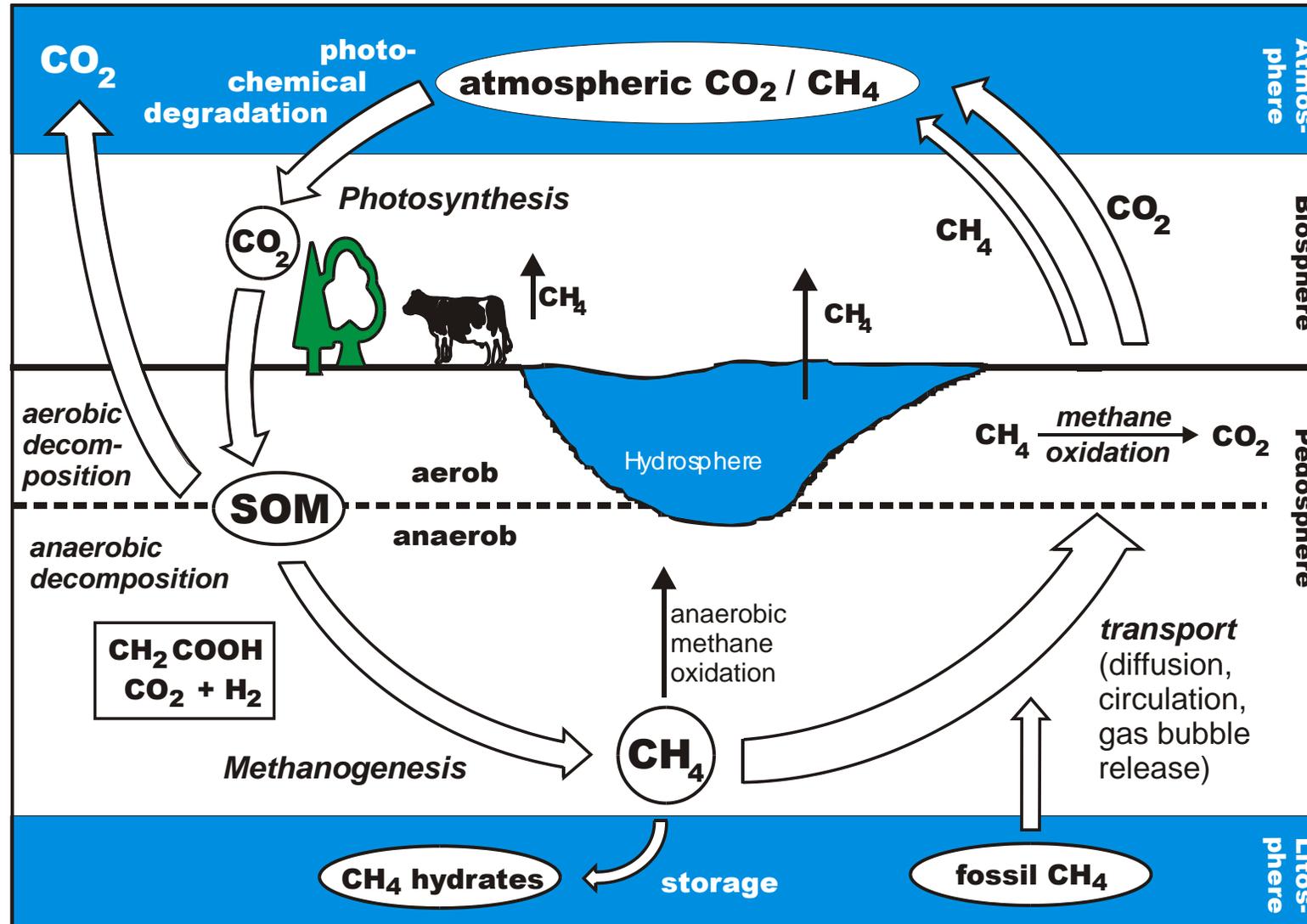
### III. Bodenmikroorganismen und Methan

- › C-Kreislauf und Methanproduktion/-oxidation
- › Relevante Organismen und deren Nachweis
- › Quellen der Methanfreisetzung aus Böden
- › Methanoxidation in Böden
- › Möglichkeiten zur Steuerung der Methanflüsse

# Globale Treibhausgasemissionen der Landwirtschaft (ohne LULUCF)



# Terrestrischer Kohlenstoffkreislauf



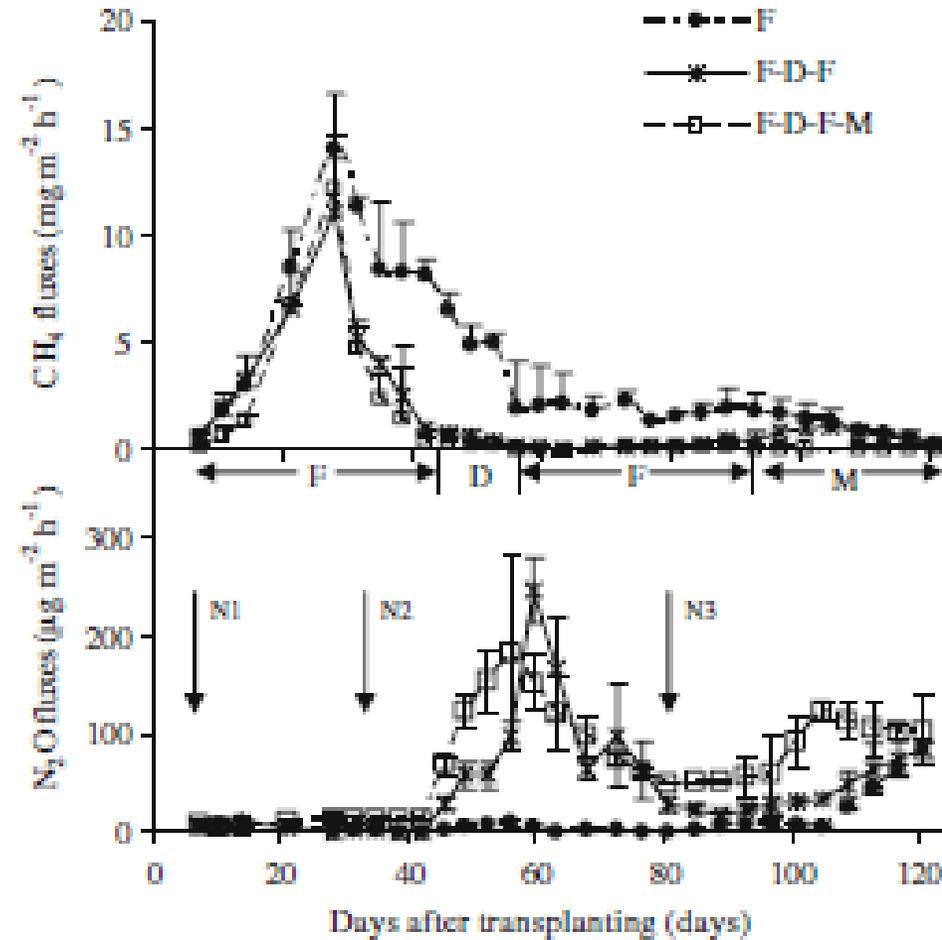
# Quellen und Senken von Methan (global)

Quellen und Senken	Tg C × a <sup>-1</sup>
<b>natürliche Quellen</b>	
Feuchtgebiete	145 (115–175)
Ozeane	10 (5–15)
Süßgewässer	5 (1–10)
Methanhydrat	10 (5–15) <sup>1)</sup>
Termiten	20 (1–40)
wilde Wiederkäuer	5 (1–10)
insgesamt (ca. 33%)	195 (128–265)
<b>anthropogene Quellen</b>	
domestizierte Wiederkäuer	80 (55–100)
Nassreisböden	80 (30–120)
tierische Ausscheidungen	30 (15–45)
Verbrennung von Biomasse	40 (10–70)
Deponien	40 (20–60)
Verbrennung fossiler Energie	110 (65–155)
kommunale Klärschlämme	25 (20–30)
insgesamt (ca. 67%)	405 (215–580)
Quellen insgesamt	600 (520–680)
<b>Senken</b>	
Troposphäre (OH)	510 (460–560)
Stratosphäre (OH-Radikale, O <sup>*</sup> , Cl)	40 (30–50)
Oxidation durch Methanotrophe	30 (15–45)
Senken insgesamt	600 (520–680)
Zunahme Atmosphäre	20 (15–25)

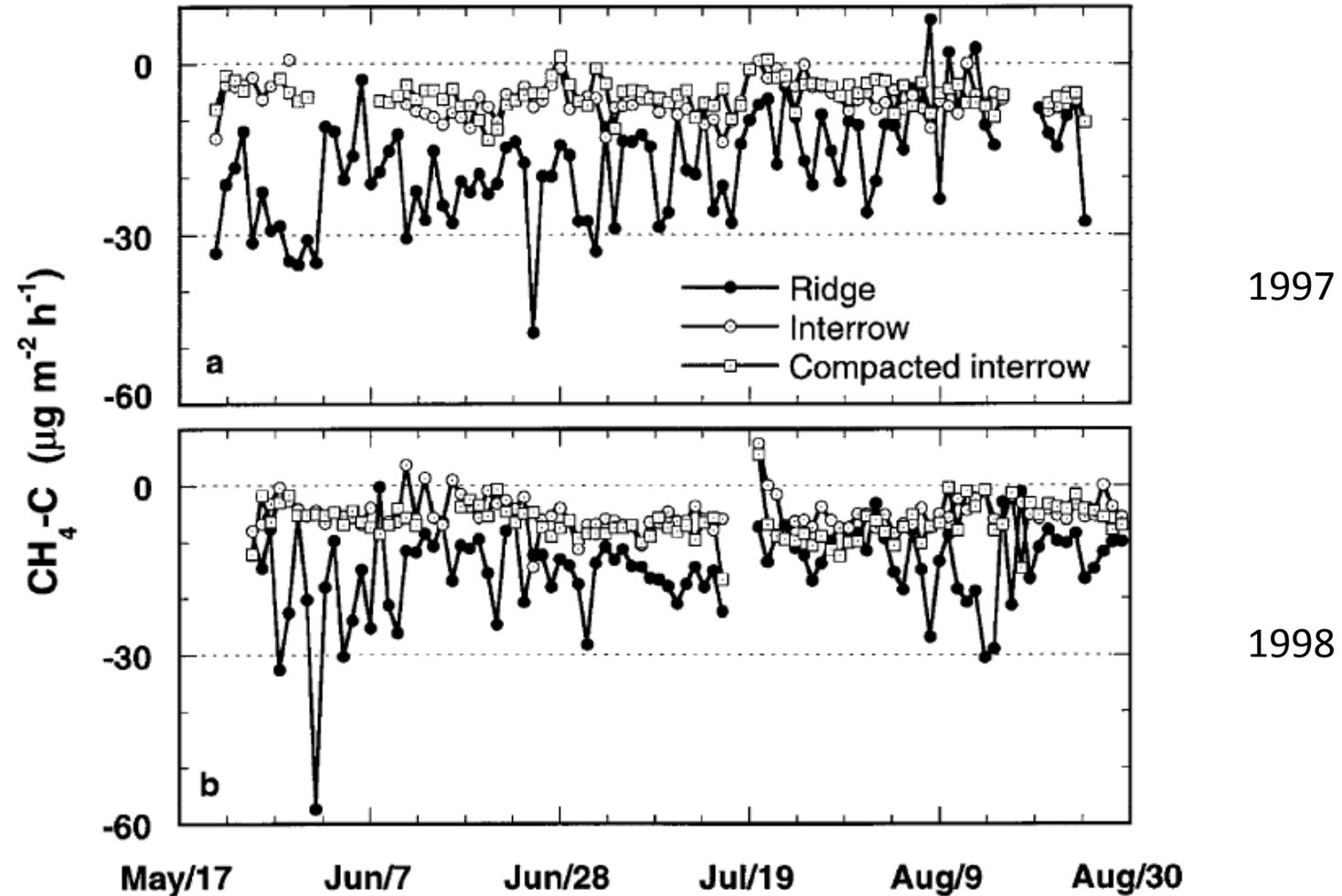
1 tera gram = 10<sup>12</sup> g  
= 1000.000 t

1) Vorräte werden weltweit auf ca. 54 000 Milliarden m<sup>3</sup> geschätzt

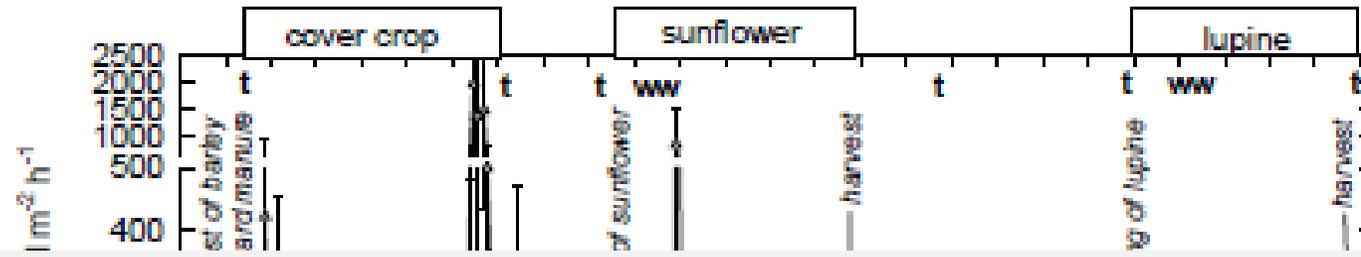
# Böden unter Nassreisanbau emittieren Methan: Methanquelle



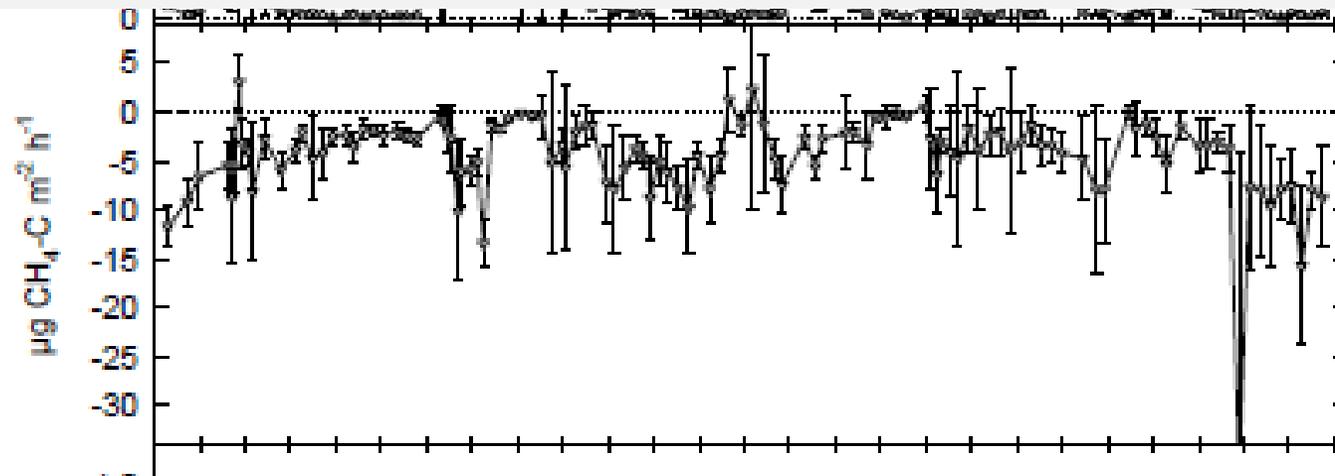
# Acker-, Grünland und Waldböden nehmen Methan auf: Methansenke (Bsp. Kartoffelacker)



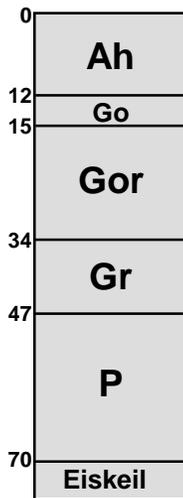
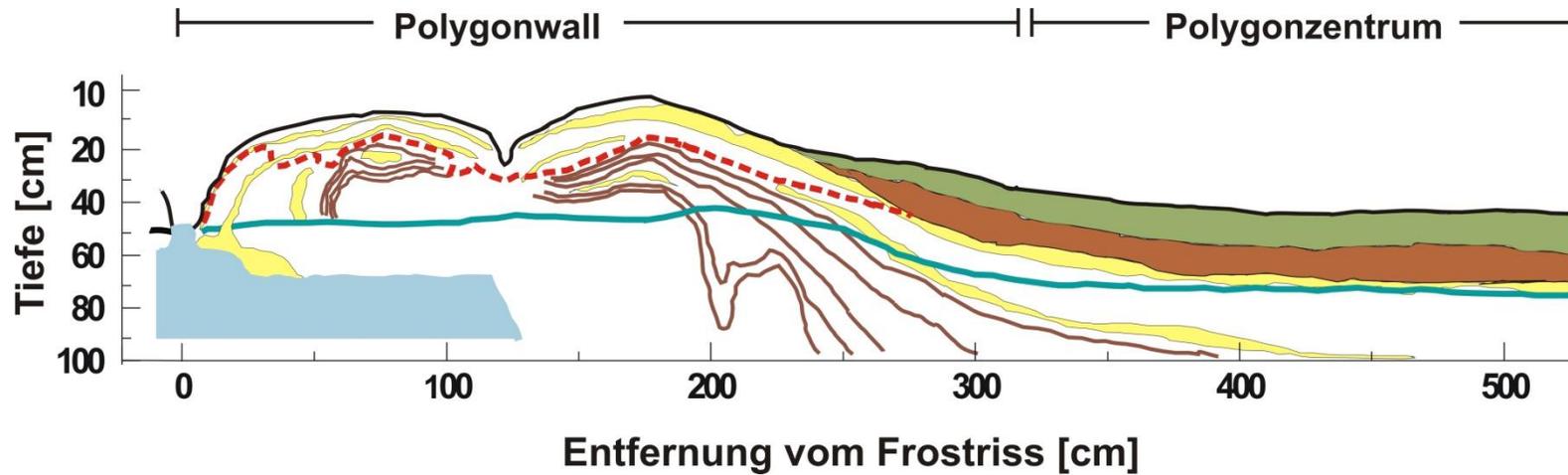
# Methan- und Lachgasflüsse in Ackerböden



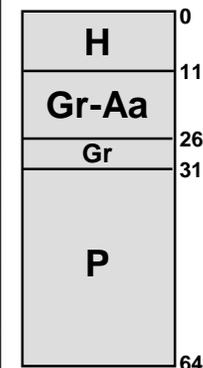
Klimarelevanz: (positiver) Beitrag der Methanoxidation (ca.  $-20 \text{ kg CO}_2\text{eq/ha} \cdot \text{yr}$ ) im Vergleich zum negativen Beitrag der Lachgasfreisetzung in Ackerböden (ca.  $+1.300 \text{ kg CO}_2\text{eq/ha} \cdot \text{yr}$ ) unbedeutend



# Methan emittierende Böden der polygonalen Tundra (Lena-Delta, Sibirien)



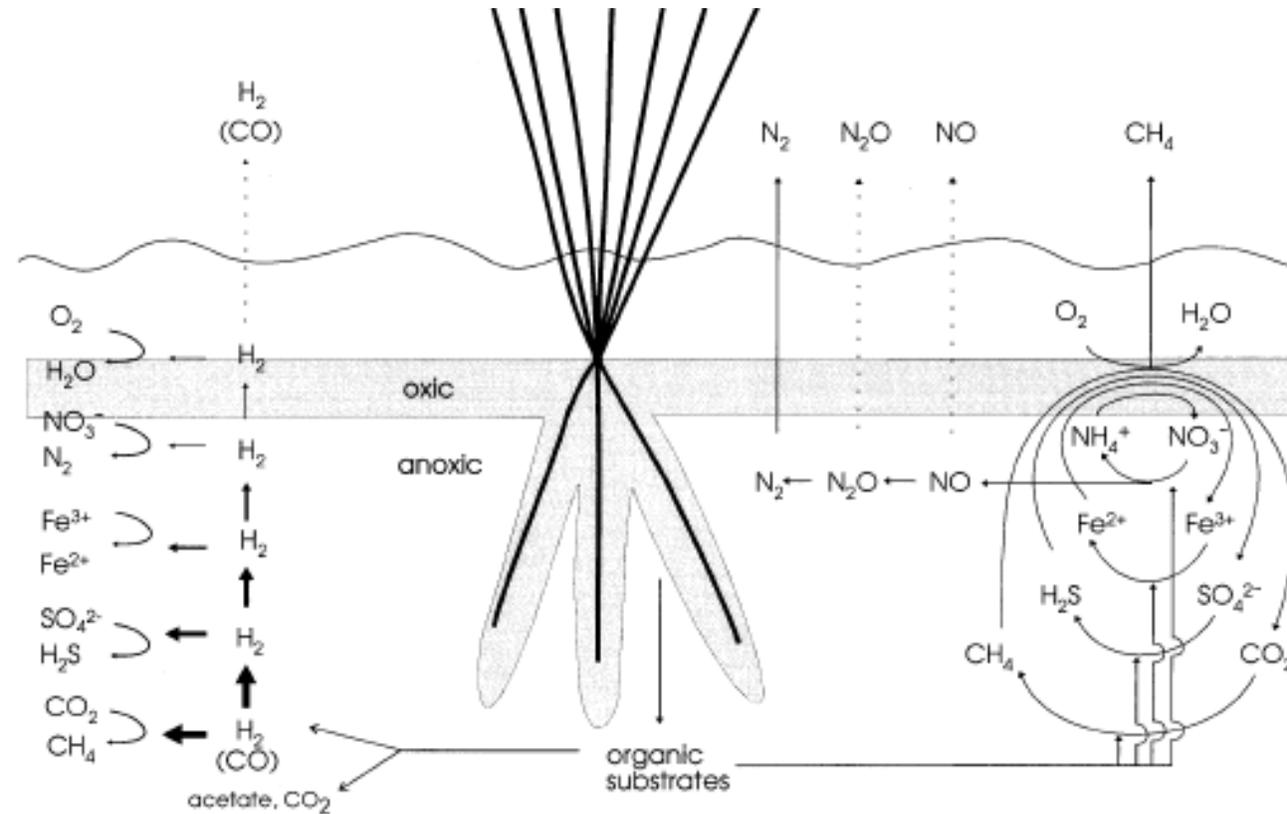
**Glacic Aquiturbel**



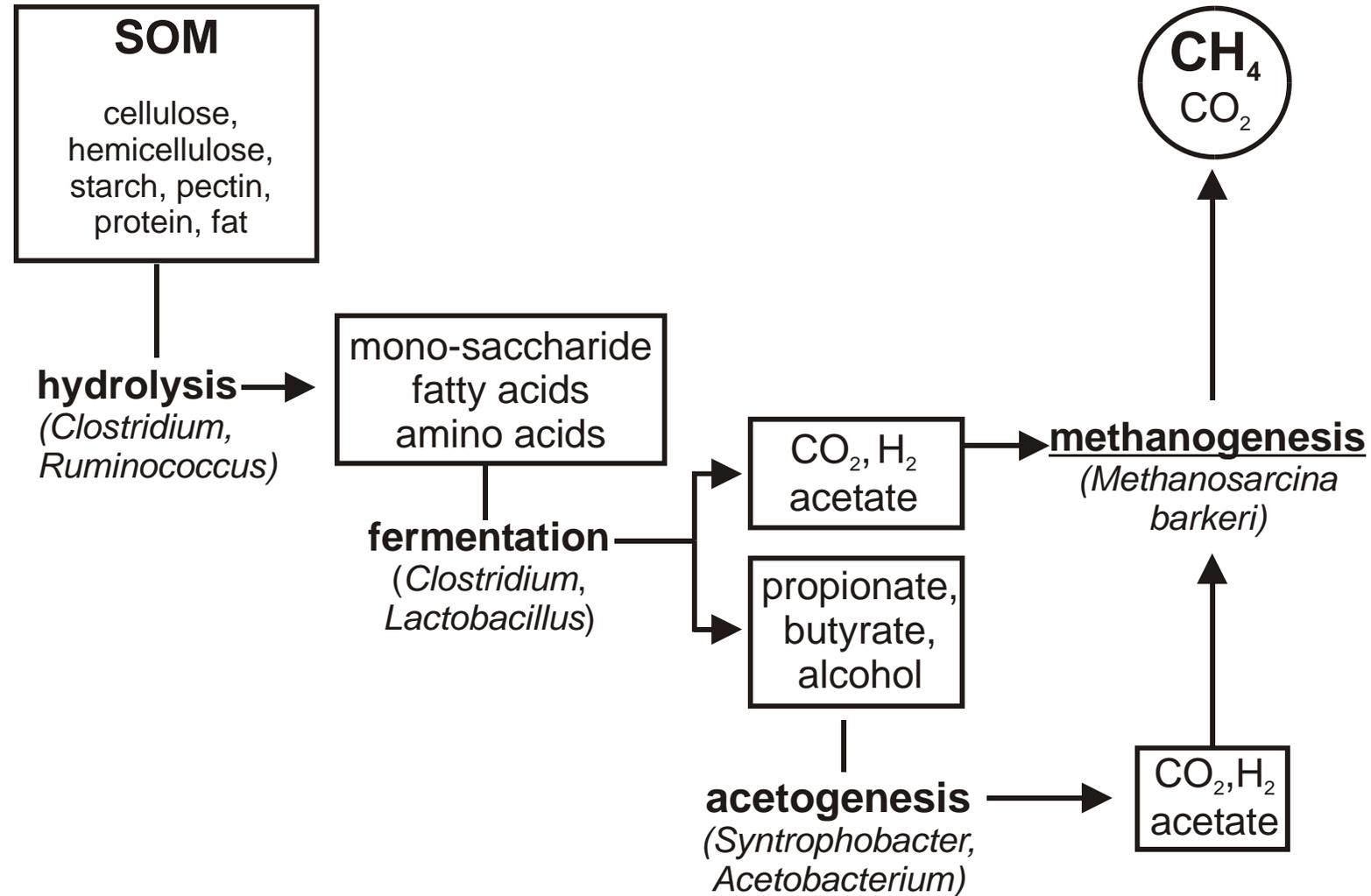
**Typic Historthel**



# Stoffkreislauf in oxischen/anoxischen Habitaten



# Die anaerobe Nahrungskette: von der Zellulose zum Methan



# Methanogenese: Thermodynamik

		$\Delta G_0'$ (kJ/mol CH <sub>4</sub> )
<b>Carbonat-Atmungen</b>		
CO <sub>2</sub> + 4 H <sub>2</sub>	→ CH <sub>4</sub> + 2 H <sub>2</sub> O	-130
4 HCOOH	→ CH <sub>4</sub> + 3 CO <sub>2</sub> + 2 H <sub>2</sub> O	-120
CO <sub>2</sub> + 2 Ethanol	→ CH <sub>4</sub> + 2 Acetate	-116
4 CO + 5 H <sub>2</sub> O	→ CH <sub>4</sub> + 3 HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + 3 H <sup>+</sup>	-196
<b>C1-Verbindungen (methylotrophe Methanogenese)</b>		
4 CH <sub>3</sub> OH	→ 3 CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub> + 2 H <sub>2</sub> O	-103
CH <sub>3</sub> OH + H <sub>2</sub>	→ CH <sub>4</sub> + H <sub>2</sub> O	-113
4 CH <sub>3</sub> NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> + 2 H <sub>2</sub> O	→ 3 CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub> + 4 NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-75
2 (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> S + 2 H <sub>2</sub> O	→ 3 CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub> + H <sub>2</sub> S	-49
<b>Acetotrophe (acetoklastische) Methanogenese</b>		
CH <sub>3</sub> COOH	→ CH <sub>4</sub> + CO <sub>2</sub>	-31

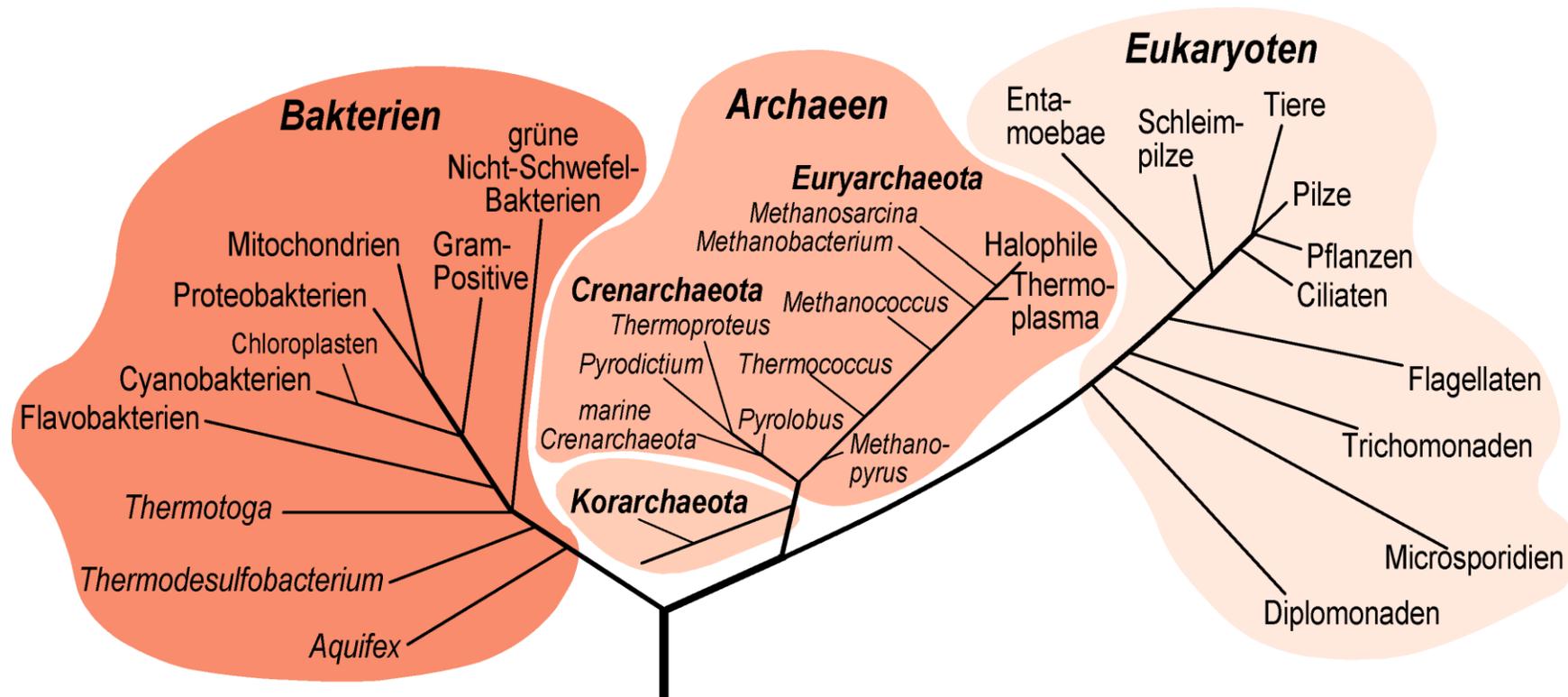
in Reisböden läuft vorwiegend acetoklastische Methanogenese ab

## Die Methanbildung: Methanogenese

- › Mikrobielle Atmung, strikt anaerob
- Reduktion von CO<sub>2</sub> (o.a. oxidierten C-Verbindungen) zu Methan,
- gekoppelt an ATP-Synthese über Elektronentransport.
- Nur bei den methanogenen *Archaea*; ubiquitäre Organismen
- Wichtige Reaktion im globalen C-Kreislauf
- Geringe Energieausbeute

# Methanogene Archaeen

# Methanbildung nur innerhalb des Reichs der *Euryarchaeota*



(Fuchs & Schlegel, 2007)