

Mikrobielle Ökologie

SS 2006

Martin Könneke

www.icbm.de/pmbio

Mikrobielle Ökologie

- Marine Habitats (10. Mai)
- Limnische Habitats (12. Mai)
- Terrestrische Habitats (15. Mai)
- Mikroorganismen in Mensch & Tier (17. Mai)
- Anthropogene Habitats (19. Mai)

Warum kommen spezielle Mikroorganismen
an bestimmten Orten vor?

Warum kommen spezielle Mikroorganismen
an bestimmten Orten vor?

Physikalische Umwelt

Chemische Umwelt

Biologische Umwelt

Warum kommen spezielle Mikroorganismen an bestimmten Orten vor?

Physikalische Umwelt

(z.B. Temperatur, Licht, Druck, Strömung, Dichte)

Chemische Umwelt

(z.B. pH, H₂O, O₂, C-Quelle, Substrate, Salzgehalt)

Biologische Umwelt

(z.B. Syntrophie, Pathogenität, Symbiose)

Marine Habitats

Physikalische Umwelt

(z.B. Temperatur, Licht, Druck, Strömung, Dichte)

Chemische Umwelt

(z.B. pH, H₂O, O₂, C-Quelle, Substrate, Salzgehalt)

Biologische Umwelt

(z.B. Syntrophie, Pathogenität, Symbiose)

Besonderheiten des Meeres:

etwa 71% der Erdoberfläche sind von Meeren bedeckt

die mittlere Tiefe beträgt etwa 4000 Meter

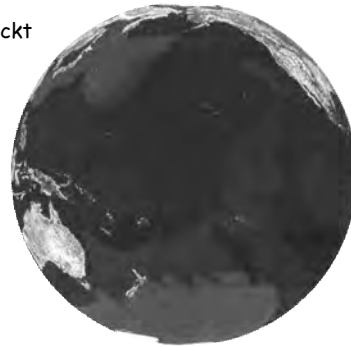
alle Ozeane sind miteinander verbunden

es herrscht eine allgemeine Zirkulation
Äquatorial-, Küstenströmung, *upwelling*, *outwelling*

Küstengebiete werden von Tiden beherrscht

das Meer ist salzig, davon 2,7% NaCl und
0,8% andere Ionen (SO_4^{--} , Mg^+ , Ca, K)

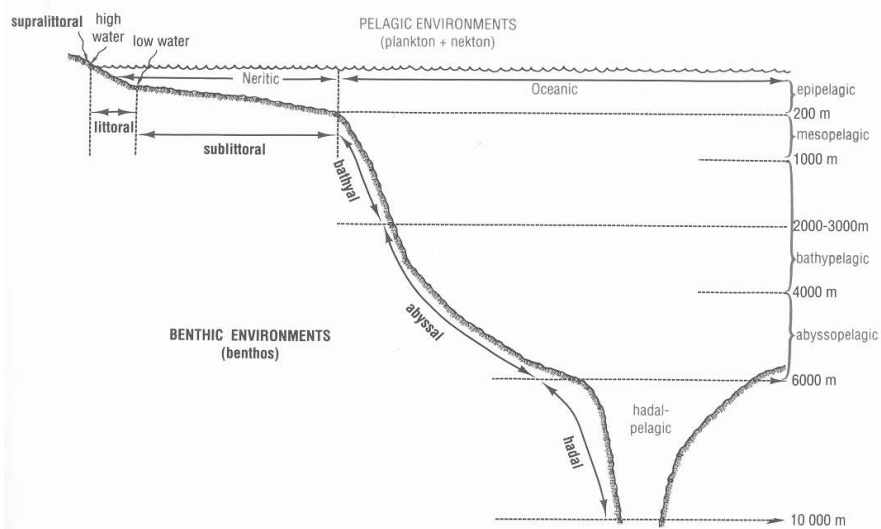
gelöste Nährsalze sind limitiert (Oligotrophie)



Blick auf den Pazifik

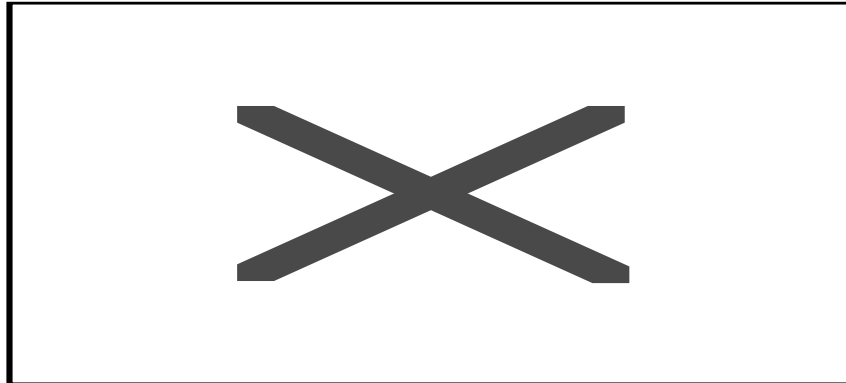
© Bert Engelen

Basic ecological divisions of the Ocean



(Lalli & Parsons '97)

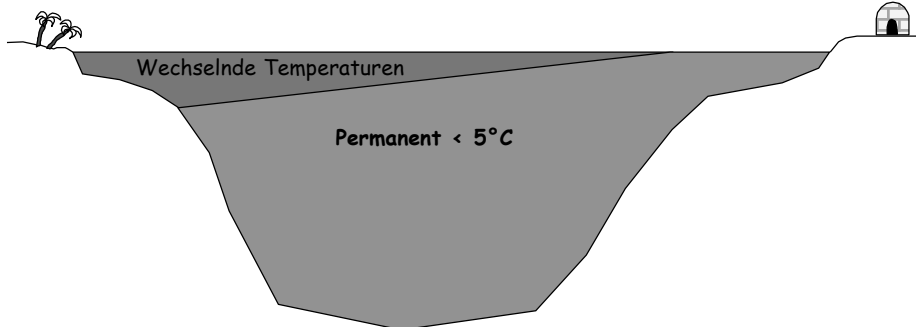
Thermische Schichtung der Ozeane



(U. Sommer 'Planktologie')

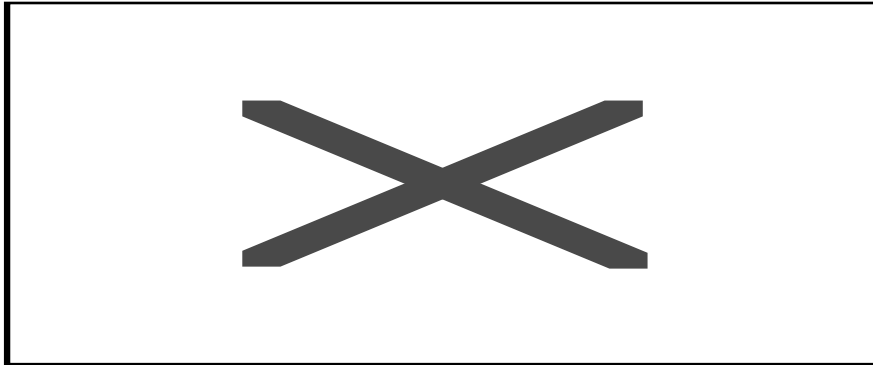
Tropische
und
Gemäßigte
Klimazonen

Polarregionen



**90 % des Meeresvolumens sind
permanent kalt!**

Das Kohlendäuresystem ist das wichtigste
Puffersystem der Ozeane!
Der pH Wert in den Ozeanen ist dadurch relativ
konstant bei etwa 8.



(U. Sommer 'Planktologie')

Im Gewässer nimmt das Licht mit der Tiefe ab!

Lichtattenuation (Lichtabschwächung):

- **Reflektion** an der Wasseroberfläche (3-30 %)
- **Absorption** durch Wasser, gelöste organ. Substanzen, photosynthetische Pigmente (Farbe des Wassers)
- **Beugung** an Partikeln (Verlängerung der Wellenlänge)

Euphotische Zone selbst im klarsten Ozean nur etwa 200 m tief: lichtabhängige biologische Prozesse sind nur bis bestimmte Tiefen möglich.

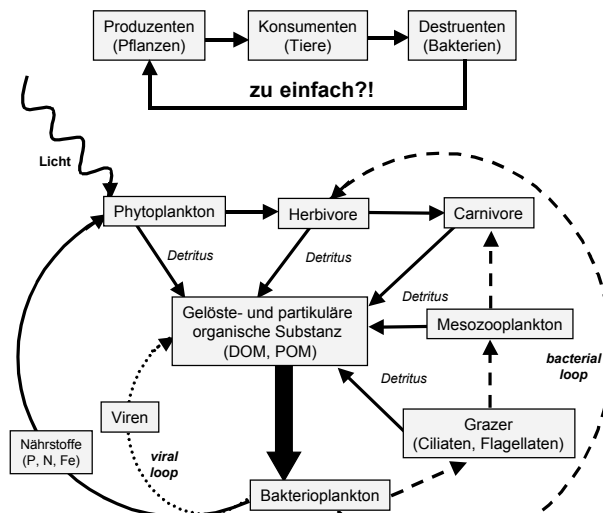
Marine Habitats

Physikalische Umwelt
(z.B. Temperatur, Licht, Druck,
Strömung, Dichte)

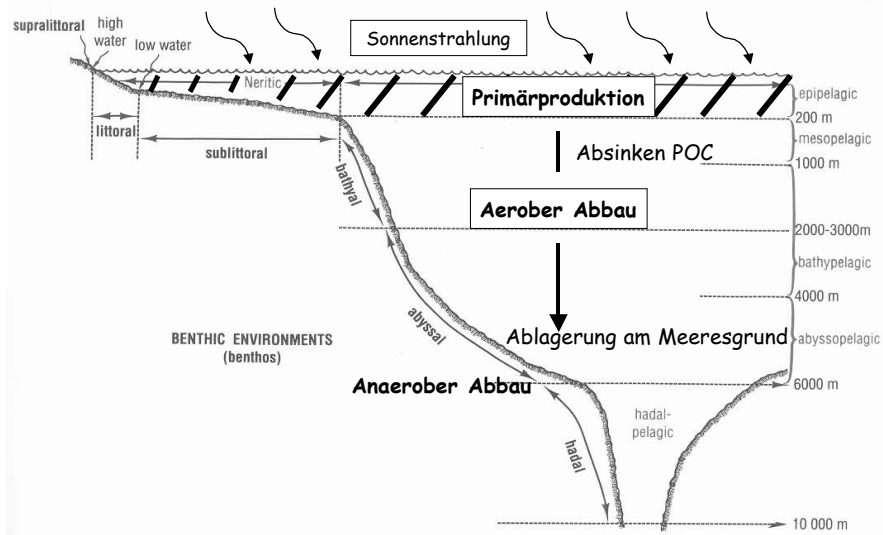
Chemische Umwelt
(z.B. pH, H₂O, O₂, C-Quelle,
Substrate, Salzgehalt)

Biologische Umwelt?
(z.B. Syntrophie, Pathogenität, Symbiose)

Welche Rolle spielen Bakterien im marinen Nahrungsnetz?

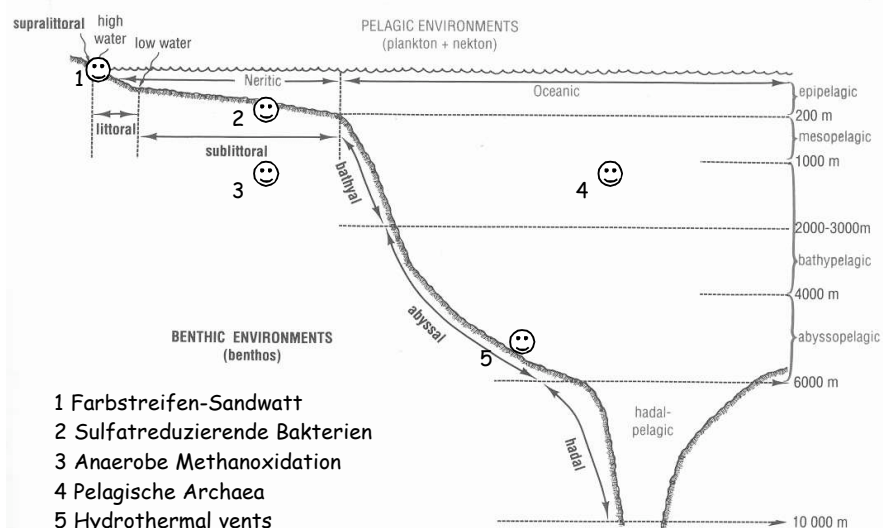


Basic ecological divisions of the Ocean



(Lalli & Parsons '97)

Beispiele typischer mariner Mikroorganismen



- 1 Farbstreifen-Sandwatt
- 2 Sulfatreduzierende Bakterien
- 3 Anaerobe Methanoxidation
- 4 Pelagische Archaea
- 5 Hydrothermal vents

(Lalli & Parsons '97)

Farbstreifen-Sandwatt 'Mikrobielle Matten'

Mikrobielle Matten

- Durch benthische Mikroorganismen gebildete organosedimentäre Strukturen
- Meistens an extremen Standorten, ohne abweidende Organismen (Akkumulation von Biomasse)
- Primärproduktion vergleichbar mit der in Tropischen Regenwäldern!
- z.B. Gezeitenbereiche an Küsten:

Starke **Salinitäts- und Temperaturschwankungen**, meistens **nährstoffarm**

Schichten von physiologisch unterschiedlichen Mikroorganismen führt zur Ausbildung von Farbstreifen.



www.wattenmeer-nationalpark.de/leben/lebn/farb.htm

Mikrobielle Matte als Stromatolith (1.3 Milliarden Jahre)

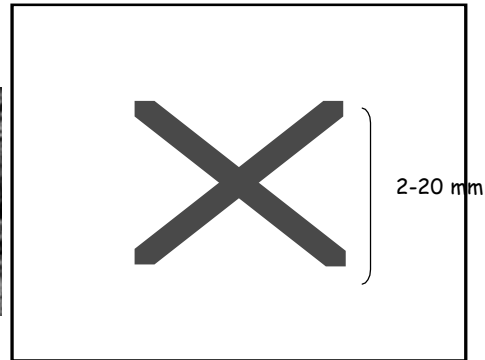


<http://www.icbm.de/pmbio/mikrobiologischer-garten/>

Farbstreifen-Sandwatt



H. Cypionka



L.J. Stal

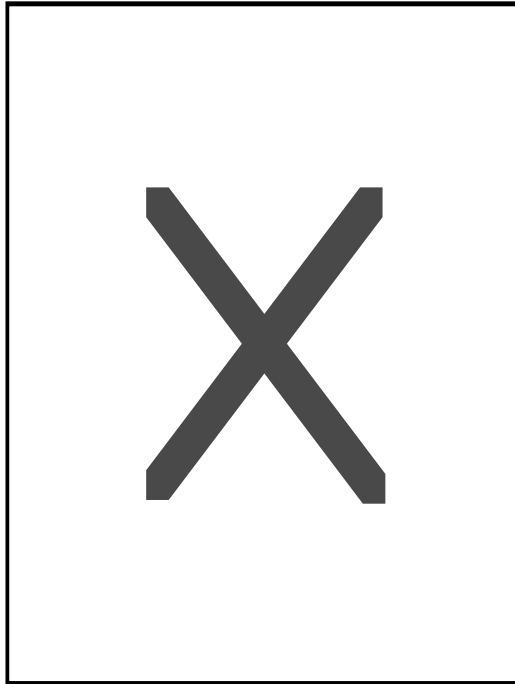
<http://www.icbm.de/pmbio/mikrobiologischer-garten/>

Cyanobakterien

- Oxygene Photosynthese (photoautotroph) Primärproduzenten
- Besitzen Phycobiliproteine (PS II, Abs: 500-650 nm)
- Einige Arten können molekularen Stickstoff (N₂) fixieren (Heterocysten, Nitrogenase)
- Können extrazelluläre polymere Substanzen (EPS) bilden (Immobilisierung, Anheftung, Schutz, Wasserspeicher)
- Dissimilieren in Dunkelheit Reservestoff (Glycogen)

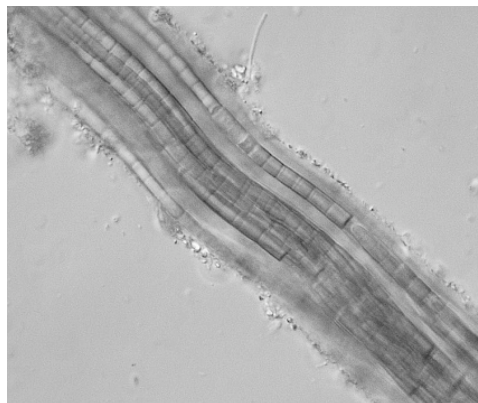
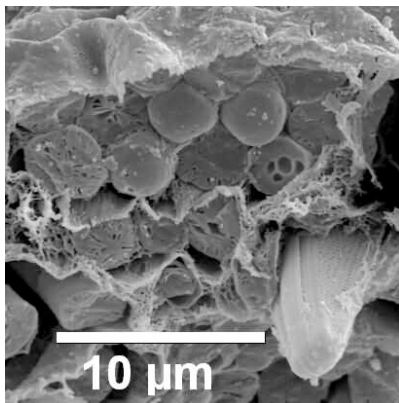
**Cyanobakterien sind Primärkolonisierer.
Sie erstellen die Lebensgrundlage für andere
Bakterien.**

Extrazelluläre
polymere
Substanzen (EPS)



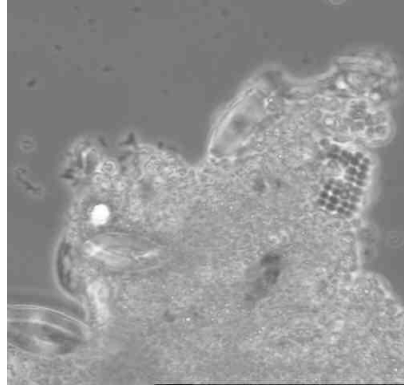
L.J. Stal

Cyanobakterien: *Microcoleus chthonoplastes*



<http://www.icbm.de/pmbio/mikrobiologischer-garten/>

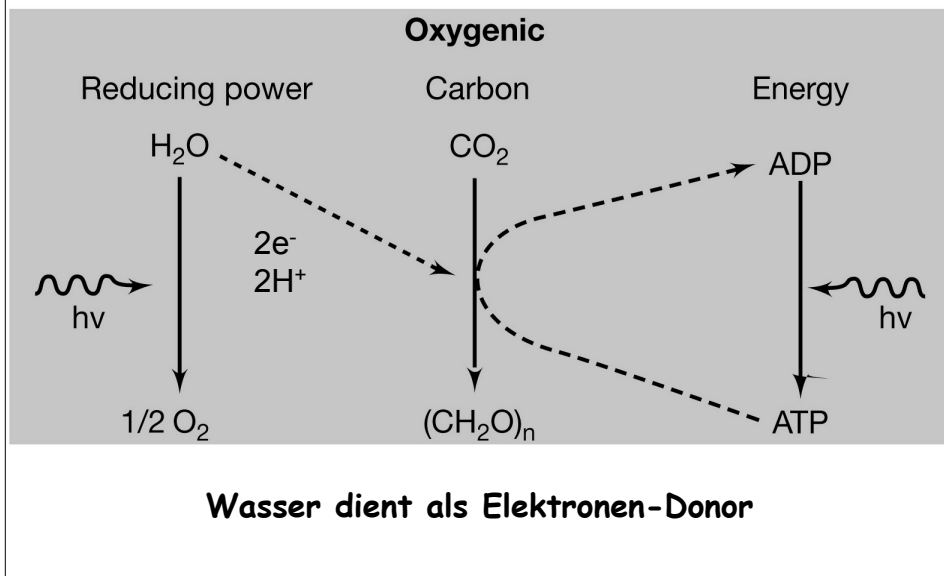
Schwefelpurpurbakterien

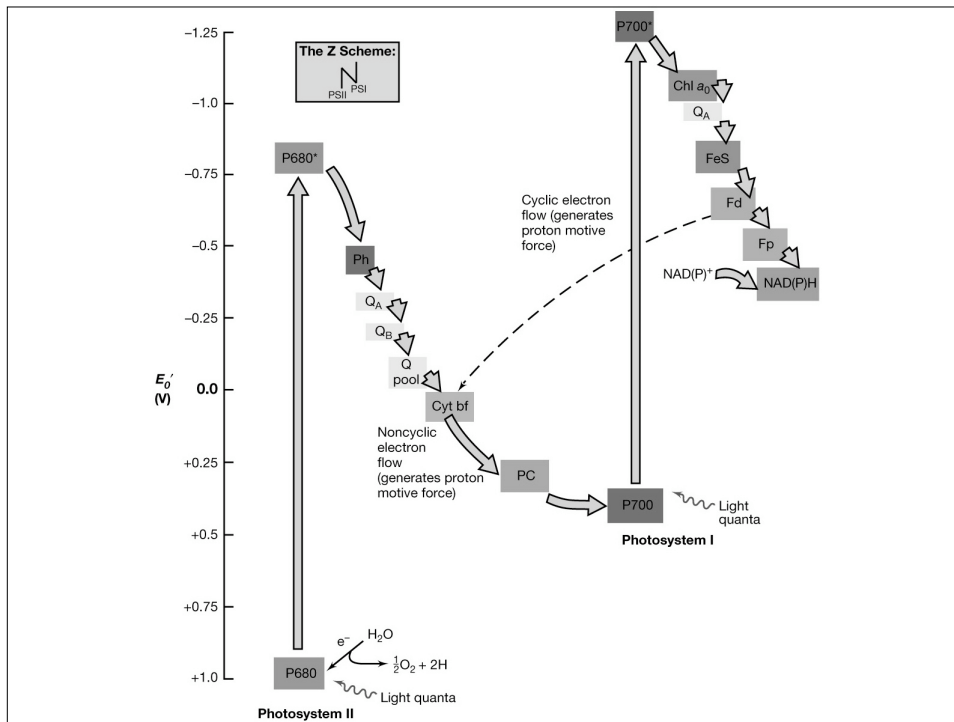


E. Jaspers

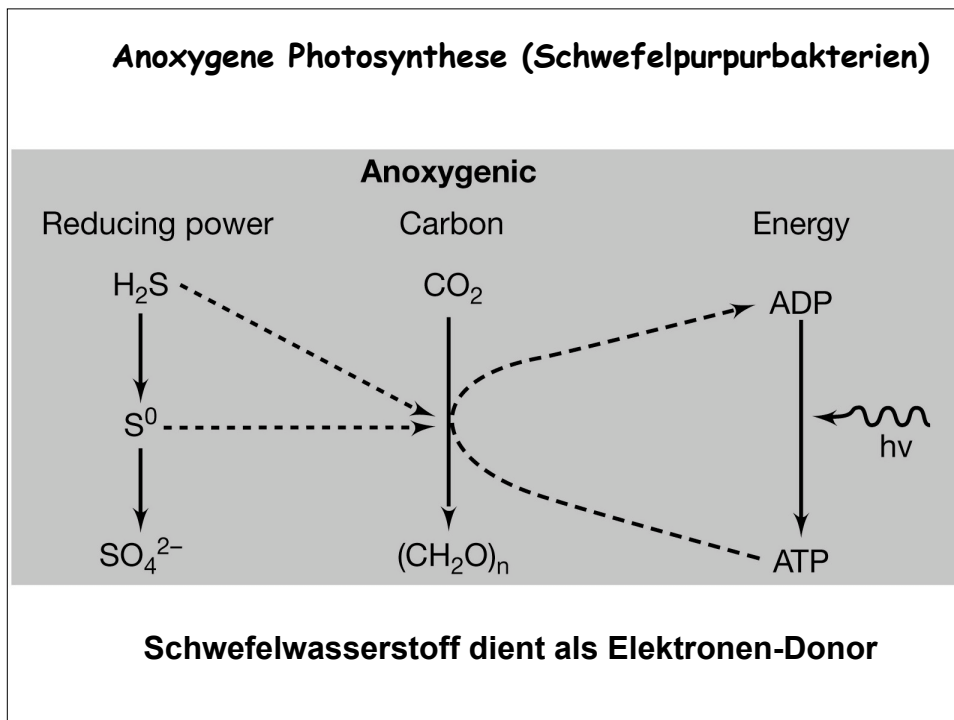
- Anoxygene Photosynthese (keine Bildung von O_2)
- Besitzen kein PS II
- Übertragen Elektronen auf Schwefel(S^0) oder Sulfid (H_2S) als terminalen Elektronenakzeptor (kein H_2O)
- Lagern Schwefel in der Zelle als Reservestoff an
- Verwerten längerwelliges Licht als Cyanobakterien
- Konsumieren bei Licht das toxische Sulfid und Fixieren Kohlenstoff

Oxygene Photosynthese (zB. Cyanobakterien)

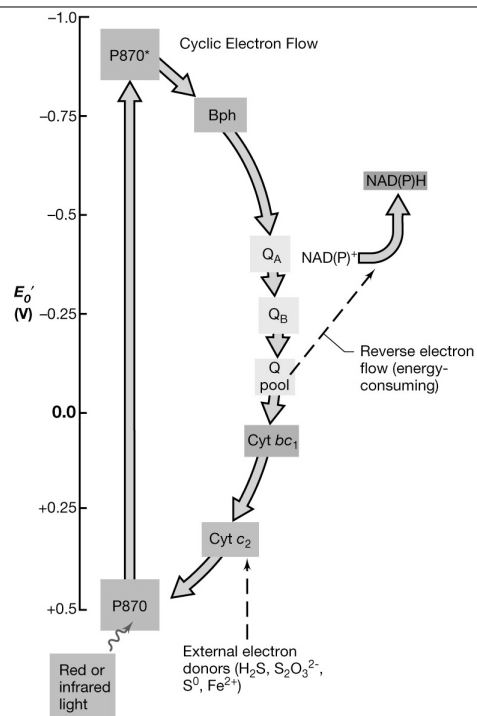




Anoxygene Photosynthese (Schwefelpurpurbakterien)

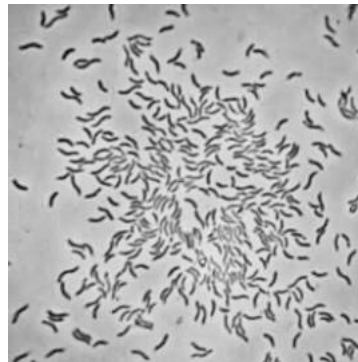


Anoxygene Photosynthese in Purpurbakterien

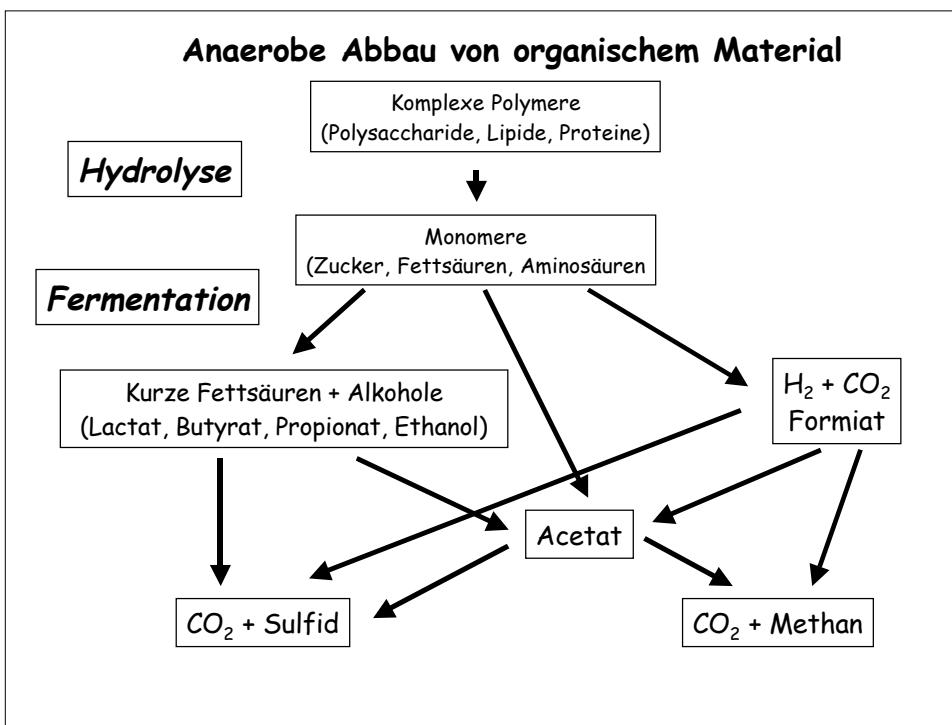
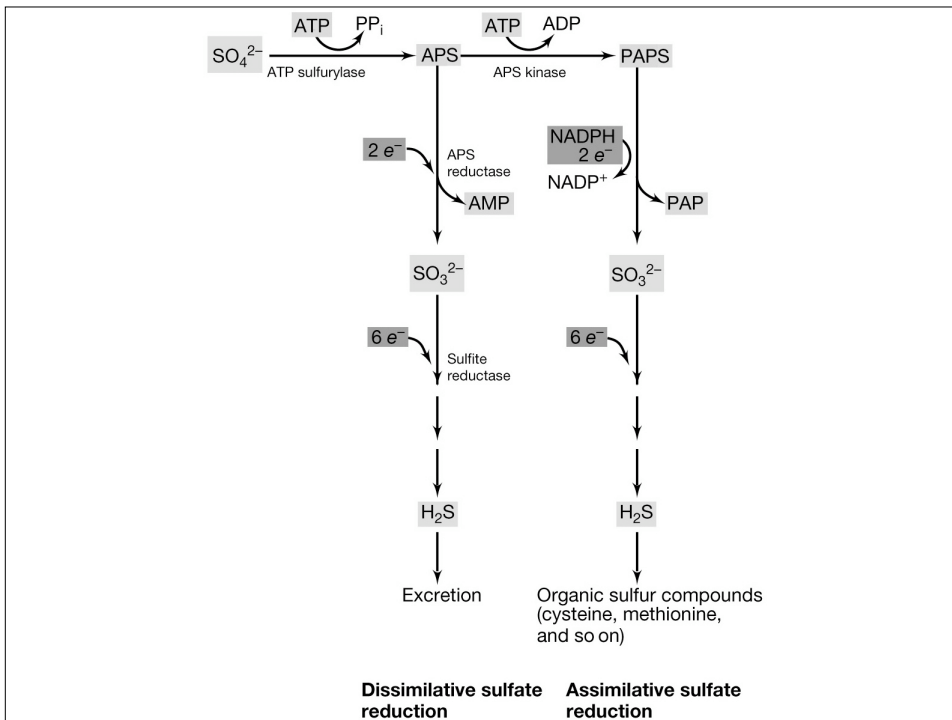


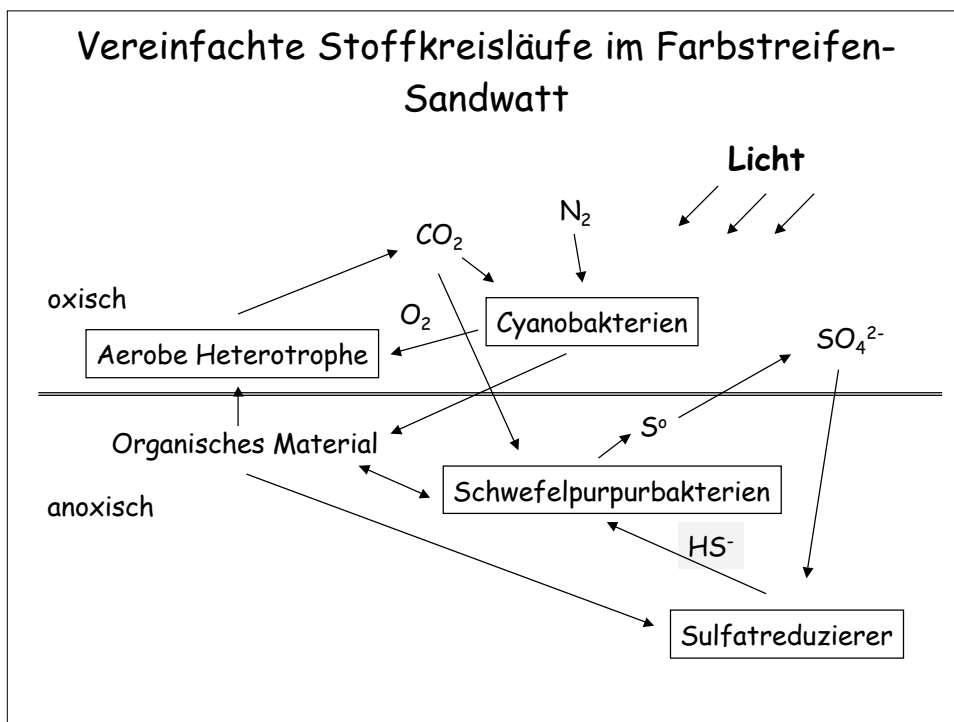
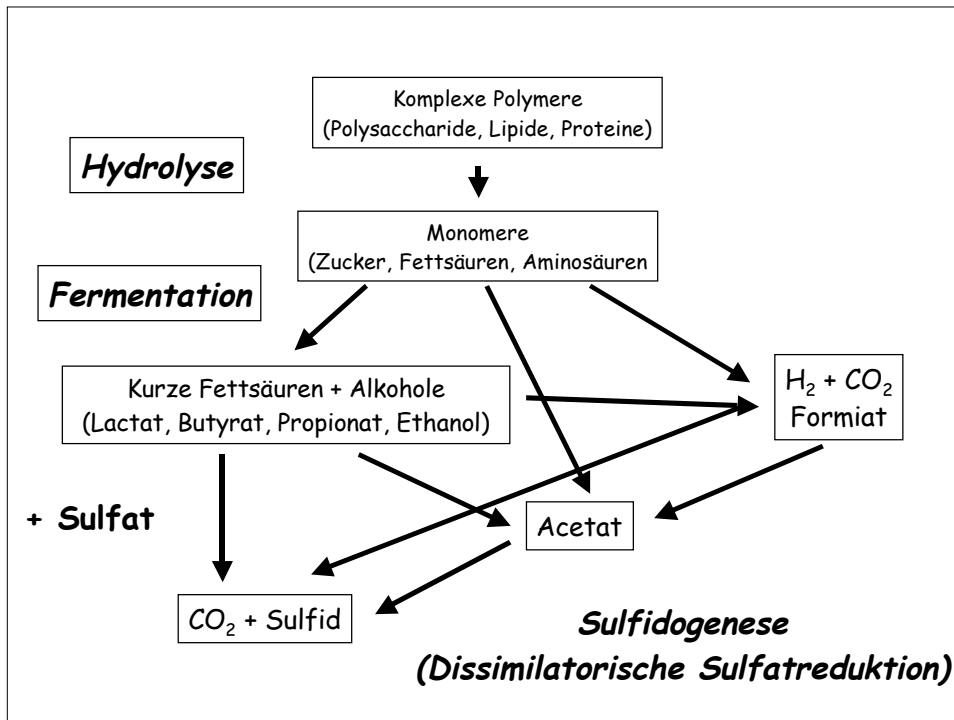
Sulfatreduzierende Bakterien

- Dissimilatorische Sulfatreduktion = Anaerobe Atmung
- Benutzen Sulfat (SO_4^{2-}) als terminalen Elektronenakzeptor
- Verwerten Organische Substanzen oder H_2 als Elektronendonator
- Bilden unter strikt anaeroben Bedingungen Sulfid als Endprodukt



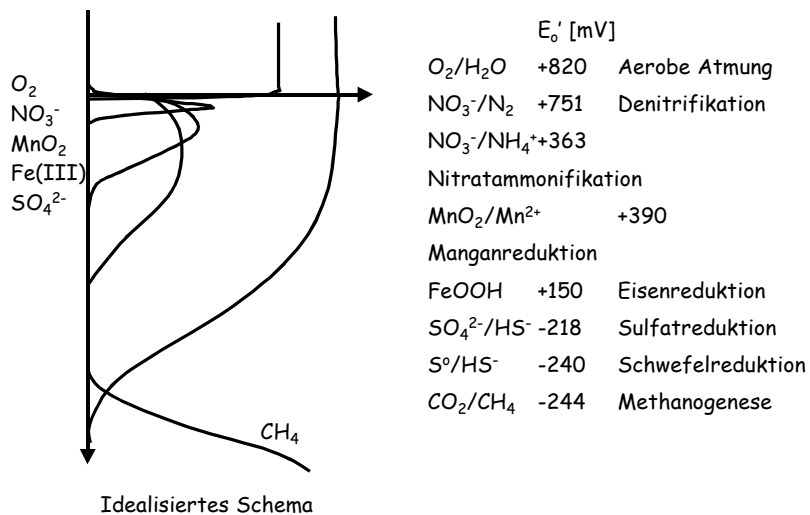
H. Cypionka



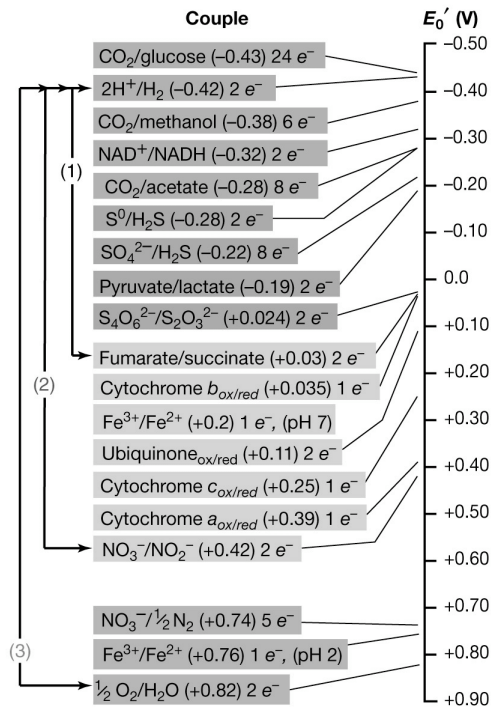
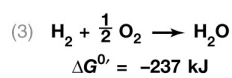
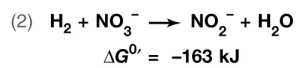
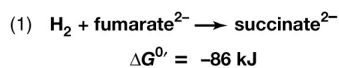


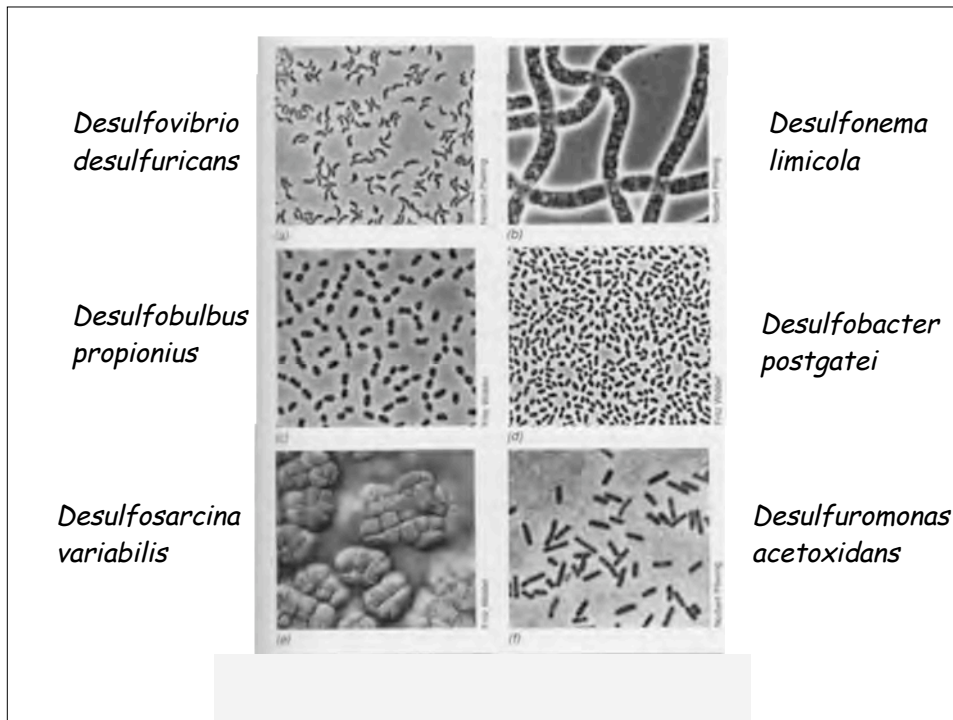
Welche Prozesse finden wir in Sedimenten?

Vertikale Abfolge von Elektronenakzeptoren im Sediment



Examples of reactions with H_2 as e^- donor





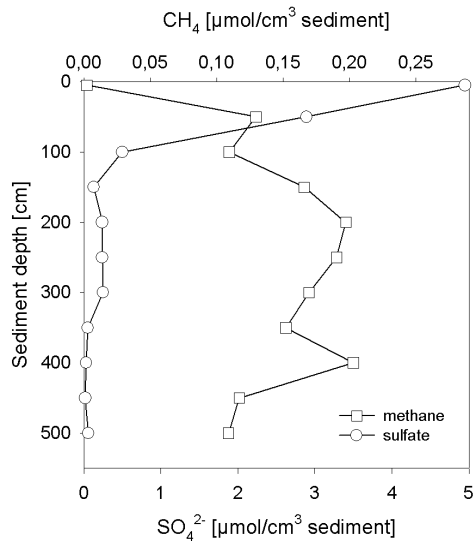
Sulfatreduzierende Bakterien in marinen Sedimenten

- Dissimilatorische Sulfatreduktion = Anaerobe Atmung
- Benutzen Sulfat (SO_4^{2-}) als terminalen Elektronenakzeptor
- Verwerten Organische Substanzen oder H_2 als Elektronendonator
- Bilden unter strikt anaeroben Bedingungen Sulfid als Endprodukt

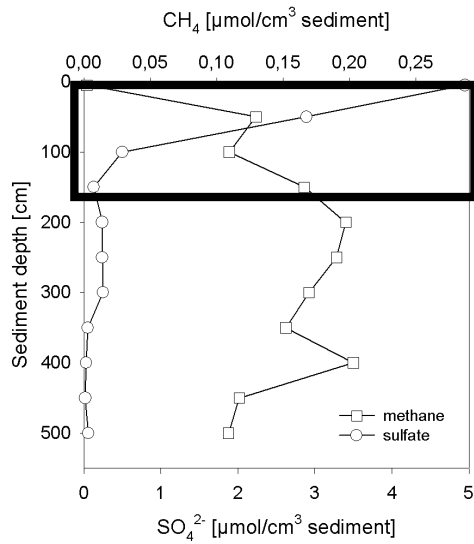
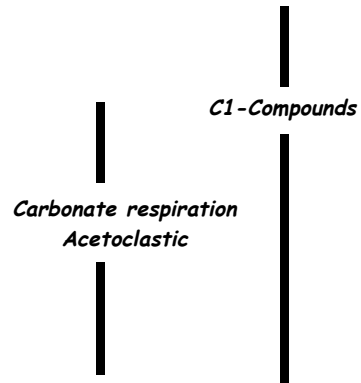
Sulfatreduzierende Bakterien stehen am Ende der anaeroben Nahrungskette.

Wichtigster anaerober Prozess in marinen Sedimenten.

Methanogenese in anoxischen, marinen Sedimenten

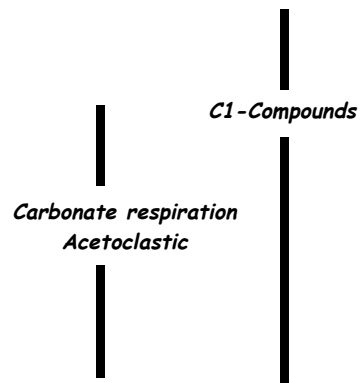


Janssand Sep.05 (A. Gittel, Y. Hilker)

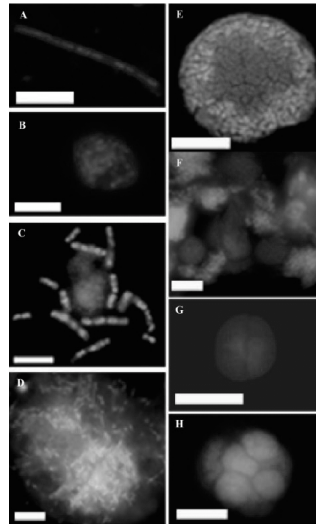


Janssand Sep.05 (A. Gittel, Y. Hilker)

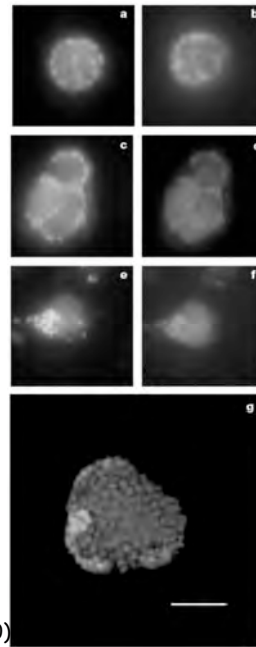
Anaerobic methane oxidation?



16S rRNA target Fluorescence *in situ* hybridization

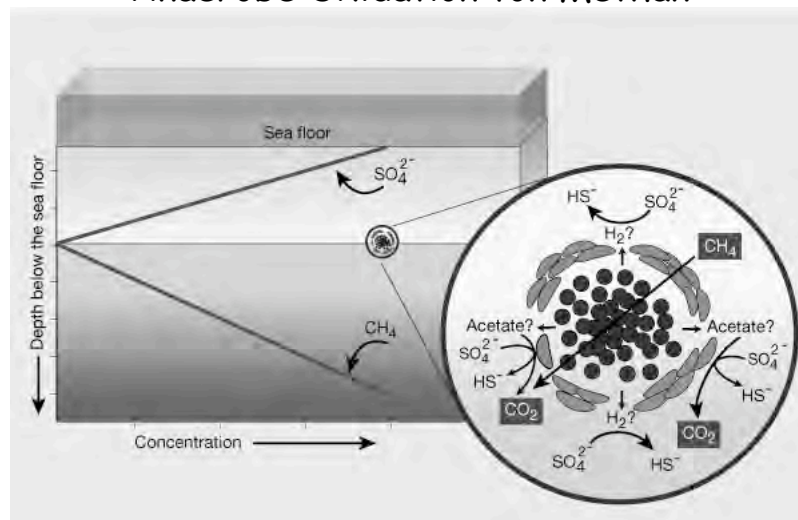


Orphan *et al.* (PNAS 2002)

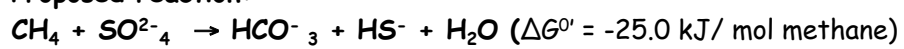


Boetius *et al.* (nature 2000)

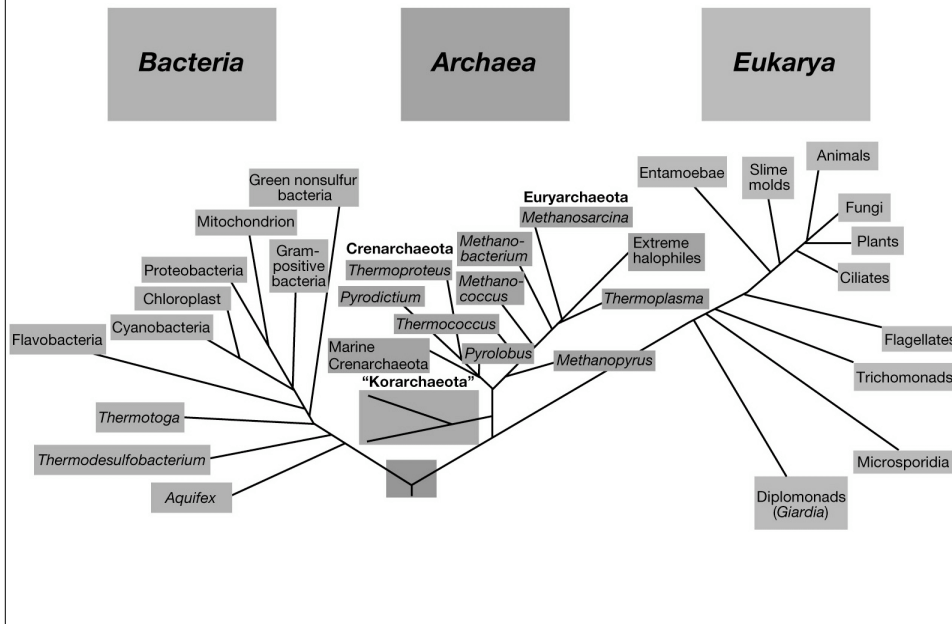
Anaerobe Oxidation von Methan



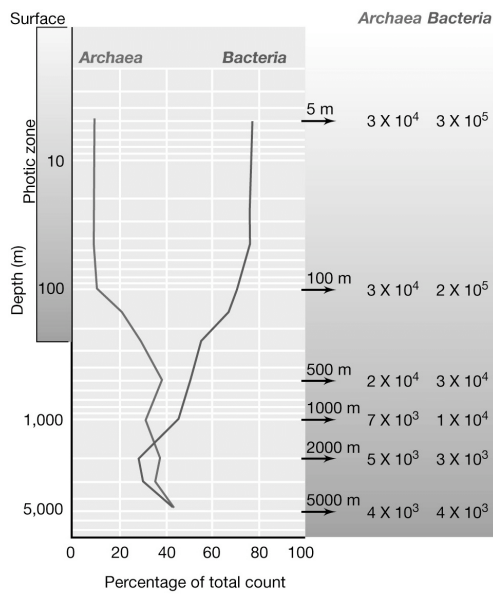
Proposed reaction:



Die 3 phylogenetischen Domänen des Lebens



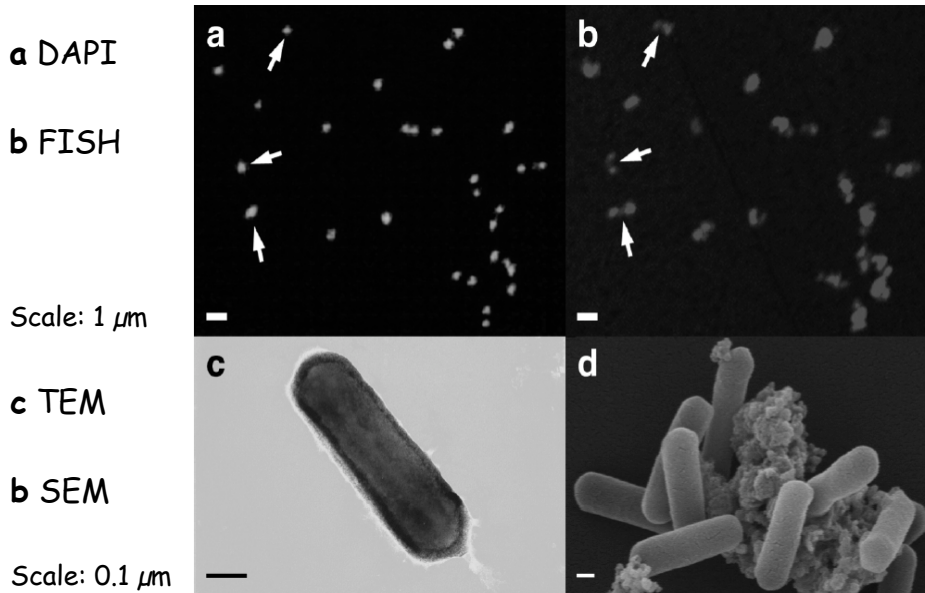
Prozentuale Zusammensetzung von Bakterien und Archaea im Nordpazifik



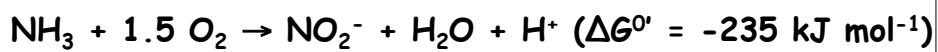
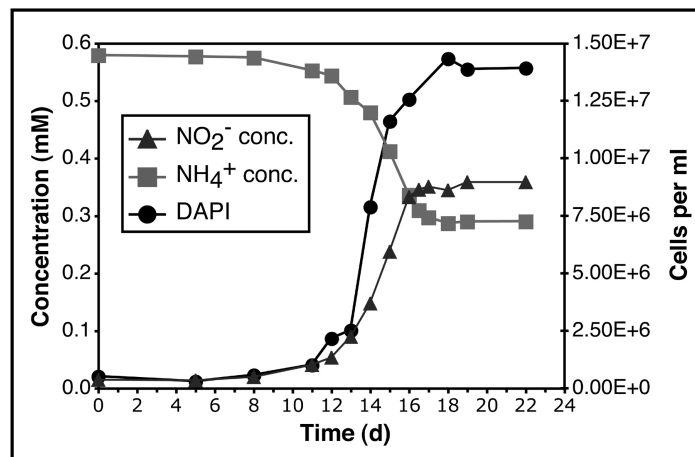
(a)

(b)

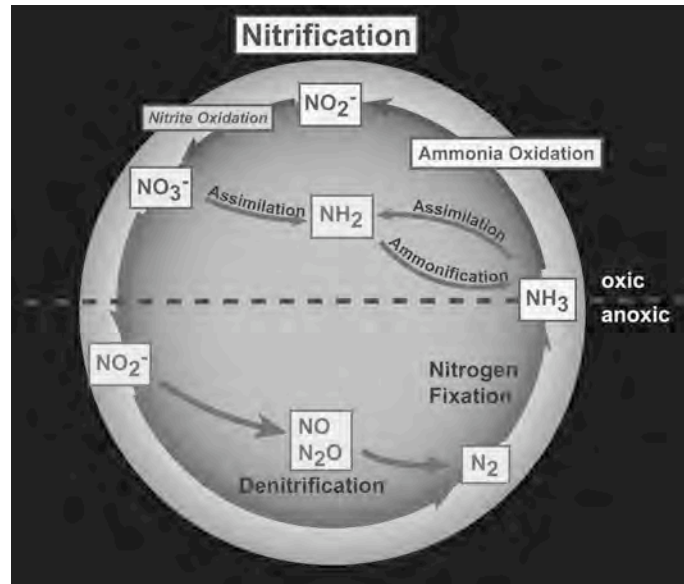
Marine Crenarchaea: *Nitrosopumilus maritimus*



Marine Crenarchaea oxidieren aerob Ammonium zu Nitrit



Ökologische Rolle von nitrifizierenden Archaea



Ökologische Rolle von chemolithoautotrophen Archaea

- Primärproduzenten in aeroben, oligotrophen Habitaten ohne organische Substrate oder Sonnenlicht (tiefe Ozeane, Polare Winter)
- Stellen bis zu 20% der gesamten Mikroorganismengemeinschaft in den Ozeanen dar.
- Tragen zum Recycling (Re-Oxidation) von reduziertem, anorganischen Stickstoff bei.
- Ammonium dient als Elektronendonator, Sauerstoff als Elektronenakzeptor.

Konzept der Lithotrophie (1886)

Ihre Lebensprozesse spielen sich nach einem viel einfacheren Schema ab; durch einen rein anorganischen chemischen Prozess...werden alle ihre Lebensbewegungen im Gange erhalten

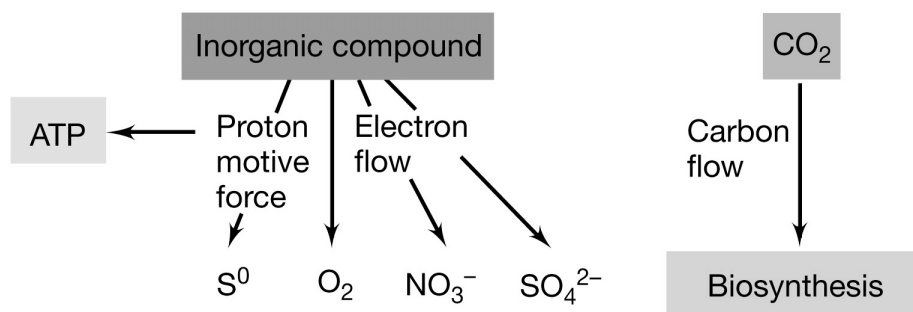


Sergej Nikolaevitch Winogradsky (1857–1953)

Umsetzung von anorganischen Substanzen zur Energiegewinnung:

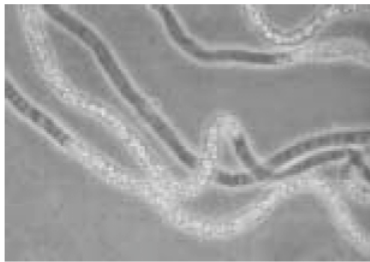
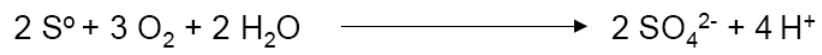
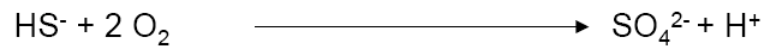
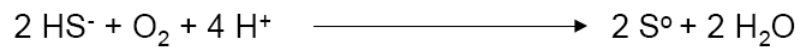
- Nitrifikation (Oxidation von Ammonium zu Nitrat)
- Schwefeloxidation
- Eisenoxidation

- **Autotrophe Bakterien**
- **Stickstofffixierung in Bakterien**

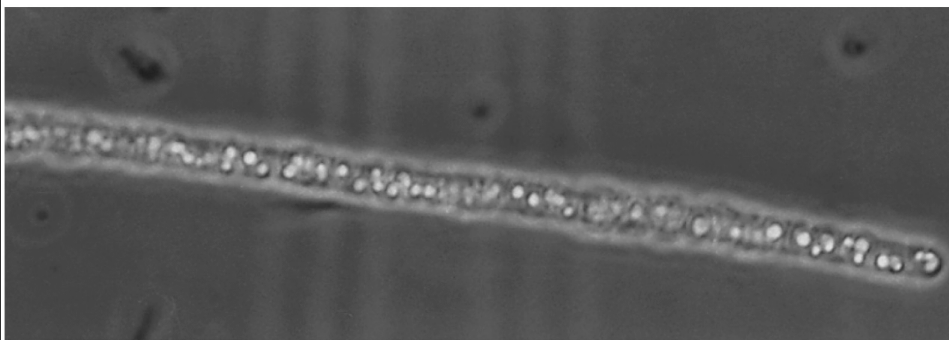


(b) Chemolithotrophic metabolism

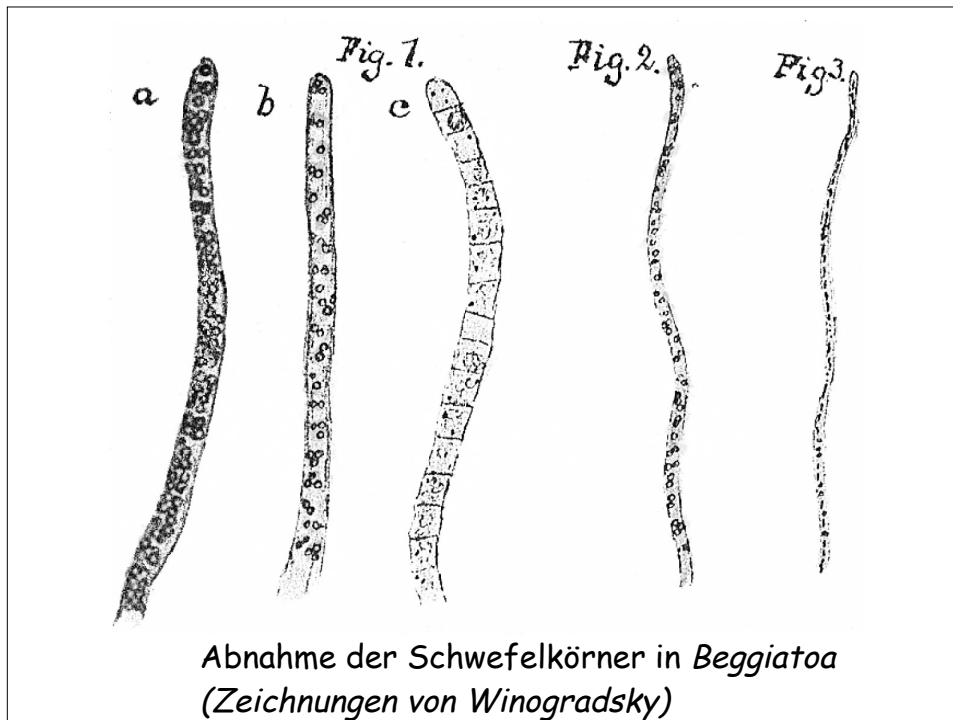
Oxidation reduzierter Schwefelverbindungen



Filamente von *Beggiatoa* sp. Mit intrazellulären Schwefelkörnern.



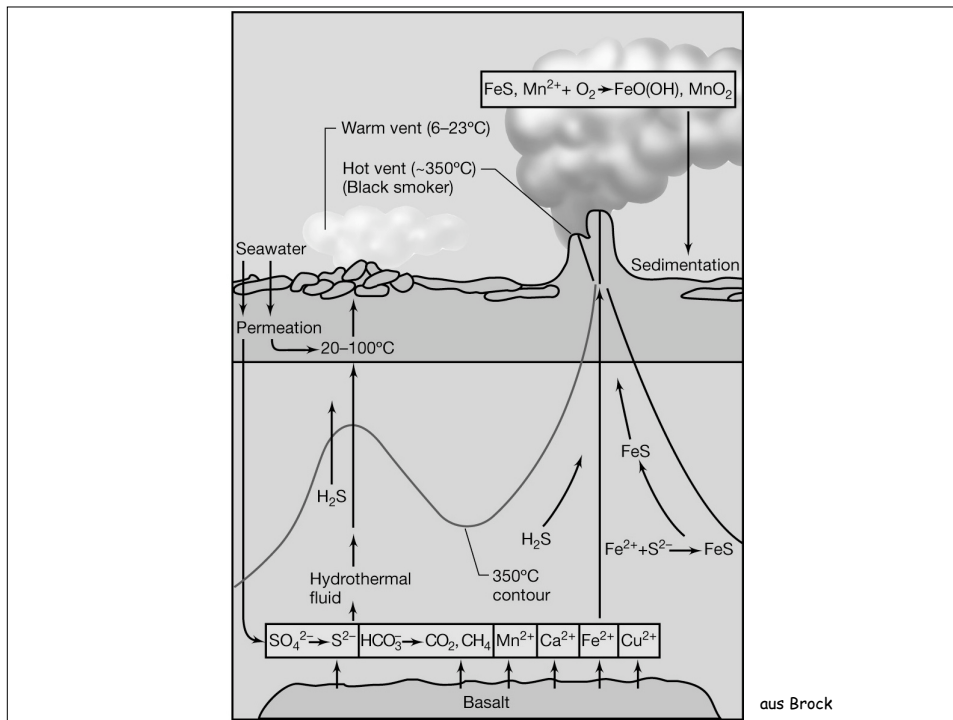
(a) **Schwefeleinlagerungen von *Beggiatoa***



Hydrothermal Vent Systeme

- Thermalquellen an Spreitungszonen der Erdkruste unter dem Meer
- Meerwasser sickert in Krustenbereich, wird aufgeheizt und mit Mineralien angereichert.
- Mit Mineralien angereichert wird es unter Druck rausgepresst
- 270-350 °C heisse Flüssigkeiten bildet 'Black Smoker'
- Entstehung von starken Temperaturgradienten





Chemolithoautotrophe Prokaryoten in marinen Hydrothermal Systemen

| Elektronendonor | Oxidiertes Produkt | Prozess/ Beispiel |
|------------------------------|-----------------------------------|--|
| H ₂ | H ⁺ (H ₂ O) | Knallgasbakterien |
| NH ₄ ⁺ | NO ₃ ⁻ | Nitrifikation (2 Organismen) |
| NH ₄ ⁺ | NO ₂ ⁻ | Ammoniumoxidierer (<i>Nitroso-</i>) |
| NO ₂ ⁻ | NO ₃ ⁻ | Nitritoxidierer (<i>Nitro-</i>) |
| CH ₄ | CO ₂ | Methanoxidierer (<i>Methylo-</i>) |
| H ₂ S | SO ₄ ²⁻ | <i>Thiobacillus</i> , <i>Beggiatoa</i> |
| Fe ²⁺ | Fe ³⁺ | Eisenoxidation |