

# Biolaugung

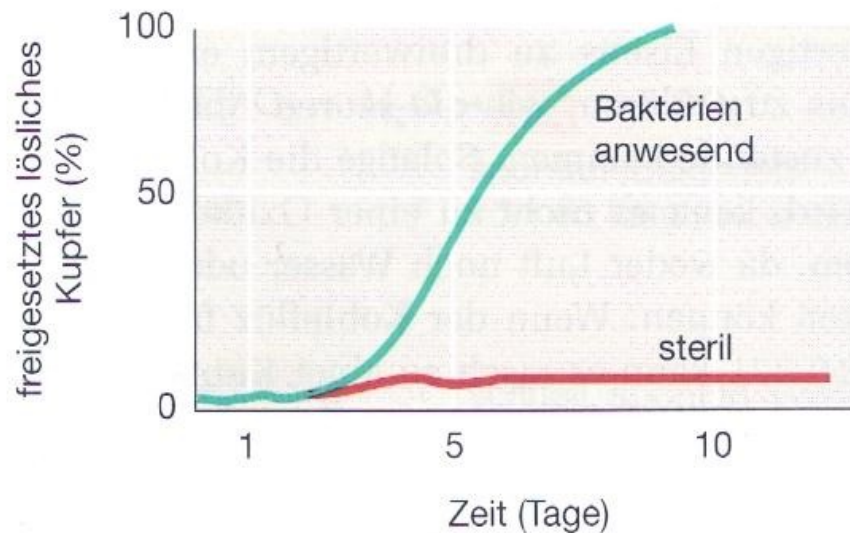
## Mechanismus



Von Wiebke Beysiegel und Greta Buschmann

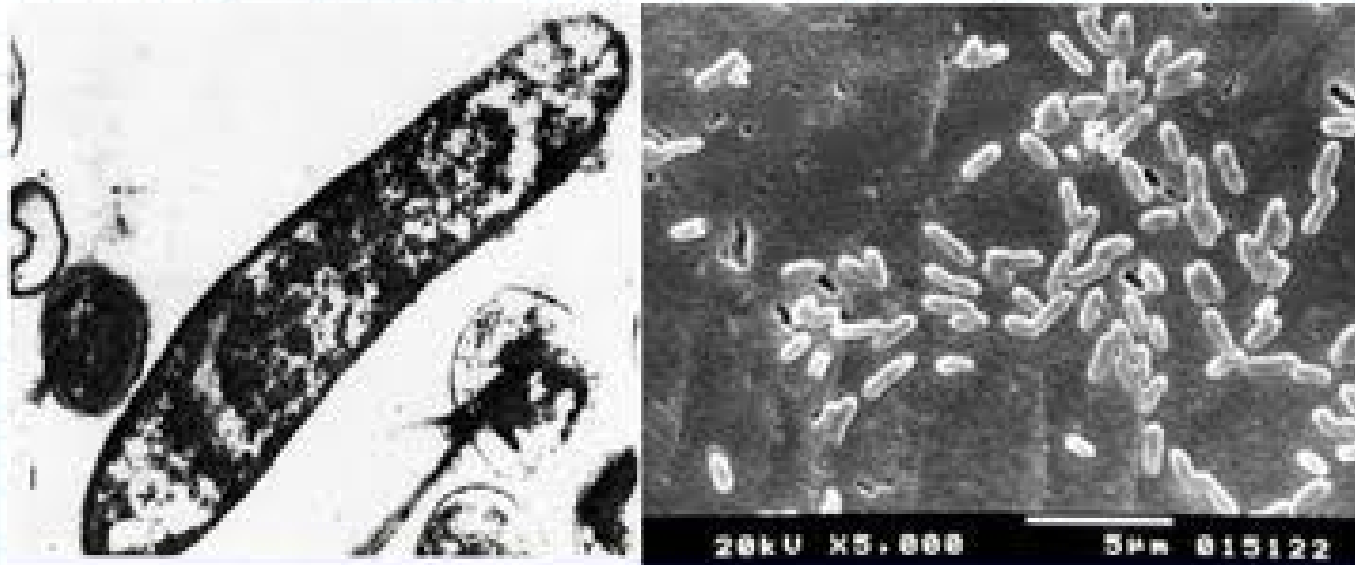
# Was ist Biolaugung?

- Gewinnung von Metallen aus ihren Erzen mit Hilfe von Mikroorganismen
- durch Mo entstandene Metallkationen werden im Wasser gelöst und anschließend ausgefällt
- etablierte Biologische Technik für die Gewinnung von zum Beispiel Kupfer



# Welche Eigenschaften haben die beteiligten Bakterien?

- Acidophil ( $\text{pH} < 3$ )
- müssen Schwefel oder  $\text{Fe(II)}$  - Ionen oxidieren können

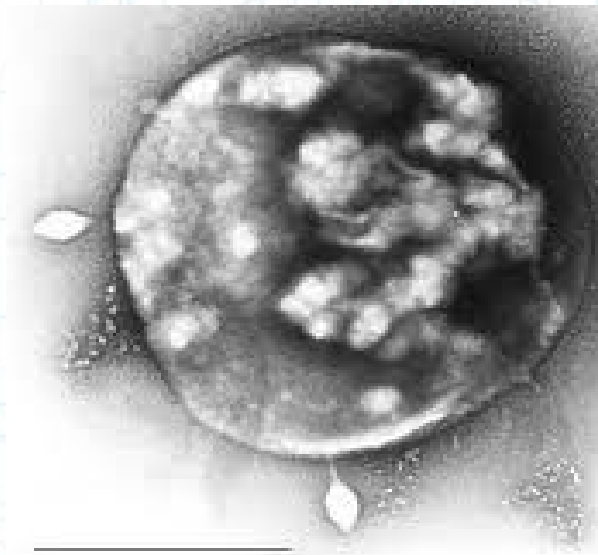


# Beispiele

- $\gamma$ -Proteobakterien:
  - Acidithiobacillus ferrooxidans
  - Acidithiobacillus thiooxidans
- Andere Proteobakterien
  - Gattung Acidiphilium
  - Gattung Leptospirillum
    - Leptospirillum ferrooxidans
- Gram Positive Bakterien
  - Gattungen: Acidimicrobium, Ferromicrobium, Sulfobacillus

# Beispiele II

- Archaen
  - Sulfolobus
  - Acidianus
  - Metallosphaera
  - Sulfurisphaera



# Thiosulfat Mechanismus

- Kommt zum Einsatz bei Erzen, die nicht in Säure löslich sind
  - Beispiel:  $\text{FeS}_2$ ,  $\text{MoS}_2$ ,  $\text{WS}_2$
- Oxidation durch Fe(III)
- Es entsteht Thiosulfat
- Thiosulfat reagiert zu Sulfat und elementarem Schwefel 10% (in Abwesenheit von Sulfat Oxidieren Bakterien)
- Kann nur mit Fe(II) oxidierenden Bakterien Stattfinden, da nur diese Fe(III) regenerieren

# Polysulfid Mechanismus

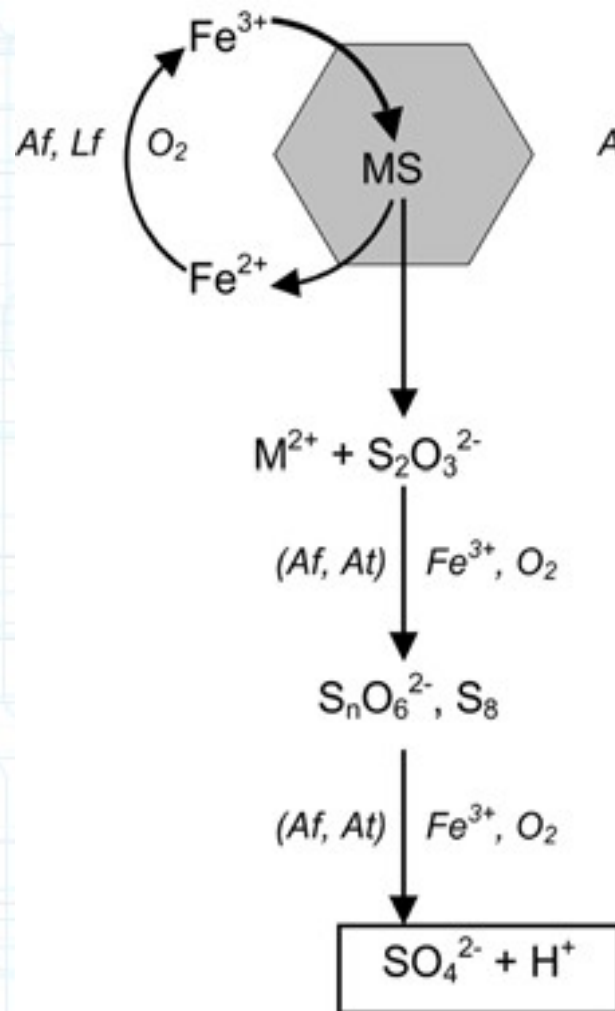
- Kommt bei säurelöslichen Erzen zum Einsatz  
Beispiel: ZnS, PbS, FeAsS, CuFeS<sub>2</sub>
- Kombination aus Protonenangriff und Oxidation
- Nachdem zwei Protonen gebunden wurden, entsteht H<sub>2</sub>S und nach Oxidation H<sub>2</sub>S<sup>+</sup>
- Dimerisierung zu H<sub>2</sub>S<sub>2</sub>
- Es entsteht 90% Schwefel (wenn keine schwefeloxidierenden Bakterien vorhanden sind)

# Polysulfid Mechanismus II

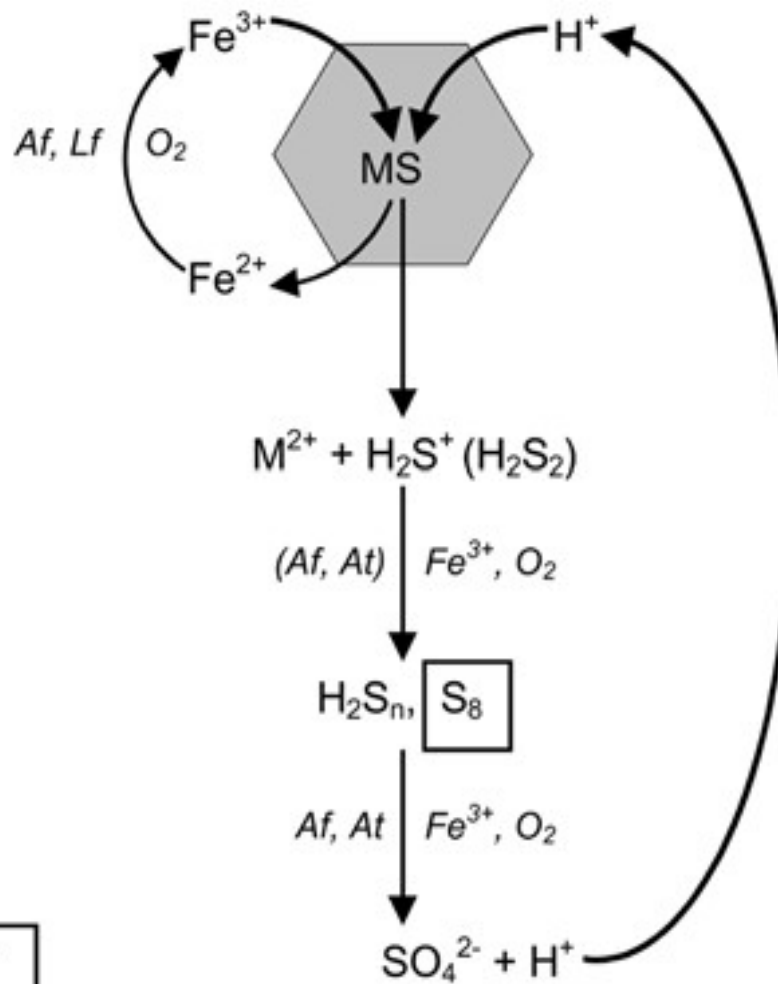
- Die Oxidation von Fe(II) ist nicht unbedingt notwendig
- Bindung kann durch Protonen gebrochen werden → also auch schwefeloxidierende Bakterien
- Bakterien oxidieren  $\text{H}_2\text{S}$  zu Schwefelsäure
- Protonen werden gebildet



### A Thiosulfate mechanism



### B Polysulfide mechanism

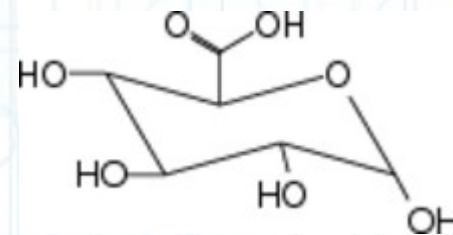


# Wie kommen die Biolaugungs Bakterien vor?

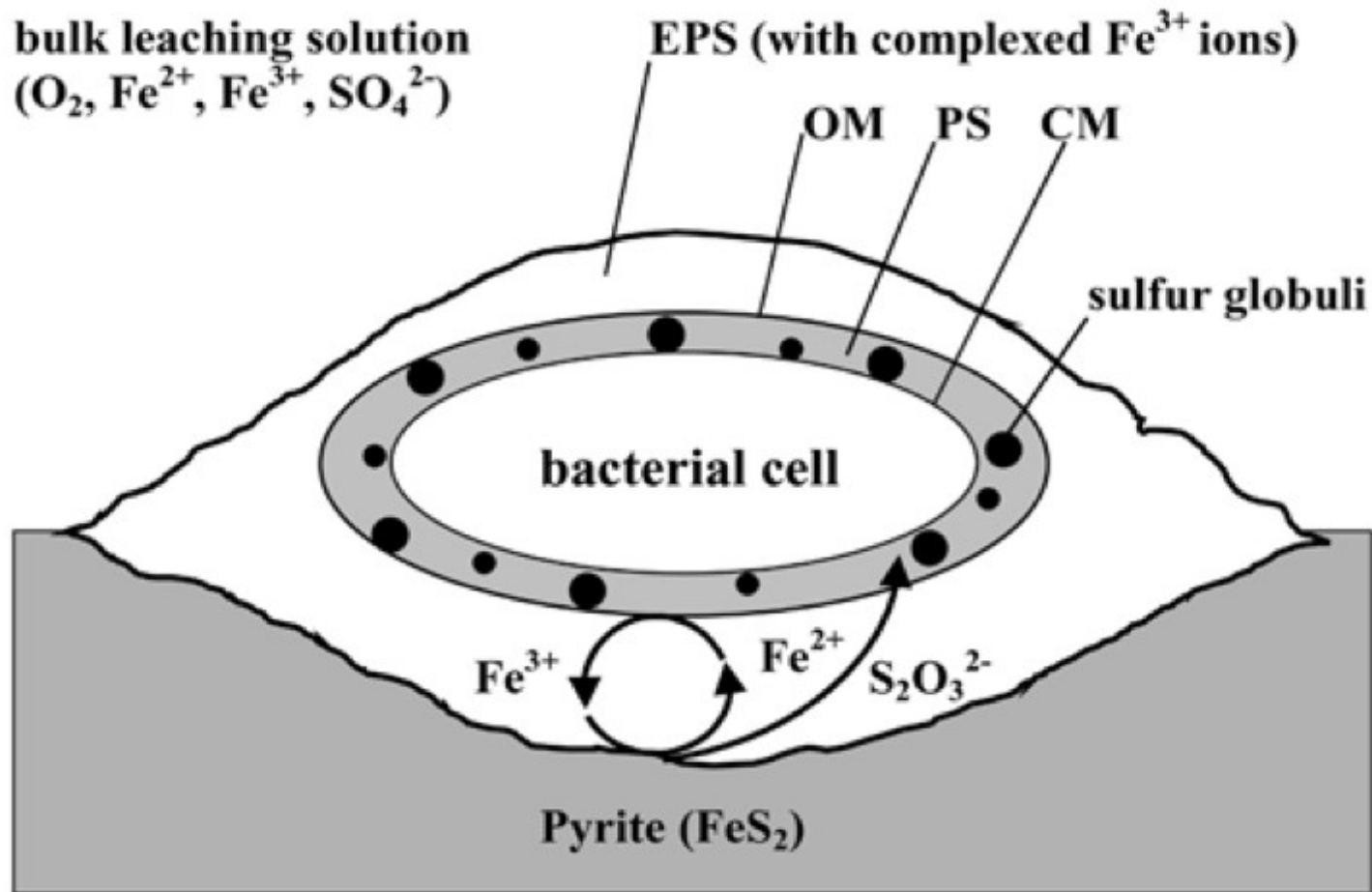
- Meist in Verbindung zur Oberfläche („contact“)
  - Anhaftung größtenteils durch **Extrazelluläre Polymere Substanzen (EPS)**
- Manche Planktonisch („non-contact“)

# EPS

- Besteht aus verschiedenen Zuckern, gesättigten Fettsäuren, Glucuronsäure und Fe(III)-Ionen
- Anhaftung durch Positiv geladene Zellen/negativ geladene Oberfläche
- EPS Zusammensetzung bestimmt die Oberfläche auf der die Zellen haften können



# EPS II



OM: Outer Membrane PS: Periplasmic Space CM: Cytoplasmic Membrane

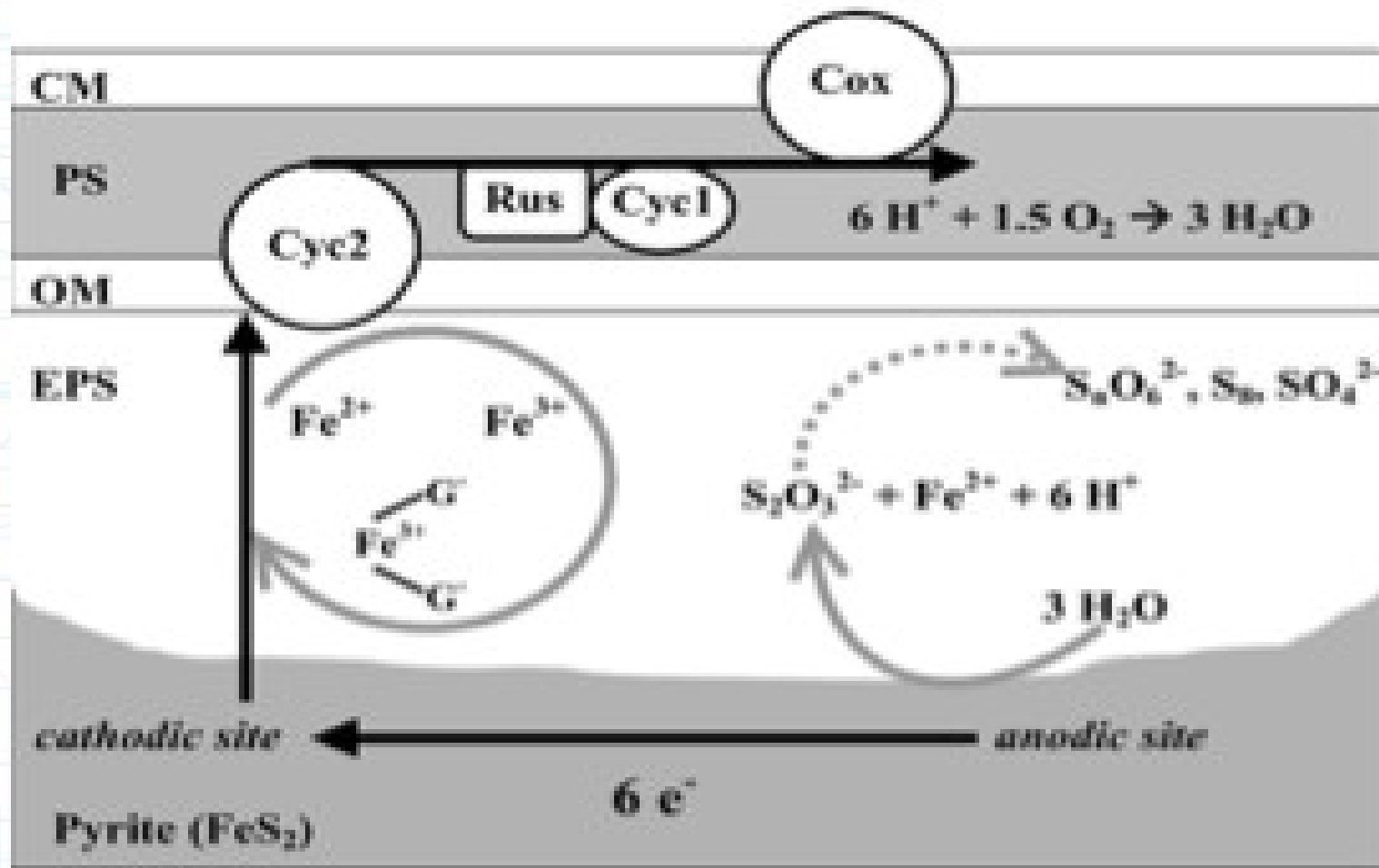
# An welchen Stellen haften die Mikroorganismen an?

- Anheftung nicht zufällig:
  - häufig an Kratzern o.ä.
  - entlang kristallographischer Achsen
- haben chemosensorisches System
  - Vermutung: lagern sich vorzugsweise an lokaler Anode an

# Transport über Eisenkomplexe

- Fe(III) - Ionen bilden Komplexe mit Glucuronsäure
- Bildung eines Fe(II)-Komplex (instabiler als gelöste Fe(II) – Ionen, Glucuronsäure wird abgespalten)
- Fe(II) – Ionen werden an Zellmembran zu Fe(III) – Ionen oxidiert
- Glucuronsäure bindet an gelöste Fe(III) - Ionen

# Elektronentransport

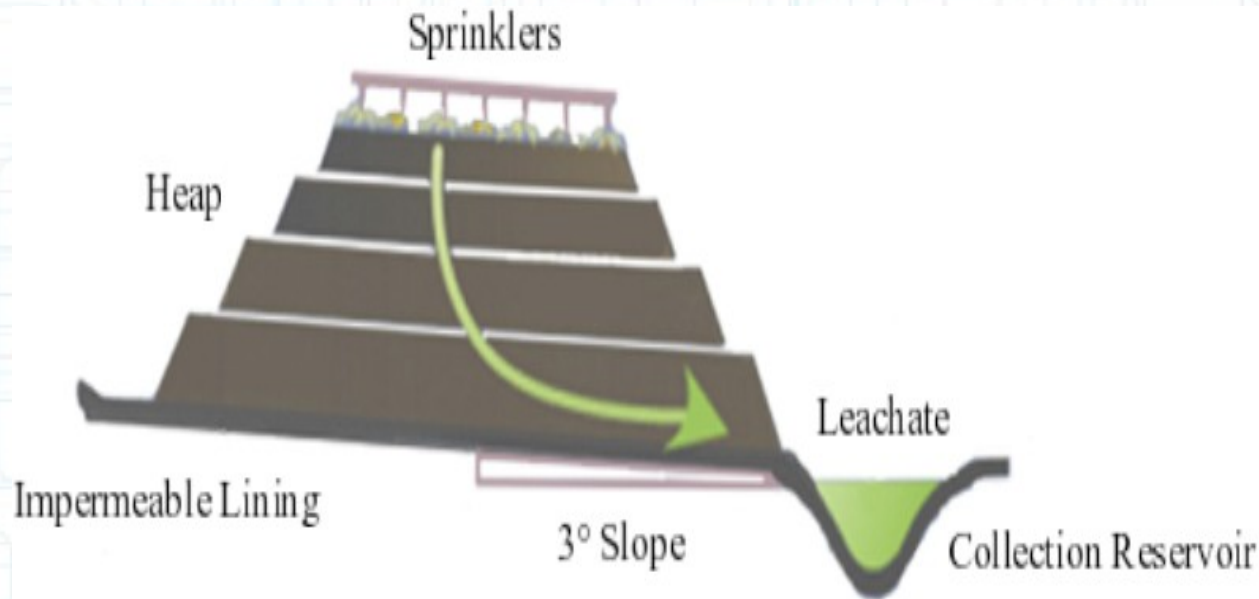


# Probleme

- Schwefel kann suspendiert in Lösung oder als Film auf der Oberfläche vorkommen
- Wenn eine Schwefelschicht auf der Oberfläche entsteht werden elektrochemische Eigenschaften verändert
  - Barriere für Diffusion von Ionen und  $O_2$
- Bei hohem Redox-Potential (750 mV gegen SHE) keine Schwefelschicht



# Anwendungsbeispiel



- Erze werden zerkleinert
- Anlage wird bewässert
- Reaktionsprodukte werden ausgeschwämmt und gesammelt
- Anschließend werden Metalle ausgefällt

# Quellen

- <http://de.academic.ru/pictures/dewiki/67/Chalkopyrit-Chalcopyrite-Buntkupfer-Kupferkies1.jpg>
- [http://www.amrita.ac.in/bioprojects/IndusMicroBio/microb%20\\_cultech/images\\_cultech](http://www.amrita.ac.in/bioprojects/IndusMicroBio/microb%20_cultech/images_cultech)
- <http://www.chemie.unibas.ch/~team2008/PHilpert/glucoronsaure.png>
- <http://images.angelpub.com/2008/08/136/heap-leach-diagram-large.png>
- Brock Mikrobiologie; Madigan, Martinko, Lazar, Thomm-Reiz 11. Auflage
- T. Rohwerder . T. Gehrke . K. Kinzler . W. Sand

Bioleaching review part A: Progress in bioleaching: fundamentals and mechanisms of bacterial metal sulfide oxidation

- G. J. Olson · J. A. Brierley · C. L. Brierley

Bioleaching review part B: Progress in bioleaching: applications of microbial processes by the minerals industries