

Biolaugung - Nutzung



Sebastian Vetter, Hendrik Noll (WS 2011/12)

Ganz grundsätzlich

Biolaugung: Aus **Erzen** Roh-Metall gewinnen



Mit Mikroorganismen werden die Metallatome in den Mineralen zu wasserlöslichen Sulfaten oxidiert

Die Sulfate werden angereichert und daraus das Rohmetall gewonnen

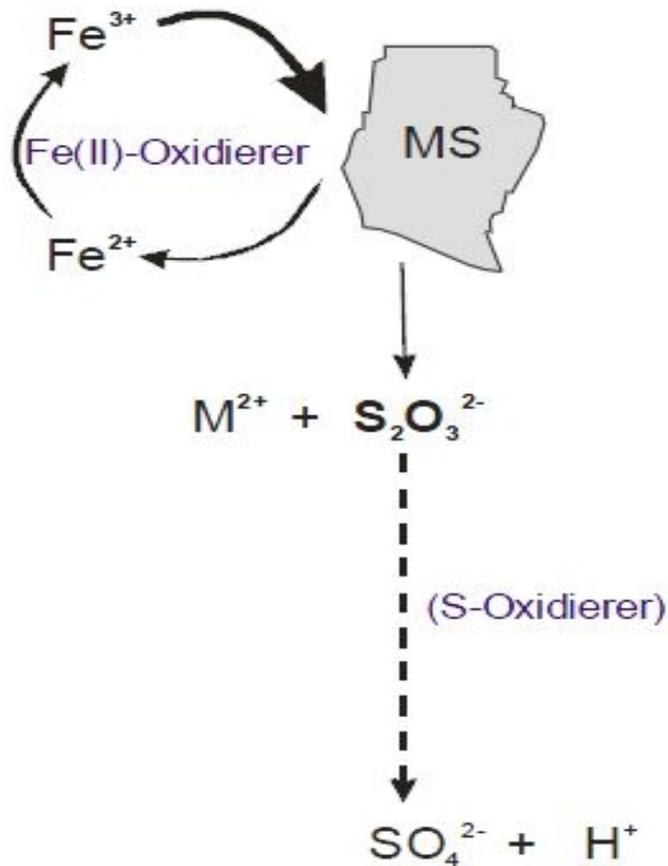
Einleitung Biolaugung

Eine alternative Methode zur Metallgewinnung

- **Für Erze mit geringer Metallkonzentration**
- Viel geringerer Energieaufwand
- Umweltbelastungen kontrollierbarer

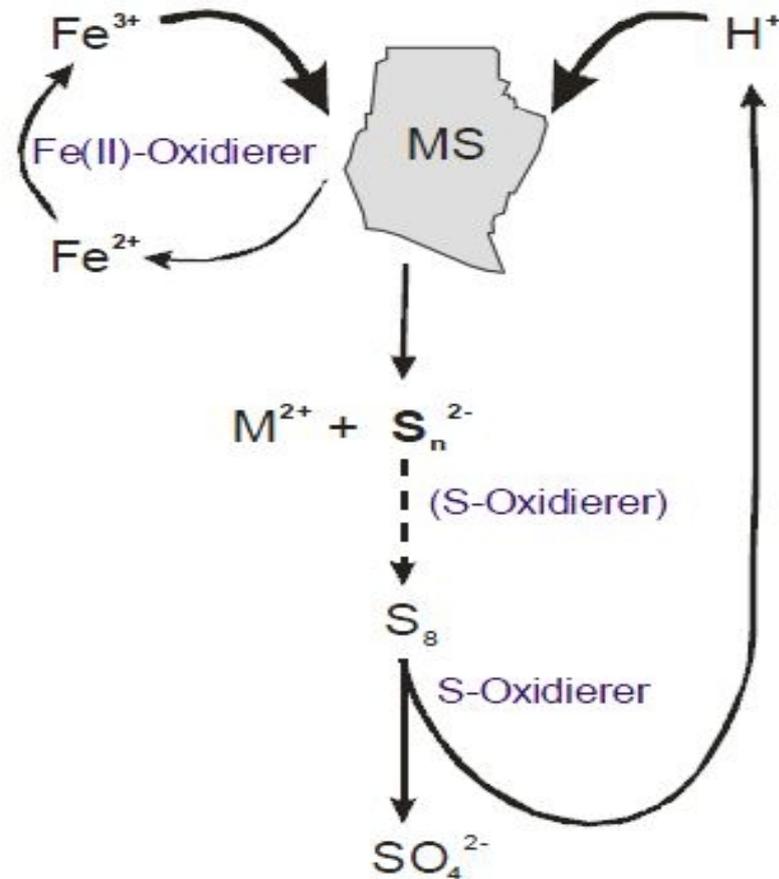
Mechanismen

Thiosulfat-Mechanismus



Bei nicht-Säure-löslichen Erzen

Polysulfid-Mechanismus



Bei Säure-löslichen Erzen

Geschichte

Schon im 15. Jahrh. nutzten bspw. die Ungarn den Prozess, um aus Grubenwasser „blauen Vitriol“ und daraus Kupfer zu gewinnen.



Heute: hauptsächliche Nutzung zur Biooxidation von Kupfersulfiden
(prinzipiell der gleiche Prozess)

Geschichte

1947	Entdeckung des Beitrags von Mikroorganismen zur Biolaugung
1951	<i>Acidithiobacillus ferrooxidans</i> als erster acidophiler Eisen/Schwefel-Oxidierer beschrieben.
1980	erste kommerzielle Nutzung unter mikrobiologischen Aspekten. (Chile)

Verwendete Mikroorganismen

Mesophile



Moderat
Thermophile



Thermophile

bis 40°C

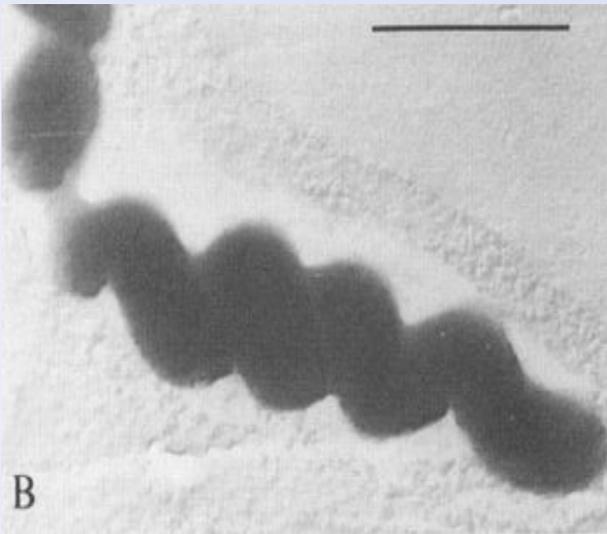
bis 60°C

bis zu 90°C

Acidithiobacillus ferrooxidans
Leptospirillum ferrooxidans
(autochthon)

Sulfobacillus spp.
Leptospirillum ferriphilum
(aus hydrothermischen Quellen)

Sulfolobus acidocaldarius
Metallosphaera
(Archaeen)



Leptospirillum ferrooxidans

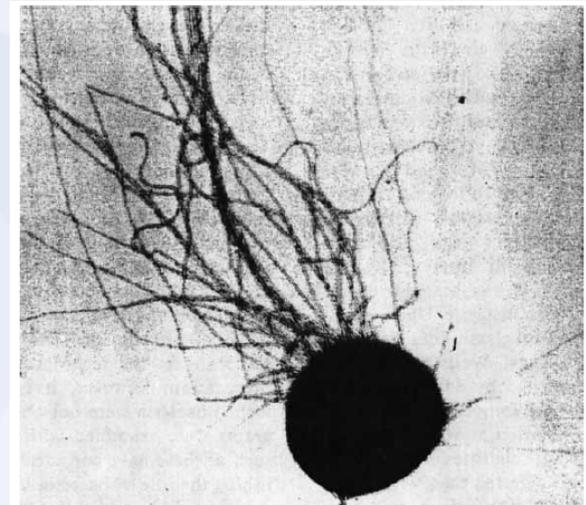
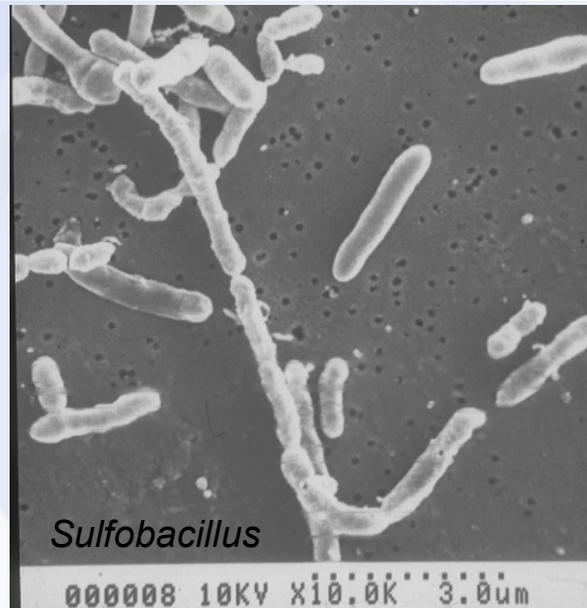


FIGURE 3. Pili of *Sulfolobus* on bacteria attached to sulfur in a flowing acid hot spring, pH 2.3; 75°C. (From Weiss, R. L., Attachment of bacteria to sulphur in extreme environments, *J. Gen. Microbiol.*, 77, 501, 1973. With permission of Cambridge University Press.)

Mikroorganismen



Vorteile von Thermophilen:

- Erhöhte Reaktionsgeschwindigkeit (RGT-Regel)
 - Höhere Ausbeuten aus **Chalcopyrit** (CuFeS_2), dem wichtigsten Kupfererz
-

Gemeinsamkeiten der MO:

- Aerob (Belüftung fördert Prozess)
- Können Schwefel oder Fe(II) oxidieren
- Acidophil

Mikroorganismen

Konsortien:

Eisen-Oxidierer verwerten Eisensulfide

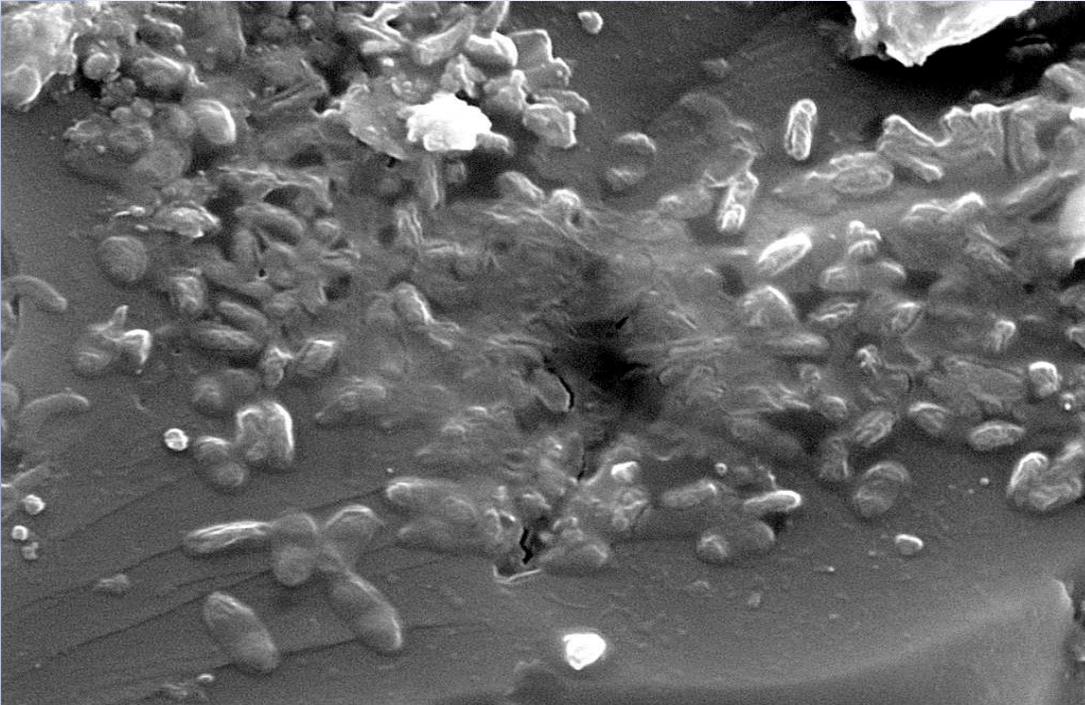
Nebenprodukte: Thiosulfat, elementarer Schwefel

Schwefeloxidierer oxidieren weiter $\rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$

S_0 behindert weitere Oxidation

\rightarrow Schwefeloxidierer beschleunigen Prozess

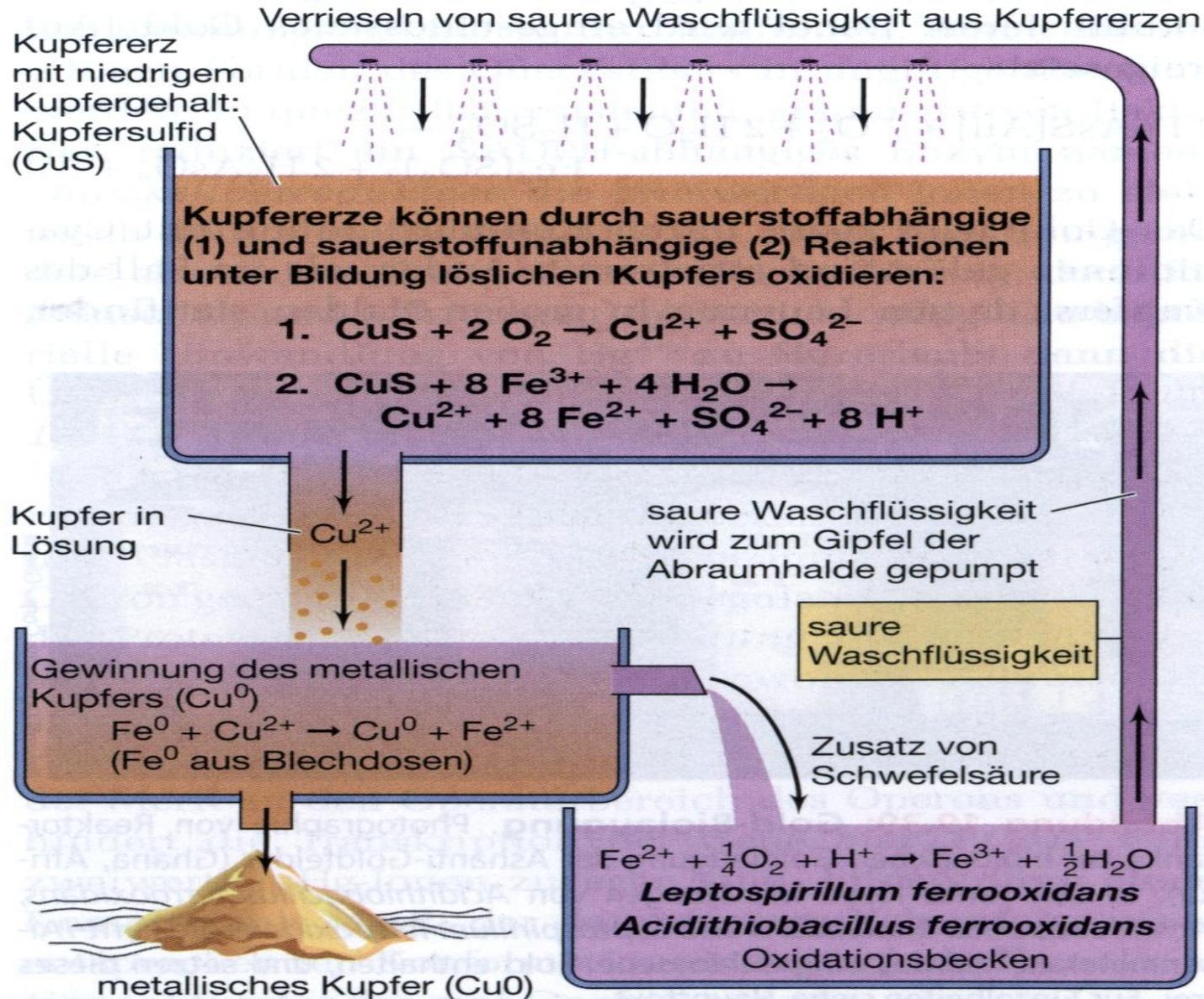
Mikroorganismen



Rolle der EPS:

1. Anheftung an Metallsulfidoberfläche
2. Konzentration der Fe(III)-Ionen an der Mineraloberfläche
→ Lösung der Metallsulfide wird verbessert

Kupfergewinnung



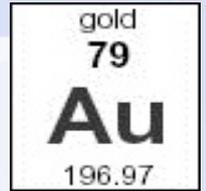
Kupfergewinnung

Table 1 Commercial copper bioheap leach plants

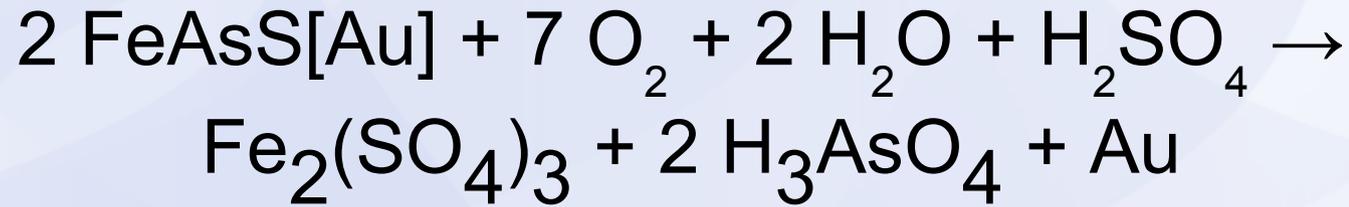
Plant and location	Size: tonnes ore/day	Years in operation
Lo Aquirre, Chile	16,000	1980–1996
Gunpowder's Mammoth Mine, Australia	In-situ ^a	1991–present
Mt. Leyson, Australia	1,370	1992–1997
Cerro Colorado, Chile	16,000	1993–present
Girilambone, Australia	2,000	1993–in closure
Ivan-Zar, Chile	1,500	1994–present
Quebrada Blanca, Chile	17,300	1994–present
Andacollo, Chile	10,000	1996–present
Dos Amigos, Chile	3,000	1996–present
Cerro Verde, Peru	32,000	1996–present
Zaldivar, Chile	~20,000	1998–present
S&K Copper, Myanmar	18,000	1998–present
Equatorial Tonopah, USA	24,500	2000–2001

^a ~1.2 million t ore body

25% der weltweiten Kupferförderung durch Biolaugung
(Tendenz steigend)



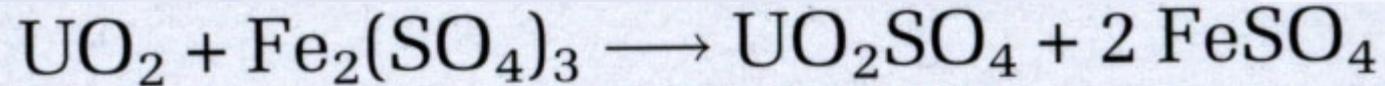
Gold



Vorbehandlung von goldhaltigen Sulfiderzen
zur Verbesserung der Cyanidlaugung

Ausbeuteerhöhung von 30-39% auf 49-61%

Uran



Wegen der Gefahren beim Uranabbau
nur wenige kommerzielle Anwendungen

In situ Laugung

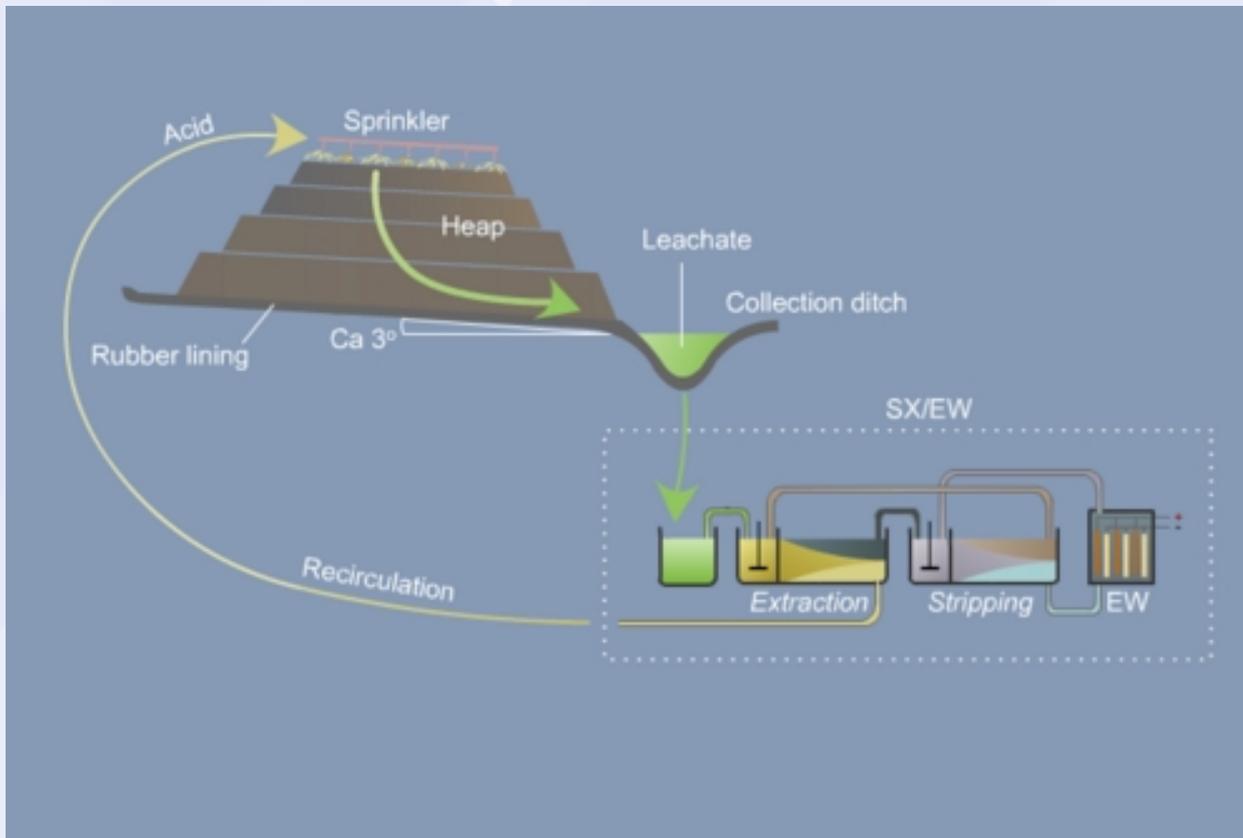
Halden



Halden



Halden



Belüftung
beschleunigt
Biolaugung

Höhe der
Halde steigert
die Temp. im
Inneren

- Umweltgefahr durch Schwefelsäure und gelöste Schwermetalle, insb. für Grundwasser

Tanks

- Gemahlenes Erz wird von oben in den Tank gegeben
- Bakteriensuspension wird darauf geträpelt
- Belüftung von unten



Sehr hohe Ausbeuten,
aber relativ geringe Umsätze

Vergleich

Reaktoren	Halde
Parameter direkt einstellbar	Parameter nur indirekt einstellbar
Geringe Umsätze (Gold, Uran)	Sehr große Umsätze (Kupfer)
Höhere Betriebskosten	Sehr geringe bis mäßige Betriebskosten
Kein relevantes Umweltrisiko	Signifikantes Umweltrisiko

Aussicht

Biolaugung entwickelt sich zu einer wichtigen Sparte in der Metallförderung

Nickel-, Blei- und Zinklaugung in Aussicht

Weitergehende Optimierung durch neue MO

In-situ Biolaugung

Quellenverweise

G.J. Olson, J.A. Brierley, C.L. Brierley
Bioleaching Review Part B

Brock Mikrobiologie, 11. Ausgabe, Pearson Verlag

K. Kinzlera, T. Gehrkea, J. Telegdib, W. Sand
Bioleaching—a result of interfacial processes caused by extracellular polymeric substances (EPS) (Abstract)

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304386X03001762>

http://wiki.biomine.skelleftea.se/wiki/index.php/Heap_leaching

<http://www.geobiotics.com/geocoat/irrigation-and-solution-management.html>

<http://www.accessscience.com/loadBinary.aspx?filename=082525FG0010.gif>

<http://www.ironmountainmine.com/iron%20mountain/Iron%20Mountain%20Mines%20insitu%20remediation.pdf>

<http://www.scienceblog.com/community/older/archives/E/usgs028.html>

<http://www.mtrl.ubc.ca/research/hydrometallurgy/research/placer/placer.htm>

<http://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/Erzlaugung?redirectfrom=Bioleaching>

<http://www.springerlink.com/content/v700540375968065/>

<http://www.goldseiten.de/content/kolumnen/artikel.php?storyid=1796&seite=1>

http://www.goldfields.co.za/com_technology.php

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0892687511000689>

<http://www.personal.psu.edu/faculty/j/e/jel5/biofilms/leaching.html>

http://deposit.ddb.de/cgi-bin/dokserv?idn=981638155&dok_var=d1&dok_ext=pdf&filename=981638155.pdf

Acid Mine Drainage

- Ungewollte Biolaugung in stillgelegten Bergwerken oder in freier Natur
- Die freigesetzten Schwermetalle sowie Schwefelsäure können in Gewässern oder dem Grundwasser große Schäden anrichten
- Bsp.: Iron Mountain; natürliches Wasser mit pH **-3,6**