

[https://doi.org/10.1002/1522-2640\(200204\)74:4<500::AID-CITE500>3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/1522-2640(200204)74:4<500::AID-CITE500>3.0.CO;2-2)

sche Verfahrenstechnik der TU Clausthal für die technische und fachliche Unterstützung sowie bei der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück, für die anteilige Förderung unter dem Kennzeichen AZ 15748.

Eingegangen am 6. Dezember 2001 [K 2975]

Formelzeichen

n	[-]	Drehzahl der Zentrifuge
$x_{50,3}$	[m]	Partikeldurchmesser; 30%-Perzentil der Volumen-Größenverteilung Q_3
$x_{90,3}$	[m]	Partikeldurchmesser; 90%-Perzentil der Volumen-Größenverteilung Q_3
λ	[-]	Verhältnis der Volumenströme von Luft (Normzustand) und Suspension
τ	[s]	Verweilzeit im Rotor

Literatur

- [1] BOTHE, C.
Flotation von Kohle kleiner 20 μm im Fliehkraftfeld, Dissertation, TU Clausthal 1992.
- [2] BOTHE, C.; LESCHONSKI, K.
Untersuchungen zur pneumatischen Flotation von Feinstkohle im Erdschwere- und Fliehkraftfeld, Teil I, Erzmetall 46 (1993) S. 356/363; Teil II, Erzmetall 46 (1993) S. 461/464.
- [3] HEIDENREICH, C.; BENKER, B.; LESCHONSKI, K.
Optimierung des Begasungsreaktors einer Wehrflotationszentrifuge, Chem.-Ing.-Tech. 68 (1997) S. 1248/1249.
- [4] HEIDENREICH, C.
Intensivierung der Flotation durch Zentrifugalfeld und Ultraschall, Dissertation, TU Clausthal 2000.
- [5] VOGELPOHL, A.
Aufkonzentration von Biomasse durch Begasungsflotation, DFG-Abschlussbericht zu Vo 203/28-1 (1995).

Biosorption umweltrelevanter Schwermetalle an ausgewählten Biomaterialien als Grundlage für die Reinigung belasteter Abwässer

JELKA ODRUSCHKA* UND THOMAS BLEY

1 Problemstellung

Weltweit wird in den Industriestaaten in zunehmendem Maße das Grundwasser durch Schwermetalle, wie Arsen, Blei,

Cadmium, Chrom, Kupfer, Quecksilber und Zink, kontaminiert. Eine Sanierung dieser Schadensfälle gestaltet sich in der Regel äußerst schwierig, da es enorme Wassermengen betrifft und Schwermetalle biologisch nicht abbaubar sind. Sparsames Umgehen mit der Naturressource Wasser erfordert, Schwermetalle aus Abwässern, Prozesswässern sowie Bergbau- und Drainagewässern zu eliminieren.

Eine Alternative zu den herkömmlichen Methoden zur Schwermetallentfernung, wie Ionenaustausch, Zementation, Membrantechniken, Elektrolyse, Komplexbildung oder chemische Fällung, ist der Einsatz von Biosorbentien [1–6]. Wenn diese relativ kostengünstig bereitgestellt werden können, z. B. aus Abfallmaterial der Pharma- und Nahrungsmittelindustrie, hat ihr Einsatz in Zukunft eine echte Perspektive.

Mikrobielle Verfahren der Metallgewinnung aus Lösungen sind ökonomisch dann vorteilhaft, wenn physikalisch-chemische Verfahren versagen oder nicht effektiv einsetzbar sind. Das trifft vor allem bei großen Wassermengen mit relativ geringen Schadstoffkonzentrationen zu [7].

Die Eigenschaft mikrobieller Biomasse – Bakterien, Pilze, Algen – zur Adsorption, Akkumulation und Fällung von Metallen kann sowohl für den Umweltschutz (Abtrennung von Schwermetallen aus Abwasserströmen) als auch zur Wertstoffgewinnung [8, 9] genutzt werden.

Die meisten der publizierten Untersuchungen betrachten eine Metallspezies an einem ausgewählten Mikroorganismus. Hierbei handelt es sich in der Regel um Grundlagenuntersuchungen, wie z. B. in [2, 6, 10] dargestellt. Vergleichende Betrachtungen fehlen weitgehend.

Diese Studie beschreibt und vergleicht den Einsatz verschiedener Biosorbentien, die als Abfallprodukte in Fermentationsprozessen anfallen und deshalb kostengünstig zur Verfügung gestellt werden können, hinsichtlich ihrer Eignung zur Reinigung von metallhaltigen Abwässern. Neben der unterschiedlichen Art und Konzentration der Metalle soll auch der Einfluss der Wertigkeit der Kationen sowie der Einfluss des pH-Wertes des Systems auf die Sorptionsleistung der Mikroorganismen betrachtet werden.

2 Experimentelles

Es wurden Biomaterialien getestet, die im Labor vorhanden waren und deren Kultivierung auch in größeren Mengen keine Schwierigkeiten bereitet. Als Vergleich dienten die Naturprodukte Torf und Xylit sowie das Abprodukt Kraftwerksasche.

Mikroorganismen (*Trichoderma reesei*, *Saccharomyces* spez., *Methylobacter* spez.) wurden im Schüttelkolben bzw. Fermentor unter optimalen Bedingungen kultiviert und durch Zentrifugation vom Medium abgetrennt. Außerdem wurde Abfallbiomasse (Schlempe) aus einer Brauerei eingesetzt.

Die Metallkonzentrationen (Ag, Cd, Cr, Ni, Pb, Zn) entsprachen zum einen denen von Industrieabwässern (100–1000 mg/L) und zum anderen denen von Trink-, Brauch- und Grundwasser (5–50 mg/L).

* Dr. J. ODRUSCHKA, Prof. Dr. T. BLEY, Institut für Lebensmittel- und Bioverfahrenstechnik, TU Dresden, D-01062 Dresden.

Vorbehandlung des Biosorptionsmaterials

Aus Kostengründen wurde versucht, mit billig zu erhaltener Abfallbiomasse aus einer Brauerei und Resten der Enzymproduktion sowie der PHB-Gewinnung zu arbeiten. Um Effekte der chemischen Zusätze dieser Fermentationsprozesse auf die Schwermetallbindung auszuschließen und Schimmelpilzbefall zu vermeiden, wurden Wasch- und Trocknungsvorgänge (sprühgetrocknet oder bei 45 °C steril getrocknet und anschließend pulverisiert) vorgeschaltet. Die behandelte Biomasse wie auch die Frischbiomasse wurden direkt in die schwermetallhaltige Lösung eingebracht.

Versuchsdurchführung

Jeweils 1 – 10 g/L Biomasse (berechnet auf Trockenmasse) wurde in Lösungen mit 5 – 1000 mg Schwermetall (Ag, Cd, Cr, Ni, Pb) pro Liter suspendiert und die pH-Werte auf minimal 4,5 geregelt. Zur Einstellung des Biosorptionsgleichgewichtes wurde 2 – 18 Stunden bei 25 °C geschüttelt oder gerührt, halbstündlich der pH-Wert gemessen und der Metallgehalt in der Lösung bestimmt. Kontrollansätze ohne hinzugefügte Biomasse bzw. mit anderen möglichen Sorbenten (Asche, Torf, Xylit) ermöglichen Vergleiche hinsichtlich der Wirkungsweise der Biomaterialien.

Analytik

Die Metallbestimmung erfolgte photometrisch (Küvetten-tests der Firma Dr. LANGE).

3 Ergebnisse

3.1 Sorptionskapazität verschiedener Biomassen hinsichtlich Cadmium und Chrom

Unter den ausgewählten Versuchsbedingungen zeigten sowohl die Hefen als auch Bakterien gute Bindungskapazität gegenüber dem Schwermetall Chrom, vorliegend als Dichromat (s. Tab.1).

Die maximale Beladung betrug an allen Mikroorganismen ca. 55 mg Cr/g Biomasse (BM). Andere Autoren finden an anderen Biomassen geringere maximale Beladungskapazitäten (30 mg Cr/g BM), s. [5, 11].

Tabelle 1.

Beladungskapazität von Chrom (100, 300 und 500 mg Cr/L) und Cadmium (100 und 500 mg Cd/L) an unterschiedlichen Mikroorganismen.

Angebotskonzentration mg/L	mg Chrom/L			mg Cadmium/L	
	100	300	500	100	500
Beladungskapazität mg Me/g BM					
<i>Methylobacter</i> MB 127	24	52	53	28	46
<i>Methylobacter</i> MB 58	44	56	58	21	62
<i>Saccharomyces</i> (Brauereihefe)	8	42	56	12	41
<i>Saccharomyces</i> (Bäckerhefe)	18	52	54	8	43
<i>Trichoderma reesii</i>	31	56	58	9	17
<i>Penicillium spez.</i>				18	48

Die Beladung von 55 mg Cr/g BM scheint eine obere Grenze zu sein, da sie weder bei 300 noch 500 mg Cr/L Abwasser überschritten wird. Geringere Chromkonzentrationen (< 100 mg Cr/L) erreichen diese Grenzkonzentration nicht, weisen aber höhere Reinigungsgrade (bis 25 %) auf.

Da Chrom in der verwendeten Verbindung als komplexes Anion ($\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$) vorliegt, besteht kaum die Möglichkeit der Anlagerung an die Zellwand durch Ionenaustausch. Durch Stoffwechselvorgänge und Diffusion kann das Chromat in die Zelle transportiert und dort akkumuliert werden. Die akkumulierte Konzentration ist nur so hoch, dass die Zellen sich nicht „vergiften“. Unterstützt wird diese These dadurch, dass der pH-Wert während der Metallentfernung aus dem Abwasser steigt (von 4,7 auf 5,1) und das Redoxpotential abnimmt.

Mit Ausnahme von *Trichoderma reesei* zeigen die unterschiedlichen Mikroorganismen ähnliche Sorptionseigenschaften (Beladungskapazität) bei Cadmium und Chrom.

Während die maximal erreichbare Beladungskonzentration eines Adsorbens als organismen-spezifische Konstante Aussagen über Zellwandstruktur, ihren Aufbau und ihre Zusammensetzung ermöglicht, ist für eine technische Nutzung das Sorptionsverhalten auch bei geringen Angebotskonzentrationen von ganz wesentlicher Bedeutung. In den meisten kontaminierten Abwässern liegen die Metalle in Konzentrationen unter 100 mg/L, häufig sogar nur zwischen 2 und 10 mg/L vor.

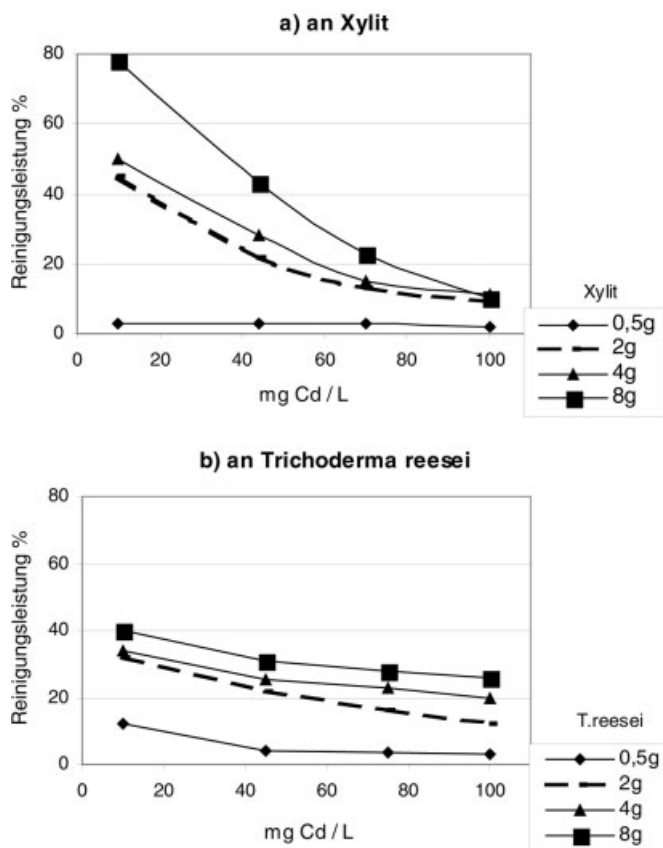
Deshalb wurde das Sorptionsverhalten in Abhängigkeit der Angebotskonzentration in den Stufen 10, 30, 50, 70 und 100 mg Metall/L bei Einsatz von 0,5 – 10 g Biosorbent/L untersucht (s. Abb.1).

Aus den Messdaten ist ersichtlich, dass zwischen der Gleichgewichts- und der Angebotskonzentration ein funktioneller Zusammenhang besteht. Geringere Angebotskonzentration zieht eine niedrigere Beladungskapazität, wohl aber eine höhere Metallentfernungsrate aus dem Abwasser nach sich. Die Reinigungsleistung der Biosorbenten steigt mit der Menge an Sorptionsmittel, s. [5].

Die synthetisch hergestellten, mit nur einem Schwermetall kontaminierten Abwässer waren auf Grund ihrer pH-Werte von 4,5 – 5,5 für die Biosorption geeignet. Störend wirkende Ionen (2,5 g/L Sulfat, 0,11 g/L Chlorid, 0,25 g/L Calcium, 0,4 g/L Magnesium), die in praxisrelevanten Wässern oft in hohen Konzentrationen vorliegen, konnten so ausgeschlossen werden.

Als Sorbent wurde im Institut vorhandene Biomasse in frischer Form (*Trichoderma reesei*) und Xylit verwendet. Die Sorptionszeit (Kontaktzeit) betrug bei den Versuchen in der Regel sechs Stunden. Generell wurde festgestellt, dass die Gleichgewichtseinstellung nach weniger als zwei Stunden beendet ist. Nach ca. 24stündiger Kontaktzeit werden durch die Diffusion ins Zellinnere noch einige Milligramm Metall aus dem Wasser abgereichert.

Abbildung 1.
Abhängigkeit des Reinigungsgrades von Cadmium- und Sorbentkonzentration.



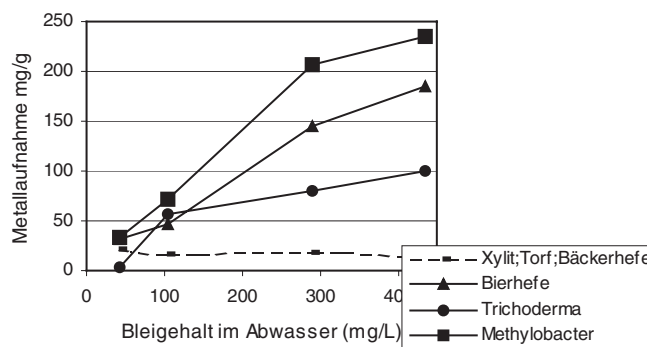
Legt man nicht die Beladungskapazität der Sorbenten als Qualitätsmaß, sondern den Reinigungsgrad des Abwassers zu Grunde, so ist festzustellen, dass mit 2 g Sorbent/L 35 – 45 % des Cadmiums im niedrigen Konzentrationsbereich (Angebot: 10 mg Cd/L) entfernt werden können. Die Reinigungsleistung kann durch Erhöhung der Biosorbentmenge auf 8 g/L verbessert werden, wie deutlich am Beispiel Xylit (s. Abb. 1a) zu sehen ist. Aus ökonomischer und ökologischer Sicht ist eine Abschätzung zwischen Einsatzmenge und Reinigungsgrad notwendig.

3.2 Untersuchungen zum Sorptionsverhalten von Blei an unterschiedlichen Biosorbenten

Das große Volumen der heutigen bleiverarbeitenden Industrie führt trotz strenger Umweltschutzmaßnahmen immer noch zu beträchtlichen Bleianreicherungen in Böden und Wässern in der Umgebung der Werke. Durch menschliche Exkremente werden durchschnittlich 11 ppm Blei und in städtischen Gebieten außerdem 121 mg Pb/L aus bleihaltigen Wasserleitungen und Straßenabläufen in die kommunalen Abwässer eingeleitet [8]. Das Blei schadet den Mikroorganismen in den Kläranlagen und führt durch Akkumulation in Nutzpflanzen zu gefährlichen Konzentrationen.

Getestet wurden deshalb als Biosorbenten der Pilz *Trichoderma reesei* (Reststoff der Enzymproduktion), *Saccharomyces* (gefriergetrocknete Bäckerhefe und frische bzw. getrocknete Brauereihefe), *Methylobacter* (Restbio-

Abbildung 2.
Aufnahmerate von Blei nach 30 min an verschiedenen Biosorbenten in Abhängigkeit von der Bleikonzentration im Abwasser.



masse der PHB-Produktion), saure organische Biosorbenten (Xylit und Torf) und basische Asche. Das Schwermetall wurde in Form von gelöstem Bleinitrat verwendet. Der untersuchte Konzentrationsbereich umfasst 50 bis 450 mg Pb/L, die eingesetzte Biomassekonzentration betrug 1 g TS/L. Besondere Aufmerksamkeit kam in dieser Serie dem Einfluss des pH-Wertes zu.

Trichoderma reesei, *Methylobacter* sp. und *Saccharomyces* sp. (Brauereihefe) zeigen im Bereich von 50 – 450 mg Pb/L Abwasser eine deutlich höhere Aufnahme an Metall (s. Abb. 2) als die organischen Biosorbenten Xylit und Torf und ebenso Bäckerhefe. Diese Tatsache spiegelt sich auch in der Reinigungsleistung dieser Sorbenten wider.

Mit zunehmendem Gehalt an Blei im Wasser nimmt die Beladungskapazität (Metallaufnahme) der Biomasse zu, die Reinigungsleistung nimmt aber ab. Wie schon in vorangegangenen Untersuchungen ist auch bei der Entfernung von Blei aus wässrigen Lösungen festzustellen, dass die Biosorption nur für Wässer mit geringen Metallkonzentrationen (unter 300 ppm) effektiv ist. Die erreichten Beladungskapazitäten mit 220 mg Pb/g *Methylobacter* spez., 180 mg Pb/g Bierhefe und 100 mg Pb/g *Trichoderma reesei* sind vergleichbar mit 160 mg Pb/g Bierhefe aus Literaturdaten, s. [12]. Die Aufnahmerate der anderen Biosorbenten lag unter 20 mg/g.

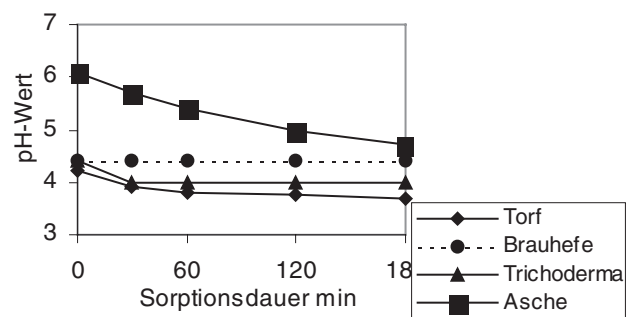
Wie sind diese großen Unterschiede zu erklären? Neben den funktionellen Gruppen der Zellwände spielt der pH-Wert eine wichtige Rolle. Berechnungen und Erfahrungen belegen, dass optimale pH-Bedingen für Sorptionsprozesse Werte von über 4,5 erfordern, damit das Potentialgefälle beim Austausch der Protonen der funktionellen Gruppen der Zellwand gegen die Metallionen gewährleistet ist [13]. Zum einen zeigen die Biosorbenten im gelösten Zustand verschiedene pH-Bereiche, zum anderen sinkt häufig mit der Metallsalzkonzentration der pH-Wert. Diese These ist am Beispiel des gelösten Bleinitrates im Konzentrationsbereich von 50 – 450 mg Pb/L in Tab. 2 und Abb. 3 dargestellt.

Es wurde festgestellt, dass der pH-Wert des Sorbenten eine entscheidende Rolle spielt. Torf und Xylit, beide mit pH-Werten zwischen 3 und 4 (je nach Sorbentkonzentration), sind nur in geringem Umfang zur Sorption einsetzbar.

Tabelle 2.
pH-Wert in Abhängigkeit von der Bleikonzentration und 1 g Xylit.

mg Pb/L	40	125	290	450
pH-Wert				
am Start	5,3	5,0	4,6	4,1
nach 120 min	4,4	4,4	4,0	3,4

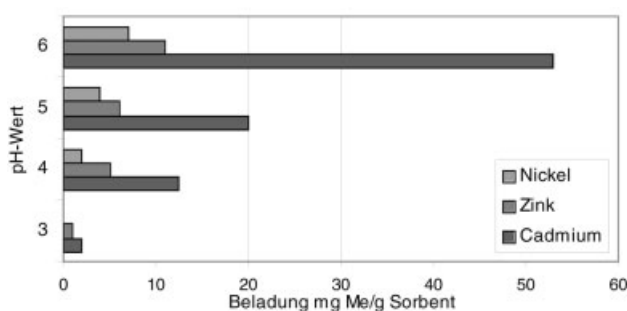
Abbildung 3.
Wechselwirkung zwischen dem pH-Wert der Metalllösung (105 mg Pb/L) und dem des Sorbenten mit Auswirkung auf die Entfernung des Bleis aus dem Abwasser (unten).



Zu beachten ist in jedem Fall der pH-Wert des Abwassers, die Sorptionsvorgänge verlaufen erst im pH-Bereich $> 4,5$. Je saurer das Abwasser, desto höher muss der pH-Wert des Biosorbenten sein, damit das Potentialgefälle zum Protonenaustausch gewährleistet ist.

Niedrige pH-Werte im Sorptionssystem ziehen niedrige Beladungen der Biosorbenten nach sich. Durch Einstellung des pH-Wertes im Abwasser, sofern dadurch

Abbildung 4.
Beladungskapazität von *Methylobacter* spez. mit 100 mg Metall/L bei verschiedenen pH-Werten.



keine Präzipitate entstehen, lassen sich die Beladungskapazität der Mikroorganismen und damit der Reinigungsgrad des Abwassers bedeutend erhöhen (s. Abb. 4).

Die chemische Zusammensetzung, d.h. die Art der Anionen, bestimmt weitgehend den pH-Wert. Sulfate sind in der Regel saurer als Chloride oder Nitrate. Der pH-Wert lässt sich am kostengünstigsten durch Sorbenten, die schwach sauer bis neutral wirken, beeinflussen.

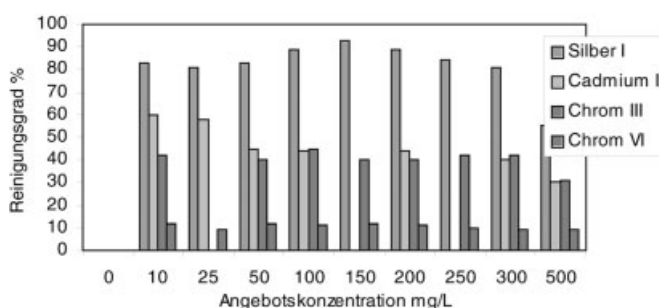
An den untersuchten Reststoffbiomassen (*Trichoderma reesei*, *Methylobacter* sp. und *Saccharomyces* sp. (Brauereihefe) lässt sich ein bleihaltiges Abwasser im Konzentrationsbereich bis 120 mg Pb/L in weniger als einer Stunde mit geringem Aufwand reinigen. Die Abreicherung beträgt mehr als 50 % und der Bleigehalt liegt dann in den geforderten Grenzen der Wasserrichtlinien. Da Blei im Laufe der Nahrungskette akkumuliert wird, wird eine weitere Erniedrigung des Metallgehaltes angestrebt. Diese Verringerung lässt sich realisieren, wenn der pH-Wert des Abwassers durch gemischte Ströme angehoben werden kann. Je höher der pH-Wert, umso effektiver verläuft der Reinigungsprozess mit Hilfe der Biosorption.

3.3 Einfluss der Wertigkeit der Kationen auf die Sorptionsleistung der Biosorbenten

Der Einfluss der Wertigkeitsstufen und Ionenradien von Metallionen wurde an frischer *Penicillium*-Biomasse untersucht. Sehr deutlich ist zu erkennen, dass die Reinigungsleistung mit steigender Wertigkeit abnimmt (s. Abb. 5). Geht man davon aus, dass die funktionellen Gruppen der Zellwand wie Kationenaustauscher wirken, müssen z. B. für ein formal sechswertiges Chromkation bis zu sechs Protonen ausgetauscht werden. Die Austauschplätze dürfen demzufolge auch nicht zu weit auseinander liegen, damit sich das Ion einbetten, anhängen kann. Silber erfordert hingegen nur einen Austauschplatz.

Die Beladungskapazität erreicht für einwertiges Silber 270 mg Ag/g BM, für zweiwertiges Cadmium und dreiwertiges Chrom 140 mg/g BM und für das sechswertige Chrom nur 10 mg Cr/g BM. Silber kann auf diese Weise erfolgreich aus Wässern abgetrennt und als Wertmetall zurückgewonnen werden.

Abbildung 5.
Einfluss der Wertigkeit der Kationen auf die Sorptionsleistung von *Penicillium* spez.



4 Schlussfolgerungen

Biosorbenten stellen eine Alternative zu herkömmlichen Verfahren bei der Eliminierung von Schwermetallen aus Abwässern sowohl zu deren Reinigung als auch zur Wertstoffgewinnung dar.

- Die Eliminierung von Schwermetallen aus Wässern mit Hilfe von Biomaterialien ist möglich.
- Der Prozess ist ökonomisch sinnvoll, wenn Abfall- bzw. Reststoffbiomasse eingesetzt wird.
- Eine Aufarbeitung der Biomasse nach dem Fermentationsprozess (Waschen, Trocknen) ist nicht erforderlich.
- Die Reinigungsleistung der Biomasse ist abhängig von der Konzentration der Metalle, deren Wertigkeit sowie dem pH-Wert des Abwassers und dem der eingesetzten Biomasse.
- Das Verfahren der Biosorption ist besonders für große Wasserströme mit relativ geringen Schadstoffkonzentrationen (< 100 mg/L) geeignet.
- Im Bereich bis 50 mg Cd/L können die Grenzwerte der wasserwirtschaftlichen Richtlinien von < 10 mg Cd/L erreicht werden.
- Bisher gelang es mit keinem Biosorbenten, die Restkonzentration an Schwermetallen auf die Zielgröße < 1 mg/L abzureichern.

Eingegangen am 28. Dezember [K 2984]

Literatur

- [1] VOLESKY, B.; HOLAN, Z. R.
Biosorption of Heavy Metals, *Biotechnol. Progr.* **11** (1995) S. 235/250.
- [2] ROMERO-GONZALEZ, M. E.; WILLIAMS, C. J.
Study of the Mechanisms of Cadmium Biosorption by Dealginated Seaweed Waste, *Environ. Sci. Technol.* **35** (2001) S. 3025/3030.
- [3] SIMMONS, P.; SINGLETON, I.
A Method to Increase Silver Biosorption by an Industrial Strain of *Saccharomyces cerevisiae*, *Appl. Microbiol. Biotechnol.* **45** (1996) S. 278/285.
- [4] FOUREST, E. C.; CANAL, C.
Improvement of Heavy Metals Biosorption by Mycelial Dead Biomass, *FEMS Microbiol. Rev.* **14** (1994) S. 325/332.
- [5] HAMDY, A. A.
Biosorption of Heavy Metals by Marine Algae, *Curr. Microbiol.* **41** (2000) S. 232/238.
- [6] PRADHAN, S.; RAI, L. C.
Biotechnological Potential of *Microcystis* sp. in Cu, Zn and Cd Biosorption from Single and Multi-metallic Systems, *Biometals* **14** (2001) S. 67/74.
- [7] BERENDS, A.; HARTMEIER, W.
Biosorption von Schwermetallen im Trinkwasserbereich, *Wasser & Boden* **44** (1992) S. 508/510.
- [8] CABATINGAN, L. K.; AGAPY, R. C.
Potential of Biosorption for the Recovery of Chromate in Industrial Wastewaters, *Ind. Eng. Chem. Res.* **40** (2001) S. 2302/2309.
- [9] KHOO, K. M.; TING, Y. P.
PVA and Alginata as an Immobilization Matrix –

A Case of Gold Biosorption, *Water Sci. Technol.* **43** (2001) S. 17/23.

- [10] AKSU, Z.; DONMEZ, G.
Comparison of Copper (II) Biosorptive Properties of Live and Treated *Candida* sp., *J. Environ. Sci. Health* **36** (2001) S. 367/381.
- [11] ABRAHAM, R. S. B.
Biosorption of Cr (VI) from Aqueous Solution by *Rhizopus nigricans*, *Bioresour. Technol.* **79** (2001) S. 73/81.
- [12] BUSTARD, M.; MCHALE, A. P.
Biosorption of Heavy Metals by Distillery-Derived Biomass, *Bioprocess Engineering* **19** (1998) S. 351/353.
- [13] SCHIEWERS, S.; WONG, M. H.
Ionic Strength Effects in Biosorption of Heavy Metals by Marine Algae, *Chemosphere* **41** (2000) S. 271/282.

Prozessintegrierte Quecksilberentfernung aus Abwässern der Chloralkali-Elektrolyse durch Mikroorganismen*

IRENE WAGNER-DÖBLER, HARALD VON CANSTEIN, YING LI,
 JOHANNES LEONHÄUSER UND WOLF-DIETER DECKWER **

1 Quecksilbertoxizität

Trotz ihrer Giftigkeit haben Quecksilber und seine Verbindungen zahlreiche industrielle und medizinische Anwendungen gefunden. Beispiele sind Fungizide, Schutzfarben, Munitionszünder, Katalysatoren, Dentalprodukte, Desinfektionsmittel etc. Spezielle Anwendungen ergeben sich aus der besonderen Eigenschaft des Quecksilbers, Amalgame zu bilden, was bei der Goldgewinnung und der Chloralkali-Elektrolyse genutzt wird. Die toxische Wirkung beruht auf der Bindung an Thiolgruppen von Enzymen und Membranproteinen. Schwerlösliche Quecksilberverbindungen (HgO, HgS) werden in der Umwelt mikrobiell unter Bildung von Methylquecksilber mobilisiert. Außerdem akkumulieren Hg-Verbindungen in Nahrungsketten und können zu chronischen Erkrankungen speziell des Nervensystems führen. Nach einer US-Studie [1] stellen Kohlekraftwerke erhebliche Quecksilberemissionsquellen dar, was durch Anreicherung über die Nahrungskette zu zahlreichen Nervenschädigungen bereits bei Säuglingen führen soll.

* Auszugsweise vorgetragen auf der GVC/DECHEMA-Fachausschusssitzung „Produktionsintegrierte Wasser-/Abwassertechnik“ am 18./19. Sept. 2001 in Bremen.

** Prof. Dr. W.-D. DECKWER, PD Dr. I. WAGNER-DÖBLER, Dipl.-Biol. H. VON CANSTEIN, Dipl.-Biotechnol. YING LI und Dipl.-Ing. J. LEONHÄUSER, GBF - Gesellschaft für Biotechnologische Forschung mbH, Mascheroder Weg 1, D-38124 Braunschweig.