

Schwermetallakkumulation an Mikroorganismen kommunaler Kläranlagen

B. Voland und T. Hoppe
Bergakademie Freiberg, Sektion Geowissenschaften
Wissenschaftsbereich Geochemie/Mineralogie

In Zusammenhang mit der Komplexaufgabe "Biotechnologie in Montanwesen und Umweltschutz" und dem Projekt "Elbesanierung" wurden Grundlagenuntersuchungen auf dem Gebiet der Schwermetallakkumulation an Mikroorganismen kommunaler Kläranlagen im Freiburger Raum durchgeführt.

Es ist seit langem bekannt, daß Klärschlämme generell als mit toxischen Inhaltsstoffen organischer und anorganischer Natur hochbelastete Prozeßprodukte gelten, was eine Einschränkung ihrer Nutzung auf landwirtschaftlich genutzten Böden nach sich zog und sie zu einem Hauptproblem auf Deponien macht. Verschiedene Autoren berichten über extreme Anreicherungen von umweltrelevanten Elementen, Schwermetallen in Klärschlämmen lediglich kommunaler Kläranlagen (DÖLLING 1982, MACHELETT 1987). Beteiligt daran sind v. a. Haushalte, Abgase aus Verbrennungsmotoren, verzinkte bzw. cadmierte Teile im Einzugsgebiet der Abwasserleiter und nicht zuletzt in das kommunale Abwassernetz einleitende Industriebetriebe.

Erste Erkenntnisse über das geochemische Verhalten der Elemente, besonders der Schwermetalle Blei, Cadmium und Zink im kommunalen Abwassernetz und in der Kläranlage sollen an Beispielen der Bioakkumulation dieser Metalle an im Klärschlamm beheimateten Mikroorganismen vorgestellt werden. Es sollten Formen der Bioakkumulation gezeigt werden, Zusammenhänge zwischen Biomassekonzentration und Akkumulationsvermögen, sowie artspezifische Akkumulationsfähigkeiten bestimmt werden.

Formen der Bioakkumulation

Auf der Grundlage einer umfangreichen Literaturrecherche konnte festgestellt werden, daß drei Hauptgruppen der Bioakkumulation bei Mikroorganismen existieren.

Tabelle 1: Intrazelluläre Akkumulation

Zn	Neocosmospora vasinfecta	PATON 1972	
Zn	Candida utilis	FAILLA 1983	7.8mg Zn/g TM
Zn	E. coli	BUCHEDER 1976	
Zn	Sacch. cerevisiae	PONTA 1970	
+Co,Cd,Ni	Sacch. cerevisiae	NORRIS 1983	
+Pb,Ce	Chlorella fusca	MATZKU 1970	
Co	Neurospora crassa	VENKATESWERLU 1969	
Mn	E. coli	SILVER 1983	
Sn,Pb	Pseudomonas 244	BRINCKMAN 1986	
Mg	Pseudomonas sp.	SUMMERS 1984	
Hg	ZIMET-stämme	GLOMBITZA 1984	2-4% d. TM
Cd	ZIMET-stämme	GWENNER 1986	1.5% d. TM
Ag	Ps. maltophilia	CHARLEY 1986	300mg Ag/g TM
	Staphylococcus aureus		
Ag	Thiobac.thiooxidans	HUTCHINS 1986	25% d. TM
	Thiobac.ferrooxidans		
UO ₂ ²⁺	Pilze	ZAJIC 1983	0.17g U/g TM
U	Ps. aeruginosa	FRITSCHKE 1985	15% d. TM

Erstens ist das die intrazelluläre Akkumulation (Tab. 1), wobei Elemente und Verbindungen durch aktive Transportsysteme ins Zellinnere gebracht werden und zwar auf den Kanälen des Nährstofftransports in die Zelle. Entscheidend sind dabei Konzentrationsgradienten, als auch Atomradien, chemisches Verhalten der Elemente und Ladung der Ionen.

Zweitens ist das die Form der extrazellulären Akkumulation an der Zelloberfläche (Tab. 2) durch die anionisch geladenen Moleküle der Zellwand, bzw. durch funktionelle Gruppen. Hierbei spielen elektrostatische Anziehung der Ionen bzw. Ionenaustausch oder Komplexierung mit funktionellen Gruppen die größte Rolle.

Drittens ist das eine weitere Form der extrazellulären Anreicherung und zwar durch Stoffwechselprodukte der Zelle (Tab. 3), die als Kapsel, Hülle oder fein verteilte Partikel um die Zelle herum vorkommen. Solche Stoffwechselprodukte sind S²⁻, H₂S und Polysaccharide.

Tabelle 2: Extrazelluläre Akkumulation - Zelloberfläche

Fe,Cu	Bacillus subtilis	BEVERIDGE 1985	200mg Fe,Cu
Fe,Os,Hf	E. coli	BEVERIDGE 1981	
18 SM	Chlorella regularis	NAKAJIMA 1987	
Cd	Chlorella stigmat.	REBUHN 1984	1.15mg Cd/g TM
	Dunatiella tertiolecta		
Ni,Co,V	Selenastrum capricornutum		1% d. TM
La,Mn,Cu	Rhizopus arrhizus	SPANGLER 1973	180mg U/g TM
Zn,Mo,Cd			
UO ₄ ²⁺ ,Ag			
+Th	Rhizopus arrhizus	TSEZOS 1982	170mg Th/g TM
U	Sacch. cerevisiae	STRANDBERG 1981	
	Ps. aeruginosa		
U	Actinomyces levoris	HORIKOSHI 1981	0.25g U/g TM
	Streptomyces viridochromogenes		
U	Ankistrodesmus sp.	MANN 1984/85	1% d. TM

Tabelle 3: Extrazelluläre Akkumulation - Stoffwechselprodukt

	Desulfovibrio spp.	TEMPLE 1964	S ²⁻
	Desulfatomaculum	EHRlich 1981	H ₂ S
	Desulfomonas pigra		
Ni	thermophile Algen	BRINKMAN 1986	S-reduktase
Cu,Cd	Zoogloea ramigera	NORBERG 1983	EPS
Cu,V,Mg	Arthrobacter globif.	SCOTT 1986	EPS
	Arthrobacter viscosus		
	Bacillus aureus	DOYLE 1980	EPS
	Aspergillus niger		
Pb	Micrococcus luteus	OLSON 1984	EPS
	Azotobacter		
	Klebsiella aerogenes	CORPE 1986	EPS

Probenahme und Probenvorbereitung

Zur Entnahme der Proben wurden durchgängig PVC-Plastgefäße verwendet, die mit Ethanol ausgewaschen wurden. Die Wasserproben wurden im fließenden, Sediment aufwirbelnden Wasser ca. 15 cm unter der Wasseroberfläche entnommen. Vor der Analyse wurde die Probe zentrifugiert und durch Dekantieren vom Sediment getrennt. Der Über-

stand kann ohne weitere chemische Behandlung analysiert werden. Der Klärschlammaufschluß erfolgte nach GRÜN (1987).

Analytik

Die Gehalte an Pb, Zn, Cd, Ni, Cr, wurden mittels eines AAS-3-Spektrometers des VEB Carl-Zeiss-Jena bestimmt. Fe wurde photometrisch und Mn, Al naßchemisch bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Gehalte in Wasser und Klärschlamm zeigen, daß ein großer Teil der Schwermetalle im Klärschlamm zurückgehalten werden (Tab. 4). Mikroorganismen und organische Substanzen scheinen Hauptträger dieser Akkumulation zu sein. Von den 8 aus dem Münzbach isolierten Mikroorganismenstämmen konnte ein Stamm ausgehalten werden, der bei Gehalten 100 mg Schwermetall/l ein sehr gutes Wachstum zeigte (Abb. 1) und die höchsten Werte akkumulierte (Abb. 2).

Abbildung 1:

Reaktion der Mikroorganismen auf erhöhte SM-gehalte

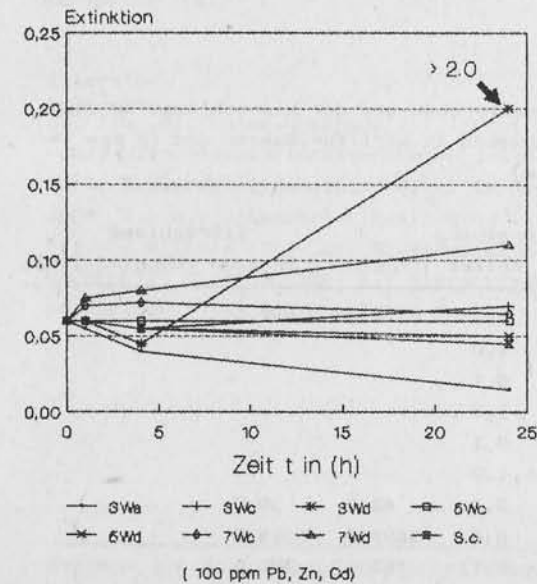
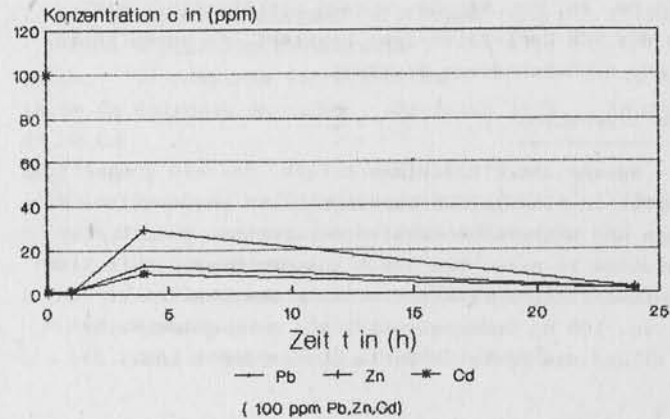


Abbildung 2:

Akkumulationsvergleich der Mikroorganismen - Bac.circulans



Die Metallakkumulationskapazität hängt von der Biomassekonzentration und von der Metallionenart ab, Pb wird stärker akkumuliert als Cd und Zn und bei höheren Biomassekonzentrationen werden mehr Metalle angereichert.

Tab. 4: Gehalte der Wasserproben und der Klärschlämme an wichtigen Ionen (Angaben in mg/l für Wasser und in ppm TM für Klärschlamm)

	Kläranlage Freiberg		Klärschlamm	
	Zulauf	Ablauf	Freiberg	Dresden (DÖLLING 1982)
pH-Wert	6,5	6,8	6,8	7,5
Fe	2,5	1,0		
Mn	0,5	0,1		
Al	1,6	1,3		
Ni	0,5	0,1		
Cr	1,0	1,0		
Cd	1,0	0,1	43,5	30,0
Zn	1,3	0,4	3698,5	2616,0
Pb	1,0	0,1	189,3	302,5

Der Stamm *Bacillus circulans* akkumulierte bis zu 98 % der angebotenen Schwermetalle an seiner Zellwand, worauf die Akkumulationskurve (Abb. 2) hinweist, ebenso aber das Wachstumsverhalten in Abbildung 1, welches mit der Erhöhung der Akkumulationswerte korreliert. Außerdem toleriert *Bacillus circulans* kurzzeitig erhöhte Schwermetallgehalte der Lösung am besten.

Zusammenfassung

Aus unserer Sicht kann man also den Klärschlamm als geochemische Barriere in technogen beeinflussten Stoffkreisläufen auffassen, der Schwermetalle zum großen Teil an der Biomasse fixiert, somit dem Wasser als Transport- und Verteilungsmittel entzieht und vorerst einen weiteren Eintrag in die Umwelt verhindert.

Aus den Untersuchungen wird ein Teilstück des Weges der Schwermetalle in der anthropogen veränderten Umwelt besser ersichtlich. Wir konnten bestätigen, daß es eine artspezifische Metallaufnahme gibt und daß das Wachstum der Mikroorganismen von der Höhe der Metallbelastung abhängt. Es wurde ein Stamm mit hervorragenden Eigenschaften isoliert, der einer industriellen Nutzung zugeführt werden könnte.

Literatur

- DÖLLING, M.: Untersuchungen zur landwirtschaftlichen Verwertung kommunaler Abwasserschlämme unter besonderer Berücksichtigung ihres Schwermetallgehaltes.-Diss. TU Dresden 1982
 GRÖN, M.u.a.: Schwermetallbestimmung in Klärschlamm, Boden und Pflanze mittels AAS.- In: Schwermetalle in der Umwelt.- Jena 1987
 MACHELETT, B.: PODLESÁK, W.: Klärschlammeinsatz in der Pflanzenproduktion.- In: Schwermetalle in der Umwelt.- Jena 1987