

Herrn Univ.-Prof., Dipl.-Ing.-Dr. R. LIEPOLT zum 80. Geburtstag gewidmet.

VERGLEICHENDE UNTERSUCHUNGEN ÜBER SCHWERMETALLE IN ÜBERWIEGEND HÄUSLICHEN GEMEINDEABWÄSSERN UND DEREN ELIMINATION BEI DER BIOLOGISCHEN ABWASSERKLÄRUNG

H. DONNER, P. PESCHL

Die Problematik der Schwermetalle im menschlichen Kontaktbereich steht seit etwa 20 bis 30 Jahren zunehmend im Schwerpunkt des wissenschaftlichen und derzeit auch schon im allgemein öffentlichen Interesse. Unterstützt durch die etwa seit 1970 zur Verfügung stehenden hochempfindlichen Analysengeräte (Atomabsorptionsspektrometrie) wurde eine große Zahl von Untersuchungen durchgeführt, die die bestürzende Tatsache eines ansteigenden Schwermetallpegels in den menschlichen Lebensgrundlagen sowie maßgebliche Erkenntnisse über Toxizität, Stoffkreisläufe und Anreicherungen der Schwermetalle in Nahrungsketten erbrachten.

Beträgt z.B. die tägliche Belastung des Menschen durch Blei in völlig unbelasteten Gebieten 10 µg/d aus dem Wasser und 120 µg/d aus der Nahrung, so wurden in stark kontaminierten Gebieten bis zu 60 µg/d aus dem Wasser und 1200 µg/d aus der Nahrung gemessen.

Analog liegen die Werte für Cadmium bei 1 µg aus dem Wasser, bzw. 120 µg aus der Nahrung in unbelasteten und bis 20 µg, bzw. 600 µg in hochbelasteten Bereichen.

Zweifelloos gab es zu allen Zeiten punktweise hohe Belastungen. So wurde z.B. vom Autor vor Jahren im Grazer Bergland eine Trinkwassererfassung festgestellt, die die Stollenwässer eines verfallenen Bergbaues auf sulfidische Bleierze zur Versorgung einer Kleinsiedlung benutzte (!), doch sind

solche Fälle zweifellos auf heute nicht mehr entschuldbare Unkenntnis zurückzuführen.

A. Entstehung der Schwermetallbelastung im Abwasser

Nachdem der Schwerpunkt dieser Arbeit auf industriell nicht beeinflussten, überwiegend häuslichen Abwässern liegt, unterbleibt die Nennung der industriellen, branchenspezifischen Metalleinbringer. Auf die eingehende Literatur über Industrieabwasser wird verwiesen.

Die vorliegende Untersuchung erfaßt die Metalle Cadmium (Cd), Chrom (Cr), Kupfer (Cu), Quecksilber (Hg), Nickel (Ni), Blei (Pb) und Zink (Zn), die in Abwasser und Schlamm von besonderer Bedeutung sind.

Für die gegenständliche Abwasserart sind daher folgende Metallquellen zu nennen.

I. Kleingewerbliche Betriebe:

- 1) Gelbbrennerei, Galvanik (Cu, Zn, Cd, Ni, Cr, Pb)
 - 2) Gerberei, Pelzverarbeitung (Cr, Cu)
 - 3) Auto- und Batteriewerkstätten (Zn, Pb, Cd)
 - 4) Keramikwerkstätten (Cu, Pb, Cd)
 - 5) Lackierereien (Cr, Pb, Cd, Zn u.a.)
 - 6) Fleisch- und Brotverarbeitung (Ni, Cr, Zn)
 - 7) Wäschereien (Cu, Cr, Zn)
 - 8) Arztpraxis (Hg)
- u.a.

Eine kurz- oder mittelfristige positive Beeinflussung der Einleitungen zumindest aus den Sparten 1 3 erscheint möglich und vordringlich, zumal hier bekanntermaßen Maßnahmen am Anfallsort um ein Vielfaches wirksamer und

billiger sind als nach Verdünnung im Gesamtabwasser. Selbstverständliche Voraussetzung hierfür ist die Kenntnis dieser Stellen, bzw. ein möglichst gutes Verhältnis zwischen Gemeinde und den maßgeblichen Indirekteinleitern. Unter Vorwegnahme späterer Äußerungen wird darauf hingewiesen, daß letztlich der Schwermetallgehalt des Abwassers, bzw. die daraus resultierende Kontamination des Klärschlammes für dessen zulässige Beseitigungsart maßgeblich ist. Die Kosten für die gängigen Beseitigungsarten lassen sich aus folgender, für die BRD erhobene Tabelle (Preisniveau 1983, 50.000 200.000 EGW) hinsichtlich der Relation auch annähernd für Österreich ersehen:

a) Landwirtschaftliche Unterbringung (Naßschlamm)	bis	300 DM
b) Ablagerung auf Deponie (nach Vorentwässerung)	400	600 DM
c) Entwässerung und Verbrennung, Asche auf Deponie	600	-1200 DM

Wird daher eine landwirtschaftliche Schlammverwertung durch zu hohen Schwermetallgehalt verhindert, dann stellt in vielen Fällen eine finanzielle Stützung innerbetrieblicher Maßnahmen bei den genannten Betrieben für den Kläranlagenbetreiber die billigere Variante dar, wenn diesem hierdurch der Übergang auf eine teurere Art der Schlammabeseitigung erspart wird. Darüber hinaus ergeben sich bei dieser Vorgangsweise gravierende Vorteile volks- und wasserwirtschaftlicher Art, auf die an dieser Stelle nicht näher eingegangen werden soll.

II. Trinkwasser (Leitungswasser)

Hier treten außer den natürlichen Gehalten am Fassungs-ort vor allem Lösungs- bzw. Korrosionserscheinungen am Rohrmaterial als Metallquelle in Erscheinung. Es können entsprechend dem elektrochemischen Spannungsverhalten alle Metalle mit einem Potential $< 0,4$ V (z.B. Fe, Cr, Zn, Mn, Al) auch schon von neutralem Wasser angegriffen werden, wenn sie nicht spontan oder allmählich einen Schutzüberzug (z.B. Oxyd, Kalkrostschichte) bilden können. Bei Trinkwasser mit aggressiven Eigenschaften wird die Korrosion und die Zahl der korrodierbaren Werkstoffe vergrößert. Exemplarisch wurden einige Mittelwertsangaben für Leitungswasser zusammengefaßt:

	Leitungswasser		Österr. Richtwerte für Trinkwasser (MBGU)	EG-Richtlinie zur Trinkwassergewinnung aus Oberflächenwasser
	µg/l		µg/l	µg/l
Cd	0,2	2	5	5
Cr	0,2	2	50	50
Cu	20	40	1000	50
Hg	0,01		1	1
Ni	5	10	100	
Pb	2	40	50	50
Zn	80	-580	3000	3000

Bei neuen Rohrleitungssystemen oder besonders korrosiven Wässern wurden aber auch schon im häuslichen Abwasser überwiegend aus dem Trinkwasser resultierende Werte bis 1000 µg Zn, seltener auch Werte bis zu 1000 µg Cu gemessen.

Eine Beeinflussung dieser Schwermetallquellen scheint im allgemeinen bestenfalls langfristig möglich, wobei allerdings auch die möglichen Ersatzwerkstoffe nicht immer unproblematisch sind. Es müßte jedoch möglich sein, daß Gemeinden mit bekannt aggressivem Trinkwasser durch entsprechende Aufklärung dafür sorgen, daß nicht nur das Ortsnetz, sondern auch die Hausleitungen aus den geeignetsten Werkstoffen erstellt werden.

III. Regenwasser

Abgesehen von möglichen Kontaminationen durch Luftemissionen sind folgende Verunreinigungsquellen zu unterscheiden:

1) Korrosion an Metallteilen der Dachdeckung:

Es gelten die unter II genannten Voraussetzungen. Der Metallangriff wird durch die guten Lösungseigenschaften, bzw. durch die mehr oder weniger saure Reaktion des Regenwassers verstärkt (Fe, Zn, Cu).

2) Abschwemmung von Verkehrsflächen

Aus den verwendeten Antiklopfmitteln entsteht ein Bleiniederschlag, der in den Regenwasserablauf übergeht. Im Spülstoß wurden bereits Konzentrationen bis 1200 µg Pb/l gemessen. Dergleichen enthält der Reifenabrieb Zn, der ebenfalls abgeschwemmt wird.

Nicht unerhebliche Metallmengen können auch aus der Asche fossiler Brennstoffe entstammen, wenn diese, wie häufig üblich, zur winterlichen Gehsteigstreuung verwendet wird (Pb, Cr, Ni)

Das Ausmaß der Kontaminierung des Oberflächenwasserabflusses kann beispielhaft aus folgenden zusammengefaßten

Literaturangaben ersehen werden:

	Oberflächenwasser		Fracht des Oberflächenabflusses
	µg/l		mg/E.a
Cd	0,8	1	40
Cr	3	4	50
Cu	14	20	370
Hg			
Ni	10		210
Pb	40	-140	950
Zn	150	-160	3400

Die Zusammenhänge zwischen der Belastung der Atmosphäre und des Niederschlages zeigt folgende Tabelle:

	München	Alpen
	µg/l	µg/l
Cd	1,4	1,3
Cu	35,5	6,6
Mn	9,8	
Pb	12,1	2,3
Zn	94,5	9,9

Eine Reduktion dieser Schwermetalleinschwemmungen ist nur in sehr beschränktem Maß möglich (z.B. Verbot der Aschestreuung)

Eine teilweise Entlastung der Kläranlage und damit des Klärschlammes kann jedoch durch Vorschaltung einer Regenwasserbehandlung in Form eines Fangbeckens erreicht werden, das die in partikulärer Form vorliegenden Metalle erheblich mindern kann. Die Behandlung des hier

anfallenden Schlammes hat dann selbstverständlich getrennt vom übrigen Klärschlamm zu erfolgen.

IV. Ablagerungen im Kanalsystem

Die in Trockenzeiten in den Kanälen entstehenden Schlammablagerungen und die Sielhaut enthalten auch Metallpräzipitate und -partikel. Sie werden bei Starkniederschlägen dem Mischwasser einverleibt. Die vorliegenden Quantifizierungen dürften, wie bei allen Regenfrachten, erhebliche Unsicherheiten aufweisen, folgende Gegenüberstellung zwischen Trockenwetterablauf und Regenablauf (Rohabwasser) ist verfügbar:

	Trockenwetter- ablauf	Mischwasser- ablauf
	µg/l	µg/l
Cd	6	9
Cr	20	20
Cu	120	150
Ni	30	40
Pb	120	180
Zn	730	990

Die zusätzlich anfallenden Frachten sollen etwa zur Hälfte aus Oberflächenabschwemmungen und zur Hälfte aus Kanalablagerungen entstammen. Eine Entlastung der Kläranlage kann in gleicher Form wie bei A.III (Regenwasser) erfolgen.

V Haushaltsabwasser

Hier zeigt sich eine Vielzahl einzelner Quellen, die weitgehend von der Siedlungsstruktur und -lage abhängig

sind. Die Verschiedenheiten der Ernährungs- und Lebensgewohnheiten, aber auch die eingangs erwähnten Unterschiede in der Grundbelastung der jeweiligen Lebensräume resultieren in einer beträchtlichen Streuung der Metallgehalte in den Abwässern.

Die in Getränken und Nahrungsmitteln im verschiedenen Ausmaß enthaltenen Schwermetalle werden in den menschlichen Ausscheidungen zu folgenden Durchschnittsgehalten angereichert:

	<u>µg/l</u>
Cd	0,3
Cr	0,3
Cu	15
Hg	0,15
Ni	2
Pb	2
Zn	60

Zusätzlich sind im Haushaltsbereich folgende Quellen zu nennen:

Trinkwasser

Abrieb von Haushaltsgeräten

Verbrauch von chemischen und Drogerieartikeln

Hobbymaterialien

Hausabfälle, soweit sie ins Abwasser gelangen.

Zur Quantifizierung des Resultates aller genannter Einflüsse liegen in der Literatur eine Reihe von Angaben vor.

Folgende gemittelte Werte scheinen z. B. für die BRD repräsentativ:

	Haushalts- abwasser µg/l	Fracht häusl. Abwasser mg/E.a
Cd	3	165
Cr	30	1.650
Cu	150	8.200
Hg	1	55
Ni	35	2.200
Pb	100	5.500
Zn	500	27.300

Ein Versuch zur Reduktion der aus diesen Quellen stammenden Metallfracht wäre prinzipiell wichtig, hätte aber bereits bei der Nahrungskette einzusetzen und würde auch bei langfristiger Zielsetzung großen Aufwand erfordern. Eine deutliche Überschreitung der obigen Zahlenwerte bei einem oder mehreren Parametern läßt unter Berücksichtigung der eingangs genannten Prämissen die Vermutung auf eine industrielle oder schwerwiegende gewerbliche Einleitung zu.

B. Vergleich der Literaturangaben über die Schwermetallbelastung häuslichen Abwassers mit den Untersuchungsergebnissen der Bundesanstalt für Wassergüte

Im Zuge eines längerfristigen Untersuchungsprogramms über die Funktion von mittleren und kleineren Gemeindekläranlagen wurden in den Zu- und Ablaufproben von insgesamt zwölf Anlagen auch die Schwermetallgehalte der Zu- und Abläufe bestimmt. Aus technischen Gründen konnten

nur bei vier Anlagen eine Mindestanzahl von Analysen erreicht werden, die eine anlagenspezifische Bestimmung der Mittelwerte und Standardabweichungen zuließen.

An dieser Stelle ist dem Leiter der Abteilung Chemie der Bundesanstalt für Wassergüte, Ob. Rat Dipl.-Ing. F. EBNER, und insbesondere Amtsrat Ing. H. GAMS zu danken, der trotz gerätebedingter Schwierigkeiten und letztendlichem Ausfall des AAS-Gerätes durch seine Arbeit die vorliegenden Resultate ermöglicht hat.

Außer der erwähnten Schwermetallreihe wurden bei den zugehörigen Probenahmen auch die organischen Summenparameter CSB und BSB₅, die Stickstoffbilanz und Phosphat bestimmt.

Von besonderem Interesse ist an dieser Stelle der Vergleich der aus allen zwölf Anlagen gemittelten Schwermetallbelastung im Rohabwasser mit den unter V genannten Literaturwerten für häusliches Abwasser.

S-Metall in Überwiegend häusl. Rohabw. (Unters. Bundesanstalt)						
Mittelwerte	Maximalwerte	Standardabweichg. d. Mittelw.	V Mittl. Lit.-Wert häusl. Abwasser	Verhältnis mittl. SM-Werte d. BA zu Lit. Werte %	Grenzwerte f. d. Einleitg. in ein Gew. (Emissionsrichtwerte d. BMLF)	
µg/l	µg/l	µg/l	µg/l		µg/l	
Cd	0,75	5	0,52	3	25	100
Cr	24	120	36	30	80	100-2000 **)
Cu	40	101	15	150	27	1000
Hg	0,3	2,3	0,18	1	30	10
Ni	15 *)	*)	*)	35	*)	2000
Pb	22	73	8,6	100	22	1000
Zn	267	605	123	500	53	3000

*) Wegen störender Interferenzen des vorhandenen AAS-Gerätes geringere Verlässlichkeit der absoluten Werte.

***) Abhängig von der Wertigkeit

Es zeigt sich somit mit überraschender Deutlichkeit, daß bei durchschnittlicher organischer Belastung die mittlere Metallbelastung der K o m m u n a l r o h a b w ä s s e r der ho. untersuchten Mittel- und Kleingemeinden, trotz fallweiser zusätzlicher Belastung durch Kleingewerbe, mit Ausnahme von Cr ersichtlich unter den in der BRD ermittelten Werten von h ä u s l i c h e m A b w a s s e r liegen. Insbesondere ist der geringe Gehalt der hochtoxischen, z. T. leichter pflanzenverfügbaren Metalle Cd, Cu, Hg und Pb als Positivum hervorzuheben. Dergleichen zeigen die Mittelwerte im Rückblick auf die in Abs. III angeführte Tabelle auch eine deutliche Unterschreitung der für Österreich geltenden Trinkwasserrichtwerte und Emissionsrichtwerte. Es scheint daher, zumindest für die genannten Orte, die Annahme einer geringeren Gesamtbelastung durch Schwermetalle berechtigt. Aus den im Verhältnis zu den Mittelwerten sehr hohen Standardabweichungen und teilweise Maximalwerten geht allerdings eine entsprechende Unkonstanz der Schwermetallführung hervor, die nicht nur auf die eingangs erwähnten Ursachen, sondern auch auf die nur fallweise erfolgenden Einleitungen von einschlägigen Kleinbetrieben zurückzuführen sein dürfte.

C) Beurteilungskriterien der Schwermetallbelastung im Rohabwasser

I. Toxische Wirkung auf die aerobe Reinigungsstufe

Von Beginn der biologischen Abwasserklärung bis vor wenigen Jahrzehnten war, bei Ausklammerung gewässerökologischer Forschungen, ausschließlich die Schadwirkung gewisser S-Metalle auf die biologische Reinigungsbiözönose im Schwerpunkt wissenschaftlicher Untersuchungen. Die Angaben von Grenzwerten zeigen eine sehr große Streubreite,

die auf die Komplexität der maßgeblichen Einflüsse zurückzuführen ist.

In Abhängigkeit u. a. von gewissen Betriebsparametern ist bei der Mehrzahl der Kläranlagen bei Unterschreitung folgender Gehalte im Rohabwasser noch mit einem normalen Betrieb der aeroben Reinigung zu rechnen:

	Konzentration im Rohabwasser
	<u>mg/l</u>
Cd	2
Cr	4
Cu	1
Hg	1
Ni	1
Pb	5
Zn	5

Bei einem Vergleich dieser Liste mit den in häuslichen Rohabwässern festgestellten Metallgehalten sind jedenfalls in den letzteren hemmende oder toxische Einflüsse mit Sicherheit auszuschließen. Bemerkenswert erscheint, daß die obigen Zahlen bis zu zwei Zehnerpotenzen über jenen Grenzwerten der Hemmung liegen, die bei Versuchen mit Bakterienreinkulturen, mit geringer Individuenzahl oder mit selektiver Betrachtung einzelner Stoffmetabolismen festgestellt wurden.

Diese letzteren Versuchsmethoden können zwar zum Teil für Vorfluter geeignete Simulationswerte liefern, doch liegen in der Kläranlage weitgehend andere Voraussetzungen vor, auf die im nächsten Kapitel eingegangen wird. Auf die Möglichkeiten und Grenzen der Adaption soll in

diesem Rahmen nicht weiter eingegangen werden.

II. Elimination

Die in der Kläranlage ankommenden Schwermetalle liegen teils in mehr oder weniger feindisperser partikulärer Form und teils in gelöster Form vor. Diese in ihrer Zusammensetzung stark schwankenden Erscheinungsformen sind nicht nur durch die Vorgänge am Anfallsort bedingt, sondern werden auch durch sekundäre Vorgänge im Kanalnetz und in der Kläranlage geprägt. Hierbei führen einerseits Flockungs-, Fällungs- und Adsorptionsvorgänge zur Bildung sedimentationsfähiger Aggregate, die schon in der Vorklärung ausgeschieden werden können. Diese Art der Elimination kann durch Kalkung des Rohabwassers in Form einer für die meisten S-Metalle wirksamen Hydroxydfällung verstärkt werden, hierbei sind jedoch die Löslichkeitsprodukte der Hydroxyde und die Wiederauflösung z. B. von Zn und Cr bei höherem pH-Wert zu beachten.

Andererseits finden verschiedene chemische bzw. biochemische Umsetzungen statt, deren wichtigste die Entstehung mehr oder weniger löslicher Komplexverbindungen (Chelate) darstellt. Durch sie wird das Reaktionsverhalten verändert, insbesondere aber die Toxizität der Metalle weitgehend verringert. Als Komplexbildner treten in wechselnder Menge und Zusammensetzung u.a. organische Säuren, Eiweißbaustoffe, Waschhilfsmittel sowie eine Reihe anderer organischer und anorganischer Verbindungen auf.

Ausschlaggebend für den Endgehalt und somit für das Ausmaß der Eliminationen sind die Reaktionen unmittelbar mit der biologisch aktiven Substanz. Einerseits findet hier eine Adsorption von nach der Vorklärung verbliebenen

Feinsuspensa statt. Vor allem aber besitzt der Belebtschlamm die Fähigkeit, aufgrund physikalischer, chemischer und biochemischer Abläufe überraschend große Metallmengen zu binden bzw. zu entgiften, wobei extrazellulär gebildete, organische Polymere den Großteil der Anlagerungen übernehmen. So wurden z. B. bei Untersuchungen der Bundesanstalt für Wassergüte bei einer durch Industrieabwasser beeinflussten Belebtschlammanlage mit bereits eingeschränkter Aktivität ein Gesamtkupfergehalt des Schlammes (inklusive Primärschlamm) von 15.000 mg/kg Trockensubstanz festgestellt. Das Ausmaß der Elimination wird u. a. durch das System und die Betriebsweise der Kläranlage, durch Schlammgehalt und Schlammalter, durch Abwassereigenschaften, durch die Konzentration und den Zustand (Bindung) der Metalle und schließlich durch die Anwesenheit und Art der Komplexbildner beeinflusst.

Die in der Praxis der Untersuchung z.T. nicht erkennbaren Änderungen der Einflußfaktoren bewirken bei allen Untersuchungen über dem Labormaßstab eine erhebliche Streubreite. Deshalb wird den anschließend aufgelisteten, seitens der Bundesanstalt in den Schwerpunktanlagen vorgefundenen Eliminationsraten eine Reihe von Angaben anderer Autoren gegenübergestellt:

Bei der Diskussion der Ergebnisse zeigt sich, daß die in der gegenständlichen Untersuchung erhaltenen Mittelwerte zwar über den Durchschnittsangaben des deutschen und angelsächsischen Raumes liegen, doch scheinen diese Werte in Anbetracht des auch von anderen Autoren vorgefundenen Streubereiches plausibel. Als mögliche Ursache dieser Tendenz kommen die generell geringen Belastungen, bzw. die im Durchschnitt hohen Schlammgehalte der untersuchten Anlagen in Frage. Gleichsinnig mit Literaturangaben zeigen die untersuchten Belebungsanlagen fast ausnahmslos um 5 - 16 % höhere Eliminationsraten als Tropfkörper. Die Eliminationsrate für Ni konnte gerätebedingt nicht repräsentativ bestimmt werden, aus anderen Untersuchungen ist jedoch bekannt, daß Nickel infolge geringer Bindung an die Bakterienhülle nur in relativ geringem Ausmaß (im Mittel 35 %) eliminiert wird.

Als Ergebnis der Elimination zeigte sich im Ablauf der von der Bundesanstalt für Wassergüte untersuchten Anlagen folgende S-Metallgehalte:

S-Metall im Ablauf

	Tropfkörper		Belebungsanlagen		
	Mittelwerte µg/l	Standardabweichg. µg/l	Mittelwerte µg/l	Standardabweichg. µg/l	Maximalwerte µg/l
Cd	0,30	0,12	0,22	0,09	0,7
Cr	8,6	14	1,9	1,1	46
Cu	14,7	6	14,3	13,2	38
Hg	0,22	0,15	0,11	0,03	0,72
Pb	6,6	2,9	8,0	6,7	22
Zn	100,2	55,3	149,9	143,0	179

Hinsichtlich des Ausmaßes der Standardabweichungen und Maximalwerte wird auf den Kommentar zu den Rohabwässern verwiesen.

II.1. Korrelationen zwischen Schwermetalleliminationen, Anlagenkennwerten sowie sonstigen chemischen und biochemischen Parametern

Aufgrund des vorliegenden Datenmaterials wurde mit Hilfe einer Korrelationsberechnung zu ermitteln versucht, ob Zusammenhänge zwischen den Eliminationsraten der Schwermetalle und spezifischen chemischen und biochemischen Parametern der Zu- und Abflüsse bestehen.

An dieser Stelle soll Herrn Rat Dr. RODINGER für seine Mithilfe und seine Beratung bei den EDV-Berechnungen gedankt werden.

Aus den erwähnten gerätebedingten Gründen bei den Metallanalysen waren die Korrelationsberechnungen nur beschränkt durchführbar, da sich die erforderliche Anzahl der für solche Berechnungen benötigten Werte eher an der unteren zulässigen Grenze bewegt hat.

Die Ableitung gemeinsamer Korrelationen zwischen den beiden Tropfkörperanlagen bzw. den beiden Belebungsanlagen, d.h. systembedingte Zusammenhänge, sind nicht zu erkennen. Aufgrund einer Varianzanalyse der Mittelwerte der prozentuellen Eliminationsraten konnte noch festgestellt werden, daß Cu und Zn im Durchschnitt bei Tropfkörperanlagen und Belebungsanlagen im gleichen prozentuellen Ausmaß gut eliminiert waren. Wie schon an früherer Stelle erwähnt, sind die Schwermetalleliminationsraten bei Belebungsverfahren gegenüber dem Tropfkörperverfahren auffallend höher.

Das Fehlen von stoff- oder systemspezifischen signifikanten Korrelationen dürfte u.a. auf die unter B) erwähnte Unstetigkeit der Schwermetalleinleitungen sowie auf die generelle Komplexität der Vorgänge beim Anfall und Elimination (siehe C. II) zurückzuführen sein, die allfällige Zusammenhänge unter den vorliegenden Untersuchungsbedingungen verschleiern.

III. Akkumulation und landwirtschaftliche Schlammverwertung

Im Zusammenhang mit der Elimination ist auch das Problem der S-Metallakkumulation im Klärschlamm zu sehen, das durch seinen Einfluß auf die Art der Schlammbehandlung und durch zunehmende Erkenntnisse auf dem Gebiet der landwirtschaftlichen Schlammverwertung große Aktualität erlangt hat.

Gemäß Literaturangabe ist im Durchschnitt mit folgenden Anreicherungsfaktoren für den ausgefaulten Schlamm einer biologischen Kläranlage (Trockengehalt) gegenüber den Rohabwassergehalten und mit folgenden toxischen Grenzwerten hinsichtlich der anaeroben Schlammbehandlung zu rechnen:

	Anreicherungsfaktor kg ⁻¹ TS	Max.zul. Gehalt im Faulschlamm mg/kg TS
Cd	4.000	10.000
Cr	3.000	20.000
Cu	1.000	5.000
Hg	5.000	40.000
Ni	2.000	15.000
Pb	5.000	10.000
Zn	3.000	15.000

Umfassende und vor allem in der BRD mit sehr großem Aufwand durchgeführte Forschungen haben jedoch das Ergebnis erbracht, daß weder die Toxizitätsschwelle für die aerobe Abwasserbehandlung, noch die Toxizitätsschwelle für die anaerobe Schlammbehandlung der Ausgangspunkt zur Festsetzung zulässiger Metallgehalte im Rohabwasser sein sollte. Priorität besitzt vielmehr die Erhaltung der Möglichkeit einer nachhaltigen landwirtschaftlichen Schlammverwertung. Ausschlaggebend sind daher bei Zugrundelegung der ackerbaulichen Limitierung der S-Metallwerte im Boden jene Werte, die sich aus zweihundertjähriger, mengendefinierter Nutzung und aus den obigen Anreicherungs-faktoren für Schlamm im Abwasser ergeben. (Klärschlammverordnung 1982)

Folgende Tabellenwerte sind verfügbar:

Faulschlamm
aus häusl.
Abwasser (BRD)

öWV-Regelblatt 1984

Klärschlammbringungsvor-
ordnung der BRD (1982)

	Max. Werte im Schlamm (ohne Sonder- genehmigung)		Max. Werte im Schlamm		Max. Werte im Boden		Zul. S-Met. Frachten durch Klärschlamm	mg/kg TS	g/ha/a	mg/kg TS	mg/kg TS
	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS	mg/kg TS					
Cd	20	3	10	3	37,5	3	10				
Cr	1.200	100	500	100	1.875	55	150				
Cu	1.200	100	500	100	1.875	200	250				
Hg	25	2	10	2	37,5	3	5				
Ni	200	50	100	50	375	30	100				
Pb	1.200	100	500	100	1.875	150					
Zn	3.000	300	2.000	300	7.500	1.000	1.500				

Es stellt somit die nach Abzug der Schwermetallwerte für häuslichen Faulschlamm von den maximal zulässigen Schlammgehalten für landwirtschaftliche Aufbringung verbleibende Differenz jene freie Kapazität dar, die unter Berücksichtigung der Anreicherungsfaktoren noch von gewerblich-industriellen Einleitungen genutzt werden kann, bzw., die das Ausmaß der betrieblichen Vorbehandlung vor Einleitung in die Kanalisation festsetzt.

Der Ergebnisse der ho. Schwermetalluntersuchungen von Rohabwässern in Niederösterreich zeigen in Übereinstimmung mit Metalluntersuchungen in Schlämmen burgenländischer Gemeindekläranlagen, daß hier gegenüber den Untersuchungen aus der BRD zumindest für die untersuchten Bereiche mit einer kleineren Grundbelastung der vorwiegend häuslichen Abwässer gerechnet werden dürfte.

Die fallweise Beeinflussung der ho. Mittelwerte durch temporäre kleingewerbliche Einleitungen wird zur Vereinfachung der nachfolgenden Überlegungen vernachlässigt.

Eine Gegenüberstellung dieser ho. Grundbelastung mit den aus den maximal zulässigen Schlammwerten der BRD mit Hilfe der Anreicherungsfaktoren rückgerechneten maximal zulässigen Abwassergehalten ergibt demnach etwas größere freie Schwermetallkapazitäten.

Ein Vergleich dieser freien Kapazität mit den Emissionsrichtwerten des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft für Indirekteinleiter ("Einleiter in eine öffentliche Kanalisation") ermöglicht daher, getrennt für die einzelnen Metalle, die Berechnung der im Tagesdurchschnitt erforderlichen Verdünnungswerte für die S u m m e der gewerblich-industriellen Zuleitungen,

wenn bei Ausschöpfung der Richtliniengrenzen des Bundesministeriums für Land und Forstwirtschaft die Möglichkeit einer landwirtschaftlichen Schlammverwertung gewahrt werden soll.

	Rohabw. Unters. BA	Gem. BRD-Ver- ordnung max. zul. Abw. Geh. n. Rückrechg.	Freie Kapazi- tät im Abwasser	Emissions- richtlinie f. Indirekt- einleiter d. BMLF	Erforderl. Verdünnung durch häusl. Abwasser
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	
Cd	0,75	5	4,25	100	24- fach
Cr	24	400	376	100	2000* 0-5,3-fach
Cu	40	1200	1160	1000	0
Hg	0,3	5	4,7	10	2,1- fach
Ni		100		2000	
Pb	22	240	218	1000	4,6- fach
Zn	267	1000	733	3000	4,1- fach

* Abhängig von der Wertigkeit

Es ist demnach annähernd eine mindest fünffache Verdünnung für die meisten Parameter erforderlich, für die Zuleitung von Cadmium in maximal zulässiger Konzentration ist jedoch mindestens 24fache Verdünnung und somit besondere Vorsicht notwendig. Werden der obigen Aufstellung die Erfahrungswerte für häusliches Abwasser aus der BRD oder die Grenzwerte des ÖWWV-Regelblattes zugrunde gelegt, ergeben sich wesentlich höhere notwendige Verdünnungsfaktoren.

Folgende Resultate können aus dieser Berechnung abgeleitet werden:

1. Die Wichtigkeit der Einhaltung der Emissionsrichtlinien und somit die Notwendigkeit einer hochwertigen innerbetrieblichen Vorreinigung auch bei geringeren Betriebsgrößen.
2. Die Vorsorge für eine unschädliche Verbringung von Konzentraten in geringerer Menge und somit die Notwendigkeit einer flächendeckenden Sondermüllentsorgung.
3. Die Notwendigkeit regelmäßiger Kontrollen. Die Intervalle sind bei allen Fällen, wo besonderer Verdacht auf kritische Metallgehalte besteht, wesentlich zu verkürzen.
4. Die Erkenntnis, daß unter bestimmten Voraussetzungen und bei bestimmten Parametern nach dem derzeitigen Stand der Technik noch eine Divergenz zwischen landwirtschaftlicher Schlammverwertung und den technischen Möglichkeiten der Vorbehandlung einschlägiger schwermetallbelasteter Abwässer besteht. Eine Förderung entsprechender Forschungsarbeiten scheint daher vorzudringen.

Sollte es nicht gelingen, in absehbarer Zeit die aus Gewerbe und Industrie stammenden Metallfrachten weitgehend unter Kontrolle zu bringen, ist zu befürchten, daß nach dem Auftreten erster irreversibler Bodenschädigungen die Schlammaufbringung seitens der Landwirtschaft endgültig in Mißkredit gerät.

Zusammenfassung

Die Schwermetallgehalte in Kommunalabwässern von größtenteils häuslicher Herkunft sind zum Teil auf intermittierende Einbringungen aus kleineren Gewerbebetrieben zurückzuführen, stammen aber auch aus einer erheblichen Anzahl diffuser Quellen.

Die aufgrund einer Reihe von Untersuchungen niederösterreichischer Mittel- und Kleingemeinden festgestellten Gehalte zeigten gegenüber Literaturangaben für rein häusliches Abwasser in der BRD bei mittlerer organischer Belastung eine deutlich geringere Grundbelastung hinsichtlich der meisten Metallparameter.

Die in den biologischen Kläranlagen durch physikalische, chemische und biochemische Wirkkräfte verursachte Reduktion der Metallgehalte des Rohabwassers wurde ermittelt und mit Literaturangaben verglichen. Eine Korrelationsberechnung erbrachte unter den vorliegenden Untersuchungsbedingungen keine ausreichend signifikanten Zusammenhänge zwischen dem Ausmaß der jeweiligen Eliminationswerte und den sonstigen Abwasserparametern.

Schließlich wurde auf der Basis der vorgefundenen mittleren Rohabwassergehalte das Ausmaß des Freiraums für weitere gewerblich-industrielle Schwermetalleinleitungen diskutiert, wobei die Anforderungen einer nachhaltigen landwirtschaftlichen Klärschlammabfuhr, die mittleren Akkumulationszahlen in Klärschlamm und die geltenden Emissionsrichtlinien als limitierende Randbedingungen fungieren.

SUMMARY

A comparative study of the amount of heavy metals in domestic waste water and its elimination in sewage works

The amount of heavy metals in waste water mainly coming from houses is derived partly from the sewage of small factories, that send their sewage into this system and partly from other unknown sources. The amount of heavy metals in the samples taken for medium sized or small communities in Lower Austria is low compared with values given in the literature for domestic sewage in the FRG.

The capacity for reducing the amount of heavy metals in the sewage works has been analysed and the results are compared with those given by several authors. At present, no comparison can be made between the level of elimination and other parameters of the waste water.

The possibility of additional loading of heavy metals in the water of different industries is discussed in relation to using the mud from the sewage works for agricultural purposes.

Literatur

- ATV-Arbeitsbericht (1982): Schwermetalle in häuslichem Abwasser und Klärschlamm.- KA 29.Jg., 955.
- ATV-Informationsschrift (1984) Schwermetalle im kommunalen Abwasser. 2.Auflg.- Hsg. Abwassertechn.Vereinigung e.V., St.Augustin.
- BROWN, M.J., LESTER, J.H. (1979): Metal Removal in Activated Sludge: the Role of Extracellular Polymers.- Wat.Res. Vol.13, 817-837

- ERTL, H., PLAHL-WABNEGG, F., MATSCHÉ, N. (1985): Schwermetalle im Wasser und Abwasser.- Wien.Mitt. Bd.57, J1-J23.
- FALKNER, G., STRASSER, P. et al. (1985) Die Beeinflussung der bakteriellen Umsetzung von organischem Material in Fließgewässern durch Schwermetalle.- Schrr. Wasserwirtschaft Wasservorsorge (WWK); Hsg. BMLF, Wien.
- GEYER, D., MARTIN, P. (1981): Bilanzierung von Schwermetallen in der Kläranlage.- Abw Techn 32.Jg., H.3, 29-31.
- KOPPE, P. (1982) Abnahme des Gehaltes an Schwermetallen und chlorierten Kohlenwasserstoffen bei der biologischen Abwasserbehandlung - Vortrag bei der 14. Essener Tagung 1981, Essen.- GWA Bd.50, 315-332.
- (1983) Schadstoffelimination in Abwässern vor Einleitung in eine öffentliche Abwasseranlage unter Berücksichtigung des zulässigen Gehaltes im Klärschlamm Vortrag bei der 15. Essener Tagung 1982, Aachen.- GWA Bd.59, 157-177
- MATSCHÉ, N. (1981) Die Entfernung von Schwermetallen bei der Abwasserreinigung.- Wien.Mitt. Bd.40, Q1-Q19.
- MÖLLER, U. (1982) Konsequenzen der Klärschlammverordnung für die Klärschlambeseitigung Vortrag beim 12. Abwassertechn.Seminar 1982, TU München.- Ber. aus Wasserwirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen d. TU München Nr.38, 223-252.
- PLAHL-WABNEGG, F., KROISS, H. (1984): Biologische Schwermetallentfernung bei Industrieabwässern.- GWF 125.Jg., 424-426.
- RÖBER, M.H., HÖLLWARTH, M. (1981) Untersuchungen zur Herkunft der Schwermetalle in kommunalen Abwässern.- Gesundh Ing 102.Jg., 148-151.
- SMITH, R., WIECHERS, S.G. (1981) Elimination of Toxic Metals from Wastewater by an Integrated Wastewater Treatment/Water Reclamation System.- Water SA (Pretoria, South Africa), Vol.7, No.2, 65-70.
- SPATZIERER, G. (1980): Schwermetalle und biologische Abwasserreinigung.- Schrr. d. Techn.Univ.Wien Bd.17, 55-71.
- STALZER, W. (1985) Empfehlungen für die landwirtschaftliche Verwendung von Klärschlämmen.- Vortrag am Seminar "Kulturtechnik und Wasserwirtschaft - heute ", Univ f. Bodenkultur, Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Wasser und Abwasser](#)

Jahr/Year: 1986

Band/Volume: [1986](#)

Autor(en)/Author(s): Donner Herbert, Peschl P.

Artikel/Article: [Vergleichende Untersuchungen ber Schwermetalle in überwiegend häuslichen Gemeinewässern und deren Elimination bei der biologischen Abwasserklärung 99-124](#)