

Zeitschrift: Wasser Energie Luft = Eau énergie air = Acqua energia aria
Herausgeber: Schweizerischer Wasserwirtschaftsverband
Band: 73 (1981)
Heft: 3

Artikel: Schwermetalle im Abwasser : Herkunft und Bedeutung
Autor: Fahrni, Hans-Peter / Ammann, Pierre
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-941307>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 04.04.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Schwermetalle im Abwasser – Herkunft und Bedeutung

Hans-Peter Fahrni und Pierre Ammann

Zusammenfassung

Schwermetalle im Abwasser belasten Flüsse und Seen und finden sich im Klärschlamm wieder. In einer Studie im Einzugsgebiet der Kläranlage von Morges wurde die Herkunft von Cadmium, Kupfer, Chrom, Eisen, Mangan, Nickel, Blei, Zink und Quecksilber ermittelt.

Résumé: Métaux lourds dans les eaux usées – leur importance et leur origine

Les métaux lourds contenus dans les eaux usées polluent les cours d'eaux et les lacs. On les retrouve également dans les boues d'épuration. Une étude faite dans le bassin versant de la station d'épuration de Morges a permis de déceler les origines des métaux lourds suivants: cadmium, cuivre, chrome, fer, manganèse, nickel, plomb, zinc, et mercure.

Summary: Heavy metals in wastewater – origin and significance

Heavy metals in wastewater are pollutants of rivers and lakes and are subsequently found in sewage sludge. In a recent study carried out in the catchment area of the sewage treatment plant of the town of Morges on the lake of Geneva the origin of cadmium, copper, chromium, iron, manganese, nickel, lead, zinc, and mercury was determined.

Riassunto: Metalli pesanti nelle acque di rifiuto – provenienza e ripercussioni

I metalli pesanti nelle acque di rifiuto inquinano corsi d'acqua e laghi e si ritrovano nei fanghi di depurazione. In uno studio sul bacino imbrifero dell'impianto di depurazione di Morges è stata individuata la provenienza di cadmio, rame, cromo, ferro, manganese, nichelio, piombo, zinco e mercurio.

Niederschläge, Staub und mehr oder weniger gereinigte Abwässer belasten Flüsse und Seen mit Schwermetallen. Vor allem das Ökosystem eines Sees reagiert gegenüber diesen Schadstoffen recht empfindlich. Obwohl Algen, wie auch andere Pflanzen, zum Beispiel Spuren von Zink und Kupfer zum Wachstum benötigen, wirken dieselben Metalle in höheren Konzentrationen im See toxisch. Nach Untersuchungen am Baldeggersee kann Kupfer in Konzentrationen über 3 µg/l bereits zu einem Rückgang der Photosyntheserate des Planktons führen [1]. Die Schadstoffe Quecksilber und Cadmium sind auch aus weiteren Gründen problematisch; diese Metalle reichern sich in der Nahrungskette an und können unter ungünstigen Verhältnissen in Raubfischen zu unerwünschten Konzentrationen führen.

In Gewässerschutzkreisen sind die Schwermetalle in letzter Zeit aber nicht wegen der Wirkungen auf die Gewässer zum Diskussionsgegenstand geworden, sondern im Zusammenhang mit der landwirtschaftlichen Verwertung des Klärschlammes.

Bei der Abwasserreinigung fallen in der Schweiz jährlich etwa 1,8 Mio t Klärschlamm mit einem Gehalt an Trockensubstanz von 90 000 t an.

Klärschlamm enthält – bezogen auf die Trockensubstanz – rund 5% Stickstoff und zwischen 2 und 4% Phosphor.

Wenn auch die im Klärschlamm total vorhandenen rund 3000 t Phosphor nur etwa 6% der in der schweizerischen Landwirtschaft umgesetzten Phosphormenge entsprechen [2], bildet Klärschlamm dennoch einen wertvollen Dünger, der vernünftigerweise von der Landwirtschaft genutzt wird. Der Flächenbedarf für eine einwandfreie landwirtschaftliche Verwertung des Klärschlammes beträgt dabei rund 50 000 ha; dies entspricht etwa 8% der Natur- und Kunstwiesen oder 20% der offenen Ackerflächen der Schweiz.

Der Einsatz in der Landwirtschaft ist aber langfristig nur möglich, wenn der Klärschlamm gewissen hygienischen Anforderungen genügt, also keine pathogenen Keime wie Salmonellen oder ansteckungsfähige Wurmeier und Viren aufweist, und wenn der Gehalt an Schwermetallen zu keinen Bedenken Anlass gibt.

Bei der mechanisch-biologischen Abwasserreinigung gelangen nach einer Studie der EAWAG die im Rohabwasser vorhandenen Schwermetalle zu 40 bis 80% – je nach Element – in den Klärschlamm [3].

Ergebnisse der Klärschlammkontrolle

Die dem Boden durch Immissionen aus der Luft oder durch Klärschlamm und Müllkompost zugeführten Schwermetalle werden in der Humusschicht stark fixiert und deshalb nur wenig ausgewaschen; sie reichern sich so bei wiederholter Zufuhr an. Einzelne Pflanzen und Bodenorganismen reagieren empfindlich auf stark erhöhte Gehalte an Schwermetallen im Boden.

1975 wurden in der Schweiz Richtwerte für den Schwermetallgehalt im Klärschlamm festgelegt. Diese Werte sind so gewählt, dass bei regelmässiger jährlicher Klärschlammgabe in einer Dosierung von etwa 2,5 t Trockensubstanz je ha auch unter ungünstigen Bedingungen langfristig nicht mit Schäden gerechnet werden muss. Die Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrilkulturchemie und Umwelthygiene kontrolliert seit mehreren Jahren regelmässig den Schwermetallgehalt von Klärschlamm. Seit 1977 ist die Untersuchung des Klärschlammes von Kläranlagen mit mehr als 10 000 angeschlossenen Einwohnern obligatorisch; dies trifft für über 100 Abwasserreinigungsanlagen zu, die 75% des landwirtschaftlich verwerteten Klärschlammes liefern.

Diese Untersuchungsergebnisse zeigen, dass bei Cadmium, Zink, Kupfer und Nickel in den Klärschlämmen etwa erhöhte Gehalte auftreten.

Um den Schwermetallgehalt des Abwassers und damit des Klärschlammes zu reduzieren, muss die Herkunft dieser Stoffe bekannt sein. Die diesbezüglichen Kenntnisse waren bis vor kurzem sehr lückenhaft. Sicher trägt die metallverarbeitende Industrie, etwa Galvanikbetriebe, zur Schwermetallbelastung des Abwassers bei. Das von industriellen und gewerblichen Betrieben abgeleitete Abwasser unterliegt in der Schweiz aber strengen Anforderungen, die in der Verordnung über Abwassereinleitungen [7] für mehr als 52 verschiedene Parameter definiert sind. Wenn auch die behördliche Kontrolle der Betriebe häufig nicht so intensiv ist, wie dies etwa verlangt wird, lassen sich die im kommunalen Abwasser gefundenen Schwermetallkonzentrationen nicht allein mit der Ableitung von industriellem und gewerblichem Abwasser erklären.

Bilanz der Schwermetalle im Einzugsgebiet der Kläranlage von Morges

Mit einer breitangelegten Untersuchung haben Mitarbeiter des «Institut du génie de l'environnement» der Eidgenössi-

Tabelle 1. Richtwerte für den Schwermetallgehalt von Klärschlamm, Ergebnisse der Klärschlammkontrolle 1977/78, natürlicher Schwermetallgehalt im Boden, vorgeschlagene Grenzwerte und Eintrag bei Düngung mit Klärschlamm.

Metall	Richtwert nach [4]	Median der Messergeb- nisse im Klärschlamm nach [4]	Mittlerer, natürlicher Gehalt des Bodens nach [5]	Jährlicher Eintrag mit Klärschlamm ¹	Grenzwerte für den Boden nach [6]
	in mg/kg TS	in mg/kg TS	in mg/kg TS	in mg/m ²	in mg/kg
Cadmium	30	7	1 – 4	1,8	3
Zink	3000	2022	50 – 300	525	300
Kupfer	1000	400	10 – 25	104	100
Nickel	200	52	12 – 40	13,5	50
Molybdän	20	7	– ²	1,8	2
Kobalt	100	10	50	2,6	10
Chrom	1000	140	40	36,4	100
Blei	1000	355	5 – 50	92	100

¹ Berechnet mit einer Klärschlammgabe von 2,5 t Trockensubstanz (TS) je Hektare und mit Schwermetallgehalten, die den oben angeführten Messergebnissen entsprechen.

² Keine Angaben vorhanden.

schen Technischen Hochschule in Lausanne die Herkunft von neun verschiedenen Schwermetallen, nämlich Cadmium, Kupfer, Chrom, Eisen, Mangan, Nickel, Blei, Zink und Quecksilber im Abwasser bestimmt [8]. Anhand einer grossen Anzahl chemischer Analysen von Trinkwasser, häuslichem Abwasser, Abwasser von Industrie- und Gewerbebetrieben sowie von Strassenabwasser liess sich eine Bilanz für die Schwermetallfracht der verschiedenen Quellen aufstellen. Zwar beschränkte sich die Untersuchung auf die Kläranlage der Region Morges, die Resultate dürften jedoch für viele andere Kläranlagen mit mässig industrialisiertem Einzugsgebiet ähnlich liegen.

Überraschende Ergebnisse zeitigte zum Teil die statistische Auswertung. Bis heute scheint die Schwermetallfracht aus Niederschlägen und Abschwemmungen eher unterschätzt, diejenige aus industriellen Einleitungen eher überschätzt worden zu sein. So übertreffen in Morges bei Kupfer, Eisen, Mangan, Blei und Zink die diffusen Einträge über Haushalte, Strassenabwasser und Abschwemmungen die Belastung durch industrielle Abwässer bei weitem. Nur 5 bis 15% der in der Kläranlage der Region Morges eintreffenden Fracht stammen bei diesen Metallen aus Galvanikbetrieben oder anderen metallverarbeitenden Unternehmen.

Hingegen liegt der Anteil der Industrie an der Belastung des Abwassers mit Quecksilber, Nickel und Chrom im Bereich zwischen 30 und 50%. Die Untersuchungen der ETH Lausanne in Morges deckten dabei gravierende Mängel in der betriebsinternen Vorbehandlung metallhaltigen Abwassers auf.

Schwierig gestaltet sich die Aufteilung der Frachten beim Cadmium: Zum Teil stammt dieses Metall aus dem Abwasser industrieller Betriebe, teilweise gelangt es jedoch auch bei Verbrennung von Abfällen und fossiler Brennstoffe über die Luft in Dach- und Strassenabwässer. Beträchtli-

che Mengen an Cadmium werden heute noch als Farbpigmente – besonders für rote und gelbe Farben in Plastikmaterialien – oder als Stabilisator in Polivinylnchloriden eingesetzt. Bei der Verbrennung von Abfällen gelangt Cadmium – wie auch andere Metalle – teilweise als Staub in die Atmosphäre. Dies gilt vor allem dann, wenn die Rauchgase unzureichend gereinigt werden. Bedeutende Schwermetallfrachten im Abwasser ergeben sich generell in Kehrichtverbrennungsanlagen mit sogenannter Nassentschlackung; einfache Verfahrensänderungen könnten hier Abhilfe bringen.

Etwa 65% der Zinkfracht in der Kläranlage von Morges rührt von der Innenkorrosion verzinkter Wasserleitungen her. Besonders die zwischen 1965 und 1975 – also während der Hochkonjunktur – installierten Hausleitungen zeigen sich anfällig. Der Zinkverlust in den Wasserleitungen nimmt mit dem Alter der Hausinstallationen ab.

Da zur Vulkanisation von Autopneus Zinkderivate verwendet werden, erstaunt es nicht, dass im Pneubetrieb, und damit im Strassenabwasser, beträchtliche Zinkmengen enthalten sind.

Kupfer stammt zum Teil aus Haushaltungen – hier bilden die korrodierenden Wasserleitungen die Hauptquellen –, zum überwiegenden Masse aber aus Abschwemmungen. Beim Kupfergehalt im Dachwasser und den Abschwemmungen spielen sicher die kupferhaltigen Installationen eine gewisse Rolle. Nicht zu vernachlässigen ist in Morges der Einsatz von Kupferverbindungen als Pflanzenschutzmittel im Weinbau.

Blei gelangt zu mehr als 80% über Strassen- und Dachabwasser sowie über Abschwemmungen in die Kanalisation. Ursache für die hohe Bleibelastung ist in erster Linie das Bleibenzin. Interessanterweise lässt sich im Klärschlamm die Senkung des Bleigehaltes im Benzin mit einer geringen zeitlichen Verzögerung nachweisen.

Tabelle 2. Herkunft verschiedener Schwermetalle im Einzugsgebiet der Kläranlage der Region Morges.

Angaben in Prozenten: Metalltotalgehalte
Nach P. Ammann und Mitarbeiter [8]

	Cad- mium	Kup- fer	Chrom	Eisen	Man- gan	Nickel	Queck- silber	Blei	Zink
Industrie und Gewerbe	11	13	36	5	4	49	30	4	7
Dachwasser, Abschwemmungen, Strassenabwasser	51	66	50	84	81	37	37	80	30
Haushaltungen	38	21	14	11	15	14	33	16	63

Tabelle 3. Schwermetallgehalte in Niederschlägen und Flusswasser – Belastung des Bodens durch Staub und Niederschläge.

Metall	Niederschlag und Staub nach [9] Konzentration in mg/l	Rhein bei Basel nach [10] Konzentration in mg/l	Belastung des ¹ Bodens aus Niederschlägen in mg·m ⁻² Jahr ⁻¹
Cadmium	0,0004	0,00016	0,48
Zink	0,085	0,013	102
Kupfer	0,011	0,004	13
Chrom	0,002	0,001	2,4
Blei	0,08	0,0016	96

¹ Berechnet mit einer jährlichen Niederschlagsmenge von 1,2 m³/m²

Der Schwermetallgehalt in Niederschlägen und Abschwemmungen

Der grosse Beitrag von Niederschlägen, Strassenabwasser und Abschwemmungen zur Schwermetallbelastung der Kläranlage Morges wird durch andere Untersuchungsergebnisse gestützt [9], [10]. Die Winderosion des Bodens, der Staub aus industriellen Prozessen, feinteilige Asche aus Kehrichtverbrennungsanlagen und vor allem Rauch aus den verschiedensten Verbrennungsprozessen in Industrie, Haushalten und Verkehr ergeben im Niederschlag Schwermetallkonzentrationen, die weit über denjenigen eines mässig belasteten Flusswassers liegen. Während in einem Gewässer die Adsorption an Tonminerale und die nachfolgende Sedimentation den Schwermetallgehalt entlang einer Fliessstrecke reduzieren, fällt eine staubförmige Luftverunreinigung – unter Umständen nach einem Transport über lange Strecken – in unverändertem Masse an. Dies widerspiegelt sich denn auch im von *Stumm* und *Zobrist* angeführten Vergleich chemischer Analysen von Flusswasser und Niederschlägen [9]. Bei den hier interessierenden Schwermetallen finden sich im Rhein bei Basel durchwegs Konzentrationen, die um den Faktor 2 bis 20 niedriger sind als im Niederschlag. Stellt man nun der Belastung des Bodens durch eine vorschriftsgemässe Düngung mit Klärschlamm eines mittleren Schwermetallgehaltes diejenigen durch Niederschläge gegenüber, so ergibt sich beim Blei ein verblüffendes Ergebnis: Niederschläge und Staub belasten den Boden der Schweiz stärker als eine vorschriftsmässige Düngung mit Klärschlamm.

Schlussbemerkungen

Zweifellos lässt sich die Qualität des Klärschlammes noch verbessern, wenn in sämtlichen Industrie- und Gewerbebetrieben die gesetzlichen Anforderungen hinsichtlich der Schwermetallkonzentrationen im Abwasser durchgesetzt und regelmässig kontrolliert werden. Zunehmend muss aber auch die diffuse Belastung, wie sie zum Beispiel über die Luftverschmutzung entsteht, erfasst und bekämpft werden. Damit kann gleichzeitig die direkte Belastung der Gewässer durch Niederschläge reduziert werden. Optimismus ist im Hinblick auf die Bleibelastung gerechtfertigt. Die vorgesehene Reduktion des Bleigehaltes im Benzin um zwei Drittel sollte sowohl im Strassenabwasser als auch in den Niederschlägen gute Ergebnisse zeitigen. Bei anderen Metallen können Massnahmen der Luftreinhaltung zu verminderter Korrosion und damit zu weniger belasteten Strassen- und Dachwässern beitragen. Für die weitere Reduktion der Cadmiumbelastung ist eine Einschränkung der Herstellung und des Vertriebs von Wegwerfgegenständen, die Spuren dieses Metalls als Farbstoff oder als Stabilisator enthalten, durch gesetzliche Regelungen erforderlich. Auch das Aussortieren gebrauchter Batterien, die bei der Kehrichtverbrennung zu beträchtlichen Emissionen der Schwermetalle Zink, Quecksilber und Cadmium führen, kann – zusammen mit einer besseren Reinigung der Rauchgase – eine Reduktion der diffusen Schwermetallbelastung mit sich bringen. Der hohe Zinkgehalt einiger Abwässer lässt sich am ehesten vermindern, wenn in Neubauten nur noch Wasserleitungen eingebaut werden, deren Verzinkung den geltenden Industrienormen entspricht. Zur Reduktion der Schwermetallbelastung unserer Umwelt bedarf es also zahlreicher Sanierungsmassnahmen in den verschiedensten Gebieten. Nur eine gesamtheitliche Betrachtung erlaubt es, Ursachen und Quellen abzuklären und gezielte Massnahmen zu treffen.

Literaturverzeichnis

- [1] R. Gächter und P. Baccini: Wie stark dürfen Seen mit Schwermetallen belastet werden? «Neue Zürcher Zeitung», 1. März 1978, Nr. 50.
- [2] O. J. Furrer: Möglichkeiten, Probleme und Forschung bei der Klärschlammverwertung. «Schweizer Journal» 46 (1980).
- [3] P. Roberts, H. Hegi, A. Weber und H. Krähenbühl: Metals in municipal waste water and their elimination in sewage treatment. «EAWAG News» 4. September 1975.
- [4] Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene: Klärschlammkontrolle – Erfahrungen nach einem Jahr. Bern, August 1979.
- [5] J. Dettwiler: Über die Belastbarkeit von Organismen und Lebensräumen durch einige ausgewählte Schwermetalle. Interner Bericht des Bundesamtes für Umweltschutz. Bern, Mai 1976.
- [6] A. Kloke: Orientierungsdaten für tolerierbare Gesamtgehalte einiger Elemente in Kulturböden. «Mitteilungen VOLUFA», Nr. 1–3, 9–11 (1980), zitiert in: O. J. Furrer, P. Keller, P. Hänni und S. K. Gupta: Schadstoffgrenzwerte – Entstehung und Notwendigkeit. Vortrag am EAS-Seminar «Landwirtschaftliche Verwertung von Klärschlämmen». Basel, 24.–26. September 1980.
- [7] Schweizerischer Bundesrat: Verordnung über Abwassereinleitungen. Bern, 8. Dezember 1975.
- [8] P. Ammann, Ch. Schweizer, C. Wyss, F. Kisslig, M. Christinat und R. Pinto: Bilan des métaux lourds dans le bassin versant d'une station d'épuration. Institut du génie de l'environnement, Lausanne 1980.
- [9] EAWAG, Landeshydrologie und Bundesamt für Umweltschutz: Eidgenössisches Programm für die analytische Daueruntersuchung der Schweizerischen Fließgewässer (NADUF). Resultate von Gewässer- und Niederschlagsuntersuchungen. Veröffentlicht im Hydrologischen Jahrbuch der Schweiz.
- [10] J. Zobrist und W. Stumm: Wie sauber ist das Schweizer Regenwasser? «Neue Zürcher Zeitung», 27. Juni 1979, Nr. 146.

Adresse der Autoren: Dr. H. P. Fahrni, Abteilung Naturwissenschaften und Fischerei, Bundesamt für Umweltschutz, 3003 Bern, und P. Ammann, Ecole polytechnique fédérale de Lausanne, Institut du génie de l'environnement, Changins, 1260 Nyon.

Die Verwendung von Müll- und Müllklär-schlammkomposten in der Landwirtschaft

Die toxikologische Bedeutung der Schwermetallgehalte

Bericht über die Informationstagung im Gottlieb-Duttweiler-Institut, Rüslikon, vom 10.11.1980

Siedlungsabfälle sind in zunehmendem Masse mit Schwermetallen belastet. Diese Metalle (zum Beispiel Cadmium, Zink, Kupfer, Nickel und Blei) gelangen einerseits als Abfälle aus Produktionsprozessen (zum Beispiel Galvanisierungsanstalten, Pigmentfabrikation) und andererseits als nicht mehr brauchbare Konsumgüter (zum Beispiel Cadmiumbatterien, farbige Kunststoffartikel) in den kommunalen Müll. Bei der Abfallentsorgung ergeben sich dadurch für die meisten Behandlungsverfahren Probleme: Verbrennt man die schwermetallhaltigen Stoffe, so wird ein bedeutender Teil der Schwermetalle in die Rauchgase transferiert und muss aus diesen eliminiert werden. Und werden die Abfälle zu biologischen Zwecken weiterverarbeitet (N-, P- oder Humusdünger), so besteht die Gefahr einer schädlichen Anreicherung der Schwermetalle in den landwirtschaftlich nutzbaren Böden. Wie gross diese Gefahr für die Zukunft einzuschätzen sei, war das Thema einer im Gottlieb-Duttweiler-Institut durchgeführten Informationstagung über die Verwendung von Müll- und Müllklär-schlammkomposten in der Landwirtschaft. Ausgelöst wurde diese Diskussion durch einen Bericht der Eidg. Forschungsanstalt für Agrikulturchemie und Umwelthygiene in Liebefeld, der bei den Kompostproduzenten grosse Besorgnis ausgelöst hatte und hier von Dr. O. J. Furrer vorgestellt wurde. Etwa 8% der schweizerischen Siedlungsabfälle werden kompostiert. 80% des Kompostes gehen in den Weinbau, der Rest in Gärtnereien. Diese relativ konzentrierte Anwendung innerhalb der Rebkulturen führte zu einer Zunahme der Schwermetallkonzentration in den