

Schadstofffassung in Gewässern, insbesondere Nachweis von Schwermetallspuren mit Hilfe des AAS-Gerätes

F. EBNER

Die Belastung unserer Umwelt durch Schadstoffe wird besonders deutlich am Zustand der Flüsse und Seen in industrialisierten und dicht besiedelten Gebieten. Viele Gewässer sind in ihrem biologischen Bestand bedroht, viele zeigen Symptome einer nachhaltigen Schädigung und einigen kommt beinahe nur noch die Funktion von Abwasserkanälen zu.

Diese nachteilige Entwicklung ist vor allem auf das vermehrte Aufkommen von Abfallstoffen aus dem industriellen, landwirtschaftlichen, kleingewerblichen und individuellen Bereich zurückzuführen, wobei der Bau von Klär- und Aufbereitungsanlagen nicht Schritt halten konnte.

Dennoch werden die Gewässer weiterhin als Vorfluter für Abwassereleitungen herangezogen, was in vielen Fällen dazu führt, daß die Schadstoffe in einem naturgemäß begrenzten Transportmedium immer mehr konzentriert werden. Dazu treten Anreicherungsverfahren am Grund der Gewässer und Summationseffekte, deren ökologische Langzeitwirkungen nur schwer abzuschätzen sind.

Schließlich erfordert eine ständig steigende Zahl von Abfallsubstanzen immer umfangreichere Kontrollsysteme mit hohen Kosten und analytischen Nachweisschwierigkeiten.

Die unmittelbaren Folgen einer zunehmenden Schadstoffbelastung der Gewässer, wie Gefährdung der Wasserversorgung, einschließlich der Trinkwasserversorgung großer Gebiete, Anreicherung in der Nahrungskette und Verringerung des Freizeitwertes der Flüsse und Seen, sollen hier nur angedeutet werden.

Aufgrund letzter Entwicklungen sowie der neuen Gesetzeslage, insbesondere des Bundesgesetzes vom 28. November 1974 über wasserwirtschaftliche Bundesanstalten, sieht die Bundesanstalt für Wassergüte neben der Erfassung von traditionellen Schadstoffen ihre Aufgabe in Zukunft in der verstärkten Befassung mit spezielleren Problemen der Gewässeruntersuchung,

wodurch es zu einer Verlagerung bei den Untersuchungen der Abteilung Chemie kommen kann. Neben den schon lange bekannten und größtenteils mit Routineanalyse erfassbaren Belastungsfaktoren, wie Trübstoffe, Salze, Stickstoff- und Phosphorverbindungen, Dertegentien, Öl bzw. Treibstoffe, organische Last sowie Giftstoffe, wie etwa cyanidische Verbindungen, Phenole und andere, kommt in letzter Zeit der Bestimmung von Schwermetallen in erhöhtem Maße Bedeutung zu.

Die Herkunft, Analytik und Hintanhaltung, vor allem von eutrophierenden Stoffen, ist weitgehend erforscht. Beispiele für die Rückhaltung und somit für wirksame Sanierungsmaßnahmen sind Ring- und Sammelleitungen sowie mehrstufige biologische Aufbereitungsanlagen. Diese langläufigen, eutrophierenden Schadstoffe beeinträchtigen die Gewässergüte durch Überforderung des Sauerstoffhaushaltes, Störung der biologischen Selbstreinigung und führen zu einer Beeinträchtigung des natürlichen Gleichgewichtes. Gewisse Giftstoffe, vorwiegend industrieller Herkunft, können zu akuten Fischsterben führen und damit ein Gewässer mit ihrer Fischereiwirtschaft empfindlich schädigen.

Maßgebend für eine Umweltbelastung ist dabei jedoch nicht allein die Gegenwart verschiedener Schadsubstanzen, sondern vor allem ihre Konzentration, ihre biologischen, chemischen und physikalischen Eigenschaften und nicht zuletzt ihr Synergismus.

Bei einer Schwermetallbeeinträchtigung liegen die Verhältnisse offensichtlich anders. Einmal sind Schwermetallverunreinigungen, im Gegensatz zu den meisten organischen Schadstoffen, durch natürliche Prozesse nicht abbaubar, andererseits können diese Elemente durch Akkumulation in Organen von Mensch und Tier angereichert werden und so eine existentielle Bedrohung darstellen. Es kann angenommen werden, daß auch in Österreich seit vielen Jahren zum Beispiel quecksilberkontaminierte Gewässer und damit auch Fische mit erhöhtem Quecksilbergehalt vorkommen, deren Erfassung jedoch erst in den letzten Jahren möglich wurde. In diesem Sinne scheint es notwendig, vorbeugende Untersuchungen so rasch wie möglich durchzuführen, um sich durch reale Gegebenheiten nicht überrollen zu lassen.

Während sich die Bundesanstalt für Wassergüte in früheren Jahren auf die Bestimmung der Schwermetalle in Konzentrationen von etwa 0,1 mg/l aufwärts beschränkte — diese Untersuchungen wurden besonders im Hinblick auf die Feststellung der Ursache akuter Fischsterben geführt — ergab sich seit einigen Jahren aufgrund der vorher angeführten Überlegungen die Notwendigkeit einer genaueren und exakteren Erfassung dieser Elemente. Durch Hinweise von medizinischen und biologischen Fachleuten auf die

enorme physiologische Bedeutung von Schwermetallspuren in der Umwelt, mit der Annahme einer möglichen Organbeeinträchtigung bzw. genetischer Schädigungen, wurden die chemischen Analytiker gezwungen, sich diesem Problem in besonderem Maße zuzuwenden.

Wie bereits die ersten Untersuchungen ergaben, ist eine bedenkliche Schwermetallanreicherung im biologischen Material und in diversen Ablagerungen möglich. Dies betrifft die ganze Nahrungskette vom Kleinstlebewesen bis hinauf zum Menschen, aber auch Sedimente in Gewässern, Staubablagerungen, Deponien und Halden.

Mit dem Erkennen der Bedeutung von Metallspuren mußten auch neue Wege zu deren Erfassung gefunden werden. Die ursprünglich dafür eingesetzten Methoden der Kolorimetrie wurden zunächst durch die polarographische Bestimmung ersetzt. In den letzten Jahren wurde es durch die kolossale Entwicklung auf elektronischem und technischem Gebiet möglich, die Atomabsorptionsspektroskopie zu einer zuverlässigen und praktikablen Methode der Spurenanalyse zu entwickeln. Eine Vielzahl von Problemen konnte erst durch die Nachweisempfindlichkeit der AAS in den Größenordnungen von ppb = $\mu\text{g/l}$ erkannt und aufgezeigt werden.

Als Ausrüstung stehen der Bundesanstalt für Wassergüte zwei AAS-Geräte zur Verfügung, wobei ein Gerät ausschließlich für Flamme, das zweite Gerät nur für den Betrieb mit Graphitrohr eingesetzt wird. Diese Grundgeräte sind weitgehend voll ausgebaut. So erfolgt die Probenaufgabe mit einem Probenautomat, die Auswertung über Schreiber, Drucker und Digitalanzeige.

Im speziellen ist daran gedacht, für die Bestimmung von Arsen, Antimon, Selen, Zinn und Quecksilber eine Neuentwicklung zu installieren. Als Nahprogramm sind darüber hinaus systematische Untersuchungen auf Arsen vorgesehen.

Für die Quecksilberbestimmung steht der Bundesanstalt für Wassergüte ein Quecksilberanalysator der Firma Coleman PE, Modell MAS 50, zur Verfügung, der sich bis jetzt hervorragend bewährt hat.

Als für die Umwelt signifikante Metalle sind die Elemente Kupfer, Kadmium, Nickel, Zink, Chrom und Eisen als technisch vorwiegend eingesetzte Komponenten anzusehen. Darüber hinaus kann fallweise den Elementen Quecksilber, Blei und Arsen gravierende Bedeutung zukommen, in Sonderfällen können aber auch noch andere Metalle zum Tragen kommen.

Der vielseitige Einsatz der Metalle in der industriellen Technologie bringt es mit sich, daß die Quellen der Umweltbelastung durch derartige Stoffe mannigfaltig sind. Die häufigsten Verursacher einer Kontamination sind der Bergbau, die Erzaufbereitung, die Schwerindustrie mit ihren Hochofen-,

Guß- und Walzbetrieben, Oberflächenveredlungsbetriebe, wie Galvanik-, Eloxier- und Beizanlagen, die chemische Industrie mit ihrem breiten Anwendungsspektrum, wie zum Beispiel Chloralkali-, Holz-, Papier- und Elektroindustrie, Düngemittelproduktion, Erdöl-Raffinerien, Petrochemie, Farbstoffherstellungen und schließlich kommunale Emissionen im weiteren Sinne durch Abwässer, Abgase, Heizungsanlagen für fossile Kraftstoffe und das Kraftfahrzeug.

In seltenen Fällen werden Schwermetallkonzentrationen erreicht werden, welche akute Schädigungen auslösen. Meistens wird eine Schädigung durch Akkumulation in der Biomasse oder durch Anreicherung infolge von Sedimentationserscheinungen gegeben sein.

Als konkretes Beispiel kann hier der Schadstoff Quecksilber angeführt werden, da dieses Problem an der Bundesanstalt für Wassergüte im größeren Umfang bearbeitet wird. Bei nur geringfügig mit Quecksilber kontaminierten Gewässern, etwa im Bereich von 0,08 µg/l bis 0,3 µg/l ergeben sich bereits auffallende Beeinträchtigungen der Hydrosphäre. So können in Fischen Anreicherungen in der Größenordnung von 0,5 mg/kg Fischmuskelfleisch festgestellt werden. Das entspricht etwa einer 5000fachen Erhöhung gegenüber dem Quecksilbergehalt des Wassers. Diese Tatsache findet auch ihre Begründung darin, daß der unter anderem als Fischnahrung dienende Aufwuchs ebenfalls eine bedeutende Quecksilberanreicherung aufweisen kann.

Einem Umstand ist besonders bei Kraftwerksbauten Rechnung zu tragen, nämlich dem, daß es in den Stauräumen auch im Sediment zu bedeutenden Quecksilberanreicherungen kommen kann. Die Gründe für dieses Verhalten liegen primär in den starken Sorptionsmechanismen der Feststoffe gegenüber den meisten Hg-Verbindungen. In diesem Zusammenhang muß darauf verwiesen werden, daß erhebliche Mengen dieses Quecksilbers durch biochemische Prozesse bzw. biologische Methylierung erneut in den Bioprozeß eintreten können.

Die Fixierung der Quecksilberrückstände in den Sedimenten und die ständige Gefahr einer Remobilisierung dieses Giftstoffes stellt eine langanhaltende Bedrohung dar, selbst wenn die Ursache der Verschmutzung längst entfallen ist.

Generell gesagt, stellt die Einbeziehung von Sedimentuntersuchungen eine wichtige Erweiterung der Gewässerkunde dar. Durch ihre Analyse können temporäre und lokale Verschmutzungsursachen erfaßt werden, die mit ausschließlich wasserorientierten Messungen kaum erfaßbar sind. Überhaupt scheinen die Sedimente, und dabei vor allem deren feinkörnige Anteile, ein geeigneter Gradmesser für die Belastung eines Gewässers mit

Schwermetallen zu sein, wobei die Sedimentuntersuchungen folgende Überlegenheit aufweisen können:

1. analysentechnische Vorteile, da die Spurengehalte um ein Vielfaches höher liegen als in wässriger Lösung
2. Erfassung schwerlöslicher Metallverbindungen und
3. Nachweis kurzfristiger Metall-Emissionen sprich gelegentliche Stoßbelastung.

Möglichkeiten der Schwermetallanreicherung sind jedenfalls durch Kationenaustausch, Adsorption, Fällung und Mitfällung sowie Chelatisierung durch wasserunlösliche Huminsäuren gegeben.

Für die Beurteilung der Schädlichkeit eines bestimmten Elementes ist nicht nur die Absolutmenge ausschlaggebend, sondern auch seine chemische Bindung. Dafür verantwortlich ist die Quelle der Verunreinigung und die Art des technischen Einsatzes eines Elementes. Die Einbringung kann daher in metallischer Form wie auch in organischer und anorganischer Bindung erfolgen. Auch in diesem Sinne sollten Sedimentuntersuchungen vorgenommen werden, da besonders in diesem Milieu eine Vielzahl von löslichen und unlöslichen Verbindungen auftreten können.

Eine bemerkenswerte Tatsache ist auch dadurch gegeben, daß durch den Einsatz bestimmter waschaktiver Substanzen und synthetischer Komplexbildner die Ausfällung von Schwermetallen stark behindert werden kann. Dies kann sogar dazu führen, daß vorgesehene Fällungsanlagen unwirksam werden. Dieser Umstand bewirkt, daß komplexgebundene Schwermetalle über weite Strecken in gelöstem Zustand einem Bioprozeß zur Verfügung stehen und ermöglicht darüber hinaus eine Remobilisierung von Schwermetallen aus dem Sediment. Untersuchungen in den USA haben gezeigt, daß manche Komplexe mit Schwermetallen noch giftiger sind als die Bestandteile für sich allein.

Wie sich aus den zahlreichen systematischen Quecksilberuntersuchungen der Bundesanstalt für Wassergüte an Fischen ergibt, wird an manchen Orten die international empfohlene Toleranzgrenze von 0,5 mg/kg Fischfleisch bereits erreicht bzw. überschritten. Diesen Untersuchungen sollte daher in vermehrtem Umfang Bedeutung beigemessen werden. Bei der Beurteilung der Ergebnisse darf jedoch keinesfalls auf Einzelwerte gebaut werden. Es ist vielmehr unbedingt der Querschnitt über eine größere Anzahl von Fischen erforderlich. Darüber hinaus erscheint bei Betrachtung des österreichischen Fischkonsums die Toleranzgrenze von 0,5 mg/kg Fischfleisch als unbedingt ausreichend anzusehen.

In diesem Sinne sollte eine gelegentliche Überschreitung dieses Wertes nicht Ursache für ein Fischfangverbot sein. In der BRD und in den skandi-

natischen Ländern wurde die Toleranzgrenze inzwischen sogar auf 1 mg/kg Fischfleisch erhöht.

Aus der scheinbaren Bagatellisierung des Wertes 0,5 mg Quecksilber pro kg Fischfleisch soll jedoch keine Sorglosigkeit abgeleitet werden, da dieser Wert ja bereits eine eindeutige Kontaminierung darstellt und entsprechende Gegenmaßnahmen sehr wohl zu fordern sind. Leider ist die Lokalisierung der Kontaminierungsquellen nur in seltenen Fällen möglich und damit eine Hintanhaltung der Belastung durch Quecksilber schwer erreichbar.

Um den Unterschied zwischen den Verhältnissen an der Minamata-Bucht in Japan, wo katastrophale Quecksilbervergiftungen auftraten — bekanntlich erkrankten zwischen 1953 und 1960 dort 111 Personen, deren Nahrung zum überwiegenden Teil aus Fischen und Schalentieren bestand, an Quecksilbervergiftung, die von den Ärzten aber erst 1959 als solche erkannt wurde — und österreichischen Verhältnissen klarzustellen, muß gesagt werden, daß die Quecksilberkonzentration in den damals konsumierten japanischen Meerestieren unvergleichlich höher lagen und der tägliche regelmäßige Konsum von größeren Mengen zur akuten Quecksilbervergiftung führte.

Es ist vielleicht interessant zu rekapitulieren, daß nach Japan, wo im Jahre 1965 ein neuerlicher Zwischenfall mit Quecksilber Aufmerksamkeit erregte, Schweden die umweltvergiftenden Eigenschaften der Quecksilberverbindungen registrierte. Der Nachweis einer wissenschaftlichen Konferenz, daß die erschreckende Dezimierung der wild lebenden Vögel auf Quecksilbervergiftungen zurückzuführen und eine Anreicherung in der Nahrungskette bis zum Menschen festzustellen sei, führte u. a. zu Anwendungsbeschränkungen von quecksilberhaltigen Saatgutbeizmitteln. Das Ausmaß der bisher wohl katastrophalsten Quecksilbervergiftung wurde erst im Jahre 1973 bekannt. Im Irak traten 1972 bei insgesamt 530 Menschen schwere Vergiftungserscheinungen auf, von denen 49 starben. Ursache war der Konsum von quecksilberpräpariertem Saatgut.

Die über die schwedischen Erkenntnisse und Untersuchungen erschienenen wissenschaftlichen Arbeiten wurden nicht einmal in Europa entsprechend bekannt. Sie gelangten durch einen mit den schwedischen Problemen vertrauten, aus Norwegen stammenden Doktoranden Norwald Fimreite nach Kanada und in der Folge auch in die USA. Angeregt durch diese Aktivität starteten verschiedene Länder erst jetzt großangelegte Untersuchungen, deren Ergebnisse die allgemeine Aufmerksamkeit auf das Element Quecksilber als umweltgefährdendes Material lenkte.

Es ist anzunehmen, daß bei einer Vielzahl anderer Metalle ähnliche Verhältnisse angenommen werden können, entsprechende Literaturhinweise sind

in großer Vielzahl bekannt. In diesem Zusammenhang wird besonders das Element Kadmium genannt. Es erscheint besonders bemerkenswert, daß die Verschmutzung der Atmosphäre durch Kadmium während der letzten Jahre stark zugenommen haben soll, wodurch eine Kadmiumbelastung der Gewässer ausgelöst werden könnte.

Eine erste informative Untersuchung an Donaufischen durch die Bundesanstalt für Wassergüte erbrachte jedoch in dieser Hinsicht keinerlei alarmierende Ergebnisse. Es ist Absicht der Bundesanstalt, ähnliche Untersuchungen, wie sie für das Metall Quecksilber durchgeführt wurden, auch im Hinblick auf andere Metalle zu forcieren.

Es wäre wünschenswert, daß österreichische Institute, die mit der nötigen Ausrüstung versorgt sind, in ihrem Kompetenzbereich eine Überwachungstätigkeit in diesem Sinne ausüben.

Da auf dem Gebiet Schwermetalle-AAS die Untersuchungsergebnisse in Österreich noch eher knapp sind, werden die entsprechenden Kollegen ersucht, in kleinen Publikationen den interessierten Fachleuten ihre aktuellen Ergebnisse bekanntzumachen. Die Bundesanstalt für Wassergüte ist auf jeden Fall bemüht, ihr Material möglichst rasch und umfangreich zu verbreiten.

Bis zu dem Zeitpunkt, zu dem Ärzte und Biologen uns eindeutige Aussagen über Schadwirkungen von Schwermetallen für den Menschen und seinen Lebensraum an die Hand geben, müssen die zum Schutz unserer Umwelt Beauftragten dafür Sorge tragen, daß diese Stoffe selbst in Spuren zurückgehalten werden.

Verfahren zur Schwermetallrückhaltung, wie Fällung, Ionenaustausch, Elektrolyse und Umkehrosmose sind bekannt. Sie sollen hier als Stichwort angeführt werden. Details aus dieser technischen Fachrichtung können hier nicht erwartet werden. Schwermetall-Emissionen führen aber nicht nur zu einer Gefährdung, sie sind auch wirtschaftlich immer weniger vertretbar. Nach Literaturangaben werden allein mit dem Rhein jährlich Schwermetalle im Wert von ca. 100 Mill. DM abtransportiert, während Zukunftsprognosen bis zum Jahr 2000 Anstiegsraten für den technischen Bedarf zwischen 50% und 100% aufweisen. In weiterer Entwicklung wird daher auch auf diesem Sektor ein starker Anstieg der Metall-Rückführung, eine Verhüttung von Sondermüll und eventuell die Ausbeutung angereicherter Sedimente ins Auge gefaßt werden müssen.

Über die Bedeutung von Schwermetallspuren bei biologischen Prozessen können Klärwärter oder der mit der Überwachung einer biologischen Anlage Beauftragte berichten. So ist es in vielen Fällen bereits vorgekommen, daß es durch Schwermetallanreicherung im Belebtschlamm zum vollständigen

Zusammenbruch von Anlagen gekommen ist. Eine Tatsache, die eine vollständige Entleerung der Anlage und Neubeschickung bzw. Neubeimpfung erforderte. Dadurch ergibt sich eine Zeitspanne, während der ein biologischer Abbau von Abwässern nicht bzw. nur ein Teilabbau durch den erst heranwachsenden Belebtschlamm erfolgen kann. In vielen Fällen wird durch Schwermetalle eine einseitige Belebtschlammzusammensetzung erreicht, die die Leistungsfähigkeit einer Reinigungsanlage wesentlich herabsetzt. Diese Erkenntnisse sind natürlich auch in gewisser Hinsicht auf die Selbstreinigungskraft von Vorflutern zu übertragen.

Das Hauptziel bei der Entwicklung neuer Technologien muß es sein, Metalleanreicherungen in der Umwelt zu vermeiden. Dies kann entweder durch geeignete Reinigungsverfahren im Produktionsablauf oder durch Ersatz von Metallen in den Endprodukten erfolgen. Besonders vordringlich erscheint ein solcher Ersatz bei Quecksilber, Cadmium und Blei. Ebenso wichtig wäre eine Reduktion der atmosphärischen Emissionen.

Da der Schwermetall-Rückhaltung durch die technischen Möglichkeiten noch ein Limit gesetzt ist, wäre es unbedingt Aufgabe von Ärzten, Physiologen und Biologen, gültige Grenzen für die Belastbarkeit des menschlichen und tierischen Organismus durch Schwermetalle zu erstellen, wobei besonders von Interesse wäre, welche Langzeitdosen, unter Berücksichtigung des bekannten Summationseffektes, als unbedenklich anzusehen sind. Obwohl feststeht, daß diese Substanzen eine ständige, wenn auch im allgemeinen nur unterschwellige Belastung des menschlichen Organismus darstellen, verhindert das Fehlen spezifischer Krankheitssymptome ein generelles Eingreifen verantwortlicher Stellen. Diese Problematik kann jedoch nicht Aufgabe des Wasserchemikers sein. Fachleute wie Arbeitsmediziner, Gewerbehygieniker und wissenschaftliche Fakultäten sollten aufgefordert werden, dieses Problem mit vollem Einsatz zu bearbeiten. Hinweise auf mögliche organische und genetische Schädigungen ohne konkrete Angaben verunsichern die Begutachtung durch neutrale Untersuchungsstellen und können darüber hinaus bei behördlichen Entscheidungen zu extremen Maßnahmen führen.

Hinsichtlich der Bedeutung dieser Stoffe als Mineral- und Spurenelemente soll erwähnt werden, daß außer den geläufigen Spurenmetallen Eisen, Kupfer, Zink und Magnesium, auch Mangan, Molybdän, Barium, Kobalt und selbst Vanadium und Kadmium eine Rolle spielen. Viele dieser Substanzen schaffen überhaupt erst die Voraussetzung für einen geordneten Ablauf bestimmter biochemischer Prozesse und auch der Mensch benötigt diese Stoffe zur Aufrechterhaltung seiner Funktionen.

Zweifellos besitzen aber Schwermetalle oberhalb bestimmter Konzen-

trationen einen nachteiligen Einfluß auf die menschliche Gesundheit. Es sollte Ziel internationaler Organisationen aber auch nationaler Institutionen sein, eine Limitierung der Metalle anzustreben, wobei vor allem die als toxisch erkannten Substanzen wie Arsen, Blei, Cadmium, Quecksilber und Selen, aber auch Zink, Kupfer, Nickel und Chrom zu begrenzen wären.

Bei einer Bewertung der Gefährdung durch die Metallbelastung der Gewässer muß gesagt werden, daß toxische Effekte und physiologische Probleme aus dem arbeitsmedizinischen Bereich schon lange Zeit bekannt sind. Sicher nahm mit der Entwicklung der modernen Arbeitsmedizin die Zahl der Vergiftungen rapid ab, doch wurde in jüngster Zeit das Interesse des Wissenschafters, aber auch das der Öffentlichkeit erneut auf das Metallproblem gelenkt. Allerdings mit dem gravierenden Unterschied, daß jetzt nicht mehr ein bestimmter Sektor, sondern die Gefährdung des Menschen allgemein im Vordergrund steht.

Ich hoffe, daß es mir mit diesem Vortrag gelungen ist, einen Beitrag zur Aufklärung der gegenwärtigen Situation und Tendenz zu leisten sowie eine Warnung vor akuten und zukünftigen Gefahren auszusprechen, aber auch eine Anregung zur Diskussion und weiterer Untersuchungen der noch offenen Fragen zu geben.

Abschließend möchte ich Herrn Inspektor Heinrich Gams meinen besonderen Dank für sein persönliches Interesse an der Durchführung dieser Arbeiten und die selbständige Erarbeitung umfangreicher analytischer Ergebnisse mittels AAS aussprechen.

Anschrift des Verfassers: Rat Dipl.-Ing. Franz EBNER, Bundesanstalt für Wassergüte, Schiffmühlenstraße 120, Postfach 7, A-1223 Wien.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

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

Jahr/Year: 1976-1977

Band/Volume: [1976-1977](#)

Autor(en)/Author(s): Ebner Franz

Artikel/Article: [Schadstofffassung in Gewässern, insbesondere Nachweis von Schwermetallspuren mit Hilfe des AAS-Gerätes 173-181](#)