

# Belastung aquatischer Ökosysteme durch Immissionen\*

Manfred Ruf

Bis zum Ende der 40er Jahre war die Situation in Bayern auf dem Gebiet der Abwasserreinigung infolge der schwierigen wirtschaftlichen Engpässe durch die beiden Weltkriege dadurch gekennzeichnet, daß von den insgesamt 616 Gemeinden und Städten mit einer Einwohnerzahl von  $\geq 2000$  nur 20 über eine Sammelkläranlage verfügten. Die Kläranlagen waren zudem größtenteils überlastet und veraltet, so das es nicht verwunderte, daß die Gewässergüteverhältnisse in verschiedenen Landesteilen teilweise sehr im argen lagen. Nach dem letzten Weltkrieg hat sich, namentlich nach der Inkraftsetzung der beiden Umweltschutzprogramme »Gewässerschutz in Bayern« und »Seenreinhaltung in Bayern«, sowohl die Zahl der Kläranlagen als auch deren Reinigungsleistung stark erhöht. Heute werden etwa 22 Mio Abwassereinheiten in rund 2650 Kläranlagen einer Abwasserbehandlung zugeführt. Rund 90 % der anfallenden Abwassermenge wird dabei einer vollbiologischen Reinigung unterzogen.

Aus der Gewässergütekarte Bayern (Stand Dez. 1979) ist ersichtlich, daß bei den Fließgewässern die in den politischen Zielvorstellungen angestrebte Gewässergüteklasse II (= mäßig belastet) in vielen Fällen erreicht bzw. erhalten werden konnte. Bedingt durch die massive Restabwasserbelastung, namentlich in den größeren Städten und Industrieballungszentren, sind jedoch innerhalb der Flußsysteme der Donau und des Mains jeweils noch größere Gewässerabschnitte der Güteklasse II-III (= kritisch belastet) zuzuordnen. Die kritisch belasteten Flußabschnitte erstrecken sich meist über viele Flußkilometer unterhalb der Belastungsschwerpunkte und beeinflussen damit massiv den ländlichen Raum. Besondere Belastungsschwerpunkte mit einer Gewässergüteklasse von bis zu III-IV (=sehr stark verschmutzt) befinden sich u.a. gegenwärtig noch an der Salzach, am Inn (unterhalb von Rosenheim), an der Wertach (Kaufbeuren), an der Iller (Kempten), an der Vils (Amberg), an der Waldnaab und im Einzugsgebiet der Regnitz und des Mains. Für eine kritische Bewertung der Gewässerqualität, namentlich im Hinblick auf eine gefahrlose Oberflächenwassernutzung durch den Menschen (Trinkwassergewinnung, fischereiliche Nutzung, Bewässerung, Viehtränke, Freizeit und Erholung u.a.), ist das heute übliche Gewässergütekartierungsverfahren in der Regel nicht ausreichend. Unter Berücksichtigung der Tatsache, daß sich durch die üblichen vollbiologischen Abwasserreinigungsverfahren zwar bis zu 90% und mehr der biologisch leicht abbaubaren Abwasserinhaltsstoffe eliminieren lassen, eine 100%ige Reinigungsleistung, namentlich auch bei den biologisch schwer oder nicht abbaubaren Abwasserbestandteilen, in der Praxis jedoch nicht zu erreichen ist, müssen bei den derzeit noch vorhandenen Gewässerverunreinigungen im wesentlichen folgende Belastungsgruppen unterschieden werden:

- 1) Leicht abbaubare Verbindungen (Rest-BSB<sub>5</sub>, anorganische und organische Stickstoffverbindungen, Phosphorverbindungen)
- 2) Schwer abbaubare Abwasserbestandteile (Rest-CSB, kritische Schadstoffe)
- 3) Salze
- 4) Metalle (namentlich Schwermetalle)
- 5) Abwärme.

Der *Rest-BSB<sub>5</sub>* in den größeren Gewässern ist meist zu etwa gleichen Anteilen auf die Einleitung von gereinigten kommunalen und industriellen Abwässern zurückzuführen. Die

Auswirkungen auf die Gewässernutzung machen sich insbesondere in einer Beeinflussung der natürlichen Selbstreinigungskraft der Wasserläufe bemerkbar. In vielen Fällen werden darüber hinaus die Trinkwassergewinnung aus dem Oberflächenwasser (nur für den nordbayerischen Raum relevant), die Fischerei, die Bewässerung in der Landwirtschaft sowie die Gewässernutzung im Rahmen der Freizeit und Erholung nachteilig beeinträchtigt.

Die sogenannte »Primär- und Sekundärproduktion« in den Gewässern wird hauptsächlich durch pflanzenverfügbare *Stickstoff-* und *Phosphorverbindungen* entscheidend beeinflusst. In sehr sauberen Gewässern liegt der nicht organisch gebundene Stickstoff überwiegend in der Nitratform vor. Das zusätzliche Auftreten von Ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) ist typisch für eine vermehrte Abwasserbelastung der Gewässer. Der Ammoniumgehalt der Gewässer stellt somit neben dem BSB<sub>5</sub> und CSB ein wichtiges Gütekriterium dar. Während in sehr sauberen Gewässern der Güteklasse I und I-II Ammonium nicht oder nur in äußerst geringen Spuren vorkommt, weisen stärker verunreinigte Gewässer (ab der Güteklasse II-III) regelmäßig NH<sub>4</sub>-Gehalte von einem bis zu mehreren mg/l auf. *Ammoniakvorkommen* in Gewässern sind stets als ein Zeichen von massiven Einleitungen von ungereinigten Abwässern zu werten. NH<sub>3</sub> ist ein starkes Fischgift, das schon in geringer Konzentration massive Fischsterben auslöst. Leider sind in Bayern, namentlich in den kleineren Fließgewässern, Fischzuchtanlagen und dergleichen trotz aller behördlichen Aufklärungsmaßnahmen Jahr für Jahr etwa 200 Fischsterben zu verzeichnen, die in ca. 50% der Fälle auf eine fahrlässige und unsachgemäße Handhabung namentlich von Jauche und Abwässern aus der Silage zurückzuführen sind. Derartige Abwässer sind organisch außerordentlich hoch belastet und können schon in geringen Mengen zu einem völligen Zusammenbruch des Sauerstoffhaushaltes und zum Auftreten des äußerst fischgiftigen Ammoniaks führen, so daß die Fische einen qualvollen Tod durch Ersticken und Vergiftung erleiden. Nach der EG-Richtlinie über den Schutz der Gewässer im Hinblick auf eine fischereiliche Nutzung vom 18.7.1978 sollte NH<sub>3</sub>-Gehalt in Salmoniden- und Cyprinidengewässern den Wert von 0,005 mg/l nicht überschreiten, die Höchstkonzentration wurde auf 0,025 mg/l festgesetzt (Höchstkonzentration an Ammonium =  $\leq 1$  mg/l).

Nach der Phosphorstudie 1975 liegt die einwohnerspezifische P-Last im Abwasser bundesdurchschnittlich bei etwa 4,9 g/Tag. Nur 40% dieses Wertes sind fäkalen Ursprungs, der Rest ist auf Waschmittelphosphate zurückzuführen. Bei der vollbiologischen Abwasserreinigung werden durchschnittlich nur etwa 25-30% (in seltenen Fällen bis zu 50%) des Phosphorgehaltes im Abwasser eliminiert. Der Rest gelangt in die Vorflut. Lediglich bei Anwendung einer chemischen Fällung als 3. Reinigungsstufe kann die Phosphoreliminierung auf Werte bis zu 90% und mehr erhöht werden. Durch den geringen Rückhalteeffekt der Abwasserreinigungsanlagen sind Gesamt-P-Konzentrationen in den stärker abwasserbelasteten Fließgewässern in einer Größenordnung von bis zu 1 mg/l und mehr keine Seltenheit. Insbesondere in den staugeregelten Flüssen kommt es bei einem erhöhten Gehalt an Phosphor- und Stickstoffverbindungen und begünstigt durch die Verringerung der Fließgeschwindigkeit in den Staustufen, aber auch durch die Verbesserung des Lichtklimas und der verstärkten Gewässererwärmung, namentlich im Sommer und Herbst, nicht selten zu einer verstärkten Gewässereutrophierung. Erhebliche Schwankungen der Sauerstoffkonzentration im Tagesverlauf mit einer starken

\* Kurzfassung des gehaltenen Vortrages

O<sub>2</sub>-Übersättigung durch die Algenmassenentwicklung am Tage stehen mehr oder weniger stark ausgeprägte O<sub>2</sub>-Minima in der Nacht und namentlich in den frühen Morgenstunden gegenüber. Die O<sub>2</sub>-Zehrung kann dabei so stark sein, daß Fischsterben auftreten, namentlich bei einem massiven Absterben der Algenmassen durch ungünstige Umwelteinflüsse.

Besonders nachteilig wirken sich zu hohe Nährstoffbelastungen bei den Seen aus (nur geringe Wasserströmungen, lange Wasser-Aufenthaltszeiten, größeres Lichteindringungsvermögen als bei den Fließgewässern, erhöhte Temperaturen). Je nach dem Trophiegrad werden oligotrophe, mesotrophe und eutrophe Seentypen unterschieden. Nach den in den Jahren zwischen 1972 und 1977 vom Bayerischen Landesamt für Wasserwirtschaft und der Bayerischen Landesanstalt für Wasserforschung durchgeführten Untersuchungen ist die Nährstoffzufuhr namentlich bei den größeren Seen erheblich. Zwischen 1972 und 1974 wurde z.B. der Chiemsee jährlich um allein 200 t an Gesamtphosphor belastet. Der See ist heute eutroph und bedarf einer dringenden Sanierung. Rund 70% der Gesamt-P-Belastung des Chiemsees sind durch Abwassereinleitungen in die Zuflüsse oder direkt in den See bedingt. Etwa 30% stammen überwiegend aus der Düngemittelanwendung in der Landwirtschaft. Bei den durch Ringkanalisation sanierten Seen, wie z.B. dem Tegernsee und Schliersee, ist der Anteil der auf Abwassereinleitungen zurückzuführenden Phosphorbelastung nur noch mit etwa 5% zu veranschlagen. 95% der Phosphorbelastung entstammen hier aus den Einzugsgebieten der beiden Seen und damit überwiegend aus dem landwirtschaftlichen Bereich. Nach dem heutigen Kenntnisstand sollte der Gesamtphosphorgehalt in den Seen einen Wert von 20 µg/l nicht wesentlich überschreiten, wenn eine stärkere Eutrophierung, namentlich zur Erhaltung der Erholungsfunktion, vermieden werden soll.

Bei der Gewässerbelastung durch *schwer abbaubare Verbindungen* sind insbesondere solche Stoffe von Bedeutung, die auf Wasserorganismen toxisch wirken oder die bei einer Gewässernutzung durch den Menschen gefahrbringend sind. Derartige Stoffe werden zum größten Prozentsatz über Industrieabwässer und aus sogenannten »diffusen Quellen« (z.B. Luftverschmutzung, Niederschlagswasser) den Gewässern zugeführt. Teilweise entstammen diese Stoffe aber auch aus dem landwirtschaftlichen Bereich. Die Auswirkungen dieser Gewässerverunreinigung machen sich hauptsächlich auf den Gebieten der öffentlichen Trinkwasserversorgung (bei einer Trinkwasseraufbereitung aus dem Oberflächenwasser) sowie der Oberflächenwassernutzung durch die Landwirtschaft bemerkbar. Darüber hinaus kann auch die Ökosystembeschaffenheit in den Gewässern und damit die natürliche Selbstreinigungskraft eine Beeinträchtigung erfahren.

An der Landesanstalt für Wasserforschung wurden in den letzten Jahren auf Veranlassung des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen in verstärktem Maße Schadstoffuntersuchungen in der bayerischen Gewässern durchgeführt. Nach den bisher vorliegenden Ergebnissen bewegen sich z.B. die Konzentrationen an in der Umwelt stark verbreiteten polychlorierten Biphenylen (PCB's) in den größeren Flußläufen in einem Bereich, der meist weit unterhalb der Grenzkonzentrationen des Council Directive der Europäischen Gemeinschaften vom Jahre 1980 für Trinkwasser (0,1 µg/l) liegt. Hexachlorbenzol (HCB), ein in der Landwirtschaft vielfach angewendetes Pestizid, liegt in den Gewässern in Konzentrationen vor, die nur Bruchteile eines µg/l oder nur wenige µg/l ausmachen. Auch

hier wurde der zulässige Grenzwert für Trinkwasser von 0,1 µg/l bisher in keinem Falle erreicht. Zu einer gewissen Sorge Anlaß geben allerdings die Gehalte an aromatischen Kohlenwasserstoffen im Oberflächenwasser, namentlich wiederum in den stärker abwasserbelasteten Gewässern. Bedingt durch die aufwendigen Untersuchungsverfahren, die u.a. den Einsatz einer empfindlichen GCMS-Meßapparatur (Gaschromatograph + Massenspektrometer) erforderlich machen, sind die Erfahrungen auf diesem Gebiet nicht sehr umfangreich.

Im Rahmen eines mehrjährigen Forschungsauftrages des Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen zur Erarbeitung von wissenschaftlichen Grundlagen für langfristige Gewässerschutzziele in Regnitz und Main wurden u.a. auch die aromatischen Kohlenwasserstoffe an mehreren Probenahmestellen entlang einer rund 100 km langen Fließstrecke unterhalb von Würzburg untersucht. Die bisher an der Landesanstalt vorliegenden Meßwerte lassen erkennen, daß sich neben den Erdölderivaten Benzol, Toluol, o.- und p.-Xylol, Naphthalin, Fluoren, Phenantren auch die überwiegend aus Verbrennungsrückständen stammenden polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe Fluoranthen, Benzofluoranthen und Benzopyren in wechselnden Konzentrationen regelmäßig nachweisen lassen. Die Mehrzahl der Meßwerte für diese canzerogenen Stoffe liegt zwar noch unterhalb der Grenzwerte für PCA's von 0,25 µg/l nach der Trinkwasserverordnung von 1975 bzw. von 0,2 µg/l nach dem EG-Council Directive vom Jahre 1980, jedoch wurden auch in Einzelfällen bereits Grenzwertüberschreitungen festgestellt.

Die vorliegenden Untersuchungsergebnisse bedürfen noch einer Vertiefung und Ausweitung auf den gesamten Main und auch auf andere Gewässer. Die bisherigen Erfahrungen lassen jedenfalls erkennen, daß trotz des Vorliegens einer relativ guten Wasserqualität (die Wasserqualität in der Teststrecke liegt an der Grenze zwischen den Güteklassen II und II-III) bei der Gewässernutzung z.B. für die Trinkwassernutzung äußerste Vorsicht geboten ist.

Auf die Gewässerbelastung durch *Salze* soll hier nicht näher eingegangen werden, weil sie in den bayerischen Gewässern in der Regel von untergeordneter Bedeutung ist (im Gegensatz zu außerbayerischen Gewässern, wie z.B. Rhein, Weser u.a.). Auch das Problem der Abwasser- und Gewässerbelastung durch Abtausalze ist bei weitem nicht so gravierend, wie es gelegentlich dargestellt wird. Damit soll aber nicht gesagt werden, daß durch Abtausalze keinerlei Schäden entstehen, sie liegen nur in anderen Bereichen.

Auch auf die Gewässerbelastung durch *Abwärme* kann hier nur in aller Kürze eingegangen werden. Durch die strengen Auflagen der wasserrechtlichen Genehmigungsbehörden, die sich auf international festgelegte Grenzwerte stützen, ist es oft schwierig, hier nachteilige Auswirkungen feststellen zu können, zumal eine Trinkwassergewinnung an den in Bayern vorhandenen Belastungsschwerpunkten nicht vorgesehen ist. Ausgedehnte Forschungsarbeiten an der Landesanstalt, über die in Kürze berichtet wird, führten zu dem Ergebnis, daß die Beeinträchtigung der natürlichen Selbstreinigungskraft und der Ökosystembeschaffenheit bei Einhaltung der wasserrechtlichen Auflagen nicht gravierend ist und im Gegenteil auf dem Sektor des Sauerstoffhaushaltes und der fischereilichen Nutzung eindeutig positive Aspekte zu verzeichnen sind.

Auf dem Gebiete der *Schwermetallbelastung* der Gewässer wurden von der Landesanstalt in den Jahren zwischen 1972 und 1977 ausgedehnte Untersuchungen, namentlich über die Cadmium- und Quecksilberaufkommen, durchgeführt.

Gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Wassergütwirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen der Technischen Universität München wurde außerdem im Auftrag der Landeshauptstadt München ein umfangreiches Forschungsvorhaben über das Vorkommen, die Herkunft und die Frachten von verschiedenen Schwermetallen in den städtischen Abwässern durchgeführt. In die Untersuchungen einbezogen waren auch Bilanzierungen über die Schwermetallreduzierung im Verlauf des Klärprozesses. Nach den Ergebnissen werden die Schwermetalle je nach ihren chemischen Eigenschaften in unterschiedlichem Maße, in jedem Falle aber unvollständig beim vollbiologischen Klärprozeß aus dem Abwasser entfernt, so daß zum Teil nicht unerhebliche »Restbelastungen« in den Gewässern zu verzeichnen sind.

Zwischen 1972 und 1975 wurden von der Landesanstalt insgesamt 344 Gewässerproben auf ihren Gehalt an Quecksilber untersucht. Der für Trinkwasser gültige Grenzwert des Council Directive der EG vom Jahre 1980 von  $1,0 \mu\text{g/l}$  war in 94,5% aller Proben unterschritten. Lediglich in 5,5% der Proben konnten Grenzwertüberschreitungen festgestellt werden. Die wenigen Belastungsschwerpunkte sind bekannt und wurden in der Zwischenzeit durch verschärfte wasserrechtliche Auflagen weitgehend abgebaut. Der natürliche Grundpegel an Hg in den bayerischen Gewässern bewegt sich in einem Schwankungsbereich von  $\leq 0,05$  bis  $0,1 \mu\text{g/l}$ .

Der EG-Grenzwert für die Cd-Belastung des Trinkwassers (Council Directive 1980) beträgt  $5 \mu\text{g/l}$ . Von insgesamt 120 Gewässerproben, die von der Landesanstalt in den Jahren zwischen 1972 und 1977 untersucht wurden, wiesen 87,5% geringere Konzentrationen auf, während in 12,5% der Fälle Grenzwertüberschreitungen festgestellt werden konnten. Durch die im Vergleich zum Hg wesentlich stärkere Umweltverbreitung des Cd und die oft nicht unerhebliche Gewässerbelastung aus diffusen Quellen ist die Lokalisierung von Belastungsschwerpunkten nur mit Hilfe eines enormen Untersuchungsaufwandes möglich. Die im Bereich der Landeshauptstadt München durchgeführten Untersuchungen haben jedenfalls zu einer starken Reduzierung der von den punktuellen Einleitern an das Kanalnetz abgegebenen Schadstofffrachten geführt.

Bezüglich der Auswirkungen der verschiedenen Belastungsgruppen auf die eingangs zitierten Gewässernutzungen durch den Menschen wird heute noch von der Vorstellung ausgegangen, daß die Anforderungen an die Trinkwasserqualität das wichtigste Kriterium, auch für die übrigen Gewässernutzungen, darstellen. Neueren Erkenntnissen an der Landesanstalt zufolge muß dieser Auffassung, zumindest bei einem Teil der Schadstoffe, entgegengetreten werden. Unter Berücksichtigung der vorliegenden Erkenntnisse auf den Gebieten der akuten und insbesondere chronischen Schadstofftoxikologie, aber auch der Schadstoffökologie sowie der vorliegenden lebensmittelrechtlichen Vorschriften muß heute davon ausgegangen werden, daß jede Art von Gewässernutzung besondere Anforderungen an den Gütezustand der Gewässer bedingt. Die Qualitätsanforderungen können dabei zu einer im Vergleich zur Trinkwassernutzung wesentlichen Verschärfung führen, wenn nicht nachteilige Folgen unter dem Aspekt des Gesundheitsschutzes der Bevölkerung oder eine Einschränkung der Selbstreinigungskraft der Gewässer in Kauf genommen werden sollen. Die Ökosystembeeinflussung durch Schadstoffe und eine gefahrlose fischereiliche Nutzung sind Beispiele für besonders restriktive Qualitätsanforderungen an die Oberflächenwasserbeschaffenheit.

## Literatur

Der Rat von Sachverständigen für Umweltfragen: Umweltgutachten 1978. Verlag W. Kohlhammer GmbH. Stuttgart und Mainz.

Gesetz über die Umweltverträglichkeit von Wasch- und Reinigungsmitteln (Waschmittelgesetz) vom 20.8.1975 (BGBl. 1 S. 2255).

Verordnung zur Ausführung des Waschmittelgesetzes vom 10.7.1978 (BGBl. S. 416).

Gewässergütekarte Bayern - Stand Dezember 1979. Herausgeber: Oberste Baubehörde im Bayer. Staatsministerium des Innern.

EG-Richtlinie des Rates vom 18.7.1978 über die Qualität von Süßwasser, das schutz- oder verbesserungsbedürftig ist, um das Leben von Fischen zu erhalten (78/659/EWG). Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften Nr. L 222/1 vom 14.8.1978.

Bericht an den Bayer. Landtag über die Belastung der bayerischen Gewässer durch Phosphor und Stickstoff. München, Dez. 1978.

Forschungsprogramm »Pestizide und PCBs in bayerischen Fließgewässern« 4. Zwischenbericht der Landesanstalt für Wasserforschung 1982 (unveröffentlicht).

Forschungsvorhaben »Grundlagen zur Erarbeitung langfristiger Gewässerschutzziele für Regnitz und Main«, Teilprogramm Bayer. Landesanstalt für Wasserforschung: Eutrophierung. 2. Zwischenbericht 1981 (unveröffentlicht).

Herkunft und Verbleib von Schwermetallen im Abwasser und Klärschlamm der Landeshauptstadt München. Berichte aus Wasserwirtschaft und Gesundheitsingenieurwesen. Institut für Bauingenieurwesen V, Technische Universität München Nr. 34, Okt. 1981.

Verordnung über Trinkwasser und Brauchwasser für Lebensmittelbetriebe (Trinkwasser-Verordnung) vom 31.1.1975 (BGBl. Nr. 16, 1975, S. 453).

Council Directive of 15 July 1980 relating to the quality of water intended for human consumption (80/778/EEC). Off. Journ. of the Eur. Communities Nr. L 229/11 vom 30.8.1980.

Untersuchungen über die Belastung bayerischer Gewässer mit Quecksilber (Wasser, Wasserpflanzen und Flußsedimente) (1972-1975). Bericht der Bayer. Biologischen Versuchsanstalt 1975.

Untersuchungen über die Belastung bayerischer Gewässer mit Cadmium (1972-1977). Bericht der Bayer. Landesanstalt für Wasserforschung 1977.

Bericht der Zentralen Erfassungs- und Bewertungsstelle für Umweltchemikalien im Bundesgesundheitsamt (1979).

1. Verordnung zur Änderung der Höchstmengenverordnung - tierische Lebensmittel vom 29.9.1978 (BGBl. 1 S. 1525).

### Anschrift des Verfassers:

Prof. Dr. Manfred Ruf  
Bayerische Landesanstalt  
für Wasserforschung  
Kaulbachstraße 37  
8000 München 22

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Laufener Spezialbeiträge und Laufener Seminarbeiträge \(LSB\)](#)

Jahr/Year: 1982

Band/Volume: [2\\_1982](#)

Autor(en)/Author(s): Ruf Manfred

Artikel/Article: [Belastung aquatischer Ökosysteme durch Immissionen 31-33](#)