©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Ber. ANL 7 141-150
Dez. 1983

Immissionsbelastungen aquatischer Ökosysteme

Vortrag gehalten am 21. April 1983 in Herrsching anläßlich des Fortbildungslehrganges E »Ökologie« an der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege

Manfred Ruf

Mit dem Beginn des Industriezeitalters im vergangenen Jahrhundert und der damit im engen Zusammenhang stehenden Bevölkerungsentwicklung ging eine ständig zunehmende Gewässerbelastung durch Abwässer aus dem häuslichen, gewerblichen und industriellen Bereich Hand in Hand. Die Konsequenzen dieser massiven Gewässerbelastung äußerten sich in einer nachteiligen Beeinflussung des Sauerstoffhaushaltes in den Gewässern bis zu dessen völligen Zusammenbruch, in dem Absterben vieler Wasserorganismen, darunter insbesondere solcher, die an der natürlichen Selbstreinigungskraft maßgeblich beteiligt sind, oder in der Entwicklung einer einseitigen, atypischen Lebensgemeinschaft mit einer Neigung zur Ausbildung sogenannter »Wasserblüten«. Als Folge des raschen Überganges von der Agrar- zur Industriestaatlichkeit stellte die Abwasserbeseitigung schon bald nicht die einzige massive anthropogene Gewässerbeeinflussung dar. Insbesondere durch die wasserbaulichen Maßnahmen zur Gewährleistung eines ausreichenden Hochwasserschutzes und der Schiffahrt sowie durch die Ableitung von Abwärme wurden vielfach die aquatischen Ökosysteme zusätzlich belastet.

Ausgelöst vor allem durch die noch gegen Ende des vergangenen Jahrhunderts in den größeren europäischen Städten immer wieder auftretenden Cholera- und Typhusepidemien erkannte man schon bald die großen Gefahren, die mit einer zu starken Abwasserbelastung der Gewässer für die menschliche Gesundheit verbunden sind. Das Fehlen geeigneter und vor allem auch wirtschaftlich tragbarer Abwasserbehandlungsverfahren sowie nicht zuletzt die beiden Weltkriege trugen dazu bei, daß sich die Gewässersituation fortlaufend verschlechterte und vielerorts geradezu katastrophale Ausmaße annahm. Mit Rücksicht auf die Erhaltung der Gesundheit der Bevölkerung richtete sich der Schwerpunkt der staatlichen und kommunalen Maßnahmen in der Zeit nach dem letzten Weltkrieg zunächst zwangsläufig der Sicherstellung einer hygienisch einwandfreien öffentlichen Wasserversorgung zu, ehe, beginnend etwa in den 60er Jahren, auch gezielte Maßnahmen auf dem Gebiete des Gewässerschutzes in Angriff genommen werden konnten.

Als Folge einer auf die Sicherung der natürlichen Lebensräume ausgerichteten Politik sind heute etwa 75% der Bevölkerung Bayerns an Sammelkläranlagen angeschlossen. Die Zahl der Kläranlagen hat sich von etwa 20 im Jahre 1948 auf insgesamt 2731 bis zum Ende des Jahres 1981 erhöht (Anschlußwert = 23,5 Mio Abwassereinheiten = E + EGW). Rund 85% der anfallenden Abwassermenge werden einer vollbiologischen Reinigung unterzogen. Zur Vermeidung größerer Ökosystemschädigungen bei den auf Abwassereinleitungen besonders empfindlich reagierenden Seen und zur Erhaltung der bedeutenden Erholungsfunktion dieser Gewässer wurden zusätzlich seit 1960 mehr als 200 km Ring- und Abfangkanäle gebaut und damit mehr als 20 Seen mit einem Flächeninhalt von annähernd 160 km^2 abwassermäßig entlastet. Die Sanierungsmaßnahmen schließen eine Fernhaltung einer Jahresschmutzwassermenge von rund 17 Mio m^3 sowie eine Entlastung der Seen von jährlich mehr als 250 t Phosphor und von rund 1000 t Stickstoff ein.

Durch die Forcierung der Gewässerschutzmaßnahmen insbesondere in den vergangenen zwei Jahrzehnten, die allein in Bayern einen Kostenaufwand von rund 8,5 Milliarden DM verursachte, wurde zumindest in vielen Gewässern erreicht, der fortschreitenden Verunreinigung Einhalt zu gebieten. Teilweise ist es darüber hinaus gelungen, die Gütesituation eindeutig zu verbessern und die politischen Zielvorstellungen zu erreichen. Trotz der bisher erzielten Fortschritte auf dem Gewässerschutzsektor ist abzusehen, daß die Gewässerreinhaltung nicht zuletzt im Interesse der Erhaltung der Volksgesundheit auch in der Zukunft eine bedeutungsvolle und langfristige Aufgabe darstellen wird. Die künftigen Gewässerschutzmaßnahmen haben vor allem den weiteren Abbau der noch bestehenden Belastungsschwerpunkte insbesondere durch industrielle Abwässer sowie die Reduzierung der Belastung an Düngestoffen (Phosphor und Stickstoff) an den besonders gefährdeten Gewässern bzw. Gewässerabschnitten zum Inhalt. Zu besonderen Sorgen Anlaß gibt aber auch die Befürchtung, daß trotz aller Sanierungsmaßnahmen auf dem Gewässerschutzsektor eine fortschreitende Gewässerbelastung durch biochemisch nur schwer oder nicht abbaubare, bioakkumulierbare und auf die Wasserorganismen und den Menschen toxisch wirkende Abwasserinhaltsstoffe unvermeidbar ist. Dieser Problematik kommt auch im Zusammenhang mit dem Thema dieses Fortbildungslehrganges eine aktuelle Bedeutung zu, so daß auf die Schadstoffbelastung der Gewässer näher eingegangen werden soll.

Herkunft und Auswirkungen der Gewässerbelastungen

Bei den derzeit noch vorhandenen Gewässerbelastungen durch Abwässer müssen vor allem die folgenden Belastungsgruppen unterschieden werden:

1.) Leicht abbaubare Verbindungen (Rest-BSB_5, anorganische und organische Stickstoff- und Phosphorverbindungen)
2.) Schwer abbaubare Abwasserbestandteile (Rest-CSB, kritische organische Schadstoffe)
3.) Salze
4.) Metalle (anorganische Schadstoffe)
5.) Abwärme

RINKE [1977] hat versucht, die Anteile der einzelnen Belastungsgruppen an der Gesamtbelastung am Beispiel des Rheins zu erfassen. Desgleichen wurden die schädlichen Auswirkungen der Gewässerbelastung auf die wichtigsten Gewässernut-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 1

Herkunft und Auswirkungen der Gewässerbelastungen

	1. leicht abbaubare Verbindungen			2. schwer abbaubare Verbindungen		3. Salze	4. Metalle	5. Abwärme
	BSB_5	org.N NH_4^-	P	"Rest-CSB"	kritische Schadstoffe			
A. Herkunft:								
Haushalt - Kanalisation und Kläranlagen	> 25	5 - 25	> 25	5 - 25	< 0,2	5 - 25	< 1	< 1
- Regenentlastung	5 - 25	1 - 5	5 - 25	1 - 5	< 0,2	5 - 25	< 0,2	< 0,2
Industrie, einschließlich Bergbau	> 25	5 - 25	5 - 25	> 25	> 25	> 25	> 25	5 - 25
Landwirtschaft								
- bäuerlich	5 - 25	5 - 25	5 - 25	1 - 5	1 - 5	1 - 5	< 0,2	< 0,2
- Massentierhaltung	5 - 25	5 - 25	5 - 25	1 - 5	< 1	< 0,2	< 0,2	< 0,2
Diffuse Quellen	5 - 25	1 - 5	1 - 5	1 - 5	< 1	5 - 25	1 - 5	< 0,2
B. Auswirkungen:								
Wasserversorgung	5 - 25	> 25	5 - 25	> 25	> 25	> 25	> 25	1 - 5
Selbstreinigung	> 25	5 - 25	5 - 25	1 - 5	5 - 25	< 1	5 - 25	5 - 25
Fischerei	5 - 25	1 - 5	●	1 - 5	25	1 - 5	5 - 25	5 - 25 ●
Landwirtschaft (Bewäss.)	< 1	< 1	< 0,2	1 - 5	5 - 25	5 - 25	5 - 25	< 0,2
Erholung	5 - 25	1 - 5	5 - 25	1 - 5	1 - 5	1 - 5	1 - 5	●
Ökologie	5 - 25	1 - 5	5 - 25	5 - 25	5 - 25	1 - 5	5 - 25	5 - 25

Angaben in % der Gesamtmenge bzw. -wirkung (● evtl. Vorteile zu erwarten).
Auszug aus RINCKE, G.: Sauberer Rhein, technisch-wirtschaftliche Probleme und politische Aufgabe. IAWR Intern. Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet, 6. Arbeitstagung Wiesbaden 1977, S. 145-163.

zungen einer Abschätzung unterzogen (Tabelle 1). Danach ist die in den Gewässern heute noch vorhandene Restbelastung an leicht abbaubaren Verbindungen (Belastungsgruppe I) zum überwiegenden Prozentsatz auf Abwassereinleitungen aus dem kommunalen und industriellen Bereich zurückzuführen. Die Gewässerbelastung aus den landwirtschaftlichen Betrieben spielt im Vergleich hierzu eine mehr untergeordnete Rolle. Für die Gewässereutrophierung als Folge von Abwassereinleitungen ist meist der Phosphorgehalt als limitierender Faktor anzusehen. Die P-Belastung der Gewässer wird nach wie vor vordergründig durch die Einleitung von häuslichen Abwässern und in geringerem Maße durch Abwässer aus dem industriellen oder landwirtschaftlichen Bereich verursacht.

Was die Auswirkungen der Gewässerbelastung durch leicht abbaubare Verbindungen auf die Nutzung anbelangt, so ist die nachteilige Beeinflussung des Selbstreinigungsvermögens an erster Stelle zu nennen (Tabelle 1). Aber auch die Wasserversorgung, die Fischerei sowie die Erholungsfunktion werden oft in erheblichem Maße beeinträchtigt. Bei einer maßvollen P-Belastung der Gewässer kann die damit in einem engen Zusammenhang stehende vermehrte Phyto- und Zooplanktonproduktion sich vorteilhaft auf die fischereiliche Gewässernutzung auswirken.

Von den folgenden in der Tabelle 1 aufgeführten Belastungsgruppen kann auf die Gewässerverunreinigung durch *Salze* und durch *Abwärme* nur kurz eingegangen werden, nachdem sie zumindest für die bayerischen Verhältnisse von mehr untergeordneter Bedeutung sind. So wird das Problem der Abtausalzbelastung der Gewässer vielfach überbewertet, die Auswirkungen sind hier wie auch auf dem Gebiete der Abwasserreinigung vielfach nur gering. Damit soll aber nicht gesagt sein, daß Abtausalze bei den Landpflanzen keinerlei Schädigungen auszulösen imstande sind. Massive Salzbelastungen der Gewässer sind vor allem im Bereich von Düngemittelfabriken bekannt. Düngesalzbelastungen wie im Rhein und vor allem in der Weser liegen in den bayerischen Gewässern nicht vor.

Eine Abwärmebelastung ist in der Regel nur auf bestimmte Gewässerabschnitte unterhalb der Gewässerbenutzer (vor allem Kraftwerksanlagen und bestimmte Industriezweige) beschränkt. Durch die strengen Auflagen der wasserrechtlichen Genehmigungsbehörden, die sich auf international festgelegte Grenzwerte für eine maximale Gewässererwärmung je nach Gewässertyp stützen, ist es in den meisten Fällen schwierig, nachteilige Auswirkungen für die verschiedenen Gewässernutzungen festzustellen. Neuere Untersuchungen an verschiedenen Kraftwerksstandorten in Bayern durch die Landesanstalt führten zu dem Ergebnis, daß sich bei Beachtung der international festgelegten Grenzwerte bezüglich der Gewässererwärmung die Beeinträchtigung der Ökosystembeschaffenheit und damit der natürlichen Selbstreinigungskraft in Grenzen hält und darüber hinaus auf den Gebieten des Sauerstoffhaushaltes und der fischereilichen Nutzung sich die Abwärmebeseitigung unter bestimmten Umständen sogar als vorteilhaft erweisen kann.

Von teilweise gravierender Auswirkung auf die öffentliche Wasserversorgung, die Erhaltung des Selbstreinigungsvermögens und nicht zuletzt die fischereiliche und sonstige landwirtschaftliche Gewässernutzung ist die Gewässerverunreinigung durch organische und anorganische Schadstoffe, namentlich durch solche, die für den Menschen und die Wasserorganismen toxisch wirken, biologisch nur schwer oder überhaupt nicht abbaubar (persistent) sind und darüber hinaus noch die Eigenschaft der Bioakkumulierbarkeit besitzen. Auf eine Auswahl dieser Stoffe wird im folgenden noch näher eingegangen.

Gewässerbelastung durch kritische organische Schadstoffe - Polychlorbiphenyle und Pestizide -

Polychlorbiphenyle (PCB) finden aufgrund ihrer besonderen physikalischen Eigenschaften in Gewerbe und Industrie weite Verbreitung (wichtiger Bestandteil von Kühl- und Isolierflüssigkeiten, Schmiermitteln, Hydraulikflüssigkeiten, Verwen-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 2

PCB's und Pestizide in bayerischen Gewässern (Mittelwerte in ng/l)

Gewässer	Untersuchungs-zeitraum	Probenahme	PCB	HCB	Lindan	Su.-DDT	Aldrin	Dieldrin	Endrin	Hepta-chlor
Isarkanal (Eitting)	1980/82	eine 24 h - Mischprobe/ Monat	42	0,5	8,5	7,9	0,3	-	1,0	0,1
Inn (Passau)	1981/82	"	34	0,4	6,7	1,1	-	-	1,0	-
Donau (Ingolstadt)	1980/82	"	50	1,7	13,4	4,1	-	-	-	0,3
Donau (Passau)	1980/82	"	34	2,9	12,8	6,5	0,1	-	1,0	-
Regnitz (Hausen)	1980/82	"	70	0,4	17,3	1,9	0,1	-	-	-
Main (Kahl)	1980/82	"	68	0,5	24,3	5,5	0,1	-	-	-
Trinkwasser-Grenzwerte (MAC-Werte nach EG-Council Directive vom 15.7.1980)			100	100	100	100	100	100	100	100
				Summe PCB's und Pestizide = < 500						

nach: F. BRAUN und B. GOSSLING - Bayer. Landesanstalt für Wasserforschung. Bericht 1983

dung in der Holz-, Papier-, Wachs-, Farben- und Kunstfaserindustrie u.a.). Trotz eines im Jahre 1978 erlassenen Verbotes, PCB offen in den Verkehr zu bringen, sind sie ein regelmäßiger Bestandteil von kommunalen und industriellen Abwässern. Unter dem Begriff der »Pestizide« sind die Pflanzen- und Vorratsschutzmittel zu verstehen, die vorwiegend in der Land- und Forstwirtschaft zum Einsatz gelangen und meist über die Bodenerosion direkt in die oberirdischen Gewässer gelangen. Ein Teil der Pestizide sind wie die Polychlorbiphenyle in der Umwelt sehr lange haltbar und unterliegen der Bioakkumulierung. Die toxische Wirkung für den Menschen ist meist nicht stark ausgeprägt, dafür besitzen viele Pestizide eine hohe toxische Wirkung gegenüber vielen Wasserorganismen, besonders verschiedenen Insektenlarven und Fischen.

Nach den vorläufigen Ergebnissen eines vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen an der Landesanstalt für Wasserforschung seit mehreren Jahren geförderten Forschungsvorhabens überwiegen in den bayerischen Gewässern eindeutig die PCB-Konzentrationen gegenüber den Pestizidkonzentrationen (Tabelle 2). Bei den Pestiziden dominiert das Lindan (*γ*-Hexachlor-cyclohexan), das als Fraß-, Atem- und Berührungsgift in seiner Anwendung 1980 gesetzlich beschränkt wurde. DDT darf im Bundesgebiet mit einigen wenigen Ausnahmen schon seit 1972 nicht mehr verwendet werden, auch die Anwendung von Aldrin, Endrin, Heptachlor und von HCB (Hexachlorbenzol) wurde in den letzten Jahren untersagt. Ein Vergleich mit den für das Trinkwasser international festgesetzten Grenzkonzentrationen, z.B. den MAC-Werten des EG-Council Directive vom 15.7.1980 läßt erkennen, daß die durchschnittlich in den Gewässern festgestellten PCB- und Pestizidkonzentrationen den Trinkwasseranforderungen entsprechen.

In den Fischen liegen die PCB-Konzentrationen rund 11000 mal und bei den Halogenpestiziden rund 3000 mal höher als in den Gewässern selbst (Tabelle 3). Im Hinblick auf die geltenden lebensmittelrechtlichen Bestimmungen wurde in der

Tabelle 3

PCB's und Pestizide in der Muskulatur von Rotaugen (Leuciscus rutilus [L.]) in µg/kg FG

Gewässer	Untersuchungs-zeitraum	Probenzahl	PCB	HCB	Lindan	Su.-DDT	Aldrin	Dieldrin	Endrin	Hepta-chlor
Isarkanal (Eitting)	1978/82	14	890	6	8	56	6	7	6	3
Inn (Passau)	1981	18	193	5	1	1	-	-	-	-
Donau (Ingolstadt)	1981	9	523	14	-	-	-	-	-	-
Donau (Passau)	1981	21	112	8	1	8	1	-	2	2
Regnitz (Hausen)	1981	20	299	4	2	17	1	2	3	2
Main (Kahl)	1981	20	99	1	5	16	4	-	2	3
Grenzwerte nach der Höchstmengenverordnung, tierische Lebensmittel			- (USA = 5000)	50	200	2000	50	50	20	20

nach: F. BRAUN und B. GOSSLING, Bayer. Landesanstalt für Wasserforschung. Bericht 1983

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle nur das Muskelgewebe berücksichtigt. In den Entgiftungsorganen der Fische ist die Bioakkumulierung noch höher. Der besseren Vergleichbarkeit wegen wurde außerdem nur eine Fischart berücksichtigt, die zumindest für die Cypriniden als repräsentativ angesehen werden kann. Trotz der hohen Bioakkumulierung werden die Grenzwerte für PCB und die Pestizide nach der Höchstmengenverordnung für tierische Lebensmittel nicht erreicht, so daß eine fischereiliche Gewässernutzung unbesorgt erfolgen kann (für PCB's existiert im Bundesgebiet derzeitig noch kein Grenzwert, deshalb wurde der für die USA gültige Wert eingesetzt).

- Benzol, Toluol und Halogenkohlenwasserstoffe -

Als weiteren schädlichen Gewässerkontaminanten wird in letzter Zeit verschiedenen organischen Lösungsmitteln zunehmende Beachtung geschenkt. Zwar ist deren toxische Wirkung auf Wasserorganismen als relativ gering zu bewerten, für den Menschen sind sie dagegen wegen ihrer kanzerogenen Eigenschaften von großer Bedeutung. Im Gegensatz zu Benzol und Toluol besitzen die Halogenkohlenwasserstoffe eine geringe Wasserlöslichkeit, außerdem neigen letztere bei höheren Wassertemperaturen und Turbulenzen zum Ausstrippen und damit zur Luftverunreinigung. Die Abbaubarkeit ist bei den Halogenkohlenwasserstoffen als sehr schlecht zu bezeichnen.
Mit Rücksicht auf die konzerogenen Eigenschaften wurde vom Jahre 1982 an vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen an der Landesanstalt ein größeres Forschungsvorhaben in Auftrag gegeben mit dem Ziel, die Lösungsmittelkonzentrationen in den bayerischen Gewässern unter schwerpunktmäßiger Berücksichtigung von grenzüberschreitenden Fragen zu erfassen. Eine vorläufige Auswahl der bisher erzielten Untersuchungsergebnisse mit einer gleichzeitigen Begrenzung auf das Einzugsgebiet der Donau ist in der Tabelle 4 wiedergegeben. Nach den wenigen bisher vorliegenden Erfahrungen scheinen die Benzol- und Toluolkonzentrationen in den untersuchten Gewässern relativ gleichförmig zu sein und keinen größeren Schwankungen zu unterliegen. Im Gegensatz hierzu zeichnen sich bei den Halogenkohlenwasserstoffen Methylenchlorid, Chloroform, Tri- und Tetrachlorethylen gewisse Belastungsschwerpunkte ab, die noch einer weiteren Untersuchung bedürfen.
Ausgesprochen schwierig gestaltet sich bei den krebsauslösenden Stoffen die Festlegung von Grenzwerten, da auch bei sehr geringen Belastungen des Menschen eine Erkrankung nicht völlig ausgeschlossen werden kann. Die im wesentlichen auf einem Krebsrisiko von 1 : 10^5 basierenden Empfehlungen sind in der Tabelle 4 angegeben. Ein Vergleich der bisher festgestellten Konzentrationsbereiche an organischen Lösungsmitteln in den Gewässern mit den bisher existierenden Empfehlungen und Richtwerten läßt zumindest erkennen, daß bei einer Verwendung der untersuchten Oberflächengewässer für die Trinkwassergewinnung das damit verbundene Krebsrisiko als gering einzustufen wäre.

- Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PCA) -

Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe sind hauptsächlich Bestandteil von Verbrennungsrückständen und besitzen in der Umwelt eine hohe Persistenz. In die Gewässer gelangen sie vor allem über die Entwässerung von befestigten Flächen über Trenn- oder Mischkanalisationen, zum Teil auch auf dem Wege der Bodenerosion. In den Gewässern neigen sie in hohem Maße zur Bioakkumulierung, insbesondere in den Sedimenten. Wie die Halogenkohlenwasserstoffe ist den PCA's teilweise eine typische kanzerogene Wirkung zuzuschreiben, über die toxischen Eigenschaften für Wasserorganismen ist noch wenig bekannt.
Die PCA's wurden analog wie die Halogenkohlenwasserstoffe in das bereits beschriebene Untersuchungsprogramm aufgenommen. Wie die Tabelle 5 zeigt, finden die PCA's in den Gewässern eine weite Verbreitung. Von den in der Tabelle aufgeführten Aromaten ist insbesondere dem Benzo(a)-pyren, dem Benzo(b)-Fluoranthen und dem Crysen eine

Tabelle 4

Konzentration an Benzol, Toluol und von Chlorkohlenwasserstoffen in Gewässern in ng/l

Gewässer	Untersuchungszeitraum	Benzol	Toluol	Methylenchlorid	Chloroform	Trichlorethylen	Tetrachlorethylen
Lech (Füssen)	1982 2. Jahreshälfte	300 - 350	140 - 305	20 - 30	20 - 70	20 - 40	240 - 300
Salzach (Tittmoning)	"	290 - 790	150 - 680	20 - 80	780 - 1050	20 - 80	90 - 150
Alzkanal (Salzach)	"	380 - 830	305 - 760	150 - 350	1180 - 1700	2400 - 5800	1200 - 2450
Inn (Passau)	"	310 - 600	110 - 570	60 - 520	120 - 230	300 - 1000	280 - 600
Donau (Passau)	"	350 - 370	100 - 205	20 - 320	60 - 170	200 - 250	230 - 320
Donau (Regensburg)	"	310 - 480	160 - 260	30 - 90	50 - 510	150 - 280	300 - 500
Richt- bzw. Grenzwerte im Trinkwasser		EG-Guide-Wert: Summe KW = 10000		WHO-Guidelines: Vorläufige Richtwerte - 30000	30000	30000	10000
				BGA-Empf. 1982: Σ halog. KW = <25000 im Jahresmittel			

nach: W. KALBFUS, Bayer. Landesanstalt für Wasserforschung. Bericht 1983

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 5

Konzentration von polycyclischen Aromaten (PCA's) in Gewässern (ng/l)

Gewässer	Untersuchungszeitraum	Fluoranthen	Chrysen	Benzo(b)-fluoranthen	Benzo(k)-fluoranthen	Benzo(a)-pyren	Benzo(g,h,i)-perylen
Lech (Füssen)	1982 Aug. - Nov.	16 - 35	3 - 5	1 - 2	1 - 2	2 - 3	2 - 5
Salzach (Tittmoning)	"	20 - 60	8 - 29	2 - 4	2 - 3	1 - 8	2 - 10
Alzkanal (Salzach)	"	60 - 178	14 - 81	6 - 8	1 - 10	10 - 17	2 - 29
Inn (Passau)	"	40 - 204	7 - 62	n.n. - 24	2 - 22	3 - 68	2 - 34
Donau (Passau)	"	30 - 72	6 - 25	n.n. - 42	1 - 28	1 - 112	2 - 70
Donau (Regensburg)	"	45 - 60	12 - 48	2 - 12	2 - 16	4 - 20	5 - 15
Richt- bzw. Grenzwerte im Trinkwasser		Trinkwasser-Verordnung (1975): 250) EG-Council Directive (1980): 200)				Summe von 6 verschiedenen Bezugssubstanzen	

nach: W. KALBFUS, Bayer. Landesanstalt für Wasserforschung. Bericht 1983

kanzerogene Wirkung zuzuschreiben. Sowohl der Grenzwert nach der für die Bundesrepublik gültigen Trinkwasserverordnung als auch der Grenzwert des EG-Council Directive bezieht sich auf die Summe von sechs verschiedenen Bezugssubstanzen, die in der Tabelle 5 mit Ausnahme des Crysens aufgeführt sind. Anstelle des Crysens ist in den nationalen und internationalen Vorschriften das Indeno-(1,2,3-cd)pyren genannt, das aber in den untersuchten Gewässern nicht nachgewiesen werden konnte.

Ähnlich wie bei den Halogenkohlenwasserstoffen sind auch bei den PCA's die vorliegenden Erfahrungen noch zu gering, um definierte Aussagen über das vorhandene Gefährdungspotential machen zu können. Die bisher vorliegenden Meßwerte deuten darauf hin, daß in den untersuchten Gewässern zumindest kurzzeitige Grenzwertüberschreitungen vorhanden sind. Neben der Trinkwassergewinnung ist auch ein gewisses Gefährdungspotential bei der Verwendung von Oberflächenwasser für Bewässerungszwecke in der Landwirtschaft nicht auszuschließen.

Gewässerbelastung durch anorganische Schadstoffe - Schwermetalle -

In den oberirdischen Gewässerläufen lassen sich wie auch im Grundwasser Schwermetalle stets nachweisen. Das Auftreten der Schwermetalle ist einmal natürlich bedingt und wird vom Metallgehalt der Erdrinde beeinflußt. Mittelgebirgsflüsse weisen z.B. in der Regel eine höhere natürliche Grundbelastung auf als die aus den Kalkalpen entspringenden Gewässerläufe. Der über die natürliche Grundbelastung hinausgehende Schwermetallgehalt der Gewässer ist anthropogenen Ursprungs und durch Abwassereinleitungen aus punktuellen und diffusen Quellen verursacht. Über den in den Jahren zwischen 1974 und 1977 im Rheinunterlauf durchschnittlich festgestellten Schwermetallgehalt gibt die Tabelle 6 Auskunft. Ein Vergleich mit den im Trinkwasser höchstzulässigen Konzentrationen zeigt, daß zwar bei einigen Schwermetallen die Grenzwerte nahezu erreicht oder überschritten wurden (Cr, Fe), bei den besonders toxischen Schwermetallen Cd und Hg die

Tabelle 6

Mittlere Metallgehalte im Rheinunterlauf (µg/l)

Metall	1	2	3	4	5
	Untersuchungszeitraum				MAC-Werte für Trinkwasser
	1974	1975	1976	1977	
Chrom	45	22	34	17	50
Eisen	1500	1100	1500	-	200
Nickel	-	-	-	8	50
Kupfer	24	16	21	16	-
Zink	240	120	200	151	-
Arsen	6	7	5	-	50
Cadmium	2	2	3	3	5
Quecksilber	0,6	0,4	0,5	-	1
Blei	25	13	24	27	50

1-3 nach Umweltgutachten [1978]; 4 nach KEMPF, Th. [1982]; 5 nach EG-Council Directive [1980]

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tabelle 7

Durchschnittliche Metallgehalte in bayerischen Gewässern (µg/l)

Metall	1 Donau-Oberlauf Grundbelastung	2 Obere Donau 1976-1977	3 Main km 325 1971-1973	4 Main km 0,5 1971-1973	5 Main km 230-352 1976-1977	6 MAC-Werte für Trinkwasser
Vanadium	-	-	7	6	-	-
Chrom	1	7	8	11	10	50
Mangan	-	28	59	114	88	50
Eisen	-	347	42	161	736	200
Nickel	-	7	22	29	13	50
Kobalt	-	-	9	11	-	-
Kupfer	< 5	21	21	25	17	-
Zink	< 6	101	29	172	81	-
Arsen	-	-	2	3	-	50
Molybdän	-	-	0,3	0,8	-	-
Cadmium	< 0,2	1	3	3	0,6	5
Quecksilber	< 0,02	0,3	0,3	0,4	0,5	1
Blei	< 0,5 - 1,5	11	3	2	10	50

1 nach WINKLER, H. A [1982]; 2, 5 nach QUENTIN, K. E. [1982]; 3, 4 nach REICHERT, J. K. [1982]; 6 nach EG-Council Directive [1980]

durchschnittlich festgestellten Konzentrationen jedoch noch toleriert werden könnten. Allerdings waren im Rheinunterlauf kurzzeitig auch bei den besonders toxischen Schwermetallen immer wieder Grenzwertüberschreitungen zu beobachten, so daß die Gesamtsituation wie auch die sonstige Schadstoffbelastung des Rheins als bedenklich angesehen werden muß.

Von besonderem Interesse ist die Frage, inwieweit sich die Intensivierung der Gewässerschutzmaßnahmen in den letzten Jahren auf die Schwermetallbelastung der Gewässer ausgewirkt hat. Aus den Konzentrationsangaben allein ist für den Rheinunterlauf eine Zu- bzw. Abnahme nicht zu erkennen (Tabelle 6). Neueren Untersuchungen auf der Grundlage von Schwermetallfrachten zufolge (MALLE [1982]), ist bei den Schwermetallen Cd und Hg eine Abnahme im Rheinunterlauf von ca. 50 bzw. 70% festgestellt worden. Für die übrigen Schwermetalle sind entsprechende Untersuchungen noch im Gange.

Eine Auswahl von Schwermetallgehalten in bayerischen Gewässern ist in der Tabelle 7 zusammengestellt. Sowohl in der Donau als auch im Main ist die anthropogene Schwermetallbelastung zu erkennen, eine Überschreitung der internationalen Trinkwassergrenzwerte ist durchschnittlich nur beim Mangan und Eisen namentlich im unteren und mittleren Mainabschnitt gegeben. Es ist jedoch bekannt, daß bei einer Einleitung von schwermetallhaltigen Abwässern in oberirdische Gewässer die Schwermetalle aus der wässrigen Phase sehr rasch in eine gebundene Phase übergehen und dabei namentlich in den Gewässersedimenten einer mehr oder weniger stark ausgeprägten Bioakkumulierung unterliegen. Mit Rücksicht auf die alljährlich zur Gewährleistung der Schiffahrt in teilweise erheblichem Umfange anfallenden Baggergutmengen und auf die angestrebte Unterbringung des Baggergutes in der Landwirtschaft ist die Kenntnis der Schwermetallkonzentrationen in den Gewässersedimenten von besonderem Interesse.

In der Tabelle 8 sind mittlere Schwermetallgehalte in den Sedimenten verschiedener Gewässer mit den Grenzwerten verglichen, die in der Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 25.6.1982 für Kulturböden und Klärschlämme festgelegt worden sind. Danach überschreiten die Schwermetallkonzentrationen in den Gewässersedimenten die für landwirtschaftlich genutzte Kulturböden festgesetzten Grenzkonzentrationen in nahezu allen größeren Gewässerläufen und namentlich in den Ge-

Tabelle 8

Mittlere Schwermetallgehalte in den Sedimenten bundesdeutscher Binnengewässer (mg/kg TS)

Gewässer	Abschnitt	Untersuchungs-zeitraum	Cr	Ni	Cu	Zn	Cd	Hg	Pb	Literatur
			100	50	100	300	3	2	100	Grenzwerte AbfKlärV für Kulturböden
Rhein	Ober-	1978	45	45	85	280	1,2	<2	80	Fr. ACKERMANN und Mitarb. [1981]
	Nieder-	1975	1915	432	1505	8745	53	-	3613	Th. KEMPF [1982]
		1976	2145	-	1805	7638	93	-	2973	
Ruhr	Kettwig	1975 (Mai)	650	525	1350	4500	46	1,5	800	F. DIETZ [1982]
		1981 (Juli)	360	118	480	2100	6,4	1,0	360	
Main	Mitt.Abschn.	1975/76	260	85	220	760	2,0	1,0	170	Fr. ACKERMANN und Mitarb. [1981]
	Unt. Abschn.	1975/76	440	160	620	4050	20	15	390	
	Erlabrunn	1976	125	55	189	830	2,0	1,9	80	K.E. QUENTIN [1982]
Donau	Thalfingen	1976	30	28	99	212	1,6	0,5	34	K.E. QUENTIN [1982]
	Leipheim	1976	89	-	250	500	5,0	0,7	66	H.A. WINKLER [1982]
	Kelheim/ Passau	1977	75	33	72	300	1,6	0,6	50	Fr. ACKERMANN und Mitarb. [1981]
			1200	200	1200	3000	20	25	1200	Grenzwerte AbfKlärV für Klärschlamm

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

wässerabschnitten, wo Baggerarbeiten zur Gewährleistung der Schiffahrt in größerem Umfange erforderlich sind. Ein unbegrenztes Ausbringen der Gewässersedimente auf landwirtschaftlich genutzte Flächen ist somit in den meisten Fällen nicht mehr möglich. Etwas günstiger ist die Situation zu beurteilen, wenn eine Verwendung der Flußsedimente im landwirtschaftlichen Bereich nur in begrenztem Umfange erfolgen soll. In derartigen Fällen könnten die Grenzwerte für Klärschlämme herangezogen werden. Allerdings müßte analog zur Begrenzung der Ausbringungsmengen nach der Klärschlammverordnung eine Limitierung auf im Regelfall nicht mehr als 5 Tonnen Trockenmasse/ha vorgenommen werden.* Unter dieser Einschränkung ließen sich z.B. die Sedimente der Donau und des Mains, nicht jedoch die Rheinsedimente im Unterlauf einer landwirtschaftlichen Verwertung zuführen. Die nicht landwirtschaftliche Nutzung der Gewässersedimente bleibt von den Bestimmungen nach der Klärschlammverordnung unberührt.

Ein nicht unbedeutender Faktor bei der Gewässernutzung durch den Menschen stellt die Fischerei dar. Zwar hat die Berufsfischerei an den Fließgewässern in den letzten Jahren stark abgenommen, im Gegensatz hierzu ist der Sportfischerei eine ständig zunehmende Bedeutung beizumessen. Die Fischerei insgesamt hat ein berechtigtes Interesse, daß nicht nur in den stehenden Gewässern sondern auch in den Fließgewässern die Anforderungen, die vom Lebensmittelrecht an die Qualität der gefangenen Fische gestellt werden, in vollem Umfange gewährleistet sind. Aus dem umfangreichen Untersuchungsmaterial des Landesuntersuchungsamtes für Gesundheitswesen Südbayern wurden in der Tabelle 9 die wichtigsten Schwermetallgehalte in den eßbaren Teilen verschiedener Donaufische ausgewertet. Die Meßwerte lassen erkennen, daß die Schwermetalle auch in den Fischen einer stärkeren Bioakkumulierung unterliegen und noch vor wenigen Jahren eine Überschreitung der Grenzwerte nach den lebensmittelrechtlichen Bestimmungen nicht selten auftrat. Gleichzeitig wird die hervorragende Bioindikatoreigenschaft deutlich, die den Fischen in Bezug auf die Gewässerverunreinigung bei vielen Stoffen zugeschrieben werden muß. So kann die fortschreitende Abnahme der durchschnittlich in den Donaufischen ermittelten Schwermetallgehalte nur in den Auswirkungen der forcierten Abwasserbehandlung insbesondere in den vergangenen Jahren eine Erklärung finden.

* Mit Ausnahme von genehmigungspflichtigen Sonderfällen ist diese Ausbringungsmenge auf 3 Jahre begrenzt.

- Künstliche radioaktive Substanzen -

Mit dem Beginn des Atomzeitalters fanden künstliche Radionuklide eine weite Verbreitung in der gesamten menschlichen Biosphäre. Als Hauptursache hierfür sind die zahlreichen Kernwaffenversuche anzuführen, deren Auswirkungen als radioaktiver Fallout zu einer weltweiten Verbreitung von verschiedenen Spalt- und Aktivierungsprodukten führte. Darüber hinaus wird unser Lebensraum bei der friedlichen Nutzung der Kernenergie durch die Beseitigung von radioaktiven Uranspalt- und Korrosionsprodukten mit der Abluft und dem Abwasser in gewissem Umfange belastet. In der Bundesrepublik Deutschland ist die ständige Überwachung der allgemeinen Umweltradioaktivität und der radioaktiven Emissionen und Immissionen aus den bestehenden kerntechnischen Einrichtungen gesetzlich vorgeschrieben. Beim Gesetzesvollzug ist die Landesanstalt für Wasserforschung seit dem Jahre 1959 in ununterbrochener Folge mitwirkend tätig.

Aus dem umfangreichen Gewässerüberwachungsprogramm wird beispielgebend der Verlauf der Cs-137-, Sr-90- und Co-60-Aktivität im Wasser und biologischen Material der Donau bei Fluß-km 2548,5 in den Abbildungen 1-3 dargestellt. Bei Cs-137 und Sr-90 handelt es sich um langlebige Kernwaffenspaltprodukte, die aber auch gleichzeitig Bestandteil von Abwässern von Kernkraftwerken sind (die Probenahmestelle ist rund 500 m unterhalb der Abwassereinleitungsstelle des Kernkraftwerkes Gundremmingen gelegen). Co-60 ist ein langlebiges Aktivierungsprodukt und ebenfalls regelmäßiger Bestandteil des weltweiten radioaktiven Kernwaffen-Fallout sowie von Reaktorabwässern.

Aus dem Verlauf der durchschnittlichen Donauwasser-Aktivität in den Jahren von 1967 bis 1981 ist zu erkennen, daß die Cs-137-Aktivität mit Ausnahme in den Jahren 1973-1976 eine langsam abnehmende Tendenz aufwies (Abbildung 1), die auch beim Sr-90 (Abbildung 2), wenn auch nicht so ausgeprägt, auftrat. Die Co-60-Aktivität im Donauwasser wies im Vergleich hierzu bis zum Jahre 1978 eine ansteigende Tendenz auf, die sich auch in den Konzentrationen der Biomasse (Schwebstoffe, Sedimente, Fische, Wasserpflanzen) zeigt (Abbildung 3). Der Grund für das unterschiedliche Verhalten

Tabelle 9

Schwermetallgehalt in Donaufischen - Durchschnitts-, Minimal- und Maximalwerte in µg/kg Muskelfleisch -

Untersuchungs-zeitraum	Probenzahl	Cd	Hg	Pb
1977	29	50 (10 - 140)	340 (80 - 940)	540 (30 - 1700)
1979	49	40 (<10 - 160)	270 (30 - 930)	610 (140 - 2000)
1981	14	20 (<10 - 50)	200 (40 - 360)	330 (10 - 900)
1982	16	5 (< 2 - 13)	220 (90 - 560)	110 (<10 - 300)
Grenzwerte	-	50 (BGA-Richtwert, 79)	1000 (Hg-VO-Fische)	500 (BGA-Richtwert, 79)

nach: Landesuntersuchungsamt für das Gesundheitswesen Südbayern - Außenstelle Augsburg - Berichte

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Abbildung 1

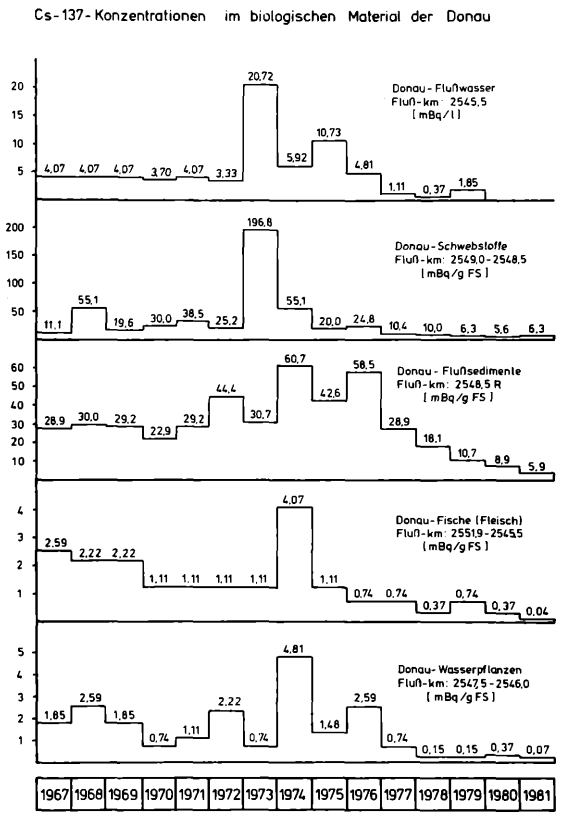
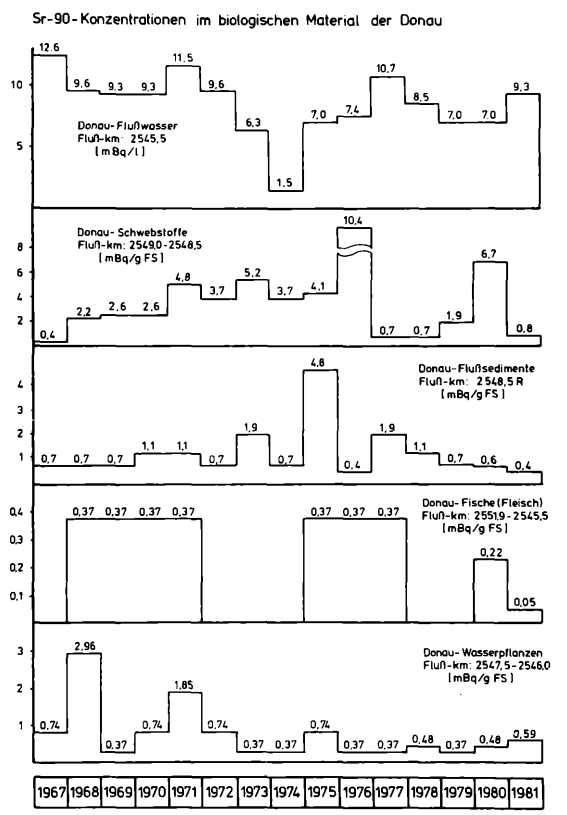
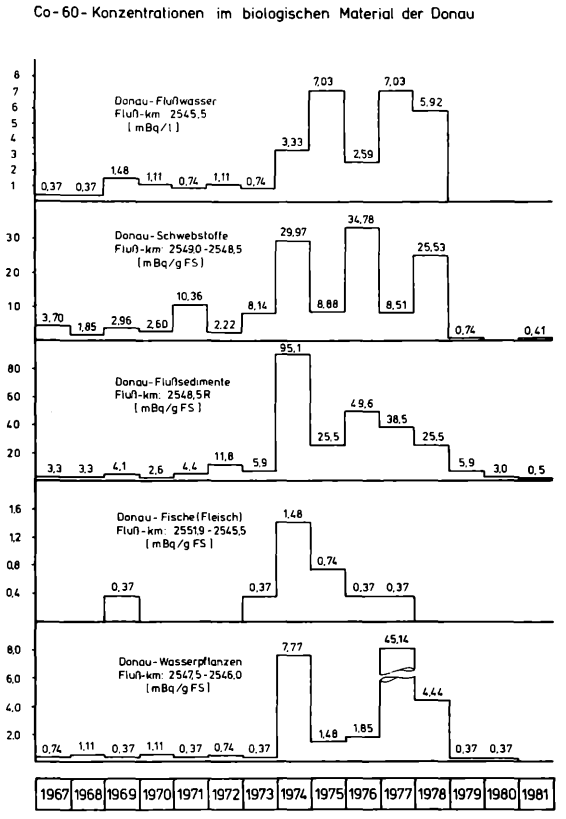


Abbildung 2



der einzelnen Radionuklide ist darin zu erklären, daß die beiden Spaltprodukte Cs-137 und Sr-90 in der Donau zum überwiegenden Prozentsatz auf den Kernwaffen-Fallout zurückzuführen waren, während das Co-60 anteilmäßig zum größeren Prozentsatz durch den Abwassereinfluß des Kernkraftwerkes Gundremmingen bedingt war. Das Kernkraftwerk stellt im Jahre 1977 die Stromerzeugung

Abbildung 3



ein, demzufolge hat insbesondere die Co-60-Aktivität im Wasser und der Biomasse der Donau in den Folgejahren stark abgenommen.

Aus den Abbildungen 1–3 ist auch zu entnehmen, daß die radioaktiven Substanzen analog wie andere Schadstoffe in Abhängigkeit von ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften in der Biomasse der Gewässer einer mehrhundert- bis -tausendfachen Bioakkumulierung unterliegen. Für die Abschätzung der aus der Umweltradioaktivität für die Bevölkerung resultierenden Strahlenexposition ist die Kenntnis über das Ausmaß der Bioakkumulierung der verschiedenen natürlichen und künstlichen radioaktiven Substanzen eine notwendige Voraussetzung. Einer für das Bundesgebiet durchschnittlich vorhandenen natürlichen externen und internen Strahlenexposition von 120 mrem/Jahr steht heute eine auf die friedliche Nutzung der Kernenergie zurückzuführende künstliche Strahleneinwirkung von < 1 mrem/Jahr gegenüber. Diese geringe zusätzliche Strahlenexposition ist vom Standpunkt des Strahlenschutzes für die Bevölkerung her gesehen als unbedenklich zu bezeichnen.

Zusammenfassung

Die Bemühungen auf dem Gebiete der vollbiologischen Abwasserreinigung haben namentlich in den vergangenen zwei Jahrzehnten dazu geführt, daß in vielen Gewässern und Gewässerabschnitten der fortschreitenden anthropogenen Gewässerverschmutzung zumindest Einhalt geboten werden konnte. Zum Teil weisen die Gewässer hinsichtlich ihrer Güteverhältnisse bereits erhebliche Verbesserungen auf. Die künftigen Bemühungen auf dem Gewässerschutzsektor zielen darauf ab, noch bestehende Abwasser-Belastungsschwerpunkte abzubauen und die Gewässer zur Vermeidung einer

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Eutrophierung erforderlichenfalls von Nährstoffen weiter zu entlasten. Zu gewissen Sorgen Anlaß gibt die Befürchtung, daß es trotz einer weiteren Intensivierung der Maßnahmen zur Sanierung der Gewässer nicht gelingen wird, den Gehalt an langlebigen, bioakkumulierbaren und toxischen Schadstoffen auf ein tolerierbares Maß zu reduzieren.
Überwiegend am Beispiel von Fließgewässern in Bayern wurde nachgewiesen, daß zumindest teilweise parallel zur Intensivierung der Abwasserreinigungsmaßnahmen auch ein Rückgang in der Schadstoffbelastung der Gewässer zu verzeichnen ist. Dies gilt zumindest für solche Schadstoffe, die bei der vollbiologischen Abwasserreinigung mit gutem Wirkungsgrad eliminierbar sind, wie z.B. verschiedene Schwermetalle. Wegen der starken Anreicherung, die Schwermetalle in der Biomasse der Gewässer erfahren, sollten die Bemühungen zur Erfassung punktueller Einleiter energisch vorangetrieben werden.
Zu berechtigten Sorgen Anlaß geben die relativ hohen Gewässerkonzentrationen an organischen Lösungsmitteln verschiedener Art und an polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen, darunter vielen Substanzen, die für den Menschen kanzerogen wirken. Zur Reduzierung des Gefährdungspotentials bei der Trinkwassergewinnung aus dem Oberflächenwasser und zur Verminderung der Grundwasserbelastung aus den oberirdischen Gewässerläufen sowie für die Gewährleistung einer ungefährlichen Nutzung des Oberflächenwassers in der Landwirtschaft bedarf es hier im Interesse der Erhaltung der Volksgesundheit noch ganz erheblicher Anstrengungen.

Summary

Due to the efforts made in the field of fully biological sewage treatment, the increasing rate of anthropogenous water pollution has at least been checked in many waters and sections thereof, namely during the last two decades. Regarding their quality characteristics, some of the waters are already showing considerable improvement. Future efforts in the field of protection of waters will be aimed at reducing remaining major sewage problems, and at even further reducing the afflux of nutrients into the waters, as required in order to prevent eutrophication. Certain concern has been caused by the fear that, in spite of stepping up measures for water reclamation, it will not be possible to reduce the concentration of long-lived, accumulative, and toxic pollutants to a tolerable level.
Flowing waters in Bavaria have predominantly been used to demonstrate that a reduction in the pollution burden on the waters has set in, which at least partly has been effected parallel to the intensification of sewage treatment measures. This is the case, at least, for such pollutants that can be efficiently eliminated by fully biological sewage treatment, e.g. various heavy metals. Due to the high degree of enrichment to which heavy metals are subjected in the biomass of waters, strong efforts to pin-point individual pollution sources must be made.
The relatively high concentration of various types of organic solvents and of polycyclic aromatic hydrocarbons, including many substances which tend to induce cancer in the human body, give rise to justified concern. In the interest of public health, considerable effort is required in order to reduce the health hazard potential inherent in the production of drinking water from surface water, and in order to reduce the influx of pollutants from surface water into ground water, and to ensure that agricultural utilization of surface water has no hazardous consequences.

Literatur

ACKERMANN, Fr., HELLMANN, H., KNÖPP, H., MÜLLER, D., NÖTHLICH, I., SCHLEICHERT, U., SCHWILLE, Fr., TIPPNER, M.:
Wird das Baggern an öffentlichen Gewässern zum Umweltproblem? Ergebnisse bisheriger Untersuchungen der BfG zu den Problemen der Schadstoffbelastung von Sedimenten. Jahresbericht 1981 der Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

Bericht der Zentralen Erfassungs- und Bewertungsstelle für Umweltchemikalien im Bundesgesundheitsamt [1979].

BRAUN, F. und GOSSLING, B.:
Zur PCB- und Pestizidbelastung bayerischer Gewässer (1977–1982). Bayer. Landesanstalt für Wasserforschung. Bericht [1983].

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

DIETZ, F.:
Wechselwirkung der Schwermetalle zwischen Wasser und Sediment am Beispiel der Ruhr. In: Schwermetalle im Abwasser, Gewässer und Schlamm. Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie Bd. 34, R. Oldenbourg Verlag [1982], 273–299.

EG-Council Directive relating to the quality of water intended for human consumption (80/778/EEC). Offic. Journal of the European Communities No. L229 [1980], 11–29.

Empfehlungen des Bundesgesundheitsamtes zum Vorkommen von flüchtigen Halogenkohlenwasserstoffen im Grundwasser und Trinkwasser. Bundesgesundheitsblatt 25, Nr. 3 (1982), 74–75.

KALBFUS, W.:
Organische Schadstoffe in bayerischen Vorflutern. Bayer. Landesanstalt für Wasserforschung. Bericht 1983.

KEMPF, Th.:
Schwermetalle im Rhein bei Düsseldorf - Flehe und Bimmern. In: Schadstoffe im Wasser. Bd. I - Metalle. DFG-Forschungsbericht. Harald Boldt Verlag, Boppard [1982], 113–136.

Klärschlammverordnung (AbfKlärV) vom 25. Juni 1982. Bundesgesetzblatt I. Nr. 21 [1982], 734–738.

Landesuntersuchungsamt für das Gesundheitswesen Südbayern - Außenstelle Augsburg: Rückstände an Schwermetallen, Pestiziden und polychlorierten Biphenylen im eßbaren Anteil von Süßwasserfischen aus Oberflächengewässern. Berichte.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

LEWIS, W. M. und WADDINGTON, J. I.:
WHO International Drinking Water Standards Revised. The Science of total Environment 18 (1981), 285-292.

MALLE, K. G.:
Schwermetalle in den internationalen Gewässerschutzvereinbarungen. In: Schwermetalle im Abwasser, Gewässer und Schlamm. Münchner Beiträge zur Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie Bd. 34, R. Oldenbourg Verlag München und Wien [1982], 27-38.

QUENTIN, K. E.:
Schadstoffbelastungen in Donau und Main. Schriftenreihe des Bayer. Landesamtes für Umweltschutz, H. 48, R. Oldenbourg Verlag [1982].

REICHERT, J. K.:
Schwermetalle im Main. In: Schadstoffe im Wasser. DFG-Forschungsbericht Bd. I - Metalle. Harald Boldt Verlag, Boppard [1982], 172-179.

RINCKE, G.:
Sauberer Rhein, technisch-wirtschaftliche Probleme und politische Aufgabe. IAWR Intern. Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet, 6. Arbeitstagung Wiesbaden 1977, S. 145-163.

Verordnung über Höchstmengen an DDT und anderen Pestiziden in oder auf Lebensmittel tierischer Herkunft (Höchstmengenverordnung, tierische Lebensmittel) vom 15.11.1973. BGBl. Teil I Nr. 97 [1973], S. 1710-1713. Geändert durch Art. 9 oder VO vom 16.5.1975 (BGBl. I S. 1281).

Verordnung über Trinkwasser und über Brauchwasser für Lebensmittelbetriebe (Trinkwasser-Verordnung) vom 31.1.1975. BGBl. I Nr. 16 (1975), 453-461.

Verordnung über Höchstmengen an Quecksilber in Fischen, Krusten-, Schalen- und Weichtieren (Quecksilber Verordnung Fische vom 6.2.1975). BGBl. I Nr. 17 [1975], 485.

1. Verordnung zur Änderung der Höchstmengenverordnung, tierische Lebensmittel vom 29.8.1978 (BGBl. I, S. 1525-1530).

WINKLER, H. A.:
Schwermetalle im Bodensee und in der Donau. In: DFG-Forschungsbericht Bd. I - Metalle, Harald Boldt Verlag, Boppard [1982], 38-76.

Anschrift des Verfassers:
Prof. Dr. Manfred Ruf
Bayerische Landesanstalt für Wasserforschung
Kaulbachstraße 37
8000 München 22

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Jahr/Year: 1983

Band/Volume: 7_1983

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

Artikel/Article: Immissionsbelastungen aquatischer Ökosysteme 141-150