

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/351347804>

FISCHEREILICH RELEVANTE GRENZ-UND RICHTWERTE – Ein Tabellenwerk zur Beurteilung chemisch/physikalischer Gewässeruntersuchungen

Research · June 2003

CITATIONS

0

READS

295

1 author:



Beate Adam

Institut für angewandte Ökologie

120 PUBLICATIONS 222 CITATIONS

SEE PROFILE

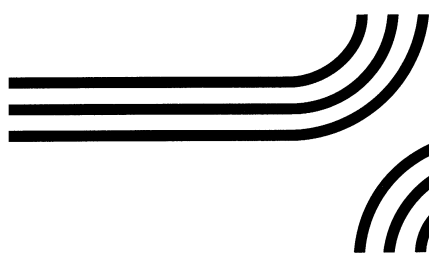
Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



Fish & Light: Ethohydraulic insights in the light preference of German fresh water species [View project](#)



EU Silver Eel [View project](#)



Institut für angewandte Ökologie



FISCHEREILICH RELEVANTE GRENZ- UND RICHTWERTE

**Ein Tabellenwerk zur Beurteilung
chemisch/physikalischer Gewässeruntersuchungen**

2. überarbeitete und erweiterte Auflage

Dr. Beate Adam

**Neustädter Weg 25
36320 Kirtorf-Wahlen
Tel.: 06692 / 6044
Fax: 06692 / 6045
e-Mail: schwevers@vobis.net
www.schwevers.de**

**Außenstelle NRW:
Düsseldorfer Straße 70
41334 Nettetal-Lobberich
Tel.: 02153 / 952743**

Juni 2003

Einführung

Während Wasser-, Substrat- oder gar Schadstoffrückstandsanalysen im Fischfleisch von den zuständigen Behörden nur an wenigen Meßstellen und oft erst nach dem Eintreten einer Umweltkatastrophe angeordnet werden, zählen regelmäßige Untersuchungen stehender und fließender Gewässer im Rahmen der fischereilichen Hege zu den Obliegenheiten der Fischereiausübenden. Diese Überwachung ausgewählter Parameter, wie pH-Wert, Sauerstoffgehalt und die Konzentrationen von Stickstoffverbindungen im Wasser geben wichtige Aufschlüsse über die Qualität eines Gewässers und läßt frühzeitig erkennen, wenn sich die Lebensbedingungen für die aquatischen Organismen und sich damit auch die fischereilichen Verhältnisse verschlechtern. Aus dieser Erkenntnis heraus ist die turnusmäßige Entnahme von Wasserproben, ihre Analyse sowie die Dokumentation der Entwicklung der fischereilich wichtigsten Parameter eine der meist ausgeübten Tätigkeiten von Gewässerwarten und Fischzüchtern.

Deshalb verfügen die meisten Fischereiverbände und viele Fischereivereine über moderne Schnelltests, elektronische Meßgeräte und sogar photometrische Analysemöglichkeiten, die die Durchführung von Wasseruntersuchungen vereinfachen. Dieser reduzierte Aufwand begünstigt wiederum, daß Wasseruntersuchungen in zeitlich kürzeren Abständen durchgeführt und mehr Einzelparameter kontrolliert werden können. Detaillierte Anleitungen und ein großes Angebot von praktischen Schulungen über die richtige Durchführung der verschiedenen Messverfahren gewährleisten zudem eine hohe Zuverlässigkeit der ermittelten Meßwerte. Im Anschluß an die erfolgreich durchgeführte Prozedur einer Wasseruntersuchung ist allerdings oft festzustellen, daß große Unsicherheiten über den Aussagewert der gemessenen Parameter bestehen. Und so sammeln sich häufig die Protokollbögen vieler engagiert durchgeführter Wasserbeprobungen an, ohne daß die wesentliche Frage beantwortet wird: "Was sagen uns die Messwerte?"

Der Grund für diese Unsicherheit besteht darin, daß bislang kein in der fischereilichen Praxis anwendbares Tabellenwerk existiert, das einfach und schnell über relevante Grenz- und/oder Richtwerte informiert. Vor diesem Hintergrund entstand die nunmehr in zweiter und erweiterter Auflage vorliegende Broschüre, in der solche Grenz- und Richtwerte aus der Fachliteratur, Handbüchern und behördlichen Dienstanweisungen zusammengestellt sind, die eine Beurteilung der Qualität der Gewässer als Lebensräume für Fische erlauben.

Die Intention dieses stetig umfangreicher werdenden Tabellenwerks besteht nicht in der akribischen Aufzählung wissenschaftlicher Laborexperimente, sondern darin, die gemessenen

Konzentrationen von Wasserinhaltsstoffen in Hinblick auf ihre Schädlichkeit für die Fischfauna einschätzen zu können. Das Tabellenwerk soll dem interessierten Laien also helfen, ein Gefühl dafür zu entwickeln, welche Konzentrationen alarmierend sind. Damit lassen sich die Ergebnisse von Wasserbeprobungen für die fischereiliche Hege besser interpretieren, und ggf. erforderliche Maßnahmen ergreifen.

Bei der Sichtung der verschiedenen Informationsquellen zeigte es sich, daß sich bei einigen Parametern die Angaben über Grenz- und Richtwerte um Zehnerpotenzen voneinander unterscheiden. Der Grund hierfür liegt darin, daß die Giftwirkung eines Stoffes von einer Vielzahl anderer Faktoren und Rahmenbedingungen abhängt. So kann der selbe Wasserinhaltsstoff von Fischart zu Fischart und in Abhängigkeit vom jeweiligen Entwicklungsstadium stark unterschiedlich wirken. Darüber hinaus sind auch andere natürliche oder auch durch den Menschen beeinflusste Umweltbedingungen, wie die Gesamthärte des Wassers, seine Temperatur sowie die Anwesenheit anderer Wasserinhaltsstoffe für die Wirkungsweise und Wirkkonzentrationen eines Stoffes verantwortlich. Daher gibt es Fälle, in denen die Toxizität eines Giftes durch Anwesenheit eines oder mehrerer anderer Stoffe verstärkt, aufgehoben oder sogar vermindert wird.

An dieser Stelle muß darauf hingewiesen werden, daß bislang nur von wenigen Wasserinhaltsstoffen exakte und umfassende Kenntnisse über deren Wirkungen auf verschiedene Organismen sowie die Einflüsse auf die Lebensgemeinschaften im Freiland vorliegen. Vielmehr wird nach wie vor die Giftigkeit von Stoffen im Rahmen gesetzlicher Zulassungsverfahren für die Industrie unter konstanten Laborbedingungen mit gezielt ausgewählten Konzentrationen untersucht. Dabei wird mit Auswahl von Fischarten, wie Goldorfe, Regenbogenforelle oder Guppy gearbeitet, die sich zwar gut in Aquarien halten lassen, in natürlichen Gewässern aber keine oder eine nur untergeordnete Rolle spielen. Eine Übertragbarkeit solcher im Laborversuch ermittelten Wirkkonzentrationen auf die komplexen Bedingungen, die in natürlichen Gewässern herrschen, ist nur sehr eingeschränkt möglich. Des weiteren lassen sich aus der Vielfalt von etwa 45.000 in die Gewässer legal eingeleiteten Stoffen nur etwa 100 Einzelparameter mit vertretbarem Aufwand im Labor nachweisen.

Für die fischereiliche Praxis ist im Rahmen routinemäßiger Gewässeruntersuchungen ein weitaus eingeschränkteres Spektrum von Parametern analysierbar, das sich zudem für stehende und fließende Gewässer unterscheidet (Tab. 1). So gibt es Parameter, die im Sinne von Hauptparametern bei einer jeden Wasseruntersuchung unbedingt zu erfassen sind, wenn die Lebensbedingungen der Fischfauna beurteilt werden sollen. Zusätzliche Nebenparameter

tragen darüber hinaus dazu bei, Art und Umfang von Belastungen genauer zu beschreiben und einschätzen zu können.

Tab. 1: Haupt- und Nebenparameter für routinemäßige Wasseruntersuchungen stehender und fließender Fischgewässer

Parameter	Meßmethode	Stillgewässer		Fließgewässer
		Oberflächenwasser	Tiefenwasser	fließende Welle
Wassertemperatur [°C]	Thermometer			
pH-Wert	chemischer Schnelltest* ¹			
Sauerstoffgehalt [mg/l]	elektronisches Meßgerät* ²			
Sauerstoffsättigung [%]				
Ammonium/Ammoniak [mg/l]	chemischer Schnelltest			
Nitrit [mg/l]	chemischer Schnelltest			
Nitrat [mg/l]	chemischer Schnelltest			
Phosphat [mg/l]	chemischer Schnelltest			
Leitfähigkeit [µS/cm]	elektronisches Meßgerät			
Gesamthärte [°d]	chemischer Schnelltest			
Säurebindungsvermögen [mg/l]	chemischer Schnelltest			
BSB ₅ [mg/l]	elektronisches Meßgerät* ²			
Salze, Chlorid, Sulfat [mg/l]	chemischer Schnelltest			
Schwefelwasserstoff [mg/l]	chemischer Schnelltest			
Farb- und Trübbeurteilung	Beobachtung			
	Hauptparameter			
	Nebenparameter			
*1	Es sind auch elektronische Meßgeräte verfügbar, die jedoch sehr wartungsintensiv und nicht besser hinsichtlich der Verlässlichkeit der Ergebnisse sind, als chemische Schnelltests.			
*2	Es sind auch chemische Schnelltests verfügbar, die jedoch umständlich in der Handhabung und deren Ergebnisse weniger verlässlich sind, als elektronische Meßgeräte.			

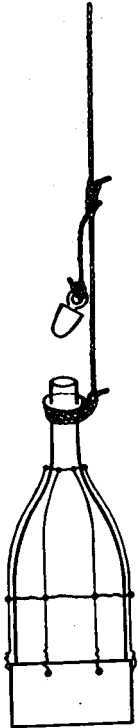
Außer den Grenz- und Richtwerten der in der fischereilichen Praxis wichtigen Parameter, enthält die Broschüre auch Informationen über Giftstoffe, die oft für Fischsterben verantwortlich sind. Diese toxischen Stoffe, die nicht nur im Wasser, sondern auch im Sediment des Gewässers enthalten sein können und sich darüber hinaus im Fischfleisch anreichern, lassen sich in der Regel nicht mit einfachen chemischen Schnelltests nachweisen; für ihre Analyse bedarf es professioneller Verfahren, über die nur entsprechend ausgerüstete Fachlabors verfügen.

Die Aussagekraft von Gewässeruntersuchungen ist umso größer, je öfter und vor allem regelmäßiger Wasserproben genommen werden. Es empfiehlt sich sowohl für Fließ-, als auch stehende Gewässer eine mindestens monatliche Beprobung, wobei die Wintermonate Dezember bis Februar ausgelassen werden können.

Im Falle der Kontrolle von Fließgewässern ist es ratsam, feste Probestellen auszuweisen. Diese sind so zu wählen, daß z.B. auch eine Überwachung von Einleitungsstellen möglich ist. In einem solchen Fall bedarf es nicht nur einer Probestelle unmittelbar unterhalb der Einleitung, sondern als Grundlage für einen Vergleich mit unbelastetem Wasser ist zumindest eine Referenzprobestelle einige Meter oberhalb der Einleitungsstelle auszuweisen.

Während bei Wasseruntersuchungen von Fließgewässern die zu analysierende Wasserprobe stets aus der fließenden Welle entnommen wird, ist bei stehenden Gewässern mit einer Tiefe über 5 m zu bedenken, daß der Wasserkörper insbesondere während des Sommers aufgrund der physikalischen Eigenschaften des Wassers thermische Schichtungen aufweisen kann. Dabei schwimmt eine Schicht wärmeren Oberflächenwassers auf einer Schicht sehr viel kälteren Tiefenwassers. Beide Wasserschichten können sich hinsichtlich ihrer chemisch/physikalischen Beschaffenheit und den Konzentrationen der in ihnen gelösten Wasserinhaltsstoffe vollkommen von einander unterscheiden. Entsprechend unterschiedlich stellen sich auch die Lebensbedingungen für die aquatische Fauna am Gewässergrund und der Oberfläche dar und auch die Größe des besiedelbaren Wasservolumens ist entsprechend anders. Aus diesem Grund ist für die Kontrolle tiefer stehender Gewässer nicht nur die Beprobung des Oberflächenwassers, sondern auch die Analyse des Tiefenwassers zu empfehlen. Um Wasserproben vom Gewässergrund entnehmen zu können, eignet sich der Einsatz einer selbst herstellbaren Schöpfflasche (Abb. 1) genauso gut, wie die Verwendung sehr kostspieliger hydrologischer Untersuchungsgeräte, wie einem Ruttner-Schöpfer.

Abb. 1: Herstellung und Anwendung einer Schöpfflasche:



Eine Sektflasche aus weißem Glas umgibt man mit einem stabilen Netzgewebe und beschwert sie, damit sie leichter absinkt. Am Flaschenhals wird eine kräftige Leine angebracht, an der ein Korken an einer Seitenschnur so befestigt wird, daß er bei straff gespannter Leine nicht bis zur Flaschenöffnung reicht.

Zur Entnahme einer Tiefenwasserprobe wird die mit dem Korken nur leicht verschlossene (!) Schöpfflasche von einem Boot aus in die gewünschte Tiefe abgelassen. Hierzu kann man entsprechende Markierungen an der Leine anbringen. Durch einen kräftigen Ruck an der Leine wird sodann der Korken gezogen und die Flasche füllt sich mit dem zu prüfenden Wasser.

ALUMINIUM**AI**

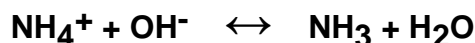
Aluminiumverbindungen sind natürlicherweise in Oberflächengewässern bestenfalls in Spuren vorhanden, kommen jedoch im Boden in Form der unlöslichen Feldspate überall, z.T. in großen Mengen vor. Durch die Einwirkung von Säuren, z.B. aus dem sauren Regen infolge Luftverschmutzung oder nach der Schneeschmelze, wenn der pH-Wert in den Gewässern einen Wert von 6 unterschreitet, wird Aluminium aus dem Boden herausgelöst und hochgiftige Al^{3+} -Ionen freigesetzt. Bereits Konzentrationen von 0,1 mg/l führen zu einem Absterben planktischer Algen und zur Zerstörung der Wurzelsysteme höherer Pflanzen, was zu einer Verödung der Gewässer führt. Gelangt Aluminium in Moore oder Sümpfe, führt dies zur Ausfällung der Huminsäuren, was eine Zerstörung dieser Biotope zur Folge hat. Bei Fischen werden die Kiemen durch Aluminium geschädigt und die Kondition und das Wachstum sowie die Fähigkeit der Fische zur Osmoregulation gestört.

Da normalerweise der Aluminiumgehalt im Wasser sehr gering ist und sein Nachweis mit einfachen Schnelltests nicht zu führen ist, wird dieser Parameter bei routinemäßigen Wasserproben nicht untersucht.

Arten	Grenzwerte	Anmerkung
Regenbogenforelle	0,002 mg/l	tödlich

Ammonium, das beim Abbau von Aminosäuren entsteht, ist ein wesentlicher Bestandteil tierischer und menschlicher Fäkalien. Entsprechend treten in Gewässern vor allem dann hohe Ammonium-Werte auf, wenn fäkalhaltige Abwässer oder Abschwemmungen von Gülle und Jauchedüngung aus landwirtschaftlichen Flächen in die Gewässer eingetragen werden. Im Gewässer hat Ammonium (Ammoniak) gemeinsam mit den Stickstoffverbindungen Nitrit und Nitrat, die beim weiteren mikrobiellen Abbau von Ammonium entstehen, eine wichtige Bedeutung für die Fischerei. Ammonium sollte deshalb bei allen chemisch-physikalischen Wasseruntersuchungen im Sinne eines Hauptparameters routinemäßig mit erfaßt werden.

Im Gewässer kommt Ammonium (NH₄⁺) normalerweise nicht alleine vor, sondern es steht mit Ammoniak (NH₃) in einem Gleichgewicht, das vom pH-Wert beeinflusst wird:



Während bei sauren pH-Werten unter 7 Ammoniumionen (NH₄⁺) überwiegen, entsteht bei basischen pH-Werten über 7 zunehmend das fischgiftige Ammoniak (NH₃). Der Ammonium/Ammoniak-Nachweis gibt in der Regel den Gehalt beider Stoffe im Wasser, im Sinne eines Summenparameters an. Um den Gehalt des Ammoniums bzw. des Ammoniaks zu ermitteln, muß man deshalb zunächst die prozentualen Anteile bestimmen, in denen die beiden Ionen beim jeweils herrschenden pH-Wert vorliegen und diese dann auf den gemessenen Summenwert anwenden:

pH-Wert	NH₄⁺	NH₃
6	100 %	0 %
7	99 %	1 %
8	96 %	4 %
9	75 %	25 %
10	22 %	78 %

Fortsetzung nächste Seite

AMMONIUM / AMMONIAK**NH₄⁺ / NH₃**

(Fortsetzung)

Die nachfolgende Tabelle dient dazu, eine Vorstellung zu vermitteln, mit welchen Ammonium/Ammoniakkonzentrationen bei verschiedenen Wassergüteklassen in Fließgewässern zu rechnen ist:

Wassergüteklasse / Belastungsstufe		Richtwerte
Güteklasse I	unbelastet bis sehr gering belastet	0,06 - 0,15 mg/l
Güteklasse I-II	gering belastet	0,09 - 0,21 mg/l
Güteklasse II	mäßig belastet	0,11 - 0,30 mg/l
Güteklasse II-III	kritisch belastet	0,14 - 0,80 mg/l
Güteklasse III	stark verschmutzt	0,30 - 2,90 mg/l
Güteklasse III-IV	sehr stark verschmutzt	0,60 - 5,52 mg/l
Güteklasse IV	übermäßig verschmutzt	2,90 - 28,0 mg/l

Besonders fischgiftig ist Ammoniak (NH₃). Akut toxisch kann der Gehalt von Ammoniak im Wasser vor allem dann werden, wenn ein rascher Anstieg des pH-Wertes eintritt, der die Entstehung des fischgiftigen Gases begünstigt. Solche kritischen Situationen können z.B. infolge Kalkung stehender Gewässer, in verkrauteten Gewässern oder infolge alkalischer Einleitungen beton- und kalkhaltiger Abwässer entstehen.

Arten	Grenzwerte	Anmerkung
Fischbrut	0,005 mg/l	Schäden bei längerer Einwirkung
Salmoniden	0,025 mg/l	Schäden bei längerer Einwirkung
Salmoniden	0,2 mg/l	tödlich
Fischbrut	> 0,2 mg/l	tödlich
Fische	0,5 - 1,0 mg/l	fischereilich ungeeignete Gewässer
	> 1,0 mg/l	tödlich ab 15 °C

ARSEN**As**

Arsen, bzw. die giftigen Arsenverbindungen Arsenat und Arsenit zählen zu den Halbmetallen. Sie gelangen vor allem über Grubenentwässerungen, aus Gerbereien und Galvanisierungsbetrieben, mit den Ausschwemmungen aus Mülldeponien, aber auch als Bestandteile von Holzschutzmitteln sowie früher von Chemikalien zur Schädlingsbekämpfung in die Umwelt. Im 2. Weltkrieg waren toxische Arsenverbindungen in Kampfmitteln enthalten. Während elementares Arsen weitgehend ungiftig ist, verursachen arsenhaltige Salze vor allem Störungen des Stoffwechsels. Insbesondere 3-wertige Arsenverbindungen lösen beim Menschen Krebs aus und wirken oral aufgenommen in Dosen von 70 bis 180 mg als Nervengifte. Sie lagern sich bevorzugt in Fettgeweben von tierischen Organismen ein und werden so über die Nahrungskette weitergegeben. Mit zunehmendem Alter nimmt die Empfindlichkeit von Fischen gegenüber Arsen ab.

Arten	Richtwerte	Anmerkung
	0,01 mg/l	normale Grundbelastung
Mensch	< 0,05 mg/l	Grenzwert für Trinkwasser nach EU wird jedoch allgemein als zu hoch angesehen
	0,2 mg/l	pro Tag über mehrere Monate krebserzeugend
Salmoniden	> 0,5 mg/l	stark schädigend
Regenbogenforelle	> 0,9 mg/l	tödlich nach 4 Tagen
Plötze	3,9 mg/l	tödlich nach 3 Tagen
Aal	5,5 mg/l	tödlich nach 3 bis 6 Tagen
Karpfen	5,5 mg/l	tödlich nach 3 bis 6 Tagen
Wasserpflanzen	6,0 - 10,0 mg/l	sterben ab
Grenzwerte Wasser		
Grenzwert für oberirdische Gewässer nach EU (DVWK 1992)		0,1 mg/l

BENZIN, ÖI, PETROLEUM

Leider gelangen diese Substanzen aufgrund der weiten Verwendung und umfangreicher Transporte von Mineralöl und seinen zahlreichen Produkten z.B. durch Tanklastunfälle immer wieder in die Gewässer. Da alle aus Mineralöl hergestellten Stoffe nur in ganz beschränktem Umfang mikrobiell abbaubar, aber für alle aquatischen Organismen hochgiftig sind, stellen Verschmutzungen mit dieser Substanzklasse eines der schlimmsten Umweltvergehen dar. Wenngleich sich die Anwesenheit von Mineralöl und Mineralölderivaten dem Menschen bereits geruchlich in geringsten Konzentrationen, selbst bei Verdünnungen bis zu 1:1 Million noch mitteilen, sind Nachweise, um welches Kohlenwasserstoffprodukt es sich bei einer Gewässerverunreinigung handelt, nur mit großem apparativem Aufwand durch Fachlabors möglich. Vor diesem Hintergrund ist bei Fischsterben, die durch diese Substanzen verursacht werden, eine sorgfältige Entnahme von Wasserproben, insbesondere von der Wasseroberfläche erforderlich.

Arten	Richtwerte			Anmerkung
	Benzin	Erdöl	Petroleum	
Karpfen	0,005 mg/l	0,6 mg/l	0,3 mg/l	tödlich

BIOLOGISCHER SAUERSTOFFBEDARF

BSB

Der Biologische Sauerstoffbedarf (BSB) gibt an, wie viel fäulnisfähige organische Stoffe im Wasser enthalten sind, die unter Sauerstoffverbrauch von Bakterien und Pilzen abgebaut werden. Ist der in [mg/l] (Milligramm pro Liter) gemessene BSB hoch, weist dies auf Einleitungen von Abwässern mit organischen Inhaltsstoffen hin. Extrembeispiele für solche organischen Einleitungen sind z.B. ungeklärte Fäkalabwässer und Silosickersäfte. Sofern solche Abwässer in hohen Konzentrationen in die Gewässer gelangen, verursacht ihr Abbau eine so hohe Sauerstoffzehrung, daß sich Fischsterben ereignen können, da der dem Wasser entzogene Sauerstoff der Atmung der Fische nicht mehr zur Verfügung steht.

Der BSB wird auf relativ einfache Weise ermittelt: Bei der Entnahme der Wasserprobe wird der Sauerstoffgehalt in [mg/l] gemessen. Sodann wird die Probe verschlossen und bei etwa 20 °C in völliger Dunkelheit aufbewahrt. Nach einer bestimmten Zeit - für den BSB₂ nach 2 Tagen, für den normalerweise üblichen BSB₅ entsprechend nach 5 Tagen - wird wiederum der Sauerstoffgehalt in der Wasserprobe gemessen. Waren in der Probe organische Inhaltsstoffe enthalten, so wurden sie in der Zwischenzeit biologisch abgebaut. Entsprechend läßt sich der für den Abbau benötigte und dem Wasser entzogene Sauerstoff ermitteln:

$$\text{BSB}_5 \text{ [mg/l]} = \text{Sauerstoffgehalt [mg/l] bei Pobehahme} - \text{Sauerstoffgehalt [mg/l] 5 Tage später}$$

Zwischen dem BSB₅ und dem biologischen Saprobien-system, d.h. der Wassergüteklasse besteht ein enger Zusammenhang, so daß man anhand des Biologischen Sauerstoffbedarfs Rückschlüsse auf die Wassergüteklasse ziehen kann:

Wassergüteklasse / Belastungsstufe		Richtwerte BSB ₅
I	unbelastet bis gering belastet	2 mg/l
I-II	gering belastet	zusammen gefaßt: 3 - 4 mg/l
II	bis mäßig belastet	
II-III	kritisch belastet	4 - 7 mg/l
III	stark verschmutzt	7 - 20 mg/l
III-IV	sehr stark verschmutzt	20 - 120 mg/l
IV	übermäßig verschmutzt	> 120 mg/l

Blei ist in der Natur nahezu überall vorhanden, wurde jedoch in den vergangenen Jahrzehnten nicht nur infolge seines Abbaus in Minen, sondern durch vielfältige Aktivitäten des Menschen verstärkt in die Umwelt eingebracht. Wenngleich die starke Giftigkeit von Blei vielfach beschrieben wird, ist sie doch sehr von der Art der jeweils im Wasser vorkommenden Verbindung sowie der Wasserhärte und dem pH-Wert abhängig. So sind Bleiverbindungen in weichen Wässern in der Regel giftiger, als in harten; und in sauren Gewässern giftiger, als in basischen. Frei im Wasser gelöstes Blei wird von den Fischen über die Kiemen und die Nahrung aufgenommen. Über die Benthosorganismen wird ferner Blei in der Nahrungskette weitergegeben und reichert sich bevorzugt im Fettgewebe von Fischen an, weshalb für einige bleibelastete Gewässer amtliche Verzehrsmengenempfehlungen gegeben werden. Da sich Bleiverbindungen zudem bevorzugt an feinsten Bodenpartikeln anlagern, sind die Sedimente vieler Gewässer so stark kontaminiert, daß Baggergut auf Sondermülldeponien gelagert werden muß.

Arten	Richtwerte	Anmerkung
	≤ 0,02 mg/l	normale Grundbelastung
Mensch	0,03 mg/l	im Trinkwasser gelten als schädlich
	≥ 0,3 mg/l	pro Tag über einige Wochen tödlich
	1,0 mg/l	pro Tag über mehrere Monate tödlich
Fischbrut	0,01 - 0,03 mg/l	vor allem in weichem Wasser stark giftig
Regenbogenforelle	0,672 mg/l	Schlupfrate unter 30 %
	0,0041 - 0,0076 mg/l	Schädigung der Larvenentwicklung
Karpfen	0,025 mg/l	Mißbildung der Brut
	≥ 0,1 mg/l	stark schädigend
Bachsaibling	0,13 mg/l	vermindertes Wachstum der Larven
	3,1 - 3,4 mg/l	tödlich
Giebel	0,07 mg/l	Verhaltensveränderungen
	20,6 mg/l	für 50 % der Individuen tödlich
Schleie	10,7 - 32,7 mg/l	Schädigung der Chemorezeptoren

Qualitätsziele zum Schutz der Fischartengemeinschaften und der aquatischen Ökosysteme (WACHS 1994)

Wasserhärte [mg CaCO ₃ /l]	Blei, gelöst		
	Salmoniden	Cypriniden	Artenschutz
< 10	0,0002 mg/l	0,0025 mg/l	≤ 0,00005 mg/l
100	0,0007 mg/l	0,007 mg/l	0,0001 mg/l
> 300	0,003 mg/l	0,015 mg/l	0,0005 mg/l

Fortsetzung nächste Seite

BLEI		Pb
(Fortsetzung)		
Grenzwerte Wasser		
geogener Background (WACHS 1983)	≤ 0,0002 - 0,004 mg/l	
Grenzwert für oberirdische Gewässer nach EU (DVWK 1992)	0,05 mg/l	
Grenzwerte Sediment		
Klärschlammverordnung (KlärschlammV 1992)	1200 mg/kg	
Gefährdungsabschätzung für die landwirtschaftliche und gärtnerische Nutzung von Altablagerungen und Altstandorten (Min.KB 1988)	100 mg/kg	
Grenzwerte Nahrungsmittel		
Schadstoffhöchstmengenverordnung (SHmV 1988)	0,5 mg/kg	
Grenzwert für Rückstände im Fischfleisch (ZEBS 1979)	0,5 mg/kg	

CADMIUM**Cd**

Cadmium gelangt vor allem mit Abwässern metallverarbeitender oder -veredelnder Betriebe sowie beim Abbau von Metallerzen in Form freier Cd^{2+} -Ionen in die Gewässer. Für Fische ist Cadmium mäßig giftig, jedoch wird seine Wirkung durch die Anwesenheit anderer Metallionen, z.B. von Nickel, Kupfer und Zink um ein Vielfaches verstärkt. Auch Tenside, die als Schlepperstoffe wirken, oder Wasser mit geringem Säurebindungsvermögen (kleiner SBV = weiches Wasser) sowie niedrige pH-Werte tragen zu einer Verstärkung der Giftwirkung von Cadmium bei. Durch Cadmiumaufnahme wird in vielfacher Weise die Funktion der inneren Organe, vor allem die Niere sowie die Kiemen und Blutzellen von Fischen geschädigt. Auch kann Cadmium durch Verdrängung von Calcium Veränderungen des Skelettes, z.B. Deformationen und Brüche hervorrufen. Cadmium beeinflusst auch das Verhalten von Fischen, die z.B. ihre Nahrungsaufnahme reduzieren und die Habitatwahl und das Wanderverhalten durch Beeinflussung des Geruchs- und Geschmackssinnes gestört werden. Salmoniden zeigen sich gegenüber Cadmium ähnlich empfindlich wie Bachflohkrebse (*Gammarus fossarum*) und Wasserflöhe (*Daphnia magna*). Die verfügbaren Angaben über die Fischgiftigkeit von Cadmium weichen z.T. stark voneinander ab.

Arten	Richtwerte	Anmerkung
	≤ 0,1 mg/l	normale Grundbelastung
	≤ 2,0 mg/l	Regenwasser
Mensch	≤ 7,6 mg/l	Trinkwasser
Bachforelle	0,002 mg/l	Absterben der Eier, verzögerter Schlupf
Salmoniden	0,004 mg/l 0,005 mg/l	schädigend bei SBV < 2 schädigend bei SBV > 2
Regenbogenforelle Brut	0,025 mg/l	tödlich bei pH 7,0 - 8,0
Setzling	0,0010 - 0,055 mg/l	tödlich bei pH 7,3 - 8,0
erwachsen	0,0048 - 0,066 mg/l	tödlich bei pH 4,7 - 7,0
Karpfen	0,004 mg/l 0,012 mg/l	schädigend bei SBV < 2 schädigend bei SBV > 2
Bachschmerle	3,4 mg/l	Verhaltensveränderung kein Fluchtreflex mehr

Fortsetzung nächste Seite

CADMIUM			Cd
(Fortsetzung)			
Qualitätsziele zum Schutz der Fischartengemeinschaften und der aquatischen Ökosysteme (WACHS 1994)			
Wasserhärte [mg CaCO ₃ /l]	Salmoniden	Cadmium, gelöst Cypriniden	Artenschutz
< 10	0,00002 mg/l	0,00015 mg/l	< 0,000005 mg/l
100	0,00006 mg/l	0,00005 mg/l	0,000015 mg/l
> 300	0,0002 mg/l	0,001 mg/l	0,00005 mg/l
Grenzwerte Wasser			
geogener Background (WACHS 1983)			≤ 0,0001 - 0,0005 mg/l
Grenzwert nach Abwasserabgabengesetz (AbwAG 1987)			0,005 mg/l
Grenzwert für oberirdische Gewässer nach EG (DVWK 1992)			0,005 mg/l
Grenzwerte Sediment			
Klärschlammverordnung (KlärschlammV 1992) für landwirtschaftlich gärtnerisch genutzte Böden			1,5 mg/kg
Grenzwerte im Nahrungsmittel Fisch			
Schadstoffhöchstmengenverordnung (SHmV 2003)			0,1 mg/kg
Grenzwert für Rückstände im Fischfleisch (ZEBS 1979)			0,05 mg/kg

CALCIUM

Ca

Calcium, das in der Natur zumeist in Form von Calciumcarbonat (CaCO_3) in Kalk, Kreide und Mergel oder als Calciumsulfat (CaSO_4) als Gips vorliegt, kommt in Gewässern natürlicherweise in z.T. sehr hohen Konzentrationen vor. Für alle tierischen Organismen ist Calcium ein wichtiger Baustein für den Aufbau von Knochen und Zähnen sowie die Funktion der Muskulatur und der Blutgerinnung. Deshalb kommt Fischfleisch von Süßwasserarten, das bis zu 0,3 g Calcium pro Kilogramm enthält, eine besondere Bedeutung für die menschliche Ernährung zu.

Als Fischgift spielt Calcium hingegen keine Rolle, weshalb der Calciumgehalt des Wassers in der Regel nicht separat gemessen, sondern über die Gesamt- und/oder Carbonhärte mit erfaßt wird.

Der Chemische Sauerstoffbedarf (CSB) gibt, wie auch der Biologische Sauerstoffbedarf an, wie viel fäulnisfähige organische Stoffe im Wasser enthalten sind. Allerdings wird bei diesem chemischen Summenparameter nicht die Aktivität von Mikroorganismen genutzt, um die beim Abbau organischer Wasserinhaltsstoffe auftretende Sauerstoffzehrung zu bestimmen, sondern es wird der Wasserprobe Kaliumpermanganat (KMnO₄) oder ähnliche Substanzen zugegeben, die in kürzester Zeit die ein Großteil der im Wasser enthaltenen organischen Stoffe chemisch oxidieren. Da die Bestimmung des CSB das Hantieren mit hochreaktiven Stoffen erfordert, wird dieser für die fischereiliche Praxis ohnehin nicht besonders relevante Summenparameter nur im Labor ermittelt:

$$\text{CSB [mg/l]} = \text{Sauerstoffgehalt [mg/l] vor Zusatz von KmnO}_4 - \text{Sauerstoffgehalt [mg/l] nach Zusatz von KMnO}_4$$

Wird stark organisch belastetes Wasser wie Abwasser aus Hausklärgruben auf den CSB hin untersucht, kann es notwendig sein, die Probe zu verdünnen. Wenn man z.B. die Probe um den Faktor 10 verdünnen will, gibt man 100 ml der Wasserprobe zu 900 ml sauerstoffgesättigten, destillierten Wassers hinzu und mißt sodann den Sauerstoffgehalt der verdünnten Probe wie oben angegeben sowohl ohne, als auch nach Zugabe von Kaliumpermanganat. Um den Wert des CSB für die verdünnte Probe zu erhalten muß man sodann den ermittelten Wert für die Sauerstoffzehrung mit dem Verdünnungsfaktor, im Beispiel also mit 10 multiplizieren. Verdünnungsbeispiele:

- Faktor: x 10: d.h. 100 ml Wasserprobe in 900 ml destilliertem Wasser
- x 100: d.h. 10 ml Wasserprobe in 990 ml destilliertem Wasser
- x 1000: d.h. 1 ml Wasserprobe in 999 ml destilliertem Wasser

Zwischen dem CSB und dem biologischen Saprobien-system, d.h. der Wassergüteklasse besteht ein Zusammenhang, so daß man anhand des Chemischen Sauerstoffbedarfs Rückschlüsse auf die Wassergüteklasse ziehen kann:

Wassergüteklasse / Belastungsstufe	Richtwerte CSB
I unbelastet bis gering belastet	
I-II bis gering belastet	6 mg/l
II mäßig belastet	11 - 15 mg/l
II-III kritisch belastet	26 - 35 mg/l
III stark verschmutzt	35 - 150 mg/l
III-IV sehr stark verschmutzt	150 - 390 mg/l
IV übermäßig verschmutzt	> 390 mg/l

CHROM**Cr**

Dieses Schwermetall, das normalerweise zwar nahezu überall, jedoch nur in sehr geringen Konzentrationen in Oberflächengewässern vorkommt, gelangt u.a. aus metallverarbeitenden oder -veredelnden Betrieben, Rostschutzmitteln, Farben und Lacken sowie aus Gerbereien in die Gewässer. Auch Kläranlagen haben einen nicht unerheblichen Ausstoß von Chrom. Während Chrom bzw. Chromsalze minder giftig sind, wirken Chromsäuren und 4-wertiges Chrom bereits in geringer Konzentration schädigend, wobei der pH-Wert, die Härte sowie die Temperatur des Wassers maßgeblich darüber bestimmt, in welcher Oxidationsstufe das Chrom vorliegt und wie giftig dieses Schwermetall auf die Organismen wirkt. Chrom wird über die Membranen der Zellen aufgenommen und verursacht erhebliche Störungen des Zellstoffwechsels.

Arten	Grenzwerte	Anmerkung
	≤ 0,1 mg/l	normale Grundbelastung
Mensch	≤ 7,6 mg/l	Trinkwasser
Regenbogenforelle	0,025 mg/l	Atmung wird beeinträchtigt
Larven	0,080 mg/l	erhöhte Mortalität
Jungfische	0,20 - 0,34 mg/l	erhöhte Mortalität
Bachsaibling	0,35 mg/l	erhöhte Mortalität
Karpfen	0,57 mg/l	Anstieg der Schleimzellen in der Haut
Fische	35,0 - 81,0 mg/l	Chromsalze schädigend
	1,0 mg/l	Chromsäure tödlich

Qualitätsziele zum Schutz der Fischartengemeinschaften und der aquatischen Ökosysteme (WACHS 1994)

Wasserhärte [mg CaCO ₃ /l]	Chrom, gelöst		Artenschutz
	Salmoniden	Cypriniden	
< 10	0,0002 mg/l	0,002 mg/l	< 0,00005 mg/l
100	0,0006 mg/l	0,007 mg/l	0,0002 mg/l
> 300	0,003 mg/l	0,015 mg/l	0,0008 mg/l

Grenzwerte Wasser

Grenzwert für oberirdische Gewässer nach EU (DVWK 1992) 0,05 mg/l

Grenzwerte Sediment

Klärschlammverordnung (KlärschlammV 1992) für landwirtschaftlich gärtnerisch genutzte Böden 100 mg/kg

Die Stoffklasse der chlorierten Kohlenwasserstoffe ist schier unüberschaubar und umfaßt u.a. die polychlorierten Biphenyle (PCB), Hexachlorbenzole (HCB), Lindan, DDT, Octachlorstyrol, Hexachlor-1,3-Butadien, Quintozen und Nitrofen; Stoffe also, die aufgrund ihrer umweltschädigenden Wirkungen traurige Berühmtheit erlangt haben.

CKWs kommen in der Natur überhaupt nicht vor, sondern werden chemisch hergestellt. Aufgrund der Vielzahl erwünschter Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten kommen CKWs heute in zahllosen industriell gefertigten Produkten vor, z.B. Lösungs-, Reinigungs-, Desinfektions- und Verdünnungsmitteln, Kältemitteln, Kunststoffen etc. Über industrielle Abwässer sowie infolge ihrer allenthalben gegenwärtigen Anwendung gelangen CKWs in die Gewässer. Einmal in die Umwelt abgegeben, können diese künstlich erschaffenen Stoffe weder von Mikroorganismen noch anderen natürlichen Abbauprozessen zersetzt werden.

Analytische Nachweise von CKWs in Gewässern ist nur mit aufwendigen Methoden im Labor möglich, wenngleich bereits geringste Konzentrationen einiger dieser Stoffe den Wohlgeschmack von Fischfleisch beeinträchtigen. Da sich CKWs bevorzugt im Fettgewebe tierischer Organismen und auch in der Muttermilch enthalten sind und sich so über die Nahrungskette anreichern, werden Fische aus belasteten Flüssen turnusmäßig einer lebensmitteltechnischen Überwachung unterzogen und entsprechende Verzehrsmengenempfehlungen herausgegeben. So wurde noch 1992 von einem Verzehr von Aalen aus Main, Rhein und Lahn abgeraten. Fried- und Raubfischmahlzeiten sollten auf etwa 250 g bis 600 g im Monat beschränkt bleiben. Seit Mitte der 80er Jahre ist die Kontamination der Flußfische jedoch deutlich rückläufig, weshalb gegen einen normalen Verzehr von Fischen keine Bedenken mehr bestehen und ihre geschmackliche Qualität wieder einwandfrei ist.

COBALT**Co**

Während Cobaltverbindungen für Fischnährtiere hoch toxisch sind, nimmt ihre Giftigkeit mit steigender Stufe in der Nahrungskette bis hin zu den Fischen ab. Cobalt gelangt über die Abwässer der metallverarbeitenden- und veredelnden Industrie in die Gewässer. Auch in den blauen und grünen Glasuren von Keramikprodukten ist oftmals Cobalt als Farbpigment enthalten. Für die Fischerei spielen Nachweise von Cobalt nur im Falle von Fischsterben eine Rolle.

Arten	Richtwerte	Anmerkung
Flußflohkrebs (<i>Gammarus roeseli</i>)	1,0 mg/l	schädigend
	8,0 mg/l	tödlich
Regenbogenforelle	30,0 mg/l	schädigend
	35,0 mg/l	tödlich
Karpfen	90,0 mg/l	schädigend
	150,0 mg/l	tödlich
Schleie	100,0 mg/l	schädigend
	125,0 mg/l	tödlich

CYANID**Cn**

Zu den Cyaniden werden Blausäure und deren Salze gezählt, die in einem vom pH-Wert abhängigen Gleichgewicht zueinander stehen. Die in Wasser sehr gut löslichen Cyanide gelangen über die Abwässer von Galvanisierungswerken, aus Verhüttungsprozessen und chemischen Betrieben in die Umwelt, werden aber auch als Schädlingsbekämpfungsmittel eingesetzt. Cyanide sind für alle Lebewesen hochtoxisch, da sie in bereits geringsten Konzentrationen alle Prozesse der Atmung sowie der Sauerstoffaustauschvorgänge in den Zellen blockieren, was eine nahezu sofortige Erstickung des Organismus zur Folge hat. Die Wirkung von Cyaniden wird durch einen hohen pH-Wert verstärkt.

Der Nachweis von Cyaniden in Wasserproben erfolgt durch Laboranalysen. Während diese Stoffgruppe in der Fischereiwirtschaft in der Regel keine Rolle spielt, kann eine Cyanidanalyse jedoch im Falle von Fischsterben wichtig sein, die durch Chemiefälle ausgelöst werden.

Arten	Richtwerte	Anmerkung
Fische	0,025 - 0,050 mg/l	tödlich bei pH 7,0 - 8,0
Regenbogenforelle	0,028 - 0,068 mg/l	tödlich bei pH 7,0 - 8,0
Flußbarsch	0,10 mg/l	tödlich bei pH 7,0 - 8,0
Plötze	0,11 mg/l	tödlich bei pH 7,0 - 8,0

Eisen ist natürlicherweise in verhältnismäßig hohen Konzentrationen im Wasser enthalten. In ungelöster Form ist Eisen für Tier und Mensch weitgehend unschädlich und muß zur Aufrechterhaltung bestimmter Körperfunktionen von den Organismen sogar aufgenommen werden. Hierbei leistet das Fischfleisch, das bei Süßwasserfischen bis zu 1 mg Eisen pro Kilogramm enthält einen besonderen Beitrag.

Hingegen wirken im Wasser gelöste, hoch toxische 2-wertige und mindergiftige 3-wertige Eisensalze in hohen Konzentrationen und niedrigen pH-Werten bereits in sehr geringen Konzentrationen auf Fischlaich und Brut tödlich. In der teichwirtschaftlichen Praxis wird deshalb durch Einsatz sogenannter Enteisenungsanlagen das vor allem in Quellwasser enthaltene, fischschädliche Eisen durch Belüftung und Kalkung ausgefällt und die so entstehenden Eisenflocken danach ausgefiltert.

Aber auch nicht ionisiertes Eisenoxyd (Eisen(III)-Hydroxid) ist in Gewässern nicht unproblematisch. Ablagerung dieser feinsten, rostroten Schlämme auf Fischeiern verursacht ein Absterben dieser empfindlichen Entwicklungsstadien, da die Sauerstoffversorgung der Embryonen durch den Eisenüberzug unterbunden wird. Auch können die scharfkantigen Eisenoxydpartikel mechanische Reizungen am Kiemenepithel verursachen und damit somit die Fische chronisch schädigen.

Arten	Richtwerte	Anmerkung
	1,0 - 3,0 mg/l < 10,0 mg/l	Grundbelastung im Grundwasser in sehr eisenhaltigen Gebieten
Salmoniden	0,3 mg/l	schädigend
Bachsaibling	0,5 mg/l	tödlich bei pH < 5,0
Lachs	0,75 - 1,5 mg/l	maximal zulässig für Erbrütung
Regenbogenforelle	5,0 - 10,0 mg/l	maximal zulässig für Aufzucht
Fische Brut	14,0 mg/l 0,1 - 0,3 mg/l	Eisen(II), tödlich Entwicklungsschäden
Karpfen	0,9 mg/l	schädigend

FARBE

Bereits eine Beurteilung der Färbung einer Wasserprobe kann Aufschluß über Gewässer-
verunreinigungen geben. Dazu wird die Probe mit einer dünnwandigen, klarsichtigen Glas-
flasche entnommen, und vor einem weißen Hintergrund betrachtet. Es sollte die Farbe und
die Intensität der Färbung des Wassers beschrieben werden.

Farbe	Ursache
klar, mit/ohne Trübstoffe	
gelblich	Schlamm, Ton
bräunlich	Huminsäuren aus moorigen Gewässern
grünlich	Plankton
rötlich	Eisenocker
milchig grau	häusliche Abwässer (Geruchsprobe)
grau-schwarz	faulige Abwässer (Geruchsprobe)

FLUOR

F

Der Nachweis von Fluor, das ein wichtiges Spurenelement für Tiere und Menschen
darstellt, ist nur mit sehr aufwendigen Nachweismethoden möglich. Während der
Fluorgehalt des Wassers in der Trinkwassergewinnung relevant ist, spielt dieses Element in
der Fischereiwirtschaft in der Regel keine Rolle.

Arten	Richtwerte	Anmerkung
	< 0,5 mg/l	normale Grundbelastung
Mensch	> 1,5 mg/l	toxisch

GESAMTHÄRTE

°d

Die Gesamthärte gibt den Gehalt von Erdalkaliionen, also Calcium (Ca^{2+})-, Magnesium- (Mg^{2+}), Strontium (Sr^{2+}) und Bariumionen (Ba^{2+}) an, die in Form von Carbonaten oder Hydrogencarbonaten im Wasser vorliegen. In der Regel hängt die Härte des Wasser von der geologischen Beschaffenheit des Bodens ab, doch geben Abweichungen von den regionaltypischen Werten einen Hinweis auf Verunreinigungen.

Die Gesamthärte wird in [°d] (= Deutscher Grad; manchmal auch als [°dH] = Grad deutscher Härte) angegeben, wobei 1°d der Konzentration von 10 mg CaO/l (Calciumoxid pro Liter Wasser) entspricht. Besonders weiche, d.h. kalkarme Wässer mit nur 1°d bis 2°d sind in vulkanischen Basaltgebieten und bei Sand- oder Granitböden zu finden. Besonders harte Wässer, die bis zu 100°d aufweisen können, entspringen in Kalk- oder Gipsgebieten.

Für die fischereiliche Praxis gilt:

Großer Wert für die Gesamthärte = ertragreiches Fischgewässer!

Siehe auch Säurebindungsvermögen (SBV = Carbonathärte).

HORMONE

Eine Substanzklasse, die immer stärkere Probleme bei der Trinkwasserversorgung und der Gewässerreinigung bereitet, sind Hormone und Substanzen mit hormonähnlicher Wirkung. Natürliche Hormone werden zwar auch von Pflanzen, jedoch vor allem im Körper von Mensch und Tier gebildet, um dort eine Vielzahl von Körperfunktionen zu steuern, wie das Wachstum und die Funktion der Geschlechtsorgane. Während der weibliche Körper vor allem Östrogene bildet, die auch zur Empfängnisverhütung in der „Pille“ enthalten sind, bildet der männliche Körper Androgene. In der Tierzucht werden natürliche und künstlich hergestellte Hormone verabreicht, um das Wachstum zu fördern. Von Mensch und Tier werden Hormone und ihre Abbauprodukte in nicht unbeträchtlicher Menge ausgeschieden.

Die chemische Industrie produziert zudem Substanzen, die hormonähnliche Wirkungen auf Pflanzen, Tier und Mensch entfalten. So werden zwar Alkylphenole primär für die metallverarbeitende Industrie hergestellt, doch wirkt diese Substanzklasse und deren Zerfallsprodukte wie Hormone, wenn sie in die Umwelt gelangen. Vor allem über Kläranlagen gelangen Hormone und hormonähnliche Stoffe in die Gewässer, wo sie bereits in geringsten Konzentrationen hochwirksam sind, d.h. die lebenswichtigen Körperfunktionen der aquatischen Organismen beeinflussen. So kann die Aufnahme von Östrogenen oder östrogenähnlichen Substanzen zu einer Verweiblichung von Amphibien und Fischen führen, was eine Beeinträchtigung der Populationsstruktur nach sich zieht. So wurde erst in jüngster Zeit nachgewiesen, daß die Bestände des Flußbarschs im Schiersteiner Yachthafen bei Wiesbaden am Rhein ausschließlich aus Weibchen bestehen. Auslöser dieser Verweiblichung sind Tributyl-Zinn-Verbindungen, die wesentlicher Bestandteil in Antifouling-Anstrichen für Schiffe sind. Zwar sind für Freizeitboote diese Anstriche unterdessen verboten, werden in der Frachtschiffahrt aber noch immer legal eingesetzt. Über die Auswirkungen und Wirkkonzentrationen von Hormonen und hormonähnlichen Stoffen bestehen noch eine Vielzahl von Wissensdefiziten. So ist man vor dem Hintergrund der Vielzahl von Einzelsubstanzen zunächst darum bemüht, einheitliche Analyseverfahren für Gewässer und Böden zu entwickeln, was dadurch erschwert wird, daß die Nachweisgrenzen sehr niedrig sein müssen. Ferner sind die Verfahren für die Abwasserreinigung und auch die Trinkwasseraufbereitung zu optimieren, damit Substanzen mit hormoneller Wirkung nicht weiter in die Umwelt gelangen.

KALIUM**K**

Eine Anreicherung von Kalium in Gewässern erfolgt zumeist über die Auswaschung von Kalidünger aus landwirtschaftlichen Flächen; in der Regel ist Kalium jedoch als Fischgift zu vernachlässigen und führt nur bei extrem hohen Konzentrationen zu Schädigungen. Weil der Kaliumgehalt von Wasser keine besondere Relevanz für die Fischerei besitzt, wird dieses Element bei routinemäßig entnommenen Wasserproben nicht gemessen.

Ein Kilogramm Fleisch von Süßwasserfischen enthält bis zu 4 g Kalium, weshalb es einen besonderen Beitrag für die Ernährung des Menschen leistet.

Arten	Richtwerte	Anmerkung
	1,0 - 2,0 mg/l	normale Grundbelastung
Mensch	< 7,6 mg/l	Trinkwasser
Fische	100,0 mg/l	tödlich

Kohlensäure kommt in Gewässern in verschiedenen Formen vor:

- gebunden als Carbonat, z.B. Calciumcarbonat (CaCO₃) oder Magnesiumcarbonat (MgCO₃)
- gebunden als Bicarbonat, z.B. Calciumbicarbonat (Ca(HCO₃)₂) oder Magnesiumbicarbonat (Mg(HCO₃)₂)
- freie Kohlensäure oder überschüssige Kohlensäure, H₂CO₃ + CO₂

Den Gehalt an gelöster Kohlensäure (HCO₃⁻) im Wasser kann man mit Hilfe des Wertes für das Säurebindungsvermögen (SBV) beim jeweiligen pH-Wert des Wassers und einem zugehörigen Faktor (siehe Tabelle) nach folgender Formel errechnen:

SBV (Wert) x Faktor = Gehalt an Kohlensäure in mg/l

pH-Wert	Faktor	pH-Wert	Faktor
6,0	118,0	7,0	12
6,1	94,0	7,1	9,4
6,2	75,0	7,2	7,5
6,3	59,0	7,3	5,9
6,4	47,0	7,4	4,7
6,5	37,0	7,5	3,7
6,6	30,0	7,6	3,0
6,7	24,0	7,7	2,4
6,8	19,0	7,8	1,9
6,9	15,0	7,9	1,5
		8,0	1,2

Für Fische problematisch ist Kohlendioxid (CO₂), das in Abhängigkeit vom pH-Wert in Form des Gases Kohlensäure vorliegt und bei Fischen Appetitlosigkeit, geringes Wachstum sowie eine geringere Widerstandskraft gegen widrige Einflüsse hervorruft. Deshalb ist die Schädlichkeit von Kohlensäure vor allem in der Teichwirtschaft relevant, insbesondere wenn z.B. zur Brutaufzucht Quellwasser verwandt wird, das natürlicherweise einen hohen Gehalt an Kohlensäure aufweisen kann. Um dem Wasser die gasförmige Kohlensäure zu entziehen, kann der Einsatz von Verrieselungsanlagen oder Sammelbecken sinnvoll sein, in denen die Kohlensäure ausperlt. Anreicherungen von Kohlensäure unter Eis sind generell sehr fischschädigend.

Fortsetzung nächste Seite

KOHLensäURE / KOHLENDIOXID**HCO₃⁻ / CO₂**

(Fortsetzung)

Arten	Richtwerte	Anmerkung
Salmoniden		
Brut	> 20 mg/l	schädigend
erwachsen	> 30 mg/l	schädigend
	> 140 mg/l	tödlich
Cypriniden	> 25 mg/l	schädigend
Karpfen	> 50 mg/l	schädigend
Schleie, Karausche	> 100 mg/l	schädigend
Cypriniden, erwachsen	> 250 mg/l	tödlich
Fische	10 - 15 mg/l	unter Eis tödlich

KUPFER**Cu**

Das Schwermetall Kupfer, das normalerweise nur in Spuren in Gewässern vorkommt, bildet in Gewässern organische Komplexe, die für pflanzliche und tierische Organismen gleichermaßen hoch toxisch sind. Kupfereinträge in Gewässer stammen vor allem aus industriellen Prozessen. Die Giftigkeit von Kupfer ist stark vom Säurebindungsvermögen (SBV) des Gewässers abhängig und wird durch die Anwesenheit von Cadmium und Zink verstärkt. Kupferhaltige Verbindungen, z.B. Kupfersulfat (Kupfervitriol, $\text{CuSO}_4 \times 5 \text{H}_2\text{O}$) werden aufgrund ihrer Giftigkeit auch zur Algenbekämpfung (Algizide) angewandt und in der Teichwirtschaft zur prophylaktischen Bekämpfung von Fadenalgen in einer Konzentration von 1 g pro 20 m² vor dem Bespannen des Teiches auf den Boden aufgebracht. Kupferhaltige Medikamente zur Behandlung von Fischerkrankungen, z.B. Kiemen- und Flossenfäule, sind in Deutschland nicht mehr zugelassen! Kupfer wird zwar im Fischfleisch nur wenig akkumuliert, reichert sich aber schnell und in hoher Konzentration in Sedimenten und Pflanzen an.

In sehr geringer Konzentration ist Kupfer für das Wachstum der Fische unabdingbar, in bereits leicht höheren Konzentration jedoch wirkt es als Wachstumshemmer. In großen Konzentrationen schädigen Kupferverbindungen das Geruchsvermögen, stört die Enzymaktivität und den Ionenaustausch und die Osmoregulation der Fische. Kupfer wirkt auf Fische als Stressor und bei Lachsen wurde sogar eine Beeinträchtigung des Wanderverhaltens nachgewiesen.

Arten	Richtwerte	Anmerkung
Salmoniden	0,006 mg/l 0,030 mg/l	schädigend bei SBV < 2 schädigend bei SBV > 2
Regenbogenforelle	0,032 mg/l	25 %Reduktion der Wachstumsrate
Karpfen	0,005 mg/l 0,110 mg/l	schädigend bei SBV < 2 schädigend bei SBV > 2
Brut erwachsen	0,003 mg/l	schädigend
	0,004 mg/l	schädigend
	0,1 mg/l	Schädigung der Haut
Plötze	0,5 mg/l	reduzierte Futteraufnahme
Fische Brut erwachsen	0,1 mg/l	tödlich
	0,3 - 0,9 mg/l	tödlich

Fortsetzung nächste Seite

KUPFER			Cu
(Fortsetzung)			
Qualitätsziele zum Schutz der Fischartengemeinschaften und der aquatischen Ökosysteme (WACHS 1994)			
Wasserhärte [mg CaCO ₃ /l]	Salmoniden	Kupfer, gelöst Cypriniden	Artenschutz
< 10	0,0002 mg/l	0,002 mg/l	< 0,00005 mg/l
100	0,0005 mg/l	0,005 mg/l	0,0002 mg/l
> 300	0,003 mg/l	0,015 mg/l	0,0005 mg/l
Grenzwerte Wasser			
geogener Background (WACHS 1983)			< 0,0001 - 0,004 mg/l
Grenzwert nach Abwasserabgabengesetz (AbwAG 1987)			0,05 mg/l
Grenzwert für oberirdische Gewässer nach EU (DVWK 1992)			0,05 mg/l
Grenzwerte Sediment			
Klärschlammverordnung (KlärschlammV 1992) für landwirtschaftlich gärtnerisch genutzte Böden			60 mg/kg

LEITFÄHIGKEIT		µS/cm
<p>Die Leitfähigkeit des Wassers ist Ausdruck des Gehaltes an Mineralien (Salzen), die gelöst in Form dissoziierter Ionen vorliegen. Mit speziellen Leitfähigkeitsmeßgeräten kann dieser Parameter sehr leicht gemessen und in der Einheit [µS/cm] (Microsiemens pro Zentimeter) angegeben werden. Ein hoher Leitfähigkeitswert zeigt einen hohen Gehalt gelöster Salze an, der entweder natürlichen Ursprungs oder durch Einleitungen untypisch erhöht sein kann.</p>		
Wassertyp	Richtwerte	
destilliertes Wasser	< 3 µS/cm	
Regen- und Schneewasser	50 - 100 µS/cm	
sehr schwach mineralisiertes Oberflächenwasser	50 - 200 µS/cm	
schwach mineralisiertes Oberflächenwasser, Tafelquellwasser	200 - 500 µS/cm	
gut mineralisiertes Grund- bzw. Quellwasser	500 - 2.000 µS/cm	
Mineralwasser	> 2.000 µS/cm	
versalzene Gewässer im Einzugsgebiet von Kaliwerken	> 10.000 µS/cm	

MAGNESIUM	Mg
<p>Magnesium, das wie das Calcium ein wichtiger Baustein der menschlichen Ernährung ist, kommt in Gewässern z.T. auch natürlicherweise in hohen Konzentrationen vor.</p> <p>Als Fischgift spielt Magnesium allerdings keine Rolle und wird in der Regel bei Wasserproben nicht separat gemessen, sondern über die Gesamt- oder Carbonathärte mit erfaßt.</p>	

MANGAN	Mn
---------------	-----------

Mangan ist ein Schwermetall, das in unbelasteten Gewässern allenfalls in Spuren vorhanden ist. Unter anderem mit den Abwässern aus metallverarbeitenden und -veredelnden Betrieben oder über Abgase von Treibstoffen, in denen Mangan als Antiklopfmittel beigemischt ist, gelangt dieses Element in die Umwelt. Auf Mensch und Tier wirkt Mangan vor allem als Nervengift, wobei sich seine Giftigkeit in Anwesenheit anderer Metallionen sowie in hartem Wasser verstärkt.

Der Nachweis von Mangan im Wasser ist nur mit aufwendigen Nachweismethoden im Labor möglich und spielt in der Fischereiwirtschaft in der Regel keine Rolle.

Arten	Richtwerte	Anmerkung
	≤ 0,005 mg/l	normale Grundbelastung
Regenbogenforelle, Brut	≥ 1,0 mg/l	gesteigerte Sterblichkeit
Regenbogenforelle	75,0 mg/l	schädigend
	100,0 mg/l	tödlich
Karpfen	600,0 mg/l	schädigend
	650,0 mg/l	tödlich
Schleie	1.200,0 mg/l	schädigend
	1.500,0 mg/l	tödlich

NATRIUM	Na
----------------	-----------

Natrium ist ein weit verbreitetes Element, das in großen Konzentrationen natürlicherweise in Salzlagerstätten vorkommt und ein Verwitterungsprodukt silikatischer Urgesteine ist. Während es im Grundwasser nur in geringen Konzentrationen vorkommt, können Oberflächengewässer z.T. erhebliche Natriumgehalte aufweisen, wenn über Abwässer natriumhaltige Verbindungen, insbesondere Salze wie Kochsalz (NaCl, Natriumchlorid) eingeleitet werden.

Da die Fischgiftigkeit von Natrium gering ist, wird dieses Element in routinemäßig entnommenen Wasserproben nicht untersucht.

Arten	Grenzwerte	Anmerkung
	≤ 50,0 mg/l	normale Grundbelastung im Grundwasser
Fische	24.170,0 mg/l	tödlich

NICKEL

Ni

Das Schwermetall Nickel kommt relativ häufig in den Gesteinen vor. Eine Erhöhung der geogenen, natürlichen Konzentration von Nickel in den Gewässern ist Ausdruck menschlicher Aktivitäten. So finden Nickelverbindungen Verwendung als Katalysatoren, in Lacken und vor allem in Batterien. Im Wasser bildet Nickel zusammen mit anorganischen und organischen Verbindungen eine Vielzahl sehr stabiler Komplexe und lagert sich an Feinsedimente an. Bei geringen pH-Werten des Wassers geht gebundenes Nickel leicht in Lösung und entfaltet toxische Wirkungen. Bisher ist das Wissen über die Fischgiftigkeit von Nickel gering. Allerdings ist sicher, daß seine toxischen Wirkungen für Fische deutlich geringer sind, als für Benthosorganismen. Während Nickel normalerweise nur in geringem Maße vom Fischkörper aufgenommen wird, Erhöht sich die Adsorption bei Anwesenheit von Kupfer stark. Nickel beeinträchtigt in erster Linie das Wachstum und das Verhalten der Fische. In fischereilicher Hinsicht spielen Nachweise von Nickel nur im Falle von Fischsterben eine Rolle.

Arten	Richtwerte	Anmerkung
Flußflohkrebs (<i>Gammarus roeseli</i>)	2,5 mg/l	schädigend
	15,0 mg/l	tödlich
Regenbogenforelle	0,024 mg/l	Vermeidungsreaktionen
	1,6 mg/l	erhöhte Mortalität der Larven
	2,0 mg/l	Beeinträchtigung der Kiemenfunktionen
	25,0 mg/l	schädigend
	30,0 mg/l	tödlich
Giebel	25,0 mg/l	verminderte Aktivität
Karpfen	> 3,0 mg/l	erhöhte Zahl mißgebildeter Larven
	45,0 mg/l	schädigend
	50,0 mg/l	tödlich
Schleie	55,0 mg/l	schädigend
	60,0 mg/l	tödlich

Qualitätsziele zum Schutz der Fischartengemeinschaften und der aquatischen Ökosysteme (WACHS 1994)

Wasserhärte [mg CaCO ₃ /l]	Nickel, gelöst		
	Salmoniden	Cypriniden	Artenschutz
< 10	0,0005 mg/l	0,003 mg/l	< 0,0001 mg/l
100	0,0015 mg/l	0,008 mg/l	0,0003 mg/l
> 300	0,005 mg/l	0,02 mg/l	0,0001 mg/l

Grenzwerte Wasser

DVWG (1985)	0,05 mg/l
-------------	-----------

Grenzwerte Sediment

Klärschlammverordnung (KlärschlammV 1992) für landwirtschaftlich gärtnerisch genutzte Böden	50 mg/kg
---	----------

NITRAT

Nitrat hat gemeinsam mit den Stickstoffverbindungen Ammonium (Ammoniak) und Nitrit eine wichtige Bedeutung für die Fischerei und sollte als Hauptparameter bei allen chemisch-physikalischen Untersuchungen stehender und fließender Gewässer routinemäßig mit erfaßt werden.

Das Nitrat ist die Endstufe des biologischen Abbaus von Ammoniumverbindungen, die in hohen Konzentration in den Fäkalien von Mensch und Tier enthalten sind. Dieser natürliche Abbauprozess, der auch als Selbstreinigung bezeichnet wird, wird von Mikroorganismen wie Bakterien und Pilzen ausgeführt, die die Gewässersohle besiedeln. Die in Kläranlagen durchgeführte Behandlung häuslicher Abwässer macht sich diesen natürlichen Vorgang zu Nutze, indem das Abwasser in sogenannte "Belebtschlammbecken" eingeleitet wird, in denen Mikroorganismen unter steter Zuführung von Sauerstoff die Stickstoffverbindungen zu unschädlichem Nitrat abbauen. Nitrat ist darüber hinaus ein wichtiger Nährstoff für das Wachstum von Pflanzen, weshalb es gemeinsam mit Phosphat als Hauptbestandteil in Düngemitteln enthalten ist.

Während in unbelasteten Gewässern so gut wie kein Nitrat enthalten ist, ist ein Nachweis höherer Konzentrationen stets ein Hinweis auf Einleitungen gereinigter oder ungereinigter fäkalhaltiger Abwässer oder die Einschwemmung von Dünger aus landwirtschaftlichen Flächen. Für die Gesundheit der Fische hat Nitrat keine direkte Bedeutung, doch fördert es im Gewässer das Wachstum von Algen und Wasserpflanzen, was zu Algenblüten und Verkrautungen führt. Solche übermäßige Pflanzenentwicklung kann eine Veränderungen des pH-Wertes sowie Sauerstoffmangelsituationen erzeugen und so Fischbestände schädigen. Die nachfolgende Tabelle vermittelt eine Vorstellung darüber, welche Nitrat-Konzentrationen in Fließgewässern in Abhängigkeit von der Wassergüteklasse auftreten können:

Wassergüteklasse / Belastungsstufe		Richtwerte
Güteklasse I	unbelastet bis sehr gering belastet	0,8 - 1,8 mg/l
Güteklasse I-II	gering belastet	1,0 - 3,9 mg/l
Güteklasse II	mäßig belastet	1,9 - 4,7 mg/l
Güteklasse II-III	kritisch belastet	2,4 - 6,4 mg/l
Güteklasse III	stark verschmutzt	2,9 - 7,3 mg/l
Güteklasse III-IV	sehr stark verschmutzt	3,8 - 12,2 mg/l

NITRIT

Nitrit beeinflusst gemeinsam mit den Stickstoffverbindungen Ammonium (Ammoniak) und Nitrat nachhaltig die Qualität von Fischgewässern und sollte stets bei allen chemisch-physikalischen Untersuchungen routinemäßig mit erfaßt werden.

Das Nitrit ist die Zwischenstufe des bakteriellen Abbaus von Fäkalien, d.h. des Ammoniums (NH_4^+) über Nitrit (NO_2) zu Nitrat (NO_3^{2-}). Wird demnach in einem Gewässer Nitrit nachgewiesen, so ist dies ein deutlicher Hinweis auf die Einleitung ungeklärte oder nur ungenügend geklärte, d.h. noch nicht vollständig oxidierte fäkalhaltige Abwässer, z.B. aus Klärgruben, Kläranlagen aber auch aus Fischteichen.

Die nachfolgende Tabelle dient dazu, eine Vorstellung zu vermitteln, mit welchen Konzentrationen an Nitrit in Fließgewässern zu rechnen ist:

Wassergüteklasse / Belastungsstufe		Richtwerte
Güteklasse I	unbelastet bis sehr gering belastet	0,003 - 0,01 mg/l
Güteklasse I-II	gering belastet	0,008 - 0,03 mg/l
Güteklasse II	mäßig belastet	0,018 - 0,05 mg/l
Güteklasse II-III	kritisch belastet	0,025 - 0,10 mg/l
Güteklasse III	stark verschmutzt	0,056 - 0,21 mg/l
Güteklasse III-IV	sehr stark verschmutzt	0,092 - 0,28 mg/l
Güteklasse IV	übermäßig verschmutzt	0,090 - 0,45 mg/l

Nitrit ist für Fische, insbesondere Fischbrut verhältnismäßig giftig, indem es das Kiemenepithel schädigt und damit vor allem die Aufnahmefähigkeit des Fischblutes für Sauerstoff beeinträchtigt, was zum Erstickungstod führen kann.

Die Toxizität des Nitrits wird durch den pH-Wert und das Säurebindungsvermögen (SBV) des Gewässers stark beeinflusst: Je niedriger der pH-Wert, d.h. je saurer das Wasser ist, desto leichter wird das Nitrit über die Kiemen der Fische aufgenommen. Hingegen zeigt Nitrit etwa um den Neutralpunkt bei pH 7,5 seine geringste Giftigkeit.

Arten	Richtwerte	Anmerkung
Salmoniden	0,03 mg/l 0,20 mg/l	schädigend bei SBV < 2, bei pH 7 schädigend bei SBV > 2, bei pH 7
Regenbogenforelle	0,24 bis 11,00 mg/l	tödlich bei pH 8
Cypriniden	0,06 mg/l 0,40 mg/l	schädigend bei SBV < 2, bei pH 7 schädigend bei SBV > 2, bei pH 7
Schleie	9,00 bis 10,00 mg/l	tödlich
Plötze	20,00 mg/l	tödlich
Karpfen	32,00 bis 40,00 mg/l	tödlich bei pH 7,6

PESTIZIDE

Die Substanzklasse der Pflanzenschutz- und Schädlingsbekämpfungsmittel (Pestizide) ist nahezu unüberschaubar, da gegen den Befall aller möglichen Schadorganismen Abhilfe geschaffen werden soll. So wirken Bakterizide gegen unerwünschte Mikroorganismen, Fungizide zum Schutz von Hölzern gegen Kleinpilze, Algizide gegen Algen, Herbizide gegen Unkräuter und Insektizide gegen tierische Schädlinge.

Alle Pestizide sind nicht nur gegenüber der Organismengruppe, die es zu vernichten gilt, sondern auch für Fische und Warmblüter bereits in geringsten Konzentrationen hoch giftig. Pestizide entwickeln eine große Bandbreite von Wirkungen auf die Organismen, schädigen das Nervensystem und/oder sind krebserzeugend. Die meisten Pestizide, bei denen es sich wie bei DDT und Lindan um halogenierte Kohlenwasserstoffe handelt, werden zudem in der Natur nur langsam abgebaut und haben damit ausgesprochene Langzeitwirkungen mit Halbwertszeiten bis zu 20 Jahren.

Pestizide kommen in der Regel natürlicherweise nicht vor, allerdings sind diese Substanzen durch ihren weiten Einsatz in der Landwirtschaft heute nahezu in allen Gewässern nachweisbar. Pestizidanalysen in Wasser, Böden oder Geweben sind apparativ sehr aufwendig und können nur von entsprechend ausgerüsteten Fachlaboratorien durchgeführt werden.

Arten	Grenzwert	Anmerkung
Mensch	0,001 mg/l	EU (DVWK 1992)
LD₅₀ = Dosis bei der 50 % der Testorganismen nach 24 Stunden sterben		
Regenbogenforelle	0,05 bis 0,50 mg/l	Bromphosmethyl
	0,05 mg/l	Methoxychlor
	9,60 mg/l	Triallat
	15,00 mg/l	Simazin

pH-Wert													pH	
<p>Der pH-Wert ist eine wichtige Kenngröße zur Beurteilung der Eignung von Gewässern als Lebensraum aquatischer Organismen und beeinflusst in vielen Fällen die Schädlichkeit anderer Wasserinhaltsstoffe, z.B. von Ammonium und Eisen. Der pH-Wert läßt sich mit einfachen Methoden, auch ohne den Einsatz teurer elektronischer Meßgeräte, schnell und zuverlässig ermitteln und sollte deshalb bei allen chemisch-physikalischen Untersuchungen routinemäßig mit erfaßt werden!</p> <p>Der pH-Wert gibt an, ob Wasser sauer oder alkalisch (basisch) ist und zeigt damit chemisch betrachtet den Gehalt an Wasserstoffionen an. Die Skala für den pH-Wert reicht von 0 bis 14,0, wobei pH 7,0 den Neutralpunkt markiert. Saures Wasser hat einen niedrigen pH-Wert unter 7,0; basisches Wasser hingegen einen hohen pH-Wert über 7,0.</p>														
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
sauer						neutral			basisch					
<p>Natürlicherweise sauer sind Gewässer z.B. durch den Eintrag von Huminsäuren aus Heide- und Mooregebieten oder wenn sie in ausgedehnten Nadelwaldgebieten liegen. Auch ist regional eine Ansäuerung von Gewässern z.B. nach der Schneeschmelze oder durch sauren Regen als Folge der Luftverunreinigung zu verzeichnen. Normalerweise weist jedoch ein pH-Wert unter 6,5 auf säurehaltige Einleitungen hin.</p> <p>Natürlicherweise basisch sind kalkhaltige Fließgewässer oder stehende Gewässer mit einer starken Planktonentwicklung. Überschreitet der pH einen Wert von 8,0 so besteht der Verdacht auf alkalische (basische) Einleitungen, z.B. von Waschwasser, Kalkwasser (gelöschter Kalk) sowie Carbid- oder Betonschlämmen.</p>														

Fortsetzung nächste Seite

(Fortsetzung)

Eine Veränderung des pH-Werts hat für die aquatischen Lebensgemeinschaften fatale Folgen. So greift saures Wasser z.B. die Kalkschalen von Muscheln, Schnecken sowie von Krebsen an. Ferner wird die Giftwirkung verschiedener Schadstoffe verstärkt. In versauerten Gewässern ist darüber hinaus oft der Gehalt an Aluminium stark erhöht, da dieses Metall durch Säuren aus dem Gestein herausgelöst wird. Aluminium tötet bereits in geringer Menge Phytoplankton ab und schädigt die Wurzeln von Pflanzen.

Die Symptome von pH-Schädigungen bei Fischen sind vielfältig und reichen von Verhaltensauffälligkeiten, über äußerlich sichtbare Veränderungen der Schleimhaut und Kiemenverätzungen, sowie Entwicklungsschäden bzw. -störungen bei der Fischbrut bis zum Tod.

Die Verträglichkeit gegenüber Schwankungen des pH-Werts ist von Art zu Art unterschiedlich. Deshalb wurden eine Zeit lang versauerte Forellenbäche bevorzugt mit dem säuretolanteren Bachsaibling anstelle der heimischen Bachforelle besetzt. Starke Sprünge des pH-Werts in jegliche Richtung sowie anhaltende Werte unter pH 5,0 und über pH 8,5 werden jedoch von kaum einer Fischart toleriert, ohne daß Schäden auftreten.

Arten	Toleranzbereich
Forelle	4,0 - 10,8
Barsch	4,0 - 10,8
Hecht	4,4 - 9,4
Schleie	4,4 - 9,4
Karpfen	4,7 - 10,8
Plötze	5,2 - 10,4
Lachs	6,5 - 7,5
Fischbrut	6,5 - 8,0

Phosphor ist neben Calcium ein wichtiger Knochenbestandteil und gehört damit zu den lebenswichtigen Elementen. Da Fischfleisch einen deutlich höheren Phosphatgehalt aufweist, als das Fleisch landlebender Tiere, leistet es einen bedeutenden Beitrag für die menschliche Ernährung.

Phosphor (P) bzw. die Phosphorverbindungen Phosphat (PO_4^{3-}) und Superphosphat (P_2O_5 , auch Phosphorpentoxid genannt) wirken zwar nicht unmittelbar schädigend auf Fische, wenn diese Stoffe jedoch in höheren Konzentrationen in die Gewässer gelangen, stören sie das biologische Gleichgewicht empfindlich, indem sie das Wachstum von Algen und Wasserpflanzen stimulieren. Eine solche Nährstoffanreicherung kann zu Algenblüten und Verkrautungen führen, was insofern problematisch ist, als das absterbende Pflanzenmaterial am Ende der Vegetationsperiode Probleme hinsichtlich des Sauerstoffhaushaltes im Gewässer verursacht: Die von Bakterien und Pilze übernommenen Abbauprozesse benötigen ein hohes Maß an Sauerstoff, der dem Wasser entzogen wird und somit anderen aquatischen Organismen nicht mehr zur Verfügung steht. Es besteht die Gefahr, daß das Gewässer "umkippt", d.h. der im Wasserkörper enthaltene Sauerstoff wird nahezu vollständig aufgezehrt, so daß es zu Fischsterben kommt.

Die nachfolgende Tabelle vermittelt eine Vorstellung davon, mit welchen Phosphatgehalten in Abhängigkeit von der Belastungssituation in Fließgewässern zu rechnen ist:

Wassergüteklasse / Belastungsstufe		Richtwerte
Güteklasse I	unbelastet bis sehr gering belastet	0,03 - 0,06 mg/l
Güteklasse I-II	gering belastet	0,04 - 0,21 mg/l
Güteklasse II	mäßig belastet	0,09 - 0,38 mg/l
Güteklasse II-III	kritisch belastet	0,09 - 0,82 mg/l
Güteklasse III	stark verschmutzt	0,48 - 1,35 mg/l
Güteklasse III-IV	sehr stark verschmutzt	0,72 - 1,98 mg/l
Güteklasse IV	übermäßig verschmutzt	1,10 - 3,00 mg/l

Fortsetzung nächste Seite

(Fortsetzung)

Phosphat, das natürlicherweise ein Mangelfaktor für Pflanzen ist, gelangt mit Wasch- und Reinigungsmitteln sowie durch den Eintrag von Fäkalien und Düngemitteln in Oberflächengewässer. Die anthropogen bedingte Anreicherung dieses Nährstoffs in Gewässern mit ihren schwerwiegenden ökologischen Folgen, wird als "Eutrophierung" bezeichnet.

In der Karpfenwirtschaft wird allerdings die Phosphatdüngung von Teichen zur Ernährung der besetzten Fischbrut mit Algen gezielt eingesetzt. Pro Jahr und Hektar wird der Teichboden mit 25 bis 30 kg Superphosphat (P_2O_5) gedüngt. Dazu wird der Dünger in unterschiedlicher Produktform verabreicht, z.B. als schwer lösliches Thomaphosphat, das bis zu 18 % P_2O_5 enthält oder als das noch schwerer lösliche Rhenaniaphosphat, mit bis zu 30 % Superphosphat, das eine ausgesprochene Langzeitwirkung entfaltet. Die Düngung führt zu einem raschen und starken Anstieg des Phosphatgehaltes im Teichwasser, der jedoch im Idealfall in Folge der rasch einsetzenden Planktonentwicklung schnell wieder absinkt.

Die Düngung von Gewässern ist ein heikles Unterfangen und ist nur von erfahrenen Teichwirten durchzuführen. Die Teichdüngung ist in der Regel keine Maßnahme, die für extensiv genutzte Angelteiche in Frage kommt, da die Gefahr einer Eutrophierung des Gewässers größer ist, als der durch eine Düngung zu erwartende fischereiliche Vorteil! Es besteht ferner die Gefahr, daß durch unsachgemäße Ausführung der Maßnahme und/oder Überdosierung der gesamte Fischbestand vernichtet und/oder das Gleichgewicht des Gewässers auf lange Zeit nachhaltig gestört wird!

Zudem zeigt die Praxis, daß die meisten Angelgewässer bereits mehr oder weniger starke Eutrophierungssymptome zeigen und deshalb eher Maßnahmen erforderlich sind, um dem Gewässer Phosphor zu entziehen. Hierzu kann die Fischerei einen nicht zu unterschätzenden Beitrag leisten, da Süßwasserfische mit bis zu 4 g Phosphor pro kg Körpergewicht während ihres Wachstums einen sehr hohen Anteil dieses Elementes aufnehmen. Durch konsequente Entnahme gefangener Fische (und nicht durch "catch and release"!) kann also ein erheblicher Anteil von Phosphat dem Stoffkreislauf stehender Gewässer entzogen werden.

Fortsetzung nächste Seite

PHOSPHOR

P

(Fortsetzung)

Aufgrund der hohen Bedeutung, die Phosphor für das biologische Gleichgewicht hat, sollte es bei jeder Wasseruntersuchung unbedingt mit gemessen werden. Hierzu stehen einfache und zuverlässige Schnelltests zur Verfügung. Wenn die Messung an Fließgewässern dazu geeignet ist, Phosphateinleitungen zu lokalisieren, ist bei stehenden Gewässern zu bedenken, daß planktische Algen während der Vegetationsperiode von etwa April bis September gelöstes Phosphor nahezu vollständig aufnehmen, das somit nicht mehr meßbar ist. Erst nach dem Absterben der pflanzlichen Organismen im Herbst wird es wieder freigesetzt.

Wie bereits angeführt, ist Phosphor in Form von Phosphat oder Superphosphat im Gewässer gelöst. Die Gehalte dieser verschiedenen Phosphatverbindungen lassen sich jedoch anhand der Messung eines einzelnen Parameters jedoch einfach berechnen:

1,0 mg Phosphor (P) = 2,28 mg Superphosphat (P₂O₅) = 3,06 mg Phosphat (PO₄³⁻)

QUECKSILBER**Hg**

Die Aufnahme des hoch toxischen Schwermetalls Quecksilber verursacht bei Mensch und Tier irreversible Schädigungen der Nerven, der Nieren sowie des Magen-Darm-Trakts. Bereits in geringsten Konzentrationen beeinträchtigt Quecksilber die Entwicklung und das Wachstum von Fischen. Quecksilberverbindungen gelangen mit den Abwässern chemisch-pharmazeutischer Betriebe und der Elektroindustrie, bei der Herstellung von Papier und Farben, aus der Landwirtschaft, in der sie als Saatgutbeize gegen Pilzbefall (Fungizide) eingesetzt werden und durch Verbrennung fossiler Brennstoffe (Kohle, Erdöl) in die Umwelt. Sie reichern sich über die marine und limnischen Nahrungsketten insbesondere in fetthaltigen Fischen stark an, weshalb z.B. bis Mitte der 80er Jahre Warnungen hinsichtlich dem Verzehr japanischen Thunfisches galten. Seit Ende der 80er ist der Quecksilbergehalt jedoch auch in Main, Rhein und Lahn soweit zurückgegangen, daß keine gesundheitlichen Risiken beim Verzehr von Fischen mehr bestehen.

Arten	Richtwerte	Anmerkung
Regenbogenforelle		
Brut	0,0015 mg/l	schädigend
Larven	0,0006 - 0,001 mg/l	schädigend
erwachsene	0,0012 - 0,002 mg/l	schädigend
Bachsaibling, Setzlinge	0,048 mg/l	tödlich
Karpfen	0,25 mg/l	schädigend
	0,80 mg/l	tödlich
Schleie	0,90 mg/l	schädigend
	1,10 mg/l	tödlich

Qualitätsziele zum Schutz der Fischartengemeinschaften und der aquatischen Ökosysteme (WACHS 1994)

Wasserhärte [mg CaCO ₃ /l]	Quecksilber, gelöst		
	Salmoniden	Cypriniden	Artenschutz
< 10	0,000004 mg/l	0,00005 mg/l	< 0,000001 mg/l
100	0,00002 mg/l	0,0002 mg/l	0,000002 mg/l
> 300	0,0001 mg/l	0,0005 mg/l	0,000006 mg/l

Grenzwerte Wasser

Grenzwert für oberirdische Gewässer nach EU (DVWK 1992) 0,001 mg/l

Grenzwerte Sediment

Klärschlammverordnung (KlärschlammV 1992) für landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzte Böden 1 mg/kg

Grenzwerte im Nahrungsmittel Fisch

Schadstoffhöchstmengenverordnung (SHmV 2003) 0,5 mg/kg

SALZE**Chlorid Cl⁻ / Sulfat SO₄²⁻**

Der natürliche Salzgehalt von Gewässern ist in erster Linie von der Geologie des Bodens abhängig. Der Gehalt von gelösten Salzen wird zumeist mit Hilfe der Leitfähigkeit bestimmt. Im Falle anthropogen verursachter Erhöhungen des Salzgehaltes in Gewässern können auch Chlorid- oder Sulfatnachweise Hinweise auf die Art der Versalzung geben. Da jedoch eine Vielzahl verschiedenster Salzverbindungen, z.B. Natriumchlorid oder Natriumsulfat, Kaliumchlorid und Kaliumsulfat existieren, sind Chlorid- oder Sulfatnachweise ohne Leitfähigkeitsmessungen nicht besonders aussagekräftig.

Unnatürlich hohe Salzgehalte weisen vor allem Gewässer auf, die in Gebieten liegen, in denen Salz abgebaut wird, wie der Kaliabbau im hessisch/thüringischen Grenzgebiet. Insbesondere die hierbei anfallenden stark salzigen Grubenwässer, die entweder direkt in Fließgewässer eingeleitet oder aber in den Untergrund verpreßt werden, aus dem sie an anderer Stelle wieder als Salzquellen austreten, können Gewässer so stark versalzen, daß die gesamte Lebewelt nachhaltig ge- bzw. zerstört wird.

In der Fischereiwirtschaft spielt der Salzgehalt des Wasser insbesondere bei der Erbrütung eine Rolle. Während geringe Salzgehalte im Wasser z.B. gegen Ektoparasiten wirken (5 g Kochsalz pro 1 Liter Wasser) und den Appetit der Jungfische erhöhen, rufen höhere Salzkonzentrationen Schädigungen hervor. Die nachfolgende Tabelle gibt die Konzentration für Chlorid (Cl⁻) an, die in Abhängigkeit von der Wassergüte in Fließgewässern auftreten kann und Beispielgewässer:

Wassergüteklasse / Belastungsstufe		Richtwerte		
Güteklasse I	unbelastet bis sehr gering belastet	6 - 14 mg/l		
Güteklasse I-II	gering belastet	8 - 26 mg/l		
Güteklasse II	mäßig belastet	12 - 35 mg/l		
Güteklasse II-III	kritisch belastet	22 - 55 mg/l		
Güteklasse III	stark verschmutzt	28 - 72 mg/l		
Güteklasse III-IV	sehr stark verschmutzt	35 - 108 mg/l		
Güteklasse IV	übermäßig verschmutzt	29 - 240 mg/l		
Beispielgewässer		Salzgehalte		
Breitzbach, Zufluß der Solz im Fuldassystem		60.000 mg/l	60,0 g/l	60,0 ‰
Rotes Meer		43.000 mg/l	43,0 g/l	43,0 ‰
Meerwasser, durchschnittlich		35.000 mg/l	35,0 g/l	35,0 ‰
Ostsee		7.000 mg/l	7,0 g/l	7,0 ‰
Süßwasser, maximal bis		500 mg/l	0,5 g/l	0,5 ‰

Der Gehalt an Sauerstoff im Wasser ist eine wesentliche Voraussetzung für die Besiedlungsqualität eines Gewässers. Während Algen und Wasserpflanzen mit Hilfe der Energie des Sonnenlichts am Tag mittels des biochemischen Prozesses der Photosynthese selber Sauerstoff produzieren, sind Atmung betreibende, tierische Organismen auf einen ausreichenden Sauerstoffgehalt im Wasser essentiell angewiesen. Steht dieser nicht zur Verfügung, droht der Erstickungstod. Der größte Anteil des Sauerstoffs wird bei Fließgewässern über die Wasseroberfläche aus der Atmosphäre eingetragen. Hierbei gilt die physikalische Gesetzmäßigkeit:

Das Bindungsvermögen des Wassers für Sauerstoff (= Sauerstoffsättigung) ist umso größer ist, je niedriger die Wassertemperatur ist.

Demnach ist der Sauerstoffgehalt turbulent fließender, kalter Gewässer natürlicherweise höher, als in Stillgewässern, die sich zudem stärker erwärmen. Entsprechend zeigt auch die Fischfauna physiologische Anpassungen an diese Verhältnisse, indem z.B. die sauerstoffbedürftige Bachforelle ein Bewohner der Bachoberläufe ist, während die Schleie sauerstoffärmere, wärmere Stillgewässer besiedelt.

Natürlicherweise kann der Sauerstoff im Wasserkörper auch durch die Photosynthese von Algen und Wasserpflanzen erhöht werden. In eutrophierten Gewässern mit üppigem Pflanzenbestand wird so die Sättigung des Wasserkörpers von 100 % weit übertroffen. Dies tritt allerdings nur am Tage ein, wenn den Pflanzen ausreichend Lichtenergie zur Verfügung steht. In der Nacht, wenn die Wasserpflanzen keinen Sauerstoff produzieren, sondern wie tierische Organismen Sauerstoff veratmen, kann sich eine Übersättigung in ein kritisches Sauerstoffdefizit umkehren.

Wenngleich der Sauerstoffgehalt ohne den Einsatz elektronischer Meßgeräte nur mühsam und verhältnismäßig unzuverlässig zu ermitteln ist, ist diese Kenngröße für den ökologischen Zustand eines Gewässers von eminenter Bedeutung. Der Sauerstoffgehalt des Wassers sollte deshalb nicht nur im Falle von Beeinträchtigungen, sondern vielmehr regelmäßig kontrolliert werden.

SAUERSTOFF

O₂

(Fortsetzung)

Die nachfolgende Tabelle enthält die gemittelten Werte für den Sauerstoffgehalt im Wasser bei verschiedenen Wassergüteklassen:

Wassergüteklasse / Belastungsstufe		gemittelte Richtwerte
Güteklasse I	unbelastet bis sehr gering belastet	> 8,0 mg/l
Güteklasse I-II	gering belastet	> 8,0 mg/l
Güteklasse II	mäßig belastet	> 6,0 mg/l
Güteklasse II-III	kritisch belastet	> 4,0 mg/l
Güteklasse III	stark verschmutzt	> 2,0 mg/l
Güteklasse III-IV	sehr stark verschmutzt	< 2,0 mg/l
Güteklasse IV	übermäßig verschmutzt	< 2,0 mg/l

Der im Wasserkörper enthaltene Sauerstoff wird auf zwei Arten angegeben:

1. Sauerstoffgehalt: Es wird die Menge des im Wasser gelösten Sauerstoffes in [mg/l] gemessen.
2. Sauerstoffsättigung: Angabe des Gehaltes an Sauerstoff in [%] in Abhängigkeit von der Wassertemperatur. Elektronische Meßgeräte, die die Wassertemperatur mit erfassen, berechnen aus dem gemessenen Sauerstoffgehalt automatisch auch die Sättigung. Dies muß bei Untersuchungsverfahren, bei denen einer Wasserprobe zur Bestimmung des Sauerstoffgehaltes Chemikalien zugesetzt werden, mit Hilfe einer Tabelle umgerechnet werden. Die Tabelle zeigt, bei welcher Wassertemperatur der Sauerstoffgehalt einer 100 %igen Sättigung entspricht. Der gemessene Sauerstoffgehalt [mg/l] kann dann per Dreisatz in Sauerstoffsättigung [%] umgerechnet werden.

Sauerstoffgehalt des Wasser der einer 100 %iger Sättigung entspricht:

Temp. °C	O ₂ mg/l	Temp. °C	O ₂ mg/l	Temp. °C	O ₂ mg/l
0	14,16	10	10,92	20	8,84
1	13,77	11	10,67	21	8,68
2	13,40	12	10,43	22	8,53
3	13,05	13	10,20	23	8,38
4	12,70	14	9,98	24	8,25
5	12,37	15	9,76	25	8,11
6	12,06	16	9,56	26	7,99
7	11,76	17	9,37	27	7,86
8	11,47	18	9,18	28	7,75
9	11,19	19	9,01	29	7,64

Fortsetzung nächste Seite

SAUERSTOFF

O₂

(Fortsetzung)

Fische und auch bodenlebende Fischnährtiere haben sich den Sauerstoffbedingungen in ihren verschiedenen Lebensräumen auch physiologisch angepaßt. So vermögen z.B. Schlammröhrenwürmer (*Tubifex tubifex*) und Rote Zuckmücken (*Chironomus sp.*) mit Hilfe des besonders guten Sauerstoffbindungsvermögens ihres roten Blutfarbstoffes noch in Gewässern zu überleben, in denen der Sauerstoffgehalt auf unter 2,0 mg/l sinkt.

Arten	Toleranzbereiche	Anmerkung
Salmoniden	9,2 - 11,5 mg/l	Optimalbereich = Sauerstoffsättigung
	< 5,0 mg/l	tödlich bei Temperaturen über 16 °C
Karpfen	5,0 - 9,0 mg/l	Optimalbereich
Schleie	< 5,0 mg/l	stellen die Nahrungsaufnahme ein
	< 0,3 mg/l	tödlich

Das Säurebindungsvermögen (SBV), das auch als Carbonathärte (KH) des Wassers bezeichnet wird, ist ein wichtiger Parameter zur Beurteilung der fischereilichen Bedingungen. Der SBV beschreibt die Fähigkeit des Gewässers, Säuren abzupuffern. Diese Fähigkeit ist abhängig von dem Gehalt an Calcium- und Magnesiumionen bzw. ihren Carbonaten und Hydrogencarbonaten im Wasser. In unbelasteten Gewässern ist der SBV darüber hinaus ein Maß für den im Wasser vorhandenen Gehalt an Kohlensäure und bestimmt auch wesentlich darüber, wieweit die im Wasser vorhandenen Nährstoffe für die Pflanzen, die am Anfang der Nahrungskette stehen, verfügbar sind.

Kalkreiche Gewässer mit hohem SBV haben eine bessere Kapazität pH-Schwankungen abzufangen, als kalkarme Gewässer mit niedrigem SBV. Aus diesem Grund ist auch die Giftigkeit verschiedener Stoffe gegenüber aquatischen Organismen in Gewässern mit hohem SBV geringer, als in Gewässern mit geringem SBV. Insgesamt gilt die Regel:

hoher SBV = ertragreiches Fischgewässer

Der SBV und damit die Qualität, die ein Fischgewässer besitzt, kann relativ einfach und sicher mit entsprechenden Schnelltests bestimmt werden. Der Wert des SBV wird zwar in mmol/l (Millimol pro Liter) gemessen, kann aber auch als Härtegrad angegeben werden. Dabei entsprechen 0,18 mmol/l gleich 1°d.

SBV	Gewässertyp
< 0,5 mmol/l	ertragsarmes Fischgewässer
0,5 - 1,5 mmol/l	mäßig fruchtbares Fischgewässer
> 1,5 mmol/l	fruchtbares und ertragsreiches Fischgewässer
0,5 - 1,5 mmol/l	Karpfenteich

Ist die Gesamthärte in °d (Grad Härte) bekannt, kann man daraus den SBV errechnen:

$$\text{SBV} = \text{Gesamthärte [°d]} \times 0,18$$

Fortsetzung nächste Seite

(Fortsetzung)

Für eine intensive Karpfenproduktion darf z.B. der SBV von 0,5 mmol/l nicht unterschritten werden, besser geeignet für die Zucht dieser Fischart sind Teiche mit einem SBV um 1,5 mmol/l.

Ist der SBV zu niedrig, kann man ihn durch Kalkung verbessern. Man verwendet hierzu Branntkalk (CaO), den man vom Boot aus ins Wasser streut und der sich unter Bildung von "gelöschtem Kalk" (Ca(OH)_2) auflöst. Durch diese Maßnahme steigt nicht nur der pH-Wert über 9, sondern auch der Gehalt an Ammoniak im Wasser, was viele Ektoparasiten, aber auch Fischarten nicht vertragen. In einer weiteren Phase der Kalkung bildet sich wenig lösliches Calciumcarbonat (CaCO_3), das rasch auf den Teichboden absinkt und sich hier mit Kohlensäure (CO_2) zu Calciumbicarbonat ($\text{Ca(CO}_3)_2$) verbindet, weshalb der pH-Wert wieder ansteigt.

Die Kalkung von Gewässern mit geringem SBV hat insbesondere für die Teichwirtschaft, bei der es stets um eine Ertragsoptimierung geht, eine Reihe von Vorteilen:

- Stabilisierung der Pufferwirkung zur Erzielung eines konstanten pH-Wertes, saure Gewässer werden neutralisiert
- Schwebstoffe, insbesondere organische Partikel werden gebunden und sinken zu Boden
- Der Teichboden wird verbessert, die Verfügbarkeit von Nährstoffen und damit die Produktivität des Gewässers erhöht
- Es ist eine desinfizierende Wirkung zu verzeichnen
- Der bakterielle Abbau von Laub und Stickstoffverbindungen wird beschleunigt

Fortsetzung nächste Seite

(Fortsetzung)

Berechnung für den Bedarf an Kalk:

Zunächst ist die im Teich vorhandene Wassermenge, also das Wasservolumen zu berechnen:

$$\text{Volumen des Teichs (m}^3\text{)} = \text{Fläche (m}^2\text{)} \times \text{Tiefe (m)}$$

Um in 1 m³ Wasservolumen eine Erhöhung des SBV um 1,0 mmol/l zu erzielen, benötigt man eine CaO-Menge von etwa 28 kg. Demnach berechnet sich die für einen Teich benötigte Kalkmenge nach folgender Formel:

$$\text{CaO [kg]} = \frac{\text{Volumen (m}^3\text{)} \times 28 \times \text{Differenz SBV}}{1000}$$

Schließlich ist zu berücksichtigen, daß leicht löslicher Branntkalk einen Gehalt von 70 bis 95 % CaO aufweist, der schwerer lösliche Löschkalk jedoch einen Gehalt von 70 bis 80 %. Der genaue CaO-Gehalt wird jeweils auf den Produktangaben angegeben. Die jeweiligen CaO-Gehalte müssen natürlich bei der Berechnung der benötigten Düngermenge beachtet werden:

$$\text{Düngerbedarf [kg]} = \frac{\text{CaO-Bedarf [kg]} \times 100}{\text{CaO-Gehalt [\%] des Düngers}}$$

Generell sollte eine Teichkalkung nur von oder zumindest unter fachkundiger Anleitung eines Teichwirtes durchgeführt werden. Die Kalkung von stehenden Gewässern sollte bis spätestens Ende März abgeschlossen sein. Zwischen einer Kalkung und einer anschließenden Phosphatdüngung sollten mindestens 2 bis 3 Wochen vergehen.

SCHWEFELWASSERSTOFF

H₂S

Beim Abbau eiweißhaltiger Substanzen, d.h. der natürlichen Zersetzung pflanzlicher und tierischer Organismen durch Mikroorganismen entstehen bei Abwesenheit von Sauerstoff die Gase Methan (CH₄) und Schwefelwasserstoff (H₂S). Neben dieser weitgehend natürlichen Entstehung gelangt Schwefelwasserstoff gelegentlich mit Abwässern in die Gewässer. Der nach faulen Eiern stinkende Schwefelwasserstoff vermag sich im Wasserkörper zu lösen und wird, sofern ausreichend Sauerstoff vorhanden ist, in eine für aquatische Organismen ungefährliche Form oxidiert. Ist ein Gewässer jedoch sauerstoffarm und sein pH-Wert zudem hoch, werden Fische und vor allem Fischnährtiere bereits durch geringste Konzentrationen von Schwefelwasserstoff getötet. Dabei steigt die Giftigkeit dieses Gases mit der Erwärmung des Wassers. Mit kritischen Situationen ist entsprechend während des Sommers in flachen Gewässern mit mächtigen Faulschlammablagerungen zu rechnen. Allerdings ereignen sich Fischsterben in solchen Gewässern in erster Linie als Folge von Sauerstoffdefiziten.

Arten	Richtwerte	Anmerkung
Flohkrebse (<i>Gammaridae</i>)	0,06 mg/l	tödlich
Wasserasseln (<i>Asellidae</i>)	1,0 mg/l	tödlich
Salmoniden	1,0 mg/l	tödlich
Karpfen	6,0 mg/l	tödlich
Schleie	10,0 mg/l	tödlich

TRÜBUNG

Trübungen im Wasser werden von Schwebstoffen hervorgerufen. Je nachdem, welche physikalischen Eigenschaften diese Schwebstoffe haben, z.B. hinsichtlich der Größe der Partikel und Beschaffenheit ihrer Kanten, können sie bei Fischen z.B. Reizungen der Schleimhäute und der zarthäutigen Kiemen hervorrufen. So besitzen vor allem Eisenocker-, Ton- und Sandpartikel besonders scharfkantige Umrisse. Letztlichen Aufschluß über die Beschaffenheit von Trübstoffen gibt ein Blick durch eine hochauflösende Lupe oder ein Mikroskop.

Die Trübung einer Wasserprobe wird nach folgenden Kriterien beurteilt:

- Die Durchsichtigkeit einer Wasserprobe als Maß für die Dichte der darin enthaltenen Schwebstoffe: Im Laborverfahren nach dem Deutschen Einheitsverfahren wird die Trübung mit dem sogenannten Jackson-Turbidity-Unit (JTU) gemessen.

Zu Bestimmung der Sichttiefe stehender Gewässer, die vom Gehalt der Schwebstoffe insbesondere der Dichte des Plankton abhängig ist, bedient man sich einer sogenannten Secci-Scheibe. Diese besteht aus einer etwa tellergroßen, weißen Scheibe, deren Fläche von 4 großen Löcher durchbrochen ist. Zur Bestimmung der Sichttiefe wird die Secci-Scheibe an einem Faden soweit abgelassen, bis die 4 Löcher nicht mehr von der weißen Scheibe zu unterscheiden sind.

Allerdings läßt sich die qualitative Trübung einer Wasserprobe auch einfach als "klar", "schwach getrübt" oder "stark getrübt" bis "undurchsichtig" beschreiben.

- Die Geschwindigkeit, mit der sich die Schwebstoffe absetzen, d.h. sedimentieren: Hierzu wird ein gläserner Imhoff-Trichter mit 1 Liter gut aufgeschütteltem Wasser gefüllt. Setzen sich die Trübstoffe nicht ab, sondern verbleiben in Schwebe, handelt es sich nicht um mineralische Bestandteile, sondern um Zooplankton. Eine extrem langsame Sedimentationsrate, die über Tage andauert, weist auf Tonpartikel hin. In die Gewässer eingeschwemmte Bodenpartikel sedimentieren hingegen innerhalb weniger Stunden.

Arten	Grenzwerte für Trübstoffe	
Salmoniden	< 10 JTU	150 bis 800 mg/l
Karpfen	< 25 JTU	keine Angabe

Eine Vielzahl biologischer Vorgänge, wie das Wachstum von Organismen ist temperaturabhängig. Aber auch die biologischen Eigenschaften zahlreicher chemisch-physikalischer Parameter, die letztlich über die Besiedlungsqualität von Gewässern bestimmen, wie der Sauerstoffgehalt, werden von der Wassertemperatur beeinflusst. Darüber hinaus ist die Temperatur ein Faktor, der im Jahreslauf natürlicherweise starken Schwankungen unterliegt, denen sich insbesondere die aquatischen Tiere anpassen müssen, da sie nicht wie Säugetiere über physiologische Mechanismen verfügen, um ihre Körpertemperatur konstant zu halten. Entsprechend den Temperaturverläufen, die die verschiedenen Typen von Gewässern charakterisieren, haben sich die Fischarten an die jeweiligen Bedingungen angepaßt. So kann man folgende Fischarten unterscheiden:

- Bewohner sommerkühler Bachoberläufe, in denen die Wassertemperatur 16 °C selten und nur kurzzeitig überschreitet, wie Bachforelle und Äsche.
- Bewohner sommerwarmer Gewässer, in denen eine Wassertemperatur von 20 °C deutlich und anhaltend überschritten wird, wie Karpfen und Schleie, die sich nur in solchen Gewässer fortzupflanzen vermögen.

Ursache für eine unnatürliche Erwärmungen von Gewässern ist zumeist die Einleitung warmer Wässer, z.B. Kühlwasser aus Kraftwerken aber auch aus Kläranlagen, deren Wassertemperatur in der Regel weit höher ist, als die natürlicher Gewässer. Darüber hinaus kann aber auch eine starke Erwärmung flacher und unbeschatteter stehender Gewässer fischereiliche Probleme verursachen, auf die man z.B. durch eine Reduzierung des Besatzes reagieren kann. Eine Erniedrigung der Wassertemperatur kann die Folge des Ablassens kalten Tiefenwassers aus Talsperren sein.

Fortsetzung nächste Seite

WASSEITEMPERATUR

°C

(Fortsetzung)

Die Messung der Wassertemperatur ist für eine Überwachung fischereilich genutzter Gewässer unverzichtbar. Da Temperaturmessungen mit Hilfe einfacher Thermometer leicht durchführbar sind, ist die Erfassung dieses Parameters ein fester Bestandteil einer jeden Wasseruntersuchung und bildet die Grundlage für die Beurteilung einer Reihe anderer Parameter, z.B. des im Wasserkörper gelösten Sauerstoffes.

Bei Temperaturmessungen stehender Gewässer mit Wassertiefen über 5 m ist zu beachten, daß die Temperatur des Oberflächenwassers je nach Jahreszeit von der des sohlennahen Tiefenwassers stark abweichen kann. Die sich hieraus ergebenden völlig unterschiedlichen chemisch/physikalischen Bedingungen können nachhaltigen Einfluß auf die Besiedlungsqualität des Gewässers entfaltet. Deshalb ist neben der Untersuchung des einfach zu entnehmenden Oberflächenwassers auch die Kontrolle des Tiefenwassers dringend anzuraten. Die Probenahme kann dabei mittels selbst konstruierbarer Schöpfflaschen erfolgen (siehe Abb. 1).

Arten	Optimalbereich	Kritischer Bereich
Bachforelle, Eier und Brut	8 - 10 °C	> 12 °C
Bachforelle, Setzlinge	14 °C	
Bachforelle, erwachsen	14 °C	> 20 °C
Regenbogenforelle, Eier und Brut	8 - 14 °C	> 22 °C
Regenbogenforelle, Setzlinge	16 °C	
Regenbogenforelle, erwachsen	12 - 16 °C	> 24 °C
Äsche, Eier und Brut	10 - 12 °C	> 16 °C
Äsche, Setzlinge	15 °C	
Äsche, erwachsen	16 °C	> 25 °C
Karpfen (Schleie), Eier und Brut	20 - 25 °C	> 32 °C
Karpfen (Schleie), Setzlinge	20 - 30 °C	> 34 °C
Karpfen (Schleie), erwachsen	21 - 25 °C	> 34 °C

ZINK**Zn**

Zink kommt in den verschiedenen Naturräumen in unterschiedlich hoher Konzentration natürlicher Weise vor, doch wird es außerdem durch menschliche Aktivitäten in die Gewässer eingebracht. Besonders kritisch kann sich das Vorkommen von Zink in Gewässern mit geringem Puffervermögen und damit niedrigen pH-Werten oder in durch sauren Regen beeinträchtigten Gewässern auswirken. Wie viele andere Schwermetalle auch, bindet sich Zink bevorzugt an Schlämme und reichert sich so im Sediment der Gewässer an.

Für aquatische Organismen sind vor allem in gelöster Form vorliegende Zinkverbindungen stark bis hochgiftig, vor allem, wenn sie mit anderen Schwermetallen, vor allem Kupfer vergesellschaftet auftreten. Zink reichert sich in Algen, Fischnährtieren und Fischen an und kann über die Nahrungskette an den Menschen weitergegeben werden. Allerdings ist Zink für den Menschen ein wichtiges Spurenelement, das er in gewissen Konzentrationen zur Aufrechterhaltung seines Stoffwechsels aufnehmen muß. Bei Fischen verursacht Zink Störungen der Bewegungsabläufe, Deformationen der Skelettes und beeinträchtigt das Fortpflanzungsvermögen. Entsprechend verbietet sich in der Fischzucht die Benutzung von Zinkgerätschaften, wie Transportkannen und aus zinkhaltigen Metallen gefertigte Leitungssysteme.

Der Nachweis von Zinkionen im Wasser ist nur mit aufwendigen Laborverfahren möglich und spielt bei routinemäßig durchgeführten Untersuchungen von Oberflächengewässern keine Rolle.

Arten	Richtwerte	Anmerkung
Regenbogenforelle	0,8 mg/l 1,25 - 40,0 mg/l 2,75 mg/l	Störung der Kiemenfunktion schwere Kiemenschäden Muskelkrämpfe und Skelettschäden
Bachsaibling	0,53 - 1,37 mg/l	reduzierter Bruterfolg
Elritze	> 0,08 mg/l	verringertes Bruterfolg
	0,06 - 0,38 mg/l	verminderte Schwimmleistung
	0,20 - 2,40 mg/l	Deformationen der Wirbelsäule
Plötze	0,14 - 0,58 mg/l	Reduktion des Bruterfolges
	0,18 mg/l	vermindertes Wachstum
Karpfen	0,3 mg/l	schädigend

Fortsetzung nächste Seite

ZINK			Zn
(Fortsetzung)			
Qualitätsziele zum Schutz der Fischartengemeinschaften und der aquatischen Ökosysteme (WACHS 1994)			
Wasserhärte [mg CaCO ₃ /l]	Salmoniden	Zink, gelöst Cypriniden	Artenschutz
< 10	0,003 mg/l	0,02 mg/l	< 0,0005 mg/l
100	0,008 mg/l	0,04 mg/l	0,002 mg/l
> 300	0,03 mg/l	0,1 mg/l	0,005 mg/l
Grenzwerte Wasser			
geogener Background (WACHS 1983)			< 0,01 - 0,05 mg/l
Grenzwert nach Abwasserabgabengesetz (AbwAG 1987)			0,1 mg/l
Grenzwert für oberirdische Gewässer nach EU (DVWK 1992)			0,05 mg/l
Grenzwerte Sediment			
Klärschlammverordnung (KlärschlammV 1992) für landwirtschaftlich gärtnerisch genutzte Böden			200 mg/kg

ZINN**Sn**

Zinn ist in Oberflächengewässern normaler Weise nur in Spuren enthalten. Allerdings wird dieses Metall bei der Herstellung von Konservendosen in ungeheurer Menge verarbeitet und in zahlreichen Pestiziden ist Zinn in Form sogenannter Organoverbindungen ebenfalls enthalten. Während das Element Zinn nur in geringem Maße giftig ist, sind Organozinnverbindungen, die über den Verdauungstrakt in den Fischkörper gelangen, hoch toxisch, da sie die Zellfunktionen insbesondere von Stoffwechselorganen wie Leber und Niere stören.

Die Untersuchung von Wasser auf Zinn bzw. Organozinnverbindungen ist analytisch aufwendig und spielt bei routinemäßig durchgeführten Untersuchungen von Oberflächengewässern keine Rolle.

Arten	Richtwerte	Anmerkung
Regenbogenforelle, Brut	0,24 mg/l	anorganisches Zinn, tödlich
Elritze	0,0082 mg/l	Organozinnverbindungen, tödlich

Literatur

- ALABASTER, J. S. & R. LLOYD (1980): Water quality criteria for freshwater fish. - London (Butterworths).
- BAYRISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (1993): Beurteilungshilfen zur Fischbiologie und Teichwirtschaft. - Internes Handbuch für die technische Gewässeraufsicht, tGewA Teil 4.
- BOHL, M. (1982): Zucht und Produktion von Süßwasserfischen. - Verlagsunion Agrar, Bern.
- DVWK (Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau e.V.) (1992): Aussagekraft von Gewässergüteparametern in Fließgewässern, Teil 1 - Entwurf. - Bonn, 126 S..
- EG (1978): Richtlinie des Rates 78/659/EWG vom 18.7.1978 über die Qualität von Süßwasser, das schutz- oder verbesserungswürdig ist, um das Leben von Fischen zu erhalten. - In: Gemeinschaftsrecht im Bereich des Umweltschutzes, Band 7: Wasser; Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Generaldirektion XI, Umwelt, Nukleare Sicherheit und Katastrophenschutz, Luxemburg, 1993, 483 S.
- HESSISCHES MINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG, WOHNEN, LANDWIRTSCHAFT, FORSTEN UND NATURSCHUTZ (1992): Schadstoffe in der Nahrungskette. - Wiesbaden.
- HOFFMANN, H. J. (1987): Die analytischen Aspekte bei der Untersuchung von Fließgewässern - Münchner Beiträge: Abwasser-, Fischerei- und Flußbiologie 32.
- HÜTTER, L. A. (1984): Wasser und Wasseruntersuchung. - Frankfurt/Main (Diesterweg/Salle), Laborbücher Chemie, 2. Auflage.
- KLEE, O. (1990): Wasser untersuchen. - Verlag Quelle & Meyer.
- KÖCK, G. (1996): Die Toxische Wirkung von Schwermetallen auf Fische. - Handbuch Angewandte Limnologie V-3.1.1, 1 - 167.
- KLÄRSCHLAMMVERORDNUNG (KlärschlammV vom 15. April 1992): Verordnung zur Umsetzung der Richtlinie 86/278/EWG des Rates vom 12. Juni 1986 über den Schutz der Umwelt insbesondere der Böden bei der Verwendung von Klärschlamm in der Landwirtschaft. - Abl. EG Nr. L 181, 6 S.)
- LANDESANSTALT FÜR FISCHEREI NORDRHEIN-WESTFALEN (1991): Liste fischereilich relevanter Grenzwerte - Albaum, (unveröffentlicht).

- LFA (LANDESANSTALT FÜR FISCHEREI NRW) (1991): Grenzwerte für Fischgewässer. - Albaum.
- LINDHORST-EMME, W. (1990): Forellenzucht. - Verlag P. Parey, Hamburg.
- MACHEREY-NAGEL (1981): Informationsschrift zur Untersuchung von Wasser - Firma Visicolor, Düren.
- MEINELT, T., A. STÜBER, G. STAAKS & C. STEINBERG (1995): Wirkungen fischtoxischer Schadmetalle: Fischtoxizität von Kupfer. - Fischer & Teichwirt 46, 241 - 243.
- MEINELT, T., A. STÜBER, M. PIETROCK & L. STEINBERG (1995): Wirkung fischtoxischer Schadmetalle - Fischtoxizität von Quecksilber. - Fischer & Teichwirt 46, 330 - 333.
- MEINELT, T., A. STÜBER, R. KRÜGER & C. STEINBERG (1995): Wirkungen fischtoxischer Schadmetalle - Fischtoxizität von Zinn. - Fischer & Teichwirt 46, 419 - 421.
- MEINELT, T., R. KRÜGER, A. STÜBER & C. STEINBERG (1996): Wirkungen fischtoxischer Schadmetalle - Fischtoxizität von Cadmium. - Fischer & Teichwirt 47, 84 - 86.
- MEINELT, T., R. KRÜGER, A. STÜBER & C. STEINBERG (1995): Wirkungen fischtoxischer Schadmetalle: Fischtoxizität von Chrom. - Fischer & Teichwirt 46, 288 - 289.
- MERCK: Aquamerck®-Kompaktlabor für Wasseruntersuchungen. - Handbuch der Firma MERCK.
- PAREY, K. (1987): Kontamination von Rhein-Fischen mit Schwermetallen und Organochlorverbindungen: Auswirkungen auf die Reproduktion und deren weitere Gefährdung. - Dissertation, Univ. Freiburg, 198 S..
- SCHÄPERCLAUS, W. (1990): Fischkrankheiten. - Berlin (Akademie-Verlag) 5. Auflage, 2 Bände.
- SHmV (Schadstoffhöchstmengenverordnung) (vom 23. März 2003): Verordnung über die Höchstmengen an Schadstoffen in oder auf Lebensmitteln. - BGBl., S. 422.
- VEREINIGUNG DEUTSCHER GEWÄSSERSCHUTZ e.V. (2001): Ökologische Bewertung von Fließgewässern. - Schr.R. d. Verein. Dt. Gew.Schutz, Band 64.
- WACHS, B. (1983): Bioindikatoren für erhöhte Metallgehalte in Fließgewässern. - Naturwissenschaften 70, 577 - 580.
- WACHS, B. (1994): Limnotoxizität und Ökobewertung der Schwermetalle sowie entsprechende Qualitätsziele zum Schutz aquatischer Ökosysteme. - Münchner Beitr. Abwasser-,

Fischerei- und Flußbiol. 48, - Entwicklung von Zielvorstellungen des Gewässerschutzes aus der Sicht der aquatischen Ökologie, 425 - 486.

WEINER (1961): Die Abwässer in der Metallindustrie. - Eugen G. Lutz-Verlag, Saulgau.

ZEBS (Zentrale Erfassungs- und Bewertungsstelle für Umweltchemikalien (1979): Bericht. - Bundesgesundheitsblatt 22, S. 282.