



Bedeutung von Schwermetallen im Wasser

- 1 Arsen** im Wasser hat oft geologische Ursachen. Weiterhin kann es die Folge von gewerblichen Aktivitäten (Gerbereien, Hüttenbetriebe, Mülldeponien, Braunkohleasche) sein. Arsenverbindungen sind giftig. Sie führen zu Erkrankungen von Nerven, Haut und Gewebeschäden (Karzinome an Leber, Bronchien) sowie Knochenmarkschäden. Chronische Schäden werden ab täglichen Dosen $> 0,2$ mg beschrieben (Krebsrisiko!).
- 2 Blei** wird im Wasser fast immer bei Verwendung von Bleirohren und Bleiarmaturen nach längeren Standzeiten gefunden. Blei ist giftig; es hemmt die Blutbildung und führt zu Nervenschäden. Chronische, unspezifische Symptome (Magenstörungen, Kopfschmerzen, Müdigkeit, Nierenstörungen) werden schon ab einer täglichen Dosis von 1 mg beschrieben. Blei ist auch ein starkes Fischgift (vor allem bei weichem Wasser). Die Bleibelastung der Umwelt durch den Fahrzeugverkehr ist rückläufig. Der Grenzwert für Blei wird in der neuen Trinkwasserverordnung (Januar 2003) auf vorr. 10 µg/l gesenkt.
- 3 Cadmium** gelangt bei der metallgewinnenden Industrie in die Umwelt. Weiterhin wird es bei Verbrennungsprozessen (auch Tabak) freigesetzt. Cadmium blockiert das lebensnotwendige Selen. Dies führt z. B. bei Rauchern zu Bluthochdruck und erhöhtem Krebsrisiko. Cadmium ist ein starkes Fischgift und reichert sich in Gewässersedimenten an. Chrom gelangt vor allem aus Metallbeizereien und Galvanikbetrieben in die Umwelt. Es kann zu Leber, Nieren oder Magen-Darm-Schäden führen. In Spuren beeinflusst es den Kohlehydratstoffwechsel positiv, weiterhin werden arteriosklerotische Prozesse gehemmt.
- 4 Chrom** wird zur Herstellung von Edelstählen, zur Legierung, Farbherstellung (Keramik), zum Gerben (Chromate) und als Holzbeizmittel verwendet. Das 3-wertige Chrom ist für den Menschen essentiell und wenig toxisch. Höhere Konzentrationen von Chrom bzw. Chromaten insbesondere der 6-wertigen Form im Wasser

können vor allem Magen-Darm-Störungen (Kolitis u.a.) verursachen. Bei Hautkontakten sind Kontaktekzeme möglich. Das 6-wertige Chrom wirkt außerdem genotoxisch (mutagen).

- 5 **Nickel** kann aus der Galvanikindustrie oder über Armaturen ins Wasser gelangen. Es kann einige Zellenzyme hemmen.
- 6 **Quecksilber** hat für viele gewerbliche Anwendungen Bedeutung (Farben-, Papier-, Elektroindustrie, Pharmazie, Amalgame). Quecksilber kann sich stark in der Nahrungskette anreichern (Raubfische aus belasteten Gewässern wie Hecht und Zander können bis zur 500fachen Menge des umgebenen Wassers enthalten!). Ab einer Aufnahme von 0,3 mg/d werden deutliche Gesundheitsschäden festgestellt. Das Vergiftungsbild äußert sich vorrangig in Nervenschäden (abnehmende Gedächtnisleistungen) sowie in Störungen der Nierenfunktion.
- 7 **Cyanid** gelangt aus Galvanikabwässern und oft auch aus Altlasten (Gaswerke) in die Gewässer. Es hemmt die Gewebeatmung und wirkt als HCN (Blausäure) toxisch. 1 mg HCN/kg Körpergewicht wird als letale Dosis angegeben. Cyanid ist ein starkes Fischgift.
- 8 **Fluorid** ist ab Konzentrationen > 1,5 mg F-/l toxisch und führt dann zu Erscheinungen wie gefleckter Zahnschmelz, Haarausfall und Hautentzündungen. Die Fluoridierung von Trinkwasser aus zahnmedizinischer Sicht wird nicht praktiziert, weil nur ein geringer Teil des Trinkwassers getrunken wird und darüber hinaus eine erzwungene "Medikamentisierung" erfolgen würde.
- 9,10 **Nitrat, Nitrit und Ammonium:** Nitrat und Nitrit sind Nährstoffe, welche seit vielen Jahren als Düngemittel (Nährstoffe) in der Landwirtschaft, aber auch im kommunalen Bereich (Kleingärten usw.) zum Einsatz kommen. Nitrat und Nitrit sind je nach Sauerstoffgehalt im Wasser untereinander umwandelbar; weitere Stickstoffverbindungen sind Ammonium oder elementarer Stickstoff. Eine typische Eigenschaft von Nitrat ist dessen gute Löslichkeit im Wasser, d. h., wenn zuviel Nitrat zur Anwendung kommt, wird es rasch aus dem Boden ausgewaschen und gelangt somit ins Grundwasser oder ins Trinkwasser. Nitrat (Grenzwert nach TrinkwasserVO: 50 mg NO₃/l) hat in Konzentrationen > ca. 100 mg NO₃/l bei Säuglingen bis zum 6. Lebensmonat zu erheblichen gesundheitlichen Problemen. Nitrat, welches auch im menschlichen Körper zu Nitrit umgewandelt werden kann, führt dazu, dass das Blut anstelle von Sauerstoff diese Stickstoffmoleküle besser bindet, was

schließlich bei Säuglingen zur "Blausucht" (Methämoglobinämie) führt (Ersticken). Für ältere Kinder und Erwachsene besteht erst bei höheren Konzentrationen die Gefahr der Bildung von Nitrosaminen, die wiederum krebserregend sein können. Weiterhin besteht die Gefahr der Bildung von Struma. Nitrit stellt die wichtigste Ausgangssubstanz zur Bildung krebserzeugender Nitrosamine dar.

- 11 Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK, PAH)** umfassen eine Stoffgruppe mit einigen hundert Verbindungen, von denen einige stark krebserregend sind. Sie gelangen vorwiegend über Verbrennungsprozesse in die Umwelt. Sie werden deshalb vor allem mit pflanzlichen Nahrungsmitteln aufgenommen. Im Wasser spielen sie vor allem bei Einträgen in Oberflächengewässer (Straßenabfluss) eine Rolle.
- 12 Organische Chlorverbindungen** (Halogenorganische Chlorverbindungen, HOV, Halogenkohlenwasserstoffe, HKW): Organische Chlorverbindungen entstehen beabsichtigt (Lösemittel, Weichmacher, Holzschutzmittel, Reinigungsmittel, Medikamente) oder unbeabsichtigt bei der Desinfektion von Wasser (Trinkwasser, Schwimmbäder) mit Chlor bei Anwesenheit von organischen Verbindungen. Zu diesen Verbindungen gehören sowohl relativ einfach strukturierte (1,1,1-Trichlorethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen, Dichlormethan) als auch hoch komplizierte Verbindungen, die in der Umwelt sehr persistent und gefährlich sind (PCB, PCT). Die Wirkungen sind äußerst vielfältig und vielfach unbekannt. In der Analytik werden leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW), extrahierbare organisch gebundene Halogene (EOX) und adsorbierbare organische Halogene (AOX) unterschieden.
- 13/14 Calcium und Magnesium** Die Erdalkalitionen Calcium und Magnesium sind die bedeutendsten Kationen im Trinkwasser. Sie sind die Ursache der Wasserhärte und spielen eine entscheidende Rolle als Puffer im Wasser. Die im Wasser üblichen, normalerweise geogen verursachten Gehalte sind gesundheitlich unbedenklich und vor allem Magnesium sogar erwünscht. Wasser mit hohem Calciumgehalt scheidet vor allem nach Erwärmung dasselbe bei entsprechendem Gehalt an Hydrogencarbonat, als Calciumcarbonat ab. Es entsteht Kesselstein

- 15/16 Natrium und Kalium** Die Alkaliionen Natrium und Kalium sind im allgemeinen natürliche, für den Menschen lebensnotwendige Wasserinhaltsstoffe, die an wichtigen Stoffwechselreaktionen beteiligt sind. Neben geogenen Ursachen kann besonders Natrium auch durch menschliche Aktivitäten in das Grund- und Oberflächenwasser gelangen. Eine wichtige Quelle ist dabei der Eintrag von Salz (NaCl) in das Wasser. Das natürliche Verhältnis von Natrium zu Kalium beträgt im Süßwasser 4 zu 1. Natrium, besonders in Verbindung mit Chloridionen, wird für eine Erhöhung des Blutdrucks bei Kindern und Erwachsenen verantwortlich gemacht. Die Studien dazu sind aber widersprüchlich. Offensichtlich hat dabei aber die gegenüber anderen Quellen geringe Belastung durch das Trinkwasser keine Bedeutung.
- 17/18 Eisen und Mangan** (Fe; Mn) sind in geringen Konzentrationen lebensnotwendige Elemente. Sie bewirken im Wasser aber Trübungen, Färbungen und Geschmacksbeeinträchtigungen. Neben natürlichen Ursachen sind Eisenausfällungen (rotbraunes Wasser) auf Korrosion und Rostbildung in der Rohrinstallation zurückzuführen. An diesem Prozess können auch Eisenbakterien (Gallionella- oder Siderocapsa-Arten) beteiligt sein, die sogar Rohrverstopfungen verursachen können (Verockerung durch Eisenoxide durch Oxidation von Fe^{2+} zu unlöslichen Fe^{3+} bzw. Fe(III)oxid). Eisenausfällungen verursachen selbst keine Gesundheitsrisiken, sie haben jedoch negative Auswirkungen auf das Wasser (Färbung, rotbraune Niederschläge, Rostflecken auf der Wäsche) und weisen auf möglicherweise weitere gesundheitsschädliche Korrosionsprodukte aus dem Leitungssystem hin, wie Kupfer, Zink, Blei, die v.a. aus häuslichen Installationen stammen. Ähnliche Mangan Störungen treten durch Mangan im Trinkwasser auf. Diese wurden bekannt als "Breslauer Mangankalamität" (1906), die vor allem schwarze Flecken auf der Wäsche zur Folge hatte. Bakterien können Mangan (Mn^{2+}) ebenfalls zu MnO_2 (Braunstein) oxidieren, das dann Rohre verstopfen kann und eine Desinfektion sehr erschwert. Die chronische Aufnahme von Mangan in relativ hohen Konzentrationen führt vor allem bei Säuglingen und Kindern zu Nerven- und Hirnschäden, die Parkinson-ähnliche Symptome zeigen.
- 19 Aluminium** wird in der Wasseraufbereitung als Flockungsmittel (Aluminiumsulfat) benutzt, darüber hinaus kann es sich im Fall versauerter Rohwasserressourcen aus dem Gestein lösen. Für gesunde Menschen stellt Aluminium in den im Wasser vorkommenden Mengen keine Gefahr dar, problematisch werden erhöhte Al-Konzentrationen für nierengeschädigte Patienten. Aluminium wirkt toxisch auf Wasserorganismen.

20 Ammonium entsteht bei anaerob ablaufenden Prozessen (ohne Sauerstoff) aus anderen Stickstoffhaltigen Verbindungen .Toxische Wirkungen sind nicht bekannt. Der Nachweis von Ammonium lässt aber in der Regel auf deutliche Abwassereinflüsse schließen, welche mit anderen fäkalen Verunreinigungen einhergehen. Organisch gebundener Stickstoff ist ein Maß für den Biomassegehalt im Wasser, welcher zu Wiederverkeimungen führen kann. Verunreinigungen des Trinkwassers durch Nitrit und Ammonium deuten auf eine akute, frische organische Verunreinigung hin (Mineralisierung von organischem Stickstoff), z.B. durch Fäkalien, so daß auch mit bakteriologischen Befunden zu rechnen ist. Nitrit kann durch chemische Reduktion von Nitrat unter anderem auch in verzinkten Eisenrohren der Hausinstallation entstehen. Es ist wesentlich giftiger als Nitrat. Ammonium kann darüberhinaus zu Geruchsbeeinträchtigungen führen, vor allem wenn das Wasser gechlort wird und sich deswegen als Reaktionsprodukte Chloramine bilden.

21/22 Chlorid und Sulfat gehören zu den natürlichen Wasserinhaltsstoffen, die in niedrigen Konzentrationen den Geschmack des Wassers positiv beeinflussen. Erst bei höheren Konzentrationen kommt es zu gesundheitlichen Beeinträchtigungen. Während erhöhte Chloridkonzentrationen das Wasser ungenießbar machen und erhöhten Blutdruck (in Kombination mit Natrium: NaCl) verursachen können, verursachen höhere Sulfatwerte eine abführende Wirkung. Sulfat und Chloridbelastungen können durch natürliche, "geogene" Gegebenheiten verursacht sein (Salz- und Gipslagerstätten). Sulfat kann nicht nur aus Gipslagerstätten, sondern durch Verwitterung sulfidischer Erze (z.B. Pyrit: FeS) stammen. Andererseits können in reduzierenden (sauerstoffarmen) Wässern auch aus Sulfaten Sulfide entstehen, die dann durch einen Schwefelwasserstoffgeruch erkennbar sind. In der Regel sind erhöhte Belastungen auf Abwässern, Deponiesickerwässer oder Straßenabschwemmungen (Chlorid aus Streusalz) aber auch durch Dünger, Niederschläge in Oberflächengewässern zurückzuführen. Diese gelten als "Verschmutzungsindikatoren", charakterisiert durch eine relativ zur Carbonathärte erhöhte Nichtcarbonathärte, erhöhte Leitfähigkeit u.a. Bei der Badewasseraufbereitung (z.B. pH-Regulierung) können diese Ionen ebenfalls in erhöhten Konzentrationen vorkommen.

- 23 Phosphat** Phosphate (ortho-P.) bzw. Polyphosphate können auch dem Wasser zugesetzt werden (Anl 3 der TrinkwV) um Korrosionen und Ablagerungen im Rohrsystem zu verhindern oder aus Waschmitteln bzw. Abwasser stammen. Phosphate können als Nährstoffe eine Verkeimung des Wassers begünstigen.
- 24 Silikat** Silikate (SiO_2) stammen meist aus natürlichen Mineralien (Kieselsäure, Quarz), eventuell aus phosphatfreien Waschmitteln und sind gesundheitlich unbedenklich. Auch Silikate können in der Wasseraufbereitung (Anl 3 der TrinkwV) zugesetzt werden.
- 26 Pflanzenschutzmittel (PSM)** Die "chemischen Stoffe zur Pflanzenbehandlung und Schädlingsbekämpfung einschließlich toxischer Abbauprodukte" Etwa 300 Pestizide sind heute zugelassen und auf dem Markt. Nach dem Pflanzenschutzgesetz müssen diese Substanzen abbaubar sein, was aber nicht bedeutet, daß sie völlig verschwinden. Viele Mittel werden im Boden nicht ausreichend schnell mineralisiert, so daß Zwischenprodukte auftreten können, deren Wirkungen und Gefährdungspotentiale oft unbekannt sind. So entsteht z.B. aus Atrazin unter anderem Desethylatrazin. Die Untersuchung der Abbauprodukte (Metabolite) ist wichtig, da die Anforderungen des Pflanzenschutzgesetzes eine kurzfristige Abbaubarkeit der Pestizide fordert. Da diese nicht verschwinden, sondern zunächst in andere Substanzen umgewandelt werden, ist es erforderlich auch diese Metabolite in das Analysenprogramm einzubeziehen. Die entstehenden Zwischenprodukte können giftiger sein als die Ausgangssubstanz. So werden z.B. aus vielen neueren Pestiziden Nitro- und Aminoaromaten bzw. Anilinderivate (Chlortoluron, Metazochlor, Monuron, Metobromuron, Trifluralin u.a.) gebildet, die teilweise unter dem Verdacht stehen, Krebs auszulösen. Außerdem können diese Abbauprodukte stabiler als die Ausgangssubstanzen sein und sich im Boden anreichern. Viele Metabolite sind darüber hinaus wasserlöslicher (polarer) als die Ausgangssubstanzen und stellen somit eine größere Gefährdung für das Grundwasser dar. In der Praxis der Trinkwasserüberwachung stellt sich aber das Problem, daß viele Metabolite nicht ausreichend charakterisiert bzw. bekannt sind und daß die entsprechenden Verfahren für die geforderte Spurenanalytik teilweise noch fehlen.