

Kupfer

Langjährige Entwicklung im Rheineinzugsgebiet

In Flüssen liegt das Metall Kupfer überwiegend gebunden an Schwebstoffe und Sedimente vor. Diese beiden Medien sind im Hinblick auf die Stoffmenge wichtig. Betrachtet man die Ökotoxizität sind gelöstes Kupfer (insbesondere Cu^{2+}) und schwach an Oberflächen gebundenes Kupfer (enthalten in **gelöster** und **gesamter** Wasserphase) besonders relevant. Grundsätzlich nimmt die Konzentration entlang der Fließstrecke des Rheins in allen Medien zu. Die höchsten Werte (Gesamtwasserphase und in Schwebstoffen) werden meist an der Überwachungsstation Bimmen (NRW) gemessen. Im Zeitraum von 1992 bis 2010 sind deutlich abnehmende Konzentrationen in den Schwebstoffen sichtbar (Abbildung 1). Die Umweltqualitätsnorm als Jahresdurchschnittswert (JD-UQN) für Kupfer als flussgebietspezifischer Schadstoff zur Beurteilung des ökologischen Zustands und des ökologischen Potenzials ist in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) mit 160 mg/kg im Schwebstoff festgelegt worden.¹ Die JD-UQN wurde an der Messstelle Bimmen in den Jahren 2003 und 2007 und in der Mosel in den Jahren 2012 und 2014 überschritten. Die Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) zählt Kupfer zu den rheinrelevanten Stoffen. Die IKSR-Zielvorgabe von 50 mg/kg im **Schwebstoff** wurde am Rhein und seinen Nebenflüssen meist nicht eingehalten.

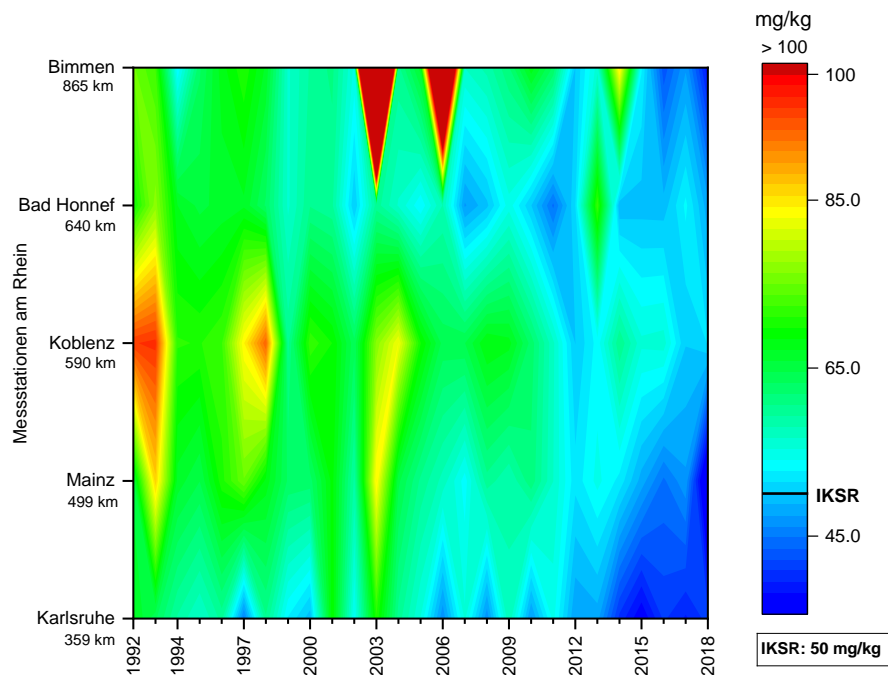


Abbildung 1: Darstellung der Jahresdurchschnittswerte von Kupfer in mg/kg in Schwebstoffen von Blau (niedrig) zu Rot (hoch) entlang der Fließstrecke des Rheins (von unten nach oben) von 1992 bis 2018 (von links nach rechts). Die Zielvorgabe der IKSR (50 mg/kg) ist in der Farblegende rechts markiert.

Die Zielvorgabe der IKSR für die **unfiltrierte (Gesamt-)Wasserphase** von 20 µg/l wurde in den Anfängen der 1980er Jahre vereinzelt an den Messstellen Bimmen und Bad Honnef überschritten, konnte aber in den Folgejahren eingehalten werden (Abbildung 2). In den Nebenflüssen lagen die Konzentrationen überwiegend unterhalb der Zielvorgabe der IKSR von 20 µg/l. Insgesamt verbleiben die Konzentrationen für Schwebstoff und Wasser seit etwa 2010 auf gleichbleibendem Niveau.

Basierend auf einer freiwilligen Risikoanalyse des European Copper Institutes wurden Abschätzungen zu möglichen adversen Umwelteffekten über die EU-Chemikalienverordnung (2015/830/EU) vorgenommen, bei denen noch keine Wirkung auf die Umwelt zu erwarten ist (PNEC = Predicted No Effect Concentrations).² In gelöster (filtrierter) Wasserphase liegt diese Abschätzung bei 7,8 µg/l.³ Mit Ausnahme des Schwarzbaches liegen alle Messdaten des Rheins und seiner Nebengewässer in **filtrierter (gelöster) Wasserphase** unter diesem Schwellenwert. Eine Hintergrundbelastung im Rhein von Kupfer in gelöster Wasserphase kann mit bis zu 1 µg/l angenommen werden.⁴ Dies ist im Bereich einer durch Wentzel et al. 2015 abgeleiteten PNEC von 1,1 µg/l.⁵ Die langjährigen Konzentrationsverläufe stehen öffentlich unter: <http://fgg-rhein.bafg.de> zur Verfügung.

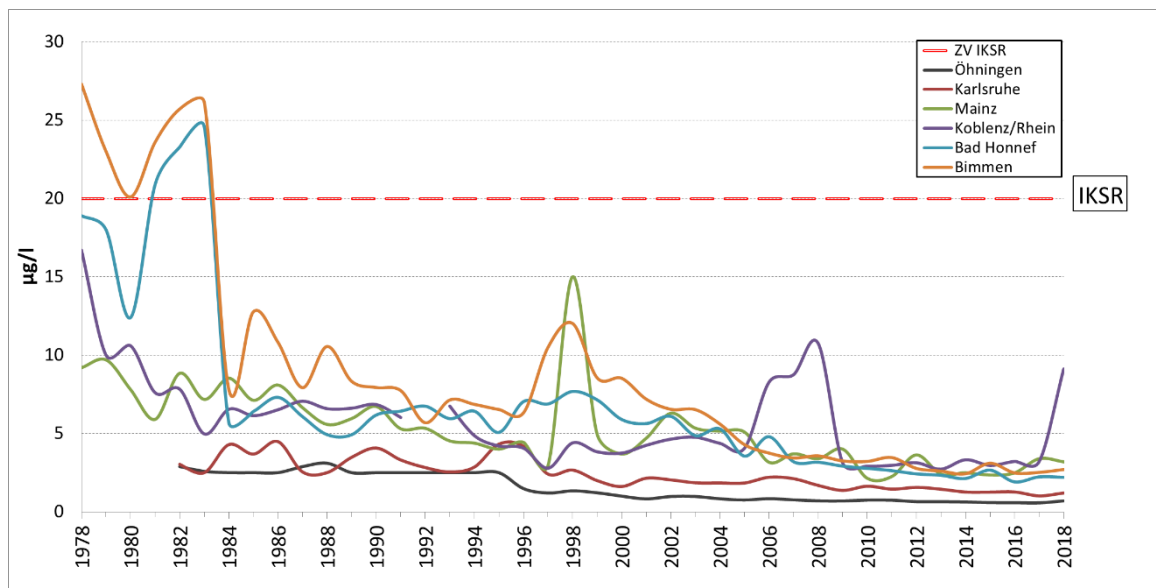


Abbildung 2: Darstellung der Kupferkonzentration in µg/l (Jahresmittelwerte) in unfiltrierten Wasserproben der Rheinmessstellen von 1982 bis 2018. Die IKSR Zielvorgabe (20 µg/l) ist durch eine horizontale Linie markiert. An den Messstellen Öhningen und Karlsruhe gibt es erst seit 1982 Daten für Kupfer. Für das Jahr 1992 lagen keine Messwerte für die Messstation Koblenz/Rhein vor.

Die mit der Verbesserung der Abwasserreinigung und dem Rückgang der Schwerindustrie einhergehende Abnahme der Kupferkonzentrationen stagniert seit etwa 2010. In den letzten Jahrzehnten gewann der Einsatz von Kupfer z. B. in der Baubranche und/oder als Biozid immer mehr an Bedeutung, sodass ein erheblicher Anteil des gesamten Kupfereintrages in Oberflächengewässer diffus erfolgt.⁴

Gesetzlicher Hintergrund

Für Kupfer war in der Trinkwasserverordnung von 1990 noch ein Richtwert von 3 mg/l festgesetzt, der in der Trinkwasserverordnung (Stand 2020) als Grenzwert auf 2 mg/l (Gesamtwasserphase) herabgesetzt worden ist.^{6,7} In der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) wird eine Jahresdurchschnitts-Umweltqualitätsnorm (JD-UQN) von 160 mg/kg für Schwebstoffe angegeben.¹ Nach der Verordnung der Europäischen Union ist die Jahreshöchstmenge im ökologischen Landbau ab 2006 auf 6 kg Kupfer je Hektar begrenzt (Anwendung z. B. im Weinbau als Fungizid), jedoch wurde diese Menge in Deutschland freiwillig auf bis zu 4 kg je Hektar reduziert.⁸ Es liegen für die Versickerung und Einleitung von Niederschlagswasser von Metallflächen die Anforderungen und Empfehlungen der

Deutschen Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall (DWA, DWA-A 138 und DWA-M 153) und der Bundesländer vor.^{8,9,10} Auch aufgrund der zunehmend diffusen Kupfereinträge durch Baumaterialien entwickelte das Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat im Jahr 2019 einen Leitfaden für nachhaltiges Bauen.¹¹

Vorkommen/Eigenschaften/Verwendung

Kupfer gehört zu den Übergangsmetallen und ist ein häufig vorkommendes Element der Erdkruste. Für Menschen, Tiere und Pflanzen ist Kupfer in geringen Mengen ein lebensnotwendiges Spurenelement. Es kommt natürlicherweise, in Abhängigkeit der Geologie und des Wasserchemismus, in Gewässern vor. Das Einleiten von kommunalen und industriellen Abwässern war bis in die 1980er Jahre eine wichtige Ursache für die Belastung der Gewässer mit Metallen und weiteren Schadstoffen.⁸ Kupferionen sind in höherer Konzentration stark toxisch für Wasserorganismen.¹² Eine mögliche Schädigung von Organismen hängt dabei von der Beschaffenheit des Wassers ab, vorzugsweise vom Vorhandensein möglicher Bindungspartner (z. B. Schwebstoffe). Im DWA Bericht (2016) zu diffusen Stoffeinträgen in Gewässer wird festgestellt: „Relevante Einträge von Kupfer in die Umwelt ergeben sich zum einen durch den Einsatz im Baubereich (z. B. für Dacheinbauten, Regenrinnen, Fallrohre, Kamine, Fassadenelemente und Verkleidungen), aber auch durch die Verwendung im Bereich der Hausinstallationsleitungen, durch Einträge aus dem Verkehrsbereich (mechanischer Abrieb von Bremsbelägen, Oberleitungen von Schienenfahrzeugen, etc.) sowie durch die Freisetzung aus industriellen Nebenprodukten im Wasserbau.“¹³ Die Trinkwasserbeschaffenheit ist ebenfalls ausschlaggebend für die Mobilisierung von Kupferionen aus der Hausinstallation in das Trinkwasser.^{8,14} Bei einer Trennkanalisation gelangt das unbehandelte Niederschlagswasser direkt in Oberflächengewässer. Bei der Mischkanalisation wird ein nicht quantifizierter Anteil bei Starkregen, zur Entlastung der Kanalisation, in die Gewässer eingeleitet.¹⁵ Der geschätzte Kupfereintrag aus Regenüberläufen, Mischwassersystemen und nicht an die Kanalisation angeschlossenen Abwasserrohren beträgt etwa 22 % im Rheineinzugsgebiet.¹⁶ Durch die Abwasserbehandlung in der Kläranlage werden zwar Metalle abgetrennt, jedoch bleibt der größte Anteil im Klärschlamm zurück. Dieser kann, abhängig vom Bundesland, auf landwirtschaftliche Flächen aufgebracht oder verbrannt werden. In Kläranlagen kann schätzungsweise nur 60–90 % des Kupfers aus dem Abwasser entfernt werden.¹⁵ Weitere Einträge erfolgten durch die Verwendung von Kupfersalzen (Kupferoxychlorid und Kupferhydroxid) als Pflanzenschutzmittel (Biozide und Fungizide) in der Landwirtschaft.^{12,14}

Was kann jeder tun, um einen Beitrag zu geringeren Konzentrationen zu leisten?

Kupfer ist wegen seiner vielen nützlichen Eigenschaften ein fester Bestandteil vieler Anwendungen und nur schwer zu ersetzen, sodass auch fortwährend ein Eintrag in die Gewässer erfolgen wird. Um die Kupferkonzentration in Fließgewässern weiter zu vermindern, können alle einen Beitrag leisten.

- 1) Anders als in Umwelt-Produktdeklarationen einiger Hersteller von Baumaterialien nachzulesen (www.kme.com), lösen Gewässer keineswegs immer nur so viel Kupfer aus dem gebundenen Pool, wie Wasserorganismen es benötigen. Im Kern zielen solche zu vereinfachten Aussagen auf Bioligandenmodellkonzepte ab, welche die Toxizität des Kupfers auf Basis der Gewässerchemie abschätzen.¹⁷ Interessierte können sich, als ein Beispiel, fundiert über die Komplexität des Sachverhaltes unter www.pnec-pro.com informieren. Kupferionen schädigen sehr wirksam Algen, Pilze und andere Wasserorganismen, weshalb kupferbasierte Biozide sich einer großen Beliebtheit erfreuen. Letztlich müssen Bauverantwortliche, unter Beachtung der gesetzlichen Vorgaben, für sich selbst den Abwägungsprozess führen, wie viel Kupfer sie einsetzen möchten und was sie für vertretbar halten.

- 2) Es werden zur Substitution von Tributylzinn (TBT) als Antifouling-Mittel in Schiffsanstrichen häufig Zink- und Kupfer-Pyrithione eingesetzt. Für Alternativen und weiterführende Informationen (unter anderem zu Unterhaltungsmaßnahmen im Sportbootbereich) hat das UBA eine [Website](#) aufgesetzt.¹⁸
- 3) Kupfer ist als Fungizid (Anti-Pilzmittel) im konventionellen und im Ökolandbau zugelassen. Dazu können Sie sich auf verschiedenen Websites z. B. www.oekolandbau.de und beim Landwirt/bei der Landwirtin Ihres Vertrauens über die eingesetzten Fungizide und deren Mengen informieren.
- 4) Achten Sie darauf, recycelbare kupferhaltige Produkte zu verwenden. Dies schont global natürliche Ressourcen und trägt dazu bei, Stoffkreisläufe zu schließen.

Quellen:

- 1 [Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer \(OGewV, 2016\)](#)
- 2 [European Union Risk Assessment Report \(ECI, 2008\)](#)
- 3 [Umweltbundesamt; Fraunhofer Institute for Molecular Biology and Applied Ecology \(UBA; IME, 2014\)](#)
- 4 [Umweltbundesamt \(UBA, 2010\)](#)
- 5 [Umweltbundesamt \(UBA, 2015\)](#)
- 6 [Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Trinkwasserverordnung \(TrinkwV, 1990\)](#)
- 7 [Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Trinkwasserverordnung \(TrinkwV, 2020\)](#)
- 8 [Umweltbundesamt \(UBA, 2005\)](#)
- 9 [Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall \(DWA, 2006\)](#)
- 10 [Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall \(DWA, 2007\)](#)
- 11 [Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat \(BMI, 2019\)](#)
- 12 [Internationale Kommission zum Schutz des Rheins \(IKSR, 2016\)](#)
- 13 [Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall \(DWA, 2016\)](#)
- 14 [Bundesinstitut für Risikobewertung \(BfR, 2014\)](#)
- 15 [Umweltbundesamt \(UBA, 2001\)](#)
- 16 Internationale Kommission zum Schutz des Rheins: Emissionsseitige Bestandsaufnahme für das Rheineinzugsgebiet (in Bearbeitung)
- 17 [Umwelt-Produktdeklaration, TECU® Classic Kupfertafeln und -bänder \(KME Germany GmbH & Co. KG, 2019-2024\)](#)
- 18 [Umweltbundesamt \(UBA, 2018\)](#)

Ansprechpartner bei Fragen zum Thema Kupfer:

Anna-Lena Gerloff und Dr. Lars Düster
Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG)
G4-Radiologie und Gewässermonitoring
Am Mainzer Tor 1
56068 Koblenz
Tel.: +49-(0)261-1306-5464
E-Mail: gerloff@bafg.de