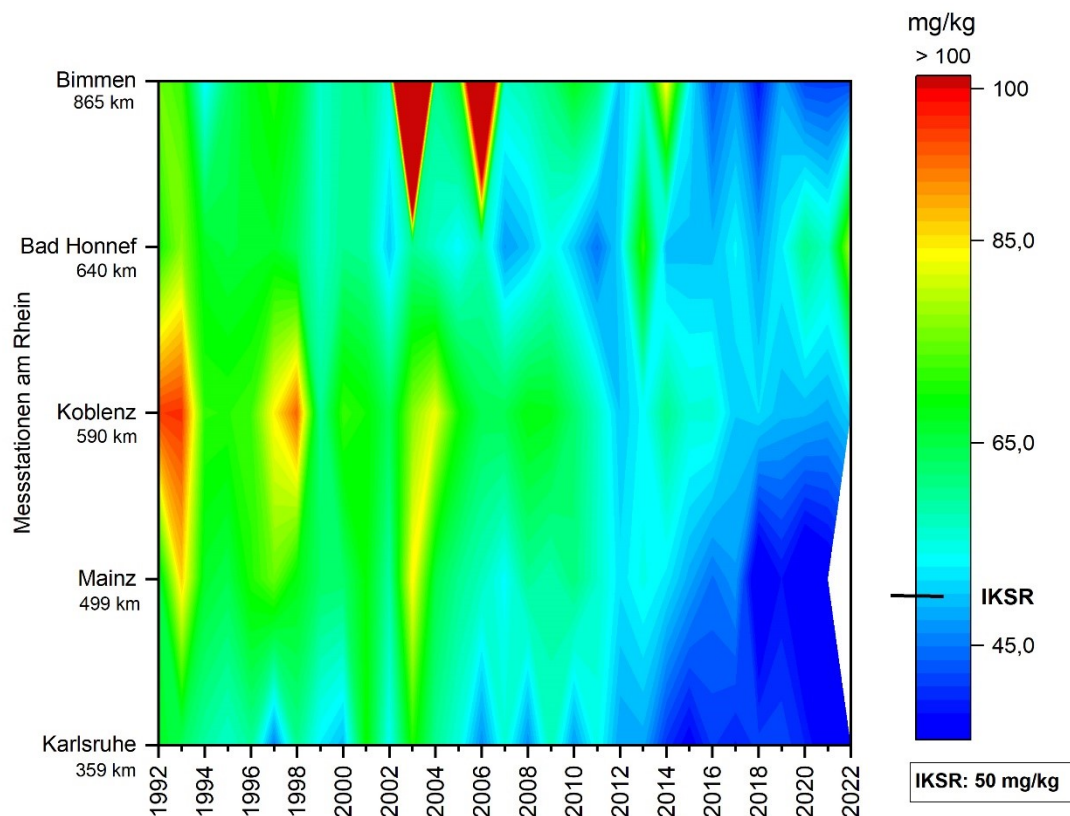


## Kupfer (Cu)

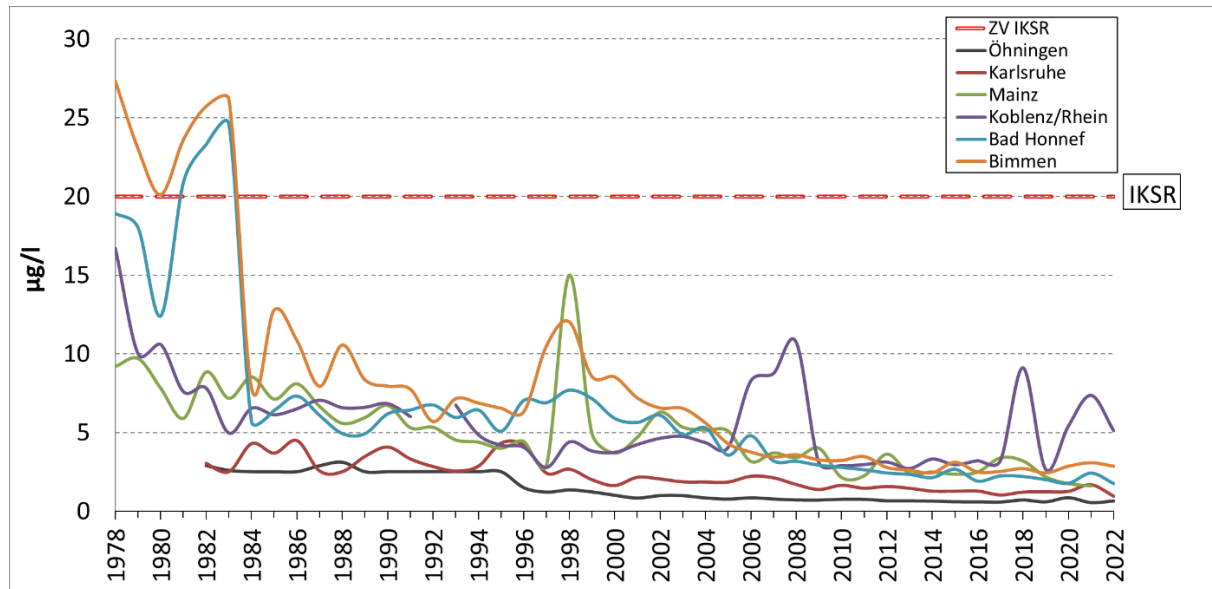
### Langjährige Entwicklung im Rheineinzugsgebiet

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  $\text{Cu}^{2+}$ ) 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 2022 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.<sup>1</sup> Die JD-UQN wurde im Rhein an der Messstelle Bimmen in den Jahren 2003 und 2006, in der Mosel in den Jahren 2012 und 2014, im Schwarzbach in den Jahren 2015, 2017, 2019 und 2022 und in der Emscher in den Jahren 2015, 2018, 2020, 2021 und 2022 überschritten. Die Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) zählt Kupfer zu den rheinrelevanten Stoffen. Die IKSR-Zielvorgabe von 50 mg/kg im **Schwebstoff**<sup>2</sup> wurde am Rhein und seinen Nebenflüssen meist nicht eingehalten.



**Abbildung 1:** 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 2022 (von links nach rechts). Die Zielvorgabe der IKSR (50 mg/kg) ist in der Farblegende rechts markiert. Für die Messstelle Mainz liegen für das Jahr 2022 noch keine Daten vor.

Die Zielvorgabe der IKSr für die **unfiltrierte (Gesamt-)Wasserphase** von  $20 \mu\text{g/l}^3$  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. Insgesamt verbleiben die Konzentrationen für Schwebstoff und Wasser seit etwa 2010 auf gleichbleibendem Niveau.



**Abbildung 2:** Kupferkonzentration in  $\mu\text{g/l}$  (Jahresmittelwerte) in unfiltrierten Wasserproben der Rheinmessstellen von 1982 bis 2022. Die IKSr Zielvorgabe ( $20 \mu\text{g/l}$ ) 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 Messstelle Koblenz/Rhein vor. Für die Messstelle Mainz gibt es aktuell noch keine Daten für das Jahr 2022.

Die JD-UQN Rhein der IKSr von  $2,8 \mu\text{g/l}$  (+  $0,5 \mu\text{g/l}$  HK, HK = Hintergrundkonzentration) in **filtrierter (gelöster) Wasserphase** wird mehrfach in den Nebengewässern Mosel, Emscher, Schwarzbach, Saar und Main überschritten. An den Rheinmessstationen liegen alle Jahresmittelwerte stets unter der JD-UQN Rhein (Ausnahme: 2008, Koblenz,  $3,6 \mu\text{g/l}$ ). Die langjährigen Konzentrationsverläufe stehen öffentlich unter: <http://fgg-rhein.bafg.de> zur Verfügung.

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.<sup>4</sup>

### **Gesetzlicher Hintergrund**

Kupfer gehört zu den flussgebietspezifischen Schadstoffen zur Beurteilung des ökologischen Zustandes und des ökologischen Potenzials gemäß der OGewV. Für die Erreichung des mindestens anzustrebenden guten ökologischen Zustands/Potenzials ist dort eine JD-UQN von  $160 \text{ mg/kg}$  für Schwebstoffe angegeben.<sup>1</sup> Für Kupfer war in der Trinkwasserverordnung von 1990 noch ein Richtwert von  $3 \text{ mg/l}$  festgesetzt, der in der Trinkwasserverordnung (Stand 2020) als Grenzwert auf  $2 \text{ mg/l}$  (Gesamtwasserphase) herabgesetzt worden ist.<sup>5,6</sup> Kupfer gehört zu den Rhein-relevanten Stoffen, für die die Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) sogenannte JD-UQN-Rhein – entsprechend den Regeln der WRRL – abgeleitet hat, die nicht rechtlich bindend sind. Die JD-UQN-Rhein der IKSr für Kupfer in gelöster Phase für den Rhein und weitere Binnenoberflächengewässer liegt bei  $2,8 \mu\text{g/l}$  (+  $0,5 \mu\text{g/l}$  HK).

Die zulässige Höchstkonzentration (ZHK-UQN-Rhein) der IKSR für den Rhein und weitere Binnenoberflächengewässer in gelöster Phase beträgt 3,6 µg/l (+ 0,5 µg/l HK). Auch dieser Wert ist rechtlich nicht bindend.<sup>2</sup>

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.<sup>7</sup> 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 Länder vor.<sup>7,8,9</sup> 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.<sup>10</sup>

### **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 insbesondere bis in die 1980er Jahre eine wichtige Ursache für die Belastung der Gewässer mit Metallen und weiteren Schadstoffen.<sup>8</sup> Kupferionen sind in höherer Konzentration stark toxisch für Wasserorganismen.<sup>2</sup> 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.“<sup>11</sup> Die Trinkwasserbeschaffenheit ist ebenfalls ausschlaggebend für die Mobilisierung von Kupferionen aus der Hausinstallation in das Trinkwasser.<sup>8,12</sup> 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.<sup>13</sup> Der geschätzte Kupfereintrag aus Regenüberläufen, Mischwassersystemen und nicht an die Kanalisation angeschlossenen Abwasserrohren beträgt etwa 22 % im Rheineinzugsgebiet.<sup>16</sup> 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.<sup>14</sup> Weitere Einträge erfolgen durch die Verwendung von Kupfersalzen (Kupferoxychlorid und Kupferhydroxid) als Pflanzenschutzmittel (Biozide und Fungizide) in der Landwirtschaft.<sup>2,12</sup>

### **Was kann jeder/jede 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](http://www.kme.com)), lösen Gewässer keineswegs immer nur so viel Kupfer aus dem gebundenen Pool, wie Wasserorganismen es benötigen. Im Kern zielen solche stark vereinfachten Aussagen auf Bioligandenmodellkonzepte ab, welche die Toxizität des Kupfers auf Basis der Gewässerchemie abschätzen.<sup>15</sup> Interessierte können sich beispielsweise fundiert über die Komplexität des Sachverhaltes unter [www.pnec-pro.com](http://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.<sup>16</sup>
- 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](http://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 [Bundesministerium der Justiz: Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer \(OGewV, 2016\), zuletzt geändert am 09.12.2020](#)
- 2 [Internationale Kommission zum Schutz des Rheins \(IKSR, 2016\)](#)
- 3 [Umweltbundesamt \(UBA, 1994\)](#)
- 4 [Umweltbundesamt \(UBA, 2010\)](#)
- 5 [Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Trinkwasserverordnung \(TrinkwV, 1990\)](#)
- 6 [Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Trinkwasserverordnung \(TrinkwV, 2023, ersetzt TrinkwV, 2001\)](#)
- 7 [Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall \(DWA, 2006\)](#)
- 8 [Umweltbundesamt \(UBA, 2005\)](#)
- 9 [Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall \(DWA, 2007\)](#)
- 10 [Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat \(BMI, 2019\)](#)
- 11 [Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall \(DWA, 2016\)](#)
- 12 [Bundesinstitut für Risikobewertung \(BfR, 2014\)](#)
- 13 [Umweltbundesamt \(UBA, 2001\)](#)
- 14 [Internationale Kommission zum Schutz des Rheins: Emissionsseitige Bestandsaufnahme für das Rheineinzugsgebiet \(IKSR, 2021\)](#)
- 15 [Umwelt-Produktdeklaration, TECU®Classic Kupfertafeln und –bänder \(KME Germany GmbH & Co. KG, 2019-2024\)](#)
- 16 [Umweltbundesamt \(UBA, 2018\)](#)

**Kontaktpersonen 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

Erstellt am: 25.11.2020

Letzte Aktualisierung: 07.10.2024

Verfassende: Anna-Lena Gerloff, Dr. Lars Düster (Bundesanstalt für Gewässerkunde)