

Chlorid (Cl⁻)

Langjährige Entwicklung im Rheineinzugsgebiet

Im Zeitraum von 1976 bis 2022 lässt sich im Rhein ein abnehmender Trend der Chloridkonzentrationen an allen Messstellen feststellen (Abbildung 1). Ab 1998 kann eine deutliche Reduktion der Konzentrationen beobachtet werden, überwiegend bedingt durch die Stilllegung der Kalisalzförderungen im Elsass (Frankreich), der Einleitungsreduzierung aus Soda-Fabriken sowie durch den Rückgang von Einleitungen des aktiven Kohlebergbaus. Entlang der Fließstrecke des Rheins ist eine Zunahme der Konzentration ab der Messstelle Karlsruhe gut sichtbar. Neben industriellen Direkteinleitern haben insbesondere Zuflüsse mit höheren Salzfrachten wie der Neckar, die Mosel, die Emscher und die Lippe Auswirkungen auf den Chloridgehalt des Rheins.¹ Die mittlere Chloridkonzentration im Rhein (berechnet an den Rheinmessstellen) lag 1976 bei 149 mg/l. 2022 konnte ein Wert von 38 mg/l ermittelt werden, was einer Reduzierung um rund den Faktor fünf entspricht. Eine gesetzlich festgelegte Umweltqualitätsnorm (UQN) für Oberflächengewässer gibt es für Chlorid nicht. Für die Beurteilung der Gewässerbelastung kann aus der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) ein Orientierungswert von 200 mg/l für den „guten ökologischen Zustand“ unterstützend herangezogen werden.² Alle Jahresmittelwerte der Rheinmessstellen befinden sich unter diesem Orientierungswert, mit Ausnahme des Wertes der Messstation Bimmen aus dem Jahr 1976 von 236 mg/l.

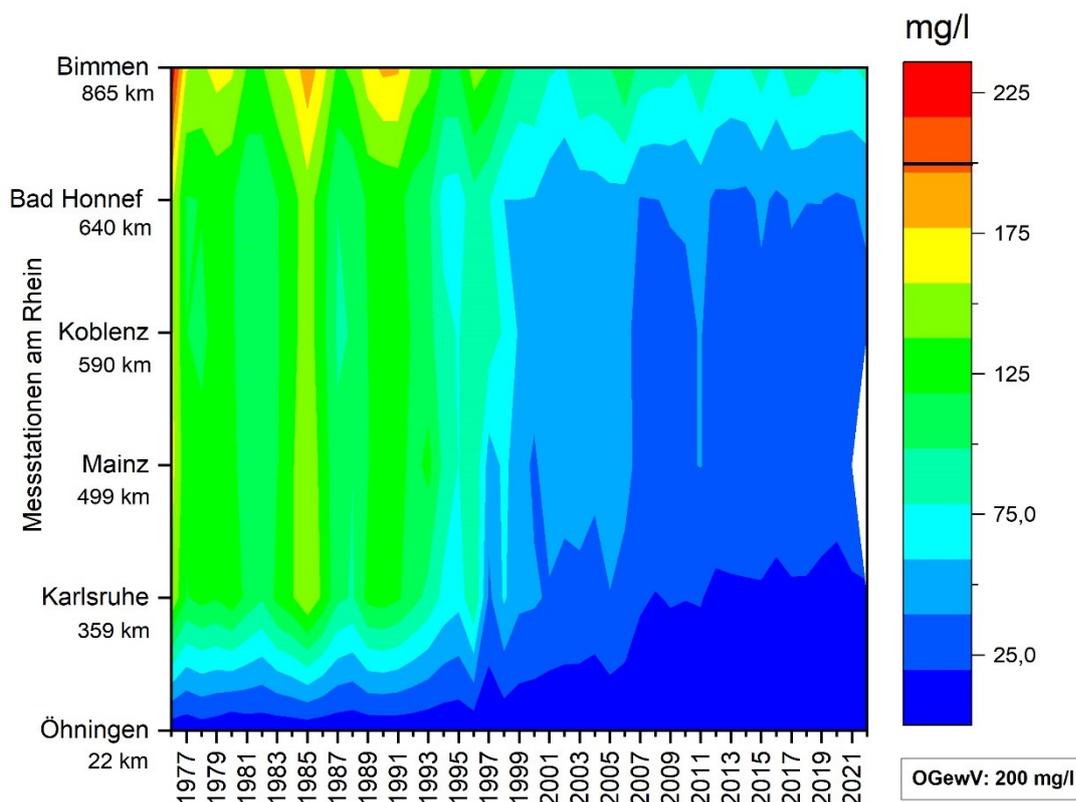


Abbildung 1: Darstellung der Chlorid-Konzentration in mg/l (Jahresmittelwerte) in unfiltrierten Wasserproben von Blau (niedrig) zu Rot (hoch) entlang der Fließstrecke des Rheins (von unten nach oben) von 1976 bis 2022 (von links nach rechts). Der Orientierungswert von 200 mg/l aus der Oberflächengewässerverordnung ist in der Farblegende rechts markiert. Für die Messstation Mainz liegen noch keine Daten für das Jahr 2022 vor.

Trotz der Einstellung des Kalisalz- und Steinkohlebergbaus können auch heute noch hohe Spitzenkonzentrationen, überwiegend bedingt durch salzhaltige Grubenwässer aus dem ehemaligen Bergbau, an Rhein- und Nebenflussmessstellen registriert werden, die über dem Orientierungswert von 200 mg/l liegen (Abbildung 2). Die Konzentration von Chlorid im Gewässer kann prinzipiell nur durch einen Verdünnungsprozess minimiert werden, weshalb Abflussbedingungen für den Chloridgehalt einen hohen Stellenwert einnehmen. Bei konstanten Einleitungen nehmen die Konzentrationen bei Hochwasser ab und bei Niedrigwasser zu. Dieser Effekt stellt langfristig, bei längeren Zeiten ohne Niederschläge und sich verringenden Basisabflüssen im Zuge des Klimawandels, eine Herausforderung dar.

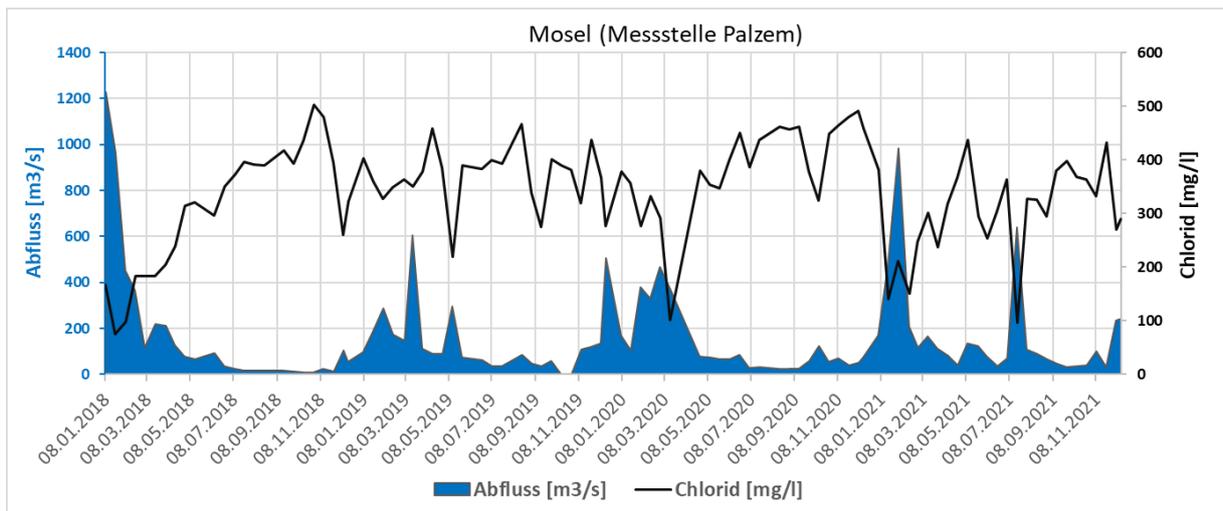


Abbildung 2: Darstellung der Chloridkonzentrationen (Einzelproben) in mg/l als Linie (schwarze Achse) und des täglichen Abflusses (Bezugspegel Perl) in m³/s als Fläche (blaue Achse) an der Mosel, gemessen an der Messstation Palzem von 2018 bis 2021 (als Beispiel). In den Einzelproben werden wiederkehrende Überschreitungen des Orientierungswertes von 200 mg/l sichtbar.

Die Nebengewässer des Rheins weisen höhere Chloridkonzentrationen auf, die mehrfach über dem Orientierungswert von 200 mg/l lagen (in Einzelproben und in den Jahresmittelwerten). Die Jahresmittelwerte der Chloridkonzentrationen im Jahr 2022 lagen in der Mosel bei 140 mg/l (Messstation Koblenz), im Main bei 62 mg/l (Messstation Bischofsheim), im Neckar bei 56 mg/l (Messstation Mannheim), in der Saar bei 39 mg/l (Messstation Saarbrücken), im Schwarzbach bei 170 mg/l (Messstation Trebur-Astheim) und in der Emscher bei 1181 mg/l (Messstation Emscher Mündung). Die Emscher ist der Nebenfluss mit den höchsten gemessenen Chloridkonzentrationen aufgrund kommunaler Abwässer sowie salzhaltiger Grubenwässer aus dem ehemaligen Steinkohlebergbau. Die Emscherkläranlage gilt als einer der größten Chloriddirekteinleiter im Rheineinzugsgebiet, da sie beim Reinigungsverfahren den Chloridgehalt nicht reduzieren kann.³ Die Jahresmittelwerte der Emscher von 2015 bis 2022 bewegen sich im Bereich von 929 mg/l bis 1181 mg/l. Ein Maximalwert (Einzelprobe) von 2100 mg/l wurde im Juli 2022 erfasst. Die Chloridfracht in der Mosel (Koblenz) betrug für das Jahr 2022 rund 1,18 Mio. Tonnen, im Main (Bischofsheim) 0,36 Mio. Tonnen, im Neckar (Mannheim) 0,18 Mio. Tonnen, in der Saar (Saarbrücken) 0,03 Mio. Tonnen, im Schwarzbach (Trebur-Astheim) 0,0013 Mio. Tonnen und in der Emscher 0,37 Mio. Tonnen.

Der Konzentrationstrend im jeweiligen Messzeitraum der Nebenflüsse ist in der Saar, in der Mosel und im Neckar fallend. Ein steigender Trend kann in den Nebenflüssen Emscher, Schwarzbach und Main beobachtet werden. Aufgrund eines Grubenwasserkonzeptes in Nordrhein-Westfalen kann in den nächsten Jahren mit geringeren Konzentrationen in den niederrheinischen Zuflüssen des Rheins, gerechnet werden.³ Die langjährigen Konzentrationsverläufe stehen unter <https://fgg-rhein.bafg.de> zur Verfügung.

Gesetzlicher Hintergrund

Aufgrund der jahrzehntelangen Beaufschlagung der Flüsse im Rheineinzugsgebiet mit Salz, insbesondere aus dem französischen Kalisalzbergbau, wurde 1976 ein Chloridübereinkommen (auch „Salzabkommen“ genannt, letzte Änderung 1983) von den Mitgliedsstaaten der Internationalen Kommission des Rheins (IKSR) verabschiedet.⁴ Das Übereinkommen setzte drei Phasen fest, in denen die Chloridkonzentrationen massiv verringert werden sollten. Umgesetzt wurde lediglich die erste Phase, etwa 10 Jahre später im Jahr 1987. Diese bestand aus der Reduzierung der Einleitungsmenge der Kaliminen in Frankreich auf maximal 20 kg/s in den Rhein, über zehn Jahre hinweg. Zusätzlich mussten die Vertragsstaaten Einleitungen über 1 kg/s Chlorid im Rheineinzugsgebiet offenlegen. In einem Zusatzprotokoll des Chloridübereinkommens von 1991 wurde zudem ein Orientierungswert von 200 mg/l an der deutsch-niederländischen Grenze abgestimmt.⁵ Das Zusatzprotokoll sah weitere Maßnahmen, z. B. eine Verringerung der Einleitungsmenge unter 20 kg/s bei geringer Wasserführung, vor. Noch vor dem Start dieser Maßnahme, Ende der 1990er Jahre, stellten die französischen Minen die Kaliförderung schrittweise ein. Der letzte Schacht wurde 2002 geschlossen.³

In der europäischen Trinkwasserrichtlinie (Richtlinie 98/83/EG, zuletzt geändert durch die EU-Richtlinie 2020/2184) sowie in der aktuellen Trinkwasserverordnung (2023) ist ein Grenzwert von 250 mg/l für Chlorid festgelegt.^{6,7} Dieser Wert findet sich auch als Schwellenwert in der Grundwasserverordnung (GrwV, zuletzt geändert 2022) wieder.⁸

Gemäß der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) sollen alle europäischen Gewässer mindestens einen „guten ökologischen Zustand“ aufweisen. Der ökologische Zustand wird maßgeblich von der Biologie im Gewässer gesteuert. Chlorid gilt nach EU-WRRL und OGewV als allgemeine physikalisch-chemische Qualitätskomponente, die Einfluss auf biologische Qualitätskomponenten hat und als Bewertungsgrundlage für den ökologischen Zustand von Flüssen unterstützend herangezogen werden kann.¹ In der OGewV ist für Chlorid in Fließgewässern in „gutem ökologischen Zustand“ ein Orientierungswert von 200 mg/l festgesetzt. Empfindliche Gewässerorganismen können bereits ab einer sehr geringen Chloridkonzentration geschädigt werden. Als ein Beispiel für ökologische Sekundäreffekte von hohen Salzgehalten in Flüssen hat das große Fischsterben an der Oder im Jahr 2022 traurige Bekanntheit erlangt, bei dem eine an höhere Chloridkonzentrationen angepasste Brackwasseralege zu massiven Vergiftungen der Fischfauna geführt hat.¹⁰

Vorkommen/Eigenschaften/Verwendung

Chlorid (Cl⁻) ist das Anion von Chlor. Es ist ein sehr häufiger Bestandteil von Salzen (z. B. Natriumchlorid) und kommt natürlich in der Umwelt vor (z. B. in fester Form als Steinsalz oder gelöst in Süß-, Brack- und Meerwasser). Chlorid ist für Organismen essenziell und wird hauptsächlich über die Nahrung in Form von Natriumchlorid (Speisesalz) aufgenommen. Es ist eines der wichtigsten Elektrolyte unseres Körpers.^{11,12} Die meisten Chloride sind gut wasserlöslich und verhalten sich in der Bodenphase äußerst mobil, sodass sie durch Sickerwässer ins Grundwasser und über Flüsse bis ins Meer transportiert werden.

Die natürliche Hintergrundbelastung eines Gewässers ist abhängig von dem geologischen Untergrund (z. B. Steinsalzvorkommen im Zechstein) und der räumlichen Lage, z. B. weisen küstennahe Gewässer deutlich höhere Salzkonzentrationen aufgrund von Meerwasserintrusion auf.¹¹ Chlorid dient als Indikator für Gebiete mit menschengemachten Versalzungsprozessen.

Grob abgeschätzt weisen unbelastete Oberflächengewässer Hintergrundkonzentrationen (je nach Abflussbedingungen und geologischem Untergrund) von 10 bis 50 mg/l auf, belastete bewegen sich im Bereich von 100 bis 200 mg/l.⁹ Neben der natürlichen Hintergrundbelastung erhöhen Einleitungen durch den Menschen, insbesondere punktuelle Abwassereinleitungen aus dem Bergbau (z. B. Kali- und Steinkohlebergbau) sowie aus industriellen und kommunalen Kläranlagen, die Chloridkonzentrationen der Flüsse.

In Abwasserreinigungsanlagen kann gelöstes Salz nicht effektiv herausgefiltert oder abgebaut werden und wird schließlich in Bäche und Flüsse eingeleitet. Chloride sind auch unerwünschter Nebenbestandteil von Düngemitteln (z. B. Kalidünger) oder reichern sich in Gülle und Jauche an.¹¹ Diffuse Einträge in Gewässer treten auch durch Streusalze (Auftaumittel im Winter) sowie durch Abraumhalden auf. In Regenrückhaltebecken können Konzentrationen bis in den Grammbereich erfasst werden.⁹

Chloridverbindungen sind in der chemischen Industrie und in unserem Alltag allgegenwärtig. So dient zum Beispiel Natriumchlorid als Konservierungsmittel für Nahrungsmittel, Kalziumchlorid ist Bestandteil von Trocknungs- und Frostschutzmitteln¹². Chlorid ist auch Bestandteil von Geschirrspül-Tabs und Regenerierungssalz für den Ionentauscher des Geschirrspülers (als Natriumchlorid) und verhindert Kalkrückstände auf Geschirr.¹² In der Kläranlagentechnik werden zudem Eisenchloride zur Phosphat-Entfernung (Phosphatfällung) aus dem Abwasser verwendet.¹³

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

Neben dem Schutz der biologischen Vielfalt in Mischwasserzonen (Meerwasserintrusion) durch Süßwasserflüsse wie dem Rhein trägt eine geringere anthropogene Salzbelastung der Gewässer dazu bei, die Qualität des Grund- und Oberflächenwassers und die damit verbundene Trinkwasser- und Nahrungsmittelversorgung der Bevölkerung zu sichern. Auch Sie können einen Beitrag zur Reduzierung von Chloridkonzentrationen in Gewässern leisten:

- 1) Bedarfsgerechte Verwendung von Spülmaschinensalz. Bei geringer Wasserhärte kann, je nach Herstellerempfehlung, beim Gebrauch von Multitabs (2 in 1 Produkte) auf zusätzliches Spülmaschinensalz verzichtet werden.¹⁴ Informationen über die Wasserhärte an ihrem Wohnort finden Sie bei Ihrem örtlichen Wasserversorger.
- 2) Achten Sie auf bedarfsgerechtes Verwenden Ihrer Spülmaschine. Das spart auch weitere Ressourcen wie z. B. Strom und Wasser.
- 3) Verwenden sie natürliche Düngemittel wie Kompost statt mineralische Düngemittel.
- 4) Verzichten Sie bei privaten Außenflächen, wo immer möglich, auf den Einsatz von Streusalz im Winter. Greifen Sie stattdessen auf umweltfreundliche Alternativen zurück. Auch Naturstoffe wie z. B. Sand oder Holzspäne können Alternativen sein.¹⁵

Quellen

- 1 [Rhine Water Works \(RIWA, 2008\)](#)
- 2 [Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer \(OGewV, 2016\)](#)
- 3 [Internationale Kommission zum Schutz des Rheins \(KSR, 2021\)](#)
- 4 [Internationale Kommission zum Schutz des Rheins \(IKSR, 1983\)](#)
- 5 [Internationale Kommission zum Schutz des Rheins \(IKSR, 1991\)](#)
- 6 [Europäische Union \(EU, 2020\)](#)
- 7 [Trinkwasserverordnung \(TrinkwV, 2023\)](#)
- 8 [Grundwasserverordnung \(GrwV, 2010\), zuletzt geändert am 12.10.2022](#)
- 9 [Umweltbundesamt \(UBA, 2013\)](#)
- 10 [Bundesanstalt für Gewässerkunde \(BfG, 2023\)](#)
- 11 [Niedersachsen \(NLWKN, n.a.\)](#)
- 12 [MASCHER, W. \(2012\)](#)
- 13 [Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz \(EAWAG, 2008\)](#)
- 14 [Zentrum für Ernährung und Hauswirtschaft Niedersachsen \(ZEHN, n.a.\)](#)
- 15 [Bund Naturschutz in Bayern e.V. \(n.a.\)](#)

Kontaktpersonen bei Fragen zum Thema Chlorid:

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