

Nährstoffe

Langjährige Entwicklung im Rheineinzugsgebiet

Phosphor

Phosphor ist in naturnahen Gewässern ein wachstumslimitierender Faktor (u. a. für Algen). In gelöster Wasserphase (filtriert) ist der bioverfügbare ortho-Phosphat-Phosphor (ortho-Phosphat-P) als Nährstoff relevant und kann direkt von Organismen genutzt werden. Der nicht direkt bioverfügbare Anteil des Phosphors ist unter anderem an Schwebstoffe in der Gesamtwasserphase (unfiltriert) gebunden. Von dort kann er mobilisiert und nach Umwandlungsprozessen (z. B. Mineralisierung) von Organismen aufgenommen werden.^{1,2}

Seit Mitte der 1980er Jahre ist ein abnehmender Trend der Konzentrationen von ortho-Phosphat-P entlang der Fließstrecke des Rheins ersichtlich (Abbildung 1). Im Jahr 1979 wurde ein Jahresmittelwert (gemittelt über den Rhein im Längsschnitt) von 0,21 mg/l für ortho-Phosphat-P errechnet. Im Jahr 2021 lag dieser Wert bei einem Zehntel (0,021 mg/l). Die Jahresmittelwerte der Rheinmessstellen von 1979 bis 2021 liegen im Bereich von 0,001 mg/l bis 0,38 mg/l. Seit 1997 befinden sich die Jahresmittel an den Rheinmessstellen stets unter 0,10 mg/l.

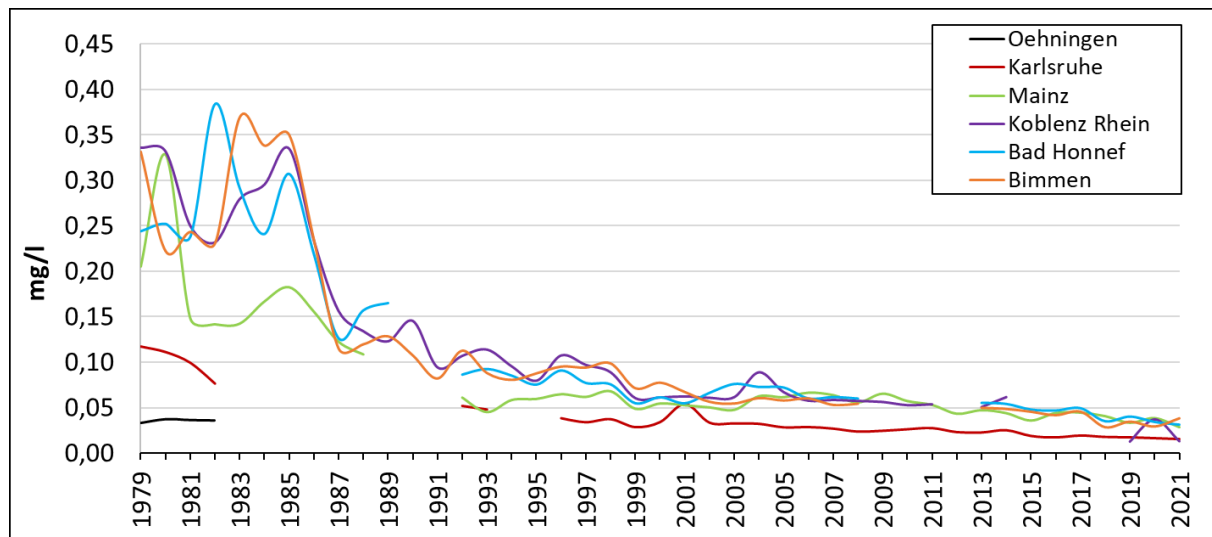


Abbildung 1: Jahresmittelwerte von ortho-Phosphat-P [mg/l] an ausgewählten Rheinmessstellen in der gelösten Wasserphase von 1979 bis 2021. Datenlücken: Mainz 1989-1991, Bad Honnef 1990-1991/2009-2012, Bimmen 2009-2012. Weitere Datenlücken (z. B. Öhningen, Karlsruhe) stehen für Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze.

Auch in den Nebenflüssen ist ein abnehmender Trend der Konzentrationen für ortho-Phosphat-P festzustellen. Die Jahresmittelwerte lagen in den letzten 40 Jahren im Bereich von 0,03 mg/l bis 0,72 mg/l. Der höchste Jahresmittelwert von 0,72 mg/l wurde im Neckar an der Messstelle Mannheim im Jahr 1980 erfasst.

Die Gesamtposphorkonzentrationen (Gesamtwasserphase) im Rhein zeigen einen vergleichbaren abnehmenden Trend. Wurde 1979 noch ein Jahresmittelwert im Rhein (berechnet über den Rhein im Längsschnitt) von 0,34 mg/l ermittelt, betrug dieser im Jahr 2021 nur noch 0,057 mg/l. Dies entspricht rund einem Sechstel des Jahresmittelwertes aus 1979. Der höchste Jahresmittelwert der Gesamtposphorkonzentration in einem Nebenfluss wurde im Main an der Messstelle Kahl am Main im Jahr 1979 mit 1,07 mg/l erfasst.

Im Jahr 2021 war die Emscher mit 0,35 mg/l der Nebenfluss mit der im Jahresmittel höchsten Gesamtposphorkonzentration. Es ist zu erwarten, dass in der Emscher nach Abschluss der Renaturierungsmaßnahme geringere Phosphorkonzentrationen als davor gemessen werden.

Stickstoff (Nitrat, Nitrit, Ammonium)

Stickstoffverbindungen wirken ebenfalls eutrophierend in Gewässern. Aus der Vielzahl der unterschiedlichen stickstoffhaltigen Verbindungen im Gewässer sind Nitrat, Nitrit und Ammonium, die sehr reaktiv sind und durch verschiedene Prozesse ineinander umgewandelt werden, als Nährstoffe am meisten von Interesse und auch gesetzlich geregelt.

Nitrat

Im Zeitraum von 1978 bis 2021 wurden keine Jahresmittelwerte für Nitrat über 31 mg/l im Rhein und seinen Nebenflüssen nachgewiesen. Der Grenzwert der EU-Nitratrichtlinie liegt bei 50 mg/l. Der langfristige Trend der Nitratkonzentrationen im Rhein (Abbildung 2) und seinen Nebenflüssen ist fallend, eine Ausnahme stellen die Konzentrationen im ehemals „größten offenen Abwasserkanal Europas“, der Emscher, dar. Im Jahr 2015 betrug an der Messstelle Emscher-Mündung der Jahresmittelwert 11 mg/l, 2021 lag dieser bei 13,3 mg/l. In den letzten Jahren stagnieren die Jahresmittelwerte im Rhein auf gleichbleibendem Niveau. Der höchste Jahresmittelwert im Rheinhauptstrom von 19 mg/l wurde im Jahr 1978 an der Messstelle Bad Honnef ermittelt. Für die Nebenflüsse war der Main der Nebenfluss mit der im Jahresmittel höchsten Nitratkonzentration von 31 mg/l, gemessen an der Messstelle Bischofsheim im Jahr 1991.

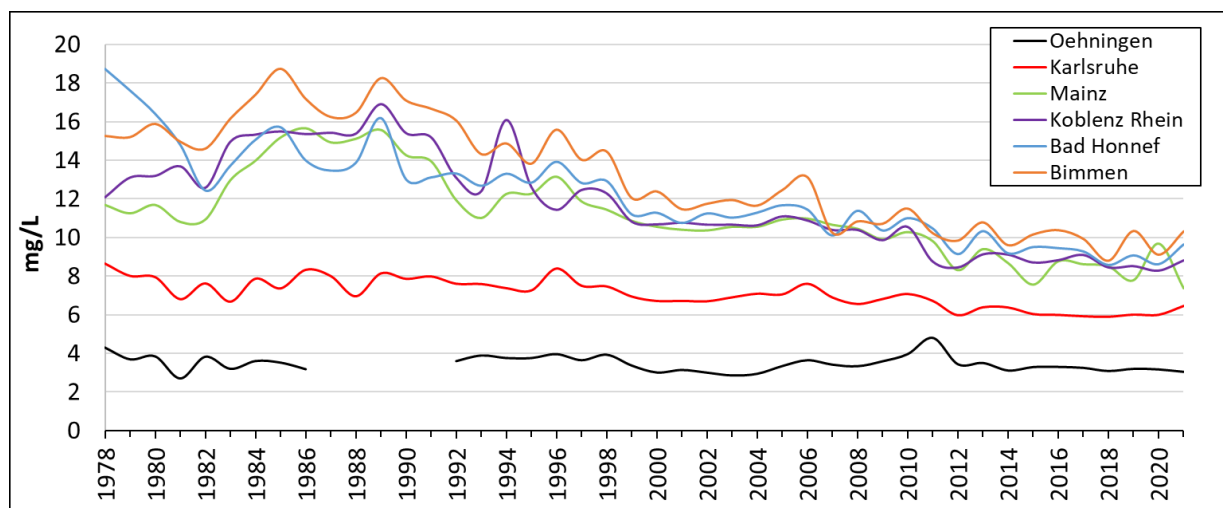


Abbildung 2: Jahresmittelwerte der Nitratkonzentrationen [mg/l] an ausgewählten Rheimesststellen in der gelösten Wasserphase von 1978 bis 2021. In den Jahren 1987 bis 1991 liegen die Jahresmittelwerte für Öhningen unterhalb der Bestimmungsgrenze und werden in der Darstellung nicht berücksichtigt.

Wird im Allgemeinen in Oberflächengewässern der Grenzwert der EU-Nitratrichtlinie von 50 mg/l nur selten überschritten, so kann es gerade in Gebieten mit starker landwirtschaftlicher Nutzung zu Überschreitungen im Grund- und Trinkwasser kommen.³ Laut aktuellem Nitratbericht (2020) weisen 27 % aller Grundwasserkörper in Deutschland einen „schlechten chemischen Zustand“ auf, 2016 waren es noch 35 %. 2008 überschritten 18 % der deutschen Grundwasserkörper den Grenzwert der EU-Nitratrichtlinie von 50 mg/l, 2019 waren es 16 %. Laut Umweltbundesamt (UBA) muss seit 2008 von einer „jährlichen Grenzwertüberschreitung an circa jeder sechsten Grundwassermessstelle“ ausgegangen werden.⁴

Nitrit

Im Rhein und seinen Nebenflüssen besteht ein abnehmender Trend der Nitritkonzentrationen von 1992 bis 2021. Die Jahresmittelwerte lagen im Bereich von 0,023 mg/l bis 0,33 mg/l. Der höchste Jahresmittelwert von 0,33 mg/l wurde an der Messstelle Bimmen im Jahr 2006 ermittelt. Die Jahresmittelkonzentrationen in den Nebenflüssen liegen zum Vergleich zwischen 0,033 mg/l und 1,1 mg/l. Der höchste Jahresmittelwert von 1,1 mg/l wurde im Jahr 2016 in der Emscher erfasst.

Ammonium

Im Rhein lagen die Ammoniumkonzentrationen ab 2006 stets unter 0,1 mg/l. Analog zu den Nitrat- und Nitritkonzentrationen ist ein abnehmender Trend an den Rheinmessstellen und den Nebenflüssen zu erkennen. Der höchste Jahresmittelwert im Rhein betrug 1,1 mg/l (1978) an der Messstelle Bimmen. Die Jahresmittelwerte in den Nebenflüssen lagen im Zeitraum von 1978 bis 2021 zwischen 0,027 mg/l und 6,3 mg/l. Der Höchstwert von 6,3 mg/l wurde in der Saar an der Messstelle Kanzem im Jahr 1980 erfasst. Seit dem Jahr 2009 liegen die Jahresmittel für Ammonium in den Nebenflüssen stets unter 0,2 mg/l (Ausnahme: Emscher und Schwarzbach).

Gesamtstickstoff

Der Trend der Gesamtstickstoffkonzentration (Gesamtwasserphase) im Rhein und seinen Nebenflüssen ist leicht fallend (Ausnahme: Emscher). Wurde noch im Jahr 1999 im Rhein ein Jahresmittelwert von 3,1 mg/l beobachtet (gemittelt über den Rhein im Längsschnitt), lag dieser 2021 bei 1,0 mg/l. Von 1999 bis 2021 lagen die Jahresmittelwerte im Rhein im Bereich von 0,68 mg/l bis 3,6 mg/l. In den Nebenflüssen bewegen sich die Gesamtstickstoffkonzentrationen (Jahresmittel) in dem Zeitraum zwischen 2,5 mg/l und 6,5 mg/l. Der höchste Jahresmittelwert von 6,5 mg/l wurde in der Emscher im Jahr 2019 erfasst.

Die langjährigen Konzentrationsverläufe dargestellt als ortho-Phosphat-Phosphor, Gesamtphosphor, Nitratstickstoff, Nitritstickstoff, Ammoniumstickstoff und Gesamtstickstoff stehen öffentlich unter: <https://fgg-rhein.bafg.de> zur Verfügung.

Gesetzlicher Hintergrund

Nitrat

Gemäß der EU-Nitratrichtlinie von 1991 wurden auf europäischer Ebene Grenzwerte für Nitrat verabschiedet, die in den Mitgliedstaaten für den Schutz der Grund- und Oberflächengewässer vor Nitratkontaminationen durch die Landwirtschaft maßgeblich sind.⁵ Zusätzlich erfolgt die Überwachung der Nitratkonzentrationen durch eine Initiative der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft (LAWA). Die durch die Länder erhobenen Daten werden in einem Turnus von 4 Jahren in einem Nitratbericht durch das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) und Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) veröffentlicht.³ In der Richtlinie wird ein Grenzwert für Nitrat von 50 mg/l angegeben, der sich auch auf nationaler Ebene als Grenzwert in der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) und Oberflächengewässerverordnung (OGewV) sowie als Schwellenwert in der Grundwasserverordnung (GrwV) wiederfindet.^{6,7} Weitere Anforderungen für die Einhaltung des Grenzwertes sind in Deutschland, insbesondere in Bezug auf die Landwirtschaft, in der Düngeverordnung (DüV) verankert.⁸ 2016 wurde Deutschland wegen Nichteinhaltung der geforderten Grenzwerte der EU-Nitratrichtlinie von der Europäischen Kommission verklagt.⁴ Deutschland passte daraufhin die Düngeverordnung in den darauffolgenden Jahren mehrmals an, um die Einhaltung der geforderten Grenzwerte zu gewährleisten.^{4,8}

Nitrit und Ammonium

Im Hinblick auf die Umsetzung der EU-Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL), die auf die Erreichung bzw. Einhaltung eines mindestens guten ökologischen Zustands der Fließgewässer abzielt, wurden in der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) gewässertypspezifische Orientierungswerte für Stickstoffverbindungen festgelegt.⁹ Die gewässertypspezifischen Orientierungswerte (Mittelwert als arithmetisches Mittel aus den Jahresmittelwerten von maximal drei aufeinander folgenden Kalenderjahren) für einen guten ökologischen Zustand für Ammonium-Stickstoff liegen bei $\leq 0,1$ mg/l bis $\leq 0,3$ mg/l (entspricht $\leq 0,13$ mg/l bzw. $\leq 0,38$ mg/l für Ammonium) und für Nitrit-Stickstoff von $\leq 0,03$ mg/l bis $\leq 0,05$ mg/l (entspricht $\leq 0,099$ mg/l bzw. $\leq 0,16$ mg/l für Nitrit).

Nach der Trinkwasser- und Grundwasserverordnung gelten für Nitrit (im Trinkwasser, gemessen am Hausanschluss) und Ammonium jeweils ein Grenz- bzw. Schwellenwert von 0,5 mg/l.^{6,7} Für den Rhein liegt eine Zielvorgabe (90-Perzentil-Werte) der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR) für Ammonium-Stickstoff von 0,20 mg/l (entspricht 0,26 mg/l für Ammonium) vor.

Gesamtstickstoff

Entsprechend dem Entwurf des international koordinierten Bewirtschaftungsplans 2022-2027 für die internationale Flussgebietseinheit Rhein (IFGE Rhein) wurde ein Zielwert von 2,8 mg/l TN (= Gesamtstickstoff) abgestimmt. Seit dem Jahr 2014 lag die gemessene Konzentration je nach Abflussverhältnissen an der Messstation Bimmen zwischen 2,3 mg/l TN und 2,7 mg/l TN im Jahresmittel und somit unterhalb des Zielwerts. Zukünftig müssen die Gesamtstickstoffkonzentrationen weiter beobachtet und die eingeleiteten Maßnahmen zur Reduzierung in allen Staaten der IFGE Rhein unvermindert fortgesetzt werden, um den Zielwert mindestens an der Grenze limnisch zu marin weiterhin einhalten zu können.¹⁰

Phosphor

Die Einführung der Verbote von phosphathaltigen Textilwaschmitteln (1986) und Haushaltsreinigungsmitteln (2013, 2017) sowie die strengeren Einschränkungen für den Gesamtphosphorgehalt in Reinigern (2013) trugen maßgeblich zur Reduktion von Phosphaten in Gewässern bei.¹¹ In der Trinkwasserverordnung wird aktuell kein Grenzwert für Phosphorverbindungen angegeben.⁶ In der Oberflächengewässerverordnung liegen die gewässertypspezifischen Orientierungswerte (Mittelwert als arithmetisches Mittel aus den Jahresmittelwerten von maximal drei aufeinander folgenden Kalenderjahren) für den guten ökologischen Zustand für ortho-Phosphat-P im Bereich von $\leq 0,05$ mg/l bis $\leq 0,2$ mg/l.⁹ Für Gesamtphosphor liegen diese zwischen 0,1 mg/l und 0,3 mg/l. In der Grundwasserverordnung ist ein Schwellenwert von 0,05 mg/l ortho-Phosphat festgelegt (entspricht 0,16 mg/l ortho-Phosphat-P).⁷

Kurzinformationen/Eigenschaften/Verwendung

Stickstoff- und Phosphorverbindungen gelten als wachstumsbegrenzende Nährstoffe in Gewässern und sind für alle Lebewesen essentiell. In geringen Konzentrationen kommen Phosphor- und Stickstoffverbindungen natürlicherweise in Gewässern vor. In Flüssen und Seen ist Phosphor der limitierende Faktor für das Pflanzenwachstum, in Meeren ist dies Stickstoff. Hohe Nährstoffkonzentrationen in der Umwelt sind meist auf anthropogene Quellen zurückzuführen und haben negative Auswirkungen auf die Ökosysteme (z. B. Verschwinden von Mangelstandorten und den dazugehörigen Artengemeinschaften) und den Menschen (z. B. Wasserqualität). So kann zum Beispiel Nitrit den Sauerstofftransport in Zellen von Säuglingen negativ beeinflussen.¹² Stickstoff- und Phosphorverbindungen gelangen über die Nahrung in den menschlichen Körper, wo sie eine zentrale Aufgabe beim Aufbau von körpereigenem Protein und Erbsubstanzen (DNS) einnehmen.¹³ Phosphat fungiert im Körper z. B. als Elektrolyt und als wichtiger Baustein von Knochen und Zähnen.¹⁴ Der natürliche Stickstoffkreislauf wird durch übermäßige Freisetzung von Stickstoff in die Umwelt nachhaltig gestört. Überschüssiger Stickstoff kann nicht mehr vollständig gebunden und umgewandelt werden, so dass schützenswerte Güter wie

das Grundwasser in Teilen Deutschlands betroffen sind.¹³ Neben diffusen Einträgen aus der Landwirtschaft und aus Punktquellen (z. B. Kläranlagen) in die Gewässer tragen diffuse Einträge aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe und aus der Tierhaltung in die Luft ebenfalls zum Stickstoffüberschuss bei.¹⁵

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

Obwohl der Eintrag von Stickstoff und Phosphor über das Abwasser insbesondere durch die Weiterentwicklung der Abwassertechnik in den letzten Jahrzehnten deutlich reduziert wurde, gelangen jedoch fortwährend immer noch Stickoxide und Phosphate, überwiegend über diffuse Pfade, in die Umwelt. Möglichkeiten der Verbraucher, zur Reduktion der Nährstoffkonzentrationen in unseren Gewässern beizutragen, sind beispielsweise:

- 1) Für Verbraucher mit Gärten: Gehen Sie bewusst mit Düngemitteln um und passen Sie die Menge an Dünger dem standortspezifischen Bedarf Ihrer Pflanzen an. Im Idealfall verzichten Sie ganz auf synthetische Dünger und schließen Nährstoffkreisläufe im eigenen Garten mit natürlichen Düngemitteln (z. B. durch Kompostierung).
- 2) Achten Sie auf klimaschonendes Handeln: Bei der Einsparung von Energie, wie beispielweise Gas oder Strom, unterstützen Sie die Verringerung der Freisetzung von reaktiven Stickstoffverbindungen. Setzen Sie eher auf erneuerbare Energien statt auf Energie aus fossilen Brennstoffen.
- 3) Reduzieren Sie Ihren persönlichen Fußabdruck hinsichtlich Kraftverkehr und Transport. Konsumieren Sie bewusst und nutzen Sie umweltfreundliche Transportmittel.
- 4) Laut UBA liegt der Anteil der Tierhaltung am Stickstoffüberschuss bei 21 %.¹⁵ Ein Verzicht auf tierische Produkte schützt Nährstoffkreisläufe. Greifen Sie zusätzlich öfter mal zu Biolebensmitteln. Für den ökologischen Anbau werden keine synthetischen Stickstoffdünger oder hochlösliche Phosphordünger eingesetzt.¹⁶ Durch die Regionalität der Produkte werden Emissionen (Transportwege) verringert.
- 5) Verzicht auf phosphorhaltige Reinigungsmittel.

Quellen

1. [Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie \(HLNUG, 2020\)](#)
2. [Landwirtschaftskammer Niedersachsen \(LWK, 2015\)](#)
3. [Nitratbericht \(BMEL, BMU, 2020\)](#)
4. [Umweltbundesamt \(UBA, 2024\)](#)
5. [Europäische Union \(EU, 1991\)](#)
6. [Trinkwasserverordnung \(TrinkwV, 2023\)](#)
7. [Grundwasserverordnung \(GrwV, 2010\), zuletzt geändert am 12.10.2022](#)
8. [Düngeverordnung \(DüV, 2017\), zuletzt geändert am 10.08.2021](#)
9. [Oberflächengewässerverordnung \(OGewV, 2016\), zuletzt geändert am 9. Dezember 2020](#)
10. [Internationale Kommission zum Schutz des Rheins \(IKSR, 2021\)](#)
11. [Europäische Kommission \(EU, 2011\)](#)
12. [Bundesinstitut für Risikobewertung \(BfR, 2013\)](#)
13. [Umweltbundesamt \(UBA, n.a.\)](#)
14. [Merck Sharp & Dohme Corp \(MSD, 2023\)](#)
15. [Umweltbundesamt \(UBA, 2021\)](#)
16. [Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung \(BLE, 2023\)](#)

Kontaktpersonen bei Fragen zum Thema Phosphor und Stickstoff

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