

Ergebnisse aus dem Untersuchungsprogramm 2025

Michael Fleig, Lea Bayer und Josef Klinger
TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe

Kurzfassung

Die Ergebnisse der AWBR-Untersuchungen in Oberflächengewässern bilden die Grundlage des Handelns mit dem Ziel, eine gute Rohwasserbeschaffenheit für eine sichere und naturnahe Trinkwassergewinnung zu erhalten oder wieder zu erreichen. Die wesentlichen Befunde werden nachfolgend dargestellt. Die Details finden sich auf den nachfolgenden Seiten.

Wasserführung und allgemeine physikalisch-chemische Parameter

- Die Auswirkungen des Klimawandels zeigen sich im veränderten Abflussregime und den gestiegenen Wassertemperaturen (ca. 0,05 Kelvin/ je Jahr)

Allgemeine und summarische Parameter

- Am Rhein werden gelegentlich Überschreitungen der ERM-Zielwerte (Sauerstoff: Minimalwerte) festgestellt; ein Handlungsbedarf kann nicht abgeleitet werden. Am Neckar überschreiten DOC und TOC den ERM-Zielwert bereits im Jahresmittel.

Pflanzenschutzmittel (PSM) und deren Metabolite

- Nur am Neckar überschreitet AMPA den ERM-Zielwert deutlich und weist zudem eine anwendungsbedingte Periodik auf.
- Für die Metabolite von Chlorthalonil konnten in Rhein und Neckar keine relevanten Befunde festgestellt werden.

Arzneimittelwirkstoffe und Metabolite/Transformationsprodukte

- Metformin und dessen Transformationsprodukt Guanylharnstoff überschreiten an Rhein und Neckar den ERM-Zielwert von 0,1 µg/L deutlich.

- Am Neckar sind folgende Pharmaka bereits mit den Mittelwerten oberhalb des ERM-Zielwertes besonders auffällig: Oxipurinol, Siltagliptin, Lamotrigin und Gabapentin sowie die Transformationsprodukte 10, 11-Dihydro-10,11-dihydroxycarbamazepin, Atenololsäure, AAA und FAA.
- Die Konzentrationen vieler Röntgenkontrastmittel erfüllen weiterhin die Anforderungen des Europäischen Fließgewässermemorandums nicht; Reduzierungsmaßnahmen sind erforderlich.

Industriechemikalien

- Die Komplexbildner EDTA und MGDA überschreiten den Wert von 1 µg/L an Rhein und Neckar häufig bzw. dauerhaft, was eine Reduzierung der Gewässerbelastung erfordert.
- 1-*H*-Benzotriazol ist an Rhein und Neckar in zu hohen Konzentrationen nachweisbar.
- Bei Trifluoracetat (TFA) konnten Verbesserungen am Neckar erreicht werden; im Rhein liegen weiterhin steigende Werte vor.
- Für 1,4-Dioxan und Melamin sind Reduzierungen angezeigt.
- Per- und Polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS) sind mittlerweile unauffällig.
- Künstliche Süßstoffe zeigen einen abnehmenden Trend für Acesulfam und steigende Werte für Sucralose.

Alpenseen

- Metformin und das Transformationsprodukt Guanylharnstoff erreichen in Bodensee und Zürichersee Konzentrationen nahe des ERM-Zielwertes; im Bielersee erheblich darüber.
- Die Maximalwerte der Röntgenkontrastmittel Iomeprol und Iopromid sind nur im Bielersee auffällig.
- Melamin konnte in Bodensee, Zürichsee und Bielersee in Konzentrationen über 0,1 µg/L gefunden werden.
- Die Konzentrationen von Trifluoracetat nehmen in allen untersuchten Alpenseen weiter zu.
- Melamin ist im Bodensee mit Werten um 0,2 µg/L auffällig; in Zürichsee und Bielersee liegen die Werte im Bereich des ERM-Zielwertes von 0,1 µg/L.

- An der Goldach wird stichprobenartig auf PFAS untersucht. Mündungsnah ist durch einen Industriebetrieb eine Zunahme der Konzentration an PFOS festzustellen.

Mit dem AWBR-Untersuchungsprogramm konnten Verbindungen identifiziert werden, für die nach dem Abgleich mit den Anforderungen des ERM weiterer Handlungsbedarf besteht. Diese Stoffe bleiben in der weiteren Beobachtung.

Einleitung

Die AWBR untersucht an den Entnahmestellen des Rohwassers einiger ihrer Mitgliedswerke die Beschaffenheit von Hoch- und Oberrhein sowie Neckar und Donau zu jeweils 13 Terminen im Jahr. Hierzu werden Proben in 28-tägigem Abstand entnommen. Die Beprobung der Entnahmestellen in Bodensee, Zürichsee, Bielersee und Vierwaldstättersee findet einmal im Jahr zum Zeitpunkt der zu erwartenden Vollzirkulation im Frühjahr statt. Die Proben werden dabei von Mitarbeitenden der Mitgliedsunternehmen genommen, denen wir unseren großen Dank für die verlässliche Mithilfe bei der Durchführung der Untersuchungen aussprechen.

Die Untersuchungen auf Industriechemikalien, Arzneimittelwirkstoffe, Pflanzenschutzmittel und weitere Parameter sind mit anderen Untersuchungsprogrammen der Wasserversorger abgestimmt und ergeben so ein ganzheitliches Bild stofflicher Belastungen im Rheineinzugsgebiet. Mikrobiologische Parameter ergänzen den Untersuchungsumfang. An den Analysen sind die Labore der Mitgliedswerke (Teil A) und das TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser in Karlsruhe (Teile B, C und D) beteiligt.

Die Analyseergebnisse liefern Aussagen zur qualitativen Beschaffenheit der Fließgewässer und Alpenseen und bilden so die Grundlage der fachlich fundierten Tätigkeit von Präsidium, Vorstand und wissenschaftlichem Beirat in der AWBR. Wesentliches Instrumentarium ist dabei das Europäische Fließgewässer-Memorandum (ERM) in der Fassung von 2020 mit seinen Anforderungen an für die Trinkwassergewinnung nutzbare Oberflächengewässer. Die AWBR trägt so maßgeblich zum Schutz unserer Gewässer und damit zur langfristigen Sicherstellung der Trinkwasserversorgung auch für künftige Generationen bei.

Allen Kollegen, die bei Probenahme, Bestimmung, Dokumentation und Auswertung der Daten beteiligt waren, gilt ein herzlicher Dank für die aktive, zuverlässige und meist langjährige Unterstützung bei der Durchführung des AWBR-Untersuchungsprogramms. Dies ist grundlegend für den Erfolg der AWBR.

Wasserführung und allgemeine physikalisch-chemische Parameter

Im Berichtsjahr 2025 zeigen die **Abflüsse** von Alpen-, Hoch- und Oberrhein weiterhin deutliche Abweichungen zu den langjährigen Beobachtungsreihen und damit dem früher typischen jahreszeitlichen Verlauf. In Bild 1 sind die Abflüsse für den Oberrhein bei Rheinhalle (km 164,30) oberhalb von Basel und unmittelbar unterhalb der AWBR-Messstelle Basel-Birsfelden für die Jahre 2023 - 2025 im Vergleich zu den langfristigen Monatsmittelwerten der Perioden 1891-2000, 1991- 2020 und 2020-2025 dargestellt.

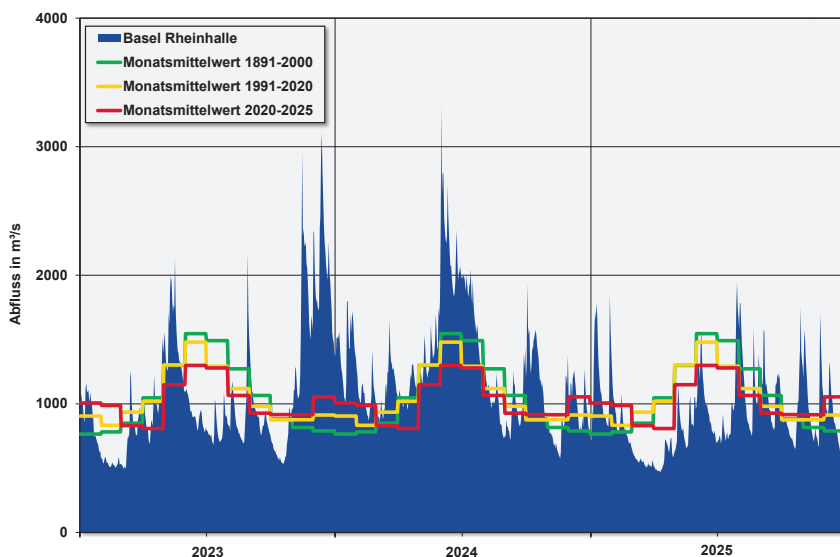


Bild 1: Wasserführung im Rhein bei Basel-Rheinhalle (2023 – 2025) im Vergleich zur langjährigen mittleren Wasserführung

Die langjährigen Monatsmittelwerte am Pegel Basel-Rheinhalle (früher „Schiffslände“) zeigen den am Rhein früher typischen Jahresgang mit

Niedrigwasser in der Winterperiode und Hochwassersituationen gegen Jahresmitte gespeist durch die Schneeschmelze in den Alpen. Vergleicht man die verschiedenen langfristigen Beobachtungszeiträume miteinander, so zeigt sich bereits jetzt ein Rückgang der Wasserführungen in der Jahresmitte und eine Zunahme über den Jahreswechsel.

Die Abflussdaten der Jahre 2023, 2024 und 2025 zeigen, wie unterschiedliche einzelne Jahre verlaufen können. Gerade 2025 bleiben die Abflüsse deutlich hinter den Erwartungen aus der langfristigen Beobachtung zurück und weisen zudem nicht mehr den typischen Jahresgang auf.

In Bild 2 sind die relativen Abflüsse bezogen auf den langjährigen Mittelwert der Jahre 1980 bis 2025 dargestellt. Für Basel (Pegel Rheinhalle, Mittelwert 1869-2020: 1042 m³/s) und Karlsruhe (Pegel Maxau, Mittelwert 1921-2024: 1237 m³/s) lagen in den letzten 20 Jahren die relativen Wasserführungen (basierend auf den Jahresmittelwerten) überwiegend nahe oder unterhalb der langjährigen Vergleichswerte. Während im Jahr 2024 die Wasserführungen überdurchschnittlich waren lagen diese 2025 wieder deutlich unter dem langfristigen Mittel.

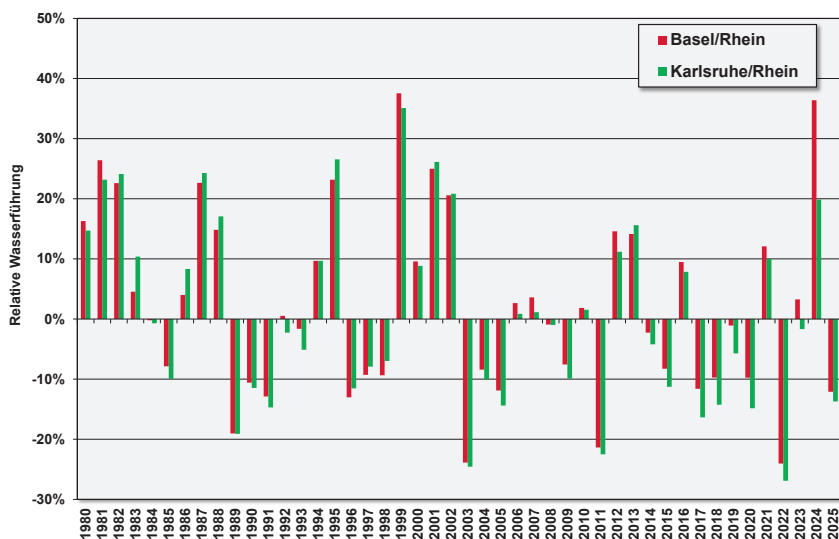


Bild 2: Relative Wasserführung im Rhein bezogen auf die langjährige Wasserführung (1995 – 2025)

Der Trend kontinuierlich steigender **Wassertemperaturen** im Rhein spiegelt die Auswirkung des Klimawandels wider (Bild 3). Der mittlere Anstieg seit 1971 auf Grundlage der gemessenen Daten lässt sich auf ca. 0,05 Kelvin je Kalenderjahr abschätzen. Der Verlauf der Wassertemperaturen geht mit dem Verlauf der mittleren Lufttemperaturen und der Sonnenscheindauer gut einher. Ein unmittelbarer Einfluss der Abschaltung des AKW Fessenheim im Jahr 2020 mit einer Wärmelast von ca. 3600 MW ist nicht sicher herleitbar.

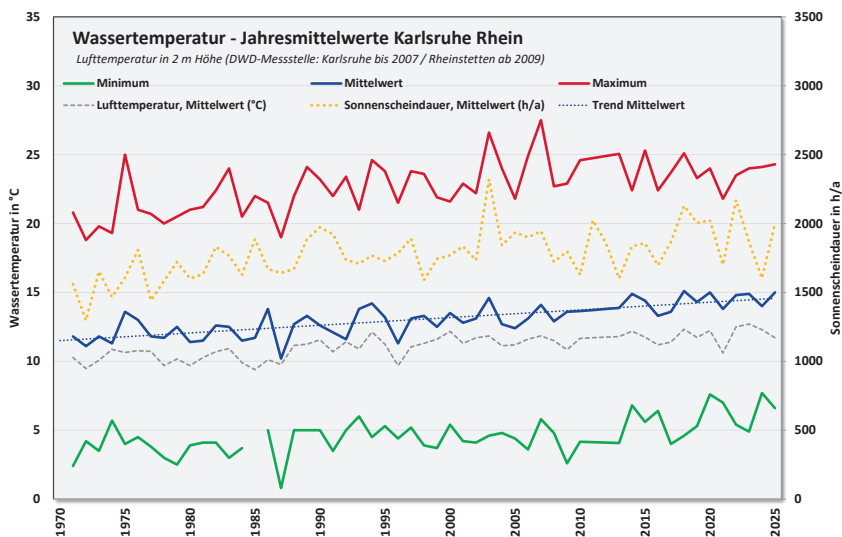


Bild 3: Langfristige Entwicklung der Wassertemperatur im Rhein bei Karlsruhe-Maxau (1971 - 2025)

Bei den allgemeinen Qualitätsparametern **elektrische Leitfähigkeit**, **pH-Wert** und den anorganischen Messgrößen **Chlorid**, **Nitrat** und **Sulfat** wurden auch 2025 keine Überschreitungen der Zielwerte des ERM ermittelt (Tabelle 1). Der **Sauerstoffgehalt** unterschreitet die geforderte Mindestkonzentration von 8 mg/L nur an der Messstelle Basel kurzfristig. Die Gehalte an **Ammonium** wiesen an allen Beobachtungsstellen zeitweise Überschreitungen des ERM-Zielwertes auf.

Tabelle 1: Mittel- und Maximalwert 2025 allgemeiner Parameter im Vergleich zu den geltenden ERM-Zielwerten

Parameter	ERM-Zielwert	Basel Rhein		Karlsruhe Rhein		Leipheim Donau	
		Mw.	Max.	Mw.	Max.	Mw.	Max.
Wassertemperatur	< 25 °C	15,1	24,0	14,0	24,1	12,0	18,2
Elektrische Leitfähigkeit (25°C)	< 70 mS/m	36	41	32	34	54	61
Sauerstoffgehalt [mg/L]	> 8 mg/L	12,9	7,5*	10,9	9,6*	10,7	8,6*
pH-Wert [-]	7 – 9	8,00 – 8,32		7,90 – 8,28		-	
Chlorid [mg/L]	< 100 mg/L	14	19	16	21	26	32
Sulfat [mg/L]	< 100 mg/L	26	30	29	29	19	24
Ammonium [mg/l]	< 0,03 mg/L	0,02	0,05	0,02	0,04	0,03	0,05
Nitrat [mg/L]	< 25 mg/L	6,6	8,9	5,8	7,7	11	16

* Minimum des Sauerstoffgehaltes

Summarische organische Messgrößen

Die organischen summarischen Messgrößen **DOC**, **TOC**, **SAK (254)** und **AOX** erfüllen am Rhein die Anforderungen aus dem ERM 2020 (Tabelle 2). An der Donau bei Leipheim weist lediglich der TOC mit 4,5 mg/L eine kurzzeitige Überschreitung auf. An der Messstelle Mannheim (Neckar) werden die Zielwerte des ERM wegen des hohen Abwasseranteils von DOC und TOC bereits im Jahresmittel, bei SAK (254) und AOX im Maximum überschritten.

Tabelle 2: Mittel- und Maximalwert 2025 summarischer organischer Messgrößen im Vergleich zu den geltenden ERM-Zielwerten

Parameter	ERM-Zielwert	Basel Rhein		Karlsruhe Rhein		Mannheim Neckar		Leipheim Donau	
		Mw.	Max.	Mw.	Max.	Mw.	Max.	Mw.	Max.
DOC	3 mg/L	1,7	2,4	1,8	2,2	3,4	4,4	1,9	2,7
TOC	4 mg/L	2,2	3,6	2,3	3,2	4,4	8,4	2,6	4,5
SAK (254)	10 1/m	3,7	6,4	4,3	6,9	8,1	11	4,9	8,0
AOX	25 µg/L	<5	7	6	9	12	14	9	9

Organische Spurenstoffe

Organische Spurenstoffe sowie Produktionshilfsmittel und Transformationsprodukte aus Industrie, Gewerbe, Landwirtschaft und Pharmazeutika stellen die größten untersuchten Stoffgruppen dar. Die aus Sicht der Wasserversorgung entscheidenden Kriterien für die Bewertung der Einträge sind dabei Persistenz (P), Mobilität (M) und ggf. Toxizität (T) der Verbindungen. Hohe Mobilität und große Persistenz lassen diese Verbindungen bis in das Rohwasser vordringen, wo diese meist nur mit zusätzlichen Verfahren zu entfernen sind. Dies ist mit dem Grundsatz einer naturnahen Aufbereitung nicht zu vereinbaren. Der Eintrag solcher Stoffe in die Gewässer oder das Grundwasser ist zu vermeiden und die Kosten für erforderliche ergänzenden Maßnahmen sind vom Verursacher zu tragen.

Pflanzenschutzmittel (PSM) und deren Metabolite

Die Untersuchungen auf ausgewählte Pflanzenschutzmittel und deren Metaboliten (M) wurde im Gebiet der AWBR ab 2020 auf das Herbizid Glyphosat und dessen Metabolit AMPA (M) reduziert. Die anderen beobachteten Pflanzenschutzmittel waren an den von der AWBR untersuchten Stellen bis dahin unauffällig.

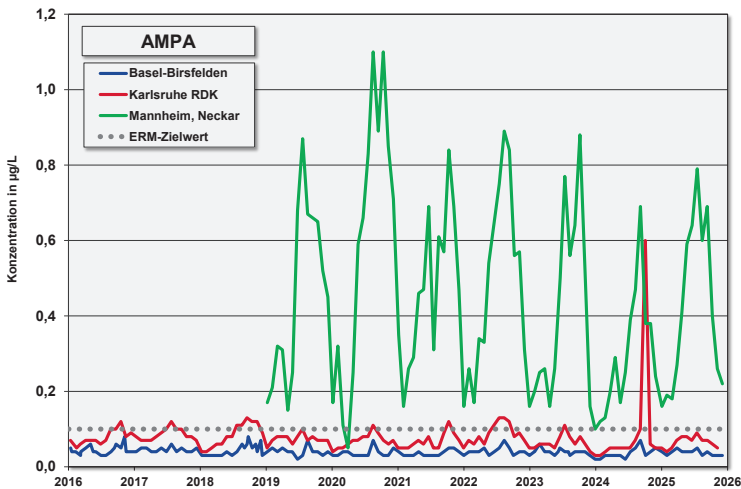


Bild 4: Konzentrationen von AMPA in Rhein und Neckar (2016 – 2025)

Die Konzentrationen von Glyphosat lagen an den Messstellen im Oberrhein und oberhalb der Mündung des Neckars unterhalb des ERM-Zielwertes. Dessen Metaboliten AMPA lag 2025 bei Karlsruhe nicht mehr über 0,1 µg/L (Bild 4). Am Neckar bei Mannheim wurde 2025 durchweg der ERM-Zielwert von 0,1 µg/L überschritten und eine Periodizität ist deutlich erkennbar.

Metabolite von Chlorthalonil

Chlorthalonil sorgte insbesondere in der Schweiz für eine größere Diskussion. Dabei waren die Metabolite von besonderer Bedeutung. Im Jahr 2025 wurden diese Stoffe daher im Rahmen einer Bestandsaufnahme in das AWBR-Untersuchungsprogramm aufgenommen.

Tabelle 3: Mittel- und Maximalwert 2025 bekannter Chlorthalonil-Metabolite

Parameter	ERM-Zielwert	Basel Rhein		Karlsruhe Rhein		Mannheim Neckar	
		Mw.	Max.	Mw.	Max.	Mw.	Max.
Chlorthalonil M7	0,1 µg/L	<0,05	<0,05	0,04	0,19	0,03	0,14
Chlorthalonil R182281	0,1 µg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Chlorthalonil R417888 M12	0,1 µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Chlorthalonil R418503 M13	0,1 µg/L	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Chlorthalonil R419492 M8	0,1 µg/L	<0,03	0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Chlorthalonil R471811 M4	0,1 µg/L	0,03	0,07	0,03	0,06	0,06	0,32
Chlorthalonil R611553	0,1 µg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Chlorthalonil R611965 M5	0,1 µg/L	<0,05	<0,05	0,03	0,07	<0,05	<0,05
Chlorthalonil R611968 M9	0,1 µg/L	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Chlorthalonil R950097	0,1 µg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Chlorthalonil SYN507900	0,1 µg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
Chlorthalonil SYN546872	0,1 µg/L	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03

Wie aus Tabelle 3 hervorgeht, werden die Anforderungen aus dem ERM bis auf wenige Ausnahmen eingehalten. Von einer weiteren regelmäßigen Beobachtung durch die AWBR wird daher zukünftig abgesehen.

Arzneimittelwirkstoffe und Metabolite/Transformationsprodukte

Die Wirkstoffe von Arzneimitteln sowie deren Metabolite bzw. Transformationsprodukte (TP) nehmen im Untersuchungsprogramm der AWBR derzeit den größten Raum ein. Die Auswertung der Untersuchungen im Jahr 2025 sind in Tabelle 4 aufgeführt.

Metformin wird häufig in Kombination mit anderen Wirkstoffen bei Diabetes mellitus Typ 2 verabreicht. Als Monopräparat hatte dieser Wirkstoff früher einen Verbrauchsanteil von über 40 %, wurde zur Reduzierung von Nebenwirkungen jedoch zunehmend in Kombinationspräparaten mit weiteren Wirkstoffen eingesetzt. Von besonderer Bedeutung ist der Metabolit **Guanylharnstoff**, der in deutlich höheren Konzentrationen wie der ursprüngliche Wirkstoff nachgewiesen wird.

Der Rückgang der Konzentrationen von Metformin (Antidiabetikum) und dessen Transformationsprodukt Guanylharnstoff kann mit diesem veränderten Einsatz sowie mit verbessertem Abbau und Rückhalt in den Kläranlagen erklärt werden. In den Jahren 2024 und 2025 lagen die Konzentrationen dieser beiden Verbindungen im Bereich von 0,5 µg/L und meist darunter. Die im Rhein nachgewiesenen Konzentrationen übersteigen damit weiterhin den ERM-Zielwert von jeweils 0,1 µg/L deutlich (Bild 5).

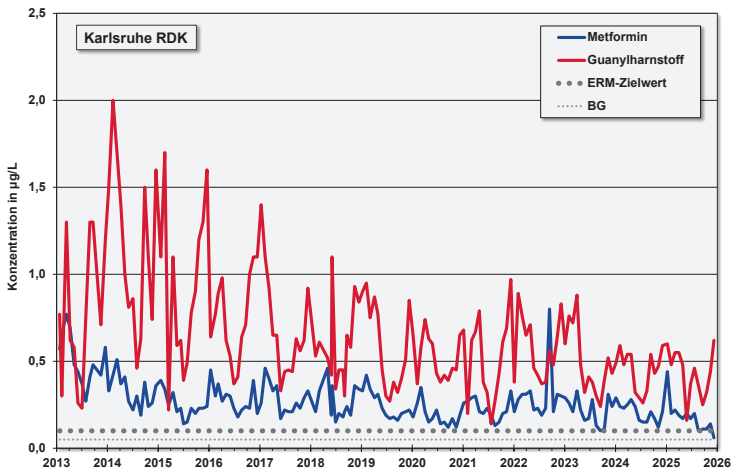


Bild 5: Metformin- und Guanylharnstoff-Konzentrationen an der Messstelle Basel (2013 – 2025)

Tabelle 4: Mittel- und Maximalwerte 2025 von pharmazeutischen Wirkstoffen und deren Metabolite bzw. Transformationsprodukte in Rhein und Neckar - Angaben in µg/L (ERM-Zielwert: 0,1 µg/L)

Parameter	Basel		Karlsruhe		Mannheim	
	Mw.	Max.	Mw.	Max.	Mw.	Max.
Atenolol	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Atenololsäure (M)	0,02	0,03	0,02	0,03	0,12	0,16
Bezafibrat	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Carbamazepin	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,06	0,11
10,11-Dihydro-10,11-dihydroxycarbamazepin (M)	0,02	0,03	0,02	0,03	0,13	0,22
Cetirizin	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,02	0,05
Diclofenac	0,02	0,03	0,01	0,03	0,08	0,16
Fexofenadin	0,02	0,04	0,02	0,04	0,04	0,16
Furosemid	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02
Gabapentin	0,04	0,05	0,05	0,07	0,22	0,33
Hydrochlorothiazid	<0,01	<0,01	0,01	0,02	0,06	0,12
Ibuprofen	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,06
Lamotrigin	0,03	0,04	0,04	0,06	0,20	0,35
Levitiracetam	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,07
Lidocain	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,02
Metformin	0,19	0,29	0,18	0,44	0,68	1,0
Guanylharnstoff (M)	0,45	0,85	0,43	0,62	1,5	2,5
Metoprolol	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,10	0,16
N-Acetyl-4-aminoantipyrin (AAA) (M)	0,05	0,06	0,05	0,07	0,29	0,49
N-Formyl-4-aminoantipyrin (FAA) (M)	0,04	0,07	0,06	0,09	0,51	0,76
Naproxen	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,04
Oxazepam	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	<0,01	<0,01
Oxipurinol (M)	0,05	0,08	<0,03	0,09	1,1	2,0
Phenazon	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,06
Pregabalin	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,03	0,05
Primidon	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,05
Sitagliptin	0,02	0,04	0,04	0,06	0,24	0,33
Sotalol	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Sulfamethoxazol	0,01	0,02	0,02	0,03	0,08	0,15
Acetyl-Sulfamethoxazol	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,02
Tramadol	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,05
Venlafaxin	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,05	0,08
Didesmethylvenlafaxin (M)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,04
o-Desmethylvenlafaxin (M)	<0,01	0,03	0,01	0,02	0,08	0,13

Seit Mitte 2015 wird nach auffälligen Befunden am Main von den Wasserversorgern auf Oxipurinol, das im Körper entstehende wirksame Transformationsprodukt des verordneten Gichtmittels Allopurinol, untersucht. Am Rhein bei Basel und Karlsruhe werden die Anforderungen aus dem ERM seit 2025 eingehalten (Bild 6). Am Neckar, an dem erst 2022 mit Untersuchungen begonnen wurde, liegen die Befunde erheblich höher und zeigen bei großer Schwankungsbreite weiter Maximalbefunde mehrfach oberhalb einer Konzentration von 1 µg/L.

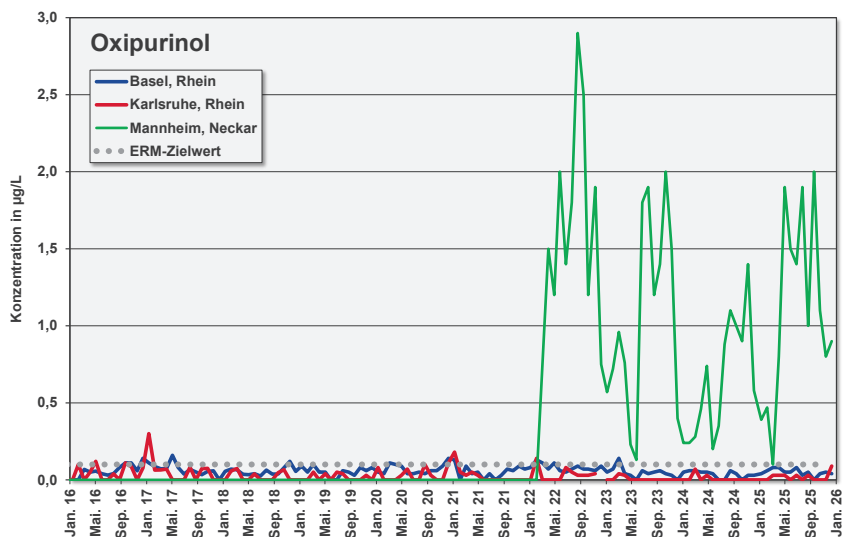


Bild 6: Konzentrationen von Oxipurinol in Rhein und Neckar (2016 - 2025)

Tabelle 5: Mittel- und Maximalwerte 2025 der pharmazeutischen Wirkstoffe aus der Gruppe der Sartane in Rhein und Neckar - Angaben in µg/L

Parameter	Basel		Karlsruhe		Mannheim	
	Mw.	Max.	Mw.	Max.	Mw.	Max.
Candesartan	0,02	0,03	0,04	0,05	0,39	0,66
Irbesartan	<0,01	<0,01	0,02	0,03	0,03	0,04
Lorsartan	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Olmesartan	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,08
Telmisartan	<0,01	<0,01	0,01	0,04	0,07	0,10
Valsartan	0,03	0,07	0,04	0,08	0,15	0,28
Valsartansäure (M)	0,06	0,08	0,08	0,10	0,41	0,78

Sartane werden als Blutdrucksenker meist in Kombination mit Herzinsuffizienz eingesetzt und als Wirkstoff oder Abbauprodukt über den Abwasserpfad in die Gewässer eingetragen. Die Valsartansäure kann dabei aus einigen der zugelassenen Sartanen gebildet werden. Am Oberrhein wurden die ERM-Zielwerte eingehalten, während am Neckar bei Candesartan, Valsartan und Valsartansäure bereits im Jahresmittelwert Überschreitungen des ERM-Zielwertes vorliegen.

Tabelle 6: Mittel- und Maximalwerte 2025 von Röntgenkontrastmitteln in Rhein und Neckar - Angaben in µg/L

Parameter	Basel		Karlsruhe		Mannheim	
	Mw.	Max.	Mw.	Max.	Mw.	Max.
Amidotrizoesäure	<0,01	0,02	0,02	0,03	0,22	0,39
Iohexol	0,03	0,10	0,07	0,16	0,57	0,79
Iomeprol	0,17	0,31	0,26	0,51	0,99	1,7
Iopamidol	0,08	0,15	0,11	0,20	0,51	1,1
Iopromid	0,07	0,12	0,11	0,21	0,23	0,38

Seit 2002 und damit mehr als zwanzig Jahren untersucht die AWBR auf die fünf wichtigsten Röntgenkontrastmittel (RKM). Dabei überschreiten am Oberrhein die meisten dieser Verbindungen den ERM-Zielwert von 0,1 µg/L. Wie aus Tabelle 6 hervorgeht, kommt es bei Iomeprol, Iopamidol und Iopromid an der Messstelle Karlsruhe bereits durch den Mittelwert zu Überschreitungen. Aus Sicht der Wasserversorgung wäre die Umsetzung von Reduzierungsmaßnahmen angezeigt. Am Neckar liegen aufgrund des hohen Abwasseranteils die Werte für alle Röntgenkontrastmittel deutlich höher.

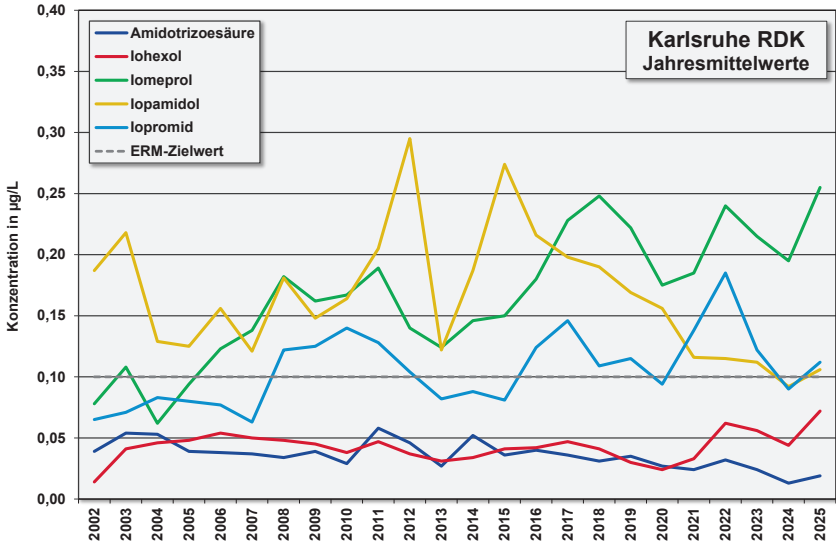


Bild 7: Konzentrationsmittelwerte von Röntgenkontrastmittel im Rhein bei Karlsruhe (2010 – 2025)

Die Befunde im Rhein bei Karlsruhe zeigen deutliche Schwankungen im Jahrgang, weshalb hier die Mittelwerte eines Jahres dargestellt sind (Bild 7). Die Werte für Amidotrizoesäure und Iohexol liegen deutlich unterhalb des ERM-Zielwertes. Iomeprol hingegen zeigt zunehmende Werte und überschreitet den ERM-Zielwert langfristig. Für Iopamidol zeigt sich in den letzten Jahren ein abnehmender Trend. Bei Iopromid ist kein eindeutiger Trend ableitbar.

Industriechemikalien

Alle größeren Fließgewässer sind mit Industriechemikalien, die im Einzugsgebiet produziert, verarbeitet oder angewendet werden, belastet. Der Eintrag erfolgt punktuell unterhalb der Produktions- oder Verarbeitungsstätten oder diffus durch die Anwendung. Verbindungen, die persistent, mobil und ggf. toxisch sind, haben aus Sicht der Wasserversorgung eine besonders große Bedeutung. Ihre Entfernung bei der Trinkwasseraufbereitung ist nicht oder nur mit hohem Aufwand möglich.

Bei den synthetischen Komplexbildnern **NTA** und **DTPA** konnten bereits vor einigen Jahren erhebliche Verbesserungen erzielt werden und der ERM-Zielwert wird eingehalten. Der seit 2013 geltende ERM-Zielwert von 1 µg/L wird für **EDTA** am Oberrhein bei Karlsruhe noch immer regelmäßig und in Basel zeitweise überschritten und bewegt sich auf relativ stabilem Niveau (Bild 8). Am Neckar liegen die Befunde mit einem Maximalwert von 6,3 µg/L weiter deutlich über der Anforderung aus dem ERM.

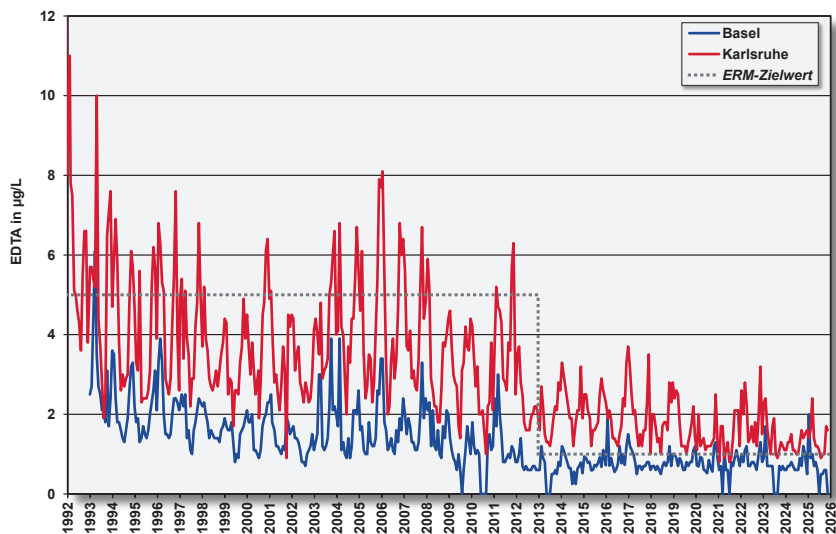


Bild 8: EDTA-Konzentrationen im Rhein bei Basel und Karlsruhe (1992 – 2025)

Auf den leicht abbaubaren Komplexbildner **MGDA** (Methylglycindiessigsäure) wird seit 2020 untersucht. Er wird zur Wasserenthärtung (Wasch-, Reinigungsmittel) und in den Bereichen Galvanik und Kosmetik sowie bei der Papier- und Textilherstellung eingesetzt. An Oberrhein und Neckar werden Überschreitungen des ERM-Zielwertes festgestellt. (Bild 9).

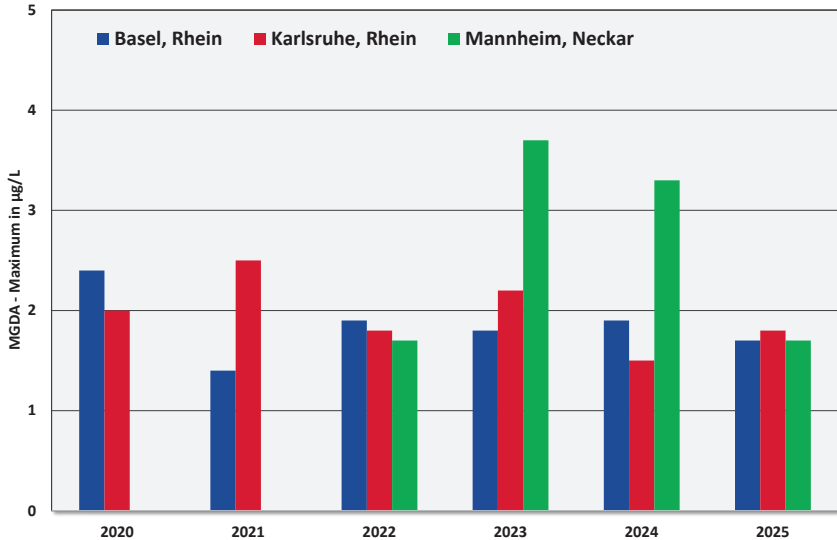


Bild 9: Maximalwert von MGDA in Rhein und Neckar (2020 - 2025)

Der Korrosionsinhibitor **1H-Benzotriazol** und dessen zwei Methyl-derivate **4-Methyl-Benzotriazol** und **5-Methyl-Benzotriazol** sind persistent und mobil und somit für die Wasserversorgung von Relevanz. Bei der Abwasserreinigung können diese Verbindungen nur unzureichend entfernt werden und gelangen so in die Fließgewässer. Der ERM-Zielwert von 0,1 µg/L wird von 1H-Benzotriazol im Rhein bei Karlsruhe weiterhin dauerhaft überschritten, auch wenn das Konzentrationsniveau in den letzten Jahren etwas niedriger zu liegen scheint. Für die beiden Derivate 4- und 5-Methylbenzotriazol wird der ERM-Zielwert meist eingehalten (Bild 10). Im Neckar bei Mannheim wurde der ERM-Zielwert bei allen drei Verbindungen bereits von den Mittelwerten überschritten.

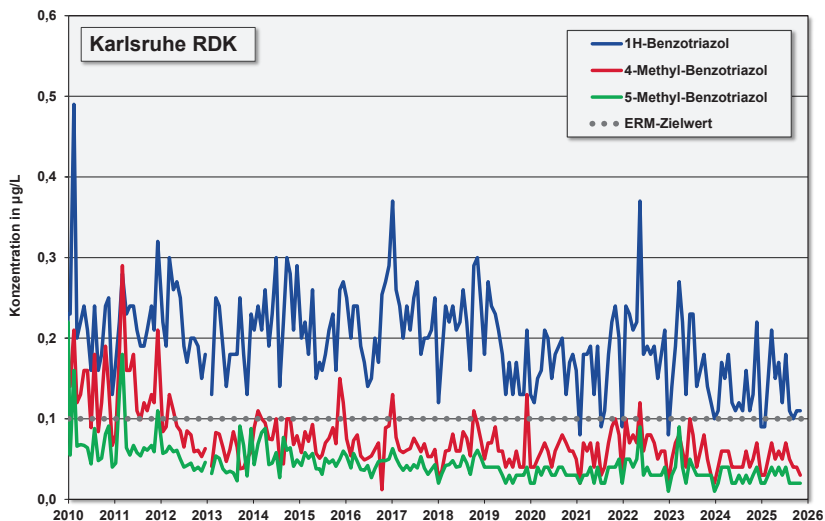


Bild 10: Konzentrationen von 1H-Benzotriazol und seiner Derivate im Rhein bei Karlsruhe (2010 – 2025)

In Tabelle 7 sind die Mittel- und Maximalwerte von wichtigen Industriechemikalien an den Messstellen Basel-Birsfelden und Karlsruhe RDK sowie Mannheim im Neckar für das Untersuchungsjahr 2025 aufgeführt. Ebenso liegen für ausgewählte Parameter Ergebnisse für die Messtelle Leipheim an der Donau vor.

Für **1,4-Dioxan**, und **Melamin** werden am Oberrhein noch immer größere Überschreitungen des ERM-Zielwertes von 0,1 µg/L festgestellt (Tabelle 7). Am Neckar liegen die Befunde für fast alle Verbindungen deutlich höher und mehrere der Stoffe überschreiten die Zielerfordernungen. Auf die Verbindungen EDTA, MGDA und 1-H-Benzotriazol wurde bereits weiter oben eingegangen.

Tabelle 7: Mittel- und Maximalwerte 2025 von Industriechemikalien - Angaben in µg/L

Parameter	ERM-Zielwert	Basel		Karlsruhe		Mannheim		Leipheim	
		Mw.	Max.	Mw.	Max.	Mw.	Max.	Mw.	Max.
NTA	1 µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
EDTA	1 µg/L	0,7	2,0	1,4	2,4	4,8	6,3	2,9	4,4
DTPA	1 µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
MGDA	1 µg/L	<1	1,7	<1	1,8	1,3	1,73	<1	<1
1H-Benzotriazol	0,1 µg/L	0,09	0,12	0,13	0,21	0,85	1,4	-	-
4-Methylbenzotriazol	0,1 µg/L	0,03	0,05	0,05	0,07	0,24	0,36	-	-
5-Methylbenzotriazol	0,1 µg/L	0,02	0,03	0,03	0,04	0,12	0,17	-	-
1,4-Dioxan	0,1 µg/L	0,12	0,22	0,11	0,16	0,44	0,75	-	-
Melamin	0,1 µg/L	0,18	0,32	0,39	0,83	1,1	2,6	-	-
Trifluoacetat (TFA)	1 µg/L	0,54	0,70	0,68	0,92	2,0	2,9	-	-
Amidosulfonat (ASA)	-	21	31	21	34	88	180	-	-

Für die anorganische Substanz **Amidosulfonat** (ASA) wurde kein ERM-Zielwert festgelegt, jedoch legen die hohen Konzentrationen eine Beobachtung nahe. Dieser Stoff wird in großen Mengen als Entkalkungsmittel in Industrie, Gewerbe und vielen Haushaltsprodukten eingesetzt und ist sehr gut in Wasser löslich.

Das Lösungsmittel **1,4-Dioxan** ist gesundheitsschädlich, mit Wasser gut mischbar und daher zu beobachten. Am Oberrhein wurde der ERM-Zielwert von 0,1 µg/L zeitweise und am Neckar dauerhaft überschritten (Bild 11). Eine weitere Konzentrationsverminderung ist am Rhein bei seit einigen Jahren stabilem Niveau nicht erkennbar. Die deutlich höheren 1,4-Dioxan-Gehalte im Neckar sind auf den im Verhältnis zum Abfluss höheren Abwasseranteil zurückzuführen.

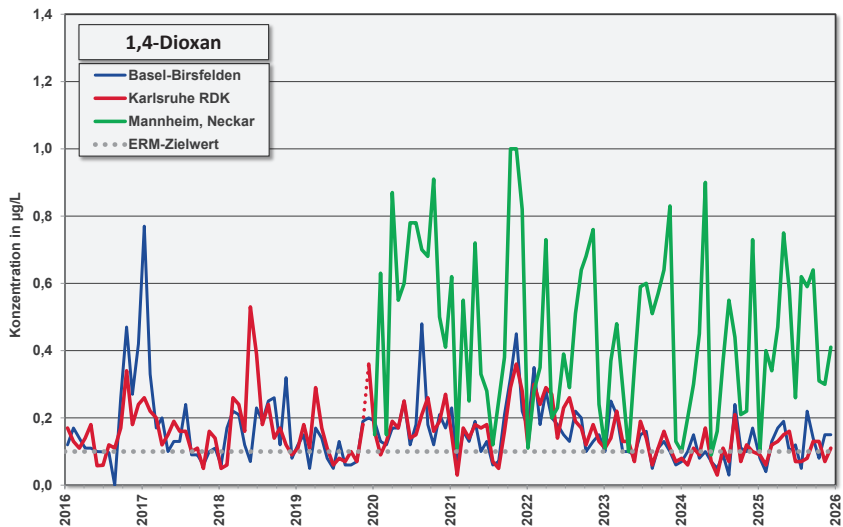


Bild 11: 1,4-Dioxan-Konzentrationen im Rhein bei Basel und Karlsruhe (2016 - 2024) und im Neckar bei Mannheim (2020 - 2025)

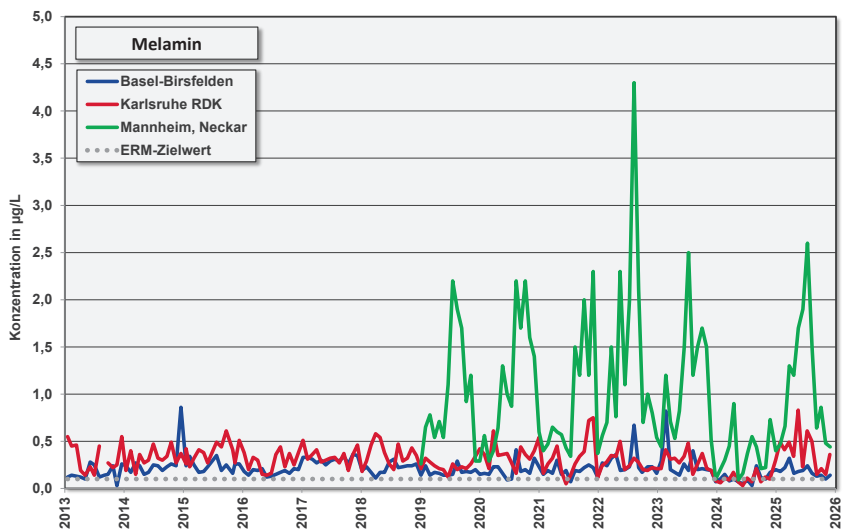


Bild 12: Melamin-Konzentrationen in Rhein (2013 - 2025) und Neckar (2019 - 2025)

Melamin (Bild 12) wird mit mehr als 100.000 t/a produziert, findet bei der Herstellung vieler Werk- und Gebrauchsstoffe Verwendung und wird so über kommunale und industrielle Kläranlagen in viele Gewässer eingetragen. Am Rhein wird der ERM-Zielwert von 0,1 µg/L an den Messstellen Basel und Karlsruhe noch immer häufiger überschritten. Im Neckar werden wie bei vielen anderen Stoffen deutlich höhere Werte bestimmt. Die deutlich geringeren Belastungen im Jahr 2024 sind auf größere Wasserführungen in diesem abflussreicheren Jahr zurückzuführen.

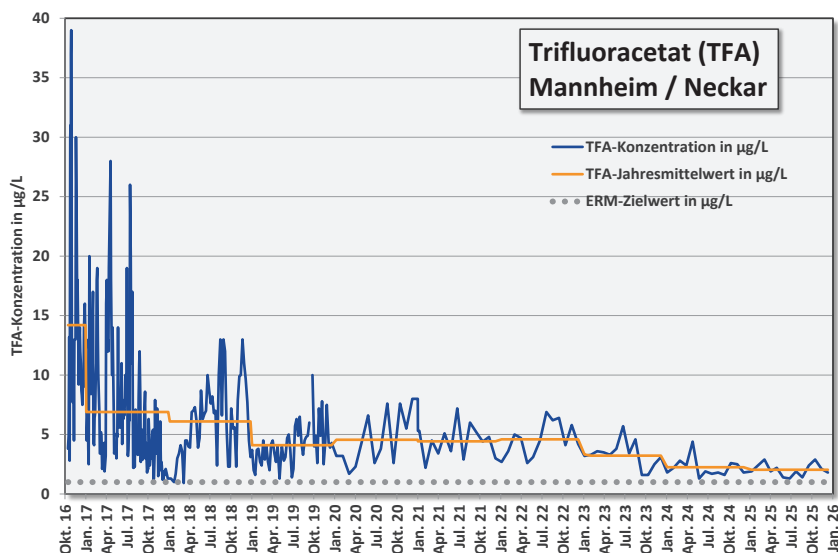


Bild 13: TFA-Konzentrationen und Jahresmittelwerte im Neckar bei Mannheim (10/2016 – 12/2025)

Trifluoracetat (TFA) ist mobil und persistent und wird deshalb als wasserwerks- und trinkwasserrelevant eingestuft. Diese Verbindung stammt aus verschiedenen Quellen (Kühlmittel, Pflanzenschutzmittel, pharmazeutische Wirkstoffe), wird überwiegend diffus eingetragen und ist global verbreitet. Eine Entfernung bei der Trinkwasseraufbereitung ist mit naturnahen Verfahren nicht möglich.

Nach der Identifizierung des Einleiters von TFA am Neckar Mitte 2016 wurden in aufwändigen Verhandlungen Reduzierungsmaßnahmen erwirkt, die zu einer Verminderung der Konzentrationen führte (Bild 13). Laut Einleiter soll die Produktion und Verarbeitung fluorierter Produkte im 1. Quartal 2026 vollständig vom Neckar weg verlagert werden. Wie sich dies auf die Verhältnisse am Neckar auswirkt werden die AWBR-Untersuchungsdaten zeigen. Die durch die Belastung des Neckars bedingten hohen Werte in den Uferfiltraten der Wasserwerke am unteren Neckar werden erst längerfristig zurückgehen.

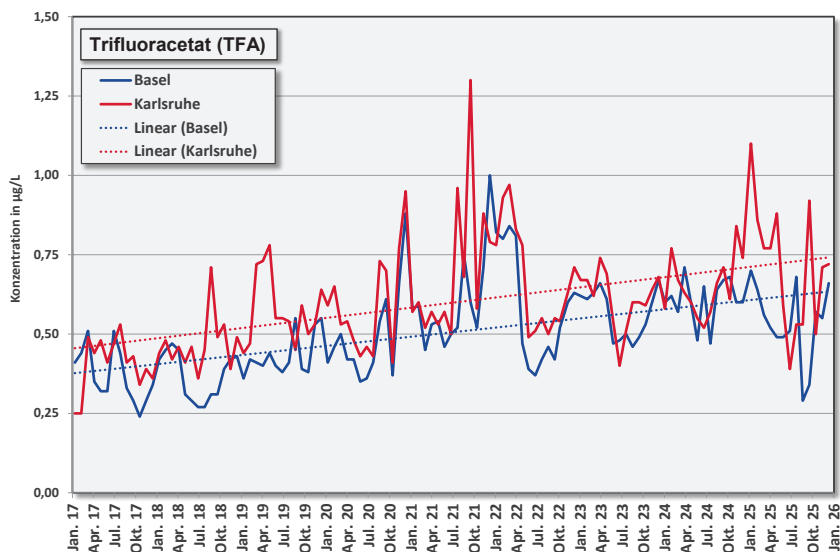


Bild 14: TFA-Konzentrationen im Rhein bei Basel und Karlsruhe (2017 – 12/2025)

Im Rhein wurden die Konzentrationen für TFA ebenfalls seitdem gemessen. Wie die in Bild 14 dargestellten Konzentrationsverläufe zeigen, stiegen die Werte seitdem an beiden AWBR-Messstellen stetig an und liegen im Bereich von 75% des ERM-Zielwertes von 1 µg/L für TFA.

Per- und Polyfluorierte Alkylsubstanzen (PFAS)

Vor dem Hintergrund der anhaltenden Diskussionen zu den per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen, die in der Öffentlichkeit als „Ewigkeitschemikalien“ bezeichnet werden, hat die AWBR 2025 eine Bestandsaufnahme an den Hauptmessstellen durchgeführt. Die in Tabelle 8 dargestellten Mittel- und Maximalwerte zeigen, dass nur die fünf bereits bekannten Verbindungen PFBA, PFHxA, PFOA, PFOS und PFPeA oberhalb der Bestimmungsgrenze nachgewiesen wurden.

Tabelle 8: Mittel- und Maximalwerte 2025 von per- und polyfluorierten Alkylsubstanzen (PFAS) - Angaben in µg/L

Parameter	ERM-Zielwert	Basel		Karlsruhe		Mannheim	
		Mw.	Max.	Mw.	Max.	Mw.	Max.
Perfluorbutanoat (PFBA)	-	1,8	2,1	1,9	2,1	3,6	4,1
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	-	<1	<1	<1	<1	2,4	2,5
Perfluordecanoat (PFDA)	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Perfluordecansulfonat (PFDS)	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Perfluordodecanoat (PFDaA)	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Perfluordodecansulfonat (PFDoS)	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Perfluorheptanoat (PFHpA)	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Perfluorhexanoat (PFHxA)	-	1,3	1,4	1,6	1,8	4,6	4,8
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Perfluornonanoat (PFNA)	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Perfluornonansulfonat (PFNS)	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Perfluoroctanoat (PFOA)	-	<1	<1	1,4	1,4	2,6	2,7
Perfluoroctansulfonat (PFOS)	-	1,1	1,1	2,3	2,9	1,7	1,7
Perfluorpentanoat (PFPeA)	-	<1	<1	1,7	1,8	4,0	5,0
Perfluorpentansulfonat (PFPeS)	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Perfluortridecanoat (PFTriDA)	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Perfluortridecansulfonat (PFTriS)	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Perfluorundecanoat (PFUnA)	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Perfluorundecansulfonat (PFUNS)	-	<1	<1	<1	<1	<1	<1

Am Bodenseezufluss Goldach kam es über den Jahreswechsel 2021/2022 zur Einleitung von Perfluorooctansulfonat (PFOS) nach Vorkommnissen in einem wenig oberhalb der Mündung gelegenen Betrieb. Die AWBR hat seitdem die Untersuchungen auf perfluorierte Verbindungen an der Goldach niederfrequent weitergeführt.

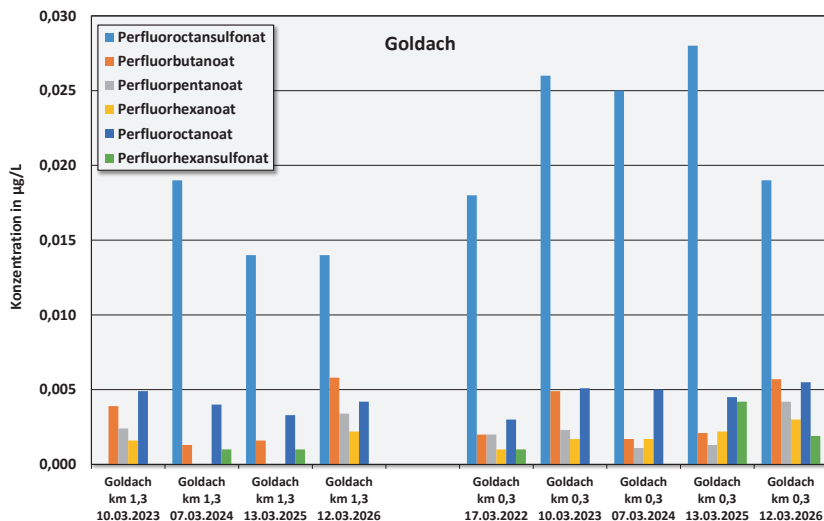


Bild 15: Befunde ausgewählter PFAS in der Goldach (2023 – 2026)

Der Vergleich der Konzentrationsunterschiede auf der entscheidenden Gewässerstrecke von ca. 1 km ist in Bild 15 dargestellt. In allen untersuchten Proben weist PFOS die höchsten Gehalte in dieser Gruppe auf. Zudem zeigt sich in den vergleichenden Untersuchungen eine Zunahme der Konzentrationen von PFOS. Die weiteren auffälligen Verbindungen sind auf eine oberhalb der untersuchten Strecke liegende Altlast zurückzuführen.

Künstliche Süßstoffe

Seit 2010 werden Gewässerproben auf vier der elf in der EU zugelassenen künstlichen Süßstoffe untersucht. Der Eintrag erfolgt über kommunalen Kläranlagen, was auf den weitverbreiteten Konsum dieser Stoffe zurückzuführen ist (Bild 16).

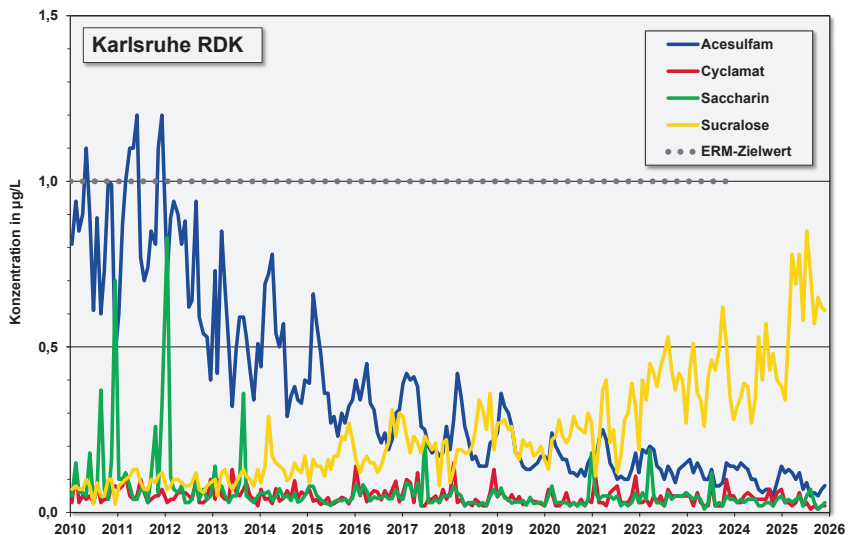
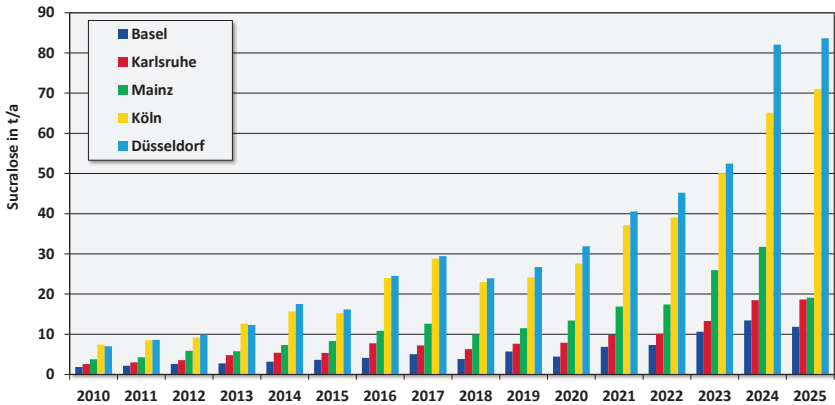
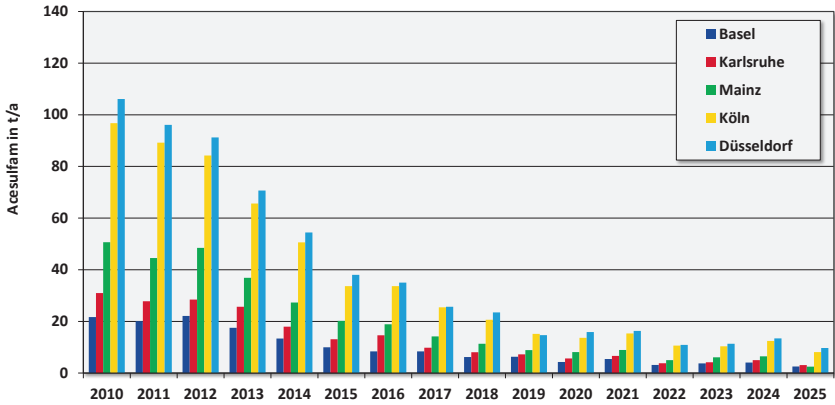


Bild 16: Süßstoff-Konzentrationen im Rhein bei Karlsruhe (2010 - 2025)

Die Konzentrationen von Acesulfam verharren auf dem mittlerweile deutlich niedrigeren Niveau als zu Beginn der Untersuchungen und sind mittlerweile unterhalb des ERM-Zielwertes von 1,0 µg/L. Die Gehalte der beiden Süßstoffe Saccharin und Cyclamat liegen ebenfalls unterhalb dieser Anforderung. Sucralose zeigt weiter die seit einigen Jahren deutlich ansteigenden Konzentrationen. Gut zu erkennen ist auch hier die Auswirkung des abflussreichen Jahr 2024 mit seinen höheren Wasserführungen mit stärkerer Verdünnung im Gewässer.



Frachten von Acesulfam (oben) und Sucralose (unten) im Rhein (2010 – 2025)

Die Entwicklung der beiden Süßstoffe mit den größten Veränderungen lässt sich anhand der Frachten im Rheinlängsprofil am deutlichsten aufzeigen (Bild 17). Für Acesulfam haben sich die Frachten auf niedrigem Niveau weiter stabilisiert. Die Fracht an Sucralose hat 2024 besonders am Niederrhein nochmals deutlich zugenommen. Die Jahresfrachten für Sucralose verbleiben auf hohem Niveau.

Organische Spurenstoffe in den Alpenseen

Einmal jährlich zum Zeitpunkt der möglichen Durchmischung finden Untersuchungen in den Alpenseen statt, da zu diesem Zeitpunkt die Konzentrationen in allen Tiefenstufen gleich sind. Die für den März 2026 aus den Messwerten aller Seemessstellen berechneten Minimal- und Maximalkonzentrationen an Bodensee und Zürichsee sind in Tabelle 9 zusammengestellt.

In den durch die AWBR untersuchten Alpenseen überschreiten nur wenige Verbindungen die Anforderungen aus dem Europäischen Fließgewässermemorandum (ERM). So sind nur am Bielersee die Röntgenkontrastmittel Iomeprol (0,46 µg/L) und Iopromid (0,14 µg/L) auffällig. Auf einige Verbindungen wird nachfolgend eingegangen.

Die Konzentrationen an **Trifluoracetat** (TFA) zeigen in den Alpenseen weiter einen steigenden Trend (Bild 18) und haben 2026 nochmals deutlich zugenommen. Die Werte nähern sich damit in allen beobachteten Alpenseen langsam dem ERM-Zielwert von 1 µg/L an. Für Bodensee und Zürichsee wurden die Ergebnisse über alle Messstellen gemittelt angegeben; zwischen den einzelnen Messstellen gibt es nur geringe Unterschiede. Im Bielersee werden in allen Untersuchungsjahren mit Konzentrationen mittlerweile um 0,7 µg/L die höchsten Werte festgestellt. Im Vierwaldstättersee ist der Wert auf knapp 0,3 µg/L angestiegen.

Für **N,N-Dimethylsulfamid** (DMS) zeigt sich ein weiterer leichter Rückgang der Konzentrationen im Bodensee (Bild 19). Damit wird der Erfolg des Verbots von Tolyfluanid und damit der Rückgang des Eintrags des Transformationsproduktes DMS sichtbar, das aus dem Wasserspeicher Bodensee zunehmend ausgetragen wird.

Tabelle 9: Minimal- und Maximalwerte von ausgewählten organischen Spurenstoffen im Bodensee und Zürichsee (März 2026)

Parameter in µg/L	ERM	Bodensee	Zürichsee	Bieleree	Vierwald-
		(N=12)	(N=7)	(N=1)	stättersee
		Min. - Max.	Min. - Max.		(N=1)
Röntgenkontrastmittel					
Amidotrizoesäure	0,1	<0,01 - 0,02	<0,01 - <0,01	<0,01	<0,01
Iohexol	0,1	<0,01 - <0,01	<0,01 - <0,01	<0,01	<0,01
Iomeprol	0,1	0,05 - 0,10	0,05 - 0,11	0,46	0,01
Iopamidol	0,1	0,05 - 0,09	0,02 - 0,08	0,06	<0,01
Iopromid	0,1	<0,01 - 0,02	0,02 - 0,04	0,14	0,04
Pharmaka und Metabolite					
Metformin	0,1	0,10 - 0,19	0,08 - 0,13	0,26	0,05
Guanylarnstoff (M)	0,1	<0,05 - 0,07	<0,05 - 0,12	0,41	<0,05
Gabapentin	0,1	0,02 - 0,03	0,02 - 0,03	0,05	<0,01
Lamotrigin	0,1	<0,01 - 0,02	0,02 - 0,02	0,03	<0,01
Hydrochlorothiazid	0,1	<0,01 - <0,01	<0,01 - <0,01	<0,01	<0,01
N-Acetyl-4-aminoantipyrin	0,1	0,01 - 0,03	0,02 - 0,04	0,06	<0,01
N-Formyl-4-aminoantipyrin	0,1	0,01 - 0,03	0,02 - 0,02	0,04	<0,01
PSM und Metabolite					
Glyphosat	0,1	<0,01 - <0,01	<0,01 - <0,01	<0,01	<0,01
AMPA	0,1	<0,01 - 0,02	<0,01 - <0,01	0,03	<0,01
Süßstoffe					
Acesulfam	1,0	0,09 - 0,09	0,04 - 0,07	0,05	0,06
Cyclamat	1,0	<0,01 - 0,01	0,01 - 0,01	<0,01	<0,01
Saccharin	1,0	<0,01 - 0,02	<0,01 - 0,03	<0,01	0,02
Sucralose	1,0	0,14 - 0,26	0,23 - 0,28	<0,01	0,08
Weitere Einzelstoffe					
N,N-Dimethylsulfamid	0,1	0,01 - 0,01	<0,01 - <0,01	<0,01	<0,01
Trifluoacetat (TFA)	1	0,43 - 0,78	0,44 - 0,56	0,72	0,33
Dicyandiamid (DCD)	0,1	0,07 - 0,11	0,03 - 0,05	0,05	0,03
Amidosulfonat (ASA)	-	14 - 16	13 - 15	25	5
1,4-Dioxan	0,1	<0,03 - <0,03	0,08 - 0,08	0,04	0,03
Melamin	0,1	0,18 - 0,26	0,10 - 0,15	0,13	0,05
Cyanursäure	0,1	<0,1 - 0,1	0,21 - 0,28	0,36	<0,10
1H-Benzotriazol	0,1	0,04 - 0,08	0,03 - 0,05	0,06	0,02
4-Methylbenzotriazol	0,1	0,01 - 0,03	<0,01 - 0,01	0,02	<0,01
5-Methylbenzotriazol	0,1	0,01 - 0,01	0,01 - 0,02	0,02	<0,01
Lithium	-	0,002 - 0,002	0,002 - 0,002	0,002	0,002

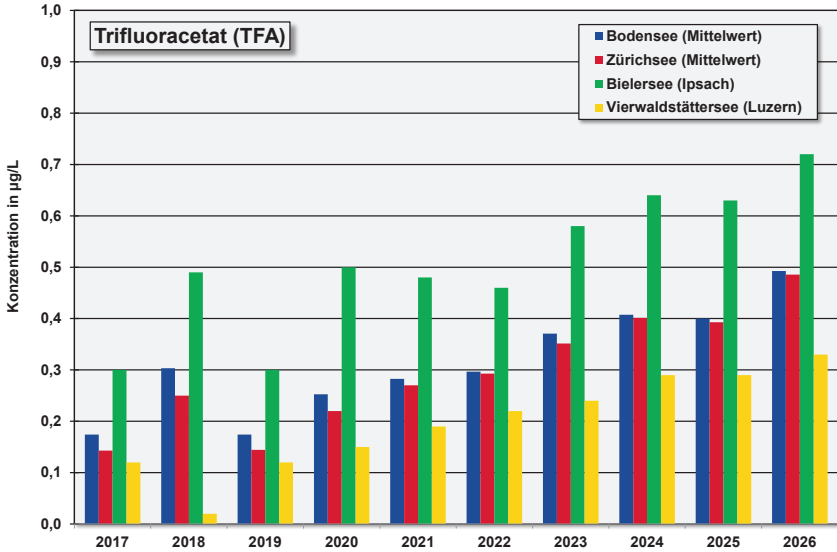


Bild 17: TFA-Konzentrationen in den Alpenseen (2017 – 2026)

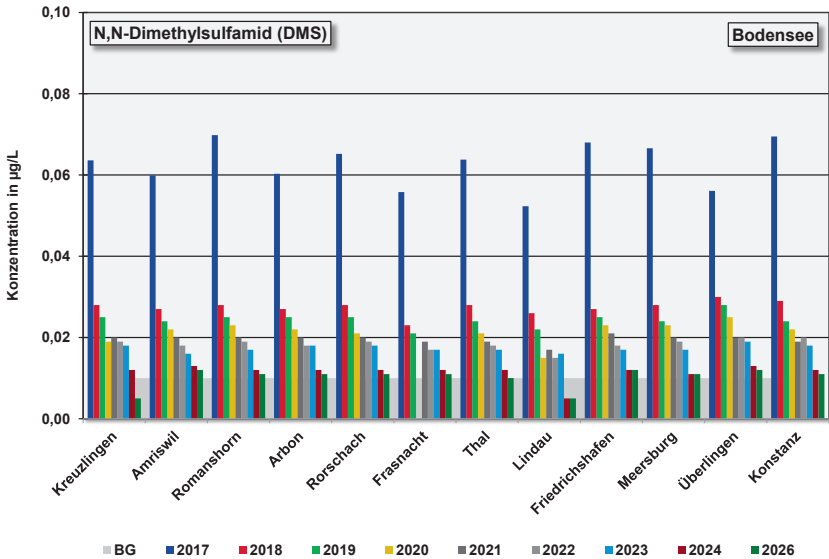


Bild 18: N,N-Dimethylsulfamid-Konzentrationen im Bodensee (2017 - 2026)

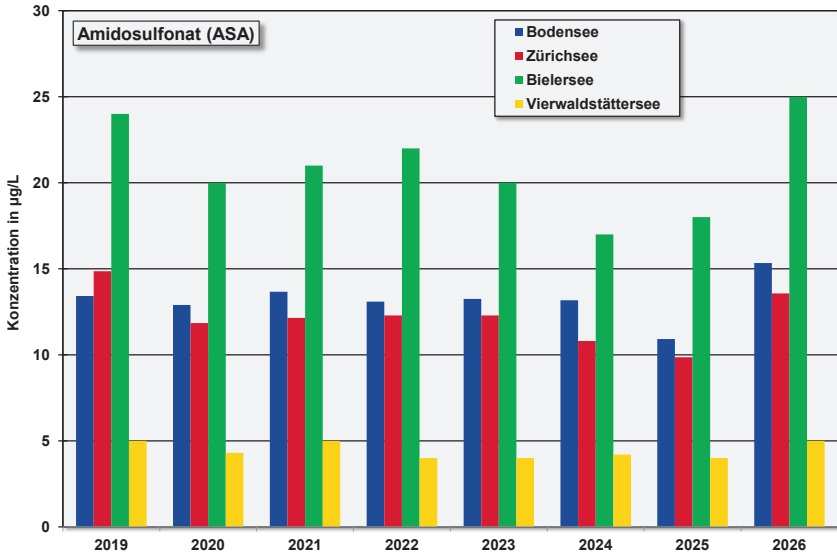


Bild 19: Amidosulfonat-Konzentrationen in den Alpenseen (2019 - 2026)

Die Konzentrationen von **ASA (Amidosulfonat)** liegen für die verschiedenen Seen auf ziemlich stabilem Niveau und zeigen in den letzten Jahren nur geringe Schwankungen (Bild 20). Ein eindeutiger Trend ist hier nicht zu erkennen. Der Vierwaldstättersee zeigt vergleichsweise geringe Konzentrationen während der Bielersee mit den höchsten Werten im Vergleich der Alpenseen auffällt.

Die **Melamin**-Konzentrationen im Bodensee schwanken seit Beginn der Untersuchungen im Jahr 2017 im Bereich von 0,2 µg/L und damit oberhalb der Anforderungen des ERM (Bild 21). Auffällig sind die für 2024 höheren Konzentrationen als in den beiden Vorjahren. In Folgejahren 2025 und 2026 liegen die Werte wieder deutlich niedriger. An Zürichsee und Bielersee werden durchweg ca. 0,1 µg/L Melamin nachgewiesen. Die Befunde im Vierwaldstättersee liegen seit einigen Jahren deutlich niedriger.

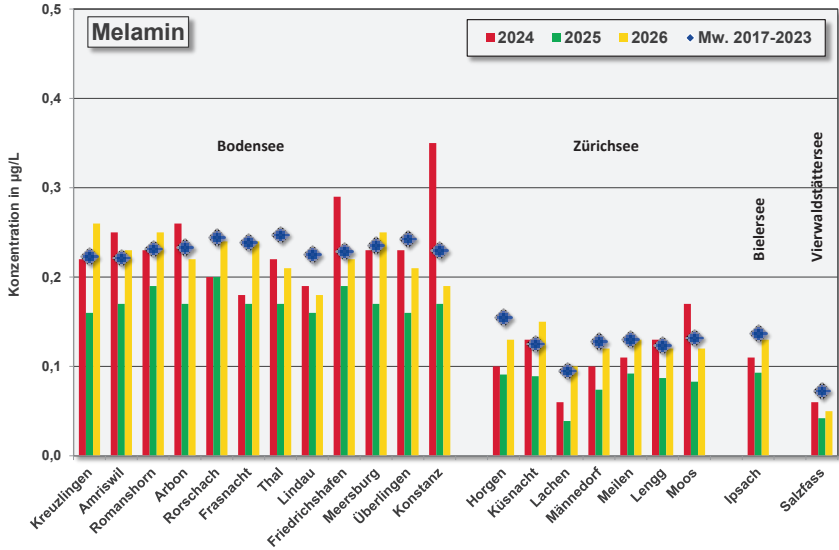


Bild 20: Melamin-Konzentrationen in den Alpenseen (2024 – 2026 im Vergleich zum 5-Jahresmittelwert 2017-2023)

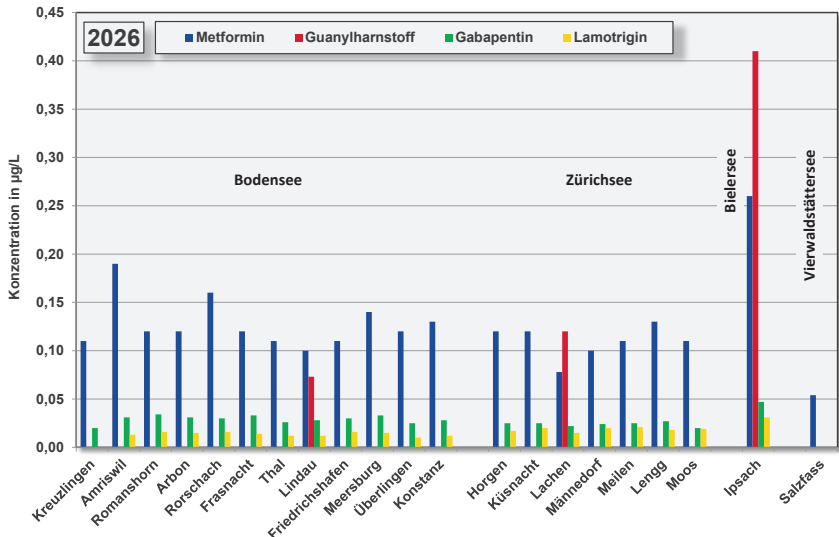


Bild 21: Konzentrationen von Metformin, Guanylarnstoff, Gabapentin und Lamotrigin (2026)

Metformin und **Guanylharnstoff** liegen an fast allen Messstellen in Bodensee und Zürichsee im Bereich des ERM-Zielwertes von 0,1 µg/L. Im Bielersee wird jedoch der ERM-Zielwert von beiden Verbindungen deutlich überschritten (Bild 22). Guanylharnstoff liegt im Zeitraum 2013-2026 in Lachen (Zürichsee) und Ipsach (Bielersee) dauerhaft; in Lindau-Nonnenhorn (Bodensee) früher häufiger oberhalb dieses Zielwertes. Im Vierwaldstättersee hingegen zeigen sich keine Überschreitungen. **Gabapentin** und **Lamotrigin** hingegen liegen an allen Messstellen weiter deutlich unterhalb des ERM-Zielwertes.

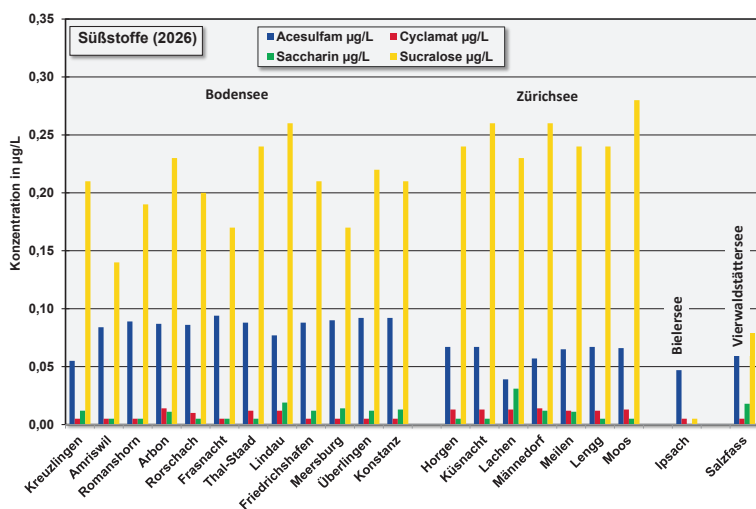


Bild 22: Konzentrationen von künstlichen Süßstoffen in den Alpenseen (2026)

In Bodensee und Zürichsee weist **Sucralose** mit Werten im Bereich von 0,14 µg/L bis 0,28 µg/L die höchsten Konzentrationen auf (Bild 23). Die Werte für Acesulfam, Cyclamat und Saccharin liegen an allen Messstellen unterhalb 0,1 µg/L. Im Bielersee ist lediglich Acesulfam nachweisbar.

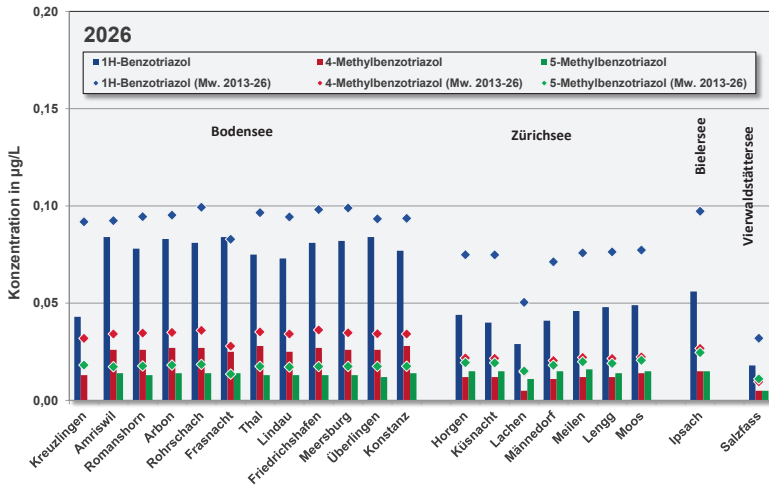


Bild 23: Konzentrationen von 1H-Benzotriazol und dessen Derivaten in den Alpenseen (2025)

Die Konzentrationen des als Korrosionsinhibitor und Enteisungsmittel eingesetzten **1H-Benzotriazol** (Bild 24) liegen im Bodensee durchgängig unterhalb des ERM-Zielwertes von 0,1 µg/L und sind im Vergleich zum langjährigen Mittelwert (2013-2026) zurückgegangen. Die weiteren Verbindungen dieser Gruppe 4-Methyl-Benzotriazol und 5-Methyl-Benzotriazol weisen in allen Fällen ein niedrigeres Konzentrationsniveau auf.

Untersuchungen auf **Cyanursäure**, die als relevanter PMT-Stoff eingestuft wird, wurden 2024 erstmals durchgeführt. Diese Verbindung findet in Schwimmbädern zur Stabilisierung von Chlor gegenüber UV-Strahlung sowie bei Lackhilfsmitteln Einsatz und wird an mehreren Standorten im Rheineinzugsgebiet hergestellt. Die Befunde in Bild 25 zeigen, dass die Konzentrationen dieser Verbindung in Zürichsee und Bielersee über dem vor einer stoffspezifischen Bewertung anzusetzenden ERM-Zielwert von 0,1 µg/L liegen.

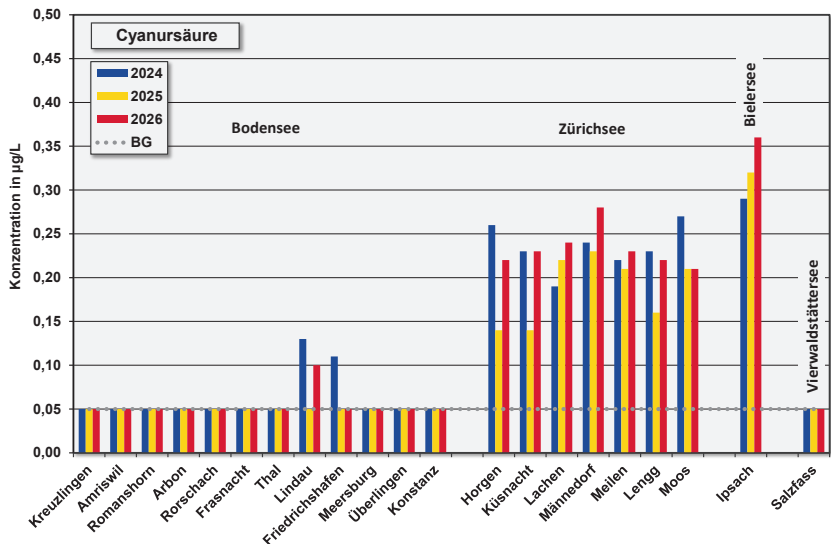


Bild 24: Konzentrationen der Cyanursäure in den Alpenseen (2024 - 2026)

An den AWBR-Messstellen in den vier Alpenseen wurde im März 2026 zudem **Chlorthalonil-Metabolite** untersucht. Erfasst wurde bei diesen Analysen insgesamt 12 Metabolite (R 182281, R 418503/M13, R 950097, R 417888/M12, R 471811/M4, R 611965/M5, R 611968, R 611553, SYN 546872, R 419492/M8, M7 und SYN 507900). In allen Proben von Bodensee, Zürichsee und Vierwaldstättersee konnten keine Konzentrationen oberhalb der Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden. Lediglich im Bielensee lagen der Wert für den Metabolit Chlorthalonil-R 471811/M4 mit 0,11 µg/L oberhalb der Bestimmungsgrenze und zudem oberhalb der Anforderungen aus dem ERM 2020.

Mikrobiologische Untersuchungen

Im Jahr 2025 wurden mikrobiologische Untersuchungen auf die Parameter Koloniezahl (R2A, 20 °C, 7 d); Coliforme Bakterien (Colilert®); E. coli (Colilert®); Enterokokken (DIN EN ISO 7899-2) an einigen Messstellen der AWBR weitergeführt. Optional wurden an einigen Untersuchungsstellen die somatischen Coliphagen sowie Clostridium Perfringens mitbestimmt. Die Befunde liegen im Bereich der in den Vorjahren festgestellten Werte.

Auswertung nach den Zielwerten des Europäischen Fließgewässermemorandums

Zentrales Dokument hinsichtlich der Anforderungen der Trinkwasserversorger an Fließgewässer ist das Europäische Fließgewässermemorandum (ERM), das 2020 neu aufgelegt wurde. Überschreitungen der dort festgelegten Zielwerte zeigen Handlungsbedarf an. Unterschieden werden die Befunde dabei in vier Kategorien:

- ERM-Zielwert von Mittelwert und Maximum überschritten
- ERM-Zielwert vom Maximum überschritten
- ERM-Zielwert wird von allen Werten eingehalten
- Alle Befunde liegen unterhalb 50% des ERM-Zielwertes

Die folgenden Abbildungen zeigen den prozentualen Anteil der Befunde, die diesen vier Kategorien zuzuordnen sind. Mittel- und Maximalwerte der Untersuchungen 2025 für die Hauptmessstellen der AWBR finden sich in der ERM-Übersicht, die auch im Anhang dieses Jahresberichtes wiedergegeben ist. Für Sauerstoff (Mindestgehalt von 8 mg/L gefordert) und den pH-Wert (Bereich 7 – 9 einzuhalten) ist diese Art der Klassifizierung nicht geeignet, weshalb diese Parameter nicht aufgeführt werden.

Bei den allgemeinen und summarischen Parametern am Oberrhein werden die Zielwerte des ERM an den Rhein-Messstellen eingehalten. Im Neckar bei Mannheim liegen die TOC- und DOC-Werte z. T. deutlich oberhalb des Zielwertes.

Die Stoffgruppe der pharmazeutischen Wirkstoffe wird der Übersichtlichkeit halber in zwei Abbildungen aufgeteilt.

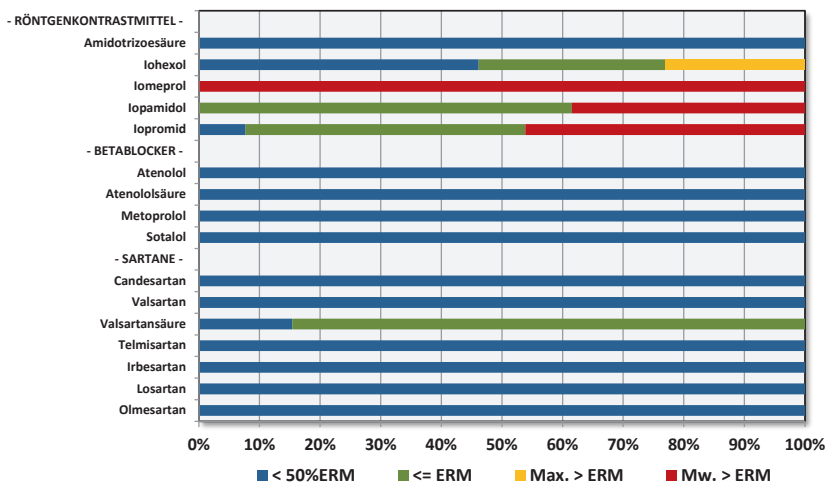


Bild 25: Röntgenkontrastmittel, Betablocker und Sartane – Auswertung nach den Zielwerten des ERM für die Messstelle Karlsruhe RDK (2025)

Wie aus Bild 26 hervorgeht, gibt es für Betablocker und Sartane keine Überschreitungen der ERM-Zielwerte. Selbst die Valsartansäure, ein Transformationsprodukt mehrere Ausgangsstoffe dieser Gruppe, hält diese Anforderungen ein.

In der Stoffgruppe der Röntgenkontrastmittel überschreiten gleich mehrere Verbindungen die Anforderungen aus dem ERM an der Messstelle Karlsruhe RDK deutlich. Lediglich für Amidotrizoesäure wird der Zielwert eingehalten und bei Iohexol überschreitet lediglich der Maximalwert die Schwelle von 0,1 µg/L. Bei Iomeprol hingegen liegen die Konzentrationen durchweg oberhalb des ERM-Zielwerts. Iopamidol und Iopromid überschreiten in mehr als 40% der Proben diesen Wert.

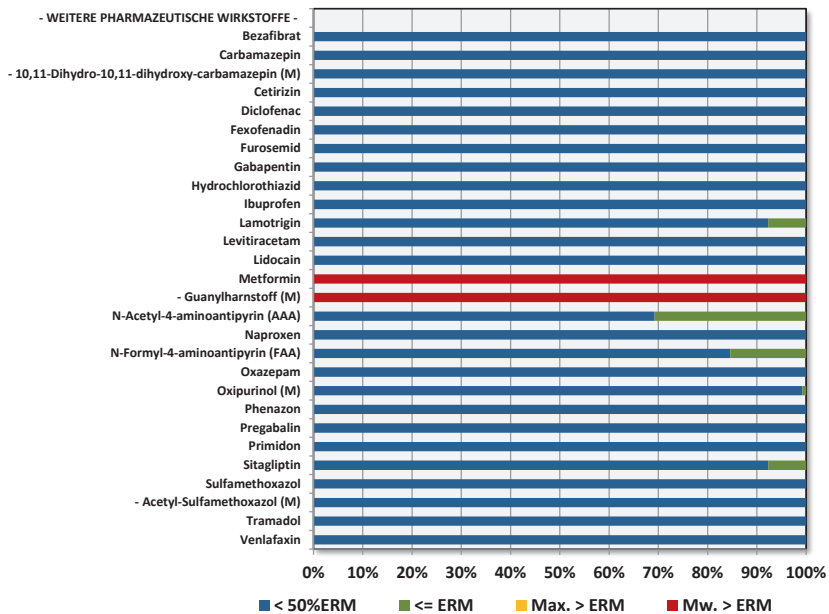


Bild 26: Weitere pharmazeutische Wirkstoffe und Metaboliten/Transformationsprodukte – Auswertung nach den Zielwerten des ERM für die Messstelle Karlsruhe RDK (2025)

In Bild 27 finden sich weitere pharmazeutische Wirkstoffe. Diese halten fast alle die ERM-Zielwerte ein. Lediglich Metformin und dessen Transformationsprodukt Guanylharnstoff halten den ERM-Zielwert auch im Mittel und damit dauerhaft nicht ein.

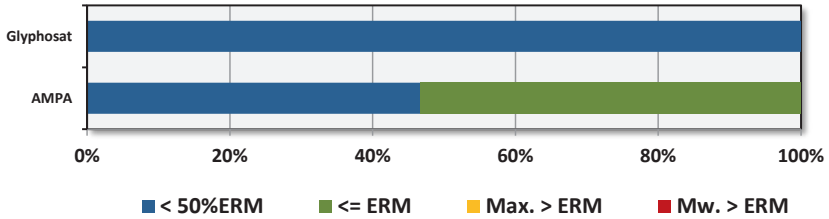


Bild 27: PSM-Wirkstoff Glyphosat und dessen Metabolit AMPA – Auswertung nach den Zielwerten des ERM für die Messstelle Karlsruhe RDK (2025)

Von den PSM-Wirkstoffen werden nur Glyphosat und dessen Metabolit AMPA analysiert. Die weiteren Verbindungen der IAWR-Liste waren länger ohne auffällige Befunde. Für Glyphosat konnten am Rhein keine Überschreitungen festgestellt werden (Bild 28). Am Neckar hingegen überschreiten die Werte für AMPA in allen untersuchten Proben den ERM-Zielwert von 0,1 µg/L deutlich (Minimum 0,16 µg/L; Maximum 0,79 µg/L).

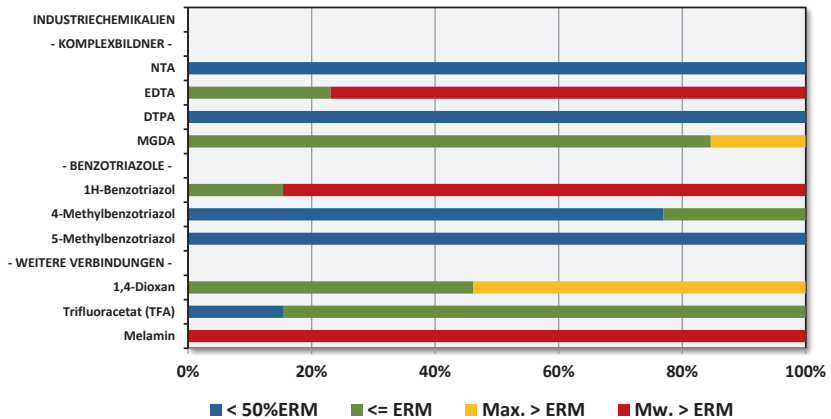


Bild 28: Industriechemikalien und kommunal eingetragene Verbindungen - Auswertung nach den Zielwerten des ERM für die Messstelle Karlsruhe RDK (2025)

Die Industriechemikalien (Bild 29) 1H-Benzotriazol, Melamin und EDTA weisen an Oberrhein und Neckar überwiegend Konzentrationen oberhalb des ERM-Zielwertes auf. Die Überschreitung durch den Mittelwert weist auf einen dringenden Handlungsbedarf zur Reduzierung dieser Belastungen hin. MGDA und 1,4-Dioxan weisen ebenfalls häufigere Überschreitungen des ERM- Zielwertes auf. Von Bedeutung sind diese Verbindungen wegen ihrer Stoffeigenschaften Persistenz (P) und Mobilität (M).

Die Konzentrationen der Süßstoffe zeigen keine Auffälligkeiten hinsichtlich des ERM-Zielwertes. Nur am Neckar überschreitet Sucralose diese Anforderung deutlich (Mittelwert 3,72 µg/L).

Neues Wasserwerk für die Region St. Gallen – der Weg zum Baustart

Jörg Hohl, Regionale Wasserversorgung St. Gallen AG

Das Seewasserwerk (SWW) Riet in Goldach am Bodensee sorgte seit 1895 für eine zuverlässige Trinkwasserversorgung der Stadt St.Gallen. Die anfänglich nur mit Langsamsandfiltern ausgestattete Aufbereitungstechnik wurde später um Ozonierung und Aktivkohlefilter ergänzt. Im Jahr 1998 wurde in der Gemeinde Arbon in Frasnacht ein Seewasserwerk mit dem gleichen Aufbereitungsverfahren in Betrieb genommen. Damit war die Redundanz zum Seewasserwerk Riet gegeben. Die Seewasserwerke liegen geografisch sieben Kilometer auseinander und befinden sich in verschiedenen Seebuchten. Damit waren die Anforderungen an eine sichere Trinkwasserversorgung der Stadt St.Gallen und der Region erfüllt.

Bei der Gründung der Regionalen Wasserversorgung St.Gallen AG (RWSG) im Jahr 1993, deren Hauptbezugsquelle das Seewasserwerk Frasnacht ist, erreichte das Seewasserwerk Riet bereits das Ende seiner Lebensdauer. Aus Kostengründen war der Ersatz des Seewasserwerks Riet erst für das Jahr 2040 vorgesehen. Bis dahin sollten die überschüssige Kapazität der Partnerwerke Rorschach und Arbon genutzt werden. Zu diesem Zweck wurde 2010 das Hochdruckpumpwerk (HDPW Riet) in Goldach gebaut, welches das Trinkwasser aus Rorschach und Arbon in Richtung St.Gallen pumpt. Damit war die Redundanz zum Seewasserwerk Frasnacht wieder gegeben.



Von der Analyse bis zur Baubewilligung

Die RWSG veranlasste im Jahr 2021 eine aktuelle Gesamtbetrachtung aufgrund diverser Veränderungen der Rahmenbedingungen. Die Stadt St.Gallen – der grösste Abnehmer von Trinkwasser der RWSG – stellte fest, dass das Grundwasserpumpwerk der Stadt St.Gallen weder im Stör- noch im Notfall zur Versorgungssicherheit beitragen könnte. Diverse Untersuchungen zeigten, dass der Bodensee die einzige verbleibende Wasserquelle für die Stadt ist.

Die Forderungen und Stimmen der Stadt St.Gallen und einiger Partner an die RWSG wurden lauter. Eine sichere Versorgung der Region muss gewährleistet sein trotz einer möglichen chemischen Kontamination des Bodensees und/oder der Quagga-Invasion. Diverse Ingenieurbüros wurden beauftragt, eine Lösung zu finden. Im Jahr 2020 wurde eine erste Machbarkeitsstudie in Auftrag gegeben. Anschliessend folgten ein Vor- und ein Bauprojekt. Es wurden diverse Abklärungen zu weitergehenden Aufbereitungstechniken getätigt und mit dem Bauherrn (RWSG) disku-

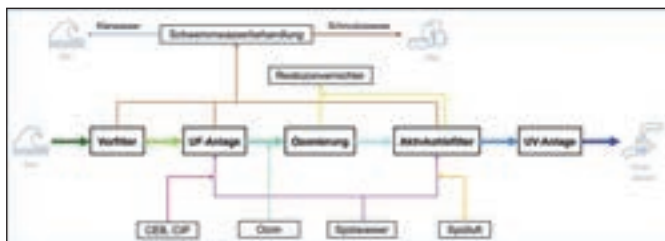
tiert. Ebenso wurde die Plattform „Arbeitsgruppe Seen“ der AWBR bei der Entscheidungsfindung miteinbezogen.

Die RWSG ist ein Verbund aus zwölf Partnern mit unterschiedlichen Bedürfnissen. Als Bauherr eines Werks in der Höhe von ca. CHF 60 Mio. stand die RWSG vor der Aufgabe, eine gerechte Kostenverteilung zu präsentieren, um damit eine Kreditfreigabe für das Seewasserwerk zu erhalten. Mittlerweile liegen die Baubewilligung und die Kreditfreigabe vor. Mit dem zukunftsweisenden Bau kann nun begonnen werden.

Ausstattung des neuen Seewasserwerks Riet II

Das oberste Ziel dieses Projekts ist die umfassende Gewährleistung der erforderlichen Versorgungssicherheit im Versorgungsgebiet der RWSG mit rund 150'000 Einwohner. Dies soll durch eine effiziente Planung und termingerechte Errichtung des Seewasserwerks Riet II inklusive der dazugehörigen Seewasserleitungen und -fassungen sowie Erweiterungen am HDPW Riet erreicht werden. Das Seewasserwerk Riet II ist auf eine maximale Aufbereitungskapazität von 2'200 m³/h ausgelegt und kann bis auf den minimalen Betrieb von 375 m³/h reduziert werden. Auf Basis des bereits vorhandenen Vorprojekts hat der Generalplaner HOLINGER AG das Bauprojekt ausgearbeitet.

Das Seewasser durchläuft eine Kette mechanischer, chemischer und biologischer Verfahrensschritte, um Trinkwasser von einwandfreier Qualität zu produzieren.



Thermische Nutzung und zusätzliche Pumpen

Im Seewasserwerk Riet II wird die Wasserqualität entsprechend der SVGW-Richtlinie W12 für die gute Verfahrenspraxis in Trinkwasserversorgungen geprüft. Die Messungen werden online oder konventionell über die Wasserentnahmestellen ausgeführt. Das Redundanzkonzept der RWSG sieht vor, dass das Seewasserwerk Frasnacht (zweistrasrige Aufbereitung) und das Seewasserwerk Riet II bereits eine 1:1 Redundanz darstellen. Deshalb ist eine Aufbereitungsstrasse im SWW Riet II ausreichend.

Die Technischen Betriebe Goldach (TB Goldach) haben beschlossen, Seewasser für Wärme und Kühlzwecke zu nutzen. Es wurde vereinbart, dass die Projektierung des Bauprojektes gemeinsam erfolgen soll. Im Gebäude des Seewasserwerkes Riet II wird ein Raum für die thermische Nutzung des Seewassers sowie ein separater Zugang zur Verfügung gestellt.

Die Trinkwasserförderung erfolgt weiterhin über das Hochdruckpumpwerk Riet. Im Rahmen des Bauprojektes wurden zusätzlich Pumpen in das Versorgungskonzept integriert, sodass folgende Kapazitäten vorhanden sind:

- Drei Pumpen für die Wasserlieferung in die Druckzone St.Gallen. Erweiterung im Bauprojekt um eine weitere baugleiche Pumpe mit $Q = 730 \text{ m}^3/\text{h}$ und $H = 360 \text{ mWS}$.
- Zwei neue Pumpen mit $Q = 375 \text{ m}^3/\text{h}$ für die Wasserlieferung in die Druckzone Rorschach.
- Zwei bestehende Pumpen mit $Q = 230 \text{ m}^3/\text{h}$ für die Wasserlieferung in die Druckzone Goldach.

Bauweise des Seewasserwerkes Riet II

In Anbetracht der vergleichsweise hohen und dennoch unterschiedlichen Flächenlasten bei diesem komplexen Gebäude soll eine Tiefenfundation realisiert werden. Damit können sowohl die absoluten als auch die differentiellen Setzungen auf ein für das Gebäude verträgliches Mass reduziert werden. Das Gebäude wird in drei voneinander getrennte Bauwerke

in monolithischer Stahlbetonbauweise geplant. Bodenplatte, Aussenwände und Oberdecken der Reinwasserkammern, AKF 1-4 und Ozonierung 1-2 werden zur Begrenzung von Rissen in Spannbetonbauweise erstellt. Alle anderen Bauteile werden in herkömmlicher Stahlbetonbauweise ausgeführt. Sämtliche Dachplatten werden ebenfalls in Stahlbeton ausgeführt und entweder für die Nutzung mit einer PV-Anlage oder zur Retention von Regenwasser dimensioniert.

Das Konzept der Gestaltung der Fassade besteht aus einer robusten Ausführung im Sockelbereich bei den Zugängen, Photovoltaikmodulen zur Stromerzeugung in den übrigen Flächen sowie sichtbar geführte Dachentwässerungskanäle zur Einteilung der Gebäudebereiche. Die begrünten Dachflächen dienen als Rückhaltebecken für den grössten Teil des anfallenden Regenwassers. Mit der Anwendung eines Schwammdachsystems werden unter dem Substrat Retentionselemente eingebracht, wodurch das notwendige Rückhaltevolumen garantiert werden kann.



Fazit

Eine umfassende Stakeholder-Analyse und eine genaue Risiko-Analyse sind unerlässlich, um sämtliche Hürden auf dem langen Weg zu einem neuen Seewasserwerk zu meistern. Unzählige Gutachten und Berichte führten stets zu nahezu derselben Lösung. Aus Kostengründen mussten Kompromisse gesucht und gefunden werden. Es musste Vertrauen zum Auftraggeber und zu den Partnern aufgebaut werden. Mit den umliegenden Industrien und der Standortgemeinde konnte man Win-Win-Lösungen finden. Somit konnte das Bauwerk ohne Einsprachen und mit deutlicher Zusage aller Partner der RWSG zum Baustart geführt werden.

Erfolgreiche Inbetriebnahme des neuen Systems zur Rohrleitungsreinigung im Seewasserwerk Ipsach

Hanna Schiff, Energie Service Biel/Bienne

Zusammenfassung

In Biel wurde ein Reinigungssystem entwickelt und erfolgreich in Betrieb genommen, welches Seeentnahmeleitungen vor der Besiedelung mit Quaggamuscheln schützt. Das System basiert auf einer bidirektionalen Reinigung, die vollautomatisch abläuft und daher unabhängig von jeder Witterung und mit sehr geringem Personaleinsatz durchgeführt werden kann. Dies erlaubt eine häufige Reinigung alle 4-6 Wochen, weshalb die Muschellarven entfernt werden, bevor sie eine Schale ausgebildet haben. Das Reinigungssystem bietet viele Vorteile wie die Vermeidung von Muschelgut aufgrund der häufigen Reinigungen und der Reduktion der Betriebskosten durch den hohen Automatisierungsgrad.

Das Reinigungssystem wurde in enger Zusammenarbeit mit spezialisierten Firmen entwickelt, umgesetzt und schliesslich Ende 2025 nach erfolgreichen Testläufen implementiert. Auf dem Weg hin bis zur Inbetriebnahme wurden verschiedene Herausforderungen bewältigt, damit der langfristige und sichere Betrieb gewährleistet werden kann. Wie das System sich langfristig bewährt, ist bislang noch offen. Die bisherigen Ergebnisse stimmen jedoch zuversichtlich, dass in Ipsach eine echte Alternative im Kampf gegen die Quaggamuschel gefunden wurde.

Einleitung

Die technischen Lösungen zur mechanischen Reinigung von Seeentnahmeleitungen, die aktuell zur Verfügung stehen, sind überschaubar und, je nach Installation, mit mehr oder weniger grossem personellen und finanziellen Aufwand verbunden. In Biel wurde Ende 2025 eine echte Alternative zu bisherigen Reinigungslösungen erfolgreich in Betrieb genommen, die einen anderen Ansatz verfolgt: Die bidirektionalen, automatisierten und dadurch häufigen Reinigungen der beiden Seeleitungen des Seewasserwerks Ipsach.

Die Quaggamuschel – eine Herausforderung

Inzwischen hat sie viele weitere Schweizer Seen erreicht – die Quaggamuschel. Bislang ist noch keine Möglichkeit in Aussicht, um befallene Seen wieder von ihr zu befreien, weshalb ihrer Präsenz in der Planung von Infrastrukturprojekten Rechnung getragen werden muss. Es ist bereits lange bekannt, dass der Muschelbefall für Nutzungen von Oberflächengewässern hohe Kosten verursacht, beispielsweise für die Reinigung von Rohrleitungen zur Wasserentnahme oder Turbinen von Wasserkraftwerken. Ein neues System zur Reinigung von Rohrleitungen wurde am Bielersee entwickelt und erfolgreich in Betrieb genommen und liefert somit eine echte Alternative zu bisherigen Reinigungsmethoden.

Immer mehr Anlagen sind gezwungen, ihre Leitungen zu reinigen

Waren es vor wenigen Jahren noch vereinzelte Seewasserwerke am Boden- oder Genfersee, die sich um eine Reinigung ihrer Leitungen sorgen mussten, sind es nun, mit der steigenden Verbreitung der Quaggamuschel, jedes Jahr mehr Seewasserentnahmen zur Trinkwassergewinnung oder für Fernwärme-/kälteprojekte, die eine Lösung zum Schutz der Rohwasserentnahmeleitungen finden müssen. Die meisten setzen dabei auf konventionelle Lösungen. Eine Option stellt die dauerhafte oder periodische Chlorierung der Leitung dar. Dabei muss beachtet werden, dass adulte Muscheln resistent gegenüber der Chlorzugabe sind [1]. Stoschlorungen sollten daher häufig erfolgen, um die Muscheln möglichst noch im Larvenstadium abzutöten. Bei kontinuierlichen Chlorzugaben muss die Bildung von Nebenprodukten überwacht werden. Auch besteht die Möglichkeit, dass diese Methoden künftig aufgrund von Umweltbedenken von Seite der zuständigen Behörden eingeschränkt werden.

Eine Alternative dazu ist die konventionelle mechanische Reinigung, bei der alle 12-48 Monate ein Kunststoffzapfen («Molch») vom Werk aus in Richtung See gestossen wird. Vor der Reinigung wird der Entnahmekorb («Seiher») demontiert, sodass der Molch die Leitung im See verlassen und mit einem Boot geborgen werden kann. Der Seiher muss separat im Wasser oder an Land gereinigt werden.

Sofern die Infrastruktur im Gebäude gegeben ist, ist die konventionelle Reinigung eine simple Möglichkeit, um eine Rohrleitung von Muscheln zu befreien. Sie ist jedoch immer mit einem Bootseinsatz zur Bergung des Molchs und meistens auch mit einem Tauchereinsatz für die Demontage des Seiher verbunden. Dies macht die konventionelle Reinigung aufwendig, teuer und sie ist witterungsabhängig. Im Idealfall werden bereits bei der Anlagenplanung notwendige Verrohrungen und Pumpen vorgesehen. In vielen älteren Anlagen ist die Reinigung jedoch mangels einer geeigneten Einbringvorrichtung (Molchschleuse) oder aufgrund in den Rohrleitungen installierter Bögen und Klappen erschwert oder gar verunmöglicht.

Im Rahmen der Totalerneuerung des Seewasserwerks Ipsach konnte eine gänzlich neue Rohwasserentnahme geplant und implementiert werden. Diese umfasst zwei neue Rohwasserleitungen und pro Leitung je ein Entnahmekorb sowie eine Startschleuse für ein Reinigungsgerät. Der Neubau ermöglichte nicht nur, die Infrastruktur für ein System zur Rohrleitungsreinigung vorzusehen, sondern lieferte den Anreiz, eine alternative Möglichkeit zur Reinigung von Seentnahmeleitungen zu entwickeln, welche nun implementiert und erfolgreich in Betrieb genommen wurde.

Das Reinigungskonzept im Seewasserwerk Ipsach

Bereits 2023 wurde ein Artikel im Aqua & Gas [2] zur Rohwasserentnahme publiziert, in welchem das Reinigungssystem ausführlich beschrieben wurde. Das System basiert darauf, dass ein speziell angefertigtes Reinigungsgerät der Fa. RPC-TEC SA aus Courroux (JU) über eine Startschleuse in die Leitung eingebracht wird und von dort mit Wasserdruck in der ca. 750m langen Leitung bis in den Entnahmekorb (Seiher) gepumpt wird. Der Seiher kann per Wasserhydraulik geöffnet und geschlossen werden. Im Produktionsfall, wenn Wasser angesogen wird, ist er vollständig geöffnet. Für die Reinigung wird er teilweise eingefahren. Sobald das Reinigungsgerät im Seiher angekommen ist, wird dieser ganz geschlossen und das Gerät wird über eine Rückführleitung zurückgepumpt. Befindet sich das Gerät nach der Rückfahrt wieder in der Startschleuse, ist der Reinigungsvorgang der Rohwasserleitung ab-

geschlossen. Die Rückführleitung wird anschliessend mit Umkehrosmosepermeat ausgespült, welches frei von Nährstoffen und Calcium ist und so das Wachstum der Muscheln in der Rückführleitung verhindert. Für die Produktion wird der Seiher nun wieder ausgefahren. Im ausgefahrenen Zustand ist die Rückführleitung verschlossen.

Der Reinigungsvorgang läuft vollautomatisiert ab und kann vom Werk gesteuert und überwacht werden. Dies ermöglicht eine Reinigung unabhängig der Witterung und ohne den Einsatz von Booten zur Bergung des Reinigungsgeräts oder zum Abnehmen und Aufsetzen des Seiher. Dies wiederum erlaubt eine regelmässige Reinigung alle vier Wochen, was etwa dem Zeitraum entspricht, in dem sich die Muschellarven an der Rohrleitungsoberfläche festsetzen und beginnen, eine Schale auszubilden [3]. Beim Ein- und Ausfahren des Seiher im Rahmen der Reinigung wird die Aussenseite des Korbes über einen Abstreifring gereinigt. Dies ermöglicht, auch die Aussenseite des Seiher von Muscheln zu befreien, ohne dass der Korb geborgen und an Land gereinigt werden muss, wie bei konventionellen Reinigungen üblich.

Bei den Reinigungen werden die Larven entfernt, bevor sich diese zu adulten Tieren entwickelt haben. So fällt bei einer Reinigung kein Muschelgut an – durch die Ansaugöffnungen im Entnahmekorb wird lediglich eine Trübungswolke ausgestossen, wie in Abbildung 1 ersichtlich.

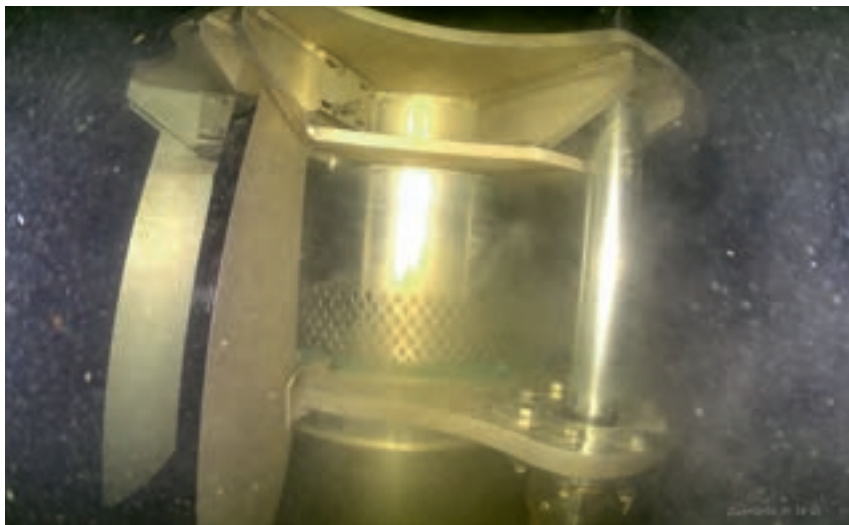


Bild 1: Teilweise eingefahrener Seiherkorb im See während des Reinigungsvorgangs. Schmutz in der Leitung wird durch die Öffnungen im Seiher während der Reinigung ausgestossen. Es fällt kein Muschelgut an.

Seiher und Startschleuse wurden vom Konstruktionsbüro Hersche Maschinenbau aus Bolligen (BE) konstruiert. Die Seewasserentnahmel Leitung ist im Gebäude teilweise aus Chromstahl, teilweise aus HDPE gefertigt. Der im See verlegte Teil der Leitung ist aus HDPE, der Seiher wiederum aus Chromstahl. Die Leitung aus HDPE wurde von der Firma AGRU aus Bad Hall in Österreich gefertigt, von Vogt Technik (SZ) verschweisst und von der ARGE Wasserfassung Ipsach (Hydrokarst Swiss SA (FR) und Marti Arc Jura (NE)) im See verlegt. Das Leitsystem wurde von der Chestonag Automation AG (AG) programmiert und die Planung und Ausführung der Leitung im Werk erfolgte durch HFS (ZH). Unterstützung bei der Planung und durch die Projektleitung lieferte die RWB Groupe SA (VD).

Technische Herausforderungen

Mit dem Seiher und der Startschleuse wurden bisher noch nicht dagewesene Prototypen realisiert. Das Reinigungsgerät soll sich in der Leitung möglichst gleichmässig vorwärtsbewegen und genug Reibung in der Leitung erzeugen, damit diese ausreichend gereinigt wird. Die maximal zulässigen Druckverhältnisse in der Leitung müssen jedoch stets respektiert werden. Dieses Spannungsfeld erforderte ausserordentliche Masshaltung bei der Herstellung aller Komponenten von Startschleuse und Reinigungsgerät über Leitung bis hin zum Seiher.

Damit das Reinigungsgerät wieder zurückgestossen werden kann, muss in der Leitung Druck aufgebaut werden. Dies setzt eine möglichst hohe Dichtigkeit aller beteiligten Komponenten voraus. Auch die für das Aus- und Einfahren des Seiher benötigten Hydraulikinstallationen dürfen nur sehr geringe Verluste aufweisen. Während des Inbetriebnahmeprozesses stellten diverse kleinere Leckagen, die behoben werden mussten, das Projektteam vor Herausforderungen.

Da sich das System unter Druck befindet, muss ein möglicher Stromunterbruch, der einen abrupten Stillstand der Pumpen zur Folge hat, antizipiert werden. Ein solcher Unterbruch kann aufgrund der bewegten Wassersäule zu Über- und Unterdrucksituationen führen, welche die Leitung beschädigen können. Insbesondere die negativen Drücke im Werk können zum Kollaps der Leitung führen. Um dieses Risiko zu minimieren, wurden an verschiedenen Stellen auf der Leitung im Werk Vakuumbelüftungsventile installiert, die mechanisch bei einer eingestellten Druckgrenze Luft in die Leitung fliessen lassen, um Unterdrucksituationen auszugleichen.

Der Rohrleitungsteil aus Chromstahl im Werk weist einen minimal geringeren Durchmesser auf als der Rest der Leitung, welcher in HDPE ausgeführt wurde. Diese Differenzen sind im Druckprofil messbar und das Reinigungsgerät muss so optimiert werden, dass im Chromstahlteil der zulässige maximale Druck nicht überschritten wird und der Druck im HDPE-Teil trotzdem gross genug ist, um das Gerät zuverlässig ins Werk zurückzubefördern. Aktuell laufen Versuchsreihen zur Optimierung der Reifenhärte, um den

idealen Betriebspunkt für beide Rohrleitungsteile zu finden und gleichzeitig den Verschleiss des Reinigungsgerätes zu minimieren.

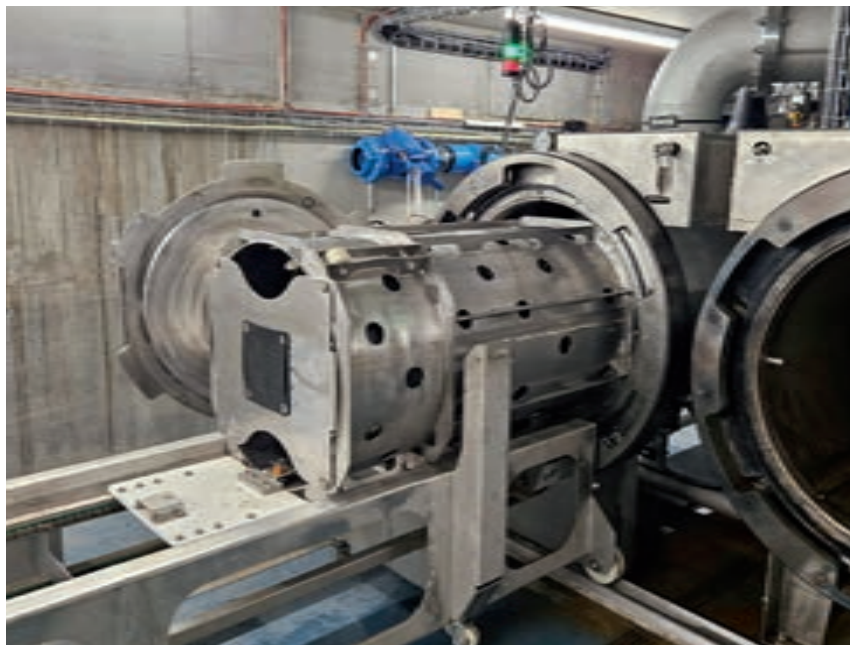


Bild 2: Startschleuse im Seewasserwerk in Ipsach. Das Reinigungsgerät im Transportkorb ist teilweise in die Schleuse eingebracht. Für die Reinigung wird das Gerät im Transportkorb ganz eingeführt, die Schleuse wird verschlossen und das Gerät wird mit Wasserdruck in Richtung See gestossen.

Vor- und Nachteile des automatischen Reinigungssystems

In Tabelle 1 sind die Vor- und Nachteile des neuen Reinigungssystems im Vergleich zur konventionellen Reinigung, wie oben beschrieben, aufgeführt. Ob sich das Reinigungssystem langfristig finanziell rechnet, ist aktuell noch offen. Die Vorteile des neuen Systems liegen jedoch auf der Hand: Dadurch, dass häufiger gereinigt werden kann und kein Muschelgut anfällt, können die Reinigungen auch unabhängig von behördlichen Beschlüssen zum Ausbringen des Muschelguts durchgeführt werden. Ebenso sind die Reinigungsvorgänge völlig unabhängig von Witterungsbedingungen, da keine Tauch- und Bootseinsätze für die Reinigung vonnöten sind.

Tabelle 1: Vor- und Nachteile des neuen Reinigungssystems gegenüber der konventionellen Rohrleitungsreinigung.

Vorteile	Nachteile
+ Kein Anfall von Muschelgut im See	– Hohe Entwicklungs- und Investitionskosten
+ Kein Einsatz von Boot/Taucher für Reinigung	– Keine Langzeiterfahrung
+ Abnehmen/Öffnen und Reinigen des Seihers nicht nötig	– Druckschlägen bei Stromunterbruch muss Rechnung getragen werden
+ Reinigung läuft vollautomatisch ab, minimaler Personalbedarf	– Dichtheit des Systems muss gewährleistet sein
+ Langfristig geringere Betriebskosten	– Hohe Anforderungen an Masshaltigkeit von Leitungen, Schweissnähten, Bögen etc.

Fazit

Mit dem neuen Reinigungssystem wurde ein innovatives Projekt von der initialen Idee bis zur erfolgreichen Inbetriebnahme innerhalb von 5 Jahren realisiert. Zahlreiche Spezialist*innen haben die Realisierung durch ihren Einsatz möglich gemacht. Ob und in welcher Form das System noch bei weiteren Seeentnahmen zum Einsatz kommt, ist derzeit noch ungewiss. Sicher ist jedoch, dass mit einer gesunden Mischung aus Erfindergeist, Mut und Gewissenhaftigkeit neue Lösungen für komplexe Probleme gefunden werden können.

Bibliographie

- [1] Sanjeevi Rajagopal, Gerard van der Velde, Henk A Jenner (2002) *Effects of low-level chlorination on zebra mussel, Dreissena polymorpha.* *Water Research, Volume 36, Issue 12*
- [2] Hanna Schiff, Andreas Hirt. (2023) *Vollautomatisiert im Kampf gegen die Quaggamuschel* *Aqua & Gas, Issue 10*
- [3] Steven Pothoven, Ashley K. Elgin. (2026) *Quagga mussel veliger production, growth, and timing across a depth gradient in southeast Lake Michigan* *Journal of Great Lakes Research, Volume 52, Issue 1.*

Hinweis: Der Artikel wurde in gleicher Form im Fachmagazin Aqua & Gas des SVGW im Juni 2026 publiziert.

Somatische Coliphagen als neuer Betriebsparameter der TrinkwV

Regine Fischeider, Zweckverband Landeswasserversorgung

Die Untersuchung des Rohwassers auf somatische Coliphagen ermöglicht, zusätzlich zur Untersuchung der bakteriellen Indikatoren, einen weiteren Einblick in die betriebliche Leistung auch hinsichtlich der Entfernung viraler Krankheitserreger.

Eigenschaften somatischer Coliphagen

Somatische Coliphagen sind Viren, die *Escherichia coli* und verwandte Bakterienstämme infizieren. Dabei heften sie sich zunächst an die Bakterienzellwand und schleusen ihr Erbgut in die Bakterienzelle ein. Die Zelle produziert nun Phagen, bis sie schließlich durch Lyse zerplatzt. Die neu gebildeten Bakteriophagen werden freigesetzt (je nach Stamm zwischen 20 und mehreren hundert Partikeln pro infizierte Zelle) und können weitere Bakterien infizieren. Sichtbar wird dies durch die Entstehung von „Löchern“ oder Plaques im Bakterienrasen auf einer Petrischale (Bild 1). Die Plaques werden gezählt und als plaque forming units (pfu)/100 ml angegeben. Die Untersuchung erfolgt gemäß DIN EN ISO 10705-2:2002-01 [1]

Da Coliphagen humanpathogenen Viren strukturell sehr ähnlich sein können und das Verhalten dieser Viren in der Umwelt besser widerspiegeln als bakterielle Indikatororganismen, stellen sie einen wichtigen Modellorganismus für die Überprüfung einer Aufbereitung hinsichtlich der Elimination viraler Krankheitserreger dar. Coliphagen stammen ebenfalls aus dem Gastrointestinaltrakt warmblütiger Tiere und sind selbst nicht pathogen.

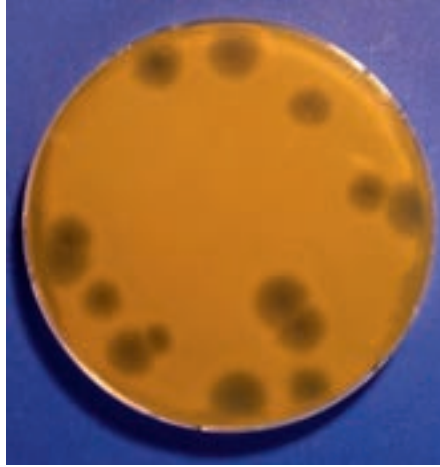


Bild 1: Plaques im Bakterienrasen auf einer Petrischale

Rechtliche Vorgaben zu somatischen Coliphagen

Europäische Trinkwasserrichtlinie (EU-DWD)

In der EU-Trinkwasserrichtlinie 2020/2184 [2] wurde im Rahmen des risikobasierten Ansatzes ein neuer mikrobiologischer Betriebsparameter zur Untersuchung von Rohwasser aufgenommen: Somatische Coliphagen. Die Untersuchung dient zur Kontrolle der Wirksamkeit der Aufbereitungsverfahren zur Erfassung des Risikos durch fäkale virale Krankheitserreger. Die Umsetzung wurde dabei den Mitgliedsstaaten überlassen. Der Parameter „Somatische Coliphagen“ dient dabei zur Verifizierung der Entfernungswirksamkeit für kleine Partikel im Größenbereich von Viren. Er ist dann zu bestimmen, wenn sich dies aus der Risikobewertung ergibt.

In Anhang II A heißt es: Werden die somatischen Phagen im Rohwasser in Konzentrationen > 50 PFU/100 ml nachgewiesen, sollten Analysen entlang der Aufbereitungsstufen erfolgen, damit die log-Reduktion durch die vorhandenen Barrieren bestimmt und bewertet werden kann. So soll

ermittelt werden, ob das Risiko einer ungenügenden Elimination pathogener Viren ausreichend unter Kontrolle ist.

Trinkwasserverordnung (TrinkwV)

Die EU-Trinkwasserrichtlinie wurde mit der TrinkwV vom 20.6.2023 [3] in nationales Recht umgesetzt. Die TrinkwV benennt die somatischen Coliphagen als speziellen Indikatorparameter für das Auftreten bestimmter mikrobieller Gefährdungen und nicht wie die EU-DWD als reinen Betriebsparameter. Wenn der Referenzwert von 50 PFU/100 ml im Rohwasser überschritten wird, sind die Ursachen im Wassereinzugsgebiet zu ermitteln, die Wirksamkeit der Aufbereitungsverfahren sowie die Eliminationsleistung der einzelnen Aufbereitungsstufen zu bestimmen und im Hinblick auf virale Krankheitserreger zu bewerten (§ 36 TrinkwV).

Zu untersuchen ist das Rohwasser, „das aus einem Oberflächengewässer stammt, in jeder zu dieser Wasserversorgungsanlage gehörenden Wassergewinnungsanlage vor der ersten Aufbereitungsstufe im Wasserwerk auf den Indikatorparameter somatische Coliphagen zu untersuchen. Wird das Rohwasser aus mehreren Wassergewinnungsanlagen in einer gemeinsam genutzten Sammelleitung der ersten Aufbereitungsstufe im Wasserwerk zugeführt, ist eine Untersuchung des Rohwassers in der Sammelleitung vor der ersten Aufbereitungsstufe im Wasserwerk ausreichend.“

Die Untersuchung umfasst vier repräsentative Untersuchungen im Abstand von jeweils etwa drei Monaten sowie mindestens zwei anlassbezogene Untersuchungen bei Starkregen, Trockenheit oder anderen außergewöhnlichen Wetterverhältnissen.

Erkenntnisse aus einem Forschungsprojekt

Um eine angemessene nationale Umsetzung der Anforderung zu somatischen Coliphagen zu prüfen, wurde am Technologiezentrum Wasser (TZW) in Karlsruhe das DVGW-Forschungsvorhaben W202012 [4] durchgeführt

Durch die Untersuchung von vier Wasserversorgungen, die Flusswasser zur Trinkwasseraufbereitung nutzen, konnten Rohwässer mit unterschiedlichen Aufenthaltszeiten in der ersten partikelentfernenden Stufe (in der Wasseraufbereitung bzw. im Untergrund) betrachtet werden. Diese Flusswässer sind in der Regel mikrobiell hoch belastet und weisen dementsprechend eine hohe Konzentration von somatischen Coliphagen auf.

Die Untersuchung von Rohwässern mit Bodenpassage zeigte, dass somatische Coliphagen in den Rohwässern mit langen Aufenthaltszeiten ≥ 50 Tagen nicht mehr nachweisbar waren, bei kürzeren Aufenthaltszeiten dagegen schon.

Die Erkenntnisse aus dem Projekt wurden in die DVGW-Information Wasser Nr. 120 [5] aufgenommen.

Empfehlungen zur Untersuchung

Gemäß DVGW-Arbeitsblatt W 254 [6] sollten Wasserversorgungsunternehmen ihr Rohwasser regelmäßig mikrobiologisch untersuchen. Sofern die Untersuchungen bei Grundwässern mikrobielle Verunreinigungen wie z.B. coliforme Bakterien und damit Oberflächenwasserbeeinflussungen anzeigen, sollte für diese Rohwässer auch eine Risikobewertung für somatische Coliphagen durchgeführt werden.

Die Häufigkeit der Rohwasseruntersuchungen in Hinblick auf die geforderte Risikobewertung für somatische Coliphagen sollte sich daher an den Empfehlungen des DVGW-Arbeitsblattes W 254 orientieren. Dabei ist ein einjähriges Messprogramm mit monatlichen Untersuchungen sinnvoll (zwölf Mal jährlich).

Die Untersuchungen zur Risikobewertung in Bezug auf Coliphagen sollten alle 6 Jahre wiederholt werden, wie dies auch für die Aktualisierung der Risikobewertung nach § 35 TrinkwV vorgegeben ist. Bei wesentlichen Änderungen im Wassereinzugsgebiet (z. B. Bau von Abwasserreinigungsanlagen) sollte die Risikobewertung inklusive Untersuchungen ebenfalls wiederholt werden.

Bei der Beauftragung von Untersuchungen auf somatische Coliphagen muss beachtet werden, dass das Labor für die Analyse auf somatische Coliphagen bei der DAkkS gemäß DIN EN ISO 10705-2:2002 01 akkreditiert und in der Liste der notifizierten Untersuchungsstellen gelistet ist. Nur dadurch ist gewährleistet, dass die nötige Erfahrung für die Quantifizierung somatischer Coliphagen in Wasser vorhanden ist.

Ergebnisse von Rohwasseruntersuchungen (Beispiele)

Flusswasser Donau

Die Landeswasserversorgung entnimmt das Rohwasser der Donau bei Leipheim direkt aus der fließenden Welle. Das Donauwasser wird beim Eintritt in die Aufbereitungsanlage zweimal wöchentlich auf bakterielle Indikatorparameter untersucht, bereits seit 2007 zusätzlich monatlich auf somatische Coliphagen. Die nachfolgenden Aufbereitungsstufen werden ebenfalls untersucht, um die Wirksamkeit der Elimination der einzelnen Bakterien und Viren zu überprüfen.

Wie auch bei den bakteriellen Parametern schwankt die Konzentration der somatischen Coliphagen im Jahresverlauf, hier um etwa zwei log-Stufen, der Höchstwert lag bislang bei circa 2000 PFU/100 ml (Bild 2). Im Verlauf der Aufbereitung sind nach der Flockungssedimentation (FS 1) und Ozonung (anschließende Stufe) schon keine somatischen Coliphagen mehr nachweisbar (Bild 3).

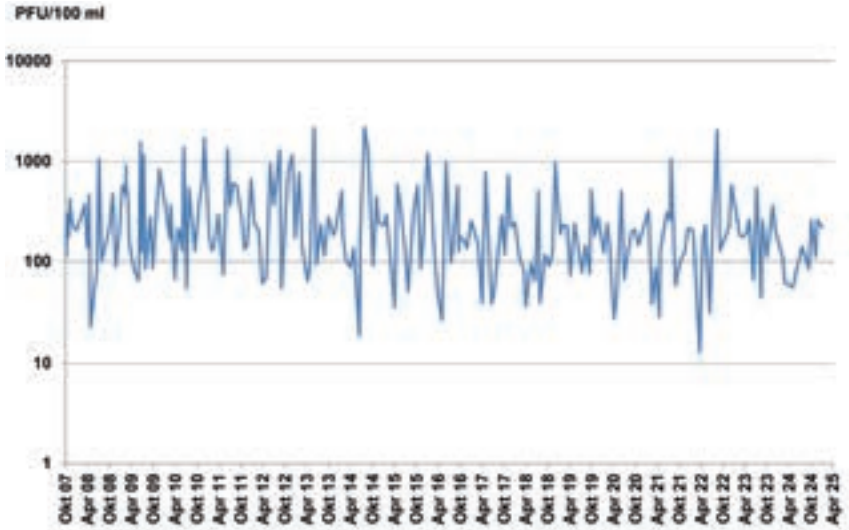


Bild 2: Donaurohwasser LW, zeitlicher Verlauf, monatliche Untersuchungen im Rohwasser seit 2007

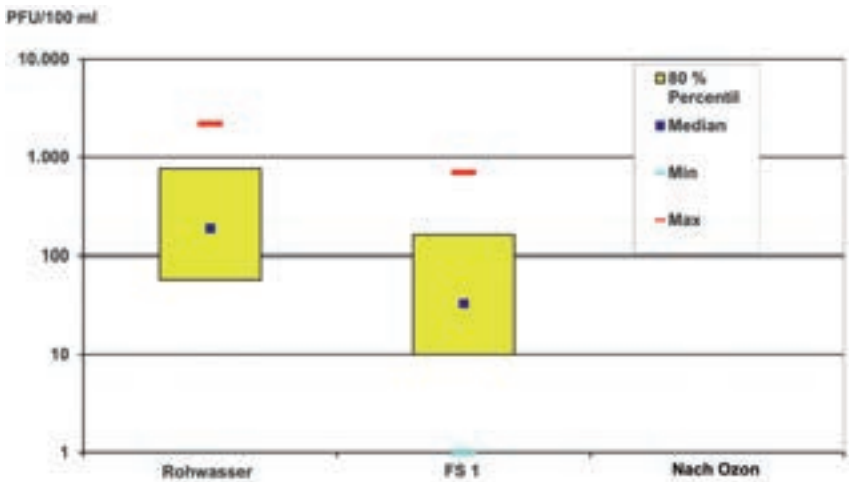


Bild 3: Donaurohwasser LW, monatliche Untersuchungen im Rohwasser und nach Flockung/Sedimentation (FS1) seit 2007

Buchbrunnenquelle (Egauwasserwerk)

Als Karstquelle unterliegt die Buchbrunnenquelle verschiedenen Kontaminationseinflüssen und zeigt eine permanente Grundlast an fäkalen Verunreinigungen und periodisch immer wieder Belastungsspitzen bei allen Indikatorparametern. Die Aufbereitung des Rohwassers im Egauwasserwerk erfolgt durch Ozonung, Flockungsfiltration über Zweischichtfilter und Aktivkohle-Filtration zu stets einwandfreiem Trinkwasser. Seit 2016 wird das Rohwasser und das Gesamtfiltrat zusätzlich auch auf somatische Coliphagen untersucht (Bild 4). Auch hier kommt es selten, aber immer wieder zu Werten über 50 pfu/100 ml.

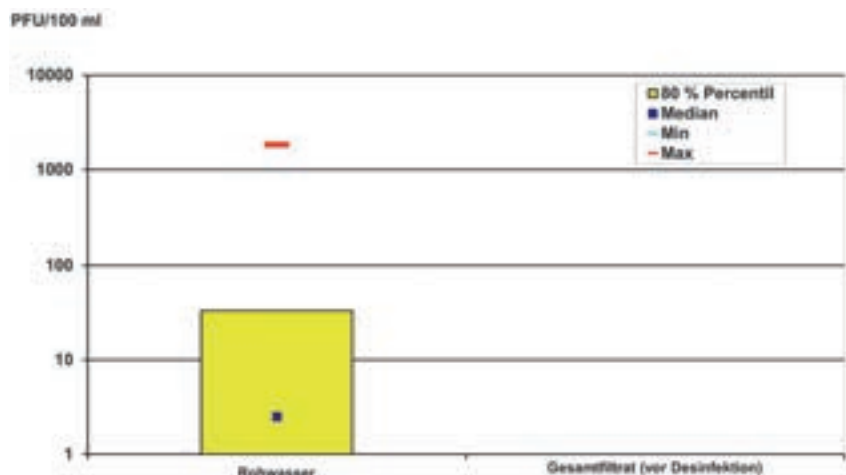


Bild 4: Karstquellwasser Egauwasserwerk, monatliche Untersuchungen seit 2016

Literatur

- [1] *DIN EN ISO 10705-2:2002-01, Wasserbeschaffenheit - Nachweis und Zählung von Bakteriophagen – Teil 2: Zählung von somatischen Coliphagen (ISO 10705-2:2000); Deutsche Fassung EN ISO 10705-2:2001*
- [2] *Richtlinie (EU) 2020/2184 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 16. Dezember 2020 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Neufassung)*
- [3] *Trinkwasserverordnung vom 20. Juni 2023 (BGBl. 2023 I Nr. 159, S. 2)*
- [4] *DVGW-Forschungsbericht: Bedeutung der neuen mikrobiologischen Parameter der EU-Trinkwasserrichtlinie für die deutsche Wasserversorgung (W 202012)*
- [5] *DVGW-Information WASSER Nr. 120 (2025) Somatische Coliphagen*
- [6] *DVGW-Arbeitsblatt W 254 Grundsätze für Rohwasseruntersuchungen (Mai 2021)*

Erstveröffentlichung in der Schriftenreihe „Wasserforum“ 11/2025

Herausgeberin Dr. M. Dellert-Ritter