

Ergebnisse aus dem Untersuchungsprogramm 2024

Michael Fleig und Josef Klinger

TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe

Einleitung

Im Rahmen ihrer regelmäßigen Messungen untersucht die AWBR an den Entnahmestellen des Rohwassers einiger ihrer Mitgliedswerke die Beschaffenheit von Hoch- und Oberrhein sowie Neckar und Donau in jeweils 13 Proben, die in 28-tägigem Abstand entnommen werden. Zum Zeitpunkt der klimabedingt derzeit nicht mehr sicher stattfindenden Vollzirkulation im Frühjahr findet zudem die Beprobung in Bodensee, Zürichsee, Bielersee und Vierwaldstättersee statt. Die Probenahme wird dabei von Mitarbeitern der Mitgliedsunternehmen vorgenommen.

Untersucht wird auf die Parameter einer innerhalb der IAWR abgestimmten Liste und so wird ein ganzheitliches Bild stofflicher Belastungen im Einzugsgebiet des Rheins erfasst. Diese Liste wird regelmäßig um neue und als relevant eingestufte Stoffe ergänzt. Erfasst werden so Industriechemikalien, Wirkstoffe in Pharmaka und Pestiziden sowie weitere allgemeine und anorganische Parameter. Untersuchungen auf einige ausgewählte mikrobiologische Kenngrößen 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 Analysenergebnisse liefern Aussagen zur qualitativen Beschaffenheit der Fließgewässer und Alpenseen und erlauben es, langfristige Entwicklungen hin zu einer besseren Gewässerbeschaffenheit festzustellen. Die Einhaltung der Anforderungen, die im Europäischen Fließgewässer-Memorandum (ERM, Fassung von 2020) in Form von Zielwerten festgelegt sind, kann so überprüft und gegebenenfalls erforderliche Schritte abgeleitet werden. Zudem sind sie die Grundlage für die wissenschaftliche Tätigkeit des Beirats, für politische Aktivitäten von Vorstand und Präsidium und die Zusammenarbeit mit den Arbeitsgemeinschaften ARW, RIWA und IAWR. Auf diese Weise trägt die AWBR zum Schutz unserer Gewässer und zur langfristigen Sicherstellung der Trinkwasserversorgung für künftige Generationen bei.

Den Mitgliedswerken und ihren Mitarbeitern sowie den Kolleginnen und Kollegen in den AWBR-Gremien, die bei Probenahme, Bestimmung, Dokumentation und Auswertung der Daten beteiligt waren, gilt ein herzlicher Dank für die aktive und zuverlässige Unterstützung bei der Durchführung des AWBR-Untersuchungsprogramms.

Wasserführung und allgemeine physikalisch-chemische Parameter

Im Berichtsjahr 2024 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 2022 - 2024 im Vergleich zu den langfristigen Monatsmittelwerten der Perioden 1891-2000, 1991- 2020 und 2020-2023 dargestellt.

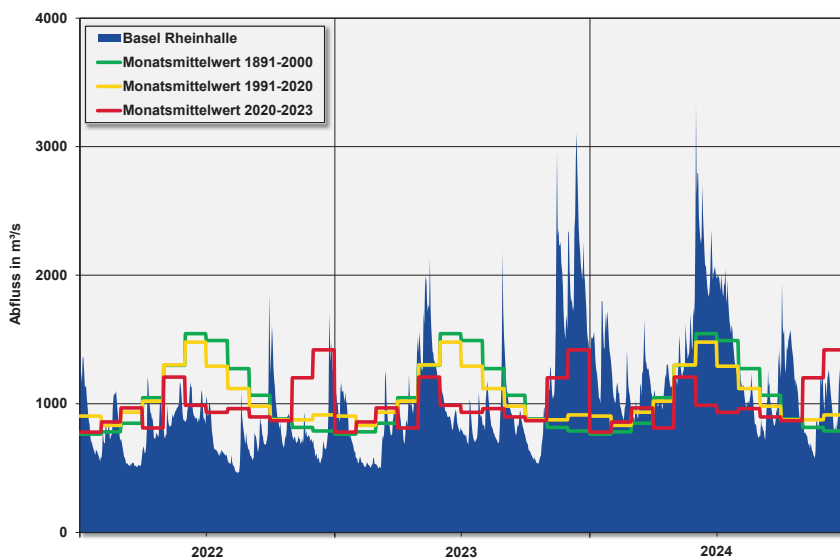


Bild 1: Wasserführung im Rhein bei Basel-Rheinhalle (2022 – 2024) im Vergleich zur langjährigen mittleren Wasserführung

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

der Winterperiode und Hochwassersituationen gegen Jahresmitte. Dies gilt für die langfristigen Beobachtungszeiträume 1891-2000 und 1991-2020. Die 20-Jahres-Periode 1991-2020 zeigt jedoch bereits eine Abnahme der ab Jahresmitte abfließenden Wassermengen und eine Verlagerung in das hydrologische Winterhalbjahr im Bereich von noch unter 5 % der jährlichen Gesamtwassermenge. Die für die Jahre 2022 - 2024 dargestellten Abflussdaten zeigen deutlich, wie unterschiedliche die beobachteten Jahre verlaufen können. Während die Jahre 2022 und 2023 gegenüber den langjährigen Beobachtungen als defizitär einzustufen sind prägen ausgedehnte Hochwassersituationen um den Jahreswechsel 2023/2024 und im Sommer 2024 den Jahressgang im Jahr 2024.

In Bild 2 sind die relativen Abflüsse bezogen auf den langjährigen Mittelwert der Jahre 1995 bis 2024 dargestellt. Für Basel (Pegel Rheinhalle) und Karlsruhe (Pegel Maxau) lagen in den letzten 20 Jahre die relativen Wasserführungen (basierend auf den Jahresmittelwerten) überwiegend nahe oder unterhalb der langjährigen Vergleichswerte. Das Jahr 2024, das bereits mit einer Hochwassersituation begann, zeigt hingegen überdurchschnittliche Wassermengen an den beiden Pegeln an.

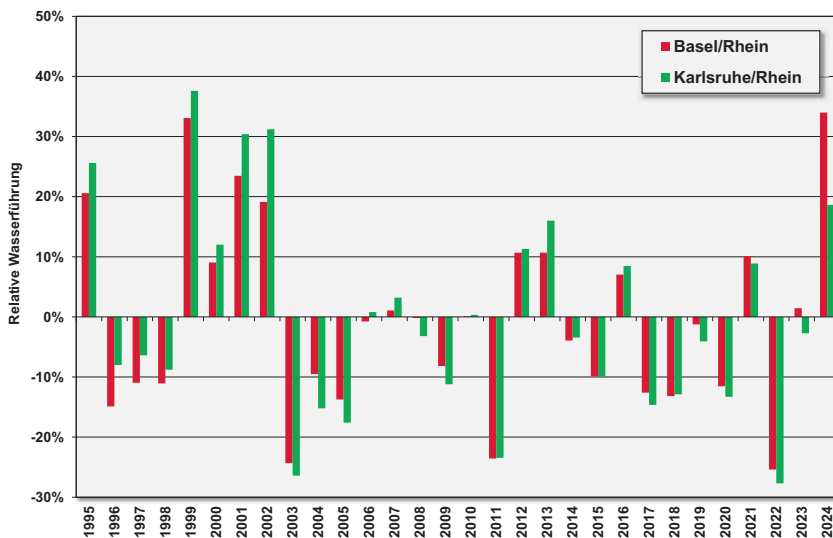


Bild 2: Relative Wasserführung im Rhein bezogen auf die langjährige Wasserführung (1995 – 2024)

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.

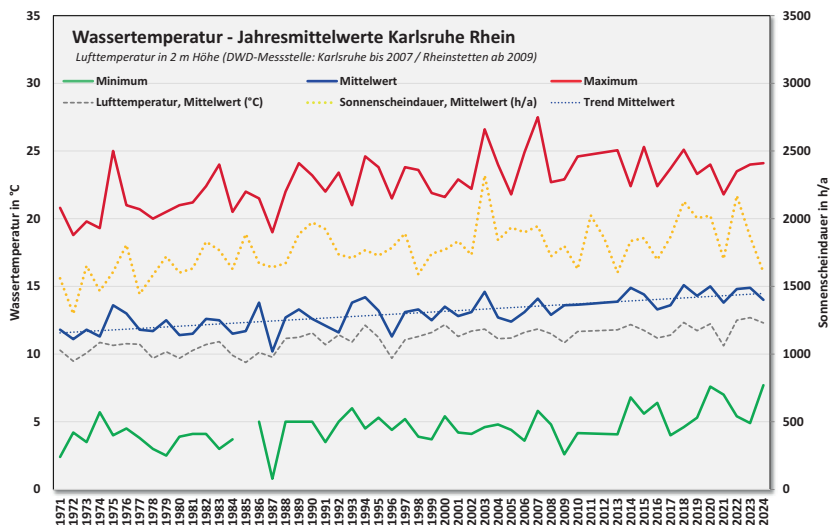


Bild 3: Langfristige Entwicklung der Wassertemperatur im Rhein bei Karlsruhe-Maxau (1971 - 2024)

Bei den allgemeinen Qualitätsparametern **elektrische Leitfähigkeit**, **pH-Wert** und den anorganischen Messgrößen **Chlorid**, **Sulfat** und **Ammonium** wurden 2024 an den Messstellen der AWBR keine Überschreitungen der Zielwerte des ERM ermittelt (Tabelle 1). Für den Qualitätsparameter **Sauerstoff** wurde die minimal ausgewiesene Konzentration von 8 mg/L an den Messstellen an Rhein und Donau bei Leipheim nur kurzfristig und geringfügig unterschritten. Die **Nitrat**-Konzentrationen liegen seit langem deutlich auf einem niedrigen Niveau und halten die Anforderungen des ERM-Zielwertes sicher ein. Überschreitungen der seitens des ERM vorgegebenen Zielwerte ergeben sich jedoch im Mündungsbereich des Neckar.

Tabelle 1: Mittel- und Maximalwert 2024 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	14,3	25,1	14,0	24,1	12,3	21,8
Elektrische Leitfähigkeit (25°C)	< 70 mS/m	35	38	35	37	55	66
Sauerstoffgehalt [mg/L]	> 8 mg/L	10,4	7,6*	10,6	7,7*	10,4	7,4*
pH-Wert [-]	7 – 9	8,04 – 8,30		7,94 – 8,42		8,00 – 8,04	
Chlorid [mg/L]	< 100 mg/L	11	21	13	15	26	48
Sulfat [mg/L]	< 100 mg/L	25	28	23	27	17	21
Ammonium [mg/l]	< 0,03 mg/L	0,02	0,04	0,03	0,05	0,03	0,09
Nitrat [mg/L]	< 25 mg/L	5,8	7,6	5,8	7,1	12	15,4

* Minimum des Sauerstoffgehaltes

Summarische organische Messgrößen

Bei den organischen summarischen Messgrößen **DOC**, **TOC**, **SAK (254)** und **AOX** sind mit wenigen Ausnahmen die Anforderungen aus dem ERM 2020 erfüllt (Tabelle 2). An der Donau bei Leipheim weist lediglich der TOC mit 4,2 mg/L eine kurzzeitige aber geringfügige Überschreitung auf. Am 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 2024 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	1,6	2,0	2,0	2,8	3,5	7,9	2,1	2,8
TOC	4 mg/L	2,2	3,7	2,5	3,6	4,7	9,0	3,4	4,2
SAK (254)	10 1/m	3,7	5,0	5,3	7,8	10	11	5,6	7,9
AOX	25 µg/L	<5	<5	6	8	12	26	6	7

Organische Spurenstoffe

Organische Spurenstoffe stammen aus den Bereichen Industrie und Gewerbe, Landwirtschaft und Pharmazeutika und stellen die größte Stoffgruppe dar, auf die von der AWBR untersucht wird. Neben den Ausgangsstoffen sind dabei auch Produktionshilfsmittel oder daraus entstehende Transformationsprodukte von Interesse. Die aus Sicht der Wasserversorgung entscheidenden Kriterien für die Bewertung der Einträge sind dabei Persistenz (P), Mobilität (M) und ggf. Toxizität (T) der Verbindungen. Diese Stoffe können bei entsprechender Mobilität und Persistenz bis in das Rohwasser gelangen und sind zudem meist bei der Aufbereitung nur schwierig und mit zusätzlichen Verfahren zu entfernen. Insbesondere diese erweiterten Aufbereitungsverfahren sind mit dem Grundsatz einer den natürlichen Verfahren entsprechenden Aufbereitung nicht zu vereinbaren. Aus diesem Grund wird gefordert, den Eintrag solcher Stoffe in die Gewässer oder das Grundwasser ganz zu vermeiden. Zudem sind die Kosten für diese ergänzenden Maßnahmen dem Verursacher zuzuschreiben.

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 unauffällig.

Die Konzentrationen von Glyphosat lagen an den Messstellen im Oberrhein und oberhalb der Mündung des Neckars unterhalb des ERM-Zielwertes. Die Werte für dessen Metaboliten AMPA lagen am Rhein bei Karlsruhe kurzzeitig über dem Zielwert von 0,1 µg/L (Bild 4). Am Oberrhein wird zudem die Zunahme mit der Fließstrecke zwischen den Messstellen Basel und Karlsruhe deutlich. Die ermittelten Konzentrationen im Neckar bei Mannheim überschritten in den letzten Jahren fast durchweg den ERM-Zielwert von 0,1 µg/L bei einer deutlich erkennbaren Periodizität.

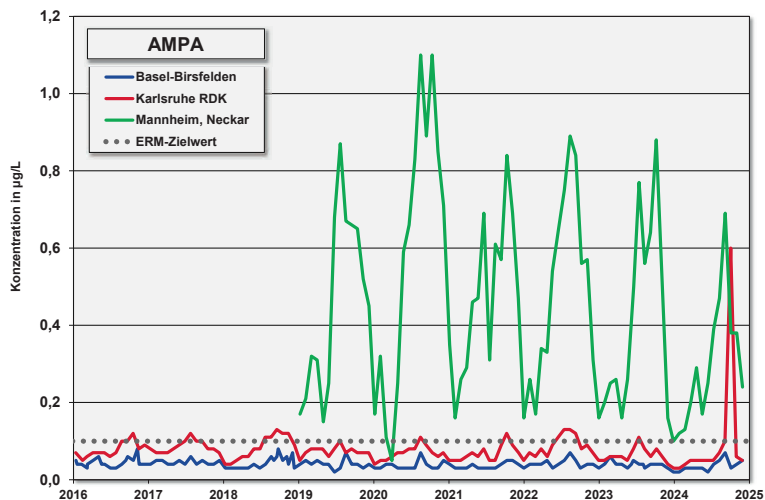


Bild 4: Konzentrationen von AMPA in Rhein und Neckar (2016 – 2024)

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 2024 sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Tabelle 3: Mittel- und Maximalwerte 2024 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	0,02	0,02	0,03	0,09	0,12
Bezafibrat	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Carbamazepin	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,04	0,08
10,11-Dihydro-10,11-dihydroxycarbamazepin (M)	0,01	0,02	0,02	0,03	0,09	0,15
Cetirizin	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,02
Diclofenac	0,02	0,03	0,02	0,03	0,09	0,19
Fexofenadin	0,01	0,02	<0,01	0,02	0,02	0,03
Furosemid	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03
Gabapentin	0,03	0,05	0,04	0,06	0,20	0,27
Hydrochlorothiazid	<0,01	0,02	0,01	0,02	0,06	0,15
Ibuprofen	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,02	0,04
Lamotrigin	0,02	0,03	0,03	0,04	0,10	0,21
Levitiracetam	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,02	0,04
Lidocain	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,02
Metformin	0,15	0,25	0,21	0,29	0,67	1,0
Guanylharnstoff (M)	0,50	0,98	0,49	0,88	1,7	3,9
Metoprolol	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,09	0,13
N-Acetyl-4-aminoantipyrin (AAA) (M)	0,05	0,07	0,05	0,06	0,23	0,32
N-Formyl-4-aminoantipyrin (FAA) (M)	0,04	0,05	0,04	0,06	0,32	0,48
Naproxen	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,04
Oxazepam	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Oxipurinol (M)	0,04	0,06	<0,03	0,07	0,64	1,4
Phenazon	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,03
Primidon	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,04
Sitagliptin	0,02	0,03	0,03	0,04	0,16	0,26
Sotalol	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Sulfamethoxazol	0,01	0,02	0,01	0,02	0,06	0,11
Acetyl-Sulfamethoxazol	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,02
Tramadol	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,04
Venlafaxin	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,03	0,06
Didesmethylvenlafaxin (M)	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,02	0,03
o-Desmethylvenlafaxin (M)	<0,01	0,02	0,01	0,02	0,07	0,12

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 und Guanylharnstoff kann mit diesem veränderten Einsatz sowie mit verbessertem Abbau und Rückhalt in den Kläranlagen zugeordnet werden. Die im Rhein nachgewiesenen Konzentrationen für diesen Wirkstoff und dessen Transformationsprodukt übersteigen jedoch weiterhin den ERM-Zielwert von jeweils 0,1 µg/L deutlich (Bild 5).

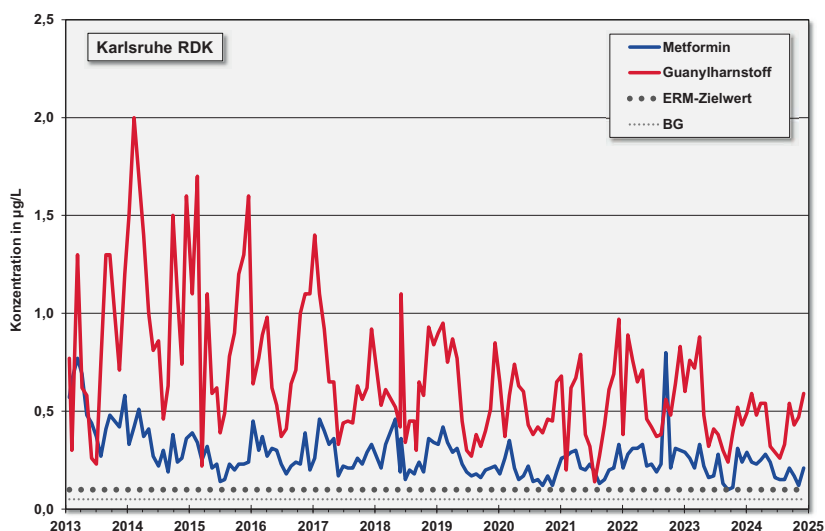


Bild 5: Metformin- und Guanylharnstoff-Konzentrationen an der Messstelle Basel (2013 - 2024)

Untersuchungen auf Oxipurinol, das im Körper entstehende wirksame Transformationsprodukt des Gichtmittels Allopurinol, wurden bereits Mitte 2015 aufgenommen. Am Rhein bei Basel und Karlsruhe wurden die Anforderungen aus dem ERM weitestgehend eingehalten (Bild 6). Am Neckar, an dem erst 2022 mit Untersuchungen begonnen wurde, liegen die Befunde erheblich höher und zeigen Maximalbefunde mehrfach oberhalb einer Konzentration von 1 µg/L. Zudem unterliegen die Werte hier sehr großen Schwankungen.

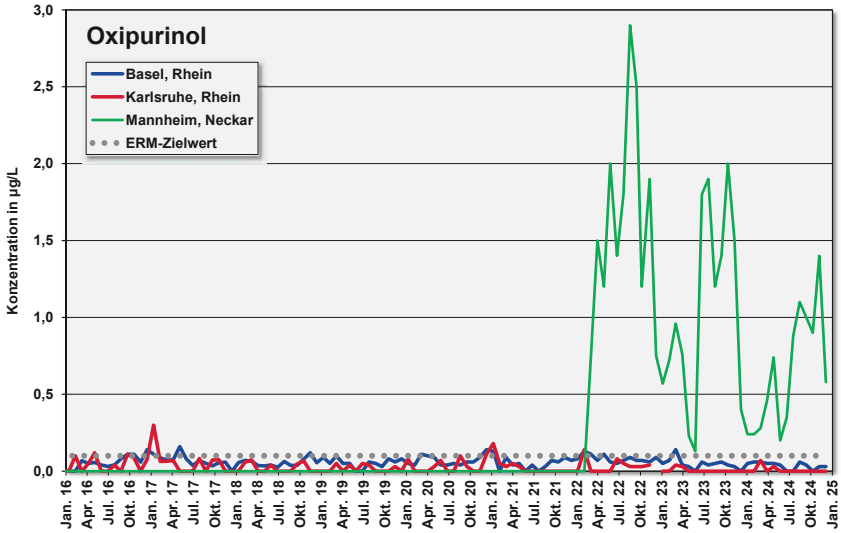


Bild 6: Konzentrationen von Oxipurinol in Rhein und Neckar (2016 - 2024)

Tabelle 4: Mittel- und Maximalwerte 2024 der pharmazeutischen Wirkstoffe aus der Gruppe der Sartane in Rhein und Neckar - Angaben in µg/L (ERM-Zielwert: 0,1 µg/L)

Parameter	Basel		Karlsruhe		Mannheim	
	Mw.	Max.	Mw.	Max.	Mw.	Max.
Candesartan	0,02	0,02	0,02	0,03	0,24	0,47
Irbesartan	<0,01	<0,01	0,02	0,02	0,02	0,04
Lorsartan	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Olmesartan	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,03	0,06
Telmisartan	<0,01	<0,01	0,01	0,03	0,04	0,07
Valsartan	0,03	0,05	0,03	0,05	0,12	0,20
Valsartansäure (M)	0,08	0,08	0,02	0,10	0,25	0,69

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 werden im Jahr 2024 die ERM-Zielwerte eingehalten (Tabelle 4). Am

Neckar werden diese von Candesartan, Valsartan und Valsartansäure deutlich und zudem vom Jahresmittelwert überschritten.

Tabelle 5: Mittel- und Maximalwerte 2024 von Röntgenkontrastmitteln in Rhein und Neckar - Angaben in µg/L (ERM-Zielwert: 0,1 µg/L)

Parameter	Basel		Karlsruhe		Mannheim	
	Mw.	Max.	Mw.	Max.	Mw.	Max.
Amidotrizoesäure	0,01	0,02	0,01	0,02	0,15	0,28
Iohexol	0,03	0,05	0,04	0,07	0,43	0,64
Iomeprol	0,12	0,19	0,20	0,33	0,71	1,3
Iopamidol	0,07	0,08	0,09	0,14	0,18	0,59
Iopromid	0,07	0,11	0,09	0,15	0,16	0,31

Von den fünf wichtigsten Röntgenkontrastmitteln (RKM) überschreiten Iopamidol und Iopromid am Oberrhein den ERM-Zielwert von 0,1 µg/L (Tabelle 5). Bei Iomeprol liegen bereits die Mittelwerte oberhalb dieser Anforderung. Am Neckar liegen aufgrund des hohen Abwasseranteils die Werte für alle Röntgenkontrastmittel deutlich höher und ebenfalls bereits mit dem Mittelwert oberhalb des ERM-Zielwertes. Die höchsten Belastungen am Neckar wurden für das Röntgenkontrastmittel Iomeprol ermittelt.

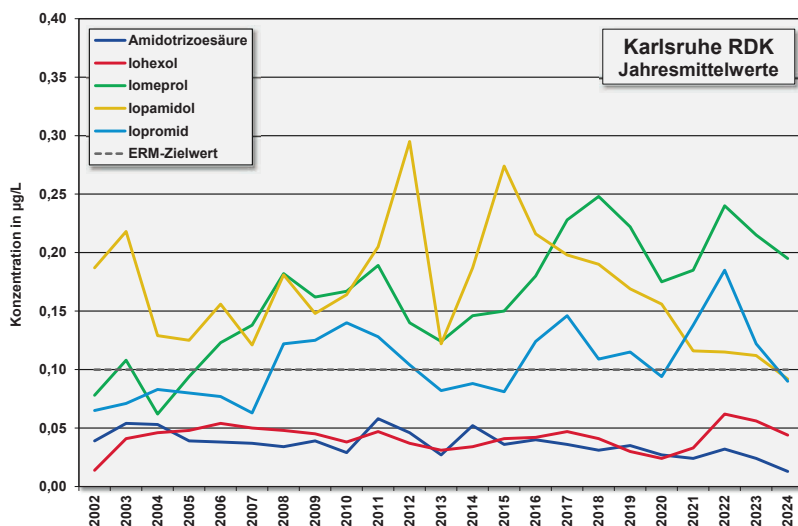


Bild 7: Konzentrationsmittelwerte von Röntgenkontrastmittel im Rhein bei Karlsruhe (2010 - 2024)

Die Befunde im Rhein bei Karlsruhe und den anderen Messstellen zeigen deutliche Schwankungen im Jahresgang, 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 und Iopromid ist derzeit noch kein eindeutiger Trend ableitbar; beide Stoffe sollten jedoch weiter beobachtet werden.

Industriechemikalien

Alle größeren Fließgewässer sind mit Industriechemikalien, die im Einzugsgebiet produziert, verarbeitet oder angewendet werden, belastet. Der Eintrag erfolgt meist punktuell unterhalb der Produktions- oder Verarbeitungsstätten. Verbindungen, die persistent, mobil und ggf. toxisch sind, haben aus Sicht der Wasserversorgung eine besonders große Bedeutung, da diese Verbindungen häufig nicht oder nur mit hohem Aufwand in der Trinkwasseraufbereitung entfernt werden können.

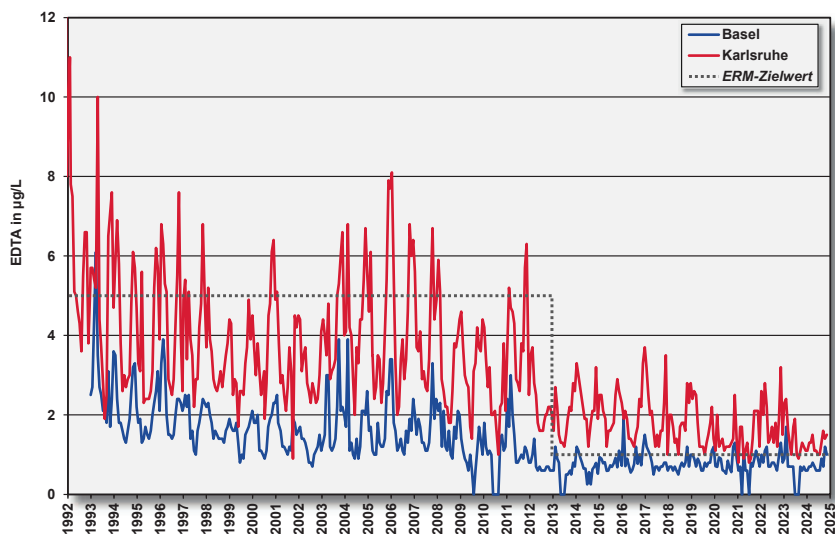


Bild 8: EDTA-Konzentrationen im Rhein bei Basel und Karlsruhe (1992 - 2024)

Seit langem untersuchen die Wasserversorger auf die synthetischen Komplexbildner. Für EDTA und DTPA konnten bereits vor einigen Jahren erhebliche Verbesserungen hinsichtlich der Belastung des Rheins erreicht werden. 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 (Bild 8). 2024 liegen jedoch die Konzentrationen unter dem Vorjahresniveau und wiesen eine geringere Schwankungsbreite auf. Am Neckar liegen die Befunde mit einem Maximalwert von 5,9 µg/L und den Werten der beiden vorangegangenen Jahre (2022: 8,1 µg/L; 2023: 6,4 µg/L) deutlich oberhalb der Anforderung aus dem ERM. Eine weitere Reduktion der Einträge ist somit angezeigt.

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. Am Oberrhein werden einzelne Überschreitungen des ERM-Zielwertes festgestellt. (Bild 9).

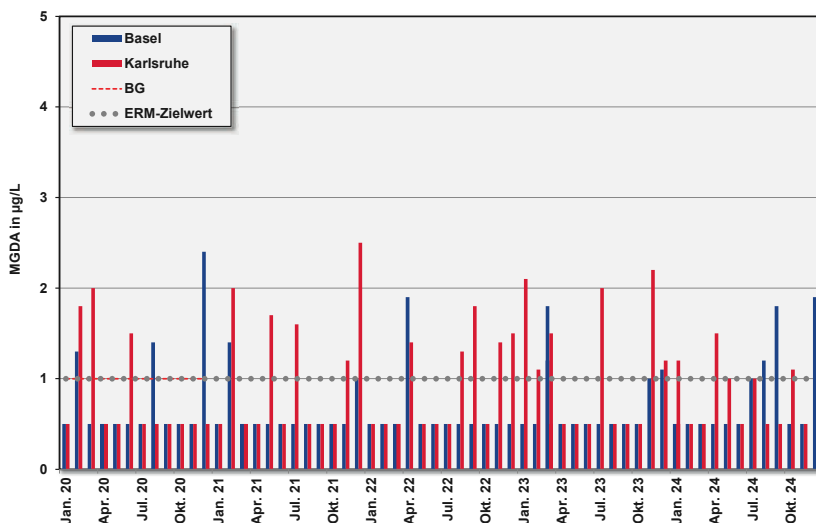


Bild 9: MGDA-Konzentrationen im Rhein bei Basel und Karlsruhe (2020 - 2024)

MGDA und die anderen Komplexbildner wurden auch im Jahr 2024 zusätzlich an der Messstelle Mannheim (Neckar) untersucht. Die Maximalwerte lagen in den vergangenen Jahren oberhalb des ERM-Zielwertes (2022: 1,7 µg/L; 2023: 3,7 µg/L; 2024: 3,3 µg/L). Die Komplexbildner NTA und DTPA halten an Rhein und Neckar den ERM-Zielwert ein.

Der Korrosionsinhibitor **1H-Benzotriazol** und dessen zwei Methylderivate **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 zurückgehalten werden und gelangen so in die Fließgewässer. Der ERM-Zielwert von 0,1 µg/L wird von 1H-Benzotriazol im Rhein bei Karlsruhe dauerhaft überschritten. Für die beiden Derivate 4- und 5-Methylbenzotriazol wird der ERM-Zielwert meist eingehalten (Bild 10). Im Jahr 2024 zeigt sich bei allen Verbindungen ein etwas niedrigeres Konzentrationsniveau, was vermutlich auf die durchschnittlich höhere Wasserführung zurückgeführt werden kann. Im Neckar bei Mannheim wurde der ERM-Zielwert bei allen drei Verbindungen bereits von den Mittelwerten überschritten.

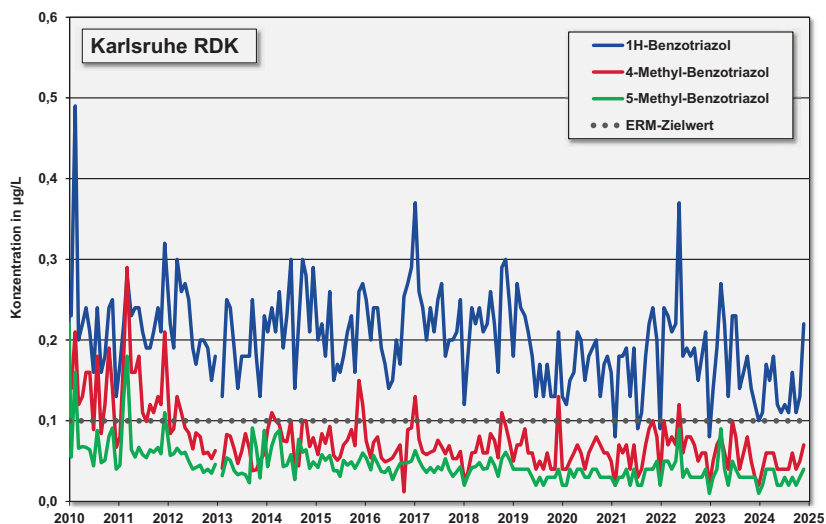


Bild 10: Konzentrationen von 1H-Benzotriazol und seiner Derivate im Rhein bei Karlsruhe (2010 – 2024)

In Tabelle 6 sind die Mittel- und Maximalwerte von wichtigen Industriechemikalien an den Messstellen Basel-Birsfelden und Karlsruhe RDK sowie Mannheim im Neckar für das Untersuchungsjahr 2024 aufgeführt.

Tabelle 6: Mittel- und Maximalwerte 2024 von Industriechemikalien - Angaben in µg/L

Parameter	ERM-Zielwert	Basel		Karlsruhe		Mannheim	
		Mw.	Max.	Mw.	Max.	Mw.	Max.
NTA	1 µg/L	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
EDTA	1 µg/L	0,7	1,2	1,3	1,6	3,8	5,9
DTPA	1 µg/L	<1	<1	<1	<1	<1	<1
MGDA	1 µg/L	<1	1,9	1,0	1,5	1,7	3,3
1H-Benzotriazol	0,1 µg/L	0,10	0,12	0,14	0,22	0,85	1,3
4-Methylbenzotriazol	0,1 µg/L	0,03	0,04	0,05	0,07	0,27	0,94
5-Methylbenzotriazol	0,1 µg/L	0,02	0,03	0,03	0,04	0,12	0,19
1,4-Dioxan	0,1 µg/L	0,10	0,24	0,10	0,21	0,36	0,90
Melamin	0,1 µg/L	0,18	0,26	0,33	0,68	1,1	2,8
Trifluoracetat (TFA)	1 µg/L	0,61	0,71	0,65	0,84	2,2	4,4
Amidosulfonat (ASA)	-	17	22	16	26	63	130

Für **1,4-Dioxan**, **Melamin** und 1H-Benzotriazol werden am Oberrhein noch immer größere Überschreitungen des ERM-Zielwertes von 0,1 µg/L festgestellt. Am Neckar liegen die Befunde für fast alle Verbindungen deutlich höher und mehrere der Stoffe überschreiten die Zielanforderungen. Für die beiden Komplexbildner **EDTA** und **MGDA** werden an Oberrhein und Neckar die Anforderungen nach dem ERM von 1 µg/L noch immer überschritten, wie in Tabelle 6 dokumentiert ist.

Für die anorganische Substanz **Amidosulfonat** (ASA) wurde kein ERM-Zielwert festgelegt. Dieser Stoff wird jedoch in großen Mengen als Entkalkungsmittel in Industrie, Gewerbe und vielen Haushaltsprodukten eingesetzt und ist sehr gut in Wasser löslich. Die nachgewiesenen Konzentrationen liegen in einem sehr hohen Bereich, so dass eine weitere Beobachtung angezeigt ist.

Das Lösungsmittel **1,4-Dioxan** ist mit Wasser gut mischbar und wird als gesundheitsschädlich eingestuft. Die Befunde am Oberrhein überschreiten den ERM-Zielwert von 0,1 µg/L zeitweise und am Neckar

dauerhaft (Bild 11). Eine Reduzierung des Belastungsniveaus ist am Rhein noch nicht sicher abzuleiten und dürfte mit den Verhältnissen der Wasserführung einhergehen. Die deutlich höheren 1,4-Dioxan-Gehalte im Neckar sind auf den im Verhältnis zum Abfluss höheren Abwasseranteil zurückzuführen.

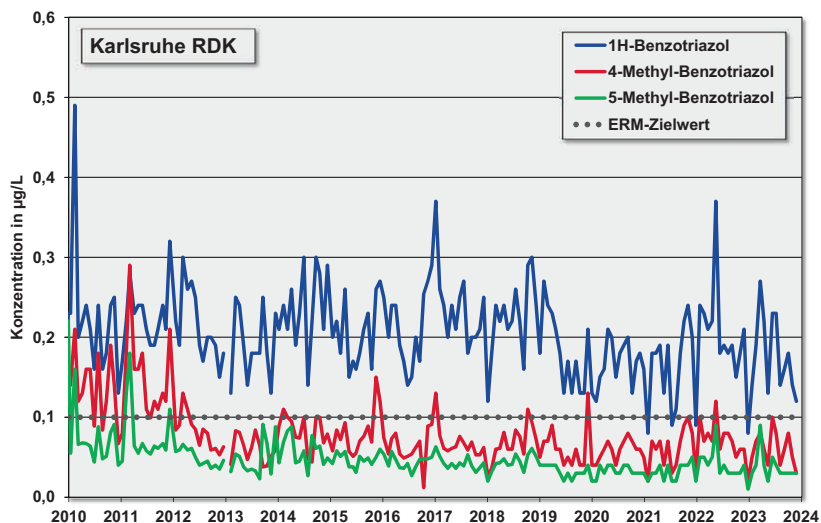


Bild 11: 1,4-Dioxan-Konzentrationen im Rhein bei Basel und Karlsruhe (2016 - 2024) und im Neckar bei Mannheim (2020 - 2023)

Melamin (Bild 12) gehört zu den Stoffen mit Produktionsmengen oberhalb von 100.000 t/a und wird über kommunale und industrielle Kläranlagen in die Gewässer eingetragen. Es findet in den verschiedensten Werk- und Gebrauchsstoffen Verwendung, wozu u. a. der Bereich der weitverbreitet eingesetzten Spanplatten zählt. Am Rhein wird der ERM-Zielwert von 0,1 µg/L an den Messstellen Basel und Karlsruhe häufiger überschritten. Die Untersuchungen im Neckar zeigen im Jahr 2024 eine geringere Maximalkonzentration als in den vorangegangenen Jahren. Dieser Rückgang ist im Zusammenhang mit den Verhältnissen der Wasserführung zu sehen; eine Verbesserung der Belastungssituation kann hieraus nicht abgeleitet werden, da die ermittelten Frachten im Bereich der Vorjahre liegen.

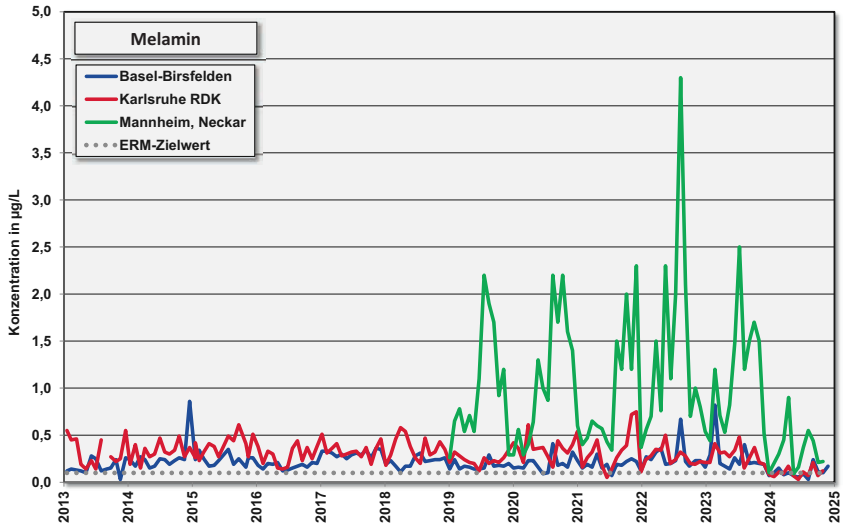


Bild 12: Melamin-Konzentrationen in Rhein (2013 - 2022) und Neckar (2019 - 2024)

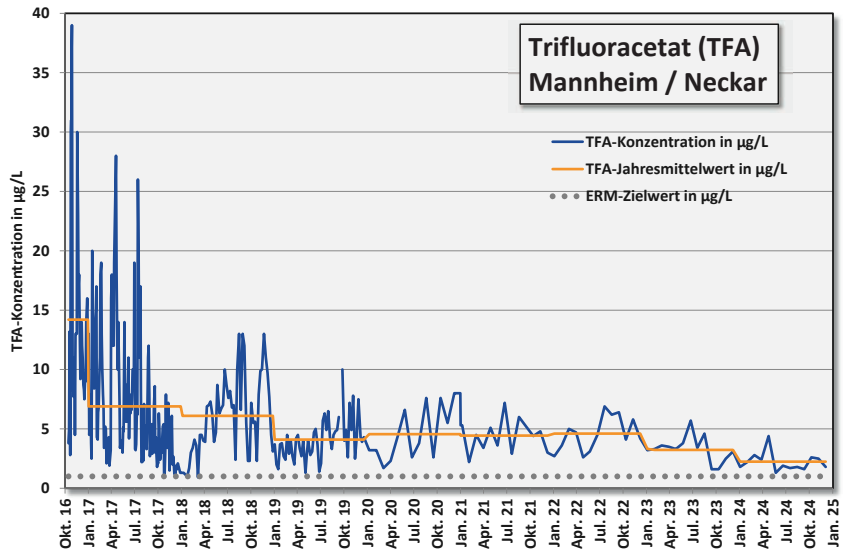


Bild 13: TFA-Konzentrationen und Jahresmittelwerte im Neckar bei Mannheim (10/2016 – 12/2024)

Trifluoracetat (TFA) ist mobil und persistent und somit 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 derzeit mit natürlichen Verfahren nicht möglich.

Nach der Aufdeckung einer industriellen Einleitung von TFA am Neckar Mitte 2016 wurden sehr hohe Belastungen nachgewiesen (Bild 13). Mittlerweile wurde die Produktion verlagert, in dessen Folge die Konzentrationen im Neckar deutlich zurückgingen. Noch immer wird der ERM-Zielwert von 1 µg/L durchgängig überschritten. Für 2024 konnte ein weiterer leichter Rückgang des Jahresmittelwertes der Konzentration festgestellt werden. Die durch die Belastung des Neckars bedingten hohen Werte in den Uferfiltraten der Wasserwerke am unteren Neckar werden erst längerfristig zurückgehen.

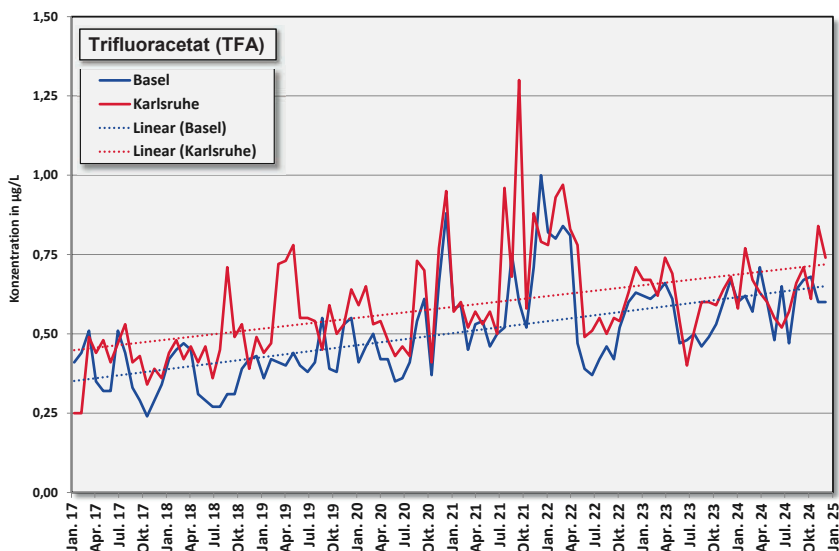


Bild 14: TFA-Konzentrationen im Rhein bei Basel und Karlsruhe (2017 – 12/2024)

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 nun bereits im Bereich von 75% des ERM-Zielwertes von 1 µg/L für TFA.

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 15).

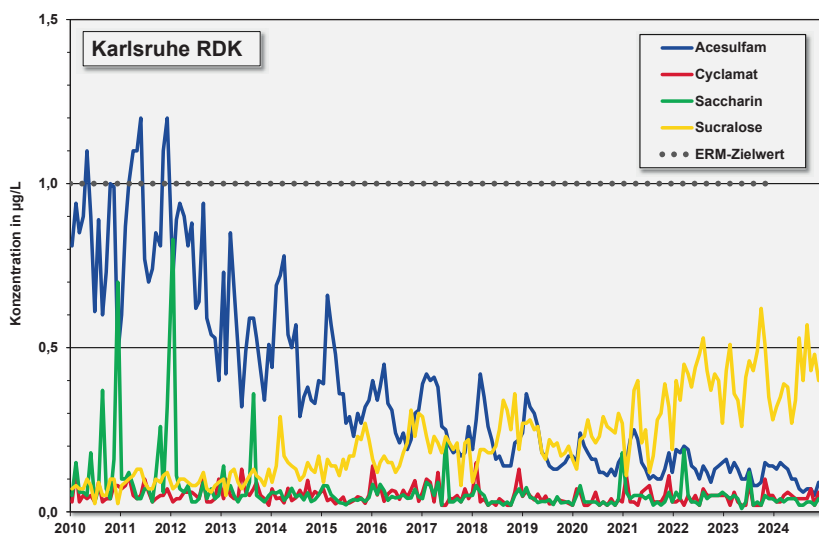


Bild 15: Süßstoff-Konzentrationen im Rhein bei Karlsruhe (2010 - 2024)

Die Konzentrationen von Acesulfam zeigen weiterhin eine leicht rückläufige Tendenz und unterschreitet die Anforderungen aus dem ERM dauerhaft. Dabei ist zu berücksichtigen, dass im Jahr 2024 mit seinen höheren Wasserführungen eine zusätzliche Verdünnung eingetreten sein könnte. Die Gehalte der beiden Süßstoffe Saccharin und Cyclamat lie-

gen ebenfalls weit unterhalb des ERM-Zielwertes von 1,0 µg/L. Sucralose weist seit einigen Jahren die höchsten Konzentrationen unter den künstlichen Süßstoffen auf, zeigt 2024 jedoch keinen weiteren Anstieg. Allerdings werden auch 2024 Werte oberhalb von 0,5 µg/L nachgewiesen.

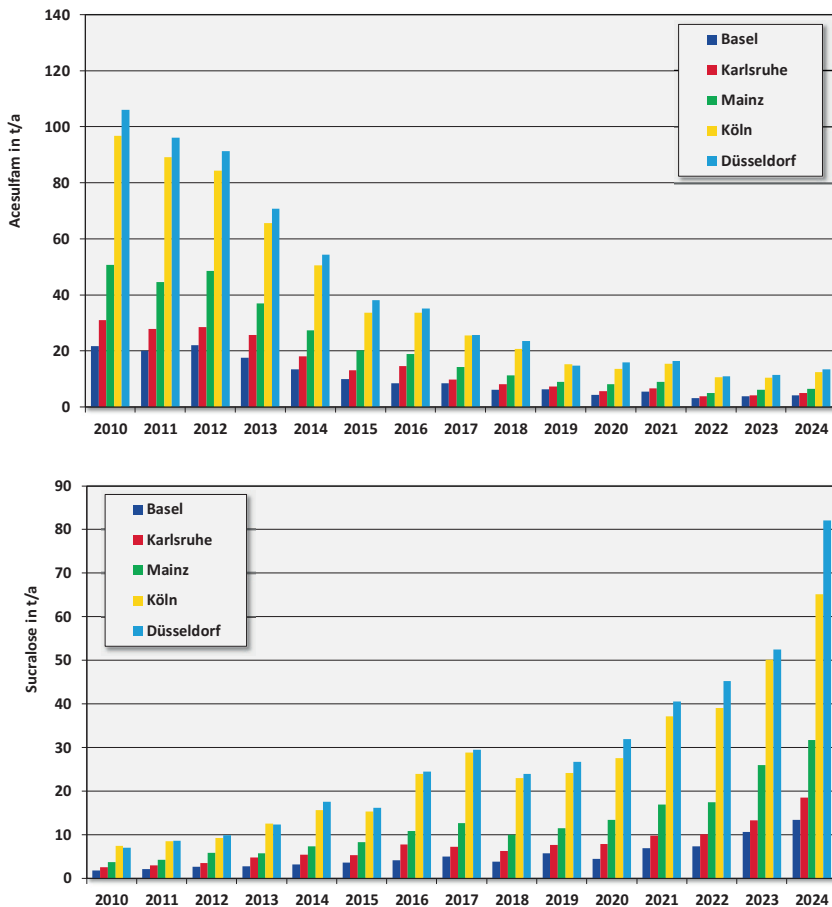


Bild 16: Frachten von Acesulfam (oben) und Sucralose (unten) im Rhein (2010 – 2024)

Die Entwicklung der beiden Süßstoffe mit den größten Veränderungen lässt sich anhand der Frachten im Rheinlängsprofil am deutlichsten aufzeigen (Bild 16). Für Acesulfam haben sich die Frachten auf niedrigem

Niveau stabilisiert und zeigen in den letzten Jahren keinen weiteren Rückgang. Die Fracht an Sucralose hat jedoch 2024 besonders am Niederrhein nochmals deutlich zugenommen. Die Jahresfrachten für Sucralose in Basel (2024: 13,4 t) und Karlsruhe (2024: 18,5 t) haben sich im Zeitraum 2010 bis 2024 vervielfacht.

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 hoch sind. Die für den März 2024 aus den Messwerten aller Seemessstellen berechneten Mittel- und Maximalkonzentrationen an Bodensee und Zürichsee sind in Tabelle 7 zusammengestellt.

In den Alpenseen überschreitet derzeit Metformin und Melamin den für Fließgewässer angewendeten ERM-Zielwert. Neu aufgenommen wurde die Cyanursäure, die an den Alpenseen Werte oberhalb der Anforderungen des ERM aufweist und von daher weiter beobachtet werden sollte. Alle weiteren nachgewiesenen Verbindungen lagen großteils deutlich unterhalb dieses Zielwertes.

Tabelle 7: Mittel- und Maximalwerte von ausgewählten organischen Spurenstoffen im Bodensee und Zürichsee (März 2025)

Parameter in µg/L	Bodensee (N=12)			Zürichsee (N=7)	
	ERM	MW	Max.	MW	Max.
Röntgenkontrastmittel					
Amidotrizoesäure	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Iohexol	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Iomeprol	0,1	0,06	0,08	0,05	0,05
Iopamidol	0,1	0,05	0,08	0,05	0,06
Iopromid	0,1	<0,01	<0,01	0,02	0,03
Süßstoffe					
Acesulfam	1,0	0,09	0,11	0,06	0,07
Cyclamat	1,0	<0,01	0,01	0,01	0,01
Saccharin	1,0	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Sucralose	1,0	0,16	0,24	0,17	0,19
Weitere Einzelstoffe					
N,N-Dimethylsulfamid (DMS)	0,1	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Trifluoracetat (TFA)	1	0,4	0,4	0,4	0,4
Dicyandiamid (DCD)	0,1	0,08	0,09	0,04	0,05
Amidosulfonat (ASA)	-	11	12	10	11
1,4-Dioxan	0,1	<0,01	<0,01	0,08	0,09
Melamin	0,1	0,17	0,20	0,08	0,09
Cyanursäure	0,1	<0,1	<0,1	0,18	0,23
1H-Benzotriazol	0,1	0,07	0,08	0,04	0,05
4-Methylbenzotriazol	0,1	0,03	0,03	0,01	0,01
5-Methylbenzotriazol	0,1	0,01	0,02	0,01	0,02
Metformin	0,1	0,12	0,14	0,10	0,12
Guanylharnstoff	0,1	<0,05	0,07	<0,05	0,07

Die Konzentrationen an **Trifluoracetat (TFA)** sind in allen Alpenseen bis 2024 angestiegen (Bild 17) und wiesen 2025 vergleichbare Werte auf wie im Vorjahr. Die Werte liegen unterhalb des ERM-Zielwertes von 1 µg/L für Fließgewässer. Für Bodensee und Zürichsee wurden die Ergebnisse über alle Messstellen gemittelt angegeben. Zwischen den verschiedenen Stellen weisen die Konzentrationen nur geringfügige Unterschiede auf. Im Bielersee werden mit Konzentrationen um 0,6 µg/L die höchsten Werte festgestellt. Im Vierwaldstättersee ist der Wert auf knapp 0,3 µg/L angestiegen.

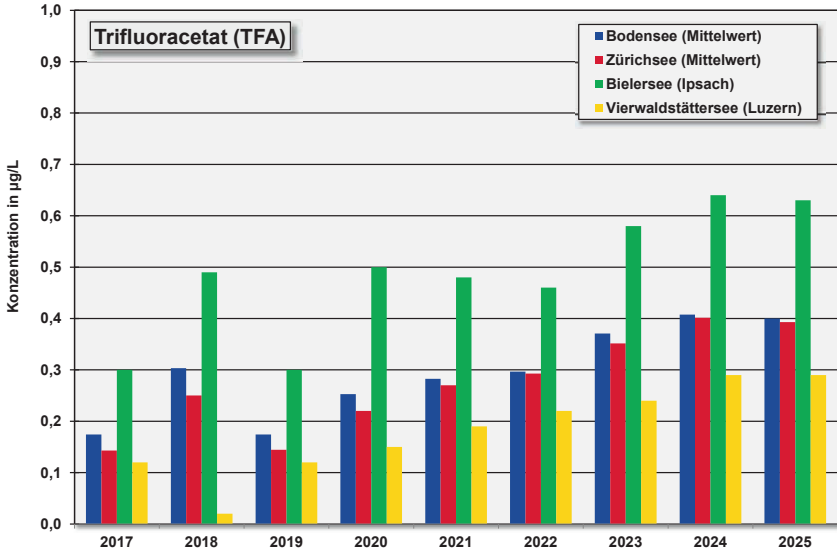


Bild 17: TFA-Konzentrationen in den Alpenseen (2017 – 2025)

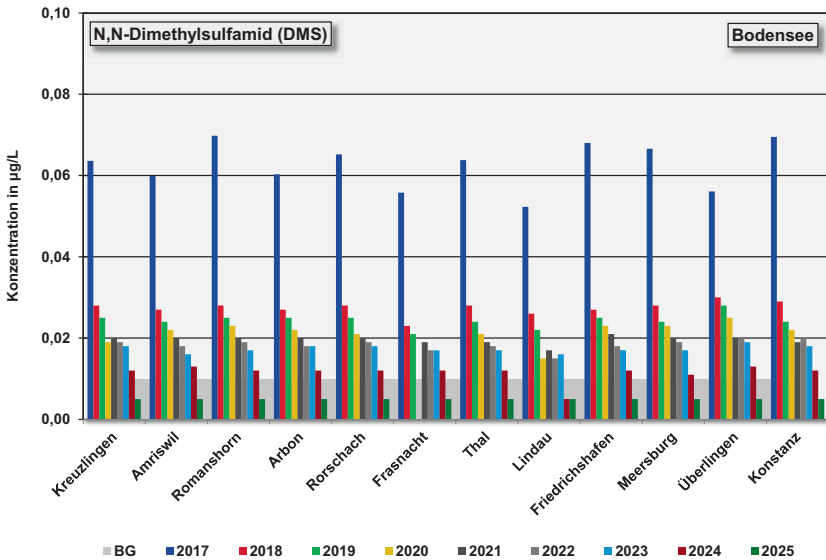


Bild 18: N,N-Dimethylsulfamid-Konzentrationen im Bodensee (2017 - 2025)

Für DMS (**N,N-Dimethylsulfamid**) zeigt sich ein weiterer Rückgang der Konzentrationen im Bodensee (Bild 18). Rund um den Bodensee liegen damit die Befunde unterhalb der Bestimmungsgrenze. In der Betrachtung über viele Jahre hinweg verdeutlicht dies, wie das konsequente Verbot einzelner Verbindungen zu einem Austrag dieser bzw. deren Transformationsprodukte aus dem Wasserspeicher Bodensee und damit einer Verbesserung der Beschaffenheit des Rohwassers führt.

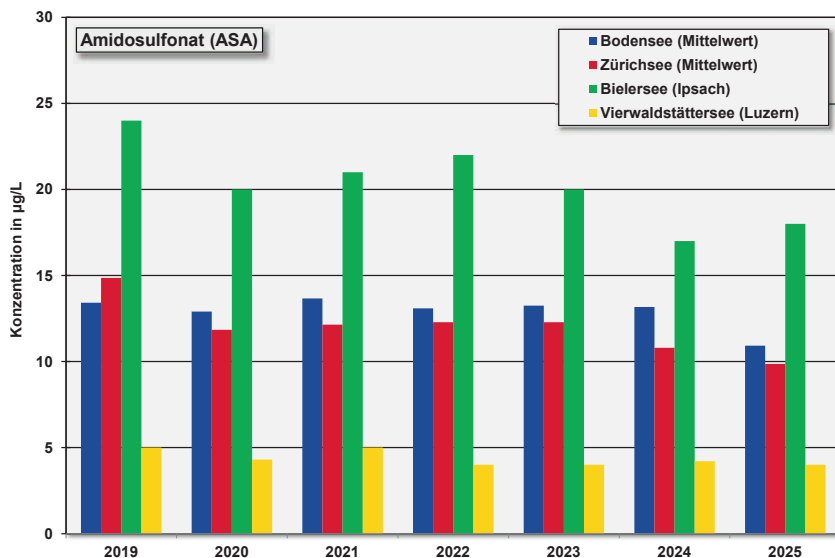


Bild 19: Amidosulfonat-Konzentrationen in den Alpenseen (2019 - 2025)

Die Konzentrationen von **ASA (Amidosulfonat)** liegen für die verschiedenen Seen auf ziemlich stabilem Niveau und zeigen in den letzten Jahren nur geringe Veränderungen (Bild 19). Tendenziell ist ein leichter Rückgang der Konzentrationen zu beobachten. Besonders fällt hier der Vierwaldstättersee mit seinen vergleichsweise geringen Konzentrationen auf.

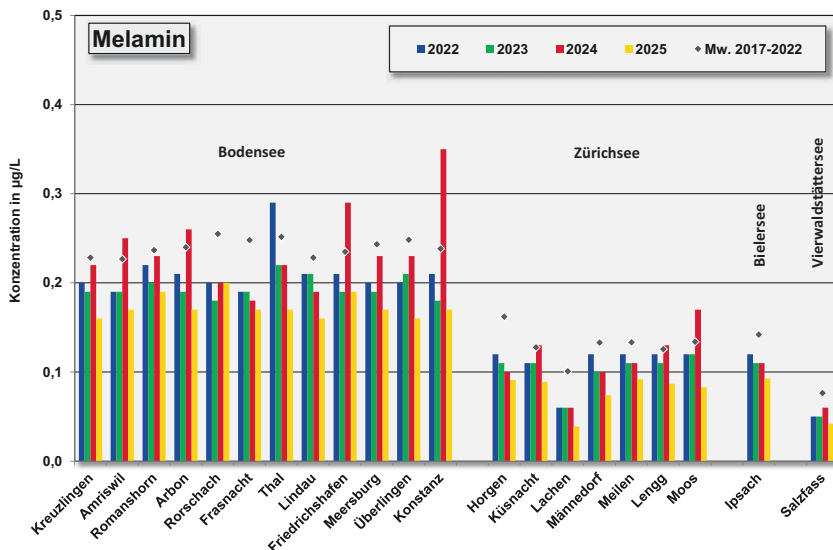


Bild 20: Melamin-Konzentrationen in den Alpenseen (2023 – 2025 im Vergleich zum 5-Jahresmittelwert 2017-2022)

Die **Melamin**-Konzentrationen im Bodensee liegen weiter deutlich oberhalb der Anforderungen des ERM (Bild 20). Auffällig sind die für 2024 höheren Konzentrationen als in den beiden Vorjahren. Im Jahr 2025 liegen die Werte wieder deutlich unter denen des Vorjahres. An Zürichsee und Bielersee werden durchweg ca. 0,1 µg/L Melamin nachgewiesen. Die Befunde im Vierwaldstättersee liegen seit einigen Jahren deutlich darunter.

Metformin liegt an fast allen Messstellen in Bodensee und Zürichsee im Bereich des ERM-Zielwertes von 0,1 µg/L; im Bielersee wird der ERM-Zielwert deutlich überschritten. Im Vierwaldstättersee hingegen wird dieser sicher eingehalten. **Guanylarnstoff** liegt nur im Bielersee oberhalb des ERM-Zielwertes und schwankt rund um den Zürichsee unterhalb dieses Wertes von 0,1 µg/L. Am Bodensee finden sich wie in vorangegangenen Jahren nur in Lindau nachweisbare Konzentrationen von Guanylarnstoff. Die beiden Verbindungen **Gabapentin** und **Lamotrigin** hingegen liegen an allen Messstellen weiter deutlich unterhalb des ERM-Zielwertes. (Bild 21)

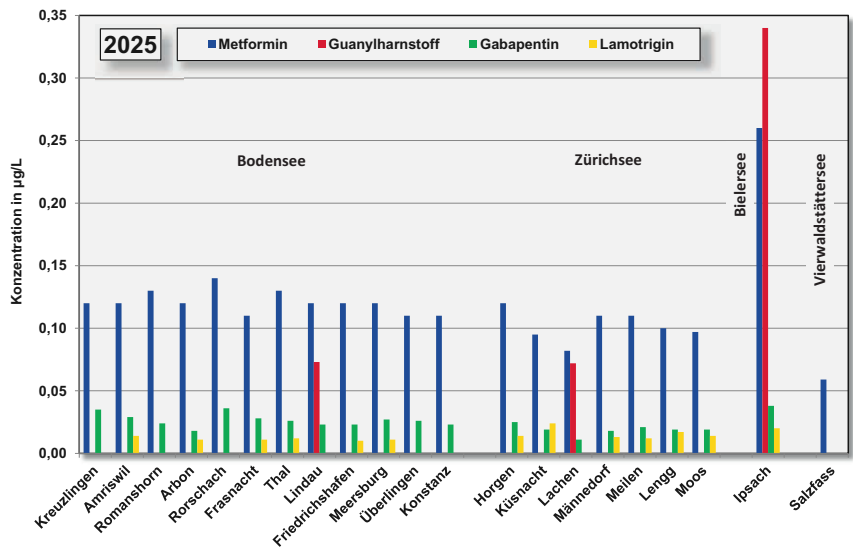


Bild 21: Konzentrationen von Metformin, Guanylarnstoff, Gabapentin und Lamotrigin (2025)

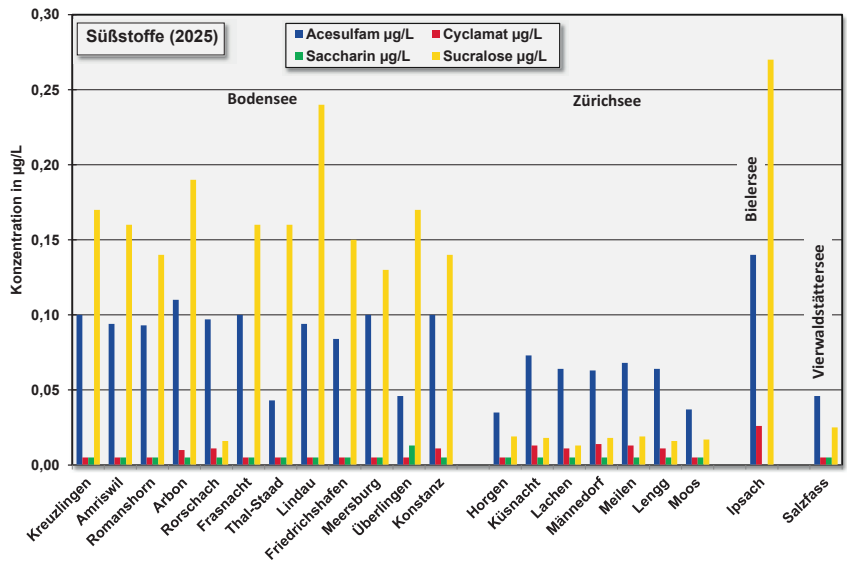


Bild 22: Konzentrationen von künstlichen Süßstoffen in den Alpenseen (2025)

Im Bodensee weist **Sucralose** mit überwiegend ca. 0,15 µg/L die höchsten Konzentrationen auf. Die Werte für Acesulfam liegen bei ca. 0,1 µg/L (Bild 22). An der Messstelle Ipsach am Bielersee liegen die gemessenen Konzentrationen bei ca. 0,27 µg/L. Im Zürichsee und Vierwaldstättersee sind deutlich geringere Belastungen an Süßstoffen festzustellen. Zudem dominiert hier Acesulfam.

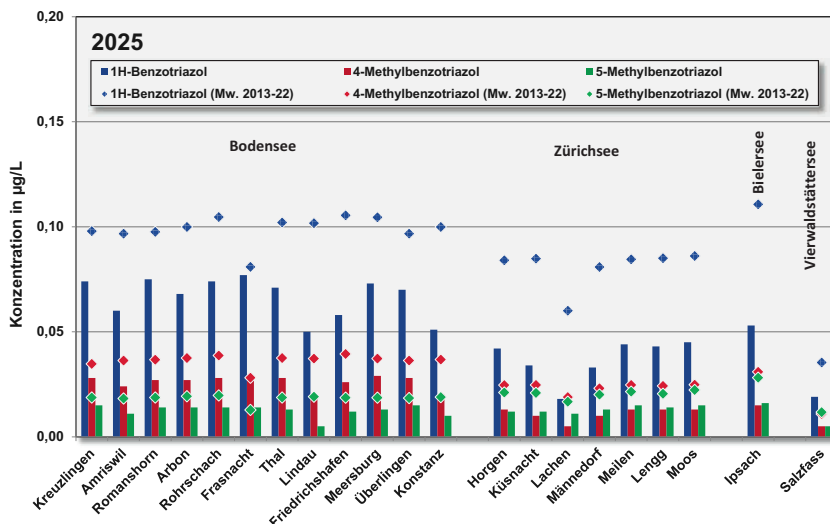


Bild 23: Konzentrationen von 1H-Benzotriazol und dessen Derivaten in den Alpenseen (2025)

Mit **1H-Benzotriazol** (Bild 23) wird ein Korrosionsinhibitor und Enteisungsmittel in die Oberflächengewässer eingetragen. Die Konzentrationen von 1H-Benzotriazol liegen im Bodensee inzwischen unterhalb von 0,1 µg/L und sind im Vergleich zum zehnjährigen Mittelwert (2013-2022) zurückgegangen. Dieses niedrigere Niveau im Jahr 2024 kann auch an den anderen Seen beobachtet werden. Die beiden weiteren Verbindungen 4-Methyl-Benzotriazol und 5-Methyl-Benzotriazol weisen in allen Fällen ein niedrigeres Konzentrationsniveau auf. Alle drei Verbindungen halten die Vorgaben des ERM ein.

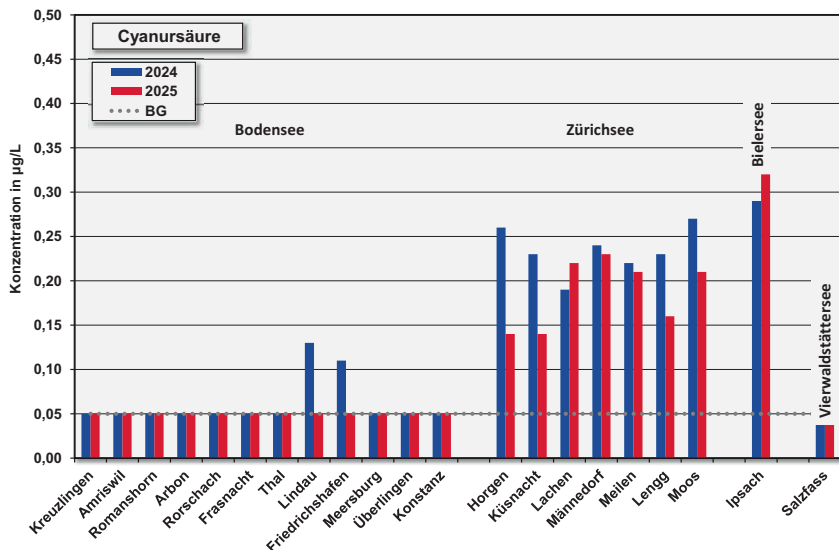


Bild 24: Konzentrationen der Cyanursäure in den Alpenseen (2024 - 2025)

Untersuchungen auf **Cyanursäure** wurden 2024 erstmals durchgeführt und aufgrund der Befunde 2025 weitergeführt. Diese Verbindung findet in Schwimmbädern zur Stabilisierung von Chlor gegenüber UV-Strahlung sowie bei Lackhilfsmitteln Einsatz und wird an mehreren Standorten im Rheineinzugsgebiet hergestellt. Aus Sicht der Wasserversorgung fällt diese Verbindung unter die als relevant angesehenen PMT-Stoffe. Wie Bild 24 zeigt, liegen die Befunde in Zürichsee und Bielersee über dem vor einer Bewertung anzusetzenden ERM-Zielwert.

Im Rahmen der Untersuchungen an den AWBR-Messstellen in den Alpenseen wurde im März 2025 zudem einmalig auf das Vorkommen der **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 Bielersee lagen

die Werte für die beiden Metabolite Chlorthalonil-R 417888/M12 mit 0,01 µg/L und Chlorthalonil-R 471811/M4 mit 0,08 µg/L oberhalb der Bestimmungsgrenze und unterhalb 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 konnten die somatischen Coliphagen sowie Clostridium Perfringens im Rahmen der Eigenanalysen nach Teil A des Untersuchungsprogramms mitbestimmt werden. Die Befunde liegen im Bereich der in den Vorjahren festgestellten Werte.

Die Auswertung über längere Zeiträume hinweg erfolgt in regelmäßigen Abständen im Auftrag der IAWR für den gesamten Rhein. Auf die entsprechenden Berichte wird hier verwiesen.

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 in diesen vier Kategorien. Die Zuordnung erfolgt jeweils in der höchsten

festgestellten Kategorie. Für Sauerstoff (Mindestgehalt von 8 mg/L gefordert) und den pH-Wert (Bereich 7 – 9 einzuhalten) ist diese Art der Klassifizierung nicht geeignet.

Bei den allgemeinen und summarischen Parametern am Oberrhein werden die Zielwerte des ERM an den Rhein-Messstellen eingehalten. Im Neckar bei Mannheim liegen die DOC-Werte z. T. deutlich oberhalb des Zielwertes. Auf eine grafische Darstellung hierzu wird verzichtet.

Die umfangreichste Stoffgruppe bei den Untersuchungen der AWBR stellen die pharmazeutischen Wirkstoffe dar, weshalb diese der Übersichtlichkeit halber in zwei Abbildungen aufgeführt werden.

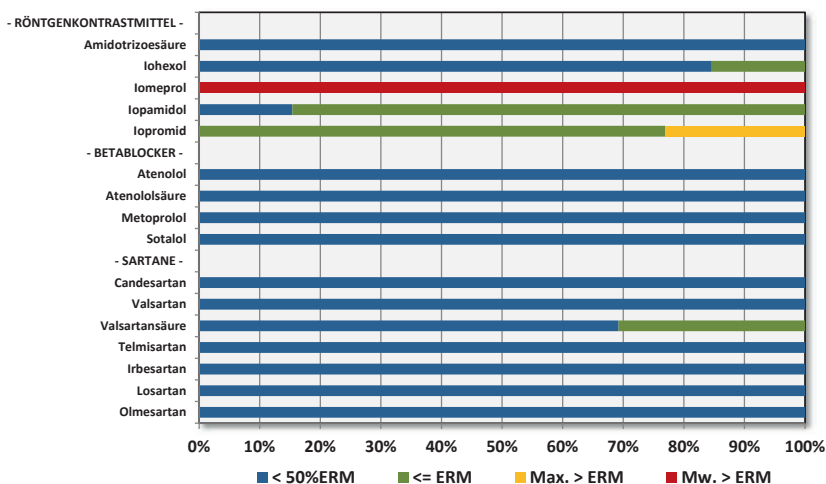


Bild 25: Röntgenkontrastmittel, Betablocker und Sartane – Auswertung nach den Zielwerten des ERM für die Messstelle Karlsruhe RDK (2024)

In Bild 25 sind Verbindungen der Stoffgruppen Röntgenkontrastmittel, Betablocker und Sartane dargestellt. Bei den Sartanen und den Betablockern sind keine Überschreitungen des ERM-Zielwertes festzustellen. In der Gruppe der Röntgenkontrastmittel hingegen liegt Iomeprol sogar mit dem Mittelwert der Jahresreihe 2024 oberhalb des geforderten Zielwertes. Für Iopromid konnte zudem eine Zielwertüberschreitung ermittelt werden.

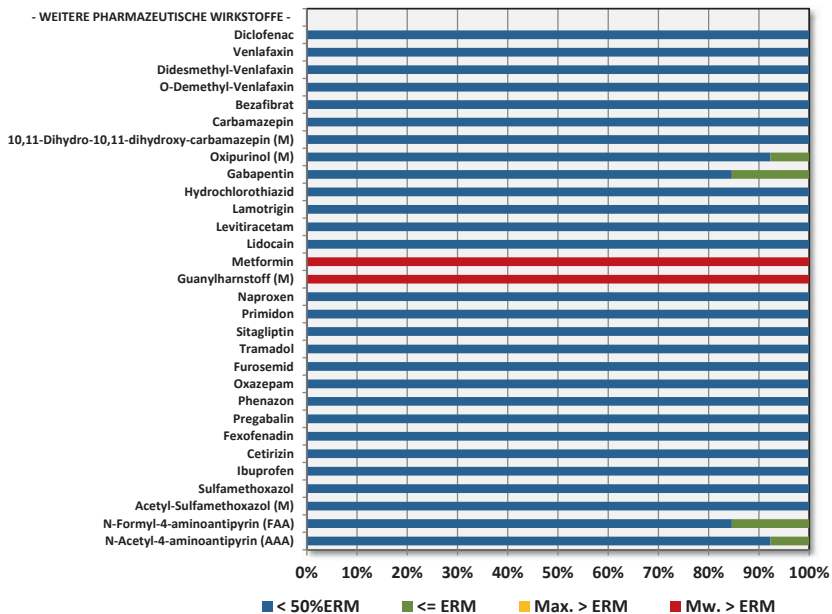


Bild 26: Weitere pharmazeutische Wirkstoffe und Metaboliten/Transformationsprodukte – Auswertung nach den Zielwerten des ERM für die Messstelle Karlsruhe RDK (2024)

In Bild 26 finden sich weitere pharmazeutische Wirkstoffe. Diese halten fast alle die ERM-Zielwerte ein. Lediglich Metformin und dessen Transformationsprodukt Guanylharnstoff halten den ERM-Zielwert im Mittel nicht ein.

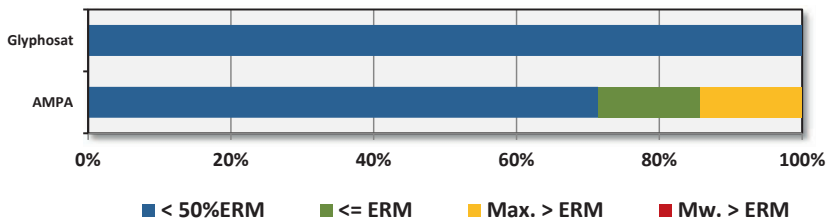


Bild 27: PSM-Wirkstoff Glyphosat und dessen Metabolit AMPA – Auswertung nach den Zielwerten des ERM für die Messstelle Karlsruhe RDK (2024)

Im Untersuchungsprogramm der AWBR werden aus der Gruppe der PSM-Wirkstoffe nur Glyphosat und dessen Metabolit AMPA analysiert, da die anderen Wirkstoffe der abgestimmten IAWR-Liste länger ohne auffällige Befunde waren. Für Glyphosat konnten keine Überschreitungen festgestellt werden. Der Maximalwert von AMPA hingegen überschreitet den ERM-Zielwert (Bild 27). Am Neckar hingegen überschreiten die Werte für AMPA in fast allen untersuchten Proben den ERM-Zielwert von 0,1 µg/L.

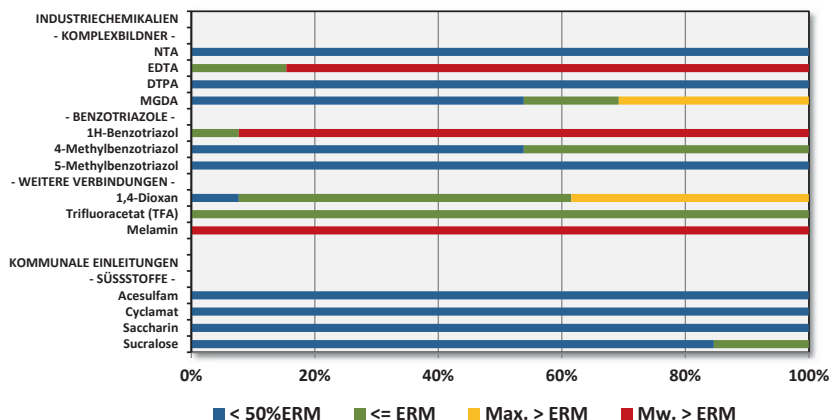


Bild 28: Industriechemikalien und kommunal eingetragene Verbindungen - Auswertung nach den Zielwerten des ERM für die Messstelle Karlsruhe RDK (2024)

Bei den Industriechemikalien (Bild 28) zeigen 1H-Benzotriazol, Melamin und EDTA meistens Konzentrationen oberhalb des ERM-Zielwertes und überschreiten diesen sowohl am Oberrhein als auch am Neckar zudem im Mittelwert. Die Komplexbildner MGDA und 1,4-Dioxan weisen ebenfalls Überschreitungen auf, liegen im Mittelwert jedoch unterhalb dieses Zielwertes. Von Bedeutung sind diese Verbindungen wegen ihrer Stoffeigenschaften Persistenz (P) und Mobilität (M).

Die durch kommunale Einleitungen bedingten Konzentrationen an Süßstoffe zeigen keine Überschreitungen des ERM-Zielwertes am Oberrhein. Bis auf Sucralose gilt dies ebenfalls für den Neckar.

Qualitäts- und Risikomanagement der Wasserversorgung Basel zur Sicherstellung der Trinkwasser-Ressourcen

Richard Wülser, IWB Industrielle Werke Basel

Trinkwasser für Basel und die Region

Das Trinkwasser für rund 220000 Einwohner des Kantons Basel-Stadt und Gemeinden in Baselland stammt jeweils ungefähr zur Hälfte aus den beiden Schutzgebieten Lange Erlen und Hardwald. Die beiden Werke basieren auf der künstlichen Grundwasseranreicherung mit Wasser aus dem Rhein (Abb. 1).

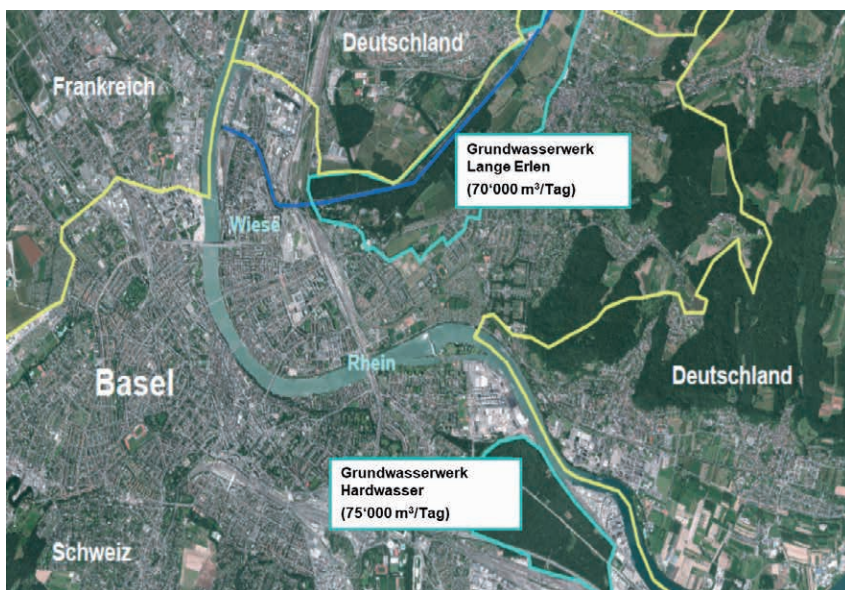


Abb. 1: Trinkwasser für die Versorgung von Basel und umliegenden Gemeinden

Das Basler Trinkwasser wird in den beiden Grundwassergebieten Lange Erlen und Hard von IWB Hardwasser AG auf möglichst naturnahe Art produziert. Dabei wird dem Rhein entnommenes Wasser filtriert, in bewaldeten Wässerstellen, Weihern oder Sickergräben versickert und so dem Grundwasserträger (Aquifer) zugeführt. Nach einigen Tagen wird

das angereicherte Grundwasser über Entnahmehbrunnen wieder hochgefördert, über Aktivkohle aufbereitet und vor der Netzeinspeisung mittels Ultraviolett-Licht desinfiziert. Dieser seit Jahrzehnten durch die IWB und Hardwasser AG in den Lange Erlen und im Hardwald betriebene Trinkwasserprozess erweist sich als sehr robust im Betrieb, wirkungsvoll in der Aufbereitung, kostengünstig im Unterhalt sowie ressourcenschonend.

Bei der Rheinwasserentnahme wird das Rheinwasser eingehend mit On-Line-Verfahren sowie durch im Labor IWB analysierten Proben untersucht. Neben der Eigenkontrolle des Rheinwassers ist die IWB auch in das Alarmdispositiv der Kantone entlang des Rheins sowie die Meldungen der Rheinüberwachungsstation (RÜS) eingebunden, die im Auftrag des Bundes vom Amt für Umwelt und Energie (AUE) betrieben wird. Bei einem Befund, bzw. einer Alarmmeldung wird die Rheinwasserentnahme umgehend unterbrochen, so dass kein kontaminiertes Rheinwasser in den Prozess gelangen kann.

Nach der Versickerung bleibt das sich mit dem natürlichen Grundwasser vermischte Rheinwasser gemäß den Anforderungen von Anhang 4 der Gewässerschutzverordnung während mindestens 10 Tagen im Untergrund, bevor es als Grundwasser gefasst, hochgepumpt und zu Trinkwasser aufbereitet wird.

Anforderungen an das Trinkwasser in der Schweiz

Gesetzliche Anforderungen

Trinkwasser obliegt in der Schweiz dem Lebensmittelrecht. Dieses umfasst das Bundesgesetz über Lebensmittel und Gebrauchsgegenstände (LMG) und die dazugehörigen Verordnungen. Relevanz für den Trinkwasserbereich haben die Lebensmittel- und Gebrauchsgegenständeverordnung (LGV) und die Verordnung über Trinkwasser sowie Wasser in öffentlich zugänglichen Bädern und Duschanlagen (TBDV).

In Artikel 7 LMG sind die Grundprinzipien der Lebensmittelsicherheit beschrieben. So dürfen zum Beispiel nur sichere Lebensmittel in Verkehr gebracht werden. Das gilt auch für das Trinkwasser. Demnach gelten Lebensmittel als nicht sicher, wenn davon auszugehen ist, dass sie gesundheitsschädlich oder für den Konsum durch den Menschen ungeeignet sind.

Anforderungen an die Trinkwasserqualität

Die grundsätzlichen Qualitätsanforderungen an das Trinkwasser sind im Artikel 3 der TBDV aufgelistet:

- Trinkwasser muss hinsichtlich Geruch, Geschmack und Aussehen unauffällig sein und darf hinsichtlich Art und Konzentration der darin enthaltenen Mikroorganismen, Parasiten sowie Kontaminanten keine Gesundheitsgefährdung darstellen.
- Trinkwasser muss die Mindestanforderungen nach den Anhängen 1 bis 3 TBDV erfüllen.
 - Anhang 1: Mikrobiologische Anforderungen an Trinkwasser (8 Parameter)
 - Anhang 2: Chemische Anforderungen an Trinkwasser (60 Parameter)
 - Anhang 3: Weitere Anforderungen an Trinkwasser (5 Parameter)
- Die Betreiberin oder der Betreiber einer Trinkwasserversorgungsanlage führt zudem unter Berücksichtigung der Anforderungen des Gewässerschutzgesetzes im Rahmen der gesamtbetrieblichen Gefahrenanalyse periodisch eine Analyse der Gefahren für Wasserressourcen durch.

Selbstkontrolle und hoheitliche Kontrolle

Als ein zentrales Element der Lebensmittelgesetzgebung gilt die Selbstkontrolle (Art. 26 LMG und Art. 73-75 LGV), auch für Wasserversorgungen. Diesbezüglich gilt: Wer Lebensmittel oder Gebrauchsgegenstände herstellt, behandelt, lagert, transportiert, in Verkehr bringt, ein-, aus- oder durchführt, muss dafür sorgen, dass die gesetzlichen Anforderungen eingehalten werden. Er oder sie ist zur Selbstkontrolle verpflichtet.

Die Pflicht zur Selbstkontrolle beinhaltet, an die Wasserversorgung adaptiert, insbesondere:

- die Sicherstellung der guten Verfahrenspraxis einschließlich der Gewährleistung,
- die Anwendung des Systems der Gefahrenanalyse und der kritischen Kontrollpunkte (Hazard Analysis and Critical Control Points, „HACCP-System“) oder von dessen Grundsätze,
- die Probenahme und die Analyse,
- die Rückverfolgbarkeit, die Informationspflicht und die Dokumentation.

Die Selbstkontrolle über den Trinkwasseraufbereitungsprozess in der Lange Erlen, den Trinkwasseraufbereitungsprozess im Hardwald sowie die Verteilung des Trinkwassers im Netz des Kantons Basel-Stadt wird durch das Labor IWB wahrgenommen.

In Ergänzung zur Selbstkontrolle der Produzenten obliegt den kantonalen Laboratorien die Kontrolle eines Lebensmittelbetriebs, so also auch der Wasserversorgung, als hoheitliche Aufgabe.

Schutz der Gewässer

Da das Trinkwasser sowohl in der Langen Erlen wie auch im Hardwald aus dem Rohstoff Rheinwasser gewonnen wird, spielen die gesetzlichen Anforderungen zum Schutz der Gewässer eine wichtige Rolle. Gesetzliche Regelungen zum Schutz der Gewässer finden sich insbesondere im Bundesgesetz über den Schutz der Gewässer (Gewässerschutzgesetz GSchG) und in der Gewässerschutzverordnung.

Grundsatz im Gewässerschutzgesetz (Art. 6):

Das Gewässerschutzgesetz bezweckt, die Gewässer vor nachteiligen Einwirkungen zu schützen. Im Hinblick auf die Verwendung von Rohwasser aus einem Fließgewässer wie dem Rhein gilt ein weiterer wichtiger Grundsatz: das Verbot, Stoffe, die Wasser verunreinigen können, in ein Gewässer einzubringen oder versickern zu lassen sowie das Verbot, solche Stoffe außerhalb eines Gewässers abzulagern oder auszubrin-

gen, sofern dadurch die konkrete Gefahr einer Verunreinigung des Wassers entsteht.

Die Kantone sorgen dafür, dass die Anforderungen der Wasserqualität erfüllt werden. Die Erfahrung zeigt, dass nur wenige Gewässerverschmutzungen eine Anzeige zur Folge haben. Die kantonalen Vollzugsbehörden sehen in vielen Fällen von einer Verfügung oder strafrechtlichen Ahndung des Verursachers ab. In nur vereinzelten Fällen von den jährlich ca. 10-20 Verschmutzungen am Rhein bei Basel wurde das Gewässerschutzgesetz sinngemäß angewendet.

Im Sinne eines exemplarischen Verfahrens hat IWB im Jahre 2016 in der Folge einer Gewässerverschmutzung am Rhein eine Strafanzeige gegen Unbekannt eingereicht. Der Verursacher konnte im Raum Schweizerhalle eruiert werden. Ebenso konnte der Pestizid-Wirkstoff (Safener) Cyprosulfamid nachgewiesen werden. Obschon über 700 Kilogramm der toxischen Substanz in den Rhein gelangten, sah die zuständige Staatsanwaltschaft von einer Strafverfolgung ab. Das Verfahren wurde eingestellt.

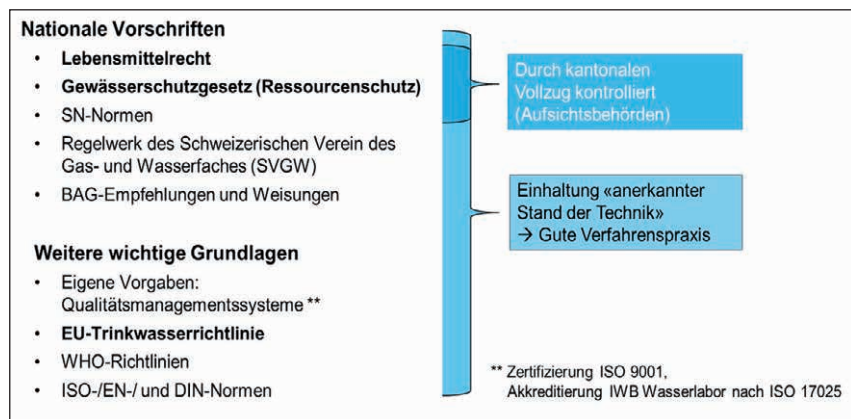


Abb. 2: Anforderungen an das Trinkwasser in der Schweiz

Anforderungen an die Rohwasserqualität

Im «Europäischen Fließgewässer Memorandum» der Internationalen Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet (IAWR, <http://www.iawr.org/>) werden klar definierte Zielwerte für Fließgewässer angegeben, die als Trinkwasser-Ressource verwendet werden. Als Mitglied der AWBR, einer Unterorganisation der IAWR, verfolgen IWB wie auch Hardwasser AG einen Ressourcenschutz, der den vorgegebenen Zielwerten für das Rohwasser aus dem Rhein Rechnung trägt.

Im Vordergrund der Zielwertfestlegung für einen Stoff steht dessen Wirkung. Sind Stoffe nicht oder nicht ausreichend bewertet, kann eine Wirkung der Stoffe nicht mit ausreichender Sicherheit ausgeschlossen werden. In diesem Fall wird bei der Festlegung des Zielwertniveaus aus Vorsorgegründen (zunächst) so verfahren, als ob der Stoff eine Wirkung hat. Die tatsächliche Wirkung eines Stoffes wird zwar in den meisten Fällen einer Konzentrationsabhängigkeit unterliegen und somit fließend sein. In Anlehnung an das «Europäische Fließgewässer Memorandum» der Internationalen Arbeitsgemeinschaft der Wasserwerke im Rheineinzugsgebiet verwendet IWB für die Bewertung der Rohwasserqualität die klar definierten IAWR-Zielwerte.

Zielwerte für Stoffe mit bekannter chemischer Struktur in Anlehnung an das IAWR-Memorandum

- 0.1 µg/L je Einzelstoff für Stoffe mit Wirkung auf biologische Systeme und für nichtbewertete Stoffe z.B. Chlorothalonil
- 0.01 µg/L für Stoffe, die nachweislich genotoxisch sind oder ein genotoxisches Potenzial aufweisen, z.B. DMU, NDMA, Furanderivat, Tetra- und Pentachlorbutadienen
- 1.0 µg/L je Einzelstoff für bewertete Stoffe ohne bekannte Wirkungen

Die Lebensmittelverordnung (LGV) fordert für Rohstoffe eine Beschaffenheit, dass sich daraus bei der Behandlung oder Verarbeitung nach guter Verfahrenspraxis ein einwandfreies Lebensmittel ergibt (Art. 11 LGV). Mit den oben festgelegten strengen Zielwerten soll deshalb zu-

sätzlich zum Schutz der Ressource vor Verunreinigung auch die Qualitätsanforderung an das Rohwasser im Rahmen der guten Verfahrenspraxis in der Trinkwasserproduktion berücksichtigt werden.

Umsetzung des Qualitäts- und Risikomanagement

Qualitätsmanagement/Selbstkontrollkonzept

Wie von der Lebensmittelgesetzgebung gefordert, betreibt die IWB ein umfassendes Selbstkontrollkonzept für den Trinkwasserproduktionsprozess (Abbildung 3). Dieses umfasst zum einen die «Gute Verfahrenspraxis», in der die Anforderungen der Managementsysteme der Wasserproduktion und der Netze (ISO 9001) sowie jenes der Qualitätssicherung (ISO 17025, ISO 17020) Eingang finden. Den zweiten Eckpfeiler bildet das Risikomanagement auf Basis der HACCP-Methodik und als drittes Element die Systembewertung mit den laufenden Analysen, Auswertungen, Inspektionen usw.

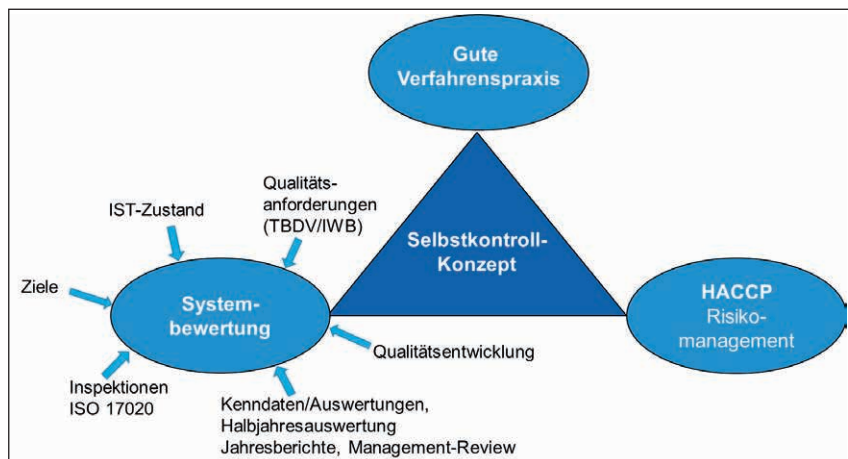


Abb. 3: Grundprinzipien der Selbstkontrolle in der Trinkwasserproduktion und -verteilung, wie sie bei der IWB zur Anwendung kommen.

Risikobasierte Untersuchungsprogramme bei IWB (HACCP)

In den Anlagenbereichen und Prozessen der Wasserproduktion und -verteilung der IWB werden regelmäßig Gefährdungsanalysen durchgeführt. Um das Restrisiko zu beherrschen, sind geeignete, risikobasierte Untersuchungsprogramme zur Sicherstellung der Wasserqualität und Erfassung möglicher Einflüsse etabliert.

Dabei zeigt sich, dass nur die gesetzlich geregelten Substanzen im Roh- und Trinkwasser zu messen, weder im Sinn der oben beschriebenen Anforderungen ist, noch ermöglicht dies eine Systembewertung und insbesondere der Risikobeurteilung.

Deshalb werden bei der Erstellung und Weiterentwicklung von Messprogrammen indikative, an den ermittelten Gefährdungen angelehnte Vorgehensweisen, zu Grunde gelegt: Zunächst wird nach Indikatorsubstanzen im Rohwasser gesucht, wobei Screening-Methoden zur Anwendung kommen. (siehe auch BAFU Wegleitung Grundwasserschutz 2004). Werden Indikatorwerte überschritten, sind weiterreichende Untersuchungen angezeigt, um das wirkliche Ausmaß der Belastung mit chemischen Kontaminanten abschätzen zu können.

Gewährleistung der Trinkwasserqualität

Neben der Analyse der allgemeinen Wasserinhaltsstoffe wie Kalzium, Magnesium usw. und der Überwachung der Mikrobiologie (E. Coli, Enterokokken uam.) nimmt gerade in Basel die Spurenanalytik einen wichtigen Teil der Qualitätsüberwachung ein.

In den letzten Jahren hat sich die Analytik stark weiterentwickelt, sowohl auf dem Gebiet der Mikrobiologie wie auch bei der hochsensitiven Analytik von Fremdstoffen. Entsprechend dem tiefen Konzentrationsbereich, der hier erfasst wird, ist auch die Rede von Spurenstoffen oder Mikro-schadstoffen. Durch neue und noch sensitivere Messmethoden können immer mehr Stoffe in immer geringeren Konzentrationen nachgewiesen werden. Das Auffinden von Spurenstoffen ist dabei per se nichts Unge-

wöhnliches, sind diese doch in jedem Lebensmittel enthalten – die Forderung von null anthropogenen (vom Menschen ausgehenden) Rückständen im Trinkwasser ist daher weder sinnvoll noch einlösbar.

Target und Non-Target Analytik: zwei analytische Strategien

Gezielt nach mehreren Tausend Analyten zu suchen, ist weder machbar noch sinnvoll. Man trifft deshalb eine zielgerichtete Auswahl von Analyten, welche eine Beurteilung der Fremdstoffproblematik ermöglicht. Die oben gelisteten Methoden der Einzelstoffanalytik (Target-Analytik) decken in erster Priorität die Fremdstoffe ab, die im Roh- und Trinkwasser der IWB und der Hardwasser AG vorkommen können. Diese können gezielt unter Verwendung von Referenzmaterial quantitativ analysiert werden. Im IWB Wasserlabor sind dies 135 Analyten, die im Hinblick auf die Trinkwasserproduktion rhein- und wasserwerksrelevant sind.

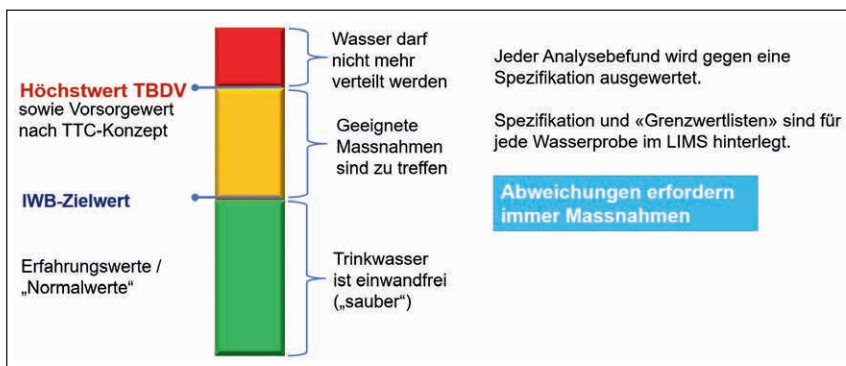


Abb. 4: Trinkwasserqualität Bewertungsmaßstab IWB

Die Non-Target Analytik hingegen versucht, mit Screeningmethoden zusätzlich Informationen zu erhalten, ob noch andere Stoffe in der Wasserprobe enthalten sind, nach denen mit der Target-Analytik nicht gesucht wird. Das Analysegerät detektiert dabei Signale, aus denen Stoffinformationen von einem unbekanntem Fremdstoff resultieren. So kann eine Vielzahl von zusätzlichen Fremdstoffen erfasst werden, ohne dass je-

doch die Identität und die genaue Konzentration der gemessenen Substanz im Wasser bekannt ist. Letztlich dient das Verfahren dazu, eine umfassende Übersicht über die Vielfalt der im Wasser gelösten organischen Substanzen und die zeitliche Veränderung der Rohwasserqualität zu erhalten. Die Identität und genaue Konzentration der Substanzen stehen erst dann im Fokus, wenn bestimmte Kriterien erfüllt sind. Wie auch bei der gezielten Einzelstoffanalytik erfasst das Verfahren nur die Substanzen, welche mit einem bestimmten Extraktions- und Aufbereitungsverfahren aus dem Wasser extrahiert werden können.

Umgang mit Non-Target Befunden („Unknowns“)

Wird mit dem Non-Target Screening eine Substanz gefunden, die trinkwasserrelevant ist, wird nach einem standardisierten Konzept vorgegangen. Es gibt vielfältige Kriterien, die dazu führen, dass eine Substanz identifiziert werden muss. Neben der abgeschätzten Konzentration sind auch die Häufigkeit des Auftretens sowie die mögliche Toxizität der vermuteten Substanz Kriterien, die erfüllt sein müssen, um eine Substanz mit großem Aufwand zu identifizieren und zu bewerten.

Je nach Befund wird das Ergebnis sofort oder auch später – abhängig von den vorliegenden Informationen – mit der weitergehenden Target Analytik abgesichert. Erst danach liegen gesicherte Informationen über die Substanz und Konzentration vor.

Herausforderungen

Strengere Einleitbedingungen für kritische Stoffe

Die Erfahrungen der letzten Jahre haben gezeigt, dass die Bemühungen intensiviert werden müssen, mit welchen kritische Stoffe überhaupt vom Roh- bzw. Rheinwasser ferngehalten werden. Aufgrund weiter entwickelter Screeningmethoden konnten in den letzten Jahren verschiedene Schadstoffe wie Dimethylurethan (DMU) und 2,5-Dimethoxy-2,5-dihydrofuran (DMDF) aus der Chemieindustrie, Chlorothalonil-Metaboliten

aus der Landwirtschaft und weitere Substanzen, die teilweise auch diffus via Kläranlagen in die Gewässer eingeleitet werden, nachgewiesen werden. Dazu kommen die nicht oder noch nicht bewerteten «Unknowns» und «Suspects»: Im Jahr 2020 waren dies 10 neue Einzelstoffe, welche im Trinkwasser nachgewiesen wurden.

Zwar konnte in den letzten Jahren auch eine Verbesserung erreicht werden, was die Einleitung von problematischen Stoffen in den Rhein betrifft. So wurde die Zusammenarbeit mit den Umweltbehörden und den Emittenten von Schadstoffen sowie der IWB und der Hardwasser AG in letzten Jahren intensiviert. Beispielsweise melden mehrere Chemiebetriebe am Rhein der IWB, wenn Störungen in der Abwasserreinigung auftreten, die zu einer erhöhten Stoff-Konzentration im Rheinwasser führen. Die Chemiebetriebe in Schweizerhalle werden zukünftig zudem eine moderne und wirksame Abwasserreinigungsanlage realisieren (Projekt Callista), was zu einer Reduktion der Stofffrachten und Einträge in den Rhein führen wird. Anstrengungen im Gewässerschutz müssen aber trotz dieser Verbesserungen und unabhängig von der Frage, ob eine weitere Aufbereitungsstufe eingesetzt wird, zwingend weitergeführt werden. Die Einträge von besonders kritischen Substanzen sind zu verhindern.

Optimierung bestehender Aufbereitungsprozesse

Seit einiger Zeit setzt die IWB die Aktivkohlefiltration bei der Grundwasseraufbereitung nach Bodenpassage ein. Sie ist eine effektive Barriere gegenüber vielen Spurenverunreinigungen, insbesondere bei einigen Schadstoffen, die in den Trinkwasser-Ressourcen zwar in sehr tiefen Konzentrationen vorhanden sind. Nach dreijährigem Einsatz der Aktivkohle konnte festgestellt werden, dass – abgesehen von den nicht adsorbierbaren polaren Substanzen – nur noch wenige Stoffe «durchbrechen», und diese sind nur in geringen Konzentrationen nachweisbar. Trotzdem wurde aufgrund verschiedener Rheinwasser-Verunreinigungen im Jahr 2020 entschieden, die Aktivkohlefilter generell bereits nach einem spezifischen Durchsatz von ca. 100 m³/kg Aktivkohle zu erneuern. Mit dieser Maßnahme wird die Aufbereitung weiter optimiert und sicher-

gestellt, dass auch mit Aktivkohle schwer entfernbare Fremdstoffe, wie z.B. die Chlorothalonil-Metaboliten, besser aus dem Trinkwasser entfernt werden und die gesetzlichen Anforderungen sicher eingehalten werden.

Zusätzliche Aufbereitung: Nutzen versus Umweltbelastung und Kosten

Die Frage, ob eine weitere Aufbereitungsstufe für die Basler Trinkwasserversorgung erforderlich ist oder ob das bestehende Multibarrierensystem für eine sichere Trinkwasserproduktion auch in Zukunft genügt, wurde von den Verantwortlichen für die Wasserversorgung von IWB und Hardwasser AG in den letzten Jahren auf Basis der Erkenntnisse neuester Aufbereitungs-Kombinationen sowie eigener Studien und Pilotierungen intensiv analysiert. Grundsätzlich gilt: Je mehr Stufen die Aufbereitung umfasst, desto mehr Spurenstoffe lassen sich aus dem Trinkwasser entfernen. Gleichzeitig haben die bisherigen Untersuchungen gezeigt, dass die Umweltbelastung durch den Einsatz von Ressourcen und Energie steigt.

Die benötigten Betriebsmittel wie Oxidationsmittel, Zusätze, Reinigungsmittel (sog. Antiscalants), aber auch Oxidations- und Transformationsprodukte, die im Trinkwasser verbleiben, gelangen in die Umwelt. Insbesondere für den Einsatz der Umkehrosmose (eine Membrantechnologie), u.a. zur Erzeugung von Reinstwasser eingesetzt, trifft die Redensart «der Teufel wird mit dem Belzebug ausgetrieben» zu, weil das Wasser wieder mit Mineralien angereichert und weiter aufbereitet werden muss, um es genießbar zu machen und damit es weder Wasserleitungen noch Betonbauwerke durch Korrosion beschädigt. Die Abbildung 5 veranschaulicht den möglichen Ausbau der heutigen Aufbereitungskette der IWB mit Verfahren, die im Rahmen von Forschungsprojekten im Rohwasser der IWB getestet wurden. Mit zusätzlichen Aufbereitungsstufen können zwar mehr Spurenstoffe entfernt werden. Jedoch führen zusätzliche Aufbereitungsstufen auch zu einer nicht zu unterschätzenden zusätzlichen Umweltbelastung. Der Umfang der Umweltbelastung hängt dabei nicht nur vom Verfahren, sondern auch von der ökologischen Wertigkeit der eingesetzten Energieträger (d.h. dem Einsatz nicht erneuerbarer oder erneuerbarer Energieträger) ab.

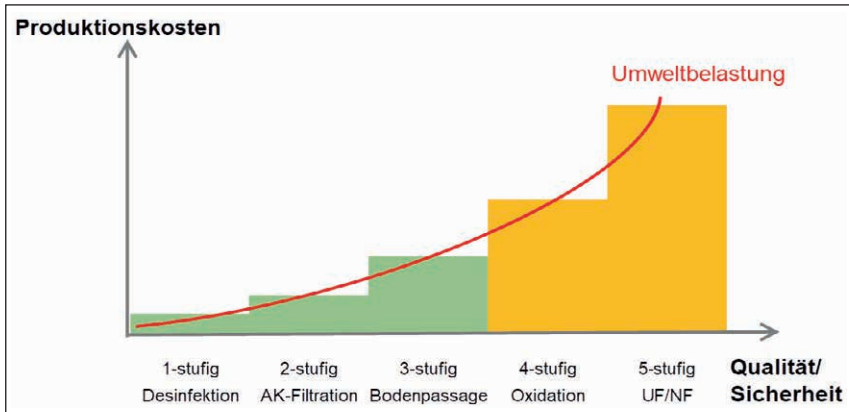


Abb. 5: Produktionskosten und Umweltbelastung in Abhängigkeit der Anzahl und Komplexität der Aufbereitungsstufen

Bei der Evaluation und Prüfung eines geeigneten zusätzlichen Aufbereitungsverfahrens kann deshalb nicht allein auf den Aspekt der Verbesserung der Trinkwasserqualität fokussiert werden. Parallel dazu muss immer auch eine Nutzen-Umweltbelastungsanalyse (Life Cycle Assessment, LCA) vorgenommen werden. In den Evaluations- und Prüfungsprozess sind zudem immer Überlegungen zum Kosten-Nutzen-Verhältnis (Wirtschaftlichkeit) einzubeziehen.

Fazit

Dank dem umfassenden Qualitätsmanagement und der konsequent umgesetzten Selbstkontrolle im Rahmen der „Guten Verfahrenspraxis“ können die Risiken bei der Trinkwasserproduktion beherrscht werden. Sämtliche Analysedaten belegen, dass die Basler Trinkwasserqualität den heutigen gesetzlichen Anforderungen gemäß der Trinkwassergesetzgebung vollumfänglich entspricht. Mit dem bestehenden Multibarriersystem (Sandfiltration, Grundwasserschutzzone/Bodenpassage, Aktivkohlefilter, Desinfektion) wird eine Trinkwasserqualität erreicht, die derzeit den gesetzlichen Anforderungen entspricht.

Die stetige Entwicklung der Analytik und deren Implementierung bei der Qualitätsüberwachung in den letzten Jahrzehnten führten zu einem großen Verständnis für die Belange bzw. stetige Verbesserung der Trinkwasserqualität. Die neue, leistungsstarke Instrumentenanalytik ermöglicht das Erfassen von sehr tiefen Konzentrationen von Fremdstoffen im Wasser. Im Gleichschritt steigen die gesetzlichen Anforderungen, die an die Reinheit der Lebensmittel, insbesondere des Trinkwassers gestellt werden.

Die Lebensmittelsicherheit, wie sie in Art. 7 Lebensmittelgesetz (LMG) gefordert ist, könnte grundsätzlich mit einer zusätzlichen Aufbereitungsstufe weiter erhöht bzw. verbessert werden. Die Herausforderung in den nächsten Jahren wird sein, mittels neuer Konzepte wie beispielsweise einem Life Cycle Assessment die Nachhaltigkeit neuer Prozesse zu bewerten und der Nutzen-Kosten Betrachtung gegenüberzustellen.

Literatur

Faktenblatt «Toxikologische Beurteilung von polychlorierten Butadienen im Trinkwasser», Bundesamt für Gesundheit (BAG), 27.04.2010, Bern, <https://www.blv.admin.ch/dam/blv/de/dokumente/lebensmittel-und-ernaehrung/lebensmittelsicherheit/>

Christine Roth, Robin Wünsch, Fredy Dinkel, Christoph Hugli, Richard Wülser, Ralf Antes, Michael Thomann, *Micropollutant abatement with UV/H₂O₂ oxidation or lowpressure reverse osmosis? A comparative life cycle assessment for drinking water production.* *Journal of Cleaner Production*, Vol 336, 15 February 2022, 130227.

BUWAL (2004): *Wegleitung Grundwasserschutz. Vollzug Umwelt. Hg. v. Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft.* Bern.

Gesetze und Verordnungen: www.fedlex.admin.ch

Das neue Seewasserwerk Ipsach – der Weg ans Netz

Am 08. März 2021 begann offiziell der Bau des neuen Seewasserwerks des Energie Service Biel/Bienne (ESB) in Ipsach mit dem ersten Spatenstich. Gut drei Jahre später ging die erste Werkhälfte ans Netz. Während der gesamten Bauzeit blieb das alte Seewasserwerk, welches seit 1974 die Wasserversorgung der Gemeinden Biel und Nidau sicherstellte, in Betrieb. Seit dem 03. September 2024 werden die beiden Gemeinden nun ausschliesslich vom neuen Seewasserwerk versorgt. Doch bis dahin mussten einige Hürden genommen und einige vorbereitende Massnahmen getroffen werden.

Das neue Seewasserwerk wird künftig aus vier, weitestgehend redundanten Aufbereitungsstrassen bestehen. Die Aufbereitungskette besteht aus:

- Ultrafiltration
- Teilstrombehandlung über eine Umkehrosmostufe (50% des Wassers bei Nennbetrieb)
- Oxidation und Desinfektion über eine Ozonierung (Dosierung von Wasserstoffperoxid optional vorgesehen)
- Aktivkohlefiltration
- Enddesinfektion mit ultraviolettem Licht

Der Bau des neuen Werkes wurde in zwei Etappen geplant. Während der ersten Etappe war das alte Seewasserwerk in Betrieb und die beiden ersten Aufbereitungsstrassen des neuen Werkes wurden neben dem bestehenden Werk errichtet. In der zweiten Bauphase kehrt sich dies um – die beiden neuen Aufbereitungsstrassen produzieren Trinkwasser und das alte Werk wird rückgebaut. An seinem Ort werden die beiden weiteren Aufbereitungsstrassen errichtet. Das Projekt ist planmässig Ende 2026 abgeschlossen.



Bild 1: Neues Seewasserwerk Ipsach aus der Vogelperspektive

Veränderte Wasserqualität

Durch die angepasste, moderne Wasseraufbereitung hat sich die Wasserqualität des neuen Werks gegenüber der des alten stark verändert. Massgebliche Veränderungen beziehen sich auf die starke Trübungsreduktion durch die Ultrafiltration als erste Aufbereitungsstufe, durch die Teilstrombehandlung über die Umkehrosmose und die grössere Adsorptionsleistung der neuen Aktivkohle. Die Veränderungen der Wasserqualität nach Abschluss der zweiten Bauphase und mit Betrieb aller vier Aufbereitungsstrassen lassen sich wie folgt abschätzen:

- Reduktion der Wasserhärte um 50%
- Reduktion TOC um >50%
- Reduktion Spurenstoffe um >50%
- Leichte Senkung des pH-Wertes

Durch die Veränderung der Wasserqualität ist es grundsätzlich möglich, dass es zu Ablöseprozessen organischer oder anorganischer Natur im Leitungsnetz kommt. Diese können in den Hausinstallationen sichtbar werden und zu «braunem Wasser» führen. Dies ist ein unerwünschter Nebeneffekt, der zwar gesundheitlich unbedenklich ist, aber bei EndkundInnen zu Verunsicherung führen kann. Aus diesem Grund war ein Ziel des ESB, die Wassermigration derart zu gestalten, dass diese von den KonsumentInnen möglichst unbemerkt blieb.

Vorbereitende Massnahmen für die Wassermigration

In Deutschland gibt es einige Werke, die ihr Wasser über eine Umkehrosmoseanlage aufbereiten und nach der Umstellung auf das Verfahren eine reduzierte Wasserhärte zu verzeichnen hatten. Zwei dieser Werke wurden durch Mitarbeitende des ESB besichtigt und die es wurde sich über die Strategie der Wassermigration ausgetauscht. In den beiden Werken war die Migration etappenweise vorgenommen worden und so beschloss auch der ESB, die Umstellung so zu planen.

Die vorbereitenden Massnahmen begannen bereits einige Zeit vor der eigentlichen Wassermigration. Der erste Schritt bestand darin, die Karstquelle, welche bis zum Jahr 2023 ca. 2-5% des Jahresverbrauchs lieferte, ausser Betrieb zu nehmen. Eine Studie des TZW zum Verhalten des Mischwassers im Netz hatte vorab ergeben, dass das weichere Wasser des Seewasserwerks mit dem deutlich härteren Quellwasser die Korrosionsneigung im Netz erhöhen würde.

Eine weitere vorbereitende Massnahme waren umfangreiche Netzspülungen im Verteilnetz, insbesondere in den Sektoren, die durch grosse Querschnitte bzw. langsame Fliessgeschwindigkeiten ausgezeichnet sind.

Um die Effekte auf die Wasserqualität im Netz besser überwachen zu können wurde das Messnetz erweitert. In sieben Reservoiren und an einer Stelle im Leitungsnetz wurden Onlinesensoren installiert, welche Temperatur, Leitfähigkeit, pH-Wert und Trübung messen und ans Prozessleitsystem übertragen.

Die Effekte der Umstellung der Wasserqualität in den Hausinstallationen zu überwachen ist von Seiten Wasserversorgung generell schwierig, da die Verantwortlichkeiten der Wasserversorgung nur bis zum Hausanschluss reichen, Probleme aber häufig in der Hausinstallation selbst auftreten. Aus diesem Grund wurden sieben Schulhäuser in unterschiedlichen Stadtteilen ausgewählt, die sich im Alter unterscheiden und für die Probennehmenden einfach zugänglich sind. Bereits über ein Jahr lang vor der Wassermigration wurde eine Datenbasis der typischen bakteriologischen Parameter aufgebaut und später noch durch laboreigene Messungen des Eisengehalts im Wasser ergänzt.

Auf Ebene der Kommunikation wurden alle EndkundInnen in den Gemeinden Biel und Nidau schriftlich informiert. GrosskundInnen wurden persönlich informiert und eine Pressekonferenz sowie eine Informationsveranstaltung für SanitärinstallateurInnen wurde durchgeführt. Ein Bereitschaftsdienst für eine Telefonhotline wurde organisiert, um allfällige KundInnenfragen bearbeiten zu können.

Der gesamte Migrationsprozess wurde durch das kantonale Labor Bern begleitet und das Labor wurde bei jedem Migrationsschritt informiert.

Die Wassermigration

Wassermigration wurde in sechs Teilschritten durchgeführt, die jeweils innert kurzer Zeit rückgängig gemacht werden hätten können, sofern es zu Problemen gekommen wäre. Für die Migration standen drei Monate Zeit zur Verfügung. Diese wurden durch den Baubeginn der Bauphase 2 limitiert, welcher bereits mehrere Monate vorher auf den 1. November festgelegt worden war. Ca. 24 h nach jedem Migrationsschritt wurde an im Netz Proben gezogen, um Messungen der Bakteriologie und des Eisens im Wasser vorzunehmen. Gleichzeitig wurden die Onlinemessungen aufmerksam überwacht. Die sechs Schritte sollten je eine Woche andauern. So blieben weitere sechs Wochen Puffer, um Teilschritte ggf. zu verlängern oder rückgängig zu machen.

Der erste Teilschritt fand Ende August 2024 statt und bestand aus einem Parallelbetrieb des alten und des neuen Seewasserwerks, Letzteres je-

doch noch ohne den Betrieb der Umkehrosmose. Beide Werke produzierten zu je 50% ins Leitungsnetz. Bei diesem Schritt kam es noch zu keiner Änderung der Wasserhärte.

Während des zweiten Schrittes wurde das alte Werk abgeschaltet und das neue Werk versorgte erstmal die Gemeinden Biel und Nidau vollständig. Auch während dieses Migrationsschritts war die Umkehrosmose noch nicht in Betrieb. Der Restchlorgehalt im Netz fiel mit diesem Schritt auf null, da das neue Werk als finale Desinfektionsstufe eine UV-Desinfektion installiert hat, statt wie das alte Werk eine Chlordioxid dosierung.

Der dritte Teilschritt war ein Zuschalten der Umkehrosmose, jedoch in reduziertem Umfang. Jede Strasse verfügt über zwei Umkehrosmose-Skids. Es wurde je eines der Skids mit reduzierter Leistung (70%) in Betrieb genommen. Dies resultierte in einem Umkehrosmoseanteil im Trinkwasser von ca. 15% und damit einer Härtereduktion um 15%.

Im nächsten Schritt wurde die Leistung der beiden Skids auf 100% erhöht. Pro Strasse war immer noch nur ein Skid in Betrieb. Dies resultierte in einem Umkehrosmoseanteil von ca. 20% und einer entsprechenden Reduktion der Wasserhärte.

Als nächstes wurden die restlichen zwei Skids der Umkehrosmose in Betrieb genommen und die Leistung aller vier Skids der zwei Aufbereitungsstrassen auf gedrosselt (auf 70%). Dies resultierte in einem Umkehrosmoseanteil von ca. 30%.

Der sechste und letzte Schritt bestand aus der Leistungserhöhung aller Skids auf 100% und der vorerst finalen Erhöhung des Umkehrosmoseanteils auf 40% im Trinkwasser.

Während der gesamten Migrationsphase wurde das alte Seewasserwerk für eine Umschaltung bereitgehalten, um das Werk im Zweifelsfall sofort in Betrieb nehmen zu können. Dies war jedoch nicht notwendig.

Der Zielwert für das finale Werk ist 50% Umkehrosmoseanteil und damit eine Reduktion der Wasserhärte um 50%. Aus betrieblichen Gründen ist dies aktuell jedoch noch nicht zu realisieren, da die Leistung der beiden

Strassen den Wasserbedarf der Gemeinden Biel und Nidau aktuell nicht zuverlässig genug decken kann.

Fazit der Wassermigration

Die Wassermigration konnte wie geplant durchgeführt werden und war Mitte Oktober abgeschlossen. Es wurden keine bakteriologischen oder physikochemischen Auffälligkeiten im Netz beobachtet. Von EndkundInnenseite wurde keine einzige Beanstandung verzeichnet. Dies wurde seitens ESB als grosser Erfolg gewertet.

Unklar ist aktuell noch, wie sich die veränderte Wasserqualität langfristig auf das Leitungsnetz auswirkt. Berechnungen, welche durch mehrere ExpertInnen vorgenommen wurden, haben ergeben, dass das Trinkwasser des neuen Seewasserwerks sich aggressiv, jedoch nicht korrosiv verhält. Dies ergibt sich aus den Berechnungen verschiedener Indizes und in Abhängigkeit vom Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht. Auch hier wird die Situation engmaschig beobachtet und sollten sich Hinweise ergeben, dass das Wasser im Netz Korrosion fördert, besteht die Möglichkeit im Werk Natriumcarbonat hinzuzufügen, um den pH-Wert des Wassers leicht nach oben zu korrigieren. Aktuell ist die Sodadosieranlage nicht in Betrieb.

Ausblick und Herausforderungen in der zweiten Bauphase

Seit Anfang November startete offiziell die zweite Bauphase. Diese stellt insbesondere bauseits eine grosse Herausforderung dar. Das alte Werk wird oberirdisch rückgebaut, das Untergeschoss und insbesondere die Bodenplatte wird jedoch für die zweite Hälfte des neuen Werkes weiterverwendet. Das Werk befindet sich direkt am Ufer des Bielersees und das Untergeschoss wurde im Grundwasser errichtet. Das bedeutet, dass mit einem Anstieg des Seepegels das Risiko besteht, dass das gesamte Gebäude durch den Auftriebsdruck des Grundwassers bewegt wird, was das Gebäude massiv beschädigen würde. Aus diesem Grund muss die Bodenplatte ausreichend beschwert werden. Dies gilt auch während der Bauphase. Die Becken des alten Werkes, welche während der Was-

sermigration stets gefüllt waren, werden nun in der zweiten Bauphase nacheinander geleert und erst nach Einbringung von ausreichend Ballast wird zur nächsten Etappe fortgeschritten. Dies bedeutet, dass Abriss- Bau- und Montagearbeiten zeitgleich an verschiedenen Orten im Werk stattfinden.

Bis zur Inbetriebnahme der zweiten Werkshälfte im Jahr 2026 greifen viele der Sicherheits- und Redundanzkonzepte des neuen Seewasserwerks nicht oder noch nicht vollständig. Beispiel verfügt das Werk aktuell noch über keine Notstromversorgung und wie bereits oben beschrieben, bewegt sich das Werk mit dem aktuellen Wasserverbrauch im Versorgungsgebiet an der technischen Leistungsgrenze.

Aus diesem Grund wird weiterhin mit Hochdruck an der Fertigstellung des Projekts gearbeitet, damit das Werk, wie geplant, Ende 2026 ans Netz gehen kann.



Bild 2: Neues Seewasserwerk Ipsach aus der Besucherperspektive

