

Oberflächengewässer-Monitoring

PFAS/PFC

-Bericht 2023-

Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG	1
VERANLASSUNG	2
GRUNDLAGEN.....	3
GRENZ- UND PRÜFWERTE FÜR OBERFLÄCHENGEWÄSSER	3
UBIQUITÄRE BELASTUNG (HINTERGRUNDWERTE)	5
METHODIK	6
ANALYSEUMFANG	6
ERGEBNISSE	7
FLIEßGEWÄSSER.....	7
STEHENDE GEWÄSSER	8
DISKUSSION	9
ZEITREIHEN	9
DARSTELLUNG DES SCHADSTOFFSPEKTRUMS.....	10
ANHANG	I
ANALYSENERGEBNISSE.....	I
LAGEPLAN MESSSTELLEN 2023	II

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1: Darstellung von influenten und effluenten Gewässerabschnitten.....	3
Abbildung 2: Zeitliche Entwicklung der PFAS-Summe ausgewählter stehender Gewässer	9
Abbildung 3: Boxplot der gemessenen Konzentrationen von kurzkettigen PFAS und PFOA, PFBS, PFHxS, PFOS in Fließgewässern.....	10
Abbildung 4: Lageplan Messstellen im Monitoring 2023.....	II

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: GFS-Werte und vorläufige GFS-Werte für PFAS im Grund-und Sickerwasser zur Beurteilung nachteiliger Veränderungen der Beschaffenheit des Grund-und Sickerwassers aus schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten.....	4
Tabelle 2: Analyseumfang PFAS-Einzelparameter (*Analyseumfang Badeseen)	6
Tabelle 3: Ergebnisse der Beprobung der Fließgewässer (*Werte in µg/l).....	7
Tabelle 4: Ergebnisse der Beprobung in Seen (*Werte in µg/l); ausgewählte Parameter, vollständige Analyseergebnisse im Anhang	8
Tabelle 5: Ergebnisse der Beprobung in Badeseen durch das Gesundheitsamt (*Werte in µg/l); ausgewählte Parameter, vollständige Analyseergebnisse im Anhang	8

Abkürzungsverzeichnis

BG	Bestimmungsgrenze
GA	Gesundheitsamt
GFS	Geringfügigkeitsschwellenwert
(JD-) UQN	Umweltqualitätsnorm Jahresdurchschnitt zur Beurteilung des chemischen Zustands nach Oberflächengewässer-Verordnung (OGewV)
Klw	Kläranlage / Klärwerk
LUBW	Landesamt für Umwelt Baden-Württemberg
PFAS / PFC	per- und polyfluorierte Alkylsubstanzen / per- und polyfluorierte Chemikalien
PNEC	predicted no-effect concentration; vorausgesagte auswirkungslose Konzentration eines bedenklichen Stoffes in der Umwelt, unterhalb dieser schädliche Auswirkungen auf den betreffenden Umweltbereich nicht zu erwarten sind
QS	Quotientensumme
TZW	Technologiezentrum Wasser
WHG	Wasserhaushaltsgesetz

Zusammenfassung

Im Raum Rastatt/Baden-Baden liegen großflächige Verunreinigungen mit PFAS/PFC¹ (**P**er- und **p**oly**f**luorierte **C**hemikalien/**A**lkyl**s**ubstanzen) im Boden und Grundwasser vor. Mit dem Monitoring-Programm soll ein Überblick der PFAS Konzentrationen in den Fließgewässern und ausgewählten Seen im Landkreis Rastatt sowie im Stadtkreis Baden-Baden gewonnen werden. Auf Grund der variierenden Abflüsse in den Gewässern stellen die Untersuchungen Momentaufnahmen zum Zeitpunkt der Probenahme dar. Das diesjährige Monitoring fand in verkleinertem Umfang statt, es wurden weniger Messstellen beprobt, zudem wurden keine Analysen der Kläranlagenabläufe und Abflussmessungen durchgeführt.

Die Lage der Messstellen sind im Anhang, in Abbildung 4 dargestellt.

Insgesamt werden damit im Rahmen des Oberflächengewässer-Monitorings 2023

- 24 Messstellen in Fließgewässern (davon 10 im Stadtkreis Baden-Baden)
- 5 Messstellen in Seen
- 4 Messstellen in Badeseen (durch das Gesundheitsamt; davon eine Messstelle im Stadtkreis Baden-Baden)

auf PFAS untersucht.

Bewertungsgrundlage

Auf Grund lokaler Gegebenheiten werden die im bundeseinheitlichen PFAS-Leitfaden², der im August 2022 in Baden-Württemberg eingeführt wurde, die GFS-Werte für das Grundwasser hilfsweise auch für die Bewertung von Oberflächengewässern als Orientierung herangezogen. In der Oberflächengewässerverordnung (OGewV) ist für die Einzelsubstanz PFOS eine Umweltqualitätsnorm (UQN, vgl. Kapitel Grenz- und Prüfwerte für Oberflächengewässer) definiert. Andere rechtliche Bewertungskriterien existieren derzeit nicht. Auf EU-Ebene werden derzeit neue UQN für 24 PFAS im niedrigen Nanogrammbereich verhandelt.³

Ergebnisse Fließgewässer

Insgesamt sechs Fließgewässermessstellen überschreiten die für das Grund- und Sickerwasser geltende Quotientensumme von 1. Hauptsächlich werden PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA sowie PFOS nachgewiesen. Bei der Analyse der Werte zeigt sich, dass 59 % der Messungen im Bereich von 0-0,05 µg/l der Summe an PFAS liegen. Im Vorjahr lagen 54 % der Messungen in diesem Bereich.

Ergebnisse Seen

Insgesamt überschreiten fünf Seen, darunter drei Badeseen, die Quotientensumme 1. Die höchste Quotientensumme wird im Weitenunger Baggersee mit 4,23 festgestellt. Hier wurden auch die höchsten PFAS-Gehalte mit 1,933 µg/l gemessen. Im Vergleich zu 2022 werden bei 5 von 9 untersuchten Seen höhere Gehalte an PFAS festgestellt.

¹ Die Bezeichnung „PFC“ ist gleichbedeutend mit „PFAS“. „PFAS“ hat sich inzwischen international durchgesetzt, und wird nun auch im Landkreis Rastatt/Stadtkreis Baden-Baden häufiger benutzt damit die Informationen zum Thema leichter gefunden und zugeordnet werden können.

² Leitfaden zur PFAS-Bewertung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, Stand 21.02.2022, abrufbar unter: <https://rp.baden-wuerttemberg.de/rpk/abt5/ref541/stabsstelle-PFAS/boden-grundwasser-oberflaechengewaesser/>

³ Verfahren 2022/0344/COD ; Pressemitteilung: https://germany.representation.ec.europa.eu/news/der-europaische-grune-deal-vorschlaege-fur-bessere-luft-und-wasserqualitaet-2022-10-26_de

Veranlassung

Im Raum Rastatt/Baden-Baden liegen großflächige Verunreinigungen mit PFC/PFAS (Per- und polyfluorierte Chemikalien/Alkylsubstanzen) im Boden und Grundwasser vor. Die Ergebnisse von mehr als 9.000 Grundwasseranalysen verdeutlichen das Ausmaß und zeigen die einzelnen Belastungsschwerpunkte. Mit „PFC Karten online“ der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW) können die PFAS-Gehalte im Grundwasser, deren simulierte räumliche Ausdehnung sowie deren zeitliche Entwicklung bis ins Jahr 2030 visualisiert werden.⁴

Da die Oberflächengewässer in der Regel mit dem Grundwasser im kiesigen Untergrund in Wechselwirkung stehen und oftmals als Vorflut dienen, werden seit 2015 im Landkreis Rastatt die Oberflächengewässer jährlich auf eine Belastung mit PFAS untersucht. Seit 2018 werden auch Fließgewässer im Stadtkreis Baden-Baden in der Untersuchungskampagne aufgenommen.

Im vorliegenden Bericht werden die Ergebnisse des diesjährigen Oberflächengewässer-Monitorings vorgestellt. Des Weiteren werden die Ergebnisse mit früheren Befunden verglichen, um mögliche Zu- oder Abnahmen der Konzentrationen festzustellen. Dies geschieht für ausgewählte Gewässer in mehrjährigen Zeitreihen.

Das Monitoring-Programm soll einen Überblick der PFAS Konzentrationen in den Oberflächengewässern im Landkreis Rastatt / Stadtkreis Baden-Baden geben. Auf Grund der variierenden Abflüsse in den Gewässern stellen die Untersuchungen jeweils Momentaufnahmen zum Zeitpunkt der Probenahme dar.

In der aktuellen Untersuchungskampagne hat das Landratsamt Rastatt den Umfang der Untersuchungen deutlich reduziert. Die bisherigen Ergebnisse haben bereits ein klares Bild der Situation gezeichnet, und es wird nicht erwartet, dass weitere Analysen signifikante Erkenntnisgewinne liefern. Die bisherigen Untersuchungen dienten auch der Suche nach weiteren betroffenen Flächen, die nun abgeschlossen ist.

Die Einschnitte beziehen sich auf die Anzahl der Messstellen, die Analyse von Kläranlagenabläufen sowie die Abflussmessungen der Fließgewässer (und somit auch deren Frachtberechnungen). Darüber hinaus wurden die Untersuchungen der Badeseen durch die CVUA Sigmaringen von 14 auf 4 reduziert.

⁴ <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/PFC-karten-online>

Grundlagen

Grenz- und Prüfwerte für Oberflächengewässer

Normierte PFAS Grenz- und Prüfwerte für Oberflächengewässer existieren bisher in Deutschland nicht. Mit der Umweltqualitätsnorm-Richtlinie 2013/39/EU seitens der EU-Kommission und der Umsetzung dieser in nationales Recht innerhalb der Verordnung zum Schutz der Oberflächengewässer (OGewV) wurde Perfluoroktansulfonsäure (PFOS) und deren Derivate als prioritär gefährliche Stoffe eingestuft und eine Umweltqualitätsnorm (UQN) von 0,00065 µg/l (analytisch noch schwierig bestimmbar) als Jahresdurchschnittswert (entspricht dem Mittel aus 12 zu unterschiedlichen Zeiten im Zeitraum von einem Jahr an einer repräsentativen Überwachungsstelle gewonnenen Proben) und 36 µg/l als zulässige Höchstkonzentration für Binnengewässer festgelegt. Auf EU-Ebene werden derzeit neue UQN für 24 PFAS für Grund- und Oberflächengewässer im niedrigen Nanogrammereich verhandelt.

Die derzeitige Umweltqualitätsnorm für PFOS basiert auf einem Wert für Biota von 9,1 µg/kg Frischgewicht. Dieser Wert wurde für das Schutzgut menschliche Gesundheit über den Fischkonsum abgeleitet.

Die UQN für PFOS und für die übrigen in Anlage 8 der OGewV geregelten Stoffe werden für die Beurteilung des chemischen Zustands der Oberflächenwasserkörper im Zuge der Umsetzung der europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) herangezogen. Die PFOS-UQN ist bei Erstellung der Bewirtschaftungspläne 2021 erstmals zu berücksichtigen. Die Zustandsbewertung nach der WRRL erfolgt im Rahmen der WRRL-Überblicksüberwachung an repräsentativen Überwachungsstellen des Landesmessnetzes der LUBW nach den Vorgaben der OGewV zu den Überwachungsfrequenzen und -intervallen. Für die Zustandsbewertung der Wasserphase im Hinblick auf die UQN sind in der Regel 12 Messungen pro Jahr zu unterschiedlichen Zeitpunkten erforderlich.

Für persistente Stoffe, die sich in der Umwelt anreichern können, ist die Ableitung einer Konzentration, bei der keine Auswirkungen auf die Umwelt zu erwarten sind (Predicted no effect concentration, PNEC) nicht möglich. Die Langlebigkeit und das Anreicherungspotential führen dazu, dass sich eine schädigende Wirkung mit Sicherheit nur dann ausschließen ließe, wenn bezüglich dieser Stoffe überhaupt keine Exposition mehr stattfände.⁵ In der vorliegenden Untersuchung wurden Oberflächengewässer in der Rheinebene unabhängig von der Zustandsbewertung nach der WRRL auf Ebene der Wasserkörper auf eine lokale PFAS-Belastung hin untersucht. Im Untersuchungsgebiet liegen wechselnde Verhältnisse zwischen effluenten und influenten Gewässerabschnitten vor (siehe Abbildung 1). So können im Gewässerverlauf mehrmals die Bereiche wechseln, in denen ein Fließgewässer ins Grundwasser infiltriert oder umgekehrt, Grundwasser aufnimmt.

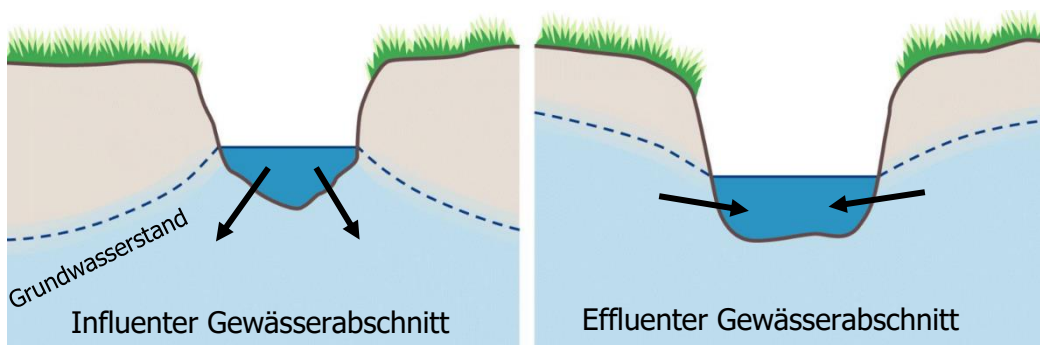


Abbildung 1: Darstellung von influenten und effluenten Gewässerabschnitten⁶

⁵ „Wirksame Kontrolle“ von besonders besorgniserregenden Stoffen (SVHC) mit Eigenschaften ohne Wirkungsschwelle im Rahmen der Zulassung nach REACH, Sofia (2011)

⁶ Abbildung übernommen und geändert aus: EPA, Stream corridor structure (2019)

Auf Grund dieser lokaler Gegebenheiten werden die im bundeseinheitlichen PFAS-Leitfaden für Grundwasser festgelegten GFS-Werte hilfsweise auch für die Bewertung von Oberflächengewässern als Orientierung herangezogen (siehe Tabelle 1).⁷ Die Werte basieren auf den Leitwerten und gesundheitlichen Orientierungswerten für die Beurteilung von Trinkwasser.

Tabelle 1: GFS-Werte und vorläufige GFS-Werte für PFAS im Grund- und Sickerwasser zur Beurteilung nachteiliger Veränderungen der Beschaffenheit des Grund- und Sickerwassers aus schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten

Nr.	PFAS (PFC)	GFS ¹⁾²⁾ [µg/l]	vorläufige GFS ³⁾ [µg/l]
1	PFBA Perfluorbutansäure	10	
2	PFPeA Perfluorpentansäure		3,0
3	PFHxA Perfluorhexansäure	6,0	
4	PFHpA Perfluorheptansäure		0,3
5	PFOA Perfluoroktansäure	0,1	
6	PFNA Perfluornonansäure	0,06	
7	PFDA Perfluordekansäure		0,1
8	PFBS Perfluorbutansulfonsäure	6,0	
9	PFHxS Perfluorhexansulfonsäure	0,1	
10	PFHpS Perfluorheptansulfonsäure		0,3
11	PFOS Perfluoroktansulfonsäure	0,1	
12	H4PFOS 1H,1H,2H,2H-Perfluoroktansulfonsäure		0,1
13	PFOSA Perfluoroktansulfonamid		0,1
14	Weitere PFAS z.B. GenX, ADONA, u.a. ⁴⁾		1,0

1) Humantoxikologische Ableitung durch LAWA-LABO-Kleingruppe (LAWA, 2017)

2) GOW aus GFS-Bericht (LAWA, 2017)

3) Für die Bildung der Quotientensumme nach der Additionsregel werden ausschließlich die Werte in Spalte 3 („GFS“) herangezogen

4) R1- (CF₂)_n- R2, mit n > 3

⁷ <https://rp.baden-wuerttemberg.de/rpk/abt5/ref541/stabsstelle-PFAS/boden-grundwasser-oberflaechengewaesser/>

Zusätzlich zu den Einzelwerten ist die sogenannte Additionsregel zu beachten:

*„Wenn im Grundwasser gleichzeitig mehrere PFAS auftreten, für die GFS-Werte festgelegt wurden, kann analog der Additionsregel der Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 402) für die Risikobewertung solcher Stoffgemische zusätzlich die Quotientensumme (QS) herangezogen werden. Es bleibt den Ländern überlassen, diese anzuwenden. Bei Anwendung der QS wird die Konzentration einer Einzelverbindung durch den GFS-Wert geteilt und die Quotienten aufsummiert. Damit werden ähnliche Wirkungsmechanismen und mögliche additive Effekte auf die menschliche Gesundheit berücksichtigt. [...] Wenn die Quotientensumme bei der Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit den Wert 1 überschreitet, ist eine schädliche Grundwasserveränderung zu vermuten“.*⁸

Für die Einleitung von PFAS-haltigem Wasser aus Abwasserbehandlungsanlagen in Gewässer enthält die Abwasserverordnung (AbwV) keine konkreten stoffspezifischen Überwachungs- bzw. Grenzwerte. Nach § 57 Abs. 1 Nr. 1 Wasserhaushaltsgesetz (WHG) ist die eingeleitete Schadstofffracht nach dem Stand der Technik zu minimieren, § 57 Abs. 1 Nr. 2 beschreibt zusätzlich die Berücksichtigung der bereits im Gewässer vorhandenen Belastung und die Auswirkungen der Einleitung auf diese.

PFAS-Einträge aus Abwasserreinigungsanlagen sind soweit zu begrenzen, dass nach vollständiger Durchmischung keine schädlichen Gewässerveränderungen hervorgerufen werden.

Ubiquitäre Belastung (Hintergrundwerte)

PFAS lassen sich aufgrund ihrer Persistenz weltweit in geringen Gehalten nachweisen. Es findet nahezu kein natürlicher Abbau statt, sodass sich PFAS in Umweltmedien, Pflanzen und Tieren anreichern können. Dies zeigen zahlreiche Studien zu den Hintergrundgehalten an PFAS weltweit und in Europa. In Studien übersteigen die Konzentrationen im Regenwasser einiger Regionen bereits die oben genannte UQN für PFOS.⁹

In Baden-Württemberg hat die LUBW in ihrem 2023 aktualisierten Bericht „Spurenstoffinventar der Fließgewässer in Baden-Württemberg“ insgesamt 172 Messstellen an Fließgewässern verschiedener Größen, mit unterschiedlichem Einzugsgebiet und unterschiedlichem Abwasseranteil auf das Vorkommen organischer Spurenstoffe, darunter auch PFAS, untersucht. Dabei lag die PFOS-Konzentration im Mittel bei 0,002 µg/l, die überwiegende Mehrheit der Proben zeigte PFOS Gehalte über der UQN. Auch andere PFAS wurden häufig nachgewiesen.¹⁰

Eine weitere Studie in Hessen hat im Zeitraum von 2014 – 2018 insgesamt 99 Oberflächengewässer regelmäßig untersucht und dabei eine mittlere Konzentration für die Summe an organischem Fluor von 0,05 µg/l festgestellt.¹¹

⁸ Leitfaden zur PFAS-Bewertung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz, Stand 21.02.2022, abrufbar unter: <https://rp.baden-wuerttemberg.de/rpk/abt5/ref541/stabsstelle-PFAS/boden-grundwasser-oberflaechengewaesser/>

⁹ Cousins et al., Outside the Safe Operating Space of a New Planetary Boundary for Per- and Polyfluoroalkyl Substances (PFAS), Environmental Science and Technology (2022)

¹⁰ LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg: Spurenstoffinventar der Fließgewässer in Baden-Württemberg, Ergebnisse der Untersuchung von Fließgewässern 2013 – 2021 (2023)

¹¹ Janousek et al., Is the phase-out of long-chain PFASs measurable as fingerprint in a defined area? Comparison of global PFAS concentration and a monitoring study performed in Hesse, Germany from 2014 to 2018, Trends in Analytical Chemistry (2019)

Methodik

Die Probenahme in den Seen und Fließgewässern erfolgte zwischen dem 18. April und 3. Mai 2023 durch das Landratsamt Rastatt sowie durch das Fachgebiet Umwelt des Stadtkreises Baden-Baden. Es wurden dabei 24 Fließgewässer und 5 Seen beprobt. Die Probenahme erfolgte als Schöpfprobe. Die Proben aus dem Landkreis Rastatt wurden vom TZW, die aus dem Stadtkreis Baden-Baden von SGS Analytics untersucht.

Neben den Vor-Ort-Parametern (Farbe, Trübung, Temperatur, Leitfähigkeit) umfasste der Analysenumfang bis zu 26 der in der Tabelle 2 aufgeführten PFAS-Einzelparameter. Die Bestimmungsgrenze für jeden Parameter lag bei 0,001 µg/l.

Parallel erfolgte durch das Gesundheitsamt (GA) am 5. Juni 2023 die Beprobung von Badeseen im Landkreis Rastatt und Stadtkreis Baden-Baden. Hierbei wurden 4 Badeseen auf PFAS untersucht. Die Analytik erfolgte durch die CVUA Sigmaringen. Bei dieser Untersuchung wurden die Wasserproben auf 18 Einzelparameter getestet, dargestellt in Tabelle 2. Die Bestimmungsgrenzen lagen bei 0,005 µg/l.

Zusammenfassend wurden damit im Rahmen des Oberflächengewässer-Monitorings

- 24 Messstellen in Fließgewässern (davon 10 im Stadtkreis Baden-Baden)
- 5 Messstellen in Seen
- 4 Messstellen in Badeseen (durch das Gesundheitsamt; eine Messstelle im Stadtkreis Baden-Baden)

auf PFAS untersucht.

Die Lage der Messstellen ist im Anhang in der Abbildung 4 dargestellt.

Analyseumfang

Der Analyseumfang bei der Beprobung der Gewässer wird in Tabelle 2 dargestellt. In den Badeseen wurden die mit * markierten Parameter ermittelt. Die Unterschiede im Parameterumfang ergeben sich durch die Analyse durch verschiedene Labore.

Tabelle 2: Analyseumfang PFAS-Einzelparameter (*Analyseumfang Badeseen)

Perfluorbutansäure (PFBA)*	Perfluorheptansulfonsäure (PFHpS)*
Perfluorpentansäure (PFPeA)*	Perfluoroctansulfonsäure (PFOS)*
Perfluorhexansäure (PFHxA)*	Perfluorononansulfonsäure (PFNS)* ¹²
Perfluorheptansäure (PFHpA)*	Perfluordecansulfonsäure (PFDS)*
Perfluoroctansäure (PFOA)*	Perfluoroctansulfonamid (PFOSA)*
Perfluorononansäure (PFNoA)*	7H-Dodecafluorheptanoat (HPFHpA)
Perfluordecansäure (PFDA)*	2H,2H-Perfluordecanoat (H2PFDA)
Perfluorundecansäure (PFUdA)	2H,2H,3H,3H-Perfluorundecanoat (H4PFUnA)
Perfluordodecansäure (PFDoDA) ¹²	1H,1H,2H,2H-Perfluorhexansulfonsäure (4:2 FTS)*
Perfluortridecansäure (PFTriDA) ¹²	Perfluoroctansulfonamidessigsäure (FOSAA) ¹²
Perfluortetradecanoat (PFTeDA) ^{12,12}	1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonsäure (H4PFOS)*
Perfluorbutansulfonsäure (PFBS)*	1H,1H,2H,2H-Perfluordecansulfonsäure (8:2 FTS)*
Perfluorpentansulfonsäure (PFPeS)*	
Perfluorhexansulfonsäure (PFHxS)*	

¹² Nur bei Analyse durch das TZW bestimmt.

Ergebnisse

Fließgewässer

Im Folgenden werden die Ergebnisse der beprobten Fließgewässer dargestellt. Die Lage der Gewässer ist im Anhang in Abbildung 4 zu finden. Die tabellarische Darstellung der Einzelsubstanzen erfolgt aus Gründen der Übersichtlichkeit im Anhang.

Tabelle 3: Ergebnisse der Beprobung der Fließgewässer (*Werte in µg/l)

Probenname	Summe PFAS*	Kurzkettige PFAS*	Langkettige PFAS*	Carbon-säuren*	Sulfon-säuren*	Quotien-tensumme
Acherner Mühlbach II	0,030	0,020	0,010	0,030	0,000	0,10
BAD Bollgraben	0,029	0,000	0,029	0,000	0,029	0,29
BAD Bruchgraben	0,009	0,008	0,001	0,008	0,001	0,01
BAD Eberbach	0,191	0,140	0,051	0,191	0,000	0,52
BAD Hornungsgraben	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
BAD Oos	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
BAD Ooser Landgraben II 2019	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
BAD Ooskanal I	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
BAD Ooskanal II	0,003	0,001	0,002	0,003	0,000	0,02
BAD Sandbach, Höhe GWM	0,012	0,007	0,005	0,012	0,000	0,05
BAD Steinbach	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,00
Federbach	0,003	0,001	0,001	0,003	0,000	0,01
Kastaniengraben	1,047	0,703	0,344	1,039	0,008	3,49
Rheinniederungskanal IV	0,283	0,139	0,143	0,171	0,111	1,35
Rheinniederungskanal VI A	0,238	0,081	0,157	0,137	0,101	1,52
Rheinniederungskanal VIII	0,048	0,027	0,021	0,036	0,012	0,21
Riedkanal I	0,442	0,379	0,063	0,435	0,007	0,66
Riedkanal II	0,270	0,231	0,039	0,258	0,012	0,41
Rittgraben I	0,180	0,120	0,060	0,171	0,009	0,60
Sandbach III	0,133	0,100	0,033	0,132	0,001	0,34
Sandbach IV	0,052	0,031	0,021	0,042	0,010	0,21
Schinlinggraben II	1,148	0,906	0,243	1,144	0,004	2,49
Schinlinggraben III	1,117	0,864	0,253	1,112	0,005	2,59
Schwarzer Graben	0,892	0,699	0,193	0,887	0,005	1,98

Insgesamt sechs Fließgewässermessstellen überschreiten die für das Grund- und Sickerwasser geltende Quotientensumme von 1 (Maximalwert ist eine Quotientensumme von 3,49 im Kastaniengraben). Die höchsten PFAS-Gehalte wurden im Schinlinggraben II mit 1,148 µg/l gemessen. Es dominieren die kurzkettigen Carbonsäuren. Sulfonsäuren werden nur im Rheinniederungskanal mit erhöhten Gehalten gemessen, sind dort allerdings ursächlich für die Überschreitung der Quotientensumme.

Stehende Gewässer

Insgesamt wurden 5 Seen und 4 Badeseen untersucht, die Ergebnisse werden in Tabelle 4 und 5 dargestellt. Die Lage der Gewässer ist im Anhang in Abbildung 4 zu finden.

Tabelle 4: Ergebnisse der Beprobung in Seen (*Werte in µg/l); ausgewählte Parameter, vollständige Analyseergebnisse im Anhang

Probenname	Summe PFAS*	Kurzkett. PFAS*	Langkett. PFAS*	Carbon-säuren*	Sulfon-säuren*	Quotienten-summe
Goldkanal	0,109	0,090	0,018	0,100	0,009	0,19
KW Leiberstung	0,088	0,065	0,023	0,088	0,000	0,23
Münchfeldsee	0,857	0,626	0,231	0,854	0,003	2,36
Stadtparksee	0,162	0,130	0,032	0,152	0,010	0,33
Waldhägensch. See	0,617	0,397	0,220	0,617	0,000	2,23

Tabelle 5: Ergebnisse der Beprobung in Badeseen durch das Gesundheitsamt (*Werte in µg/l); ausgewählte Parameter, vollständige Analyseergebnisse im Anhang

Probenname	Summe PFAS*	Kurzkett. PFAS*	Langkett. PFAS*	Carbon-säuren*	Sulfon-säuren*	Quotienten-summe
Baggersee Weitenung	1,933	1,521	0,412	1,933	0,000	4,23
Kühlsee Strandbad	1,017	0,681	0,336	1,017	0,000	3,41
Sämannsee	0,126	0,036	0,090	0,075	0,051	0,90
Sauweide	0,180	0,062	0,118	0,106	0,074	1,18

Insgesamt überschreiten fünf Seen, darunter drei Badeseen, die für das Grund- und Sickerwasser geltende Quotientensumme von 1. Die höchste Quotientensumme wurde im Baggersee Weitenung mit 4,23 festgestellt, hier wurden auch die höchsten PFAS-Gehalte mit 1,933 µg/l gemessen. Zeitlich Veränderungen werden im Abschnitt „Zeitreihen“ diskutiert.

Diskussion

Zeitreihen

In Abbildung 2 ist die zeitliche Entwicklung der PFAS-Summen für ausgewählte Stillgewässer dargestellt. Bei den Messungen im Rahmen des PFAS-Oberflächengewässer-Monitorings handelt es sich um Momentaufnahmen, jahreszeitliche Schwankungen der PFAS-Konzentrationen sowie der Abflussmengen werden nicht erfasst. Die PFAS-Konzentrationen in stehenden Gewässern werden weniger stark durch die Witterung, sondern in der Regel wesentlich durch das zu- und abströmende Grundwasser beeinflusst.

Besonders deutlich zeigt sich dieser Zusammenhang an der Messstelle „Baggersee Weitenung“. Das Ansteigen der gemessenen PFAS-Werte in den vergangenen Jahren kann auf das Erreichen der dort vorliegenden Schadstofffahne im Grundwasser zurückgeführt werden. Hier zeichnen sich steigende Werte ab. Auch am Kaltenbachsee in Ottersdorf ist ein leicht steigender Trend zu beobachten.¹³ An den Messstellen „Kühl-/Petersee (West)“ sowie „Waldhägenichsee gr. See“ zeigen die Messwerte im Untersuchungszeitraum keine erkennbaren Trends.

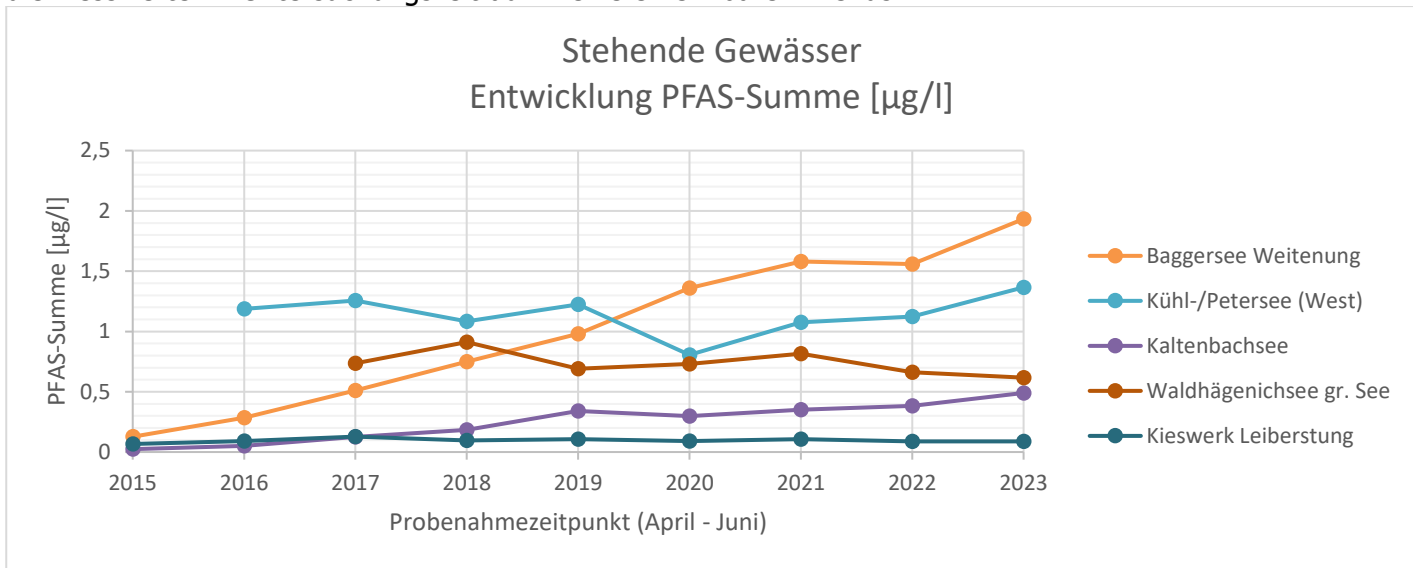


Abbildung 2: Zeitliche Entwicklung der PFAS-Summe ausgewählter stehender Gewässer

Mit der weiteren Fahnenentwicklung im Grundwasser (vgl. PFC-Karten online – Grundwassermodell LUBW) ist davon auszugehen, dass auch die Werte an der Messstelle „Kieswerk Leiberstung“ in den nächsten Jahren ansteigen werden.

Aufgrund des geringen Untersuchungsumfangs im Jahr 2023 und den oben genannten Schwankungen in den Gehalten wurde auf eine zeitliche Betrachtung der Messwerte der Fließgewässer in diesem Jahr verzichtet.

¹³ Diese Daten wurden freundlicherweise durch die Stadtwerke Rastatt zur Verfügung gestellt.

Darstellung des Schadstoffspektrums

98% der Messwerte über der Bestimmungsgrenze werden durch kurzkettinge PFAS sowie die langkettigen Verbindungen PFOA, PFHxS und PFOS verursacht. In Abbildung 3 wird die Verteilung dieser Parameter in den Fließgewässern in Form von Maximal- und Minimalwerten, Quantilen und Medianwerten dargestellt. Das 75%-Quantil gibt den Wert an, bei dem 75% aller Messwerte diesen Wert unterschreiten. Analog gibt das 25%-Quantil den Wert an, bei dem 25% aller Messwerte diesen Wert unterschreiten.

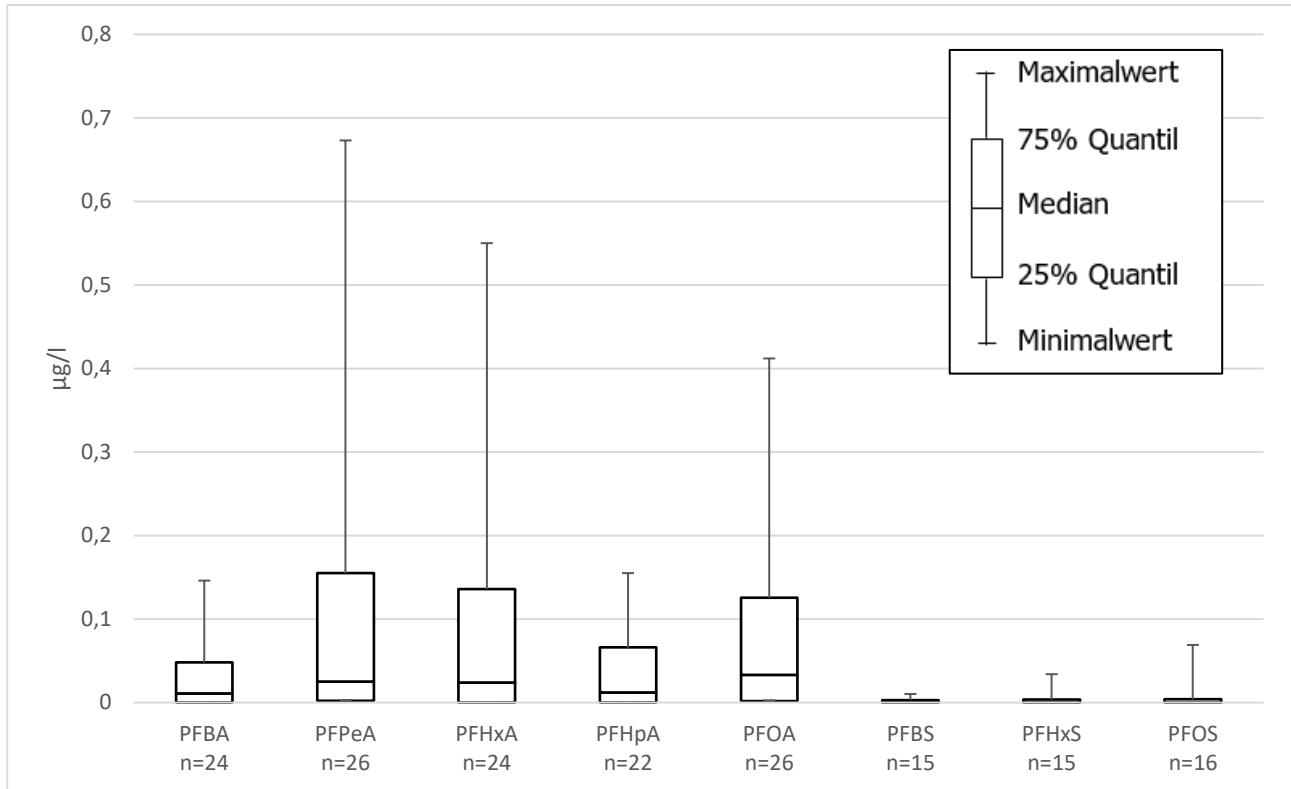


Abbildung 3: Boxplot der gemessenen Konzentrationen von kurzkettingen PFAS und PFOA, PFBS, PFHxS, PFOS in Fließgewässern

Vor allem kurzkettinge PFAS sowie PFOA werden in den Fließgewässern gemessen. Diese zählen zu den gut wasserlöslichen PFAS.

Anhang

Analysenergebnisse

Analysen 2023				Messstelle	Baggersee Weitenung	Kühlsee Strandbad	Sämannsee	Sauweide	Acherner Mühlbach II	BAD Bollgraben	BAD Bruchgraben
alle Werte (außer QS) in [µg/l]				Typ	Badeseesee	Badeseesee	Badeseesee	Badeseesee	FG	FG	FG
Eluat nach DIN 19529				Datum	05.06.2023	05.06.2023	05.06.2023	05.06.2023	18.04.2023	03.05.2023	03.05.2023
(Wasser/Feststoff = 2 l/kg)											
CAS-Nr.	Bezeichnung	Norm	BG								
375-22-4	PFBA*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,145	0,087	<0,005	0,010	0,002	<0,001	0,005	
2706-90-3	PFPeA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,673	0,244	0,017	0,019	0,008	<0,001	0,003	
307-24-4	PFHxA*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,549	0,247	0,019	0,022	0,007	<0,001	<0,001	
375-85-9	PFHpA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,154	0,103	<0,005	0,011	0,003	<0,001	<0,001	
335-67-1	PFOA*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,412	0,336	0,039	0,044	0,010	<0,001	<0,001	
375-95-1	PFNoA*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,001	<0,001	<0,001	
335-76-2	PFDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,001	<0,001	<0,001	
2058-94-8	PFUnA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	
307-55-1	PFDoA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	
375-73-5	PFBS*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,001	<0,001	<0,001	
2706-91-4	PFPeS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,001	<0,001	<0,001	
432-50-8	PFHxS*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,005	<0,005	0,018	0,029	<0,001	<0,001	<0,001	
357-92-8	PFHpS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,001	<0,001	<0,001	
1763-23-1	PFOS*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,005	<0,005	0,033	0,045	<0,001	0,029	0,001	
68259-12-1	PFNS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,001	0,000	0,000	
333-77-3	PFDS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,001	<0,001	<0,001	
754-91-6	PFOSA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,001	<0,001	<0,001	
1546-95-8	HPFHpA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	
27854-31-5	H2PFDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	
34598-33-9	H4PFUnDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	
757124-72-4	H4PFHxS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,001	<0,001	<0,001	
27619-97-2	H4PFOS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,001	<0,001	<0,001	
39108-34-4	H4PFDeS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,001	<0,001	<0,001	
72629-94-8	PFTriDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	<0,001	0,000	0,000	
376-06-7	PFTeDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	<0,001	0,000	0,000	
10116-92-4	FOSAA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	<0,001	0,000	0,000	
				Summe PFC	1,93	1,02	0,13	0,18	0,03	0,03	0,01
				Summe kurzketttige PFC	1,52	0,68	0,04	0,06	0,02	0,00	0,01
				Summe langketttige PFC	0,41	0,34	0,09	0,12	0,01	0,03	0,00
				Summe PFC Carbonsäuren	1,93	1,02	0,08	0,11	0,03	0,00	0,01
				Summe PFC Sulfonsäuren	0,00	0,00	0,05	0,07	0,00	0,03	0,00
				Summe PFOS, PFOA	0,41	0,34	0,07	0,09	0,01	0,03	0,00
				Quotientensumme	4,2	3,4	0,9	1,2	0,1	0,3	0,0

*Zur Berechnung der Quotientensumme verwendete Substanzen (7/7)

Analysen 2023				Messstelle	BAD Eberbach	BAD Hornungsgraben	BAD Oos	BAD Ooser Landgraben II 2019	BAD Ooskanal I	BAD Ooskanal II
alle Werte (außer QS) in [µg/l]				Typ	FG	FG	FG	FG	FG	FG
Eluat nach DIN 19529				Datum	03.05.2023	03.05.2023	03.05.2023	03.05.2023	03.05.2023	03.05.2023
(Wasser/Feststoff = 2 l/kg)										
CAS-Nr.	Bezeichnung	Norm	BG							
375-22-4	PFBA*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,024	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
2706-90-3	PFPeA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,054	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,001
307-24-4	PFHxA*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,035	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
375-85-9	PFHpA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,027	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
335-67-1	PFOA*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,051	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002
375-95-1	PFNoA*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
335-76-2	PFDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
2058-94-8	PFUnA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
307-55-1	PFDaA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
375-73-5	PFBS*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
2706-91-4	PFPeS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
432-50-8	PFHxS*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
357-92-8	PFHpS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
1763-23-1	PFOS*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
68259-12-1	PFNS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
333-77-3	PFDS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
754-91-6	PFOSA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
1546-95-8	HPFHpA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
27854-31-5	H2PFDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
34598-33-9	H4PFUnDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
757124-72-4	H4PFHxS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
27619-97-2	H4PFOS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
39108-34-4	H4PFDeS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
72629-94-8	PFTriDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
376-06-7	PFTeDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
10116-92-4	FOSAA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Summe PFC				0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Summe kurzkettige PFC				0,14	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Summe langkettige PFC				0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Summe PFC Carbonsäuren				0,19	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Summe PFC Sulfonsäuren				0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Summe PFOS, PFOA				0,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Quotientensumme				0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

*Zur Berechnung der Quotientensumme verwendete Substanzen (7/7)

Analysen 2023				Messstelle	BAD Sandbach, Höhe GWM	BAD Steinbach	Federbach	Kastaniengraben	Rheinniederungskanal IV	Rheinniederungskanal VI A
alle Werte (außer QS) in [µg/l]				Typ	FG	FG	FG	FG	FG	FG
Eluat nach DIN 19529				Datum	03.05.2023	03.05.2023	18.04.2023	18.04.2023	18.04.2023	18.04.2023
(Wasser/Feststoff = 2 l/kg)										
CAS-Nr.	Bezeichnung	Norm	BG							
375-22-4	PFBA*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,002	<0,001	<0,001	0,088	0,007	0,010	
2706-90-3	PFPeA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,005	<0,001	<0,001	0,280	0,019	0,026	
307-24-4	PFHxA*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	0,001	0,240	0,023	0,030	
375-85-9	PFHpA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	0,091	0,088	0,013	
335-67-1	PFOA*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,005	<0,001	0,001	0,340	0,034	0,058	
375-95-1	PFNoA*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
335-76-2	PFDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
2058-94-8	PFUnA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
307-55-1	PFDoA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
375-73-5	PFBS*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	0,004	0,002	0,002	
2706-91-4	PFPeS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
432-50-8	PFHxS*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	0,003	0,033	0,031	
357-92-8	PFHpS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,002	0,002	
1763-23-1	PFOS*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	0,001	0,068	0,062	
68259-12-1	PFNS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,000	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
333-77-3	PFDS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
754-91-6	PFOSA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
1546-95-8	HPFHpA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
27854-31-5	H2PFDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
34598-33-9	H4PFUnDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
757124-72-4	H4PFHxS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
27619-97-2	H4PFOS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,006	0,004	
39108-34-4	H4PFDeS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
72629-94-8	PFTriDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,000	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
376-06-7	PFTeDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,000	0,000	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
10116-92-4	FOSAA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,000	0,000	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	
		Summe PFC		0,01	0,00	0,00	1,05	0,28	0,24	
		Summe kurzkettige PFC		0,01	0,00	0,00	0,70	0,14	0,08	
		Summe langkettige PFC		0,01	0,00	0,00	0,34	0,14	0,16	
		Summe PFC Carbonsäuren		0,01	0,00	0,00	1,04	0,17	0,14	
		Summe PFC Sulfonsäuren		0,00	0,00	0,00	0,01	0,11	0,10	
		Summe PFOS, PFOA		0,01	0,00	0,00	0,34	0,10	0,12	
		Quotientensumme		0,1	0,0	0,0	3,5	1,4	1,5	

*Zur Berechnung der Quotientensumme verwendete Substanzen (7/7)

Analysen 2023				Messstelle	Rheinniederungskanal VIII	Riedkanal I	Riedkanal II	Rittgraben I	Sandbach III	Sandbach IV	Schinlinggraben II
alle Werte (außer QS) in [µg/l]				Typ	FG	FG	FG	FG	FG	FG	FG
Eluat nach DIN 19529				Datum	18.04.2023	18.04.2023	18.04.2023	18.04.2023	18.04.2023	18.04.2023	18.04.2023
(Wasser/Feststoff = 2 l/kg)											
CAS-Nr.	Bezeichnung	Norm	BG								
375-22-4	PFBA*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,004	0,045	0,029	0,014	0,011	0,004	0,092	
2706-90-3	PFPeA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,010	0,150	0,088	0,044	0,041	0,011	0,400	
307-24-4	PFHxA*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,009	0,140	0,085	0,040	0,035	0,010	0,320	
375-85-9	PFHpA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,004	0,039	0,023	0,019	0,012	0,004	0,092	
335-67-1	PFOA*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,010	0,061	0,033	0,054	0,033	0,013	0,240	
375-95-1	PFNoA*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
335-76-2	PFDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
2058-94-8	PFUnA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
307-55-1	PFDoA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
375-73-5	PFBS*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,001	0,005	0,006	0,003	0,001	0,002	0,002	
2706-91-4	PFPeS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
432-50-8	PFHxS*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,005	0,002	0,005	0,002	<0,001	0,003	0,002	
357-92-8	PFHpS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
1763-23-1	PFOS*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,006	<0,001	0,002	0,004	<0,001	0,005	0,001	
68259-12-1	PFNS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
333-77-3	PFDS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
754-91-6	PFOSA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
1546-95-8	HPFHpA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
27854-31-5	H2PFDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
34598-33-9	H4PFUnDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
757124-72-4	H4PFHxS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
27619-97-2	H4PFOS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
39108-34-4	H4PFDeS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
72629-94-8	PFTriDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
376-06-7	PFTeDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
10116-92-4	FOSAA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
	Summe PFC			0,05	0,44	0,27	0,18	0,13	0,05	1,15	
	Summe kurzkettige PFC			0,03	0,38	0,23	0,12	0,10	0,03	0,91	
	Summe langkettige PFC			0,02	0,06	0,04	0,06	0,03	0,02	0,24	
	Summe PFC Carbonsäuren			0,04	0,44	0,26	0,17	0,13	0,04	1,14	
	Summe PFC Sulfonsäuren			0,01	0,01	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	
	Summe PFOS, PFOA			0,02	0,06	0,03	0,06	0,03	0,02	0,24	
	Quotientensumme			0,2	0,7	0,4	0,6	0,3	0,2	2,5	

*Zur Berechnung der Quotientensumme verwendete Substanzen (7/7)

Analysen 2023				Messstelle	Schinlinggraben III	Schwarzer Graben	Goldkanal	KW Leiberstung	Münchfeldsee	Stadtparksee	Waldhägensch gr. See
alle Werte (außer QS) in [µg/l]				Typ	FG	FG	See	See	See	See	See
Eluat nach DIN 19529				Datum	18.04.2023	18.04.2023	18.04.2023	18.04.2023	18.04.2023	18.04.2023	18.04.2023
(Wasser/Feststoff = 2 l/kg)											
CAS-Nr.	Bezeichnung	Norm	BG								
375-22-4	PFBA*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,091	0,075	0,011	0,009	0,072	0,022	0,049	
2706-90-3	PFPeA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,380	0,310	0,034	0,025	0,250	0,044	0,160	
307-24-4	PFHxA*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,300	0,240	0,033	0,021	0,220	0,041	0,130	
375-85-9	PFHpA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,091	0,072	0,009	0,009	0,082	0,014	0,058	
335-67-1	PFOA*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,250	0,190	0,013	0,023	0,230	0,031	0,220	
375-95-1	PFNoA*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
335-76-2	PFDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
2058-94-8	PFUnA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
307-55-1	PFDoA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
375-73-5	PFBS*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,002	0,002	0,003	<0,001	0,002	0,009	<0,001	
2706-91-4	PFPeS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
432-50-8	PFHxS*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,002	0,002	0,003	<0,001	0,001	<0,001	<0,001	
357-92-8	PFHpS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
1763-23-1	PFOS*	DIN 38407-F42	0,001-0,005	0,002	0,001	0,002	<0,001	<0,001	0,001	<0,001	
68259-12-1	PFNS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
333-77-3	PFDS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
754-91-6	PFOSA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
1546-95-8	HPFHpA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
27854-31-5	H2PFDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
34598-33-9	H4PFUnDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
757124-72-4	H4PFHxS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
27619-97-2	H4PFOS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
39108-34-4	H4PFDeS	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
72629-94-8	PFTriDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
376-06-7	PFTeDA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
10116-92-4	FOSAA	DIN 38407-F42	0,001-0,005	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
		Summe PFC		1,12	0,89	0,11	0,09	0,86	0,16	0,62	
		Summe kurzkettige PFC		0,86	0,70	0,09	0,06	0,63	0,13	0,40	
		Summe langkettige PFC		0,25	0,19	0,02	0,02	0,23	0,03	0,22	
		Summe PFC Carbonsäuren		1,11	0,89	0,10	0,09	0,85	0,15	0,62	
		Summe PFC Sulfonsäuren		0,01	0,01	0,01	0,00	0,00	0,01	0,00	
		Summe PFOS, PFOA		0,25	0,19	0,02	0,02	0,23	0,03	0,22	
		Quotientensumme		2,6	2,0	0,2	0,2	2,4	0,3	2,2	

*Zur Berechnung der Quotientensumme verwendete Substanzen (7/7)

Lageplan Messstellen 2023

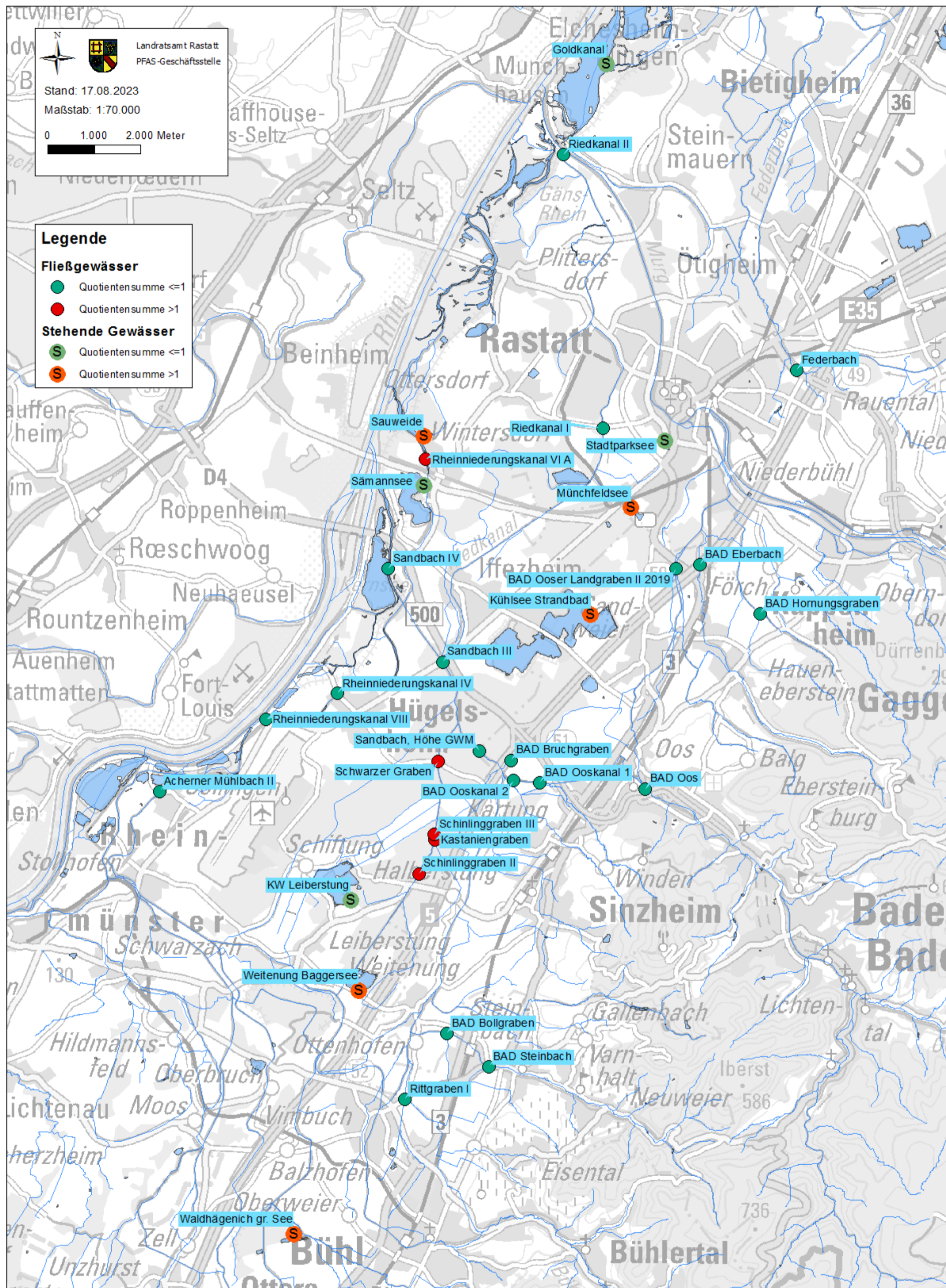


Abbildung 4: Lageplan Messstellen im Monitoring 2023