

Rhein- überwachungs- Station Weil am Rhein

Technischer Untersuchungs- bericht 2020 / 2021

Im Auftrag von:

Umweltministerium
Baden-Württemberg



Baden-Württemberg
UMWELTMINISTERIUM

Bundesamt für Umwelt



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Umwelt BAFU

Betreiber der Station:

Amt für Umwelt und
Energie Basel-Stadt



Departement für Wirtschaft, Soziales und Umwelt des Kantons Basel-Stadt
Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt

Die Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein (RÜS)

- Ausgangslage:** In der Aufarbeitung der Brandkatastrophe von Schweizerhalle vom 1. November 1986 beschlossen die Schweizerische Eidgenossenschaft und das Land Baden-Württemberg in Weil am Rhein eine gemeinsame Rheinüberwachungsstation zu errichten. Die Einweihung der Station erfolgte im September 1993.
- Grundlage:** Die rechtlichen Grundlagen für die Rheinüberwachungsstation in Weil am Rhein (Rhein-km 171,370) wurden im Staatsvertrag vom 17. Mai 1990 zwischen der Schweiz (BUWAL) und dem Ministerium für Umwelt und Verkehr (UVM) des Bundeslandes Baden-Württemberg wie folgt geregelt:
- Trägerschaft:**
- Schweizerische Eidgenossenschaft
Bundesamt für Umwelt (BAFU)
 - Land Baden-Württemberg
Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft / Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW)
- Unterhalt:**
- Regierungspräsidium Freiburg (RPF)
- Messbetrieb:**
- Amt für Umwelt und Energie Basel-Stadt (AUE)

Der Rheinüberwachungsstation wurde als Kontroll- und Führungsorgan ein Beirat vorgestellt. Diesem obliegt die Oberaufsicht über die RÜS. Er verabschiedet das Budget und die Jahresrechnung und beschliesst die Investitionen. Der Beirat¹ für die Jahre 2020 und 2021 setzt sich wie folgt zusammen.

Beirat der Rheinüberwachungsstation (BR) in 2020 / 2021:

Dr. Joachim Bley, LUBW
Dr. Stephan Müller, BAFU
Matthias Nabholz, AUE BS

Zur Unterstützung wurde dem Beirat die Fachliche Begleitgruppe der Rheinüberwachungsstation (FBR) beigelegt. Die FBR überwacht das Budget und die Ausgaben im laufenden Betrieb, behandelt Investitions- und Budgetanträge sowie Vorschläge für die Aktualisierung des Messprogrammes.

Fachliche Begleitgruppe der Rheinüberwachungsstation (FBR) in 2020 / 2021:

BAFU, Bern
Dr. Anke Hofacker

LUBW, Karlsruhe
Jochen Leve (bis Frühjahr 2020)
Dr. Nicole Spann (ab Frühjahr 2020)

¹ Leistungsvereinbarung über den Betrieb der Station Weil vom 21.12.2015 Anhang 1

Regierungspräsidium Freiburg

Wolfgang Migenda
Roland Schleicher

Amt für Umwelt und Energie BS

Dr. Jan Mazacek
Reto Dolf
Dr. Steffen Ruppe

Eawag (Gast / Knowhow-Transfer)

Heinz Singer

Resultate der Wasser-, wie auch der Schwebstoffphase und der Onlinemesssonden können online über <https://data.bs.ch/explore/?sort=modified&q=rhein> abgefragt werden.

Bezug des Jahresberichtes ausschliesslich als PDF-Download über unsere Homepage: www.aue.bs.ch/rheinberichte

INHALT

| | |
|--|---|
| I. Allgemeines zur Rheinüberwachung | 4 |
| II. Zusammenfassung der Ergebnisse der Rheinüberwachung in Weil im Jahr 2020 und 2021 | 7 |
| 1. Wasserphase | 9 |
| 1.1 Zeitnahe Überwachung | 9 |
| 1.1.1 GC/MS-Screening | 9 |
| 1.1.2 LC/MS-Screening | 9 |
| 1.1.3 Meldungen des AUE BS | 10 |
| 1.2 Trendüberwachung | 14 |
| 1.2.1 Abfluss..... | 14 |
| 1.2.2 Online Messungen | 16 |
| 1.2.3 Ergebnisse der Trendüberwachung in 2020 und 2021 (Wasserphase) | 22 |
| 2. Schwebstoffphase - Trendüberwachung | 22 |
| 2.1 Tabelle der nachgewiesenen Verbindungen in der Schwebstoffphase in 2020 und 2021 | 22 |
| 2.2 Sonderuntersuchungen zu Radioaktivität in 2020 und 2021 | 22 |
| 3. Technik in der RÜS..... | 27 |
| 3.1 Betriebsunterbrüche im Jahr 2020 und 2021 | 28 |
| 3.2 Bauarbeiten / Technische Änderungen..... | 28 |
| 3.3 Probenahme..... | 28 |
| 3.4 Führungen in der Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein..... | 29 |
| | |
| Anhang 1 | Messprogramm 2020 |
| Anhang 2 | Messprogramm 2021 |
| Anhang 3 | Positivbefunde in der Wasserphase im 2020 |
| Anhang 4 | Positivbefunde in der Wasserphase im 2021 |
| Anhang 5 | Jahresfrachten der Frachtbildner in Jahres-Tonnen (JaTo) 1992 – 2021 |
| Anhang 6 | Jahresfrachten der Organika in Jahres-Tonnen (JaTo) 1992 - 2021 |
| Anhang 7 | Diagramme ausgesuchter Verbindungen |
| Anhang 8 | Positivbefunde in der Schwebstoffphase im 2020 |
| Anhang 9 | Positivbefunde in der Schwebstoffphase im 2021 |

I. Allgemeines zur Rheinüberwachung

Der Rhein durchströmt auf seinem 1230 Kilometer langen Weg von der Quelle bis zur Mündung in die Nordsee sechs Länder. Er ist einer der bedeutendsten Flüsse Europas. In seinem Einzugsgebiet leben 50 Millionen Menschen. In diesem Zusammenhang darf betont werden, dass von Basel an abwärts für rund 22 Millionen Menschen aufbereitetes Trinkwasser aus dem Rhein gewonnen wird. Der Rhein ist ein wichtiger Transport- und Verkehrsweg, Lebensraum, Naherholungsgebiet, Kühlwasserlieferant aber auch Vorfluter für häusliche und industrielle Abwässer. Bis nach Basel entwässert der Rhein eine Fläche von 36'358 km², wovon 77 % in der Schweiz liegen. Eine Bilanz der gemessenen Schadstoffe ermöglicht somit eine Beurteilung der in der Schweiz vollzogenen Gewässerschutzmassnahmen.

Abbildung 1 zeigt das in der Schweiz liegende Einzugsgebiet des Rheins, welcher nach Basel entwässert.

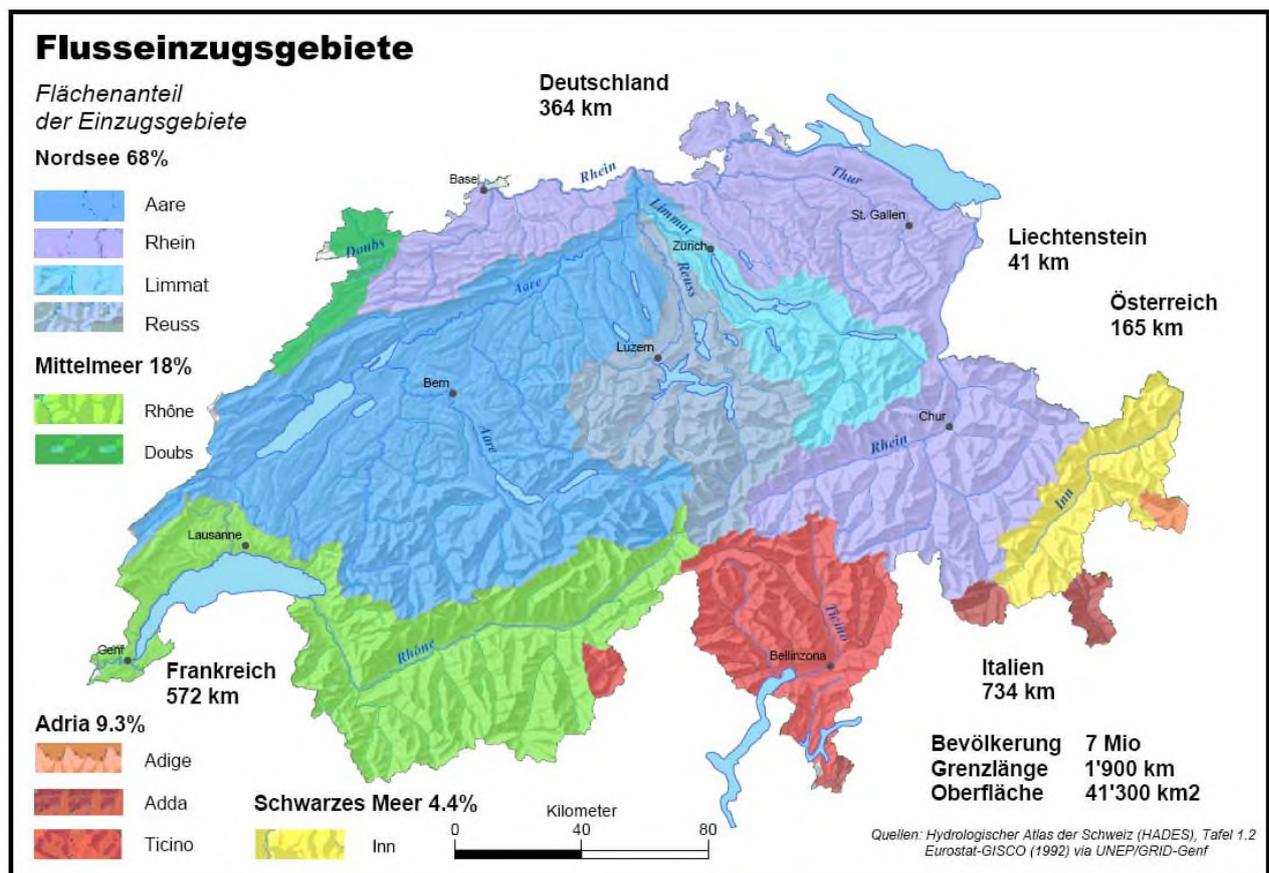


Abbildung 1: Fluss-Einzugsgebiete der 4 grössten Gewässer der Schweiz: Rhein, Rhone, Inn und Ticino

Nach der Havarie vom 1. November 1986 in Schweizerhalle (auch als Brand bei Sandoz bekannt) wurde die Wichtigkeit einer zeitnahen Überwachung der Rheinwasserqualität allgemein erkannt. In der Folge haben das Land Baden-Württemberg und die Schweiz den Staatsvertrag vom 17. Mai 1990 zum Bau der gemeinsamen Überwachungsstation in Weil am Rhein beschlossen. Diese Station wurde mit zwei Hauptaufgaben beauftragt:

- 1) Zeitnahe Erkennung kritischer Schadstoffgehalte („Alarmüberwachung“)
- 2) Langfristige Qualitätskontrolle („Trendüberwachung“)

Abbildung 2 zeigt das Gebäude der Rheinüberwachungsstation und den Standort unterhalb der Palmrainbrücke in Weil am Rhein.

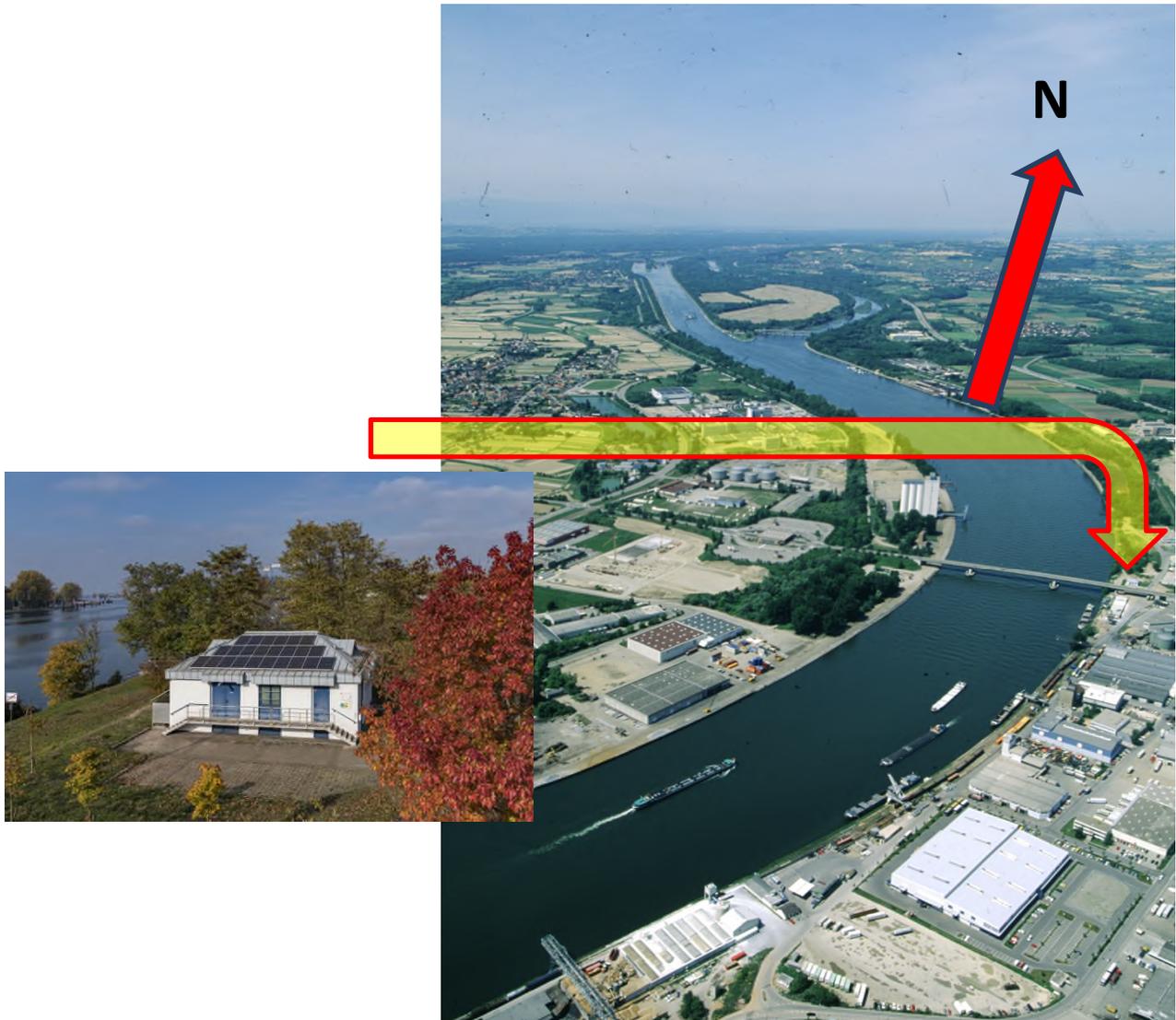


Abbildung 2: Das Gebäude (links) und Luftbild des Standortes der Rheinüberwachungsstation in Weil am Rhein unterhalb der Palmrainbrücke.

Um diese beiden Aufträge zu erfüllen wird das Wasser täglich, die Schwebstoffe einmal im Monat und zusätzlich bei Hochwasser untersucht.

Die Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein (Rheinkilometer 171.37) ist der ersten Hauptwarnzentrale (R1 Basel) angegliedert und versorgt diese mit alarmrelevanten Daten. Sie gibt auch Auskunft bei Suchmeldungen der Rheinunterlieger. Sechs weitere Messstationen liegen weiter rheinabwärts. Diese sind anderen Hauptwarnzentralen angeschlossen. Die Hauptwarnzentralen selber sind im internationalen Warn- und Alarmplan Rhein (IWAP) der Internationalen Kommission zum Schutze des Rheins (IKSR, mit Sitz in Koblenz) organisiert.

Abbildung 3 zeigt die Messstationen mit zeitnaher Alarmüberwachung im Rheineinzugsgebiet.



Abbildung 3: Karte des Rheineinzugsgebietes mit den Rheinüberwachungsstationen mit zeitnaher Alarmüberwachung.

Das Untersuchungsprogramm (siehe Anhang 1 und 2) der Station Weil am Rhein erfüllt die Belange des international abgestimmten Messprogramms der IKSР und der Nationalen Daueruntersuchung der Fliessgewässer der Schweiz (NADUF sowie NAWA). Die Station läuft seit Mai 1993 im Routinebetrieb. Die Einweihung fand am 24. September 1993 statt.

II. Zusammenfassung der Ergebnisse der Rheinüberwachung in Weil im Jahr 2020 und 2021

Die Qualität des Rheins bei Basel kann in Bezug auf die allgemeinen chemisch-physikalischen Parameter als gut bezeichnet werden. Allerdings wird eine Vielzahl organischer Mikroverunreinigungen vorgefunden. Die Konzentrationen der anthropogenen Stoffe halten die Grenzwerte der Gewässerschutzverordnung (GSchV), sowie die Wasserrahmenrichtlinie (EU-WRRL) und die Umweltqualitätsnorm der EU (EU-UQN) zum grossen Teil ein. Resultate der Wasser-, wie auch der Schwebstoffphase und der Onlinemesssonden können über die Jahre zeitnah, online über <https://data.bs.ch/explore/?sort=modified&q=rhein> abgefragt werden.

Zeitnahe Überwachung - Alarmüberwachung

Im Jahr 2020 wurde im Rahmen des internationalen Warn- und Alarmplans Rhein der IKSР (IWAP) eine Havarie gemeldet, die eine höhere Fracht an Iomeprol im Rhein erwarten liess. Daher wurde über die Internationale Hauptwarnzentrale (IHWZ-R1) eine Meldung abgesetzt. Im 2021 musste keine IWAP-Meldung gemacht werden.

Im Rahmen des regionalen Meldekonzpts wurden durch das AUE-Labor über den Zeitraum 2020 / 2021 rund 18 auffällige Befunde entdeckt und in Zusammenarbeit mit den Behörden beidseits des Rheins teilweise aufgeklärt. Die Meldeschwelle des regionalen Meldekonzpts liegt bei einer Konzentration von 0.1 µg/L für Pestizide sowie bei einer Konzentration von 1 µg/L oder einer Tagesfracht von 100 kg bei den übrigen organischen Mikroverunreinigungen. Anliegende Wasserwerke konnten dank dieser Meldungen ihre Versickerungsbereiche schützen.

Bei der physikalischen Überwachung des Rheins (Sauerstoff, pH; Leitfähigkeit und Temperatur) wurden im Sommer 2020 die Grenzwerte für die Tagesdurchschnittstemperatur überschritten: Die höchste gemessene Tagesdurchschnittstemperatur betrug dabei 25.3°C (August 2020). Der Sommer 2021 war verregnet und kalt und brachte auch keine Probleme wegen Niedrigwasser.

Wasserphase - Trendüberwachung

Die Messwerte der physikalischen Kenngrössen (Sauerstoff, pH; Leitfähigkeit und Temperatur) entsprechen denen eines schwach belasteten Gewässers.

Die Konzentrationen der Nährstoffe, Summenparameter und Salze bestätigen die obige Beurteilung auf Basis der physikalischen Kenngrössen. Dies ist erstaunlich, wenn man bedenkt, dass im Einzugsgebiet ca. 6 Millionen Menschen wohnen und arbeiten. Dies ist ein Indiz für eine insgesamt gute Reinigungsleistung der im Einzugsgebiet liegenden Kläranlagen.

Im Rahmen des Projekts Target- und Non-Target-Screening zur Erfassung von polaren organischen Mikroverunreinigungen (wie z.B. Arzneimittel, Biozide etc.) im Rhein (TANTALOS) wurde ein Messprogramm aufgestellt und dieses für die Jahre 2020 / 2021 weiter aktualisiert.

Weltweit einmalig und an einem Gewässer noch nie dagewesen wird der Rhein seit Anfang 2012 mit einer täglichen 24-h Sammelprobe mit einer hochauflösenden LC/MS (Orbitrap) untersucht. Im Jahr 2021 erfolgte diese in einem teilweise automatisierten Auswerteprozess auf 335 Verbindungen, von denen 62 Verbindungen täglich manuell nachintegriert wurden. Diese 62 Substanzen sind sogenannte Leitsubstanzen mit Schweizweiter Relevanz. Die Beurteilung der Relevanz erfolgte auf Grundlage von Vorarbeiten des BAFU und der Eawag. Es handelt sich hierbei um organische Mikroverunreinigungen mit hohen Frachten oder solche, welche u.a. auch im Rahmen der IKSР intensiv diskutiert werden. Eine Übersicht der Mikroverunreinigungen nach Fracht und Verlauf über die Jahre kann den Tabellen im Anhang entnommen werden.

Die Substanzpalette der mittels Orbitrap-Methode untersuchten organischen Mikroverunreinigungen wurde für die Messjahre 2020 und 2021 weiter ausgebaut. Nährstoffe sowie Metalle blieben unverändert. Siehe hierzu das Messprogramm der beiden Jahre in Anhang 1 und Anhang 2 zu diesem Bericht.

Schwebstoffphase- Trendüberwachung

Die Konzentrationen der Nährstoffe, Summenparameter, Schwermetalle sowie organischer Verunreinigungen im Rhein-Schwebstoff an der Stelle Weil am Rhein liegt im Bereich der Vorjahre und weist eine überwiegend geringe Belastung aus. Auch dies ist ein Indiz für die gute Reinigungsleistung der Kläranlagen im Einzugsgebiet.

Die Sanierung der HCH Altlast der ehemaligen „Usine Kuhlmann“ wurde nach Unterbruch und Neuausschreibung per Anfang 2019 abgeschlossen. Die in den Vorperioden gefundenen Anstiege an Hexachlorcyclohexan Isomeren sind in der Berichtsperiode nun wieder auf Normalniveau zurückgekehrt.

Die Belastung der Schwebstoffe mit weiteren Schadstoffen blieb im langjährigen Durchschnitt.

Abfluss

Die Abflussverhältnisse des Jahres 2020 lagen mit 923 m³/s im Jahresdurchschnitt ca. 12 Prozent unter dem langjährigen Mittel. Die höchste Abflussmenge war Anfang Februar 2020 während eines Hochwassers mit einem maximalen Tagesmittel von 1'826 m³/s zu verzeichnen.

Die Abflussverhältnisse des Jahres 2021 lagen mit 1'173 m³/s im Jahresdurchschnitt ca. 12 Prozent über dem langjährigen Mittel. An 46 Tagen war der Tagesabfluss über 2000 m³/s. Davon lagen 37 Tage in der Periode zwischen dem 30. Juni und dem 10. August 2021. Dies widerspiegelt den verregneten Sommer 2021. Die höchste Abflussmenge war Mitte Juni 2021 während eines Hochwassers mit einem maximalen Tagesmittel von 3'470 m³/s zu verzeichnen.

1. Wasserphase

1.1 Zeitnahe Überwachung

Die Wasserqualität des Rheins wird werktäglich auf über 400 organische Mikroverunreinigungen überwacht. Dies geschieht auf Basis von täglichen 24-Stunden-Mischproben (08:00 Uhr bis 08:00 Uhr). Es kommen zwei Analysetechniken zum Einsatz: die Gaschromatographie (GC/MS) und die Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (LC/MS). Beide sind gekoppelt mit massenspektrometrischer Detektion. Die gaschromatographisch ermittelten Resultate liegen jeweils spätestens um 14 Uhr vor und die flüssigkeitschromatographischen um 16 Uhr. In der Regel jedoch eine Stunde früher.

Werden organische Mikroverunreinigungen in erhöhten Konzentrationen detektiert, erfolgt das weitere Vorgehen gemäss dem regionalen Meldekonzept "Ablaufschema bei erhöhten Werten in der Analytik der RÜS", welche mit den Anliegern (Baden-Württemberg, sowie den Kantonen BL und AG) vereinbart wurde: Nach einem festgelegten Schema werden die verantwortlichen Umweltbehörden, die Industriellen Werke der Stadt Basel (IWB) (Trinkwasserversorgung durch Grundwasseranreicherung mit Rheinwasser in Basel) und Kläranlagen informiert. Die hierzu vereinbarte Meldeschwelle beträgt 0.1 µg/L bei Pestiziden sowie Pharmawirkstoffen und 1 µg/L bei den restlichen organischen Mikroverunreinigungen.

Werden die Schwellenwerte des internationalen Warn- und Alarmplans Rhein der IKS (IWAP) überschritten, so erfolgt in einer zweiten Stufe noch eine Meldung über die internationale Hauptwarnzentrale R1 (IHWZ1) nach den Vorgaben des IWAP.

1.1.1 GC/MS-Screening

(Datenbasis: jeweils 365 Tage; 24-Stunden-Mischproben)

Mit dieser Methode werden 1 L Wasser mittels Festphasenextraktion über Lichrolut-N um den Faktor 20'000 angereichert und mit der GC/MS-Technik im "full-scan" Modus auf flüchtige bis schwerflüchtige Verbindungen untersucht. Die halbquantitativ abgeschätzten Konzentrationen von nicht kalibrierten Verbindungen werden in Äquivalenten der Konzentration von ¹³C-Coffein oder 1,4-Dibrombenzol-D₄ angegeben. Die abgeschätzten Konzentrationen haben die Einheit „µg/L als Flächenäquivalente der Referenzsubstanz“. Dieses Vorgehen hat die Arbeitsgruppe SANA der IKS standardisiert um Screening-Meldungen von Laboratorien entlang der Rheinschiene vergleichbar zu machen. Im Detail erfolgt dies folgendermassen: Bei der Verwendung von ¹³C-Coffein als Referenzsubstanz wird die Summe der Flächen der parallel verlaufenden Massenspuren der unbekanntes Verbindung (deren Gesamtsignal vom TIC (Total Ion Current) bei sauberen Chromatogrammen) mit der Fläche der Massenspur m/z=197 von ¹³C-Coffein verglichen und dann durch drei geteilt. Bei Verwendung von 1,4-Dibrombenzol-D₄ als Referenzsubstanz wird mit der Summe der Flächen der Massenspuren m/z=238, 240 und 242 von 1,4-Dibrombenzol- D₄ verglichen und dann durch zwei geteilt.

1.1.2 LC/MS-Screening²

(Datenbasis: jeweils 365 Tage; 24-Stunden-Mischproben)

In dieser seit 2013 betriebenen Technologie werden 0.5 L Wasser mittels Festphasenextraktion über eine Festphasenkartusche³ um den Faktor 10'000 angereichert, im LC-Eluenten verdünnt und mit der hochauflösenden LC/MS-Technik (ORBITRAP) auf schwer- und nichtflüchtige

² An der EAWAG entwickelte Technologie (M. Ruff, H. Singer, M. Loos). Anfang 2010 erfolgte die Einführung der hochauflösenden LC/MS-Analytik mittels ORBITRAP zur Untersuchung von wöchentlich gezogenen Proben auf 260 bekannte Verbindungen. Per Anfang 2012 wurde die Periodizität auf täglich verdichtet und seit 2013 wird noch zusätzlich ein LC/MS-Screening auf unbekannte Verbindungen durchgeführt.

³ Die Festphasenkartusche besteht aus zwei Schichten. Oben sind 200 mg OASIS 60 µm und unten sind 350 mg einer Mischung aus ENV+ / Anionenaustauscher / Kationenaustauscher.

Verbindungen analysiert. Die von der Eawag und Loos-Computing entwickelte Software enviMass erkennt innerhalb der täglich nachgewiesenen ca. 15'000 Verbindungen solche, deren Konzentration ansteigt und gibt sie als neue unbekannte Verbindungen an. Deren Konzentration wird halbquantitativ in Äquivalenten von chromatographisch und chemisch sinnvollen internen Standards angegeben. Im positiven Modus werden zurzeit 118 isotoopenmarkierte Standards eingesetzt. Im negativen Modus sind es 23. Die Identifikation der Verbindung erfolgt über eine hochaufgelöste Bestimmung der monoisotopischen Masse (Auflösung 100'000). Je besser die Auflösung ist, d.h. je genauer die monoisotopische Masse bestimmt werden kann, desto geringer ist die Anzahl der Vorschläge für Summenformeln. Mit der Summenformel wird schliesslich in Datenbanken wie ChemSpider nach den passenden Chemikalien gesucht. Plausible Vorschläge werden mit käuflichen Referenzstandards überprüft. Die Expertengruppe „Analytik“ (EG SANA) der Internationalen Kommission zum Schutz des Rheines (IKSR) ist mit einer Standardisierung der Meldungen von LC/MS-Screening von sogenannten unbekanntem Befunden beauftragt. Dies sind Verbindungen welche noch nicht identifiziert werden konnten.

1.1.3 Meldungen des AUE BS

In den Jahren 2020 und 2021 gab es insgesamt 10 respektive 8 Meldungen des AUE BS entlang der Rheinschiene oder zur IWB. Davon wurde im Jahr 2020 eine Meldung über den Internationalen Warn- und Alarmplan Rhein (IWAP) der IKSR abgewickelt.

Entlang der Rheinschiene oder zu den IWB wurden Meldungen zu folgenden Stoffen abgesetzt:

→ IWAP-Meldung(en):

- Nach einer Fehleinleitung eines Röntgenkontrastmittels durch eine Firma in Ramsen im September 2020 musste mit einer grösseren Fracht an Iomeprol gerechnet werden. Von den durch die Firma mit einiger Verzögerung gemeldeten 80 kg Iomeprol wurden noch ca. 17 kg im Rhein bei Basel quantifiziert.

→ Befunde unterhalb der IWAP-Meldeschwelle (regionale Meldungen)

- Regelmässiges Auftreten von 4-Toluol-Sulfonsäure. Jahresfracht 2020 740 kg. Ende März 2021 Meldung c_{\max} 2.9 $\mu\text{g/L}$ in 3 Tagen 330 kg Fracht (siehe Abbildung 4).

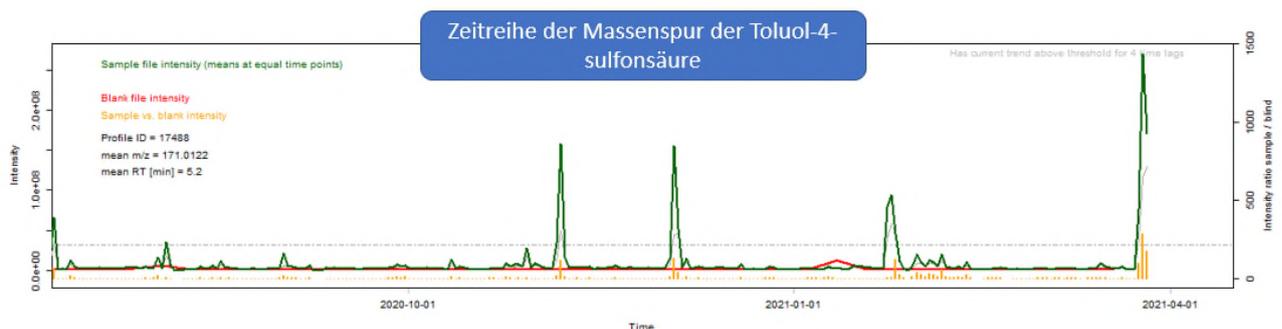


Abbildung 4: Regelmässiges Auftreten von 4-Toluol-Sulfonsäure

- Dauereinleitung Ethyldimethylcarbammat (Durchbruch in TW-Aufbereitung) Jahresfrachten: 2019 ca. 1.7 t, 2020 ca. 0.75 t und 2021 noch ca. 0.16 t. Herkunft bekannt. Nach Behandlung der Prozessabwässer liegt die Konzentration im Bereich von 20 – 50 ng/L.
- Dauereinleitung Tetracarbonitrilpropan: In der Regel < 0.1 $\mu\text{g/L}$
- Tetrahydrofuran (THF): Meldung Anfang November 2021, c_{\max} = 2.7 $\mu\text{g/L}$, Fracht in 6 Tagen ca. 210 kg

- Dauereinleitung 2-((N,N-Dimethyl)aminomethyl)benzonitril: 2021 rund 1 t Fracht, korreliert zeitlich mit Nontarget 325, 370 und 236. Diese machen in den Frachten ebenfalls rund 1 t oder mehr aus.
- Dauereinleitung Metalaxyl-Metabolit CGA 62826: 2019 ca. 1.2 t Jahresfracht seit März; 2020 starker Rückgang durch Abwasservorbehandlung (siehe Abbildung 5).
- Ethyltriphenylphosphonium-Kation: Dauereinleitung (nicht gemeldet) mit max. Konz. von 0.2 µg/L, Jahresfracht im 2020 ca. 740 kg (siehe Abbildung 5).

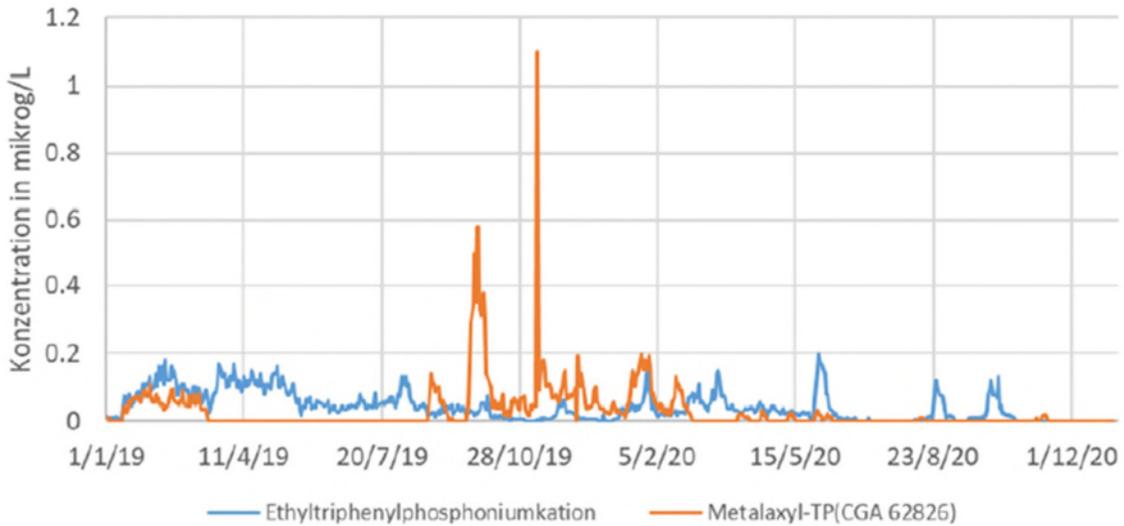


Abbildung 5: Konzentrationsverläufe von Metalaxyl-Metabolit CGA 62826 und Ethyltriphenylphosphonium-Kation.

- Dauereinleitung 5,5-Dimethyl-1,3,2-dioxaphospinan-2-ol 2-oxid (DPPO) aus Nontarget LC-HRMS, seit Mitte 2020 deutlich reduzierte Werte (siehe Abbildung 6).

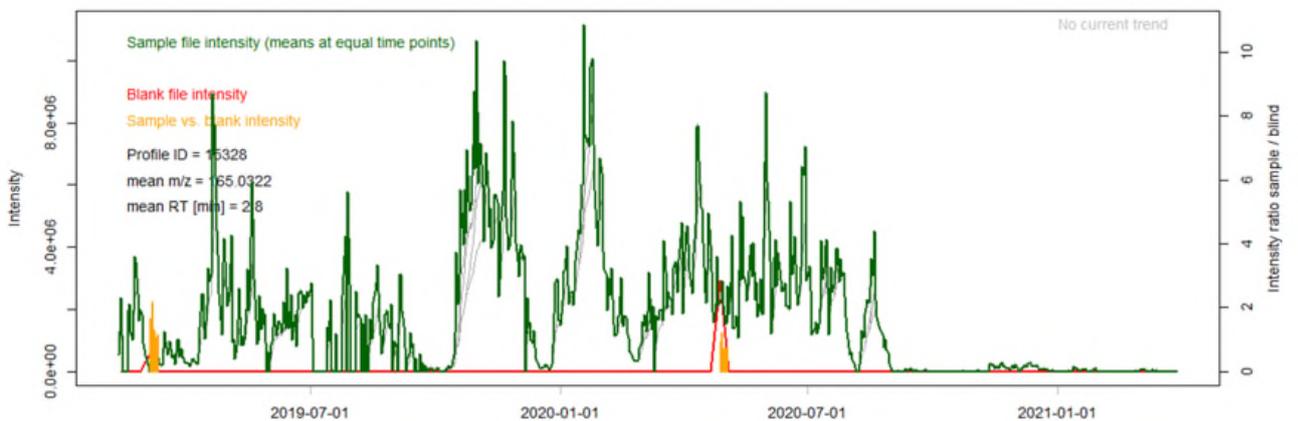


Abbildung 6: Verlauf 5,5-Dimethyl-1,3,2-dioxaphospinan-2-ol 2-oxid (DPPO)

- Gehäuftes Auftreten von 3-Chlor-5-(trifluormethyl)pyridin-2-carbonsäure. Meldung Ende April 2020. Die kumulierte Fracht in 2020 betrug ca. 700 kg (siehe Abbildung 7).

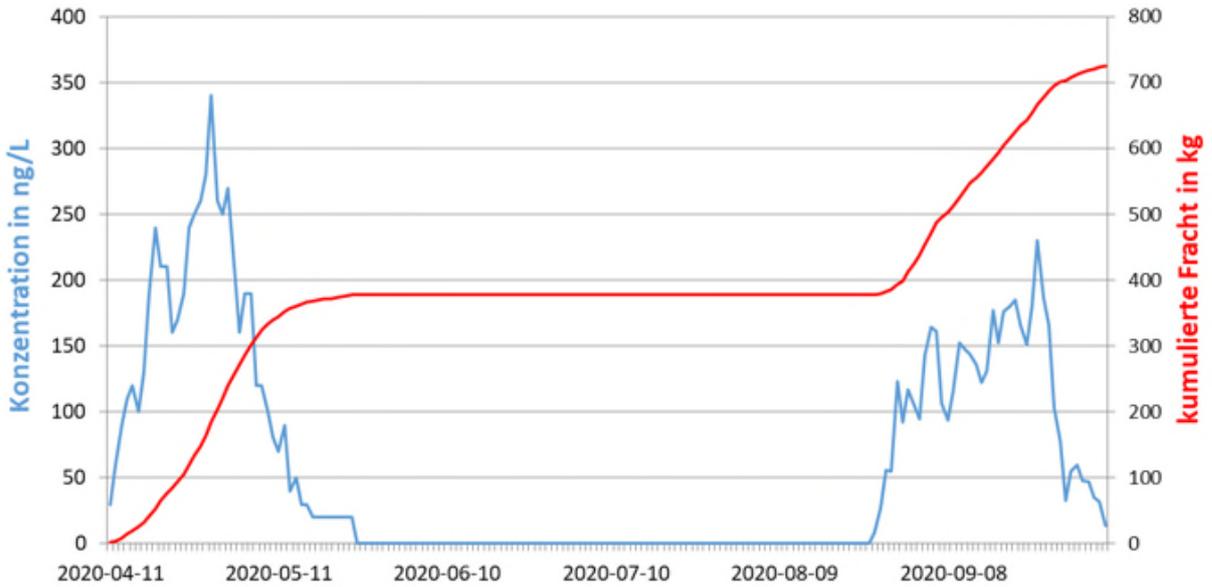


Abbildung 7: Verlauf der 3-Chlor-5-(trifluormethyl)pyridin-2-carbonsäure im Rhein

- Regelmässiges Auftreten von Benzylamidderivat $C_{13}H_{21}N$, exakte Masse: 192.1747 u. Herkunft bekannt. Meldung Anfang April 2020 (siehe Abbildung 8). Die Jahresfracht im Jahr 2020 betrug ca. 1.9 Tonnen.

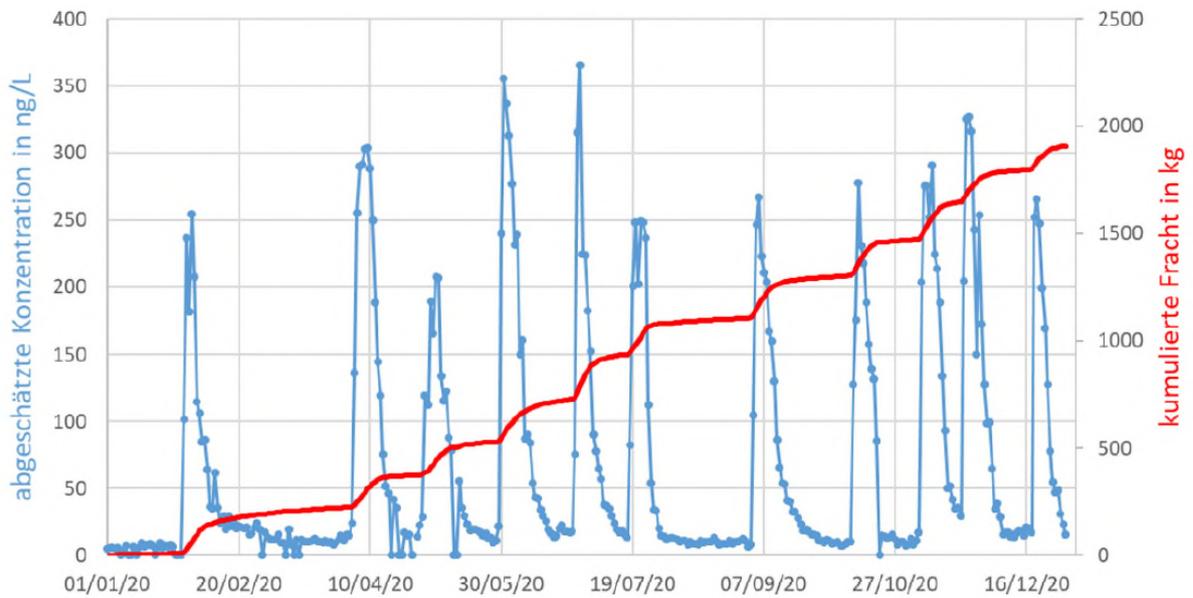


Abbildung 8: Verlauf Benzylamidderivat $C_{13}H_{21}N$, exakte Masse: 192.1747 u

- Meldung Ende September 2020 aus Nontarget-Befund: Summenformel $C_2H_4Cl_2O_5S_2$, exakte Masse: 240.8806 u, Herkunft bekannt. Die Verbindung entsteht durch Reaktion im Abwasserstrom auf dem Weg Betrieb zur Kläranlage (siehe Abbildung 9). Die geschätzte Fracht beträgt rund 4 Tonnen in 2 Jahren.

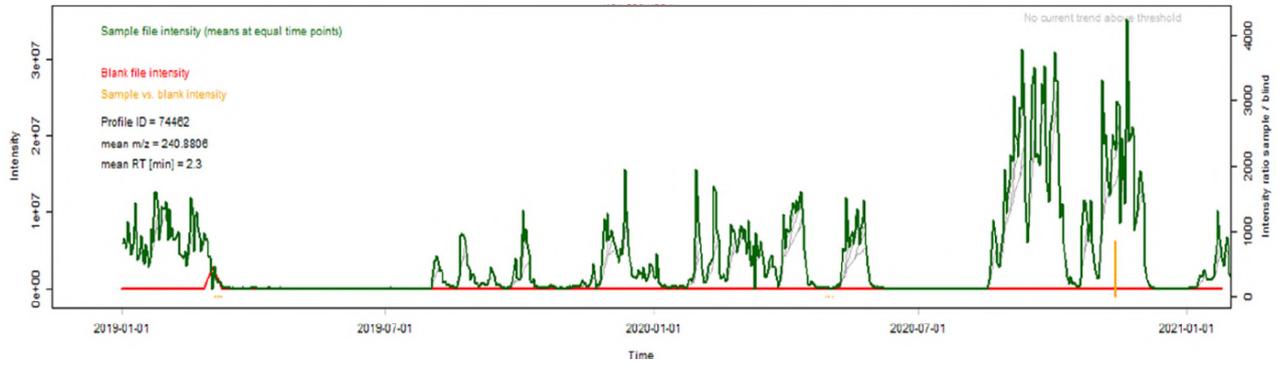


Abbildung 9: Nontarget-Befund Summenformel $C_2H_4Cl_2O_5S_2$, exakte Masse: 240.8806 u

1.2 Trendüberwachung

1.2.1 Abfluss

Der in Abbildung 10 dargestellte Tagesabfluss des Rheins im Jahr 2020 (Pegel-Nr. 2289 / Bundesamt für Umwelt BAFU; Rheinhalle Basel) lag mit einem Jahresmittel von 923 m³/s um 12 Prozent tiefer als im langjährigen Mittel (Mittel der Jahre 1891 - 2018: 1'049 m³/s). Die höchste Abflussmenge war Anfang Februar 2020 während eines Hochwassers mit einem maximalen Tagesmittel von 1'826 m³/s zu verzeichnen

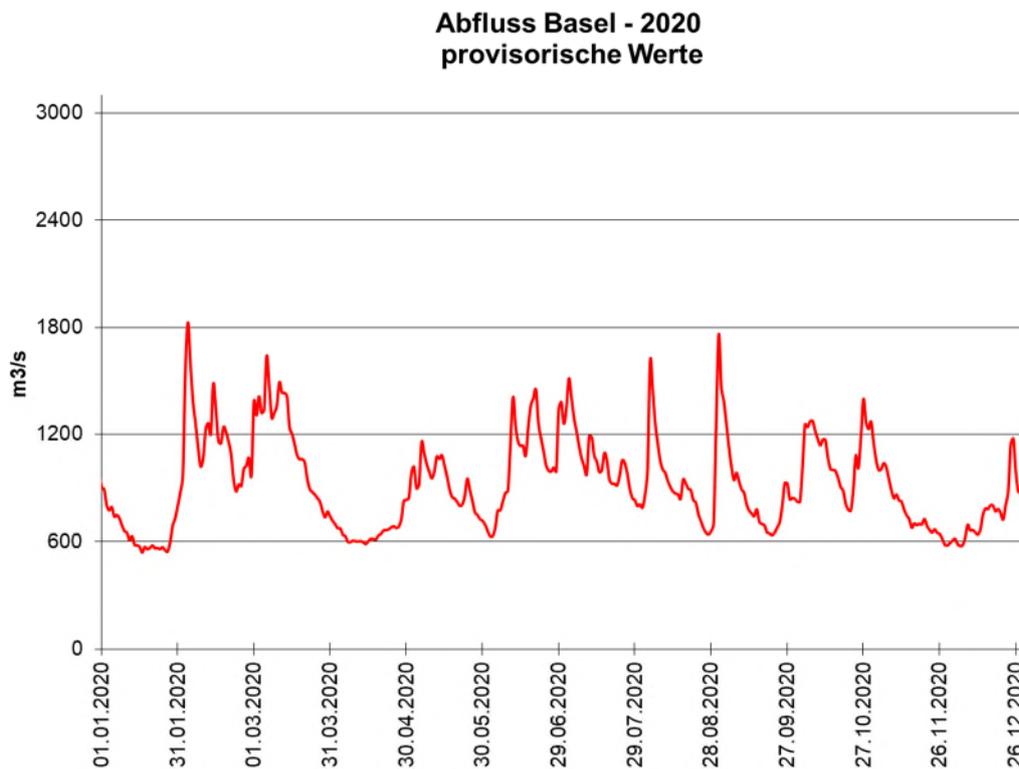


Abbildung 10: Abfluss des Rheins bei Basel in m³/s. Dargestellt sind Tagesmittelwerte des Jahres 2020 (Datenquelle BAFU).

Das Diagramm für das Jahr 2021 befindet sich in Abbildung 11. Mit 1'173 m³/s im Jahresdurchschnitt lag der Mittelwert ca. 12 Prozent über dem langjährigen Mittel. An 46 Tagen war der Tages-Abfluss über 2000m³/s. 37 Tage hiervon zwischen dem 30. Juni und dem 10. August. Dies widerspiegelt den verregneten Sommer 2021. Die höchste Abflussmenge war Mitte Juli 2021 während eines Hochwassers mit einem maximalen Tagesmittel von 3'470m³/s zu verzeichnen. Zum Vergleich: Die höchste Tagesspitze seit 1891 wurde im Mai 1999 mit 5'090 m³/s verzeichnet.

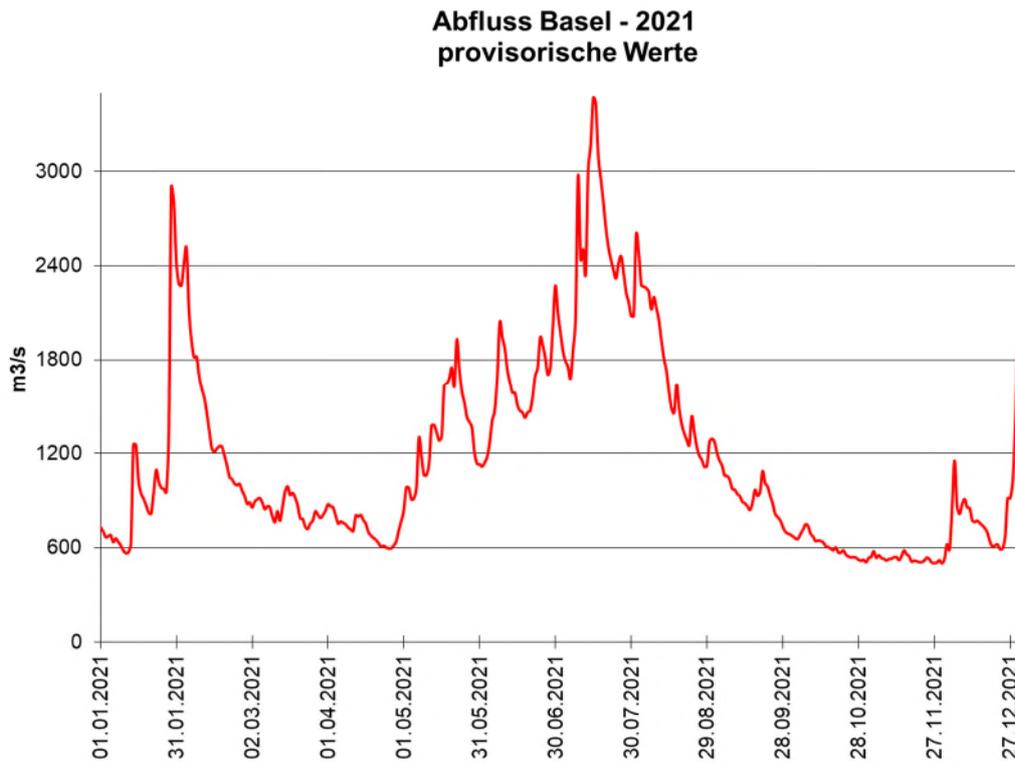


Abbildung 11: Abfluss des Rheins bei Basel in m³/s. Dargestellt sind Tagesmittelwerte des Jahres 2021 (Datenquelle BAFU).

Abbildung 12 zeigt den Abfluss des Rheins seit 1. Januar 1993. Deutlich erkennbar wird ein leicht rückläufiger Trend über die letzten 25 Jahre.

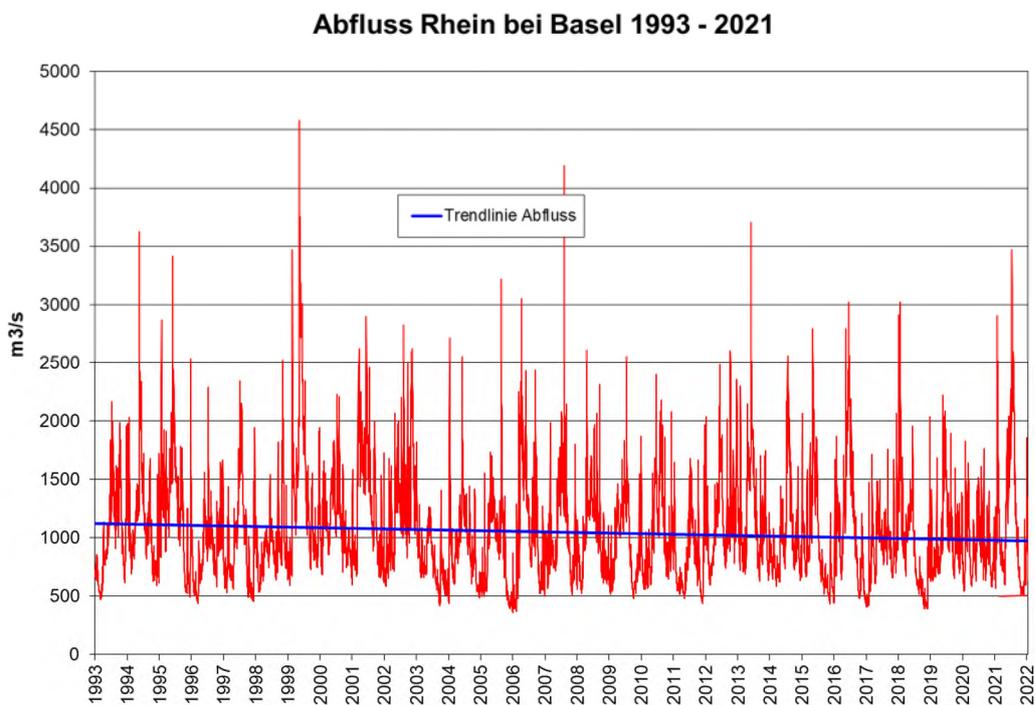


Abbildung 12: Abfluss des Rheins bei Basel in m³/s. Dargestellt sind Tagesmittelwerte von 1993 – 2021 (Datenquelle BAFU.)

1.2.2 Online Messungen

Die Online Messdaten für Sauerstoff [mg O₂/L], die Temperatur [°C], den pH-Wert sowie die Leitfähigkeit [µS/cm] wurden für das gesamte Jahr am Messstrang 3 und der Mischung Stahl⁴ aufgezeichnet. In den folgenden Tabellen 1 und 2 sowie den Abbildungen 13 bis 16 sind der Abfluss in Weil und die Online-Daten der für den gesamten Rhein repräsentativen Stahlleitung 3 (S3)⁵ im Vergleich zu den Vorjahren tabellarisch und grafisch dargestellt.

Tabelle 1: Mittelwert, Minimum und Maximum der gemessenen Online-Parameter im Jahr 2020. Die Parameter wurden aus Stundenmittelwerten der in S3 gemessenen Daten ermittelt. Alle Angaben sind auf die Winterzeit (GMT+1) bezogen.

| Parameter | Mittelwert | Minimum | | Maximum | |
|-----------------------------------|------------|---------|------------------|---------|------------------|
| Sauerstoff mgO ₂ /L | 10.5 | 7.29 | 04.08.2020 04:00 | 14.24 | 07.04.2020 00:00 |
| Sauerstoffsättigung % | 99.8 | 83.9 | 01.05.2020 06:00 | 129.9 | 09.04.2020 01:00 |
| pH-Wert | 8.03 | 7.72 | 04.08.2020 16:00 | 8.40 | 03.06.2020 02:00 |
| Temperatur °C | 13.9 | 5.1 | 24.01.2020 08:00 | 25.3 | 01.08.2020 21:00 |
| Leitfähigkeit µS/cm | 349.6 | 258.7 | 31.08.2020 15:00 | 429.2 | 15.12.2020 22:00 |
| Abfluss Weil aR m ³ /s | 931.3 | 495 | 20.01.2020 22:00 | 2434 | 31.08.2020 01:00 |

Tabelle 2: Mittelwert, Minimum und Maximum der gemessenen Online-Parameter im Jahr 2021. Die Parameter wurden aus Stundenmittelwerten der in S3 gemessenen Daten ermittelt. Alle Angaben sind auf die Winterzeit (GMT+1) bezogen.

| Parameter | Mittelwert | Minimum | | Maximum | |
|-----------------------------------|------------|---------|------------------|---------|------------------|
| Sauerstoff mgO ₂ /L | 11.0 | 8.10 | 18.09.2021 09:00 | 14.63 | 30.01.2021 20:00 |
| Sauerstoffsättigung % | 102.2 | 88.3 | 28.11.2021 20:00 | 124.4 | 14.07.2021 15:00 |
| pH-Wert | 8.09 | 7.82 | 24.11.2021 02:00 | 8.48 | 28.03.2021 20:00 |
| Temperatur °C | 12.6 | 4.0 | 14.02.2021 12:00 | 22.0 | 19.06.2021 22:00 |
| Leitfähigkeit µS/cm | 369.1 | 292.5 | 01.08.2021 05:00 | 458.0 | 19.01.2021 21:00 |
| Abfluss Weil aR m ³ /s | 1139.2 | 362 | 11.03.2021 10:00 | 3618 | 15.07.2021 13:00 |

Der Messwertebereich der Online-Daten der Jahre 2020 und 2021 entspricht demjenigen der Vorjahre. Das Jahr 2020 war dominiert von einem heissen Sommer mit Trockenperiode. Das Jahr 2021 war gezeichnet von einem eher nasskalten Sommer. Die Sauerstoffsättigung lag im Mittel beider Jahre um 100% und der pH-Wert lag aufgrund der Bikarbonatpufferung nahezu das ganze Jahr um 8.0 - 8.1. In den Abbildungen 13 und 14 sind die physikalischen Kenngrössen Temperatur, Sauerstoffkonzentration, Sauerstoff-Sättigung, pH-Wert und Temperatur grafisch dargestellt.

⁴ Die Mischung Stahl entspricht einer anteiligen Mischung für den gesamten Rhein aller 5 über den Rheinquerschnitt verteilten Entnahmestellen in der Werkstoffausführung Stahl.

⁵ Die Stahlleitung 3 entnimmt das Wasser in der Mitte (ca. 94 m vom deutschen Ufer aus betrachtet) des Rheins. Sie trägt von den fünf Leitungen mit 30 Volumenprozent am meisten zum ideal durchmischten Rhein bei und kann als repräsentativ für den gesamten Rhein nach der Durchmischung im Kraftwerk Birsfelden herangezogen werden.

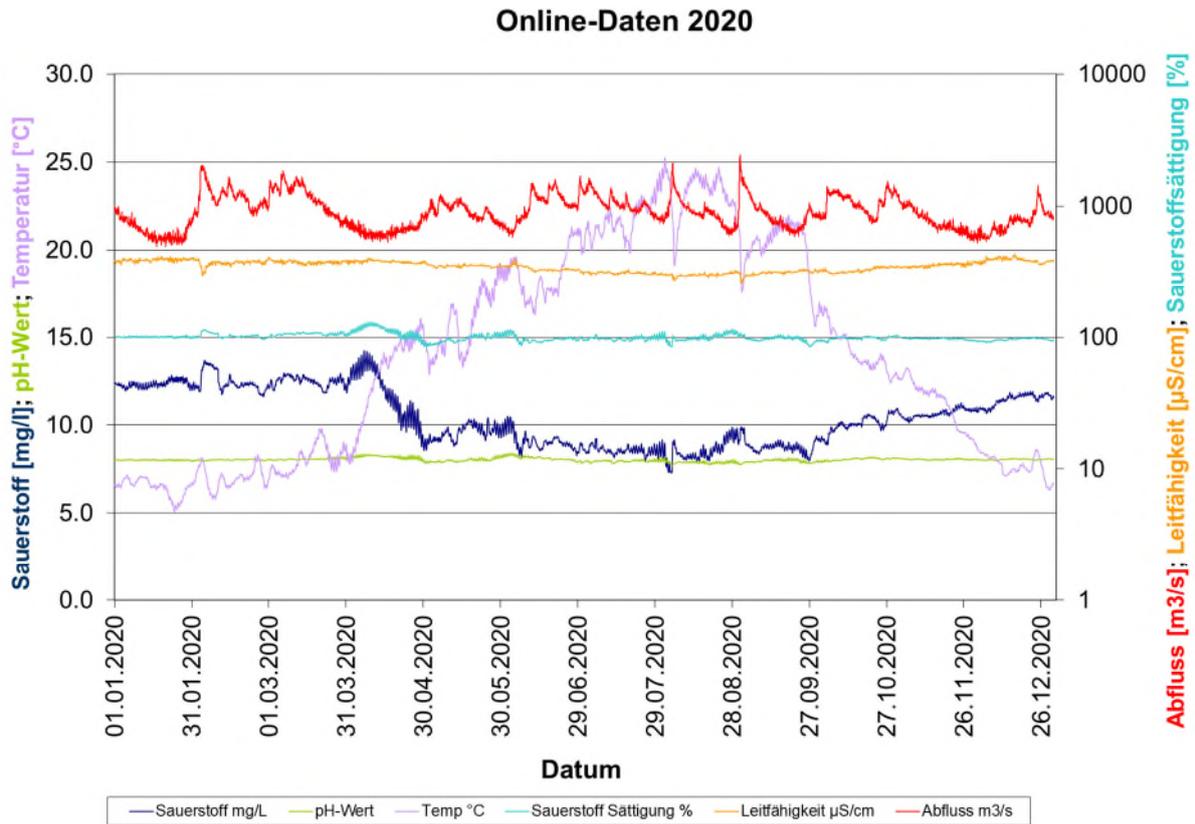


Abbildung 13: Verlauf der online aufgezeichneten Parameter Sauerstoff, pH-Wert, Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoffsättigung und Abfluss im Jahr 2020.

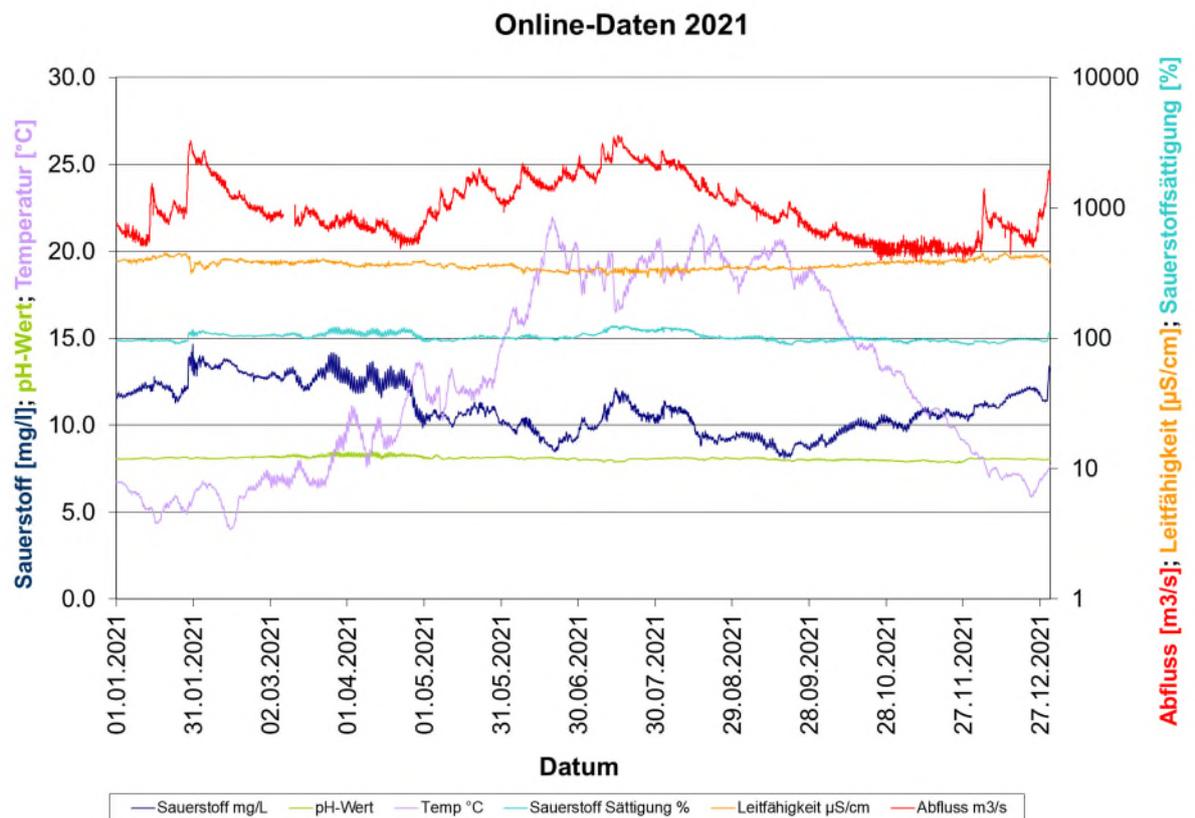


Abbildung 14: Verlauf der online aufgezeichneten Parameter Sauerstoff, pH-Wert, Temperatur, Leitfähigkeit, Sauerstoffsättigung und Abfluss im Jahr 2021.

In Abbildung 15 sind die Tagesmittelwerte der Wassertemperatur der Jahre 2020 und 2021 mit den Monatsmittelwerten der Wassertemperatur der Jahre 1993 bis 2020 (Mittelwert mit zugehöriger Standardabweichung) überlagert. Das Maximum der Temperatur-Tagesmittelwerte wurde am 1. August 2020 erreicht und betrug 25.3 °C.

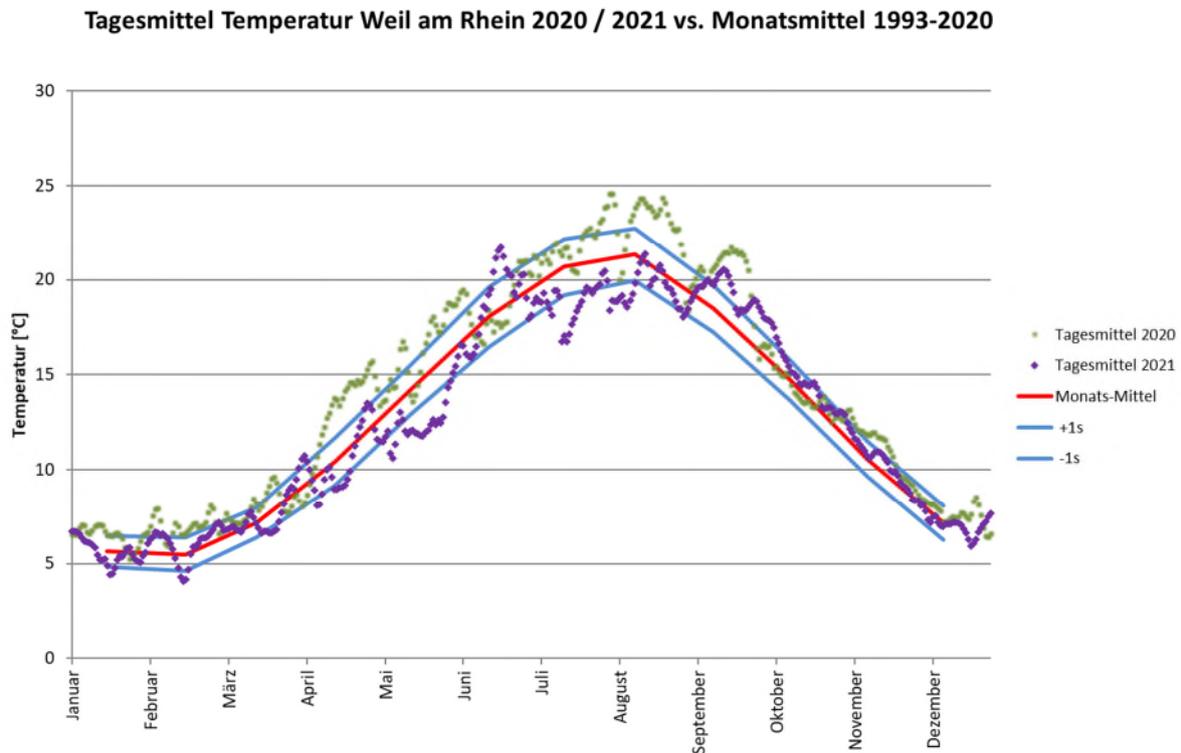


Abbildung 15: Tagesmittelwerte der Jahres 2020 sowie 2021 überlagert mit den Monatsmittelwerten der Wassertemperatur der Jahre 1993 bis 2021 (Mittelwert mit zugehöriger Standardabweichung) von Strang 3.

In Abbildung 16 sind die Anzahl der Tage mit einem Tagesmittelwert der Wassertemperatur über 20°C für die Jahre 1993 bis 2021 dargestellt. Deutlich ist ein ansteigender Verlauf, also eine Erwärmung des Gewässers nachvollziehbar.

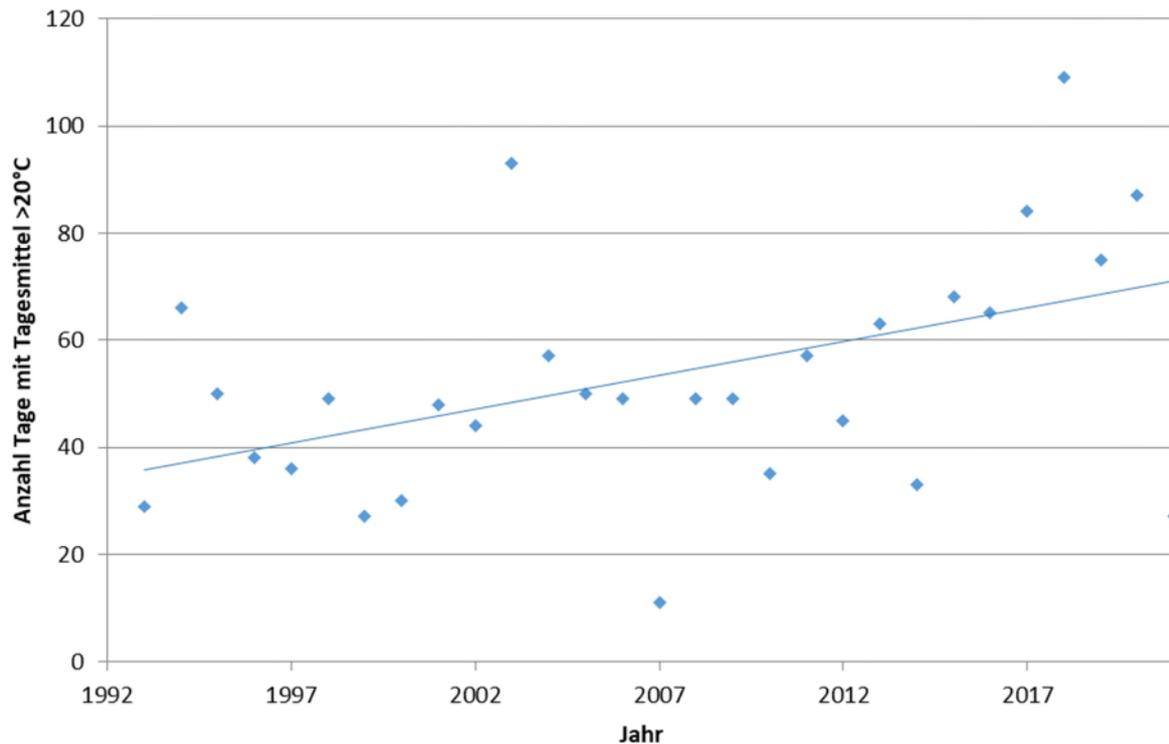


Abbildung 16: Anzahl Tage mit Tagesmittelwerten der Wassertemperatur von über 20°C für die Jahre 1993 bis 2021

In Tabelle 4 sind die Abweichungen der Monats-Mittelwerte in Grad Celsius gegenüber der Monatsmittel zwischen 1993 und 2021 aufgezeigt. Zu erkennen ist, dass das Frühjahr und der Sommer 2020 eher warm waren im Vergleich zum langjährigen Mittel, während der Sommer 2021 eher kühl ausgefallen ist.

Tabelle 4: Abweichungen der monatlichen Temperaturmittelwerte in Grad Celsius gegenüber den durchschnittlichen Werten in der Periode 1993-2021.

| | | Januar | Februar | März | April | Mai | Juni | Juli | August | September | Oktober | November | Dezember |
|---------------------|------|--------|---------|------|-------|------|------|------|--------|-----------|---------|----------|----------|
| | 1993 | | | | | | | -1.7 | -0.4 | -1.6 | -3.0 | -2.2 | -1.3 |
| | 1994 | 0.2 | 0.0 | 0.2 | 0.0 | -0.5 | -2.4 | 1.7 | 1.1 | -0.8 | -0.5 | 1.8 | 1.9 |
| | 1995 | 0.1 | 1.4 | -0.1 | -1.0 | -0.9 | -2.4 | 0.8 | 0.7 | -2.0 | 1.1 | 0.4 | 0.0 |
| | 1996 | 0.4 | -0.5 | -0.1 | 0.0 | -0.1 | 1.0 | -1.4 | -0.2 | -1.6 | -0.9 | -0.3 | -0.6 |
| | 1997 | -1.2 | 0.2 | 1.3 | 0.3 | -0.1 | 0.0 | -2.2 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | -0.4 | 0.5 |
| | 1998 | 0.7 | 0.4 | 0.4 | -0.3 | 1.3 | 1.2 | 0.2 | 0.9 | -1.0 | -0.7 | -1.6 | -1.3 |
| | 1999 | -0.1 | -1.1 | -0.5 | -1.0 | -0.8 | -2.1 | -1.9 | -1.1 | 1.5 | -0.3 | -0.4 | -0.5 |
| | 2000 | -0.3 | 0.4 | 0.3 | -0.2 | 1.2 | 0.7 | -1.8 | -0.4 | 0.1 | 0.6 | 0.4 | 1.5 |
| | 2001 | 0.7 | 0.9 | 0.3 | -1.3 | 0.0 | -1.5 | -0.7 | 0.3 | -2.3 | 0.6 | -0.6 | -1.1 |
| | 2002 | -1.3 | 0.7 | 0.5 | -0.3 | -0.7 | 0.6 | -0.8 | -1.5 | -0.7 | -1.6 | -0.6 | 0.5 |
| Hitzesommer | 2003 | 0.0 | -1.5 | -0.2 | -0.2 | 0.3 | 3.3 | 2.2 | 3.0 | 1.0 | -1.6 | -1.4 | -0.3 |
| | 2004 | 0.2 | 0.1 | -0.3 | -0.2 | -0.3 | -0.7 | -0.6 | 0.9 | 1.1 | 0.8 | 0.4 | 0.0 |
| | 2005 | 0.3 | -0.7 | -0.3 | -0.7 | -0.8 | 1.0 | 0.1 | -1.9 | 0.1 | 0.1 | 0.6 | -0.8 |
| | 2006 | -1.5 | -1.2 | -2.0 | -2.1 | -1.3 | -0.9 | 2.8 | -1.9 | -0.1 | 1.0 | 1.1 | 1.1 |
| | 2007 | 1.5 | 1.2 | 0.8 | 2.5 | 2.1 | -0.1 | -2.3 | -2.2 | -1.1 | 0.0 | -1.4 | -0.9 |
| | 2008 | 0.0 | 0.6 | 0.1 | -1.4 | 0.6 | -0.2 | -0.4 | -1.1 | -0.9 | -0.8 | -0.5 | -0.8 |
| | 2009 | -1.5 | -0.9 | -1.0 | -0.1 | 0.8 | 0.0 | -0.9 | 0.5 | 1.1 | 0.7 | 0.6 | 0.0 |
| | 2010 | -0.6 | -0.7 | -1.0 | -0.2 | -0.9 | -1.6 | 1.2 | -1.9 | -1.5 | -0.7 | -0.1 | -1.2 |
| | 2011 | -0.3 | 0.0 | 0.4 | 2.7 | 3.9 | 0.9 | -0.9 | -0.4 | 1.4 | 0.6 | 0.7 | 0.7 |
| | 2012 | 0.4 | -1.9 | 0.4 | -0.6 | -0.2 | -0.4 | -0.9 | 1.1 | 0.0 | 0.1 | 0.0 | -0.2 |
| Kältesommer | 2013 | 0.2 | -0.5 | -1.2 | -1.7 | -1.8 | -2.8 | 0.6 | 0.8 | -0.1 | 0.2 | -0.2 | -0.5 |
| | 2014 | 0.8 | 0.8 | 1.3 | 1.8 | -0.1 | 1.9 | 0.0 | -1.4 | -0.1 | 1.7 | 1.3 | 1.4 |
| | 2015 | 0.6 | -0.6 | 0.0 | -0.3 | -0.5 | 0.2 | 2.0 | 0.6 | 0.2 | -0.8 | 0.7 | 0.6 |
| | 2016 | 0.8 | 0.9 | -0.2 | -0.2 | -1.1 | -1.7 | -0.3 | -0.1 | 2.0 | 0.1 | -0.3 | -0.4 |
| | 2017 | -1.6 | 0.0 | 0.7 | 1.0 | 0.4 | 2.5 | 1.1 | 0.4 | -0.8 | 0.4 | -0.5 | -0.7 |
| Hitzesommer | 2018 | 0.7 | -0.4 | -1.3 | 0.6 | 1.5 | 2.6 | 2.5 | 3.3 | 2.2 | 1.8 | 1.0 | 1.1 |
| | 2019 | 0.1 | 0.3 | 0.5 | 0.5 | -1.9 | -0.1 | 2.2 | 0.4 | 1.0 | 0.8 | 0.7 | 0.9 |
| | 2020 | 0.8 | 1.5 | 0.9 | 2.5 | 1.8 | 0.5 | 1.1 | 1.7 | 1.6 | -0.6 | 0.7 | 0.5 |
| | 2021 | 0.0 | 0.5 | 0.2 | -0.1 | -1.9 | 0.5 | -1.9 | -1.7 | 0.8 | 0.4 | 0.2 | 0.0 |
| Langjähriges Mittel | ☼ | 5.6 | 5.5 | 7.2 | 10.4 | 14.1 | 18.1 | 20.6 | 21.3 | 18.5 | 14.8 | 10.6 | 7.2 |

In Abbildung 17 sind die Tagesmittelwerte der Sauerstoffkonzentration der Jahre 2020 und 2021 mit den Monatsmittelwerten der Jahre 1993 bis 2020 (Mittelwert mit zugehöriger Standardabweichung) überlagert.

Am 30. Januar 2021 erreichte die Sauerstoffkonzentration mit 14.63 mg O₂/L den höchsten und am 4. August 2020 mit 7.29 mg O₂/L den tiefsten Wert der Jahre 2020 / 2021.

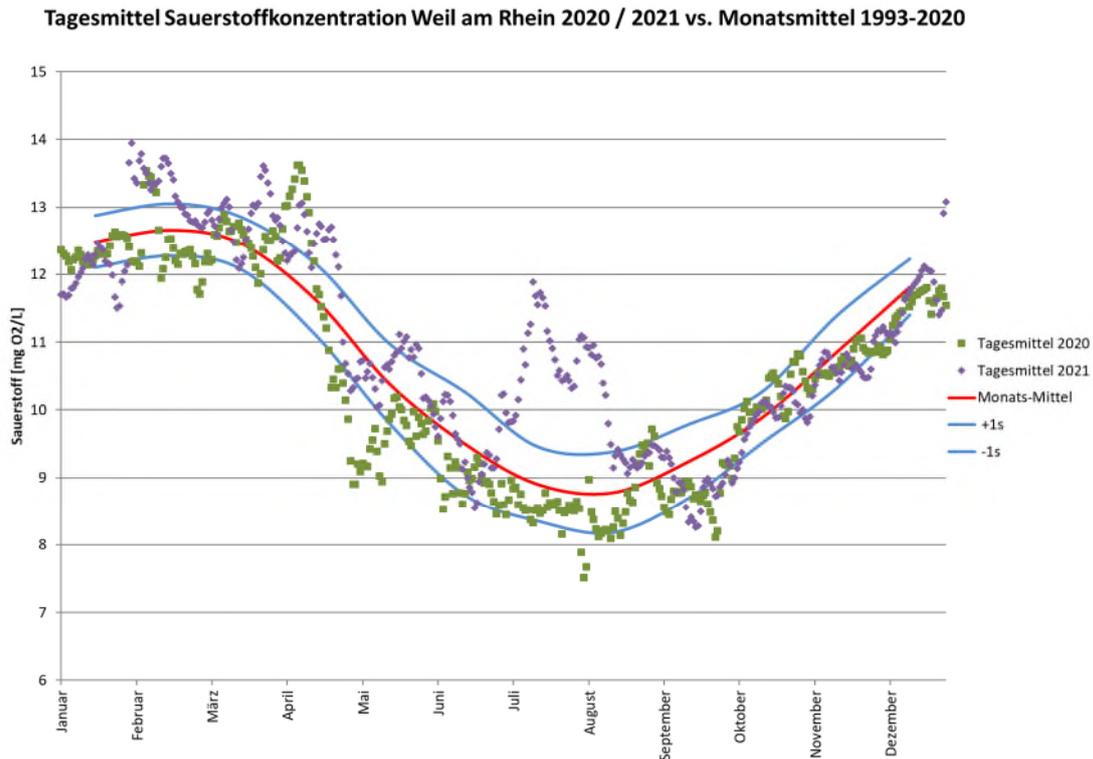


Abbildung 17: Tagesmittelwerte der Sauerstoffkonzentration des Jahres 2020 sowie 2021 überlagert mit den Monatsmittelwerten der Jahre 1993 bis 2020 (Mittelwert mit zugehöriger Standardabweichung) von Strang 3.

In Abbildung 18 sind die Tagesmittelwerte der Leitfähigkeit der Jahre 2020 und 2021 mit den Monatsmittelwerten der Jahre 1993 bis 2020 (Mittelwert mit zugehöriger Standardabweichung) überlagert. Am 31. August 2020 war die Leitfähigkeit mit 259 $\mu\text{S}/\text{cm}$ am tiefsten und am 19. Januar 2021 mit 458 $\mu\text{S}/\text{cm}$ am höchsten.

Die Leitfähigkeit ist tendenziell in der kalten Jahreszeit am höchsten, da die Verdünnung der Salze mittels Schmelzwasser und Niederschlägen fehlt und zusätzlich Abtaumittel (Streusalz) durch Strassenabfluss in den Rhein eingetragen werden

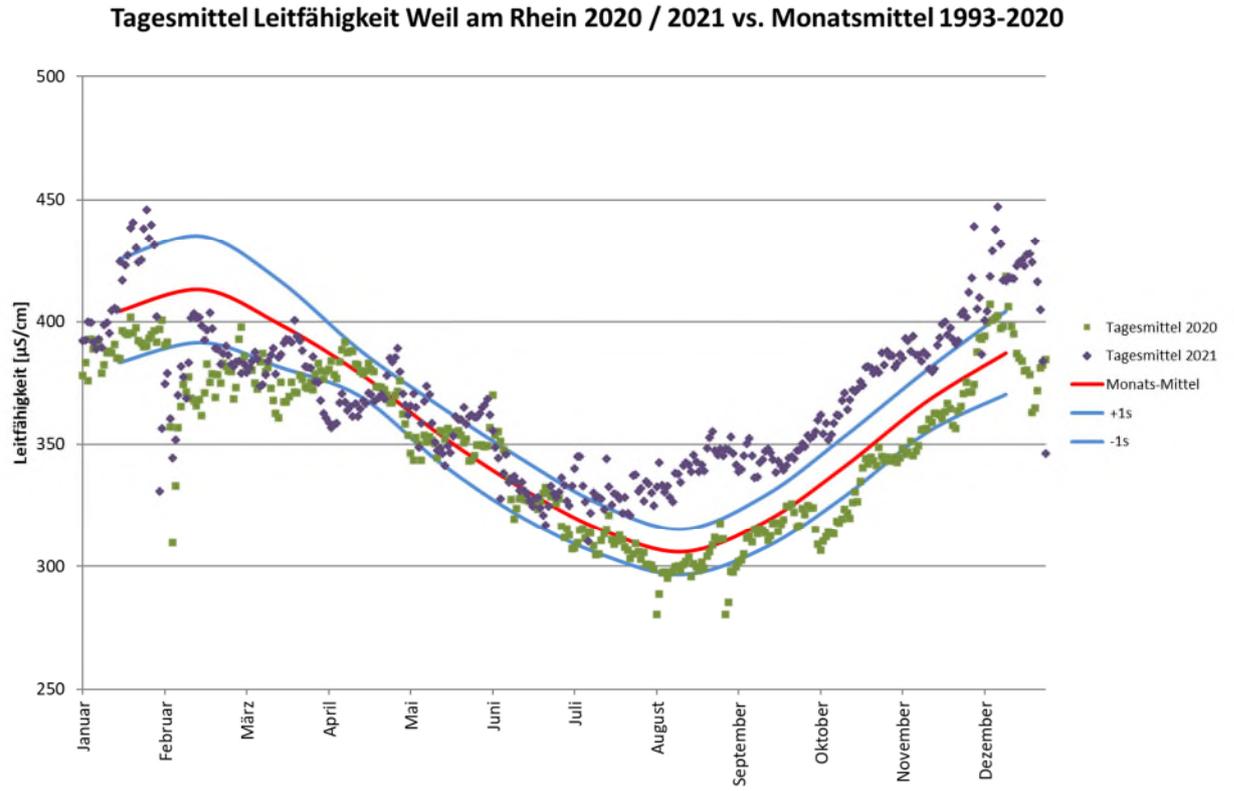


Abbildung 18: Tagesmittelwerte der Leitfähigkeit des Jahres 2020 sowie 2021 überlagert mit den Monatsmittelwerten der Jahre 1993 bis 2020 (Mittelwert mit zugehöriger Standardabweichung) von Strang 3.

1.2.3 Ergebnisse der Trendüberwachung in 2020 und 2021 (Wasserphase)

In den Anhängen 3 bis 6 sind die folgenden Tabellen und Auswertungen aufgeführt:

| | |
|----------|--|
| Anhang 3 | Positivbefunde in der Wasserphase im 2020 |
| Anhang 4 | Positivbefunde in der Wasserphase im 2021 |
| Anhang 5 | Jahresfrachten der Frachtbildner in Jahres-Tonnen (JaTo) 1992 – 2021 |
| Anhang 6 | Jahresfrachten der Organika in Jahres-Tonnen (JaTo) 1992 -2021 |

Resultate der Wasser-, wie auch der Schwebstoffphase und der Onlinemesssonden können auch laufend zeitnah, online über <https://data.bs.ch/explore/?sort=modified&q=rhein> abgefragt werden.

2. Schwebstoffphase - Trendüberwachung

Die Schwebstoffuntersuchungen wurden bis 2006 mit einer Frequenz von 14 Tagen und anschliessend von 28 Tagen mithilfe einer Durchlaufzentrifuge durchgeführt. In ansteigenden Hochwasserwellen werden zusätzliche Schwebstoffproben gezogen. In Übereinkunft und Abstimmung mit der IKSR erfolgt dies seit 2016 neu ab einem Abfluss von 2550 m³/s. Dies entspricht der Gefahrenstufe 2 nach BAFU. Bis 2016 wurden ab einem Pegel von 3.50 m in Rheinfeldern zusätzliche Schwebstoffproben genommen. Dies entspricht einem Abfluss von ungefähr 1800 m³/s.

Für die aufwändigen chemischen Analysen im Schwebstoff werden rund 100 g Feststoff benötigt. Hierzu wird die Durchlaufzentrifuge – je nach Abfluss und Schwebstoffführung – zwischen 0.5 bis 120 Stunden betrieben. Die Schwebstoffe werden auf chemische Verbindungen untersucht, die sich erfahrungsgemäss stark an Schwebstoffen anlagern. Der gewonnene Schwebstoff wird gefriergetrocknet und in einer Kugelmühle gemahlen. Angegebene Gehalte der Feststoffproben beziehen sich immer auf die Trockensubstanz.

2.1 Tabelle der nachgewiesenen Verbindungen in der Schwebstoffphase in 2020 und 2021

Die Befunde der nachgewiesenen Verbindungen in der Schwebstoffphase in 2020 und 2021 sind in tabellarischer Form in Anhang 7 und 8 zu finden.

2.2 Sonderuntersuchungen zu Radioaktivität in 2020 und 2021⁶

(Datenbasis: 12 Untersuchungen, 9 natürliche - und 10 künstliche Radionuklide)

Die Schwebstoffproben wurden im Kantonalen Laboratorium Basel-Stadt (KL-BS) auf Radionuklide untersucht.

Sämtliche Resultate wurden mit Gammaskpektrometrie ermittelt, mit Ausnahme des Poloniums (²¹⁰Po)⁷. Die Schwebstoffproben wurden in kalibrierten Petrischalen direkt mit hochauflösenden Germanium-Detektoren ausgezählt.

Aus der ²³⁸U-Reihe können ²¹⁴Bi und ²¹⁴Pb mit Gammaskpektrometrie direkt bestimmt werden.

²²⁶Ra lässt sich nach entsprechender Gleichgewichtseinstellung zwischen ²²⁶Ra und ²²²Rn indirekt aus den Aktivitäten von ²¹⁴Bi bzw. ²¹⁴Pb bestimmen. Aus der ²³²Th-Reihe sind die Nuklide ²²⁸Ac, ²¹²Pb, ²¹²Bi und ²⁰⁸Tl direkt messbar. ²²⁸Th lässt sich indirekt via ²¹²Pb, ²⁰⁸Tl bzw. ²¹²Bi bestimmen. ²²⁸Ra steht mit ²²⁸Ac im Gleichgewicht und weist somit die gleiche Aktivität auf.

⁶ Auszug aus dem Bericht: Rheinüberwachung / Radioaktivität 2020 und 2021, des Kantonalen Labors Basel-Stadt

⁷ Für die Bestimmung des Poloniums (²¹⁰Po) wurde Schwebstoff mit Säure/Peroxid im Mikrowellenofen aufgeschlossen. Das Polonium wurde in der Aufschlusslösung an eine Silberfolie abgeschieden und anschliessend alphaspektrometrisch bestimmt.

Künstliche Radionuklide aus AKWs sowie oberirdischen Atombomben-Tests im Rheinschwebstoff

Künstliche Radionuklide wie ⁵⁴Mn und ⁶⁰Co, können sporadisch im Rheinwasser nachgewiesen werden. Dies sind Korrosions- bzw. Aktivierungsprodukte aus den Kühlkreisläufen der AKWs. Auch Radiocäsium kann im Rhein nachgewiesen werden. Dieses stammt vorwiegend aus radioaktivem Niederschlag (Fallout), der durch den Reaktorunfall von Tschernobyl oder durch den Einsatz von Nuklearwaffen verursacht wurde. Es gelangt durch Abschwemmung aus dem Boden in den Rhein. Die Ergebnisse der Messungen der künstlichen Radionuklide finden sich in den Tabellen 4 und 5 sowie in den Abbildungen 19 und 22.

Tabelle 4: Mittlere Aktivitäten künstlicher Radionuklide aus AKWs und Atombomben sowie oberirdischen Tests im Rheinschwebstoff, Anzahl der Befunde und entsprechende Immissionsgrenzwerte gemäss Schweizer Strahlenschutzverordnung. Die angegebenen Immissionsgrenzwerte gelten für das Rheinwasser selbst und nicht direkt für die hier präsentierte Schwebstoffmessung. Die Rheinschwebstoffe sind im Vergleich zum Wasser um mindestens einen Faktor 10'000 angereichert.

| Mittlere Aktivitäten von Radionukliden von AKWs und Fallout 2020 | | | | |
|---|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Nuklid | ¹²² Sb | ¹³⁷ Cs | ⁶⁰ Co | ⁵⁴ Mn |
| Mittlere Aktivität (Bq/kg) | <1 | 8.3 ± 2.7 | 0.4 ± 0.1 | 0.6 ± |
| Anzahl Positivbefunde | - | 13 | 2 | 0.2 |
| Immissionsgrenzwert (Bq/l) | 271 | 36 | 42 | 36 |

| Mittlere Aktivitäten von Radionukliden von AKWs und Fallout 2021 | | | | |
|---|-------------------|-------------------|------------------|------------------|
| Nuklid | ¹²² Sb | ¹³⁷ Cs | ⁶⁰ Co | ⁵⁴ Mn |
| Mittlere Aktivität (Bq/kg) | <1 | 7.7 ± 1.9 | <1 | 0.7 ± 0.1 |
| Anzahl Positivbefunde | - | 13 | - | 7 |
| Immissionsgrenzwert (Bq/l) | 271 | 36 | 42 | 360 |

Medizinisch angewendete Radionuklide im Rheinschwebstoff

Nuklearmedizinisch verwendete, kurzlebige Radionuklide konnten wie in den Vorjahren nachgewiesen werden. Insbesondere ¹⁷⁷Lu und ¹³¹I werden im Universitätsspital Basel häufig eingesetzt und sind in nahezu allen Proben präsent. Es konnten jedoch keine Verstösse gegen die Immissionsgrenzwerte festgestellt werden. Anstelle des ¹⁷⁷Lu wird sporadisch auch ^{177m}Lu eingesetzt. Dessen Halbwertszeit ist jedoch erheblich länger (161 Tage), weshalb der Immissionsgrenzwert auch deutlich tiefer angesetzt ist als beim ¹⁷⁷Lu. Das Nuklid wurde nur in vier Schwebstoffproben mit einem Mittelwert von 2.3 Bq/kg nachgewiesen. Seit 2013 wird ²²³Ra, ein Präparat mit dem Handelsnamen Xofigo, (Halbwertszeit: 11.4 Tage) zur Behandlung von Prostatakarzinomen eingesetzt. Folglich kann dieses Radio Nuklid jetzt auch im Rhein nachgewiesen werden. In 12 Schwebstoffproben war ²²³Ra nachweisbar mit Aktivitäten über dem Immissionsgrenzwert. Dieser Grenzwert gilt jedoch für die Wasserphase. Im Rheinschwebstoff sind die Radionuklide um mindestens einen Faktor 10'000 angereichert. Der Immissionsgrenzwert kann daher nicht direkt mit der gemessenen Aktivität verglichen werden.

Tabelle 5: Mittlere Aktivitäten künstlicher, medizinisch verwendeter Radionuklide im Rheinschwebstoff, Anzahl der Befunde und entsprechende Immissionsgrenzwerte gemäss Schweizer Strahlenschutzverordnung. Die angegebenen Immissionsgrenzwerte gelten für das Rheinwasser selbst und nicht direkt für die hier präsentierte Schwebstoffmessung. Die Rheinschwebstoffe sind im Vergleich zum Wasser um mindestens einen Faktor 10'000 angereichert.

| Mittlere Aktivitäten medizinisch verwendeter Radionuklide im Rheinschwebstoff 2020 | | | | | | |
|--|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| Nuklid | ¹⁵³ Sm | ¹⁶⁹ Er | ¹³¹ I | ¹⁷⁷ Lu | ^{177m} Lu | ²²³ Ra |
| Mittlere Aktivität (Bq/kg) | <150 | 79170+/-36140 | 3.1 +/- 2.2 | 33 +/- 21 | 2.6 +/- 0.5 | 9 +/- 4 |
| Anzahl Positivbefunde | - | 1 | 10 | 7 | 6 | 13 |
| Immissionsgrenzwert | 624 | 1'240 | 6.7 | 870 | 270 | 4.6 |

| Mittlere Aktivitäten medizinisch verwendeter Radionuklide im Rheinschwebstoff 2021 | | | | | | |
|--|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| Nuklid | ¹⁵³ Sm | ¹⁶⁹ Er | ¹³¹ I | ¹⁷⁷ Lu | ^{177m} Lu | ²²³ Ra |
| Mittlere Aktivität (Bq/kg) | <150 | nn | 3.6 +/- 1.9 | 26 +/- 16 | 3.1 +/- 0.7 | 9 +/- 4 |
| Anzahl Positivbefunde | - | - | 7 | 5 | 4 | 12 |
| Immissionsgrenzwert (Bq/l) | 624 | 1'240 | 6.7 | 870 | 270 | 4.6 |

¹³⁷Cäsium

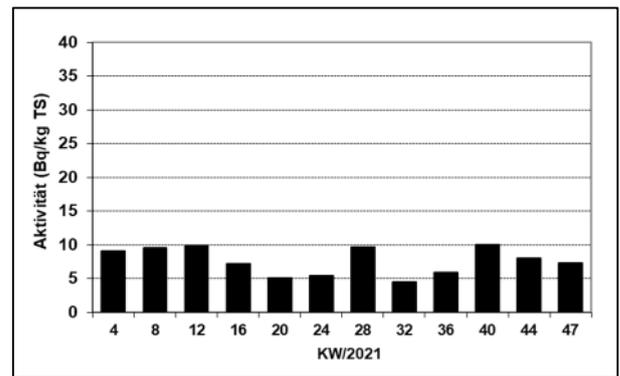
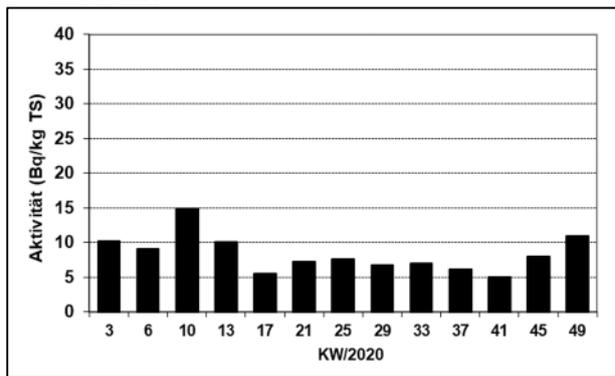


Abbildung 19 / 20: Verlauf des künstlichen Radionuklids ¹³⁷Cs Jahre 2020 und 2021

¹³¹Iod und ¹⁷⁷Luthetium / ^{177m}Luthetium

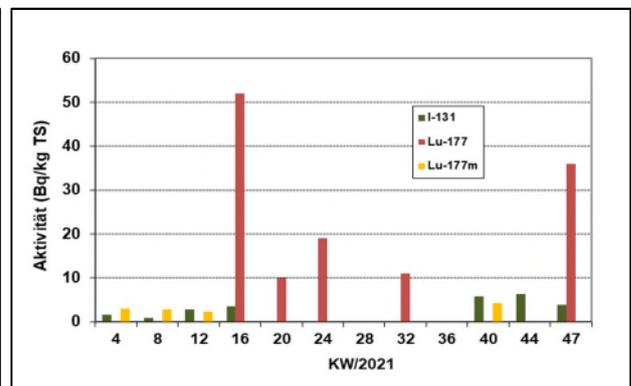
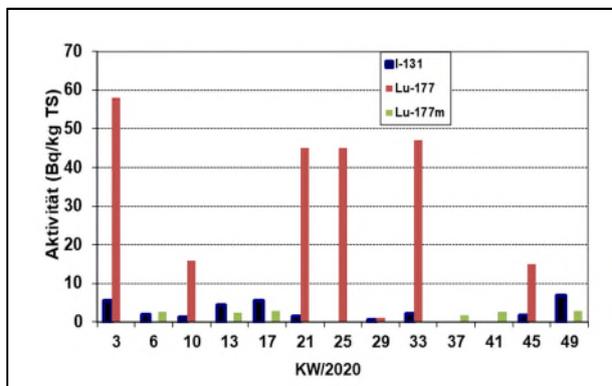


Abbildung 21 / 22: Verlauf der künstlichen Radionuklide ¹³¹I, ¹⁷⁷Lu und ^{177m}Lu Jahre 2020 und 2021

Natürliche Radionuklide

Das natürliche Nuklid ⁴⁰K ist aufgrund des hohen Tonmineralienanteils des Rheinschwebstoffes dominant vertreten. In ähnlich hoher Aktivität liegt auch ⁷Be (Beryllium-7) vor. Dieses Nuklid stammt aus der Atmosphäre und hat eine relativ kurze Halbwertszeit. Die gemessenen Aktivitäten belegen, dass die untersuchten Schwebstoffe rezenten Ursprunges sind. Die Aktivitäten der Radionuklide des Radiums, Thoriums, Uran und Polonium waren erwartungsgemäss relativ konstant. Diese Nuklide sind jedoch von einer Beurteilung nach der Strahlenschutzverordnung ausgenommen (Art. 2 Abs. 1 StSV), da sie natürlichen Ursprunges sind.

In der StSV sind Materialien natürlicher Herkunft (NORM = Naturally Occurring Radioactive Material) in Kapitel 4 geregelt. Gemäss Anhang 2 der StSV gelten folgende NORM-Befreiungsgrenzen wie in Tabelle 6 aufgeführt:

Tabelle 6: Normbefreiungsgrenzen natürlicher Radionuklide

| Parameter | (Bq/kg) |
|---|---------|
| Natürliche Radionuklide der ²³⁸ U Reihe | 1'000 |
| Natürliche Radionuklide der ²³² Th Reihe | 1'000 |
| Natürliches Radionuklid ⁴⁰ K | 10'000 |

Die Aktivitäten der natürlichen Radionuklide finden sich in Tabelle 7.

Tabelle 7: Mittlere Aktivitäten natürlicher Radionuklide im Rheinschwebstoff und Anzahl Befunde.

| Mittlere Aktivitäten natürlicher Radionuklide im Rheinschwebstoff bei Weil am Rhein 2020 | | | | | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|
| Nuklid | ⁴⁰ K | ⁷ Be | ²²⁸ Th | ²²⁶ Ra | ²²⁸ Ra | ²¹⁰ Pb | ²¹⁰ Po | ²³⁵ U | ²²⁷ Ac |
| Mittlere Aktivität (Bq/kg) | 345 | 425 | 32 | 59 | 32 | 637 | 67 | <15 | 3 |
| Anzahl Positivbefunde (-) | 13 | 13 | 13 | 11 | 13 | 3 | 10 | 0 | 2 |

| Mittlere Aktivitäten natürlicher Radionuklide im Rheinschwebstoff bei Weil am Rhein 2021 | | | | | |
|--|-----------------|-----------------|-------------------|-------------------|------------------|
| Nuklid | ⁴⁰ K | ⁷ Be | ²²⁸ Th | ²¹⁰ Po | ²³⁵ U |
| Mittlere Aktivität (Bq/kg) | 390±58 | 373±199 | 63±11 | 73±47 | 3.6±0.8 |
| Anzahl Positivbefunde (-) | 12 | 12 | 10 | 12 | 1 |

Die Abbildungen 23 bis 28 zeigen die Gehalte der natürlichen Radionuklide im Rheinschwebstoff.

⁴⁰Kalium und ⁷Beryllium

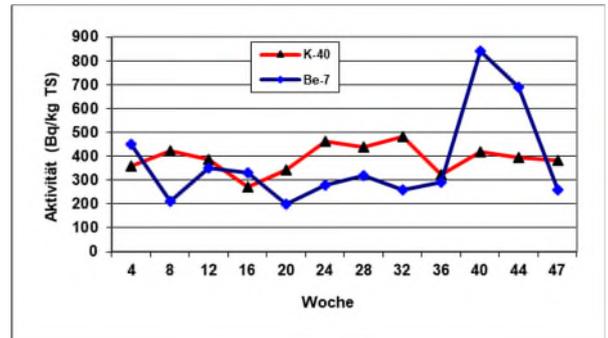
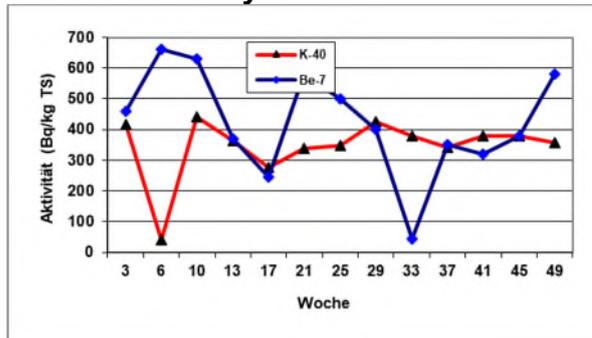


Abbildung 23 und 24: Verlauf der Nuklide ⁴⁰K und ⁷Be Jahre 2020 und 2021

Radium und Thorium

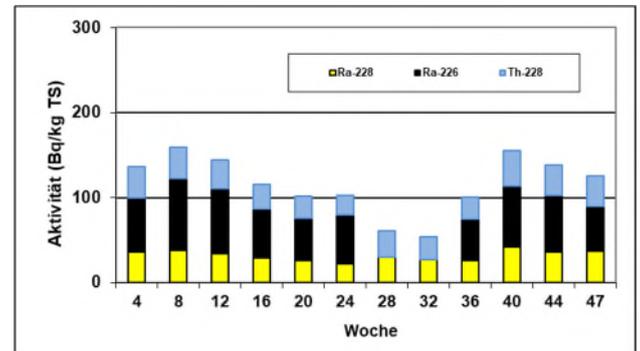
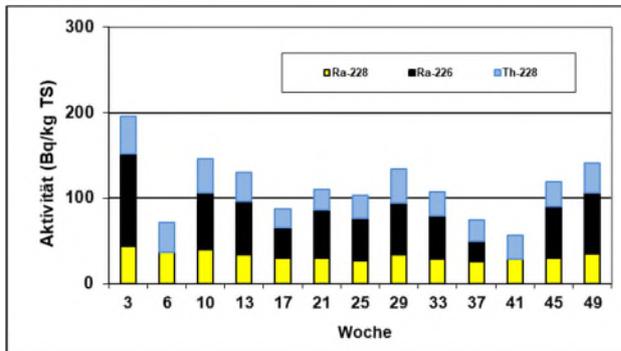


Abbildung 25 und 26: Verlauf der natürlichen Radiumnuklide ²²⁸Ra, ²²⁶Ra und ²²⁸Th Jahre 2020 und 2021

Blei und Polonium

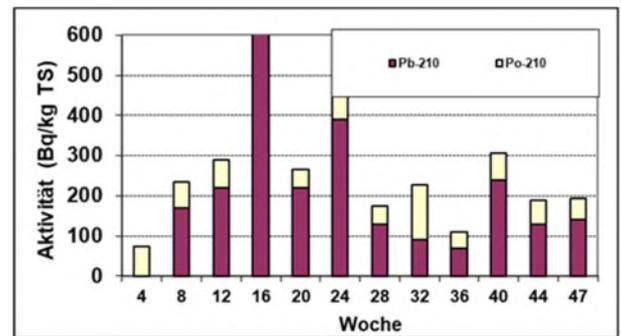
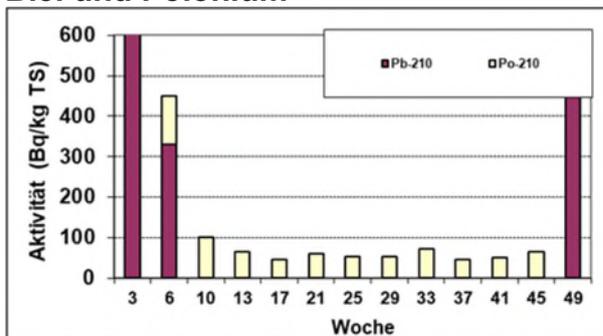


Abbildung 27 und 28: Verlauf der natürlichen Radionuklide ²¹⁰Pb und ²¹⁰Po Jahre 2020 und 2021

²¹⁰Pb ist gammaspektrometrisch schlecht erfassbar, weshalb der Messfehler entsprechend grösser ist als bei den anderen gammaspektrometrisch erfassbaren Radionukliden. Eine Aussage bezüglich des Aktivitätsverlaufs und des Ungleichgewichts mit dem Tochternuklid ²¹⁰Po lässt sich deshalb nicht machen. Die Tatsache, dass die Aktivitäten der natürlichen Radionuklide bei Hochwasserabfluss nicht ansteigen, deutet darauf hin, dass es sich hauptsächlich um diffuse Einträge handelt (Abschwemmungen von Böden).

3. Technik in der RÜS

Die Probenahme erfolgt im Querprofil an 5 Stellen im Rhein (siehe Abbildung 29). Aus den fünf Einzelsträngen wird durch eine Mischbatterie eine abflussgewichtete Mischung erstellt, die repräsentativ für den gesamten Rhein ist. Diese Mischung wird untersucht. Finden sich erhöhte Werte einer organischen Mikroverunreinigung, kann auf Rückstellproben aus den Einzelsträngen zurückgegriffen werden. Da das Abwasser der Einleiter, die unterhalb des Kraftwerks Birsfelden einleiten, bei der Messstation nicht durchmischt ist, kann hierdurch der Ort der Einleitung (rechts- oder linksrheinisch oder oberhalb Kraftwerk Birsfelden) eingegrenzt werden. Insgesamt sind 9 automatische Probenehmer zur kontinuierlichen Entnahme von 12-Stunden-, Tages- oder 14-Tages-Mischproben installiert. Es werden für einen Zeitraum von bis zu 30 Tagen Tagesmischproben für weiterführende Untersuchungen rückgestellt. Diese dienen insbesondere für Suchanfragen von Rheinunterliegern.

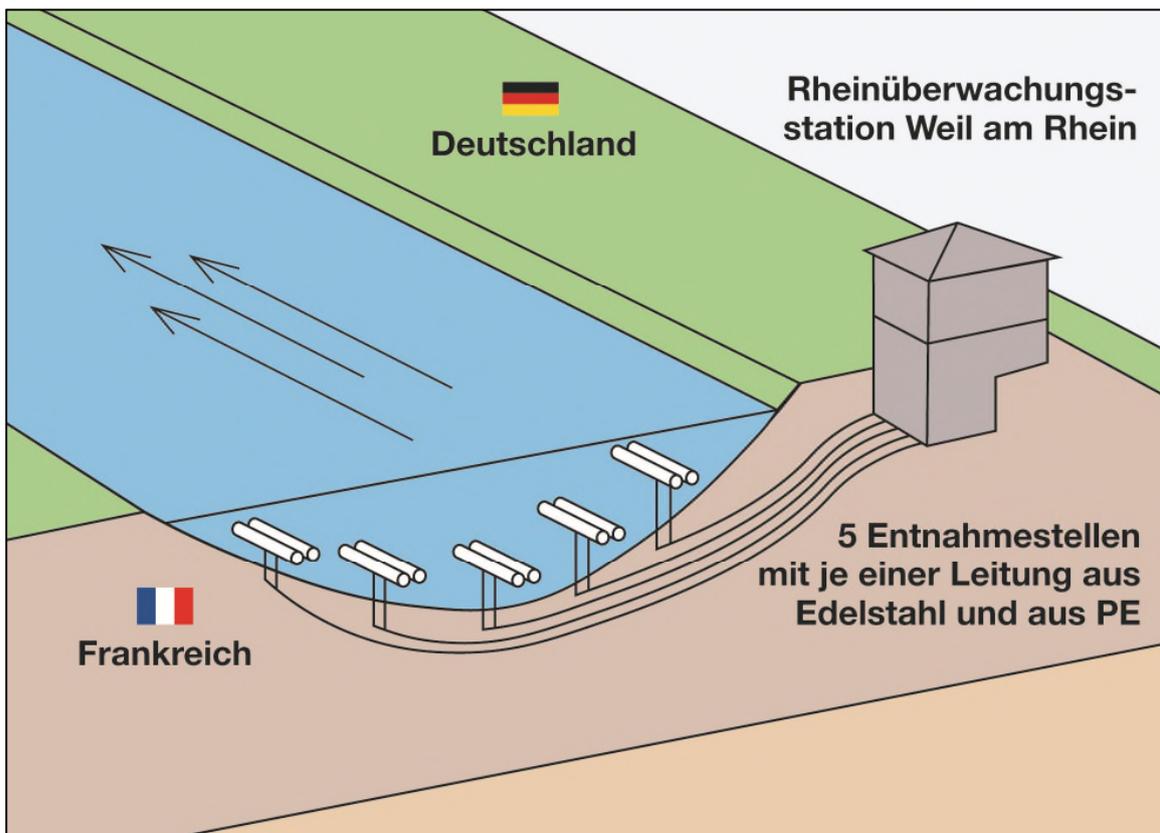


Abbildung 29: Querprofil der Rheinüberwachungsstation in Weil am Rhein mit schematischer Anordnung der 5 Probenstränge (Kunststoff und Stahl)

Die Probennahmestellen sind doppelt ausgelegt. Je eine Leitung aus Kunststoff (K1 - K5; Metallanalytik) und Edelstahl (S1 – S5; organische Spurenanalytik) befördern das Wasser in den Pumpenkeller. Durch jeden Strang werden in einer Stunde 15 m³ Wasser gepumpt. Für die gesamte Station ergibt das im Jahr ca. 1.3 Mio. m³ Rheinwasser. Diese Menge entspricht ca. 5 % des Wasserverbrauchs der Stadt Basel⁸ oder bei einem durchschnittlichen Verbrauch von ca. 300 Liter Wasser pro Person am Tag dem Jahresverbrauch von ca. 12'000 Personen.

⁸ Angaben Statistisches Amt des Kantons Basel-Stadt

Die Schwebstoffe werden monatlich und zusätzlich bei Hochwasser mittels einer Durchlaufzentrifuge (Typ Padberg Z61) gesammelt. Die Probenahmezeit beträgt je nach Schwebstoffführung des Rheins 0.5 - 120 Stunden.

3.1 Betriebsunterbrüche im Jahr 2020 und 2021

Gewisse Probenahmestränge mussten in den Jahren 2020 und 2021 aus verschiedensten Gründen zeitweise ausser Betrieb genommen werden. Die Ausfallzeiten von Einzelsträngen oder dem gesamten Querschnitt im Jahr 2020 und 2021, sowie die Gründe dafür können den Tabellen 8 und 9 entnommen werden. Ausserhalb der aufgeführten Unterbrüche bestand "Normalbetrieb", also Versorgung der Station mit den Strängen S1 - S5 und K1 - K5.

Tabelle 8: Betriebsunterbrüche von Strängen im Jahr 2020

| Pumpen | Datum | Grund |
|-----------------------------------|----------------------------|--|
| Kurze Unterbrüche K1-K5; S1-S5 | 02.11.2020 | Kurze Unterbrüche wegen Wartungsarbeiten (Ölwechsel) |
| S1 | 16.11.2020 – 04.12.2020 | Unterbruch Wechsel auf neue Pumpe mit div. Anpassungen |

Tabelle 9: Betriebsunterbrüche von Strängen im Jahr 2021

| Pumpen | Datum | Grund |
|-----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| S5 | 9.4.2021 – 16.4.2021 | Wechsel Pumpe S5 |
| Kurzer Unterbruch K1-K5; S1-S5 | 27.6.2021 23:30 – 28.6.2021 00:00 | Ausfall nach Gewitter |
| K1/2/4/5 S1/2/4/5 | 12.8.2021 21:00 – 13.8.2021 08:00 | Inselbetrieb nach Gewitterereignis |
| K4 | 25.10.2021 09:30 –12:00 | Wechsel Pumpe K4 |
| K5 | 25.10.2021 12:00 – 16:00 | Wechsel Pumpe K5 |

3.2 Bauarbeiten / Technische Änderungen

Es wurden seitens Düker und Leitungsführung keine baulichen Änderungen vorgenommen. Die jährlich stattfindende sicherheitstechnische Überprüfung durch den TÜV ergab keinen dringlichen Handlungsbedarf.

3.3 Probenahme

Bei der Probenahme gab es in den Jahren 2020 und 2021 keine Änderungen. Im Frühjahr 2020 mit Einsetzen von Massnahmen gegen die Ausbreitung von Covid-19 wurde die Staats-Grenze D/CH zwischen der Station und dem Labor jedoch plötzlich zu einem potenziellen Hindernis. Mit einer Sonderbewilligung für die Aufrechterhaltung des Betriebes der Rheinüberwachungsstation konnte die Grenze trotzdem passiert werden.

3.4 Führungen in der Rheinüberwachungsstation Weil am Rhein

In den Jahren 2020 und 2021 wurden aufgrund von Beschränkungen durch Covid-19 deutlich weniger Führungen durchgeführt. Es waren dies:

- Studierende der FHNW: CAS Umweltrecht und Vollzug
- Studierende Uni Freiburg: BSc Vorlesung Wasser- und Umweltchemie
- Besuch des BfG; Fachaustausch AUE-BS/KL-BS/BfG zu Probenahme von Schwebstoffen sowie Radioaktivitätsmessung.
- Delegation Regierungspräsidium Freiburg (RPF)
- Energie Zukunft Schweiz AG (Trinkwasser-Verantwortlichen/Guides, Langen Erlen u. Hard)
- Teilnehmer PK-Club Coop-Labore BL
- Neue Mitarbeiter und Praktikanten AUE
- Praktikanten aus Lehrlingsaustausch Roche