



# **Bericht zum Niedrigwasser- und Dürreereignis des Jahres 2022**

Internationale Kommission zum Schutz des Rheins

**Fachbericht Nr. 299**

### **Haftungsausschluss zur Barrierefreiheit**

Die IKSR ist bemüht, ihre Dokumente so barrierearm wie möglich zu gestalten. Aus Gründen der Effizienz ist es nicht immer möglich, sämtliche Dokumente in den verschiedenen Sprachversionen vollständig barrierefrei verfügbar zu machen (z. B. mit Alternativtexten für sämtliche Grafiken oder in leichter Sprache). Dieser Bericht enthält ggf. Abbildungen und Tabellen. Für weitere Erklärungen wenden Sie sich bitte an das IKSR-Sekretariat unter der Telefonnummer 0049261-94252-0 oder per E-Mail an [sekretariat@iksr.de](mailto:sekretariat@iksr.de).

### **Impressum**

#### **Herausgeberin:**

Internationale Kommission zum Schutz des Rheins (IKSR)  
Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, D-56068 Koblenz  
Postfach: 20 02 53, D-56002 Koblenz  
Telefon: +49-(0)261-94252-0  
Fax: +49-(0)261-94252-52  
E-Mail: [sekretariat@iksr.de](mailto:sekretariat@iksr.de)  
[www.iksr.org](http://www.iksr.org)

**INHALTSVERZEICHNIS:**

Zusammenfassung

1 Meteorologische Entwicklung

2 Hydrologische Entwicklung

3 Auswirkungen auf die Wasserqualität und die Ökologie

4 Besondere Betroffenheiten (Nutzungseinschränkungen, Schäden, Vorkommnisse) und getroffene Maßnahmen

5 Ausblick

Anhang I – Rückblickendes Monitoring einschließlich 2022

Anhang II – Literatur/Referenzen

**Abkürzungsverzeichnis**

|        |  |
|--------|--|
| AG H   | IKSR-Arbeitsgruppe Hoch- und Niedrigwasser                                       |
| ASG II | Projekt „Abflussanteile aus Schnee- und Gletscherschmelze“ der KHR               |
| BAFU   | Bundesamt für Umwelt (Schweiz)   |
| BfG    | Bundesanstalt für Gewässerkunde (Deutschland)                                    |
| CIS    | Common Implementation Strategy (für EU-Richtlinien)                              |
| DWD    | Deutscher Wetterdienst   |
| EDO    | European drought observatory des JRC   |
| EG LW  | IKSR-Expertengruppe Niedrigwasser  |
| maxD   | maximale zusammenhängende Unterschreitungsdauer des Schwellenwertes MNM7Q        |
| IGKB   | Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee                         |
| IKSMS  | Internationale Kommissionen zum Schutz von Mosel und Saar                        |
| INGO   | intensivierten Gewässerüberwachung   |
| JRC    | Gemeinsames Forschungszentrum (Joint Research Center) der EU                     |
| KHR    | Internationale Kommission für die Hydrologie des Rheingebietes                   |
| KKW    | Kernkraftwerk  |
| MNM7Q  | vieljähriges Mittel der NM7Q   |
| MNW    | Wasserstand unterhalb des Niedrigwasserkennwertes                                |
| MNQ    | mittlerer Niedrigwasserabfluss   |
| MQ     | Ganzjähriger Abfluss-Mittelwert des hydrologischen Jahres                        |
| NIWIS  | Niedrigwasser-Informationssystem (Deutschland)                                   |
| NIZ    | Niedrigwasser-Informationszentrum (Deutschland)                                  |
| NM7Q   | kleinster Abflussmittelwert von 7 aufeinanderfolgenden Tagen in einem Bezugsjahr |
| NQ     | Niedrigster Abfluss gleichartiger Zeitabschnitte in betrachteter Zeitspanne      |
| PAK    | Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe                                     |
| Q      | Abfluss  |
| SES    | Projekt „Sozial-ökonomische Szenarien“ der KHR                                   |
| SoMQ   | Saisonaler Abfluss-Mittelwert des hydrologischen Sommerhalbjahrs                 |
| SWI    | Bodenwasserindex (Soil Water Index)  |
| WHJ    | Wasserhaushaltsjahr  |
| WiMQ   | Saisonaler Abfluss-Mittelwert des hydrologischen Winterhalbjahrs                 |
| WSA    | Wasser- und Schifffahrtsamt (Deutschland)  |
| WSV    | Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung (Deutschland)                          |
| ZKR    | Zentralkommission für die Rheinschifffahrt                                       |

## Bericht zum Niedrigwasser- und Dürreereignis des Jahres 2022

### **Zusammenfassung**

*Nur vier Jahre nach dem Extremereignis von 2018 herrschte im Rheineinzugsgebiet im Jahr 2022 erneut eine ausgeprägte Niedrigwassersituation vor. Diese wurde maßgeblich durch eine niederschlagsarme Witterung im Frühling und Sommer in Kombination mit überdurchschnittlichen Lufttemperaturen verursacht. Vorausgegangen war bereits ein niederschlagsarmer und milder Winter 2021/2022.*

*Dies führte von März (mit Unterbrechung im April) bis August 2022 im Rheineinzugsgebiet nahezu flächendeckend zu niedrigen bis sehr niedrigen Abflüssen. Lokale Niederschlagsereignisse sorgten in dieser Zeit nur kurzfristig für eine Entspannung. Im Gegensatz dazu standen die schmelzwassergespeisten Fließgewässer in den Schweizer Einzugsgebieten unmittelbar unterhalb der Gletscher. Sie führten während der Sommermonate angesichts extremer Gletscherschmelze verbreitet ausgeprägtes Hochwasser. Dieses war jedoch lokal begrenzt und konnte das Niederschlagsdefizit weiter flussabwärts nicht kompensieren.*

*Entlang des Rheins erreichte das Niedrigwasserereignis seine größte Ausprägung im August. Dabei nahm seine Intensität von Süd nach Nord zu: Bezogen auf die Niedrigwasserabflüsse wurden bis Basel NM7Q Wiederkehrintervalle von 2-5 Jahren verzeichnet, die sich stromabwärts sukzessive auf extrem selten registrierte Werte von 50 bis 100 Jahren (Pegel Lobith) steigerten. Dauerbezogen war das o. g. Nord-Süd-Gefälle weniger gravierend und schwankte zwischen der Einstufung als „weniger häufig“ (z.B. Pegel Basel, Wiederkehrintervall 2-5 Jahre) und „sehr selten“ (z.B. Köln, 20-50 Jahre). Im Herbst entspannte sich die Situation dank ergiebiger Niederschläge.*

*Verknüpft mit dem Niedrigwasser der Oberflächengewässer im Sommer 2022 herrschte auch im Landschaftswasserhaushalt eine signifikante und großflächige Dürre im Rheineinzugsgebiet. Es gab zahlreiche negative Folgen des damit einhergehenden geringen Wasserdargebotes. Teilweise fielen die Oberläufe von oberirdischen Gewässern trocken. Vereinzelt wurden auch ganze trockenefallene Bachläufe gemeldet; lokal kam es zu Fischsterben. Im Bodensee führten die außergewöhnlich niedrigen Wasserstände dazu, dass Flachwasserbereiche nur wenig Wasser hatten oder trockenfielen. Neben diesen ökologischen Schädigungen kam es auch zu einer Verringerung der wirtschaftlichen Aktivitäten.*

*Ein Jahr später, im Jahr 2023, kam es zu einer weiteren, aber weniger bedeutenden Niedrigwasser- und Dürreperiode im Rheineinzugsgebiet.*

## 1 Meteorologische Entwicklung

Nach einem trockenem und sonnigen ersten Halbjahr (z. B. war nach Auswertungen des DWD (2023)<sup>1</sup> das Jahr 2022 in Deutschland mit 2024,1 Sonnenstunden das sonnigste Jahr seit Beginn regelmäßiger Aufzeichnungen im Jahre 1951) entwickelte sich 2022 eine ausgeprägte sommerliche Niedrigwasserperiode im Rheineinzugsgebiet.

Neben der Ausprägung des vorwiegend von Grundwasser dominierten Basisabflusses sind bei der Entstehung von Niedrigwasser verschiedene hydrometeorologische Einflussfaktoren bestimmend. Dazu gehört neben dem Niederschlag die Temperatur, welche die Evapotranspiration steuert. Abbildung 1 zeigt für das Rheingebiet, naturräumlich in drei große Teileinzugsgebiete aufgeteilt, den Jahresgang von Niederschlag und Temperatur. Betrachtet wird dabei nicht allein das unmittelbare Niedrigwasserjahr 2022, welches auf den Zeitraum von Anfang April 2022 bis Ende März 2023 bezogen ist, sondern auch das vorhergehende Winterhalbjahr. Grund für die erweiterte Betrachtung ist, dass Niedrigwasser in aller Regel nicht plötzlich entsteht, sondern das Resultat einer allmählichen Entwicklung darstellt<sup>2</sup>, wobei die Vormonate eine wichtige Rolle spielen können.

Die kumulierten Gebietsniederschlagssummen zeigen (mit wenigen Ausnahmen im Deltarheingebiet) über den gesamten verlängerten Betrachtungszeitraum hinweg ein Niederschlagsdefizit, d. h. der Niederschlag war bereits von Herbst 2021 an unterdurchschnittlich und blieb anschließend in der Summe über das gesamte Jahre 2022 hinweg unterdurchschnittlich. Dieses Defizit fiel im Süden des Einzugsgebiets größer aus als im Norden und korrespondiert in den einzelnen Monaten des Jahres mit überwiegend negativen Niederschlagsanomalien. D. h. die monatlichen Niederschlagssummen erreichten selten Niveaus auf Höhe der vieljährigen Monatsmittel des Referenzzeitraums 1981 bis 2010. Besonders markant war dies in der alpinen und voralpinen Region des Rheineinzugsgebiets bis Basel. Zum Ende des Wasserhaushaltsjahres 2022 wurde hier ein flächengemittelt kumuliertes Niederschlagsdefizit in Höhe von 442 mm registriert, das sind nur rund 77% des durchschnittlich zu erwartenden Wertes. Nach Norden hin schwächte sich dieses Defizit allmählich ab; im Deltarheingebiet betrug die kumulierte Jahresniederschlagssumme immerhin 86% des vieljährigen Mittels.

Die Flächenmittel der bodennahen Lufttemperatur zeigten überwiegend positive Anomalien, d. h. die Monatsmittel fielen überwiegend überdurchschnittlich warm aus. Unter anderem führte das dazu, dass sich im milden Winter 2021/22 einzugsgebietsweit keine größeren Schneerücklagen ausbilden konnten. Das gilt insbesondere auch für die gemeinhin schneereichen Alpen. Die im Sommer 2022 beobachtete extreme Gletscherschmelze wirkte sich auf kleinere Flüsse aus, konnte das Niederschlagsdefizit und den Schneemangel großräumig jedoch nicht kompensieren<sup>3</sup>.

Aus dem räumlichen und zeitlichen Zusammentreffen von unterdurchschnittlichen Niederschlägen und überdurchschnittlichen Temperaturen (und entsprechend erhöhter Verdunstung) ergaben sich vorherrschend trockene Verhältnisse. Die Monatskarten der SWI<sup>4</sup>-Anomalien der Bodenfeuchtesättigung in Mitteleuropa (vgl. Abbildung 2) für die Bodenschicht 0 - 100 cm veranschaulichen dies: Nach dem in großen Teilen des Einzugsgebiets niederschlagsreichen Februar lag die Bodenfeuchte im Rheingebiet überwiegend auf überdurchschnittlichem Niveau. Im sehr trockenen März (der sonnenreichste März seit dem Jahre 1890) drehte sich diese Situation wieder um. In den Frühlings- und Sommermonaten zeigen die Karten überwiegend negative Abweichungen der SWI-Indexwerte, kulminierend im trockenen und heißen August. Erst die gebietsübergreifend überdurchschnittlichen Septemberrniederschläge beendeten (insbesondere im Süden des Rheingebiets) die Trockenheit vorläufig.

---

<sup>1</sup> DWD / Deutscher Wetterdienst (2023): Die Sonne machte 2022 Überstunden – Endbilanz. [https://www.dwd.de/DE/wetter/thema\\_des\\_tages/2023/1/14.html](https://www.dwd.de/DE/wetter/thema_des_tages/2023/1/14.html), abgerufen am 24.7.2024)

<sup>2</sup> Ausnahme: das Auftreten starken Frostes

<sup>3</sup> BAFU / Bundesamt für Umwelt CH (2023) Hydrologisches Jahrbuch der Schweiz 2022. Bern.

<sup>4</sup> Bodenwasserindex (Soil Water Index)

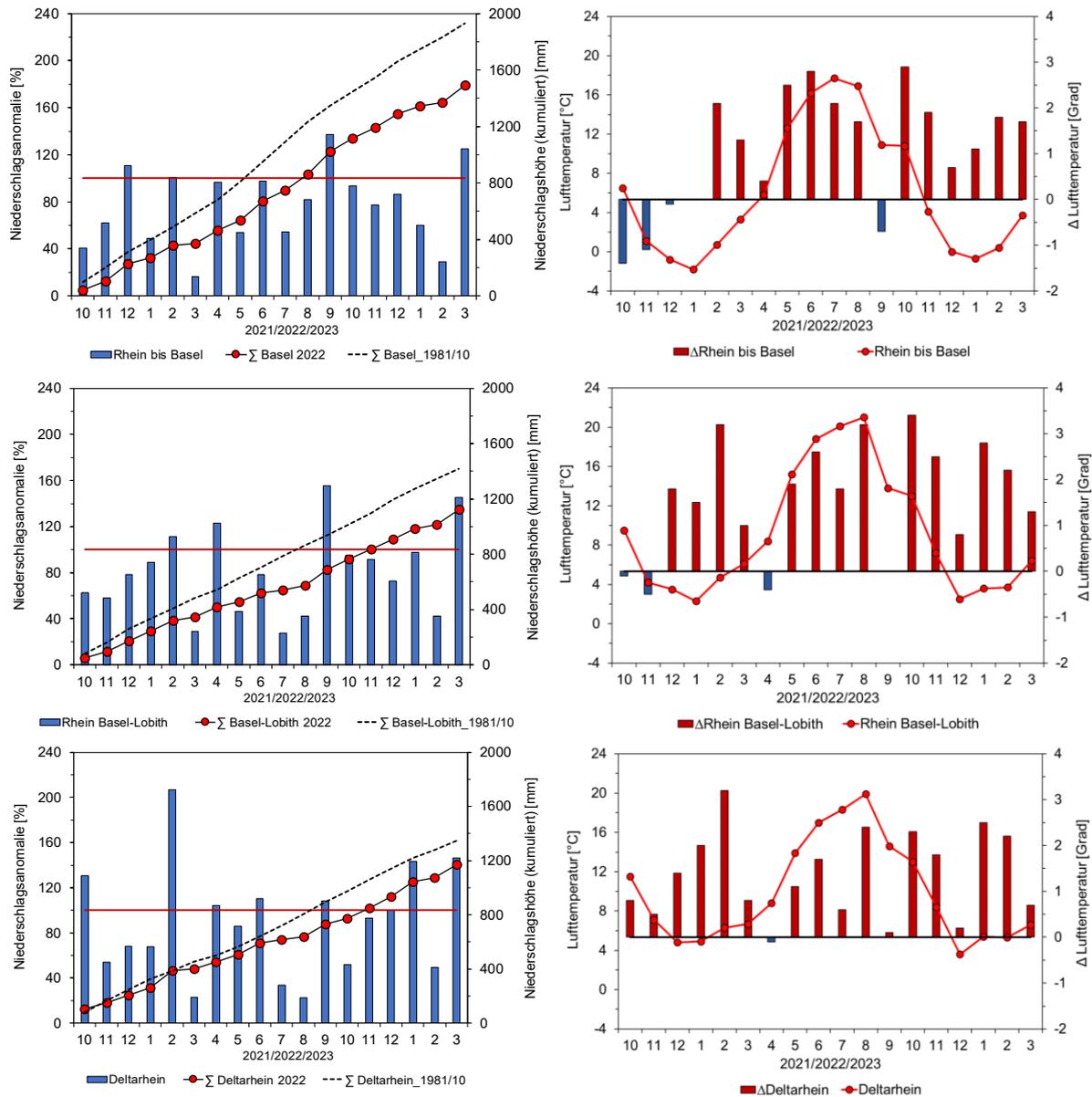


Abbildung 1:

linke Seite: Flächenmittel der Niederschlagshöhe für das Teileinzugsgebiet des Rheins bis zum Pegel Basel (oben), für das Teileinzugsgebiet zwischen Basel und Lobith (Mitte) und das Teileinzugsgebiet stromab von Lobith (unten) für das erweiterte Wasserhaushaltsjahr 2022 (Okt 2021 bis März 2023) als relative monatliche Abweichungen von den vieljährigen Monatsmitteln 1981 bis 2010. Zusätzlich eingezeichnet sind die aufsummierten Monatssummen und die vieljährig gemittelten Monatssummen der o. g. Zeiträume.

rechte Seite: Flächenmittel der bodennahen Lufttemperatur für das Teileinzugsgebiet des Rheins bis zum Pegel Basel (oben), für das Teileinzugsgebiet zwischen Basel und Lobith (Mitte) und das Teileinzugsgebiet stromab von Lobith (unten) für das erweiterte Wasserhaushaltsjahr 2022 (Okt 2021 bis März 2023) als Monatsmittel und monatliche Abweichungen ( $\Delta$ ) von den vieljährigen Monatsmitteln 1981 bis 2010.

(Datenquelle Stationsdaten: Meteorologische Dienste der Rheinanliegerstaaten; Datenauswertung: BfG, Referat M2)

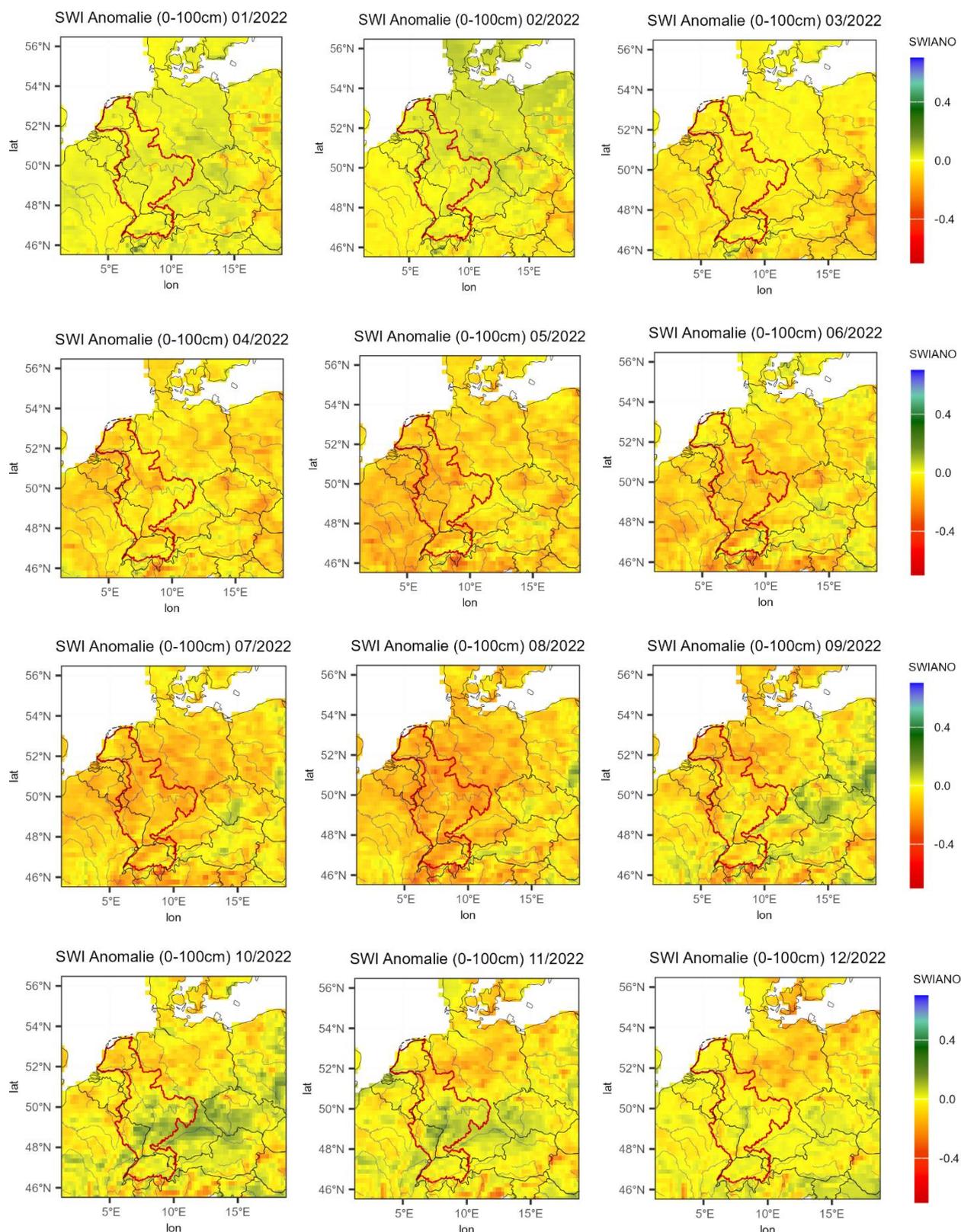


Abbildung 2: Räumliche Verteilung der monatlichen Anomalien der Bodenfeuchtesättigung in Mitteleuropa für die Bodenschicht 0 - 100 cm im Jahr 2022; das Rheingebiet ist mit roter Begrenzung eingezeichnet. Hier dargestellt ist die Differenz der Monatsmittelwerte des Bodenwasserindex (SWI) vom vieljährigen Monatsmittel der Zeitreihe 2012 - 2024. Ein negativer Wert entspricht einem überdurchschnittlich trockenen Boden, ein positiver Wert einem überdurchschnittlich feuchten Boden.

(Datenquelle: EUMETSAT HSAF Produkt H14; Auswertung BfG, Referat M2)

Damit war für weite Teile des Rheingebietes im Jahre 2022 eine Dürresituation gegeben, d. h. im Landschaftswasserhaushalt war über einen längeren Zeitraum hinweg weniger Wasser verfügbar als die erforderliche Menge. Wie Abbildung 2 verdeutlicht, erstreckte sich dies über mehr als sechs Monate. Der Einteilung des DWD (2024)<sup>5</sup> folgend, handelte es sich daher nicht mehr um ein minderschweres Ereignis (wie z.B. meteorologische Dürre oder landwirtschaftliche Dürre), sondern um den extremeren Fall einer sogenannten hydrologischen Dürre. Eine solche wird definiert durch eine Dauer von mindestens vier Monaten und einhergehend mit (negativen) Auswirkungen auf die Pegelstände von Grund- und Oberflächenwasser.

## 2 Hydrologische Entwicklung

### 2.1 Grundwasser

Auch die Grundwasserverhältnisse des Jahres 2022 wurden durch das verringerte Wasserdargebot beeinflusst. Waren z. B. im mittleren Oberrheingebiet noch seit September 2021 bis in den Winter teils überdurchschnittliche Grundwasserstände zu verzeichnen, gingen diese nach den tendenziell trockenen Wintermonaten bereits ab März 2022 wieder zurück. Diese Rückgangstendenz blieb in den Folgemonaten bestehen, sodass es bereits im Spätsommer zu historisch niedrigen Grundwasserständen kam. Der nasse September bewirkte frühzeitige Anstiege, die sich bis zum Jahresende fortsetzten. Ende Dezember 2022 waren überwiegend wieder leicht überdurchschnittliche Grundwasserverhältnisse bzw. solche an der Untergrenze des Normalbereichs zu verzeichnen.

### 2.2 Oberflächenwasser

Entsprechend der hydrometeorologischen Rahmenbedingungen entwickelte sich das hydrologische Jahr 2022 am Rhein zu einem gebietsübergreifenden Niedrigwasserjahr. Die Durchflüsse an den Rheinpegeln erreichten übers Jahr gesehen nur weniger als drei Viertel des vieljährigen Mittels (vgl. Tabelle 1). Saisonal differenziert blieb bereits das Winterhalbjahr abflussbezogen um 17 bis 21 % unter den vieljährigen Normalwerten. Besonders abflussschwach zeigte sich dann das Sommerhalbjahr, wo nicht einmal zwei Drittel des saisonüblichen Abflussdurchschnitts verzeichnet wurden. Mit Blick auf das Rheineinzugsgebiet lag beispielsweise im deutschen Bundesland Baden-Württemberg im Verlauf des August der Anteil der Pegel mit einem Wasserstand unterhalb des Niedrigwasserkennwerts (MNW) bei 80 %. Lokale Niederschlagsereignisse sorgten nur kurzfristig für eine Entspannung.

*Tabelle 1: Ganzjährige und saisonale Abfluss-Mittelwerte des hydrologischen Jahres 2022 im Vergleich zu den vieljährigen Referenzwerten der Periode 1961 bis 2020 an den Pegeln Basel und Maxau /Oberrhein, Kaub / Mittelrhein sowie Duisburg-Ruhrort und Lobith / Niederrhein (Datengrundlage: WSV)*

| hydrologische Jahre | MQ(1961/2020) |        | MQ(2022)                         | SoMQ(1961/2020) |        | SoMQ(2022)                         | WiMQ(1961/2020) |        | WiMQ(2022)                         |
|---------------------|---------------|--------|----------------------------------|-----------------|--------|------------------------------------|-----------------|--------|------------------------------------|
|                     | [m³/s]        | [m³/s] | Verhältnis zum MQ(1961/2020) [%] | [m³/s]          | [m³/s] | Verhältnis zum SoMQ(1961/2020) [%] | [m³/s]          | [m³/s] | Verhältnis zum WiMQ(1961/2020) [%] |
| Basel-Rheinhalle    | 1060          | 765    | 72                               | 1210            | 788    | 65                                 | 904             | 740    | 82                                 |
| Maxau               | 1260          | 883    | 70                               | 1350            | 839    | 62                                 | 1170            | 928    | 79                                 |
| Kaub                | 1690          | 1230   | 73                               | 1640            | 1050   | 64                                 | 1740            | 1420   | 82                                 |
| Duisburg-Ruhrort    | 2260          | 1660   | 73                               | 1970            | 1230   | 62                                 | 2550            | 2120   | 83                                 |
| Lobith              | 2250          | 1650   | 73                               | 1950            | 1210   | 62                                 | 2560            | 2100   | 82                                 |

<sup>5</sup> DWD / Deutscher Wetterdienst (2024): Wetter- und Klimalexikon. <https://www.dwd.de/DE/service/lexikon/Functions/glossar.html;jsessionid=8737B6C0A897AB76BD30AD31169C5DDA.live21073?lv2=100578&lv3=603288>, abgerufen am 27.7.2024.

Tabelle 2 ordnet die Abflussdefizite<sup>6</sup> des Jahres 2022 im Vergleich zum vieljährigen Durchschnitt der Periode 1961 bis 2020 ein. Die niedrigsten Abflüsse wurden stets zu Beginn der zweiten Augushälfte verzeichnet.

Tabelle 2: Abflussmittel und Niedrigwasser-Extremwerte des Abflusses im Jahre 2022 im Vergleich zu den vieljährigen Referenzwerten der Periode 1961 bis 2020 an den Oberrheinpegeln Basel und Maxau, Kaub / Mittelrhein sowie Duisburg-Ruhrort und Lobith / Niederrhein (Datengrundlage: WSV)

| MQ: hydrolog. Jahre<br>NQ: WHJ | MQ(1961/2020)<br>[m³/s] | MQ(2022)<br>[m³/s] | MNQ(1961/2020)<br>[m³/s] | NQ(2022)<br>[m³/s] Datum |            | NM7Q(2022)<br>[m³/s] Datum |            |
|--------------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------------|--------------------------|------------|----------------------------|------------|
| Basel-Rheinhalde               | 1060                    | 765                | 511                      | 461                      | 15.08.2022 | 470                        | 17.08.2022 |
| Maxau                          | 1260                    | 883                | 623                      | 434                      | 15.08.2022 | 456                        | 17.08.2022 |
| Kaub                           | 1690                    | 1230               | 818                      | 571                      | 15.08.2022 | 583                        | 19.08.2022 |
| Duisburg-Ruhrort               | 2260                    | 1660               | 1059                     | 669                      | 17.08.2022 | 682                        | 20.08.2022 |
| Lobith                         | 2250                    | 1650               | 1053                     | 680                      | 18.08.2022 | 690                        | 21.08.2022 |

Abbildung 3 zeigt vor diesem Hintergrund den detaillierten Abflussverlauf an repräsentativen Rheinpegeln seit dem 01.01.2022 bis zum Ende des Wasserhaushaltsjahres (WHJ) 2022 am 31.03.2023. Zusammen mit den Aussagen von Abbildung 1 (Niederschlagsdefizit) und Abbildung 2 (Bodenfeuchtedefizit) wird deutlich, dass sich die Faktoren für die Niedrigwasserepisode bereits im März entwickelten. Die gut erkennbare Unterbrechung durch zwischenzeitlich erhöhte Abflüsse in der ersten Aprilhälfte ist weniger auf Niederschläge zurückzuführen, sondern ist ein Ergebnis der Schneeschmelze, das die Wasserführung in den Folgemonaten jedoch nicht nachhaltige stützen konnte. Verdunstungsverluste infolge steigender Temperaturen, die von Mai bis August durchweg deutlich über den vieljährigen Mitteln lagen und unterdurchschnittliche Niederschläge im gleichen Zeitraum führten zu weiteren Abflussrückgängen bis hin zu den o. g. Jahresminima. Dies gilt streckenübergreifend für den gesamten Rhein. Sogar die Pegel Diepoldsau (Alpenrhein) und Rekingen (Hochrhein), deren Abflussregime typischerweise durch Niedrigwasser im Winter und schmelzwasserbedingt hohe Wasserstände bzw. Abflüsse im Sommer gekennzeichnet ist, reihten sich hier ein.

Mit auflebender Niederschlagstätigkeit ab der zweiten Augushälfte erholten sich die Abflüsse während einer spätsommerlichen Übergangsphase allmählich, aber erst ab Oktober etablierten sich durchgängig mindestens mittlere Wasserstands- und Abflussniveaus, so dass damit das Niedrigwasserereignis 2022 als beendet angesehen werden konnte.

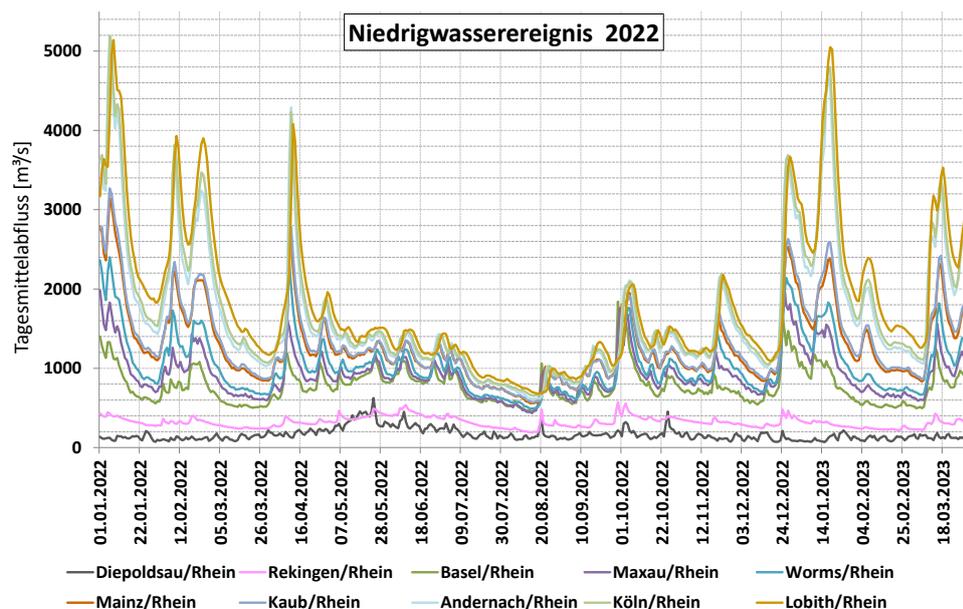


Abbildung 3: Tägliche Abflüsse an repräsentativen Rheinpegeln zwischen dem 01.01.2022 und dem 31.03.2023

<sup>6</sup> Der Begriff „Defizit“ (z. B. Niederschlagsdefizit, Abflussdefizit, Bodenfeuchtedefizit) wird in diesem Bericht vereinfachend als negative Anomalie, d. h. negative Abweichung vom Mittelwert verstanden.

Tabelle 3, Abbildung 4, Abbildung 5 sowie die Grafiken im Anhang I stellen die statistische Einordnung und Klassifizierung des Niedrigwasserereignis 2022 an den unterschiedlichen Rheinpegeln laut IKSR-Niedrigwassermonitoring dar.

Tabelle 3: Kennwerte und statistische Einordnung des Niedrigwasserereignisses 2022.

NM7Q = kleinster Abflussmittelwert von 7 aufeinanderfolgenden Tagen in einem Bezugsjahr

MNM7Q = vieljähriges Mittel der NM7Q

maxD = maximale zusammenhängende Unterschreitungsdauer des Schwellenwertes MNM7Q

Wiederkehrintervalle (= Jährlichkeitsangaben) beziehen sich auf den Referenzzeitraum 1961 – 2010

|                   | Niedrigwasser-Abfluss [m <sup>3</sup> /s] |               |              | Maximale Niedrigwasser-Dauer maxD [Tage] |                                       |              |
|-------------------|---|---------------|--------------|--|---------------------------------------|--------------|
|                   | MNM7Q 1961-2010                           | NM7Q WHJ 2022 | Jährlichkeit | Täglicher Durchfluss < MNM7Q 1961-2010   | Täglicher Durchfluss < MNM7Q WHJ 2022 | Jährlichkeit |
| <b>Diepoldsau</b> | 92,2                                      | 80,3          | 2-5          | 8  | 18                                    | 20-50        |
| <b>Rekingen</b>   | 238                                       | 197           | 2-5          | 24                                       | 24                                    | 2-5          |
| <b>Basel</b>      | 527                                       | 470           | 2-5          | 20                                       | 14                                    | 2-5          |
| <b>Maxau</b>      | 645                                       | 456           | 10-20        | 18                                       | 37                                    | 10-20        |
| <b>Worms</b>      | 720                                       | 500           | 10-20        | 17                                       | 50                                    | 20-50        |
| <b>Mainz</b>      | 850                                       | 567           | 20-50        | 18                                       | 49                                    | 10-20        |
| <b>Kaub</b>       | 851                                       | 583           | 10-20        | 18                                       | 50                                    | 10-20        |
| <b>Andernach</b>  | 997                                       | 618           | 20-50        | 16                                       | 59                                    | 20-50        |
| <b>Köln</b>       | 1028                                      | 661           | 20-50        | 17                                       | 64                                    | 20-50        |
| <b>Lobith</b>     | 1095                                      | 690           | 50-100       | 18                                       | 64                                    | 10-20        |

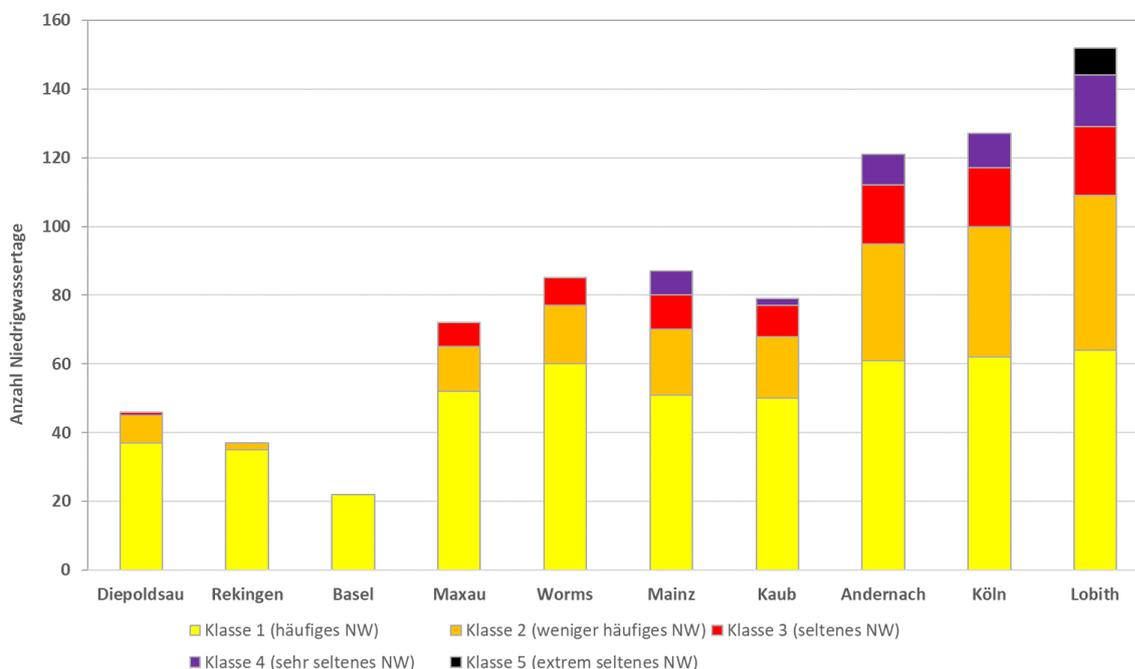


Abbildung 4: Anzahl Niedrigwassertage an repräsentativen Rheinpegeln nach Intensitätsklassen gemäß IKSR-Niedrigwassermonitoring<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Klasse 1 häufiges Niedrigwasser (Q < 2-jährliches NM7Q)  
 Klasse 2 weniger häufiges Niedrigwasser (Q < 5-jährliches NM7Q)  
 Klasse 3 seltenes Niedrigwasser (Q < 10-jährliches NM7Q)  
 Klasse 4 sehr seltenes Niedrigwasser (Q < 20-jährliches NM7Q)  
 Klasse 5 extrem seltenes Niedrigwasser (Q < 50-jährliches NM7Q)  
 Referenzperiode: 1961 bis 2010

Die Auswertungen zeigen ein von Süd nach Nord zunehmend intensiveres Niedrigwasser; zu Beginn des Deltarheins am Pegel Lobith war das Niedrigwasser am ausgeprägtesten. Dies steht auf den ersten Blick im Widerspruch zur Niederschlagsentwicklung, welche im Beobachtungszeitraum 2022 von Süden nach Norden abnehmende Niederschlagsdefizite aufwies. Die Erklärung für das im Norden stärker ausgeprägte Niedrigwasser sind die großräumig und über einen längeren Zeitraum hinweg aufgetretenen überdurchschnittlichen Temperaturen (nach Norden hinzunehmend, vgl. Abbildung 1), die im Wasserkreislauf eine hohe Verdunstung bewirkt haben sowie die hier regional persistenter hydrologische Dürre (vgl. Abbildung 2) und möglicherweise die damit zusammenhängenden verstärkten Wassernutzungen.

Ein weiterer Grund für das im Süden des Einzugsgebiets weniger stark ausgeprägte Niedrigwasser war die durch hohe Temperaturen verstärkte Gletscherschmelze in den hochalpinen Teileinzugsgebieten. Diese sorgten in den Sommermonaten für eine Stützung des Rheinabflusses durch Schmelzwasser. Zusätzlich wirken die Alpenrandseen, allen voran der Bodensee, abpuffernd auf sommerliches Niedrigwasser. Dieser Effekt nimmt stromabwärts ab. Die Zusammenhänge sind gut an der NM7Q-Auswertung in Tabelle 3 sowie den klassenbezogenen Dauerzahlen in Abbildung 4 zu erkennen.

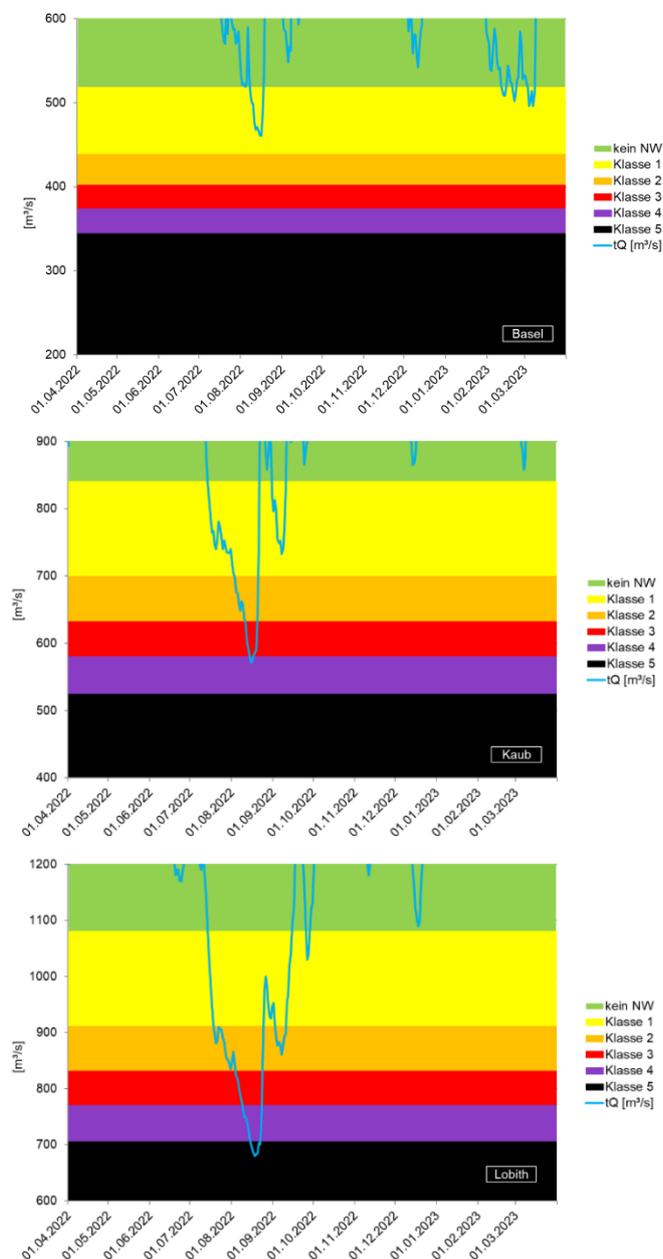


Abbildung 5: Abflussverlauf (Tagesmittelwerte) an den Rheinpegeln Basel, Kaub und Lobith im Wasserhaushaltsjahr 2022, eingeordnet in IKSR-Monitoring-Klassen

### 3 Auswirkungen auf die Wasserqualität und die Ökologie



Bei Niedrigwasser ist die Fracht einiger Schadstoffe auf weniger Wasser verteilt, was zu **höheren Konzentrationen** führt. Bei anderen Schadstoffen wiederum kann das Fehlen von Oberflächenabfluss dazu führen, dass die Einträge während des Niedrigwassers reduziert und auf den nächsten Wasseranstieg verschoben werden. Ob und in welcher Beziehung ein bestimmter Stoff zum Abfluss steht, wird daher von den Eintragspfaden, der Art der Einleitung (kontinuierlich/saisonal auftretend/unbeabsichtigt), der Persistenz (Halbwertszeit) des Stoffes und den Adsorptionseigenschaften abhängen (Deltares 2023).

Im Zeitraum von April bis Oktober 2022 waren parallel zu den geringen Abflüssen tendenziell steigende **Konzentrationen für einige überwiegend in Wasser gelöste Stoffe** wie zum Beispiel Benzotriazol, Iopamidol und Carbamazepin an der Messstation Kleve-Bimmen zu beobachten. Vielfach kann an Messstellen eine sehr enge (negative) Korrelation zwischen den Abflüssen und Konzentrationen für diese Stoffe festgestellt werden. Insbesondere belegen auch die zeitlich hochaufgelösten Ergebnisse aus der intensivierten Gewässerüberwachung (INGO) bei Chlorid eindeutig die enge negative Korrelation zwischen Abfluss und Stoffkonzentration (vgl. Abbildung 6).

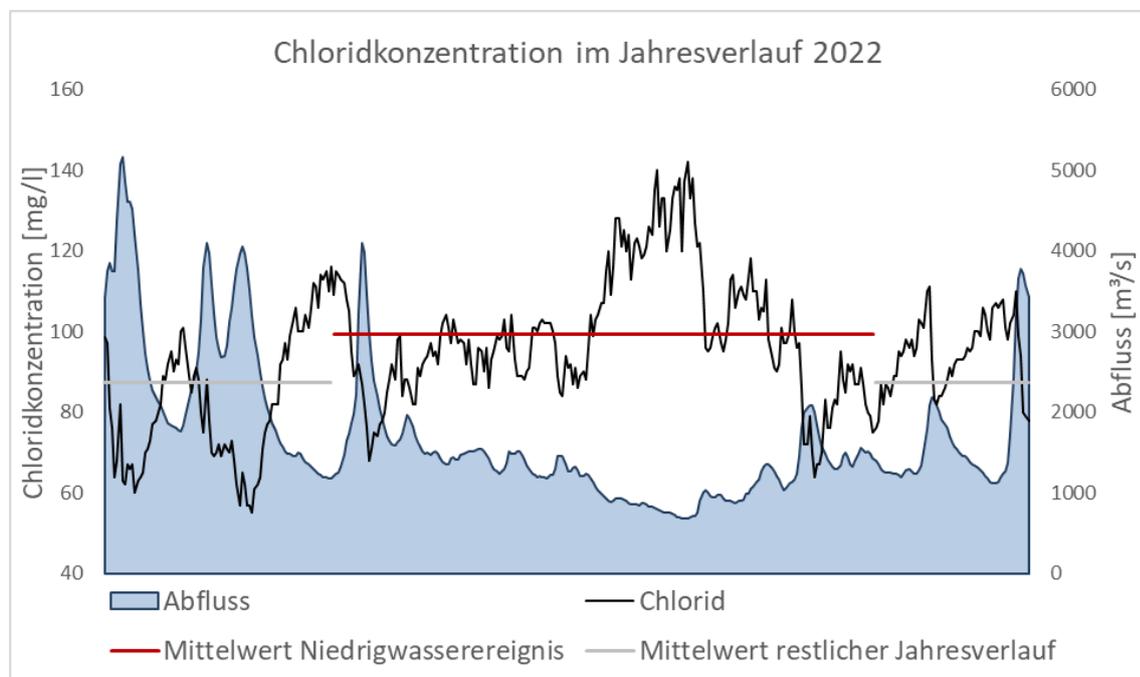


Abbildung 6: Einfluss des Abflusses auf die Chloridkonzentration im Jahr 2022 an der Messstation Kleve-Bimmen

Im Gegensatz dazu zeigt beispielsweise Zink, ein eher partikelgebundener Stoff, eine positive Korrelation zum Abfluss genauso wie die polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) und die abfiltrierbaren Stoffe (vgl. Abbildung 7).

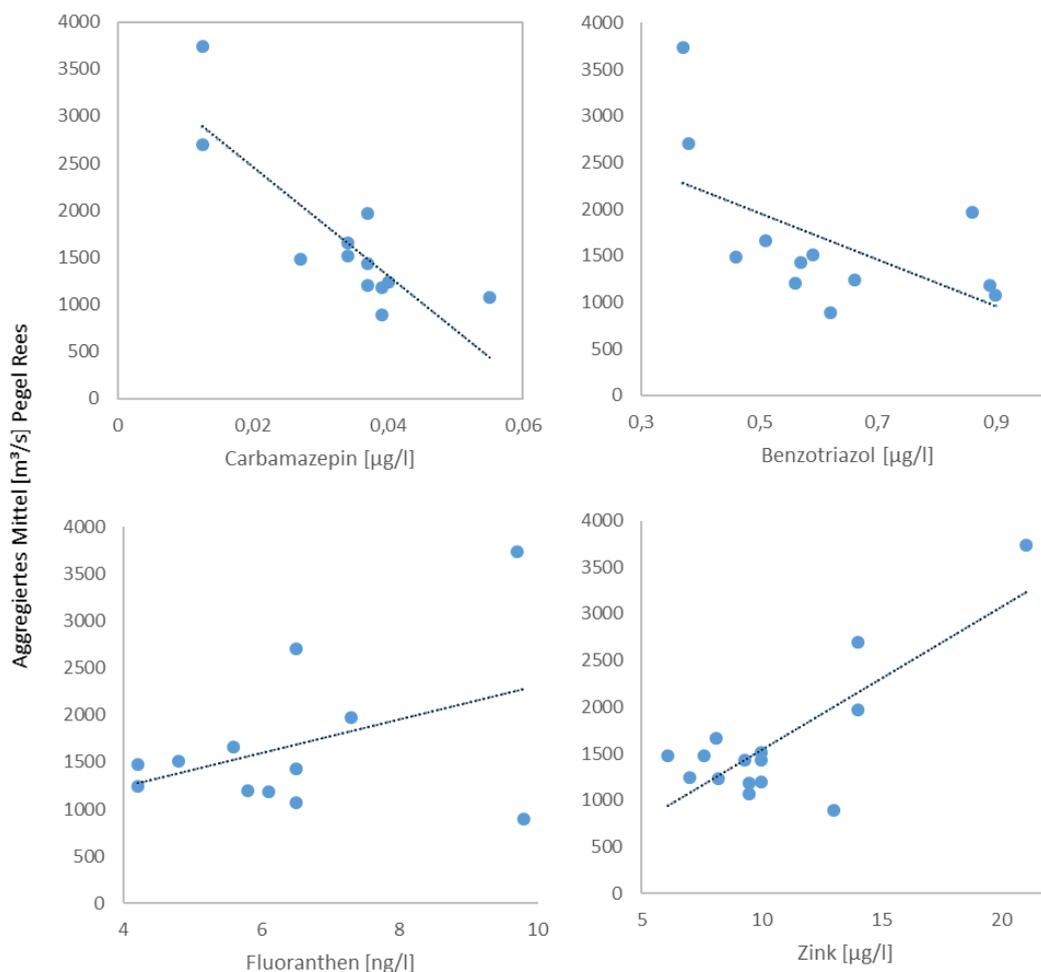


Abbildung 7: Abhängigkeit der Stoffkonzentration vom Abfluss an der Messstation Kleve-Bimmen für vier ausgewählte Stoffe

2022 wurde im Gegensatz zu 2018 der nordrhein-westfälische Orientierungswert für Zink von 10,9 µg/l (filtrierte Probe) an der Messstation Kleve-Bimmen nicht überschritten. Bezogen auf die deutsche Umweltqualitätsnorm im Schwebstoff von 800 mg/kg (geregelt in Anlage 6 der Oberflächengewässerverordnung) wurden ebenfalls an der Messstation Kleve-Bimmen keine Überschreitungen beobachtet, da der Schwebstofftransport deutlich verringert war.

In Fließgewässern werden die Spurenstoffkonzentrationen neben dem Abfluss auch noch durch andere Faktoren wie insbesondere dem Anteil von gereinigtem kommunalem Abwasser beeinflusst. In Abhängigkeit von der Eliminationsrate der einzelnen Spurenstoffe in der Kläranlage und deren bereits vorhandenen Konzentrationen im Fließgewässer resultieren hieraus Zu- oder Abnahmen der Spurenstoffkonzentrationen im Fließgewässer. Verallgemeinernd lässt sich feststellen: Je höher der Anteil an gereinigtem kommunalem Abwasser in einem Fließgewässer ist, desto höher sind in der Regel auch die Spurenstoffkonzentrationen.

Ab Ende Juli 2022 kam es im Westen der Niederlande (an der Rhein-Maas-Mündung) zu einer zunehmenden Versalzung, da aufgrund geringer Abflüsse weniger Wasser verfügbar war, um Meerwasser zurückzudrängen. Auch in der IJsselmeerregion und im Nordseekanal nahm die Versalzung aufgrund der geringeren Wasserverfügbarkeit allmählich zu. Von September bis Mitte November 2022 lag der Chloridgehalt an der Trinkwasserentnahmestelle Andijk (IJsselmeer) über der gesetzlichen Trinkwassernorm von 150 mg/l. Infolgedessen musste der Wasserversorger selektiv Wasser aus dem

IJsselmeer entnehmen und dessen Pufferkapazität nutzen (Rijkswaterstaat 2023). Gleichzeitig stieg der Chloridgehalt im stromaufwärts gelegenen Zulauf an.

Verbunden mit den hohen Lufttemperaturen waren im Rhein hohe **Wassertemperaturen**, insbesondere in der Zeit des „Sommer-Niedrigwasserereignisses“ im Juli und August, zu verzeichnen (vgl. Abbildung 8). Die Wassertemperaturen waren im gesamten deutschen Abschnitt des Rheins über den gesamten Sommer 2022 hinweg überdurchschnittlich hoch, erreichten aber in keinem Rheinabschnitt die Spitzenwerte um 28 °C wie in den Jahren 2003 und 2018. Auch in den Niederlanden wurden hohe Wassertemperaturen gemessen, die jedoch 25 °C nicht überschritten. Bei allen sechs Schweizer Rheinstationen zwischen dem Bodensee und Basel wurde im Juli und August 2022 der 25 °C Grenzwert überschritten. Teilweise erreichten die Wassertemperaturen 26,3 °C. Nur die Jahre 2003 bzw. 2018 wiesen höhere Tagesmaxima auf. Im deutsch-französischen Oberrhein liegen die französischen Punktmessungen im Rahmen dieser Trends.

Trotz der hohen Wassertemperaturen war der **Sauerstoffgehalt** in verschiedenen Abschnitten des Rheins nicht im kritischen Bereich. Einige (staugeregelte) Hauptnebenflüsse zeigten 2022 allerdings kritische Sauerstoffwerte. In der oberen Mosel sank der Sauerstoffgehalt im Mai/Juni 2022 kurzfristig unter 4 mg/l, im August/September wurde der Sauerstoffgehalt dagegen durch die auftretenden Cyanobakterienblüte gestützt (siehe unten). Nach dem Alarmplan Main Gewässerökologie kam es am Main vor allem zu Beginn der Wachstumsperiode 2022 und im Herbst 2022 zu kritischen Sauerstoffdefiziten. An beiden Gewässern wurden vorbeugend Maßnahmen zur Stabilisierung des Sauerstoffhaushalts ergriffen (Turbinenbelüftung, Wehrüberfall). Im Bereich des Neckars traten im Jahr 2022 keine sauerstoffbedingten Defizite auf, die eine Veranlassung von Belüftungsmaßnahmen nach sich gezogen hätten. Der Witterungsverlauf im Frühjahr/Frühsummer 2022 begünstigte stabile Verhältnisse beim Phytoplankton mit seinen sauerstoffproduzierenden und -zehrenden Tageszyklen. An kleineren Gewässern im Rheineinzugsgebiet – insbesondere bei Flüssen mit hohem Anteil an gereinigtem Abwasser oder Stauhaltungen traten z.T. sehr niedrige bis kritische Sauerstoffkonzentrationen auf.

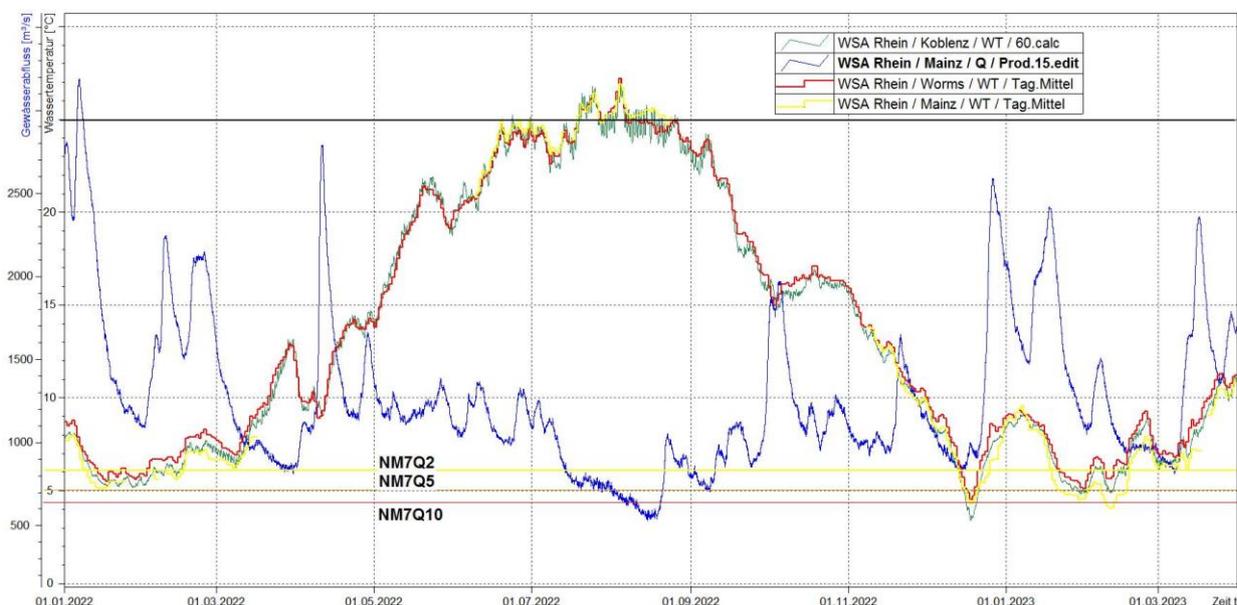


Abbildung 8: Temperaturentwicklung an einigen Rheinpegeln zwischen Januar 2022 und März 2023

Die niedrigen Wasserstände und die hohen Wassertemperaturen wirkten sich mancherorts auf die **Lebewesen** im Wasser aus.

Von Juli 2022 bis Mitte August 2022 blieb der Abfluss am Alpenrhein (Pegel Lustenau, Vorarlberg) im Bereich der niedersten jahreszeitlichen Werte der Beobachtungsreihe, an einzelnen Tagen entstanden sogar neue saisonale Minima. Aus mehreren kleineren Bächen mussten Fische geborgen und umgesetzt werden. In der Dornbirnerach in Vorarlberg ist es Ende Juli 2022 zu einem Fischsterben gekommen. Als wahrscheinlichster Grund für das

Fischsterben wurden die hohen Wassertemperaturen – es wurden bis zu 29 °C gemessen – und der sauerstoffzehrende Bewuchs in der Dornbirnerach vermutet.

Trotz hoher Wassertemperaturen und niedriger Wasserstände kam es im Hochrhein und seinen Nebenflüssen nur vereinzelt zu Fischsterben. Betroffen waren insbesondere Äschen, Forellen und Barben. Die Fischereibehörden gehen davon aus, dass das Ausbleiben eines Massensterbens wie im Jahr 2018 zum einen mit der geringen Populationsgröße vor allem von Äschen zusammenhängt (bei weniger Fischen sind hohe Mortalitätsraten schwerer zu erkennen) und zum anderen damit, dass die Wassertemperaturen nicht die Höchstwerte wie im Jahr 2018 erreichten und die Hitzewellen nicht so lange anhielten.

Im deutschen Teil des Einzugsgebietes wurde kein bedeutendes witterungsbedingtes Fischsterben im Rhein beobachtet, allerdings starben Fische in Teichen, Altwassern oder kleineren Seen der Flussauen (in Nordrhein-Westfalen, Baden-Württemberg und Bayern). In Auengewässern waren auch Amphibien stark betroffen. Die Sauerstoffversorgung des fließenden Rheins sowie (staugeregelter) Hauptnebenflüsse war bis auf wenige Ausnahmen für Fische trotz der hohen Temperaturen ausreichend bzw. oberhalb der für Fische kritischen Marke von 7 mg/l. Vereinzelt, kleinere Muschelsterben, wie z. B. 2018 im rheinland-pfälzischen Oberrhein beobachtet, blieben 2022 im Rhein aus. Grundsätzlich waren die Jungfischbestände und auch die Makrozoobenthos-Untersuchungen unauffällig, es sind keine Verluste von Makrozoobenthosbeständen des Rheins in den Phasen hoher Wassertemperaturen gemeldet oder behördlicherseits beobachtet worden.

Im Rheineinzugsgebiet fielen Quellbereiche und Oberläufe von Gewässern z. T. trocken. Regional wurden Gewässer vor dem Trockenfallen abgefischt, und die Fische in Fischzuchten oder andere Gewässer umgesetzt, um die Bestände zu erhalten. Vermehrt wurden auch andere Maßnahmen getroffen (Ausbaggerung von Niedrigwasserrinnen und Mündungsbereichen, künstliche Beschattungen und Belüftungen, Begehungs- und Badeverbote an kritischen Stellen u. a.) (Aquaplus 2021, 2022; Achermann & Egloff 2023). Durch das Austrocknen von kleineren Fließ- und Seitengewässern kam es in anderen Schweizer Gewässern neben dem Hochrhein zu Fischsterben und teilweise zum Sterben von Makrozoobenthos. Auch in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen wurde stellenweise das Austrocknen von Bachoberläufen beobachtet, jedoch kein dadurch bedingtes Absterben des Makrozoobenthos.

Im Sommer 2022 trat wie bereits in den meisten Sommern seit 2017 eine Cyanobakterienblüte der Toxine bildenden Gattung *Microcystis* im gesamten deutschen Moselabschnitt auf, die erst gegen Ende September 2022 endete. Daher wurden in Rheinland-Pfalz aus Vorsorgegründen Warnhinweise zur Freizeitnutzung an der Mosel veröffentlicht.

Im Vergleich zu 2017/2018 und nachfolgenden Sommern (nur in 2021 gab es keine Massenentwicklung von Blaualgen in der Mosel) war die Cyanobakterienblüte 2022 in der Mosel nochmals deutlich stärker ausgeprägt und aufgrund der langanhaltenden niedrigen Abflussverhältnisse bis in den frühen Herbst 2022 andauernd. Durch gezielte Messungen der BfG wurden die durch die Cyanobakterien gebildeten Toxine (*Microcystine*) in den August- und Septemberproben 2022 nachgewiesen, allerdings in Konzentrationen, die unter den Grenzwerten für Badegewässer lagen.

Die Entstehung der „Blaualgenblüten“ wurde durch die aufgrund des Niedrigwassers lange Aufenthaltszeit des sehr langsam fließenden Wassers in den Staustufen in der Mosel bis Ende September 2022 und im Neckar im August 2022 begünstigt. Starke Sonneneinstrahlung und hohe Wassertemperaturen von über 25 °C über längere Zeiträume verstärkten dies. Am Mittelrhein konnten sich bei geringer Strömung in ufernahen Flachwasserbereichen flächige Massenentwicklungen von Fadenalgen ausbilden und die Sohle vollständig überdecken.



Abbildung 9: Mäuseturm Bingen (Mittelrhein) und Fadenalgen, Juli 2022 (Foto: M. Brunke)

Auch in einem kleinen Baggersee (Bruggerloch) in der Gemeinde Höchst in Vorarlberg kam es im November 2022 zu einer Algenblüte, hier verursacht durch das Cyanobakterium *Planktothrix rubescens*.

In der Waal und der IJssel hat der niedrige Abfluss zum Austrocknen der Seitenarme und zum Verlust von aquatischem Lebensraum geführt. Die Seitenarme entlang der Waal waren im Jahr 2022 zwischen 85 und 283 Tagen trocken (durchschnittlich 158 Tage). Außerdem besteht bei Niedrigwasser ein erhöhtes Risiko von Fischschäden durch Schiffsschrauben. Dieses Risiko ist auf der Waal am größten, da sie stark befahren wird und die Hauptmigrationsroute für mehrere Arten ist. Aale sind durch Kollisionen mit Schiffen besonders gefährdet, da sie schlecht hören und sehen können. Die Wahrscheinlichkeit eines Zusammenstoßes zwischen Aalen und Schiffen ist bei niedrigem Wasserstand und kurz nach einem Anstieg des Wasserstandes am größten, da Aale dann zur Abwanderung angeregt werden (Schulte & Van Winden, 2024).

#### **4 Besondere Betroffenheiten (Nutzungseinschränkungen, Schäden, Vorkommnisse) und getroffene Maßnahmen**

*Hinweis: getroffene Maßnahmen sind im Text unterstrichen.*

Durch den trockenen und heißen Sommer kam es zu einem deutlich erhöhten **Wasserverbrauch**, zahlreichen Wasserentnahmeverboten (u. a. für die landwirtschaftliche Nutzung), Aufrufen zum Wassersparen (gerichtet an Öffentlichkeit, Landwirtschaft und Industrie) sowie großflächig zu Ertragsausfällen in der **Landwirtschaft**. Allgemein konzentrierten sich die Einschränkungen der Wassernutzung auf die Entnahme aus kleineren und mittleren Fließgewässern und lokalen Grundwasservorkommen. Obwohl die öffentliche **Wasserversorgung** bis auf wenige Einzelfälle gewährleistet werden konnte, erlangte das Trocken-/Niedrigwasserereignis – nur vier Jahre nach dem Extremereignis 2018 – große mediale Aufmerksamkeit und führte zu einer Verstärkung des Problembewusstseins der Öffentlichkeit und Nutzer. Lokal entstanden auch vereinzelt Konflikte zwischen der Wassernutzung und dem Gewässerschutz. Im Folgenden werden die wichtigsten Entwicklungen und Probleme der Staaten im Rheineinzugsgebiet in Bezug auf Wasserversorgung und -verbrauch sowie getroffene Maßnahmen zusammengefasst:

- In der **Schweiz** verzeichneten einige Kantone Versorgungsengpässe bei der **öffentlichen Wasserversorgung**, die aber grösstenteils über die Wasserversorgungsnetze (aus Regionen mit ausreichendem Wasservorkommen) ausgeglichen werden konnten. Vereinzelt waren Nutzungseinschränkungen oder Notversorgungsmassnahmen notwendig, letzteres betraf in erster Linie Alpwirtschaften. In vielen Kantonen riefen Gemeinden bzw. deren Wasserversorgungen zum Wassersparen auf. Die Trockenheit hatte bedeutende Folgen für die schweizerische **Landwirtschaft**; insbesondere Gras- und Maisbestände litten gebietsweise stark. Vielerorts mussten Heuvorräte für den Winter bereits im Sommer verfüttert werden. Überdurchschnittlich hohe Erträge waren hingegen für Winterkulturen wie Winterweizen zu verzeichnen, die in diesem Jahr ungewöhnlich früh ausreiften und dadurch der

Sommertrockenheit weniger ausgesetzt waren. Die niedrigen Wasserstände der Fließgewässer gingen einher mit Einschränkungen der Entnahmen für die landwirtschaftliche Bewässerung im Mittelland, im Jura und an der Alpennordflanke. Diese wurden für den Zeitraum Juni bis September, in Einzelfällen bis Oktober beschlossen. Ohne Bewässerung kam es z. B. zu Qualitätseinbußen bei der Kartoffelernte. In der Schweiz waren die häufigsten kurzfristigen Massnahmen seitens der Kantone die Einberufung von Arbeitsgruppen oder Sonder- und Krisenstäben sowie Kommunikationsmassnahmen an die Bevölkerung. Zwei Kantone vergaben Ausnahmebewilligungen für befristete Wasserentnahmen mit einer Unterschreitung der Mindestrestwassermengen. Zum Schutz der Gewässerökologie waren 2022 Notabfischungen sowie Bade- und Betretverbote in Fließgewässern besonders verbreitet. Eher seltenere Massnahmen betrafen die Schaffung von Rückzugs- oder Ausweichmöglichkeiten für die Fischfauna (Ausbaggerungen von Niedrigwasserrinnen, künstliche Beschattung, Frischwasserzufuhr).

- In **Österreich** konnte die Wasserversorgung durch bereits errichtete Verbundleitungen und Vernetzung zwischen Gemeinden und öffentlichen Wasserwerken sichergestellt werden. Darüber hinaus waren 2022 im österreichischen Rheineinzugsgebiet aufgrund von Auswirkungen der Dürre **keine weiteren Maßnahmen zur Sicherstellung der Wasserversorgung** erforderlich. Allerdings mussten aus mehreren kleineren Bächen Fische geborgen und umgesetzt werden. In der Dornbirnerach kam es Ende Juli 2022 zu einem Fischsterben.
- In **Liechtenstein** konnte ein geringeres Wasserdargebot durch eine gute Vernetzung der Wasserwerke abgefangen werden und es gab **keine Engpässe in der öffentlichen Wasserversorgung**. Jedoch führte die Trockenheit teilweise zu Wasserknappheit in den Bächen und entsprechenden **Problemen für die Wasserlebewesen**. Die geringe Wasserführung schränkte zudem die Bewässerungsmöglichkeiten für **landwirtschaftliche Kulturen** ein. Durch fortlaufende Beobachtung der Situation konnte aber auf ein Verbot von Wasserentnahmen für die Landwirtschaft verzichtet werden. Dennoch war es notwendig, zur Bewässerung landwirtschaftlicher Kulturen zum Teil auch auf Wasser aus dem öffentlichen Trinkwassernetz zuzugreifen.
- In **Deutschland** kam es in einzelnen Bundesländern zeitweise und lokal zu **Engpässen in der öffentlichen Wasserversorgung**. Teilweise riefen die Wasserversorger zum Wassersparen auf oder erließen Wassersparanordnungen. Im deutschen Rheineinzugsgebiet wurden verbreitet - größtenteils ab Juli und auch über den August hinaus - Einschränkungen des wasserrechtlichen Gemeindegebrauchs durch die zuständigen Behörden veranlasst. Zum Teil wurden auch zugelassene Wasserentnahmen für die landwirtschaftliche Bewässerung, den gewerblichen Gartenbau oder für andere Zwecke reduziert oder auf Zeit widerrufen. Insgesamt machte das Niedrigwasserereignis 2022 (auch angesichts der Erfahrungen der Niedrigwasserjahre 2015 bis 2018) klar, dass die zuständigen Behörden konsequent und intensiv Kontrollen von Benutzungen durchzuführen, die Gewässer zu beobachten, Nutzer zu beraten und erforderlichen Maßnahmen in die Wege zu leiten haben. Instrumente wie der Niedrigwasserinformationsdienst Bayern oder das Niedrigwasser-Informationszentrum Baden-Württemberg (siehe auch Kapitel 5.2) trugen wesentlich zur Information der Öffentlichkeit bei und unterstützten die Behörden bei der Wahrnehmung ihrer Aufgaben. Beispiele für gewässerökologisch orientierte Warn- und Alarmpläne, die bei Niedrigwasserverhältnissen eine besondere Rolle spielen, gibt es in Rheinland-Pfalz, Baden-Württemberg und im Einzugsgebiet des Mains. In Rheinland-Pfalz wurde im Juli 2022 aufgrund hoher Wassertemperaturen gemäß dem im landeseigenen Hitzeaktionsplan implementierten Stufenplan die Handlungsstufe 1 ausgelöst, die bei Gewässertemperaturen > 25 °C bzw. in einigen speziellen Fällen sogar schon > 18,5 °C verstärkte Beobachtungen und Vorbereitungen der Behörden und industriellen/gewerblichen Wärmeeinleiter vorsieht. Handlungsstufe 2, die konkreten Maßnahmen zur Minderung des Wärmeeintrags erfordert (z. B. Nutzung der Möglichkeiten der Luftkühlung anstelle von Kühlwasser, Vorziehen geplanter Revisionsarbeiten), musste 2022 nicht ausgelöst werden. Um den Sauerstoffgehalt im gestauten Neckarabschnitt zu stützen, gibt es in Baden-Württemberg seit 1980 Vereinbarungen: Kraftwerksbetreiber und die Stadt Stuttgart – mit der größten

Kläranlage am Neckar – haben sich verpflichtet, bei kritischen Sauerstoffgehalten unter 4 Milligramm pro Liter Belüftungsmaßnahmen zu ergreifen. 2022 mussten allerdings keine Stützmaßnahmen ergriffen werden. Darüber hinaus wurden im Rahmen des [Alarmplans Main Gewässerökologie](#) wegen hoher Wassertemperaturen und Sauerstoffdefizite bei niedrigen Abflüssen Warnstufen ausgerufen: 50 Tage die verwaltungsinterne „Vorwarnung“ und 7 Tage „Warnung“. Getätigte Maßnahmen umfassten die Information der Öffentlichkeit, die Inbetriebnahme der Turbinenbelüftung am Wasserkraftwerk Kleinostheim und die Aufforderung an Kommunen und Unternehmen (Direkteinleiter) sowie die Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung, verschlechternde Aktivitäten (z. B. Kanalspülungen, verschiebbare Wartung von Abwasserreinigungsanlagen, Sedimenträumung in der Schifffahrtsstraße Main) zu unterlassen. Direkteinleiter wurden intensiv beraten. Im Main-Einzugsgebiet wurden im Rahmen der Niedrigwasseraufhöhung – außerdem zwischen Mitte Juni 2022 und Anfang Oktober 2022 fast 80 Mio. m<sup>3</sup> Wasser über die Kanalüberleitung und etwa 25 Mio. m<sup>3</sup> über die Brombachseeüberleitung vom Donau-Einzugsgebiet in das Regnitz-Maingebiet übergeleitet. Auf diese Weise konnten die Vorgaben zur Niedrigwasseraufhöhung gemäß Betriebsvorschrift des Überleitungssystems gewährleistet und damit das Niedrigwasser gemildert werden, auch wenn zeitweise – von Mitte Juli bis Mitte August – die Überleitung von Donauwasser in das Maingebiet wegen Unterschreitung des hierfür festgelegten Mindestabflusses in der Donau eingestellt werden musste. Im Bereich der **Landwirtschaft** waren Ertragseinbußen vor allem in der Mitte und im Süden des deutschen Rheineinzugsgebietes zu verzeichnen. Verbreitet waren Notreifungen beim Getreide, fehlender Aufwuchs im Grünland sowie Welkeerscheinungen bei Zuckerrüben die Folge. Des Weiteren traten im Obst- und Weinbau Sonnenbrandschäden auf. Im nordwestlichen Bayern (Regierungsbezirk Unterfranken) gingen z. B. die Erträge bei Kartoffeln und Silomais um rund 35 %, bei Zuckerrüben um rund 17 % im Vergleich zum 10-jährigen Mittel zurück. Dagegen war bei der Wintergerste aufgrund der vergleichsweise feuchten Herbst-/Wintermonate 2021/2022 ein leichter Anstieg der Erträge festzustellen.

- In **Frankreich** wurden vom Staat Maßnahmen zur vorübergehenden Einschränkung bestimmter Wassernutzungen von Mitte Juli bis Mitte Oktober 2022 verhängt, um insbesondere die **Trinkwasserversorgung und die natürlichen Lebensräume zu schützen**. Diese Maßnahmen zielten auf den Verbrauch von Privatpersonen und Gemeinden sowie auf die industrielle, gewerbliche und landwirtschaftliche Nutzung ab. Auch Wasserbauwerke und die Schifffahrt waren betroffen. In jedem betroffenen Departement wurden vom Staat Wasserressourcenausschüsse aktiviert; während der Niedrigwasserperiode fanden mehrere Ausschusssitzungen statt. Der Niedrigwasser-Informationssdienst der DREAL veröffentlichte von Anfang Mai bis Mitte November 2022 wöchentliche Niedrigwasser-Lageberichte.
- Im Jahr 2022 sind in **Luxemburg** viele **kleinere Fließgewässer** zum ersten Mal oder nach 2020 zum zweiten Mal **trockengefallen**, wobei neue Tiefststände gemessen wurden. Berichte über größeres Fischsterben gab es nicht, dennoch war die Situation wegen geringer Abflüsse und hoher Wassertemperaturen angespannt. Die **Trinkwasserversorgung** blieb trotz der meteorologischen Dürre stabil, da der Füllstand der Esch-Sauer-Talsperre (50% der nationalen Trinkwassergewinnung) ausreichend hoch war. Die **Landwirtschaft** war von der Dürre betroffen, allerdings ist der Anteil der Bewässerungslandwirtschaft in Luxemburg noch gering. Im Rahmen einer Sensibilisierungskampagne ab dem 16. Juni wurde zu Wassersparmaßnahmen aufgerufen und auf eine Wachsamkeitsphase ab dem 13. Juli erhöht. Mit Beginn des Kollektivurlaubs konnte der nationale **Wasserverbrauch** erneut deutlich verringert und die Wachsamkeitsphase am 4. August beendet werden. Die Sensibilisierungskampagne zum Wassersparen ist allerdings weiter in Kraft geblieben. Entnahmen aus Fließgewässern waren wie in den meisten vorangegangenen Jahren (bis auf einige Ausnahmen) vom 13. Juli bis 5. Oktober verboten, die Schifffahrt auf der Mosel nur geringfügig betroffen. Im Sommer 2022 wurde ebenfalls eine Niedrigwasserabflussmesskampagne insbesondere an kleineren Gewässern durchgeführt, um die sogenannten Niedrigwassergefährdungskarten zu erstellen. Das Niedrigwasser 2022 wird in einem weiteren Projekt aufbereitet.

- In den **Niederlanden** waren das Management Team Wasserknappheit, die Nationale Koordinierungskommission für Wasserverteilung und die Regionalen Trockenheitsberatungen aktiv. In Zeiten von (drohender) Wasserknappheit sind diese Krisenteams für die Beratung und Entscheidungsfindung über Maßnahmen verantwortlich, um die negativen Auswirkungen von Trockenheit und Niedrigwasser so gering wie möglich zu halten. Hierzu wird die gesetzlich festgelegte Verdrängungsreihe verwendet. Dies hatte **Auswirkungen für die Wassernutzer**. Regional wurden Entnahmeverbote für Oberflächen- und Grundwasser erlassen. Die Auswirkungen der Trockenheit und des Niedrigwassers waren letztendlich vor allem in der **Landwirtschaft, der Natur und den Wasserfreizeitaktivitäten** spürbar (*für Auswirkungen der Schifffahrt, siehe unten*). Durch die starke Trockenperiode von Mitte Juli bis Anfang August entstanden Schäden an den Feldfrüchten. Es gab regionale Unterschiede bei den Auswirkungen der Wasserknappheit auf die **Landwirtschaft**. Insbesondere im Süden und Osten der Niederlande führte die Bodenaustrocknung zu Wachstumsstagnation und geringeren Ernteerträgen. Auch für die Natur waren die Auswirkungen der Trockenheit – mit niedrigen Grundwasserständen als Folge – deutlich spürbar. Dies hatte Auswirkungen auf die Flora und Fauna, darunter Fische, Amphibien, Vögel, Wald-, Heide- und Moorgebiete. Besonders von Mitte August bis September war die Situation besorgniserregend. So hatten Wiesenvögel Probleme, Wald und Heide trockneten aus, Fischpässe wurden geschlossen und Bäume auf hohen Sandböden starben ab oder gingen in den Herbstmodus. Zusätzlich gab es Wasserqualitätsprobleme (Blualgen und Botulismus), die zu Fischsterben führten. Im ganzen Land wurden Badeverbote erlassen. Es entstanden Schäden an Naturschutzgebieten, darunter Moorgebieten, wo keine Wasserzufuhr möglich war. **Bodensenkungen** in den Niederlanden sind ein fortlaufender Prozess, wobei ein trockenes Jahr wie 2022 mit **unterdurchschnittlichen Grundwasserständen** diesen Prozess und die damit verbundenen Schäden an Fundamenten und Infrastrukturen beschleunigt.

Nachstehend werden die **Folgen und Maßnahmen** (*im Text unterstrichen*) für **verschiedene weitere Nutzungen** beschrieben:

Was den Energiesektor betrifft mussten **Kraftwerke** (Wärme- und Wasserkraftwerke wie Kernkraftwerke und Kohlekraftwerke, Wasserkraftwerke) am Rhein und Rheinbegewässern aufgrund der geringen Abflüsse und/oder zu hohen Wassertemperaturen ( $> 25\text{ °C}$ ) (vgl. Abbildung 8) ihre Leistung drosseln und die Stromproduktion reduzieren, was mit Maßnahmen und Regelungen zum Verbot zusätzlicher Wärmeeinleitungen einhergeht. *Kernkraftwerke (KKW)* in der Schweiz mussten ihre Kühlwasserentnahme reduzieren. Eine Ausnahme war das KKW Beznau (CH), das, obwohl die Temperatur der Aare die gesetzlichen Vorgaben überschritt ( $> 25\text{ °C}$ ), mit gedrosselter Leistung weiter produzieren und Kühlwasser einleiten durfte (Begründung: Versorgungssicherheit).

In Frankreich sieht das Umweltgesetzbuch vor, dass die Auswirkungen von Wärmeeinleitungen folgende Bestimmungen erfüllen müssen:

- Die Wärmeeinleitung darf in Salmonidengewässern zu einem Temperaturanstieg von höchstens  $1,5\text{ °C}$  und in Cyprinidengewässern zu einem Temperaturanstieg von höchstens  $3\text{ °C}$  führen,
- Die Wärmeeinleitung darf nicht dazu führen, dass in Salmonidengewässern eine Temperatur von  $21,5\text{ °C}$ , in Cyprinidengewässern eine Temperatur von  $28\text{ °C}$  und in Gewässern, die der Trinkwasserversorgung dienen, eine Temperatur von über  $25\text{ °C}$  überschritten wird.

Die im IKSR-Bericht 2018 und teils im vorliegenden Bericht erwähnten Kernkraftwerke Mühleberg (CH), Fessenheim (FR), Philippsburg (DE-BW) und Neckarwestheim (DE-BW) sind inzwischen stillgelegt.

Für die *Wärme- und Wasserkraftwerke* an Rhein und Neckar in Baden-Württemberg griff das mit den Betreibern und dem Land etablierte Wärmereglement. Während der Niedrigwasserlage und der zwischenzeitlich hohen Wassertemperaturen wurde seitens der Betreiber täglich an die Regierungspräsidien ein Lagebericht zu den tatsächlichen Kraftwerksdaten übermittelt. Wegen der steigenden Wassertemperaturen wurde im Juli ein begleitendes Gewässermonitoring am Neckar an den Kraftwerksstandorten Stuttgart-Münster, Marbach und Neckarwestheim sowie am Rhein bei Karlsruhe durchgeführt. Das mit Steinkohle befeuerte *Dampfkraftwerk (Kohlekraftwerk)* Staudinger am hessischen Main musste im

Sommer vorübergehend den Betrieb drosseln, da einerseits der Kohletransport per Schiff, andererseits die Kühlwasserversorgung infolge der relativ hohen Wassertemperaturen eingeschränkt war.

Aufgrund der geringen Abflüsse reduzierte sich auch die Wasserkraftnutzung bzw. die Stromproduktion folgender *Wasserkraftwerke* deutlich (z. B. in CH: -15.2 % gegenüber 2021): Laufenburg und Rheinfeldern (Hochrhein, betrieben durch DE-CH), Iffezheim (DE), Gamsheim (betrieben durch DE-FR) und alle französischen Wasserkraftwerke (Gerstheim, Marckolsheim, Rhinau, Straßburg, Fessenheim, Kembs, Ottmarsheim und Vogelgrün). An weiteren abflussschwächeren Bächen und Flüssen mussten Wasserkraftanlagen außer Betrieb genommen werden. Verbreitet haben Anlagen ohne Festlegungen zur Mindestwasserabgabe in den entsprechenden Genehmigungen kein Restwasser mehr abgegeben.

Niedrigwasser hat negative **wirtschaftliche Folgen**, sowohl für die **Binnenschifffahrt** als auch auf die Rheinschifffahrt angewiesenen **Unternehmen am Rhein**. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass Wirtschaft und Industrie 2022 bereits unter der Energiekrise infolge des russisch-ukrainischen Kriegs und den Nachwirkungen der COVID-19-Pandemie litten. Ein großer Chemiestandort am Rhein musste die Produktion einschränken, weil die Rohstoffversorgung über den Wasserweg begrenzt war und nicht vollständig durch andere Wege ersetzt werden konnte. Durch die geringen Abflüsse stellten sich am gesamten schiffbaren Rhein Ende März sowie von Mitte Juli bis Mitte September 2022 extrem niedrige Wasserstände ein, welche die **Schifffahrt** stark beeinträchtigten. Während des Niedrigwasserereignisses 2022 begannen die diesbezüglichen Behinderungen ungewöhnlich früh im Jahr. Niedrigwasserereignisse sind für die Binnenschifffahrt nicht neu, aber ihre Anfälligkeit hat zugenommen – wegen extremer Wetterbedingungen, größerer und tieferer Schiffe und hoher Anforderungen durch das "Just-in-Time"-Prinzip der Logistikketten. Das Niedrigwasser 2022 führte trotz einer im Vergleich zu 2018 geringeren Anzahl an Niedrigwassertagen zu **erheblichen wirtschaftlichen Einbußen** (ZKR, „Act now“) (siehe Abbildung 10). Frachtschiffe konnten nur gering beladen werden oder mussten ihre Fahrt einstellen, was die Gütermenge pro Fahrt und die Gesamtverkehrsleistung reduzierte. Teilweise wurde auf andere Verkehrsträger ausgewichen und Frachtraten wurden erhöht, um den Kapazitätsverlust auszugleichen. Gesucht waren auch kleinere, flachgehendere Schiffe; vereinzelt waren auch moderne Großmotorgüterschiffe nach den Erfahrungen von 2018 niedrigwasserbezogen ertüchtigt worden. Um den Verlust auszugleichen, erhoben die Binnenschifffahrtsgesellschaften Zuschläge auf die Frachtraten, die die Beförderungspreise erhöhten (sogenannte „Kleinwasserzuschläge“). Einschränkungen im Transport und Versorgung der Unternehmer wirkten sich auch unmittelbar negativ auf die Bevölkerung aus, die teils Preiserhöhungen (Energie/Heizung, Treibstoff, Produkte) erleben musste (Quelle: DW, Fokus). Zusätzlich sorgten in den Niederlanden Schleusenbeschränkungen zur Verhinderung von Versalzung, unter anderem bei den Schleusen von IJmuiden, für längere Wartezeiten und Staus an den Schleusen.

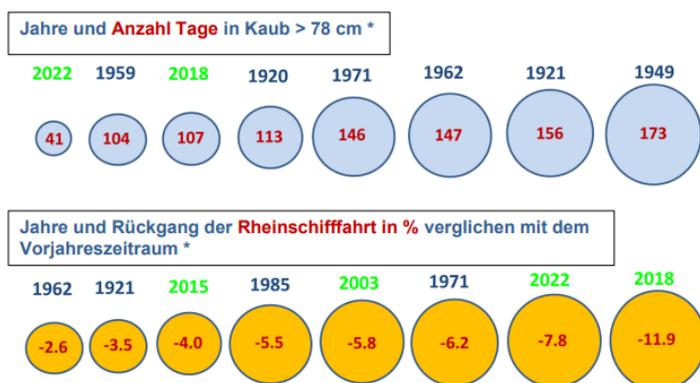


Abbildung 10: Anzahl der Niedrigwassertage im Vergleich zur Auswirkung auf die Rheinschifffahrt<sup>8</sup> (Quelle: ZKR-Berechnung nach Daten von Destatis und der WSV, bereitgestellt von der BfG)

<sup>8</sup> Im Zusammenhang mit dieser Abbildung ist zu beachten, dass das Jahr 2022 bei weitem nicht das achtlängste Niedrigwasserereignis der letzten 100 Jahre ist. Da es jedoch an zweiter Stelle der Niedrigwasserjahre steht, die

Andererseits lockten die Rekordniedrigwasserstände sowie das gute Wetter im Sommer 2022 viele Touristen an („**Niedrigwassertourismus**“). **Lokale touristischen Reedereien und Kreuzfahrtschiffe** wurden zwar beeinträchtigt, konnten ihren Betrieb jedoch durch Anpassungen aufrechterhalten, wenn auch mit einigen Einschränkungen und zusätzlichen organisatorischen Maßnahmen. Auch an einzelnen Seen wie Bodensee und Lac de Joux (CH) erfuhr die Schifffahrt Einschränkungen.

Dürre hat auch **sicherheitsbezogene Effekte**. Die Trockenheit löste eine große Waldbrandgefahr aus. Am Rhein kam es in Folge der niedrigen Wasserstände zu Munitionsfunden (z. B. Granaten), die geborgen werden mussten. In den Niederlanden standen die (Torf-)Deiche unter strenger Kontrolle, um die Risiken von Rissbildungen und Ähnlichem rechtzeitig einschätzen zu können.

*Referenzen verwendet im Bericht oder Links zu weitergehenden Informationen zum Ereignis sowie zu den Maßnahmen finden sich in Anhang II.*

## 5. Ausblick

### 5.1 Niedrigwasser im Jahr 2023

Auch im Folgejahr kam es nach einem niederschlagsarmen Winter 2022/2023 und (mit regionalen Ausnahmen in der Nordostschweiz) einem trockenen Frühlingsanfang zu einem ausgeprägten Niedrigwasser, das allerdings dank zwischengeschalteter niederschlagsreicherer Phasen deutlich weniger extrem als 2022 ausfiel. Nachdem die Wasserstände und Abflüsse bereits im Juli auf Werte nahe dem vieljährigen MNQ gefallen waren, sorgten Niederschläge im August und September für eine zwischenzeitliche Erholung der Wasserführung der Oberflächengewässer. Erneute Trockenheit führte dann zu einem Rückgang bis hin zu den Jahresminima des Abflusses im Oktober 2023. Streckenübergreifend wurden dabei Niveaus auf einem Wiederkehrintervall von 2-5 Jahren erreicht (vgl. Tabelle 4).

*Tabelle 4: Niedrigwasserkennwerte im hydrologischen Jahr 2023 an den Pegeln Maxau (Oberrhein), Kaub (Mittelrhein) und Duisburg-Ruhrort (Niederrhein). Die Zuordnung der Wiederkehrintervalle orientiert sich an der IKSR-Klassifikation (IKSR-Bericht 248)*

| hydrologische Jahre | MNQ(1961/2020) | NQ(2023) |            | NM7Q(2023) |            |                             |
|---------------------|----------------|----------|------------|------------|------------|-----------------------------|
|                     | [m³/s]         | [m³/s]   | Datum      | [m³/s]     | Datum      | Wiederkehrintervall [Jahre] |
| Maxau               | 600            | 552      | 18.10.2023 | 574        | 20.10.2023 | 2-5                         |
| Kaub                | 792            | 744      | 19.10.2023 | 767        | 19.10.2023 | 2-5                         |
| Duisburg-Ruhrort    | 1040           | 947      | 17.10.2023 | 947        | 17.10.2023 | 2-5                         |

Starke Niederschläge im November 2023 beendeten die Niedrigwassersituation einzugsgebietsweit.

In Bezug auf Auswirkungen und getroffene Maßnahmen in 2023 wurden in der **Schweiz** in einzelnen Kantonen Wasserentnahmeverbote ausgesprochen. Für die Landwirtschaft waren die Bedingungen wegen des verhältnismäßig reichlichen Regens im Frühling deutlich besser als im Jahr 2022. Der Fokus bei den Auswirkungen der Trockenheit und Hitze auf die Gewässer lag 2023 vermehrt auf den hohen Wassertemperaturen. In **Frankreich** wurden die höchsten Wachsamkeitsstufen – d.h. "Krise" (rot) und "verstärkte Wachsamkeit" (orange) – weniger oft erreicht als 2022. Die Niedrigwassersituation 2023 wurde in **Deutschland** von den Bundesländern im Rheineinzugsgebiet unterschiedlich eingeschätzt. In Rheinland-Pfalz wurde es als „unspektakulär“ eingestuft. In Nord-Bayern wurde das Niederschlagsdefizit im Sommerhalbjahr durch hohe Augustniederschläge ausgeglichen und die Niedrigwassersituation war somit weniger ausgeprägt als 2022. In Baden-Württemberg kam es in 29 Stadt- und Landkreisen zeitweise zu Einschränkungen

die stärksten wirtschaftlichen Auswirkungen auf die Binnenschifffahrt auf dem Rhein hatten, wurde entschieden, dieses Jahr der ersten Zeile dieser Abbildung hinzuzufügen.

\* Die Weltkriegsjahre (1914-1918; 1939-1945) und die Jahre der wirtschaftlichen Depression (1919, 1923, 1931, 1932, 1975, 2009) sind ausgeschlossen. Im Jahr 2022 ist der Rückgang des Rheinverkehrs auch mit den Folgen des Krieges in der Ukraine verbunden.

des Gemeingebrauchs aus Oberflächengewässern. Vereinzelt kam es auch zum Widerruf von wasserrechtlichen Erlaubnissen.

## **5.2 Von Krisen zu Lösungen: Entwicklungen nach den Niedrigwasserereignissen 2018 und 2022**

In der **IKSR** veröffentlichten im Jahr 2020 die Rheinminister/innen das Programm „Rhein 2040“, das darauf abzielt, bis 2040 die Auswirkungen von Niedrigwasser und Dürre im Rheineinzugsgebiet zu mindern. Hierzu sollen das Niedrigwassermonitoring verbessert, die zukünftige Wasserverfügbarkeit bis 2050 analysiert und grenzüberschreitende Lösungsansätze entwickelt werden. Die Expertengruppe „Niedrigwasser“ (EG LW), die der Arbeitsgruppe „Hoch- und Niedrigwasser“ (AG H) angegliedert ist, ist mit der Arbeit an diesen Themen beauftragt. Darüber hinaus hat die IKSR 2024 im Rahmen von „Rhein 2040“ auch Abflussszenarien von Rhein und Nebenflüsse auf der Grundlage neuester Erkenntnisse über den Klimawandel aktualisiert (IKSR-Fachbericht Nr. 297). Diese neuen Szenarien – die auch Niedrigwasserindikatoren darstellen – bilden die Grundlage für die Fortschreibung bis 2025 der IKSR-Strategie zur Anpassung an den Klimawandel. Im Allgemeinen wird in Zukunft mit einem Anstieg der Abflüsse im Winter und einem Rückgang der Abflüsse im Sommer gerechnet, was zu häufigerer Dürre bzw. Niedrigwasser führen kann. Das Abflussregime wird eher durch Regen als durch Schnee- und Gletscherschmelze geprägt sein (fortschreitende „Pluvialisierung“).

Die IKSR arbeitet im Rheineinzugsgebiet **eng mit anderen Kommissionen** wie IKSMS, KHR, IGKB und ZKR zusammen, die alle die gegenwärtigen und zukünftigen Risiken von Niedrigwasser, Dürre und Wasserknappheit erkennen und ihre Arbeit in diesem Bereich verstärkt haben (siehe Referenzen im Anhang II). Beispiele sind die beiden Projekte "ASG II" und "SES" (siehe Referenzen in Anhang II) in der KHR. Seitens der ZKR wird ein Maßnahmenpaket mit vier Haupthebeln empfohlen, um die Widerstandsfähigkeit des Binnenschiffahrtssektors gegenüber Niedrigwasserereignissen zu verbessern: Fortschritte bei der digitalen Wasserstandsvorhersage, mittelfristige Infrastrukturmaßnahmen, Investitionen in angepasste Schiffe für Niedrigwasser und logistische Anpassungen wie optimierte Umschlagverfahren. Eine verstärkte und kontinuierliche Zusammenarbeit (siehe ZKR "Low Water Talks") zwischen den Akteuren sind notwendig, um effektive Lösungen zu finden.

Auf **europäischer Ebene (EU)** wurden ab 2018 zahlreiche Aktivitäten ins Leben gerufen, die darauf abzielen, die aktuellen und zukünftigen Gefahren von Trockenheiten besser zu erkennen und entsprechende Kenntnisse und Maßnahmen zu entwickeln. Dazu gehören die Arbeiten und Produkte der Ad-hoc-Gruppe "Water scarcity and drought" der Europäischen Kommission und der Mitgliedstaaten (CIS-Prozess) sowie das mit der IKSR eng kooperierende „European Drought Observatory“ (EDO) des Gemeinsamen Forschungszentrums der Europäischen Kommission (JRC), dessen Portal, Dürreberichte und -atlas sowie das vor einigen Jahren eingerichtete Europäische Netzwerk der nationalen Dürrebeobachtungsstellen (European Network of National Drought Observatories).

In der **Schweiz** haben im Zeitraum 2018 bis 2022 viele Kantone neue Maßnahmen zum langfristigen Umgang mit Wasserknappheit ergriffen. Der Trend hin zu mehr vorsorglichem Handeln zeigt sich insbesondere bei der Vernetzung der Trinkwasserversorgungsinfrastruktur sowie bei den Brauchwasserplanungen für die landwirtschaftliche Bewässerung. Drei Kantone mit Anteil am Rheineinzugsgebiet verfügen über eine kantonale Wasserstrategie (Bern, Jura, Solothurn), in rund 10 weiteren befindet sich eine solche in Erarbeitung oder Planung. Die Wasserstrategien orientieren sich an der Vision einer integralen Wasserwirtschaft und die verschiedenen Interessen bezüglich Wassernutzung, Schutz des Wassers und Schutz vor dem Wasser werden auf übergeordneter Ebene aufeinander abgestimmt.

In **Österreich** hat das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Regionen und Wasserwirtschaft im Jahr 2023 gemeinsam mit den Bundesländern einen bundesweiten Trinkwassersicherungsplan erstellt. Unter anderem fließen insgesamt 3 Mio. EUR in Forschungen zu effizienten Wassernutzungen, um auf die klimawandelbedingten Veränderungen der Grundwasserverfügbarkeit zu reagieren.

In **Frankreich** hat der Staat im Frühjahr 2023 im Rahmen seiner ökologischen Planung den Aktionsplan für eine resiliente und konzertierte Wasserbewirtschaftung mit 53 Maßnahmen gestartet, die auf die Herausforderungen der sparsamen Nutzung, der Qualität und der Verfügbarkeit der Ressourcen abzielen und die Reaktion auf Dürrekrisen verbessern sollen. Es wurde eine neue Plattform "VigiEau" entwickelt, die es den verschiedenen Wassernutzern (Privatpersonen, Gemeinden, Unternehmen, Landwirte) ermöglicht, sich über die lokale Dürrelage sowie die lokal geltenden Einschränkungen zu informieren. Darüber hinaus hat die „Agence de l'eau Rhin-Meuse“ im Herbst 2022 einen Hilfsplan speziell für Dürre für Investitionen zur Gewährleistung einer gesicherten Trinkwasserversorgung und einer sparsamen Wassernutzung verabschiedet. Diese Zuschüsse sind für Investitionen in den Bereichen Trinkwasserversorgung, Abwasserentsorgung, Wasser und Natur in der Stadt, Landwirtschaft und Industrie bestimmt. Der Plan wurde 2023 mit zusätzlichen Finanzmitteln ausgestattet.

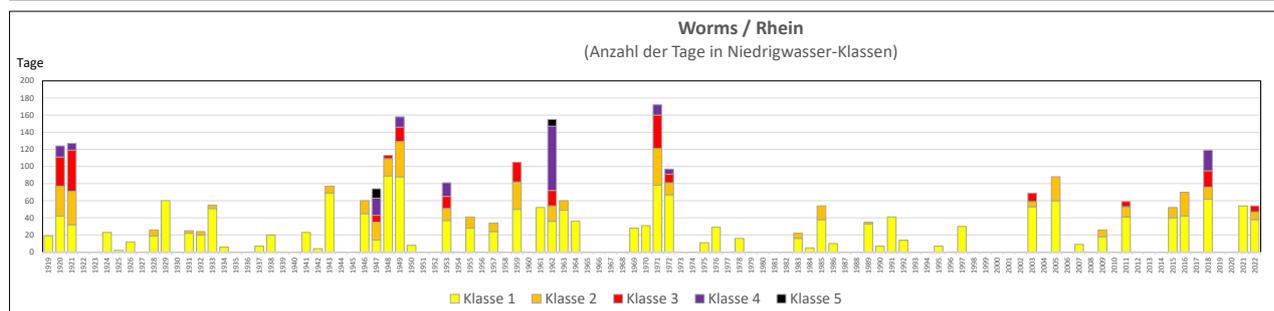
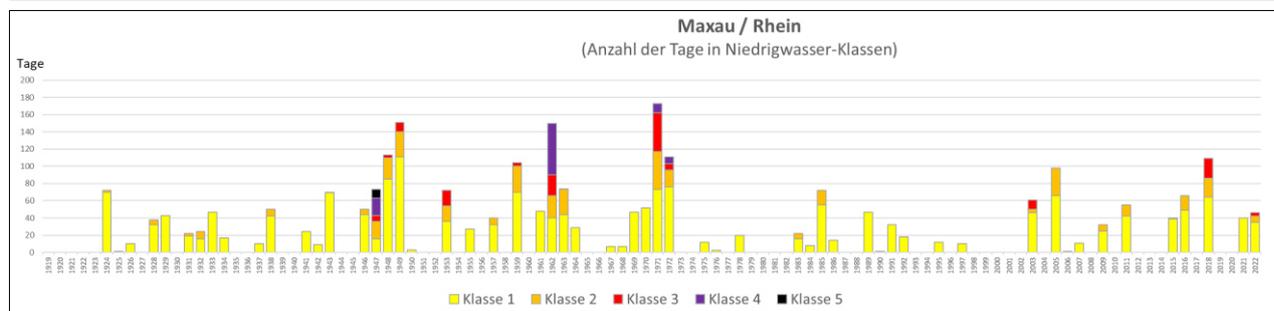
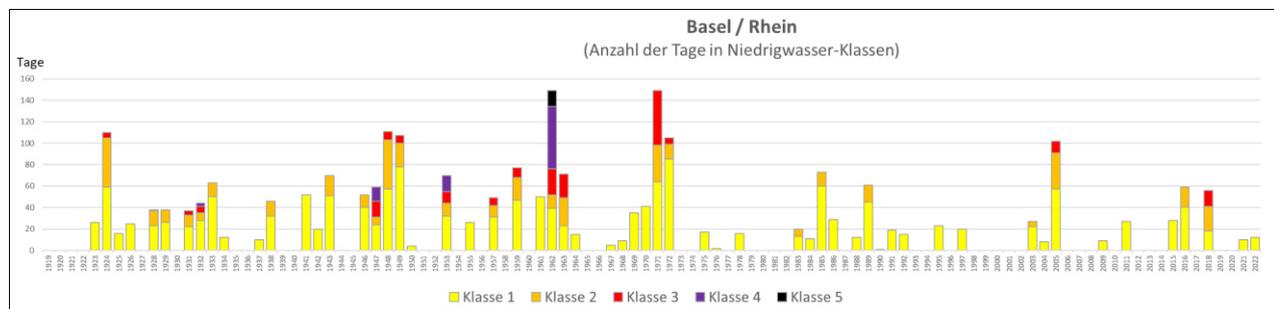
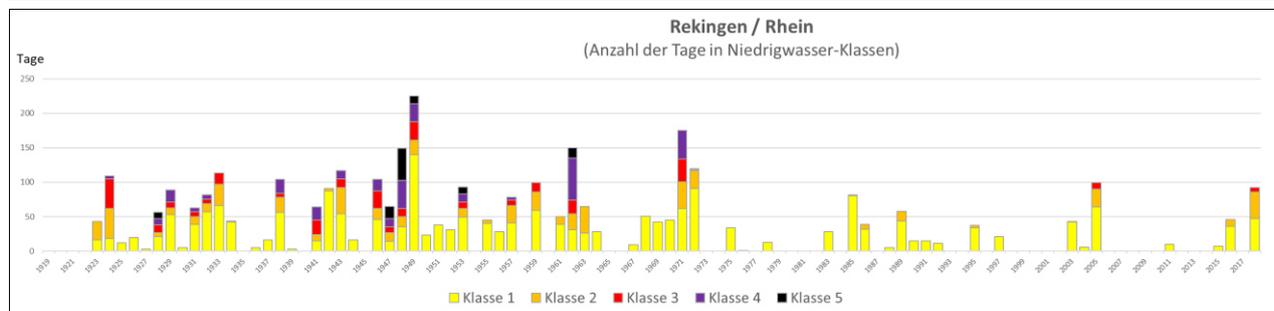
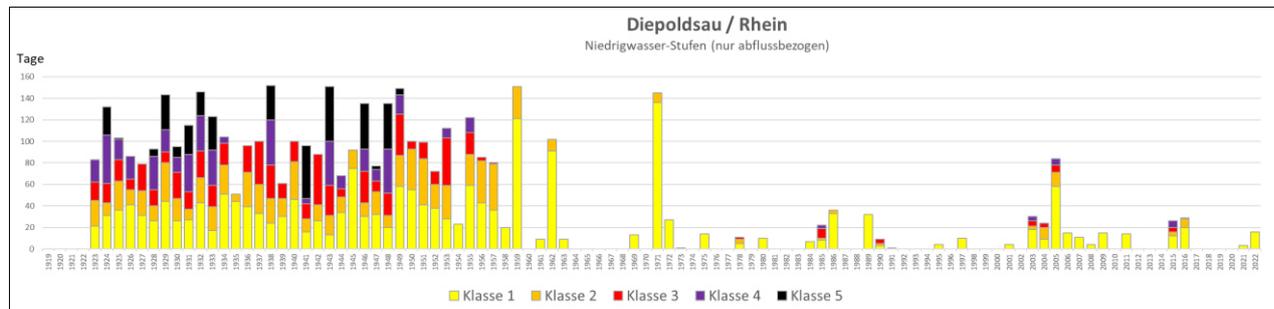
In **Deutschland** wurde z. B. im Sommer 2022 die Wassermangelstrategie Baden-Württemberg veröffentlicht. Die Strategie beinhaltet einen 12-Punkte-Plan, der ressortübergreifend umgesetzt wird, und als zentrales Element die Einrichtung des Niedrigwasser-Informationszentrums (NIZ). Als weitere übergreifende Programme/Ansätze sind die *Nationale Wasserstrategie* oder die *Wasserzukunft Bayern 2050* zu nennen. Um die Datenlage zu temporär ggf. trockenfallenden Gewässern bei zukünftigen Niedrigwassersituationen zu verbessern, hat das LANUV (NRW) für die Unteren Wasserbehörden und die Sondergesetzlichen Wasserverbände seit Mitte Juli 2024 die Möglichkeit geschaffen, per Web-Anwendung trockenfallende Gewässerabschnitte zu erfassen. Des Weiteren wurden z. B. im Saarland die Messprogramme angepasst und erweitert, um frühzeitig auf sich abzeichnende Probleme reagieren zu können („Messprogramm Cyanobakterien“). Die Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) hat Anfang 2023 eine Studie zur Niedrigwassersequenz 2015 bis 2018 veröffentlicht. In dieser Phase waren alle Bundeswasserstraßen von extremem Niedrigwasser wiederholt betroffen und vielerorts wurde die Marke der niedrigsten bekannten Wasserstände unterschritten. Das im Jahre 2025 einsatzfähige Niedrigwasser-Informationssystem (NIWIS) der BfG wird derzeit in Zusammenarbeit mit Bund und Ländern entwickelt. Es richtet sich an Fachleute sowie an Bürgerinnen und Bürger und bietet neben der Situationsdokumentation Analysetools und umfangreiche Erklärungen zur Interpretation von Zeitreihen und zum Thema Niedrigwasser. In Bezug auf die Schifffahrt und die Wirtschaftsakteure ist der Aktionsplan „Niedrigwasser Rhein“ zu erwähnen, der 2019 veröffentlicht wurde. In den vier Handlungsfelder „Informationsbereitstellung“, „Transport und Logistik“, „Infrastruktur“ und „Langfristige Lösungsansätze“ sind insgesamt acht Maßnahmen aufgestellt worden, mit denen den klimawandelbedingten Herausforderungen am Rhein begegnet werden soll. Diese reichen von der Verbesserung der operationellen Vorhersagen über die Entwicklung niedrigwassergeeigneter Schiffstypen bis zur schnelleren Umsetzung infrastruktureller Maßnahmen und gesellschaftlichem Dialog.

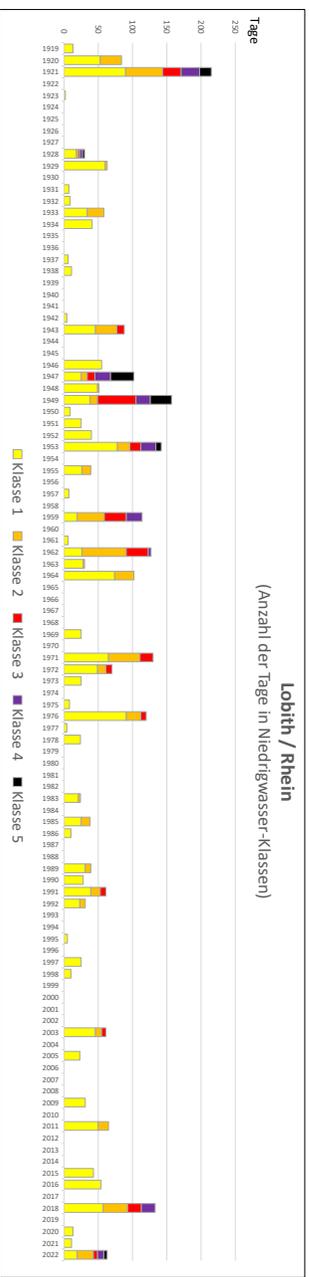
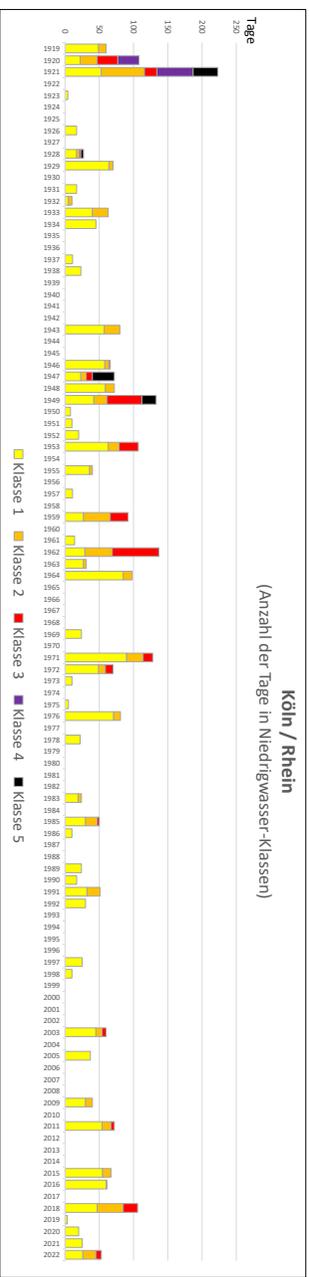
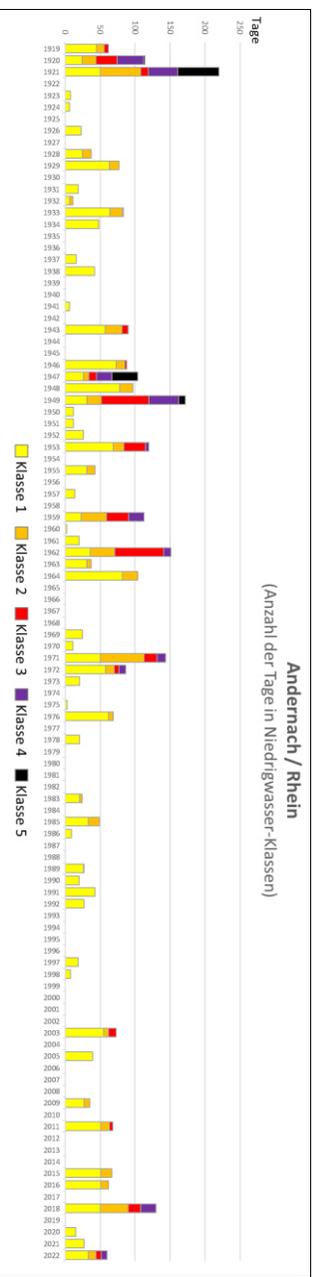
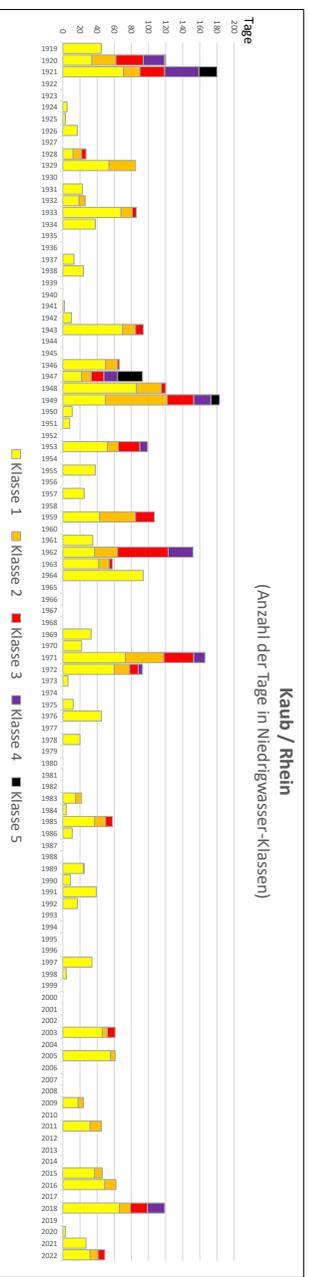
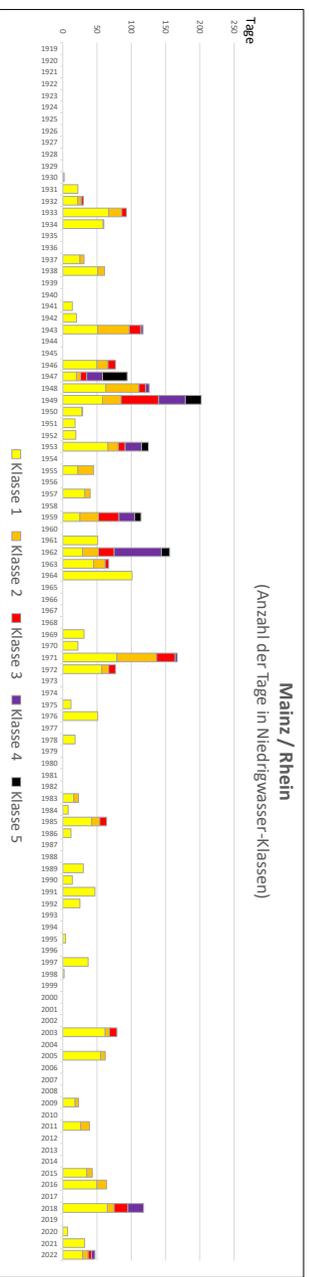
2022 wurde in den **Niederlanden** die zweite Phase des Deltaplans Süßwasser gestartet. Mit der Umsetzung dieses Plans im Zeitraum 2022-2027 wird weiter daran gearbeitet, die Niederlande gegen Trockenheit und Niedrigwasser widerstandsfähiger zu machen. Für die Umsetzung des Maßnahmenpakets stehen etwa 800 Millionen Euro zur Verfügung.

# Anhang I - Rückblickendes Monitoring einschließlich 2022

## Erläuterungen der Ausprägungsklassen:

| Farbe   | Klasse | Ausprägung      | Bezeichnung         |
|---------|--------|-----------------|---------------------|
| grün    | 0      | $\geq$ NM7Q(T2) | normal = kein NW    |
| gelb    | 1      | < NM7Q(T2)      | häufiges NW         |
| orange  | 2      | < NM7Q(T5)      | weniger häufiges NW |
| rot     | 3      | < NM7Q(T10)     | seltenes NW         |
| violett | 4      | < NM7Q(T20)     | sehr seltenes NW    |
| schwarz | 5      | < NM7Q(T50)     | extrem seltenes NW  |





## Anhang II – Referenzen und weitergehenden Informationen zum Niedrigwasser- und Dürreereignis 2022

### IKSR:

- Thema Niedrigwasser: <https://www.iksr.org/de/themen/niedrigwasser/>
- [Pressemitteilung „Niedrigwasser 2022“ \(September 2022\)](#)
- IKSR-Niedrigwassermonitoringsystem: <https://www.iksr.org/de/themen/niedrigwasser/niedrigwassermonitoring/> sowie direkter Link zur UNDINE-Seite: [http://undine.bafg.de/rhein/zustand-aktuell/rhein\\_nw\\_mon.html](http://undine.bafg.de/rhein/zustand-aktuell/rhein_nw_mon.html)
- IKSR 2020: [IKSR-Fachbericht Nr. 263](#) „Bericht zum Niedrigwasserereignis Juli-November 2018“
- IKSR 2018: [IKSR-Fachbericht Nr. 248](#) „Bestandsaufnahme zu den Niedrigwasserverhältnissen am Rhein“
- IKSR 2024: [IKSR-Fachbericht Nr. 297](#) „Klimawandelbedingte Abflussszenarien für das Rheineinzugsgebiet“
- [Rhein 2040](#)

### Referenzen zum Kapitel 3 (Beitrag der AG B und S):

- Achermann, N. & Egloff N. 2023: Tagungsbericht: Kurz- und mittelfristige Massnahmen zum Schutz der Fische und Krebse bei Trocken- und Hitzeperioden. Erfahrungen und Empfehlungen basierend auf dem JFK/BAFU Workshop vom 29.3.2023. [Fischerei und Klimawandel – Konferenz für Wald, Wildtiere und Landschaft \(KWL\) \(kwl-cfp.ch\)](#)
- AQUAPLUS 2021: Fischschutz Hochrhein – Massnahmen bei Hitzeereignissen. Fachbericht zum best-practice Handbuch. Pilotprojekt F.13 im Rahmen des Pilotprogrammes zur Anpassung an den Klimawandel. 56 S. und Anhang A–E
- AQUAPLUS 2022: Fischschutzmassnahmen bei Hitzeereignissen. Arbeitshilfe. Pilotprojekt F.13 im Rahmen des Pilotprogrammes zur Anpassung an den Klimawandel.
- Deltares 2023: Relatie afvoer Maas en Rijn en waterkwaliteitsproblemen met oog op Drinkwaterbereiding, [https://publications.deltares.nl/11209246\\_011\\_0003.pdf](https://publications.deltares.nl/11209246_011_0003.pdf)
- Rijkswaterstaat 2023: Droogtseizoen 2022: terugblik WMCN-LCW. Rijkswaterstaat publicatieplatform. <https://open.rijkswaterstaat.nl/zoeken/@253589/droogtseizoen-2022-terugblik-wmcn-lcw/>
- Schulte L. & A. Van Winden 2024: Effect van droogte en lage rivierafvoeren op riviernatuur. Bureau Stroming in opdracht van WWF. [effect droogte en lage rivierafvoeren op riviernatuur 4 2024.pdf \(levenderivieren.nl\)](#)

### CH:

- Information der schweizerischen Delegation in der EG LW (IKSR, intern)
- EBP Schweiz (2023): Trockenheit im Sommer 2022. Eine Befragung der kantonalen Gewässerschutz- und Fischereifachstellen zu Auswirkungen und Maßnahmen. Bericht im Auftrag des Bundesamts für Umwelt. ([https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wasser/externe-studien-berichte/trockenheit-im-sommer-2022-befragung-der-kantonalen-gewaesserschutz-und-fischereifachstellen-zu-auswirkungen-und-Massnahmen.pdf.download.pdf/Trockenheit\\_2022\\_Befragung\\_Kant\\_Fachstellen.pdf](https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/wasser/externe-studien-berichte/trockenheit-im-sommer-2022-befragung-der-kantonalen-gewaesserschutz-und-fischereifachstellen-zu-auswirkungen-und-Massnahmen.pdf.download.pdf/Trockenheit_2022_Befragung_Kant_Fachstellen.pdf))
- [Hitze und Trockenheit im Sommer 2022 \(admin.ch\)](#)
- Imfeld, N., P. Stucki, S. Brönnimann, M. Bürgi, P. Calanca, A. Holzkämper, F. A. Isotta, S. U. Nussbaumer, S. C. Scherrer, K. Staub, A. M. Vicedo-Cabrera, T. Wohlgemuth und H. J. Zumbühl (2022). 2022: Ein ziemlich normaler zukünftiger Sommer. Geographica Bernensia, G100, doi:10.4480/GB2022.G10 ([2022: Ein ziemlich normaler zukünftiger Sommer \(unibe.ch\)](#))

- Informationsplattform zur Früherkennung von Trockenheit in der Schweiz:  
<https://www.drought.ch/de/>

**AT:**

- Information der österreichischen Delegation in der EG LW (IKSR, intern)
- Trinkwassersicherungsplan: <https://info.bml.gv.at/themen/wasser/nutzung-wasser/trinkwassersicherungsplan.html> und direkter Link:  
[https://info.bml.gv.at/dam/jcr:718c4dff-ade2-4bbc-8264-53fad04eba2a/BML\\_Publikation\\_TWSP\\_A4\\_barrierefrei.pdf](https://info.bml.gv.at/dam/jcr:718c4dff-ade2-4bbc-8264-53fad04eba2a/BML_Publikation_TWSP_A4_barrierefrei.pdf)

**FL:**

- Information der liechtensteinischen Delegation in der EG LW (IKSR, intern)

**DE:**

- Informationen der deutschen Delegation in der EG LW und des Vorsitzenden der EG LW (Mitarbeiter der BfG) (IKSR, intern)
- BfG, 2022: Niedrigwasser-Update: Wöchentliche Lageberichte der Bundesanstalt für Gewässerkunde  
[https://www.bafg.de/DE/5\\_Informiert/2\\_Publikationen/Niedrigwasserbericht/niedrigwasserbericht\\_node.html](https://www.bafg.de/DE/5_Informiert/2_Publikationen/Niedrigwasserbericht/niedrigwasserbericht_node.html)
- LUBW, 2023: Wieder ein Rekordjahr – So sonnig und warm wie noch nie - Eine klimatische Einordnung des Jahres 2022 für Baden-Württemberg, Hrsg. LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, <https://pd.lubw.de/10485>
- LUBW, 2024: Temperaturrekord und Achterbahnfahrt des Niederschlags – Eine klimatische Einordnung des Jahres 2023 für Baden-Württemberg, Hrsg. LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, <https://pd.lubw.de/10605>
- LUBW, 2023 (2): Grundwasserüberwachungsprogramm – Ergebnisse 2022, Hrsg. LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, <https://pudi.lubw.de/detailseite/-/publication/10597>
- Lageberichte des Niedrigwasserinformationsdienstes Bayern ([Niedrigwasser-Lagebericht Bayern](#))
- Regierung von Unterfranken (BY): [Alarmplans Main Gewässerökologie](#)
- [Umweltministerium ruft erste Warnstufe wegen hoher Gewässertemperaturen aus . Landesamt für Umwelt Rheinland-Pfalz \(rlp.de\)](#)
- [Handlungs- und Informationskonzept \(Stufenplan\) bei hohen Wassertemperaturen in rheinland-pfälzischen Fließgewässern](#)
- Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2022): [Strategie zum Umgang mit Wassermangel in Baden-Württemberg \(baden-wuerttemberg.de\)](#) mit [Startseite - Niedrigwasser-Informationszentrum Baden-Württemberg \(baden-wuerttemberg.de\)](#)
- Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz: Nationale Wasserstrategie ([BMUV: Wasserstrategie](#))
- Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz: Wasserzukunft Bayern 2050 ([Wasserzukunft Bayern 2050 | Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Verbraucherschutz](#))
- Landesamt für Umwelt- und Arbeitsschutz Saarland, interner Bericht, Juli 2022 (aktualisiert 12/2022)
- Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft; Erntebericht 2022 ([BMEL - Ackerbau - Erntebericht 2022](#))
- Pressemitteilung Umweltministerium NRW: [Klimakrise wird gravierende Folgen für Mensch, Umwelt und Infrastruktur haben](#)
- LANUV NRW: Hydrologischer Status [12.08.2022](#) und [31.08.2022](#)

- Auswertung der Regierung von Unterfranken von Daten des Bayerischen Staatsministeriums für Ernährung, Landwirtschaft, Forsten und Tourismus
- BfG-Bericht „[Niedrigwassersequenz 2015 bis 2018](#)“
- NIWIS:  
[https://www.bafg.de/DE/5\\_Informiert/1\\_Portale\\_Dienste/NIWIS/niwis\\_node.html](https://www.bafg.de/DE/5_Informiert/1_Portale_Dienste/NIWIS/niwis_node.html)
- Aktionsplan „Niedrigwasser Rhein“ [8-Punkte-Plan gegen Niedrigwasser im Rhein \(VCI\)](#)

**FR:**

- Information der französischen Delegation in der EG LW (IKSR, intern)
- Informationsportal zu den Wasser-Einschränkungen bei Dürre: <https://vigieau.gouv.fr/>
- <https://www.eau-rhin-meuse.fr/actualites/le-conseil-dadministration-adopte-un-plan-daides-special-secheresse>
- <https://www.eau-rhin-meuse.fr/actualites/plan-daides-special-secheresse-une-rallonge-de-10-meu>

**LUX:**

- Information der luxemburgischen Delegation in der EG LW (IKSR, intern)
- <https://eau.gouvernement.lu/dam-assets/publications/2024/rapport-dactivit-2022.pdf>
- [https://gouvernement.lu/de/actualites/toutes\\_actualites/communiques/2022/08-aout/04-vigilance-eau-potable.html](https://gouvernement.lu/de/actualites/toutes_actualites/communiques/2022/08-aout/04-vigilance-eau-potable.html)
- [https://gouvernement.lu/fr/actualites/toutes\\_actualites/communiques/2022/08-aout/10-effets-secheresse-rivieres-ruisseaux.html](https://gouvernement.lu/fr/actualites/toutes_actualites/communiques/2022/08-aout/10-effets-secheresse-rivieres-ruisseaux.html)
- <https://environnement.public.lu/fr/actualites/2022/06/secheresse.html>

**NL:**

- Information der niederländischen Delegation in der EG LW (IKSR, intern)
- [Deltaplan Süßwasser](#)

**ZKR:**

- Information/Beitrag der ZKR (Beobachter in der EG LW)
- [https://www.ccr-zkr.org/files/documents/workshops/wrshp180123/Act\\_now\\_3\\_0\\_de.pdf](https://www.ccr-zkr.org/files/documents/workshops/wrshp180123/Act_now_3_0_de.pdf)

**KHR:**

- ASG II: <https://www.chr-khr.org/de/projekt/schnee-und-gletscherschmelze-im-rhein-asg-ii-2018-2021>
- SES: <https://www.chr-khr.org/de/projekt/sozio-oekonomische-szenarien-ses-2018-2025>
- Inventory of impacts of cooling water consumption by power plants within the Rhine Basin: <https://www.chr-khr.org/en/publication/inventory-impacts-cooling-water-consumption-power-plants-within-rhine-basin>

**IKSMS:**

- <http://www.iksms-cipms.org/servlet/is/2000120/>

**IGKB:**

- Pressemitteilung zum Klimawandel am Bodensee „Der Klimawandel heizt dem Bodensee ein“ (18.08.2022): <https://www.igkb.org/die-igkb/news-detail/der-klimawandel-heizt-dem-bodensee-ein-18-08-2022>
- Pressemitteilung zum Klimawandel am Bodensee „Den Klimawandel meistern“ (10.11.2022): <https://www.igkb.org/die-igkb/news-detail/den-klimawandel-meistern-10-11-2022>
- Jahresbericht: Limnologischer Zustand des Bodensees Nr. 45 (2022-2023): [https://www.igkb.org/fileadmin/user\\_upload/Downloads/Publikationen/45\\_gb45gesamtbericht.pdf](https://www.igkb.org/fileadmin/user_upload/Downloads/Publikationen/45_gb45gesamtbericht.pdf)

**EU (European Drought Observatory – EDO, in Englisch):**

- Link to EDO drought reports for the year 2022:
  - General links:
    - [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/european-and-global-drought-observatories/drought-reports\\_en#ref-2022](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/european-and-global-drought-observatories/drought-reports_en#ref-2022)
    - <https://climate.copernicus.eu/esotc/2022/drought> , <https://climate.copernicus.eu/esotc/2022>
  - Sub-reports:
    - Toreti, A., Bavera, D., Avanzi, F., Cammalleri, C., De Felice, M., De Jager, A., Di Ciollo, C., Gabellani, S., Gardella, M., Leoni, P., Maetens, W., Magni, D., Manfron, G., Masante, D., Mazzeschi, M., McCormick, N., Naumann, G., Niemeyer, S., Rossi, L., Seguini, L., Spinoni, J. and Van Den Berg, M., *Drought in Europe - April 2022*, EUR 31065 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-52327-7, doi:10.2760/40384, JRC129395.
    - Toreti, A., Masante, D., Acosta Navarro, J., Bavera, D., Cammalleri, C., De Jager, A., Di Ciollo, C., Hrast Essenfelder, A., Maetens, W., Magni, D., Mazzeschi, M., Spinoni, J. and De Felice, M., *Drought in Europe July 2022*, EUR 31147 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-54953-6, doi:10.2760/014884, JRC130253.
    - Toreti, A., Bavera, D., Acosta Navarro, J., Cammalleri, C., De Jager, A., Di Ciollo, C., Hrast Essenfelder, A., Maetens, W., Magni, D., Masante, D., Mazzeschi, M., Niemeyer, S. and Spinoni, J., *Drought in Europe August 2022*, EUR 31192 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-55855-2, doi:10.2760/264241, JRC130493.
    - Toreti, A., Bavera, D., Acosta Navarro, J., Cammalleri, C., De Jager, A., Di Ciollo, C., Hrast Essenfelder, A., Maetens, W., Magni, D., Masante, D., Mazzeschi, M., Niemeyer, S. and Spinoni, J., *Water scarcity in the Netherlands August 2022*, EUR 31176 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-55620-6, doi:10.2760/41027, JRC130436.
- Link to EDO drought reports for the year 2023: [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/european-and-global-drought-observatories/drought-reports\\_en#ref-2023](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/european-and-global-drought-observatories/drought-reports_en#ref-2023)
- Current drought situation:
  - [https://joint-research-centre.ec.europa.eu/european-and-global-drought-observatories/current-drought-situation-europe\\_en](https://joint-research-centre.ec.europa.eu/european-and-global-drought-observatories/current-drought-situation-europe_en)
  - <https://drought.emergency.copernicus.eu/>
  - <https://drought.emergency.copernicus.eu/tumbo/edo/map/>
- Rossi, L., Wens, M., De Moel, H., Cotti, D., Sabino Siemons, A., Toreti, A., Maetens, W., Masante, D., Van Loon, A., Hagenlocher, M., Rudari, R., Naumann, G., Meroni, M., Avanzi, F., Isabellon, M. and Barbosa, P., *European Drought Risk Atlas*, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, [doi:10.2760/33211](https://doi.org/10.2760/33211), [JRC135215](https://doi.org/10.2760/33211).

**Medien/Presse/Internet:**

- Emanuele Bevacqua, Oldrich Rakovec, Dominik L. Schumacher, Rohini Kumar, Stephan Thober, Luis Samaniego, Sonia I. Seneviratne, and Jakob Zscheischler: Direct and lagged climate change effects intensified the 2022 European drought. Nature Geoscience <https://www.nature.com/articles/s41561-024-01559-2> (*Dürre 2022: Welchen Anteil hatte der Klimawandel?*)
- <https://www.swr.de/swraktuell/rheinland-pfalz/prognose-niedrigwasser-rhein-2022-100.html>
- <https://www.swr.de/swraktuell/rheinland-pfalz/niedrigwasser-auf-rhein-folgen-fuer-rlp-wirtschaft-100.html>
- <https://www.dw.com/de/rhein-niedrigwasser-belastet-wirtschaft-immer-mehr/a-62723111>
- <https://www.dw.com/de/trockenheit-niedrigwasser-am-rhein-schadet-wirtschaft/a-62528630>
- <https://www.dw.com/de/d%C3%BCrre-niederlande-setzen-notfallplan-in-gang/a-62699934>
- <https://www.dw.com/de/niedrigwasser-im-rhein-bremst-konjunktur/a-66155570>
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Dürre\\_und\\_Hitze\\_in\\_Europa\\_2022](https://de.wikipedia.org/wiki/Dürre_und_Hitze_in_Europa_2022)
- [https://de.wikipedia.org/wiki/Umweltauswirkungen\\_der\\_COVID-19-Pandemie](https://de.wikipedia.org/wiki/Umweltauswirkungen_der_COVID-19-Pandemie)
- <https://www.rnd.de/wirtschaft/trockenheit-in-deutschland-das-niedrigwasser-im-rhein-gefaehrdet-kohlekraftwerke-NSYQHFXV3BE4RM764XV2NWTG5M.html>
- [https://www.focus.de/finanzen/news/konjunktur/wichtigste-wasserstrasse-milliarden-verluste-niedrigwasser-im-rhein-bedroht-jetzt-industrie-in-deutschland\\_id\\_131868851.html](https://www.focus.de/finanzen/news/konjunktur/wichtigste-wasserstrasse-milliarden-verluste-niedrigwasser-im-rhein-bedroht-jetzt-industrie-in-deutschland_id_131868851.html)
- <https://www.umweltbundesamt.de/daten/energie/energieverbrauch-nach-energetraegern-sektoren>
- Institut der deutschen Wirtschaft (IW): <https://www.iwkoeln.de/studien/michael-groemling-tobias-hentze-holger-schaefer-eine-oekonomische-bilanz-nach-zwei-jahren.html>
- [Kreuzfahrt Aktuelles](#)
- [Reise vor9](#)
- <https://www.f2wald.org/>
- [Karlsruhe Insider](#)
- [BR.de](#)