




Temperaturrekord und Achterbahnfahrt des Niederschlags

 Eine klimatische Einordnung des Jahres 2023 für Baden-Württemberg



Baden-Württemberg

Temperaturrekord und Achterbahnfahrt des Niederschlags

 Eine klimatische Einordnung des Jahres 2023 für Baden-Württemberg

HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe, www.lubw.de
BEARBEITUNG	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe Koordination: Referat 23 – Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Kompetenzzentrum Klimawandel Abteilung 2 – Nachhaltigkeit und Naturschutz Referat 23 – Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Kompetenzzentrum Klimawandel Dr. Michael Stölzle, Dr. Sabrina Plegnière Referat 25 – Artenschutz, Landschaftsplanung Dr. Florian Theves Abteilung 3 – Technischer Umweltschutz Referat 33 – Luftqualität, Immissionsschutz Doreen Schneider Abteilung 4 – Wasser Referat 41 – Fließgewässerökologie Renate Semmler-Elpers Referat 42 – Grundwasser Thomas Gudera, Jörg Heimler, Michel Wingerling Referat 43 – Hydrologie, Hochwasservorhersage Dr. Manuela Nied, Dr. Manfred Bremicker ISF – Institut für Seenforschung Dr. Bernd Wahl
BEZUG	https://pd.lubw.de/10605
STAND	Januar 2024
VERÖFFENTLICHUNG	März 2024
TITELBILD	Das Titelbild zeigt den Blick auf den Feldberg am 2. Oktober 2023. Ein sommerlicher, sonnenreicher Tag mit einer Tagesmitteltemperatur von 18 Grad Celsius, einer Maximaltemperatur von 19 Grad Celsius und einer Minimaltemperatur nachts von 16 Grad Celsius. Bildnachweis: Michael Stölzle / LUBW
ABBILDUNGSNACHWEIS	siehe Abbildungsverzeichnis

Nachdruck – auch auszugsweise – nur mit Zustimmung des Herausgebers unter Quellenangabe und Überlassung von Belegexemplaren gestattet.

1	DAS WICHTIGSTE IN KÜRZE	6
2	ERGEBNISSE	7
2.1	Klima	7
2.1.1	Klimatische Einordnung des Jahres 2023	7
2.1.2	Monatstemperaturen – Teilweise mehr als 4 °C wärmer	8
2.1.3	Klimatische Kenntage – Mehr Hitze, weniger Frost	9
2.1.4	Sonnenscheindauer – Klarer Trend zur Zunahme	11
2.1.5	Niederschlag – Achterbahnfahrt zwischen zu trocken und zu nass	12
2.2	Wasserhaushalt	13
2.2.1	Fließgewässer – Vom Niedrigwasser ins Hochwasser	13
2.2.2	Bodensee – Rekord im zweiten Anlauf	15
2.2.3	Grundwasser – Novemberregen kommt an	16
2.3	Ozon – Unter dem Schwellenwert, aber über dem Zielwert	17
2.4	Auswirkungen auf die Natur	20
2.4.1	Phänologie – Erneut ein früher Blühbeginn	20
2.4.2	Bestandsveränderungen von Insekten – Hitze und Dürre 2022 wirken noch nach	22
2.4.3	Fließgewässerökologie – Wassertemperaturen steigen weiter an	23

1 Das Wichtigste in Kürze

Die stetige Temperaturerhöhung der letzten Jahre setzte sich in Baden-Württemberg auch im Jahr 2023 fort. Mit durchschnittlich 10,7 Grad Celsius war das vergangene Jahr nach 2022 erneut ein Rekordwärmejahr in Baden-Württemberg. Die Temperatur des internationalen Referenzzeitraums von 1961–1990 wurde um +2,6 Grad Celsius überschritten, im Vergleich zum vorindustriellen Zeitraum (1881–1910) war es sogar um +2,9 Grad Celsius wärmer. Besonders warm war es im Juni und September. In beiden Monaten lag die mittlere Abweichung bei etwa +4 Grad Celsius gegenüber dem Referenzzeitraum; regional sogar noch ein Grad höher. Entsprechend landeten die Monate Juni und September 2023 auf dem zweiten bzw. ersten Platz der wärmsten Monate seit Beginn der Aufzeichnungen im Jahr 1881.

Beim Niederschlag zeigte sich 2023 ein Auf und Ab. Die Jahressumme des Niederschlages lag im Gegensatz zu den zahlreichen trockenen Jahren der jüngsten Vergangenheit leicht im Plus. Dennoch traten teils sehr trockene Jahresabschnitte auf, welche in Kombination mit hohen Lufttemperaturen Auswirkungen auf den Wasserhaushalt mit sich brachten. Nach einem trockenen Start, der bis in den Februar hineinreichte, traten bis April überdurchschnittliche Niederschläge auf. Trockenperioden im Früh- und Spätsommer wurden durch einen feuchten August unterbrochen. Der November war sonnenscheinarm und sehr nass, so dass es lokal zu kleineren Hochwässern, aber auch zum Anstieg der Sickerwasserrate kam.

Durch die immer häufiger auftretende Hitze steigen die gesundheitlichen Risiken, besonders für Kleinkinder und ältere Personen. Mit Blick auf die Anzahl der Sommertage und sogenannten Heißen Tage erreichte das Jahr 2023 den 5. Platz im Vergleich zu den letzten rund 70 Jahren. Bei der Anzahl der Frost- und Eistage ist weiterhin ein Rückgang festzustellen. Die ersten Hitzewellen des Jahres traten im Juni auf und selbst im Oktober wurden noch Tage mit Maximaltemperaturen über 30 Grad Celsius registriert. Auf dem Feldberg traten Sommertage mit Temperaturen über 25 Grad Celsius auf – das hat in dieser Höhenlage bisher Seltenheitswert. Die Sonnenstunden lagen 2023 im durchschnittlichen Bereich, über die letzten Jahrzehnte ist aber ein Trend zu mehr Sonnenstunden festzustellen.

Die Jahresabschnitte mit geringen Niederschlägen und teils sehr hohen Temperaturen führten zu einer stark ausgeprägten Niedrigwassersituation im Jahr 2023. Auf der anderen Seite traten zum Jahresende gebietsweise Hochwasser im Land auf. Diese Wasserextreme hatten zur Folge, dass im Sommer die Wassernutzung und im Herbst die Schifffahrt entlang von Fließgewässern eingeschränkt oder eingestellt werden mussten.

Die mittleren landesweiten Grundwasserverhältnisse im Jahr 2023 waren höher als im Jahr 2022. Vergleichbar zu den Niederschlagsmustern war aber auch hier der innerjährliche Verlauf sehr variabel. Bis zum Herbst traten schwankende Grundwasserstände innerhalb des Normalbereichs auf. Anhaltender Niederschlag ab Mitte Oktober hat zunächst für eine rasche Erholung der Bodenfeuchte gesorgt und anschließend, im Unterschied zu den meisten der vergangenen 20 Jahre, das Neubildungsgeschehen zum Beginn des hydrologischen Winterhalbjahres wieder deutlich in Gang gesetzt. Im weiteren Verlauf haben sich nahezu landesweit flächige Grundwasseranstiege zum Jahresende eingestellt.

Im Bereich der Luftqualität gibt es für Baden-Württemberg gute Nachrichten: Seit Anfang der 1990er-Jahre sind die Ozonspitzenkonzentrationen zurückgegangen. Auch wenn sich in 2023 zeitweise Wetterlagen ergaben, die hohe Ozonkonzentrationen begünstigten, wurden zu den Vorjahren vergleichbare Ozonspitzenkonzentrationen nicht erreicht und der Informationsschwellenwert von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-Stundenmittelwert) erstmals an allen Messstationen im Land Baden-Württemberg nicht überschritten. Im Vergleich zum Vorjahr, lagen die mittleren Ozonkonzentrationen im Jahr 2023 insgesamt auf einem ähnlichen bis etwas höheren Niveau.

Der Trend zu einer früher einsetzenden und längeren Vegetationsperiode setzt sich fort. Die Apfelblüte etwa begann im letzten Jahr 12 Tage früher als im Mittel des Referenzzeitraums 1961–1990. Mit dem früheren Blühbeginn durch die insgesamt steigenden Temperaturen und milderem Winter geht ein höheres Risiko für Spätfröste einher, die immer wieder zu Schäden an den Kulturen führen. Vor allem in der Bodenseeregion kam es im April

2023 erneut zu Frostschäden und in der Folge zu Ertrags- einbußen.

Wenn Sie auch in 2024 über aktuelle Ereignisse und Ent- wicklungen des Klimas, Wasserhaushalts, der Natur und

anderen vielfältigen Umweltthemen in Baden-Würt- temberg informiert bleiben möchten, besuchen Sie den LUBW-Blog ([https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/ blog](https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/blog)) oder nutzen Sie das umfangreiche Publikationsange- bot der LUBW (<https://pudi.lubw.de>).

2 Ergebnisse

2.1 Klima

2.1.1 Klimatische Einordnung des Jahres 2023

Kurz gesagt:

- 2023 war mit 10,7 Grad Celsius (°C) Jahresmitteltemperatur wieder einmal ein Temperaturrekordjahr in Baden-Württemberg.
- Die Temperaturzunahme schreitet in den letzten Jahren immer schneller voran.
- Der Jahresniederschlag lag im Vergleich zum langjähri- gen Mittel im durchschnittlichen Bereich.

Der Klimawandel ist allgegenwärtig und schreitet auch bei uns weiter voran. Nicht nur global, sondern auch deutschlandweit und in Baden-Württemberg war 2023 erneut das wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeich- nung. Mit 10,7 °C im Jahresmittel für Baden-Württemberg lag 2023 noch einmal +0,1 °C über dem bisherigen Spit- zenwert, der erst im Vorjahr 2022 aufgestellt wurde (vgl. Abbildung 2.1). Besonders seit der Jahrtausendwende jagt ein Wärmerekord den anderen und die Temperatur steigt immer schneller an. 2023 lag bereits +2,6 °C über

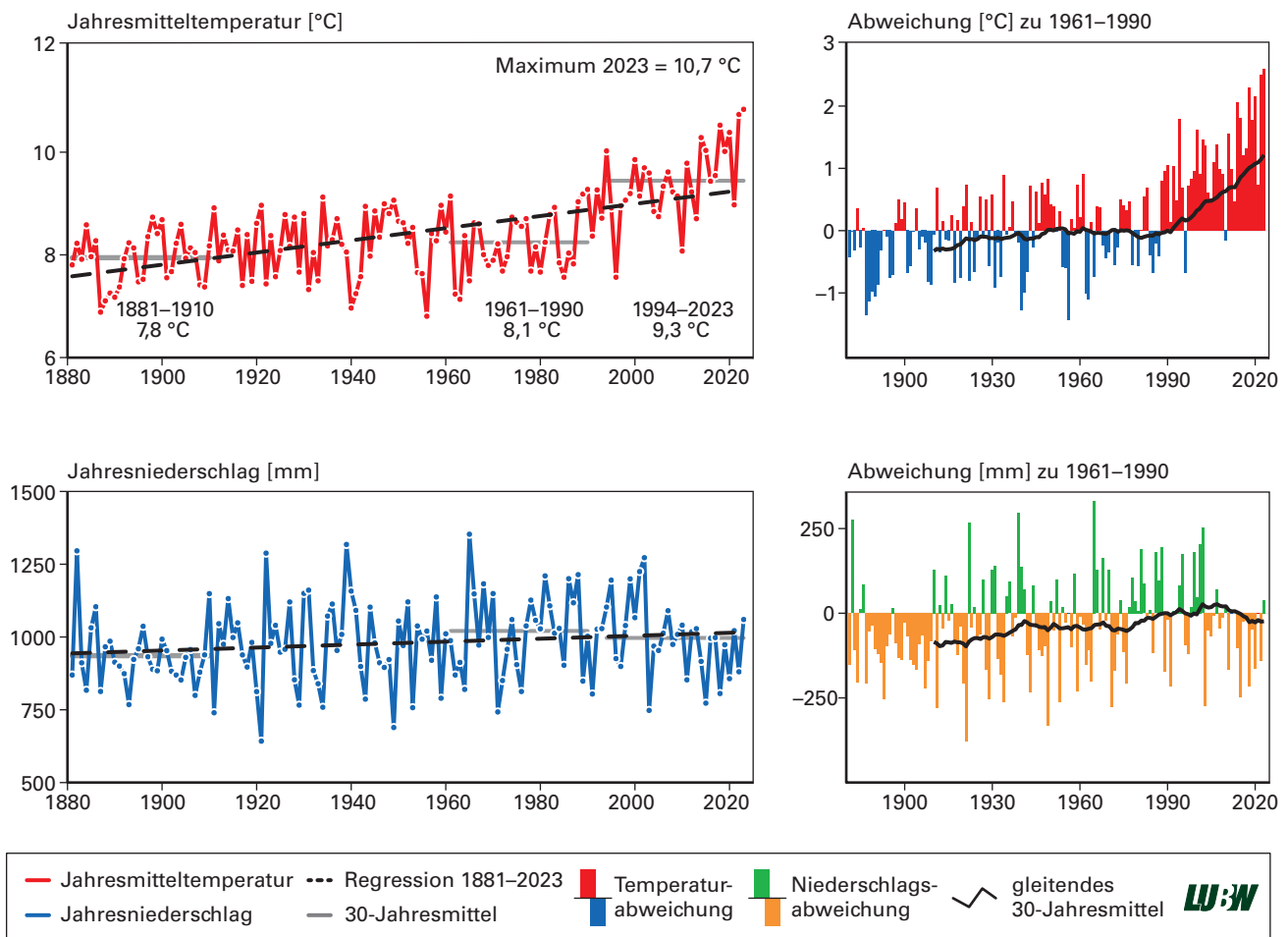


Abbildung 2.1: Jahresmitteltemperatur und Jahresniederschlag in Baden-Württemberg (Mittelwerte pro Jahr seit 1881) sowie Abweichungen der Temperatur und des Niederschlags vom Mittelwert der Referenzperiode 1961–1990. Schwarze, horizontale Linien zeigen Mittelwerte für ausgewählte Zeiträume: Vorindustrieller Zeitraum (1881–1910), internationale Referenzperiode (1961–1990) sowie die letzten 30 Jahre (1994–2023). Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

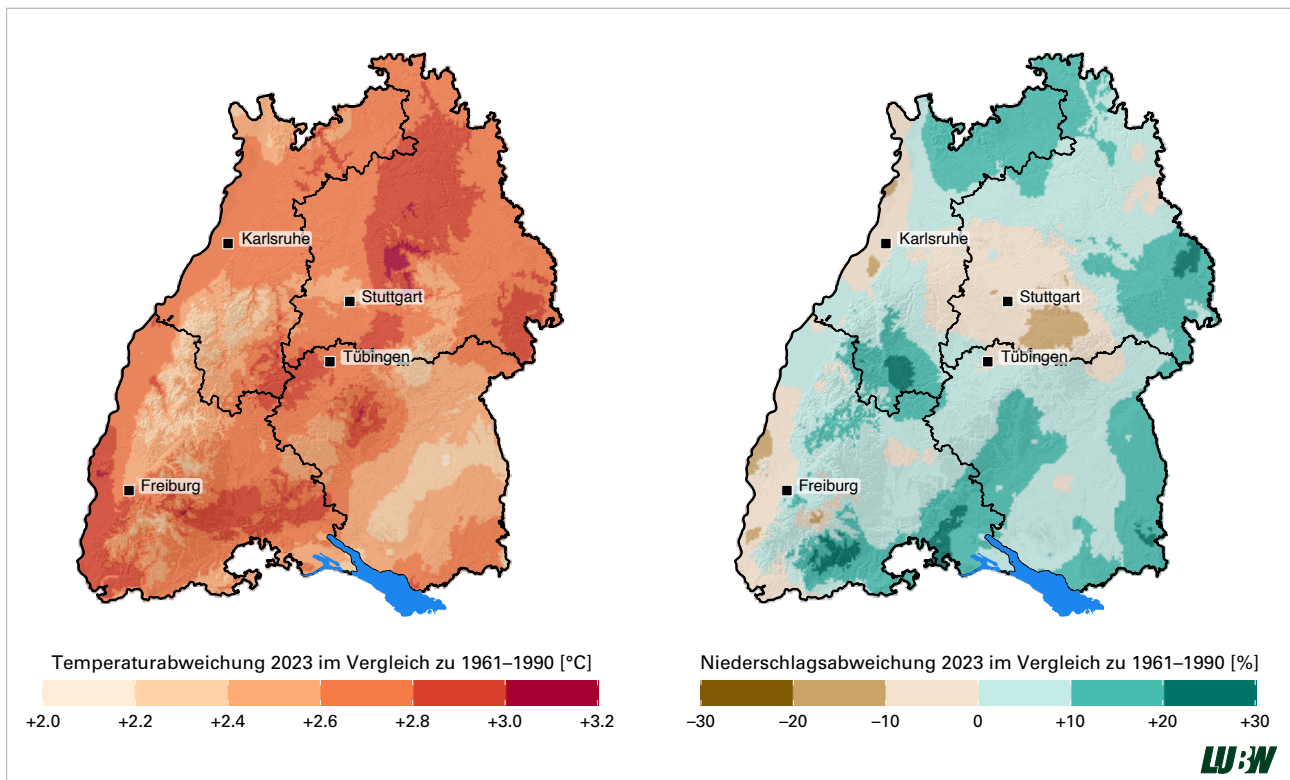


Abbildung 2.2: Abweichungen der Temperatur (links, in °C) und des Niederschlags (rechts, in %) im Jahr 2023 im Vergleich zur Referenzperiode 1961–1990 basierend auf einem 1x1 km Raster. Datenquelle: Daten aufbereitet durch die LUBW, unter Einbeziehung von DWD-Stationen.

dem Mittelwert des internationalen Vergleichszeitraums 1961–1990 mit 8,1 °C und +2,9 °C über dem Mittelwert der 30-jährigen Periode 1881–1910 mit 7,8 °C, welche häufig als vorindustrielle Referenz herangezogen wird. Mit Ausnahme der Jahre 1996 und 2010 waren alle Jahre seit 1990 wärmer als die Jahresmitteltemperatur 1961–1990. Der Temperaturanstieg in Baden-Württemberg beträgt seit Beginn der Messungen 1881 +1,7 °C, wenn eine lineare Trendanalyse über alle Jahresmittelwerte (1881–2023) herangezogen wird.

Für den Jahresniederschlag ergibt sich ein weniger klares Bild. Das Jahr 2023 war mit einem mittleren Jahresniederschlag von 1019 mm leicht feuchter (+4 %) als die Referenzperiode 1961–1990 und es fielen +21 % mehr Niederschlag als im Vorjahr 2022 (vgl. Abbildung 2.1). Jedoch war das vergangene Jahr auch durch verschiedenen Trocken- und Nassperioden geprägt, so dass ein alleiniger Blick auf die Jahressumme saisonale Besonderheiten nicht zu Tage bringt (vgl. Kapitel 2.1.5). Erstmals seit 2007 wurden 1000 mm im Landesschnitt wieder übertroffen. Dennoch lag der mittlere Niederschlag seit dem trocken-heißen Jahr 2003 aufgrund der vermehrt unterdurchschnittliche Niederschlagsjahre nur noch bei 921 mm pro Jahr (Mittel 1961–1990: 980 mm/Jahr).

Gab es in Baden-Württemberg 2023 besonders warme oder trockene Regionen? Hierzu liefern die Karten der Abweichungen zur Referenzperiode ein gutes Bild und lassen folgende Rückschlüsse zu (vgl. Abbildung 2.2): Die Temperaturabweichungen 2023 vom langjährigen Mittel (1961–1990) waren räumlich unterschiedlich und lagen zwischen +2,0 °C und +3,2 °C. Höhere Differenzen zeigten sich im Markgräfler Land, auf der Baar und nördlich von Stuttgart. Etwas geringer waren die Abweichungen im Schwarzwald und in Oberschwaben. Hinsichtlich der Niederschläge waren in den tiefergelegenen Regionen rund um Freiburg, Karlsruhe und Stuttgart leicht unterdurchschnittliche Niederschlagsmengen zu verzeichnen. In den Regionen im Süden und Osten des Landes, im Schwarzwald und im Odenwald war es hingegen meist etwas feuchter als im Vergleichszeitraum 1961–1990.

2.1.2 Monatstemperaturen – Teilweise mehr als 4 °C wärmer

Kurz gesagt:

- In 2023 war vor allem im Juni und September eine Rekordwärme zu verzeichnen.
- 10 von 12 Monaten waren mindestens 2 °C wärmer als der jeweilige Monat im Referenzzeitraum 1961–1990.

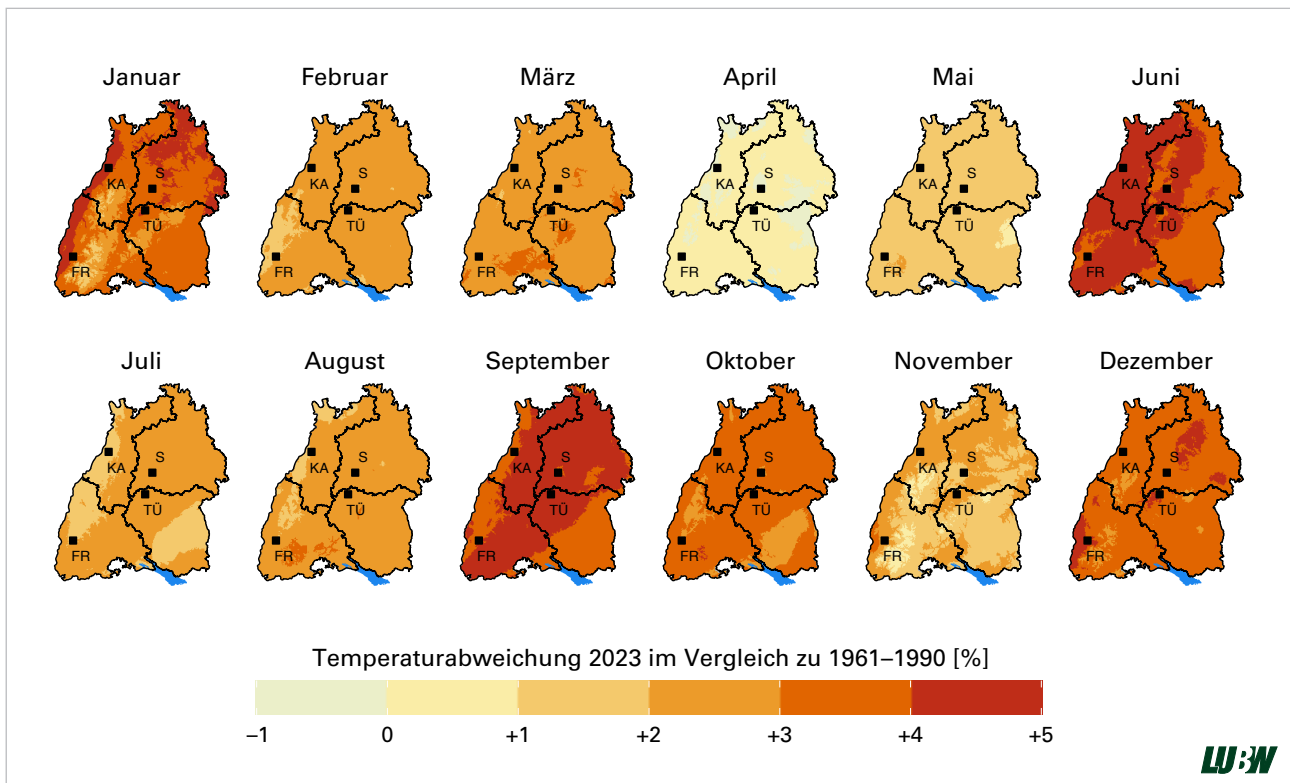


Abbildung 2.3: Temperaturabweichung in 2023 im Vergleich zur Referenzperiode 1961–1990 im regionalen Vergleich. Zur besseren Orientierung sind die Regierungspräsidien Baden-Württembergs mit den Städten Stuttgart (S), Karlsruhe (KA), Freiburg (FR) und Tübingen (TÜ) eingezeichnet. Daten aufbereitet durch die LUBW, unter Einbeziehung von DWD-Stationen.

Im Verlauf des Jahres 2023 waren alle Monate wärmer als die jeweiligen Mittelwerte der Monate aus der Periode 1961–1990 (Abbildung 2.3). Lediglich im April und November 2023 gab es vereinzelte Regionen in Baden-Württemberg, die etwas kühler waren. Im Juli und September 2023 war es regional bis zu 5 °C wärmer, wobei die mittlere Abweichung bei etwa 4 °C im Land lag. Entsprechend landeten Juni und September 2023 als zweitwärmster bzw. wärmster Monat in den Rekordlisten seit Beginn der Aufzeichnungen 1881.

Auch die Monate Januar (+3,5 °C), Oktober (+3,3 °C) und Dezember 2023 (+3,6 °C) waren außergewöhnlich warm. Während der Januar auf Platz 13 aller wärmsten Januare landete, wurden später im Jahresverlauf der drittwärmste Oktober und der viertwärmste Dezember seit Beginn der Wetteraufzeichnungen 1881 registriert. Bis auf eine kurze Periode im April (+0,2 °C) und Mai (+1,5 °C) lagen alle mittleren Monatstemperaturen in 2023 mindestens +2,0 °C über den mittleren monatlichen Temperaturen der Periode 1961–1990.

2.1.3 Klimatische Kenntage – Mehr Hitze, weniger Frost

Kurz gesagt:

- Mit 71 Sommer- und 18 Heißen Tagen im Landesmittel landet 2023 jeweils auf Platz fünf der Rekordlisten seit 1951.
- Bereits im Juni 2023 gab es die ersten Hitzewellen und es traten erstmals Heiße Tage im Oktober auf.
- Selbst in der Höhe auf dem Feldberg konnten in 2023 zwei Sommertage gemessen werden.
- Bei den Frost- und Eistagen ist weiterhin ein starker Rückgang festzustellen.

Die Folgen der Erwärmung werden durch die Beobachtung von Kennwerten (Abbildung 2.4) greifbarer, etwa durch die Anzahl der Heißen Tage, also Tage, an denen die Temperatur 30 °C und mehr erreicht. Die Zunahme der Heißen Tage schreitet ähnlich wie die Mitteltemperatur weiter und immer schneller voran: Waren es im Mittel pro Jahr im Zeitraum 1961–1990 knapp fünf Heiße Tage in Baden-Württemberg, so haben sich diese auf zehn Heiße Tage im Zeitraum 1991–2020 verdoppelt.

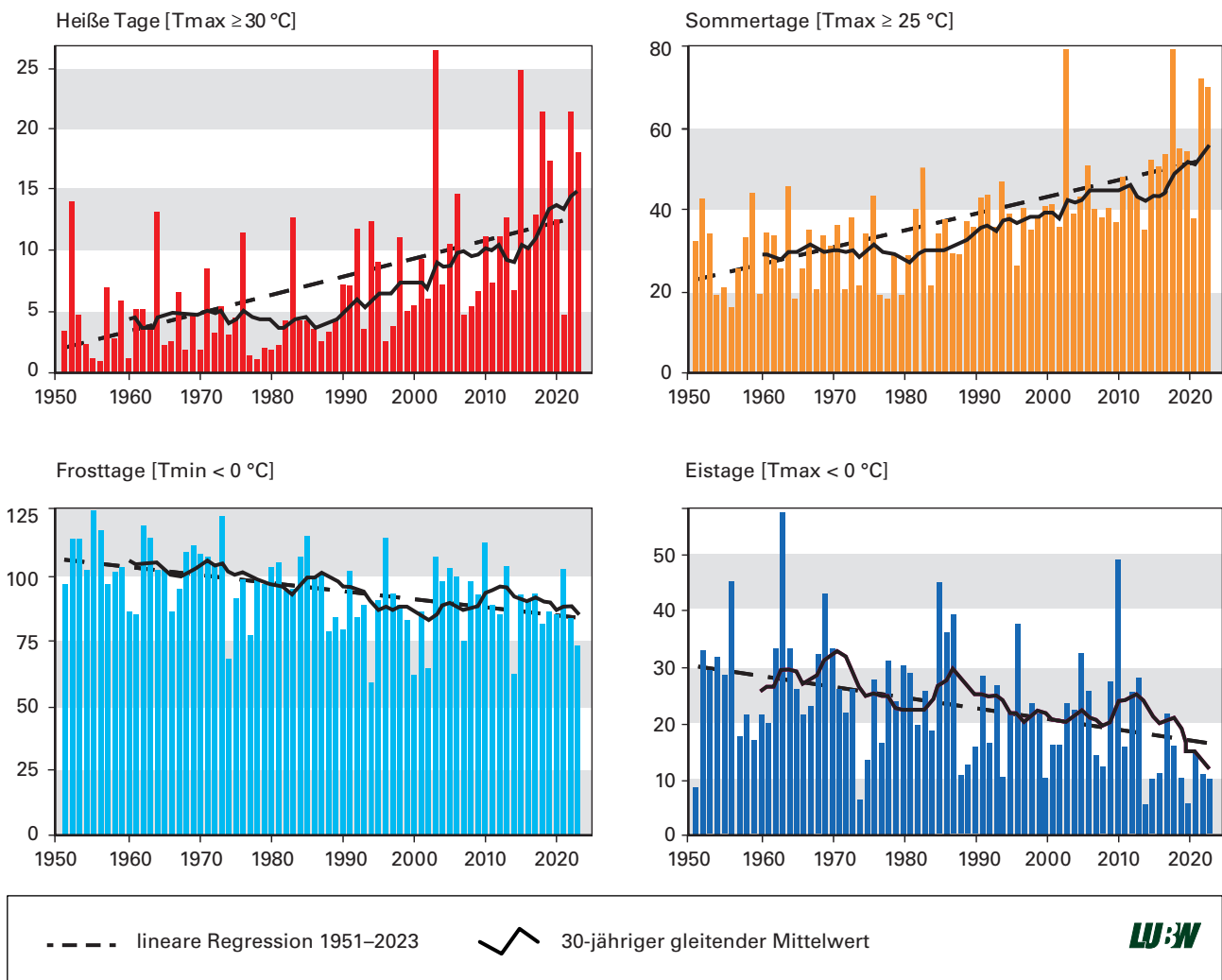


Abbildung 2.4: Kenntage Heiße Tage, Sommertage, Frosttage und Eistage als Anzahl Tage pro Jahr für die Periode 1951 bis 2023 (Mittelwerte für Baden-Württemberg). Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

In 2023 traten mit einem Landesmittel von gut 18 Tagen nahezu fünfmal mehr Heiße Tage und mit rund 71 Tagen mehr als doppelt so viele Sommertage (Tage mit Temperaturen von 25 °C und mehr) wie im Referenzzeitraum 1961–1990 auf. Damit gab es im Landesdurchschnitt zwar weniger Heiße Tage als in den Jahren 2003 (27), 2015 (25), 2018 (22) und 2022 (22), dennoch war die Anzahl sehr hoch. Das Jahr 2023 reiht sich damit auf Platz fünf der heißesten Jahre in Baden-Württemberg seit 1951 ein. Die lineare Trendanalyse für den Zeitraum 1951–2023 zeigt, dass die Zahl der Heißen Tagen im Mittel für das Land um +1,5 Tage pro Dekade und die Zahl der Sommertage um +4,1 Tage pro Dekade angestiegen sind.

Mit im Landesmittel 75 Frosttagen (Tage mit Temperaturminimum unter 0 °C) wurden in 2023 etwa 26 Frosttage weniger als im Mittel des Referenzzeitraum 1961–1990 registriert. Noch deutlicher ist der Rückgang an Eistagen im Land, wenn die Temperatur an einzelnen Tagen gar nicht

über 0 °C steigt. Im Referenzzeitraum 1961–1990 traten pro Jahr im Schnitt 27 Eistage auf, in 2023 jedoch nur 10 Eistage. Ähnlich wie bei den Heißen Tagen und Sommertagen sind auch hier größere Schwankungen zwischen den letzten Jahren erkennbar, dennoch liegt ein klarer Trend hin zu weniger Frost- und Eistagen im Land vor. Die lineare Trendanalyse für den Zeitraum 1951–2023 ergibt, dass die Anzahl der Frost- und Eistagen um –3,2 Tage bzw. –1,9 Tage pro Dekade abnimmt.

Mit Blick auf die Stationsdaten zeigt sich, dass in 2023 hinsichtlich der Kennwerte teils markante Unterschiede im Land vorlagen. teils markante Unterschiede im Land vorlagen. An der Station Waghäusel-Kirrlach im Landkreis Karlsruhe traten beispielsweise 43 Heiße Tage, in Freudenstadt hingegen nur 5 Heiße Tage auf. In Mannheim und Rheinfeldern im Landkreis Lörrach wurden 32 Heiße Tage verzeichnet, in Freiburg und Baden-Baden hingegen 26 Heiße Tage. Deutlich zeigt sich der Unterschied in den

verschiedenen Höhenlagen: So konnten beispielsweise in Stuttgart 20 Heiße Tage und auf dem Klippeneck, im Landkreis Tuttlingen auf knapp 1000 Metern Höhe, acht Heiße Tage gemessen werden. Mit Blick auf die Stationsdaten zeigt sich, dass in 2023 hinsichtlich der Kennwerte teils markante Unterschiede im Land vorlagen. Dabei traten etwa je 20 % der Heißen Tage im Juni, Juli und September auf. Der Hitzemonat bleibt der August mit etwa 40 % aller Heißen Tage in 2023. Temperaturen über 30 °C im Mai, wie es im Vorjahr 2022 der Fall war, wurden nicht registriert. Wobei am 22. Mai an der Station Waghäusel-Kirrlach mit einer Tagesmaximumtemperatur von 29,9 °C ein Heißer Tag nur knapp verfehlt wurde. In der zweiten Maihälfte setzte sich aber eine sommerliche Witterung durch. So wurden zum Beispiel an Stationen in den Landkreisen Karlsruhe, Lörrach und im Ortenaukreis jeweils bis zu 10 Sommertage verzeichnet.

Zwischen dem 9. und 12. Juni 2023 zeigte das Thermometer an zahlreichen Klimastationen im Westen und Südwesten des Landes erstmals im Jahr über 30 °C an. Allein im August traten an den Stationen Rheinfelden im Landkreis Lörrach, in Wutöschingen-Oftringen im Landkreis Waldshut, in Ohlsbach im Ortenaukreis und in Konstanz 12 bis 13 Heiße Tage auf. Eine markante Hitze-welle wurde in vielen Landesteilen zwischen dem 4. und 12. September registriert. Am 7. September 2023 lag die Tagesmitteltemperatur in Stuttgart, Mannheim, Freiburg und an vier weiteren Stationen über 27 °C, die nächtlichen Minimumtemperaturen sanken dabei nicht unter 16 °C, vereinzelt nicht unter 21 °C.

An der Station Stuttgart-Schnarrenberg wurden 6 Tropennächte und in Mannheim 5 Tropennächte mit Minimumtemperaturen über 20 °C gemessen. Andere Stationen wie Freiburg, Ohlsbach im Ortenaukreis, in Stötten im Landkreis Göppingen oder im hohenlohischen Öhringen zeigten 2–3 Tropennächte.

Am 11. Juli und 24. August 2023 kletterte das Thermometer an der Station Feldberg im Schwarzwald (1490 m ü. NN) über 25 °C. Auf dem Feldberg wurden nach dem Hitzesommer 2003 somit insgesamt 19 Sommertage in den letzten 20 Jahren registriert, 10 Sommertage davon seit dem Jahr 2019. Die besonders warme Witterung zu Beginn des Herbstes führte überdies erstmals auch zu

Heißen Tagen im Monat Oktober. Am 13. Oktober 2023 stieg das Thermometer an den Stationen Müllheim und Rheinfelden im Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald sowie Lörrach auf 30,1 °C.

Die letzten Frostperioden im Frühjahr 2023 traten häufig in der zweiten Aprilhälfte auf. Am 21. April fiel das Thermometer in Mannheim, Freiburg, Lahr und Baden-Baden das letzte Mal vor dem Sommer unter 0 °C. Aber auch in Freudenstadt und Rottweil war dies der letzte Frosttag vor dem Herbst. Am Feldberg und in Hechingen wurden am 18. Mai 2023 noch Frosttage verzeichnet, in der Landeshauptstadt Stuttgart gab es nach dem 6. April keinen Frost mehr.

2.1.4 Sonnenscheindauer – Klarer Trend zur Zunahme

Kurz gesagt:

- Die Sonnenscheindauer des Jahres 2023 lag etwas über dem langjährigen Mittelwert 1961–1990.
- In 2023 war geringfügig weniger Sonnenschein als in den letzten 10 Jahren zu verzeichnen.

Die mittlere Sonnenscheindauer in Baden-Württemberg lag 2023 bei 1846 Stunden, was im Mittel etwa 5 Stunden pro Tag entspricht. Damit hatte 2023 etwa +6 % bzw. +15 % mehr Sonnenstunden im Vergleich zur mittleren jährlichen Sonnenscheindauer 1991–2020 mit 1738 Stunden bzw. 1961–1990 mit 1607 Stunden. Mit Blick auf die letzten 10 Jahre (2014–2023) traten in 2023 jedoch im Landesmittel 36 Sonnenstunden (-2 %) weniger auf (vgl. Abbildung 2.5).

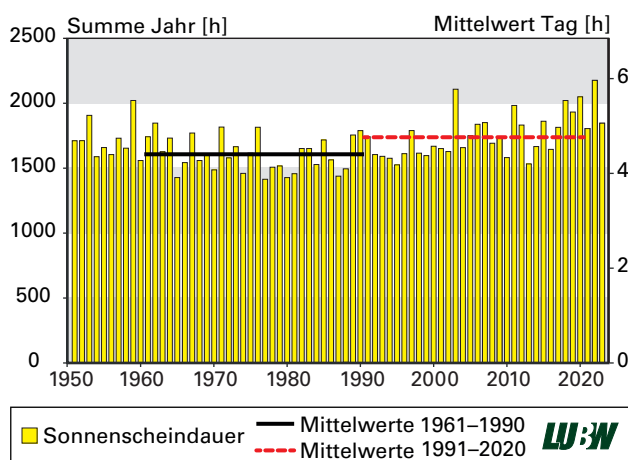


Abbildung 2.5: Sonnenscheinstunden in Baden-Württemberg (jährliche Mittelwerte für Baden-Württemberg seit 1951) als Jahressumme (linke Achse) und umgerechnet auf den Mittelwert pro Tag (rechte Achse). Horizontale Linien zeigen Mittelwerte für die Zeiträume 1961–1990 und 1991–2020. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

2023 war das Jahr mit den zwölfmeisten Sonnenstunden seit Beginn der Aufzeichnungen 1951. Spitzenreiter bleibt 2022 mit 2176 Sonnenstunden und der 2. Platz geht an das Jahr 2003 mit 2108 Sonnenstunden. Seit den 70er-Jahren zeichnet sich ein deutlicher Trend ab: Die langjährigen Mittelwerte steigen kontinuierlich an. Gegenüber dem Zeitraum 1961–1990 gab es 1990–2020 etwa +8 % und 2014–2023 etwa +17 % mehr Sonnenstunden im Mittel pro Jahr. Es sind aber auch deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Jahren erkennbar. Durch die Erhöhung der Sonnenstunden steigt auch die Anzahl der Stunden, in denen man der UV-Strahlung ausgesetzt sein kann.

2.1.5 Niederschlag – Achterbahnfahrt zwischen zu trocken und zu nass

Kurz gesagt:

- 2023 wechselten sich trockene und nasse Phasen ab, in Summe lag der Niederschlag jedoch über dem langjährigen Mittel.
- Noch nie wurde ein so trockener Juni wie im Jahr 2023 gemessen. Auch der September war sehr trocken und landet auf Platz sieben der trockensten Septembermonate seit 1881.

- Im Gegensatz zu den trockenen Monaten war der November 2023 der drittnasseste seit Beginn der Wetteraufzeichnung.

Beim Niederschlag zeigte sich 2023 ein Auf und Ab. Zwar lag die Jahressumme des Niederschlages 2023 mit 1019 mm im Vergleich zur Referenzperiode 1961–1990 mit 980 mm leicht im Plus, dennoch traten teils sehr trockene Jahresabschnitte auf (Abbildung 2.6). Vor allem die trockenen Monate Februar, Juni und September sorgten dafür, dass bis Ende Oktober ein Niederschlagsdefizit im Vergleich zum Referenzzeitraum 1961–1990 vorlag. Besonders der Juni 2023 war extrem trocken, sogar so trocken wie kein Juni seit Beginn der Wetteraufzeichnung in 1881. Erst der November, mit mehr als doppelt so viel Niederschlag als üblich (+123 %) glich dieses Defizit wieder aus. Im Dezember 2023, in dem es mit einem Plus von 40 % gegenüber des Dezembermittels 1961–1990 ebenfalls überdurchschnittlich viel regnete, war somit letztlich ein leichtes Plus beim Jahresniederschlag zu verzeichnen.

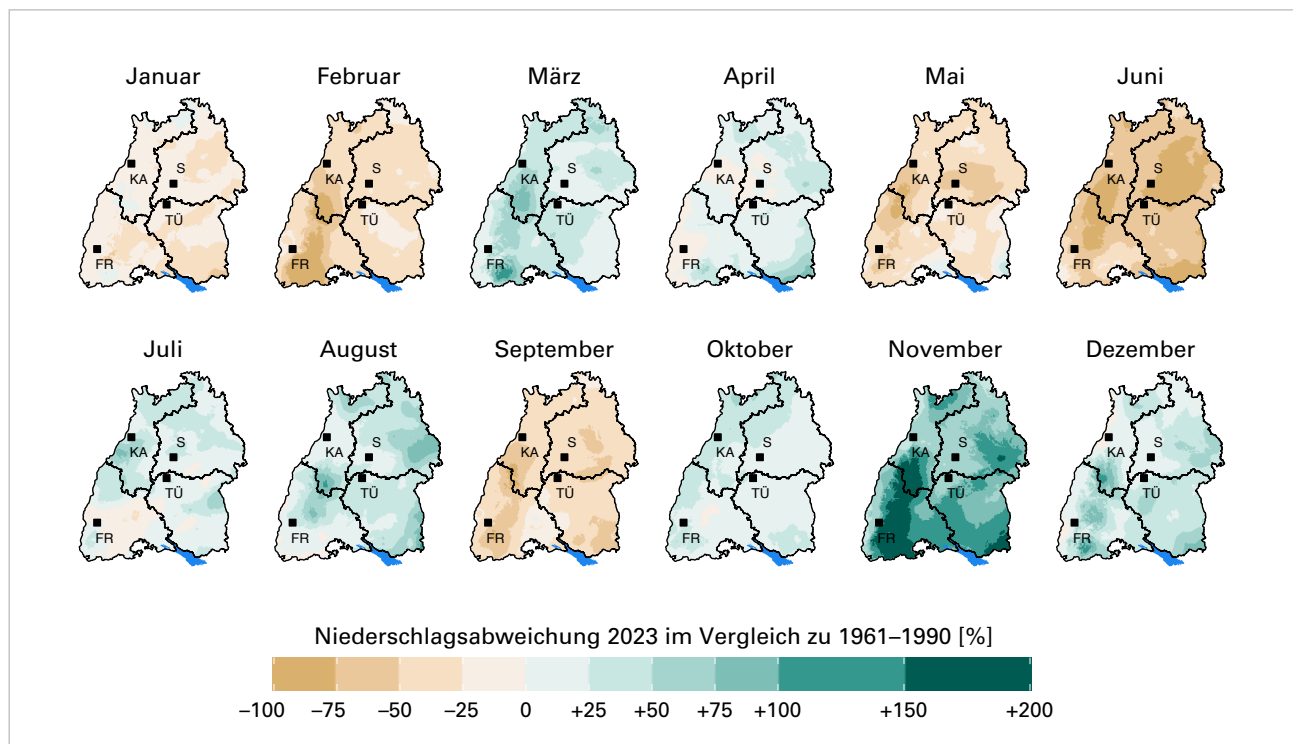


Abbildung 2.6: Niederschlagsabweichungen in 2023 im Vergleich zur Referenzperiode 1961–1990 im regionalen Vergleich. Zur besseren Orientierung sind die Regierungspräsidien Baden-Württembergs mit den Städten Stuttgart (S), Karlsruhe (KA), Freiburg (FR) und Tübingen (TÜ) eingezeichnet. Daten aufbereitet durch die LUBW, unter Einbeziehung von DWD-Stationen.



2.2 Wasserhaushalt

2.2.1 Fließgewässer – Vom Niedrigwasser ins Hochwasser

Kurz gesagt:

- Neben einer stark ausgeprägten Niedrigwassersituation traten im Jahr 2023 wiederholt überdurchschnittliche Wassermengen bis hin zu Hochwasser auf.
- Zeitweise befanden sich im Sommer bzw. Herbst mehr als 70 % aller Kennwertpegel gleichzeitig im Niedrigwasser. Die Wasserentnahme aus Oberflächengewässern musste in Teilen Baden-Württembergs eingeschränkt werden.
- Im November und Dezember war Baden-Württemberg gebietsweise von Hochwasser betroffen. Zuweilen waren Wasserstandsmarken der Hochwassermeldeordnung überschritten. Auf dem Oberrhein und auch dem Neckar musste die Schifffahrt zeitweise eingestellt werden.

Im Gegensatz zum Vorjahr, welches überwiegend durch Niedrigwasser und Trockenheit geprägt war, war 2023 sowohl durch unterdurchschnittliche als auch durch überdurchschnittliche Wassermengen bis hin zu Hochwasser geprägt.

Die Niedrigwasserperiode setzte bereits im Juni, und damit ungewöhnlich früh, ein. Diese Situation hielt, mit zeitweiligen Unterbrechungen, bis in die zweite Oktoberhälfte an. Zu einer sommerlichen Entspannung der Niedrigwasserlage führte lediglich der regenreiche August (siehe Kapitel 2.1.5). Besonders im September und Oktober führten für diese Monate außergewöhnlich viele Gewässer Niedrigwasser. Ursache war die niederschlagsarme Witterung in Kombination mit im Vergleich zum Referenzzeitraum sehr hohen Lufttemperaturen (siehe Kapitel 2.1.2 und 2.1.5).

Während der Niedrigwasserlage musste der Gemeingebrauch, das heißt die Entnahme von Wasser, an zahlreichen Gewässern eingeschränkt werden. Die Hochwasservorhersagezentrale Baden-Württemberg befand sich 2023 an insgesamt 83 Tagen bzw. 23 % des Jahres im Niedrigwasserbetrieb und veröffentlichte regelmäßig Niedrigwasservorhersagen für über 100 Pegel sowie Niedrigwasserberichte. Aufgrund der Klimaänderung ist zukünftig damit zu rechnen, dass sich landesweit bedeutende Niedrigwasser häufiger als bisher entwickeln. Das Land hat daher 2023 das Niedrigwasser-Informationszentrum (NIZ) an der LUBW eingerichtet (<https://niz.baden-wuerttemberg.de/>).

Niedrigwasser-Informationszentrum (NIZ) Baden-Württemberg

Als Bestandteil der im Jahr 2022 im baden-württembergischen Kabinett verabschiedeten „Strategie zum Umgang mit Wassermangel“ bündelt und bewertet das NIZ (<https://niz.baden-wuerttemberg.de/>) die relevanten Informationen im Bereich Niedrigwasser und Wassermangel für die baden-württembergischen Grund- und Oberflächengewässer. Durch eine differenzierte Einstufung der Lage wird eine fundierte Entscheidungs- und Planungsgrundlage für den Niedrigwasserfall geschaffen. Zielgruppen sind Behörden, die betroffene Bevölkerung und interessierte Medien. Das NIZ-Angebot wird kontinuierlich erweitert.

Hinsichtlich Hochwasser war 2023 kein extremes Ereignis in Baden-Württemberg zu verzeichnen. Nach lokalen Hochwasserereignissen im April, bildeten sich im November und Dezember, insbesondere im südlichen Baden-Württemberg, kleinere Hochwasser aus, die statistisch rund alle zwei bis fünf Jahre vorkommen. Grund waren flächenhaft ergiebige Niederschläge. Mitte Dezember waren diese zudem verbunden mit Schneeschmelze im Allgäu und im schweizerischen Rheineinzugsgebiet. Die Hochwasser führten lokal zu kleineren Ausuferungen; land- und forstwirtschaftliche Flächen waren vereinzelt überschwemmt. Über mehrere Tage war der Rhein zwischen Iffezheim und Gernersheim für die Schifffahrt gesperrt.

Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) Baden-Württemberg

Die Hochwasservorhersagezentrale Baden-Württemberg wurde 1991 eingerichtet. Das ganze Jahr über stehen stündlich aktualisierte Wasserstands- und Abflussdaten von über 200 Pegeln an Rhein, Neckar, Donau, Main und an deren wichtigsten Nebenflüssen über die App „Meine Pegel“ sowie über www.hvz.baden-wuerttemberg.de zur Verfügung. Vorhersagen von Wasserständen und Abflüssen werden für über 100 Pegel bereitgestellt. Bei Hochwasser kann die HVZ rund um die Uhr besetzt werden. Neben der Beschreibung des aktuellen Hochwasserablaufes und dessen weiterer Entwicklung, berät die HVZ bei der Steuerung der Retentionsräume am Oberrhein.

Zusammenfassend für Baden-Württemberg zeigt Abbildung 2.7 die hydrologische Gesamtsituation der Oberflächengewässer im Jahr 2023. Dargestellt ist der prozentuale Anteil an Kennwertpegeln, die einen bestimmten Schwellenwert über- bzw. unterschreiten. Sowohl die ausgeprägte Niedrigwassersituation (hellblaue Flächenanteile) als auch die Hochwasserereignisse (gelbe Flächenanteile) sind in ihrer zeitlichen Abfolge ersichtlich.

Der Abfluss am Pegel Maxau-Rhein war im Jahr 2023 an 24 Tagen niedriger als in den letzten 43 Jahren am jeweiligen Kalendertag (Abbildung 2.8). An ebenso vielen Tagen wurde der Niedrigwasserkennwert „Mittleres Niedrigwasser“ ($638 \text{ m}^3/\text{s}$) unterschritten. Große negative Abweichungen vom mittleren jahreszeitlichen Verlauf zeigten sich insbesondere von Februar bis Anfang März, von Anfang Juni bis Mitte August sowie von Mitte September bis Mitte Oktober. Im November und Dezember waren die Abflüsse während wiederholter Hochwasserereignisse hingegen überdurchschnittlich hoch. An 13 Tagen wurde der Wasserstand von 750 cm (entspricht einem Abfluss von $2.790 \text{ m}^3/\text{s}$) überschritten. Daraufhin musste die Schifffahrt auf dem Rheinabschnitt Iffezheim bis Germersheim eingestellt werden.

Auch am Pegel Hundersingen-Donau, stellvertretend für die baden-württembergische Donau, war der Wasserstand von Februar bis Anfang März außergewöhnlich niedrig (Abbildung 2.8). Niedrige Abflüsse im Sommer bzw. Herbst sind für die Donau hingegen charakteristisch. Diese waren ab Juni vorzufinden und gingen im November direkt in deutlich überdurchschnittliche Abflüsse über. An insgesamt 48 Tagen wurde der Niedrigwasserkennwert „Mittleres Niedrigwasser“ ($5,91 \text{ m}^3/\text{s}$) unterschritten.

Am schiffbaren Neckar wurden die wasserrechtlich relevanten Tagesmittelwerte der Abflüsse in der Niedrigwasserphase zeitweise unterschritten. Allerdings sind die Wasserstände zwischen Plochingen und Mannheim durch Stauhaltungen geregelt, so dass diese nicht weiter absinken konnten. Zeitweise musste die Schifffahrt aufgrund der Hochwasserereignisse im Spätjahr eingestellt werden.

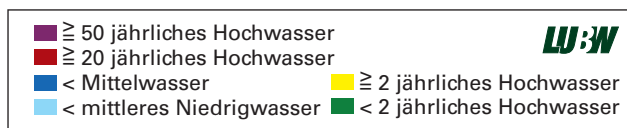
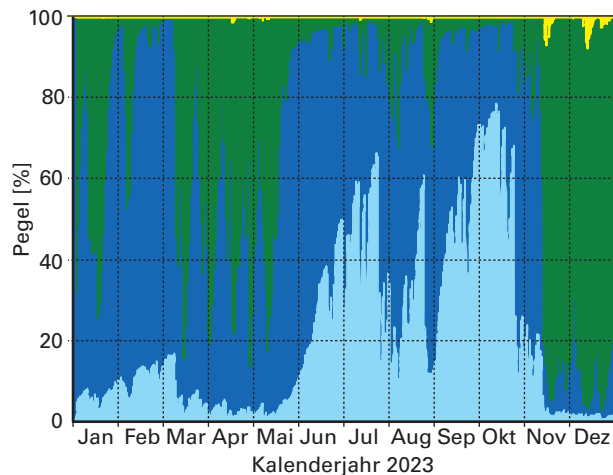


Abbildung 2.7: Anteil der Kennwertpegel in Baden-Württemberg, die im Wasserstand oder im Abfluss im Kalenderjahr 2023 einen bestimmten Kennwert über- bzw. unterschreiten. Grafik basiert auf ungeprüften Rohdaten. Datenquelle: Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) der LUBW.

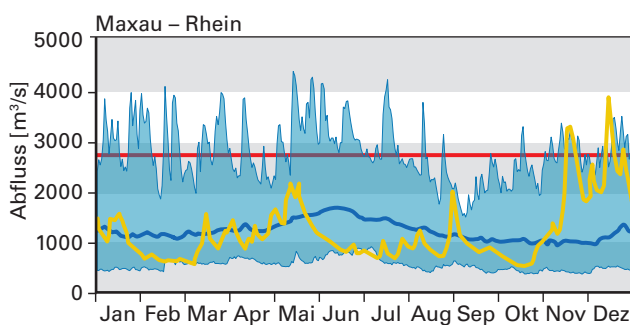
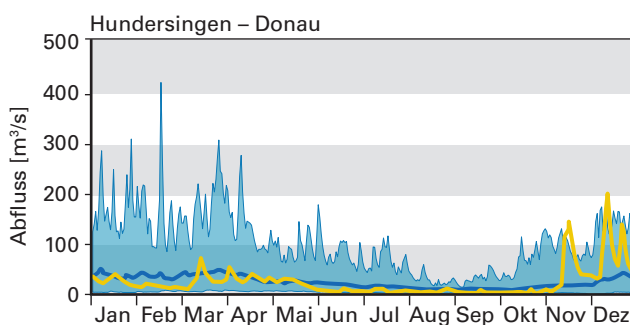


Abbildung 2.8: Tagesmittelwerte des Abflusses für das Jahr 2023 (gelbe Linie, ungeprüfte Rohdaten) an den Pegeln Maxau-Rhein und Hundersingen-Donau. Die blaue Linie zeigt den Mittelwert für den jeweiligen Tag im Analysezeitraum ab 1981. Die Spannweite gibt den minimalen bzw. maximalen Messwert am jeweiligen Kalendertag im Analysezeitraum an. Datenquelle: Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) der LUBW. Betreiber der Messstelle Maxau: WSA Oberrhein. Betreiber der Messstelle Hundersingen: RP Tübingen.

2.2.2 Bodensee – Rekord im zweiten Anlauf

- Im Bodensee waren die sommerlichen Wasserstände erneut außergewöhnlich niedrig.
- Beendet wurde das Jahr hingegen mit den höchsten Wasserständen, die je in einem Dezember gemessen wurden.
- Heftige Stürme führten zu einer stärkeren Durchmischung des Sees, was sich auf die Temperaturverteilung im See, aber auch auf die Wasserqualität in den Flachwasserbereichen auswirkte.

Der Wasserstand des Bodensees war im Jahr 2023 zunächst für die Jahreszeit durchschnittlich (Abbildung 2.9). Ein feuchter April führte zu einem leicht überdurchschnittlichen Seewasserstand im Mai. Wie bereits häufiger in den vergangenen Jahren, und zuletzt im Vorjahr, war das Einzugsgebiet des Bodensees im Sommer durch eine langanhaltende Trockenheit geprägt. Diese führte von Juni bis in den August zu einem abfallenden und deutlich unterdurchschnittlichen Wasserstand. Beendet wurde diese Phase mit einem steilen Anstieg der Tagesmittelwerte um 83 cm am Pegel Konstanz-Bodensee im Zeitraum vom 24. bis 31. August bis hin zu einem ausgeprägt hohen Wasserstand für diese Jahreszeit. Der nachfolgende schnelle Abfall des Wasserstands um 65 cm binnen 20 Tagen deutet darauf hin, dass die Böden und Grundwasserkörper im Bodensee-Einzugsgebiet nach dem langanhaltend trockenen Sommer wenig Wasser abgeben konnten. Infolge ergiebiger Niederschläge ab Mitte November erreichte der Bodensee ab Mitte Dezember dann einen neuen jahreszeitlichen Rekordwasserstand. Über 19 Tage war der Seewasserstand am Pegel Konstanz höher als dies in den vergangenen 173 Jahren am jeweiligen Kalendertag beobachtet wurde. Grund waren die ergiebigen Niederschläge verbunden mit Schneeschmelze im Allgäu und Alpenraum. Mit 420 cm am Pegel Konstanz wurde am 15.12.2023 der bisherige maximale Dezemberwasserstand von 410 cm am 01.12.1944 um 10 cm übertroffen.

Geprägt war der Sommer 2023 durch mehrere Sturmereignisse im August. Diese führten zu Schäden an Land, wie etwa entwurzelten oder abgebrochenen Bäumen, und bewirkten im See eine verstärkte Durchmischung und Verlagerung der Wasserkörper. Am 7. August wurde dabei an der Wasseroberfläche in der Seemitte eine ungewöhnlich kalte Temperatur von 13,6 °C gemessen. Vorausgegangen war ein starker Westwind, der das wärmere Oberflächenwasser nach Osten verlagerte und dabei vorübergehend

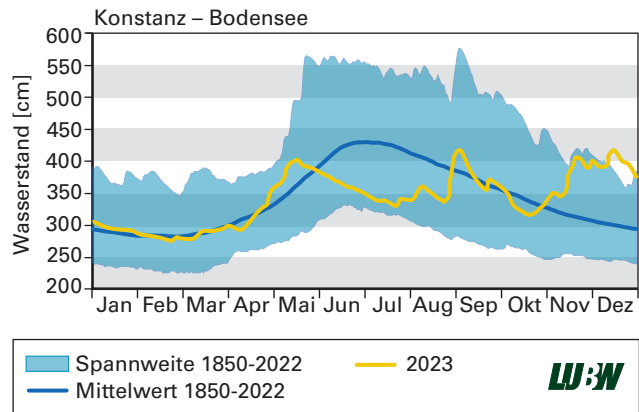


Abbildung 2.9: Tagesmittelwerte des Wasserstands für das Jahr 2023 (gelbe Linie, ungeprüfte Rohdaten) am Seepegel Konstanz – Bodensee. Die blaue Linie zeigt den Mittelwert für den jeweiligen Tag im Analysezeitraum ab 1850. Die Spannweite gibt den minimalen/maximalen Messwert am jeweiligen Kalendertag im Analysezeitraum an. Datenquelle: Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) der LUBW. Betreiber der Messstelle: RP Freiburg.

kühleres Wasser an die Oberfläche brachte. Diese starken Wasserbewegungen begünstigten auch den Austausch des Wassers in den Flachwasserzonen. Dies dürfte wesentlich dazu beigetragen haben, dass anders als im Vorjahr im Obersee keine größeren Algenteppeiche in den Flachwasserbereichen im Bereich der Flussmündungen der Schussen und der Rotach entstanden.

2.2.3 Grundwasser – Novemberregen kommt an Kurz gesagt:

- Trotz leicht überdurchschnittlicher Jahresniederschläge in 2023 waren die Sickerwassermengen unterdurchschnittlich, aber deutlich höher als im Vorjahr.
- Die Grundwasserstände schwankten innerhalb des Jahres 2023 stark.
- Außergewöhnlich war der steile Wiederanstieg bis auf ein sehr überdurchschnittliches Niveau zum Jahresende.
- Anhaltender Niederschlag ab Mitte Oktober hat für eine rasche Erholung der Bodenfeuchte und die verbreiteten Grundwasseranstiege zum Jahresende gesorgt.

Das Jahr 2023 wies in Baden-Württemberg einen insgesamt leicht überdurchschnittlichen Niederschlag auf (vgl. Kapitel 2.1.5), wobei die Abfolge von nassen und trockenen Monaten für einen wechselhaften Jahresverlauf gesorgt hat.

Dank der günstigen Ausgangssituation für die Grundwasserneubildung im letzten Quartal des Jahres 2022 haben die zum Jahresbeginn 2023 beobachteten Grundwasseranstiege vielerorts zunächst noch angehalten (Abbildung 2.10). Die Grundwasserstände und Quellschüttungen

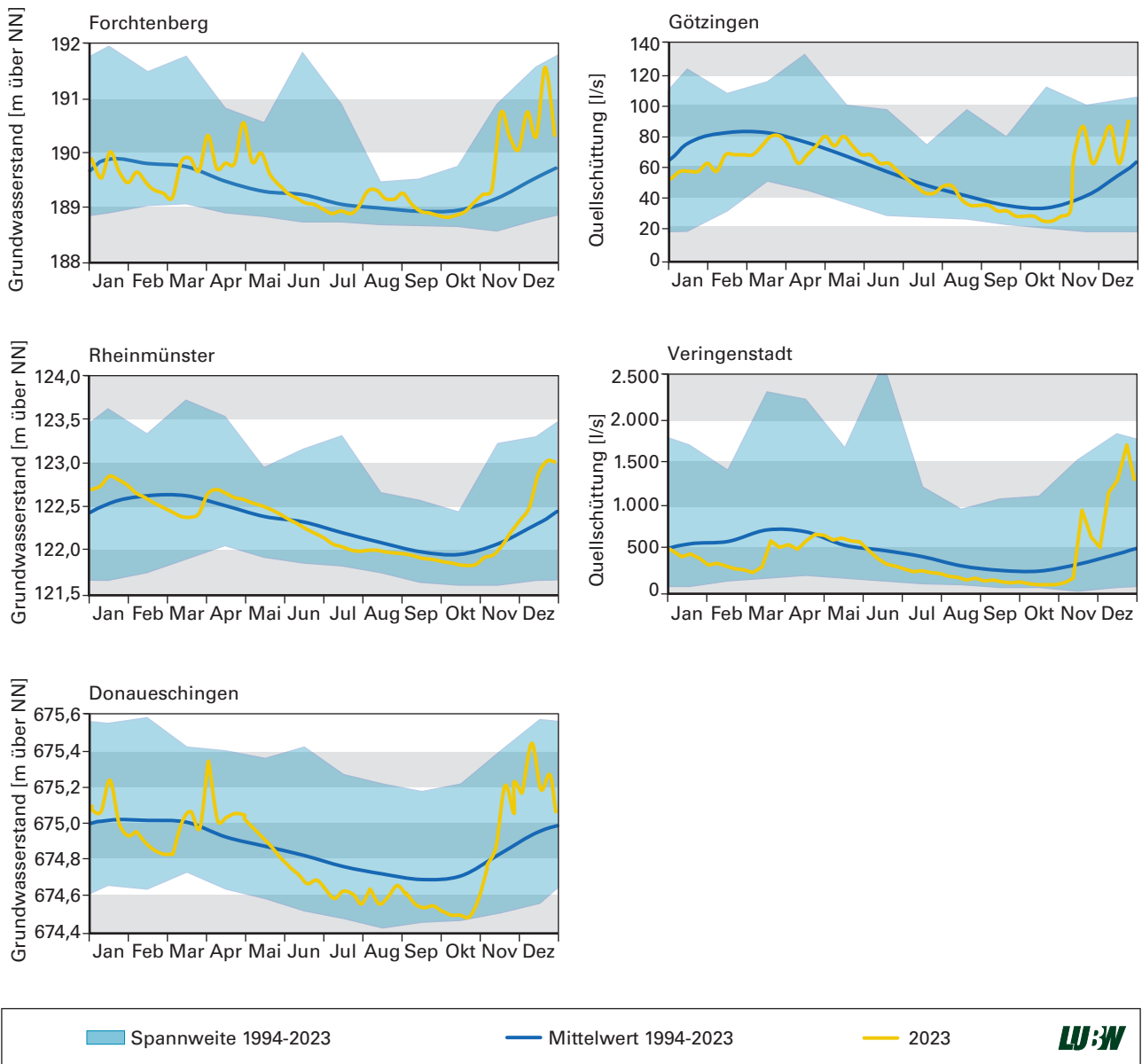


Abbildung 2.10: Jahresgang 2023 der Grundwasserstände in Metern über Normalnull (gelbe Linie) vor langjährigem Hintergrund (hellblaue Fläche) für die Standorte Forchtenberg (Hohenlohe), Rheinmünster (Oberheingraben) und Donaueschingen (oberes Donautal) sowie Jahresgang 2023 der Quellschüttung in Litern pro Sekunde (gelbe Linie) vor langjährigem Hintergrund (hellblaue Fläche) für die Standorte Götzingen (Odenwald) und Veringenstadt (Schwäbische Alb). Die blaue Linie zeigt jeweils den Mittelwert im jeweiligen Analysezeitraum. Die Spannweite gibt den minimalen bzw. maximalen Messwert im Analysezeitraum an. Datenquelle: LUBW.

gingen aufgrund der sehr trockenen ersten beiden Monate bis Anfang März kurzzeitig bis an die Untergrenze des Normalbereichs zurück (vgl. Kapitel 2.1.5). Bis Ende Mai wurde wiederum ein landesweit leicht überdurchschnittliches Niveau, ausgelöst durch leicht überdurchschnittliche Niederschläge im März und April, erreicht. Zahlreiche gewässernahe Messstellen bewegten sich in dieser Phase kurzzeitig auf hohem Niveau, die Auswirkung des Witterungsverlaufs auf die Quellschüttungen kamen dagegen eher gedämpft zum Ausdruck.

Die Zeit von Mai bis Mitte Juli 2023 verlief ausgesprochen niederschlagsarm, die zweite Julihälfte sowie der August 2023 brachten hingegen überdurchschnittliche Nieder-

schlagsmengen. Infolgedessen verhielt sich das Grundwassergeschehen instabil auf überwiegend leicht unterdurchschnittlichem Niveau. Es konnte keine nennenswerte Grundwasserneubildung aus Niederschlägen ab Juni bis in den Herbst hinein beobachtet werden, wobei der Grundwasserspiegel immer wieder durch Infiltrationen aus oberirdischen Gewässern gestützt wurde. Auf gelegentliche Stabilisierungs- und Erholungsphasen folgten ausgeprägte Rückgänge. Über die Sommermonate bis in den Oktober wurden häufiger Rückgänge als Zunahmen beobachtet, besonders in den Festgesteinsbereichen der Schwäbischen Alb und des Schwarzwalds sowie im Neckarbecken. Extrem niedrige Grundwassersituationen aus der jüngeren Vergangenheit, wie in den Jahren 2018 und 2022, wurden

zu keinem Zeitpunkt erreicht. Eine Ausnahme bildete der südliche Oberrheingraben, in welchem keine Erholung der Grundwasserverhältnisse im gesamten Jahresverlauf 2023 zu verzeichnen war.

Anhaltender Niederschlag ab Mitte Oktober hat für ein nasses Jahresende 2023 gesorgt. Nach der sehr schnellen Zunahme der Bodenfeuchte im sehr niederschlagsreichen November, mit +123 % im Vergleich zum langjährigen Mittel (Kapitel 2.1.5), hat der Grundwasserneubildungsprozess wieder eingesetzt und erhebliche Sickerungen herbeigeführt sowie zeitverzögert signifikante Grundwasseranstiege bewirkt. Der Anstieg der Grundwasserverhältnisse war landesweit stark ausgeprägt, sodass sich zum Jahresende jede zweite Grundwassermessstelle auf hohem Niveau und mit weiter steigender Tendenz bewegte.

2.3 Ozon – Unter dem Schwellenwert, aber über dem Zielwert

Kurz gesagt:

- Die Ozonspitzenkonzentrationen gehen aufgrund der Minderungsmaßnahmen bei den Ozonvorläufersubstanzen seit Anfang der 1990er-Jahre zurück.
- Erstmals wurde der Informationsschwellenwert von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ Ozon, der dem Schutz der Gesundheit

besonders empfindlicher Bevölkerungsgruppen bei kurzfristiger Exposition gegenüber erhöhten Ozonkonzentrationen dient, an allen Stationen im Land Baden-Württemberg nicht überschritten.

- Die mittleren Ozonkonzentrationen im Jahr 2023 lagen im Vergleich zum Jahr 2022 auf einem ähnlichen bis etwas höheren Niveau.
- Der (langfristige) Zielwert zum Schutz der menschlichen Gesundheit wurde wie im Vorjahr auch im Jahr 2023 an einer Vielzahl von Stationen in Baden-Württemberg überschritten.

Seit Anfang der 1990er-Jahre ist ein Rückgang der Immissionsbelastung durch Ozon sowohl bei den Messstationen im städtischen als auch im ländlichen Hintergrund festzustellen, der sich insbesondere bei den Ozonspitzenkonzentrationen zeigt (Abbildung 2.11). Ursache sind die rückläufigen Konzentrationen der Ozonvorläufersubstanzen Stickstoffdioxid, flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (non-methane volatile organic compounds, NM-VOC), Methan und Kohlenmonoxid. Potential für erhöhte Ozonkonzentrationen haben jedoch weiterhin heiße, trockene und strahlungsintensive Sommer wie die Sommer der Jahre 2003, 2015, 2018 bis 2020 und nach 2022 nun zumindest teilweise auch 2023. Stabile Hochdruckwetterla-

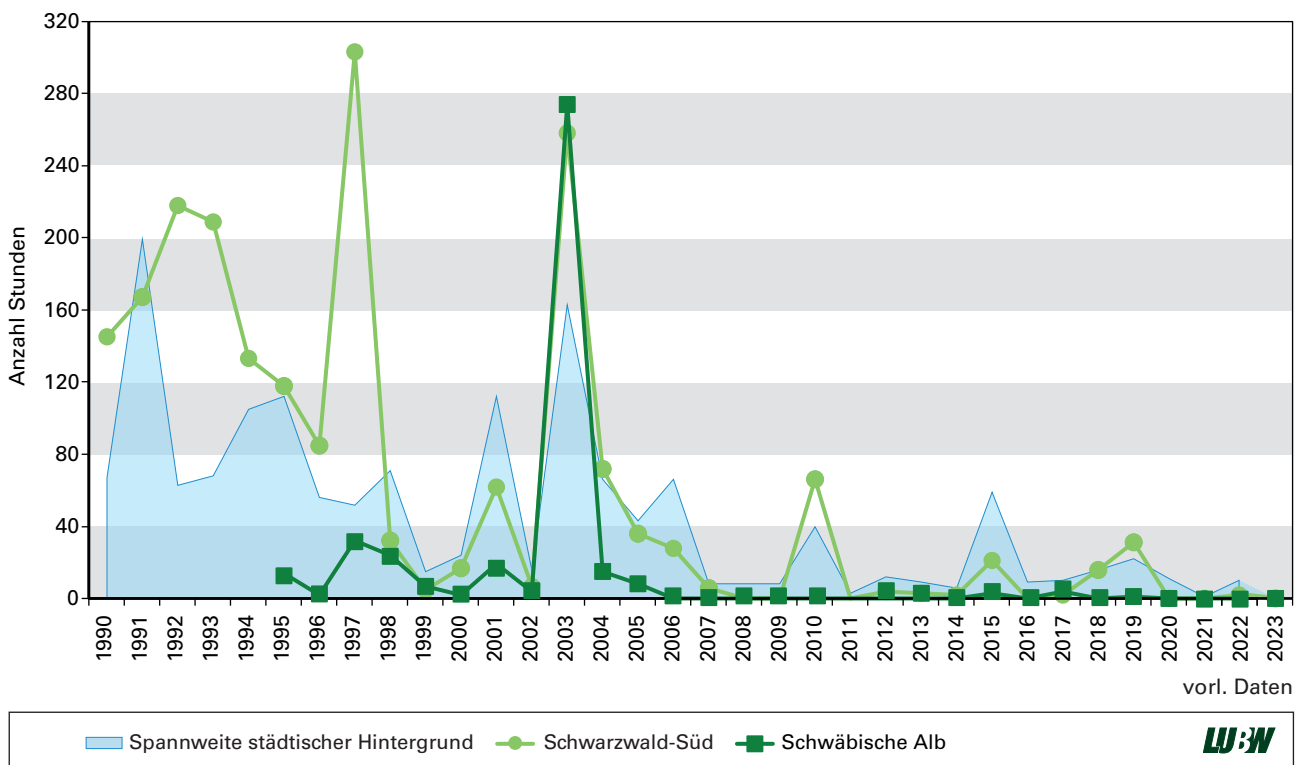


Abbildung 2.11: Anzahl der Stunden mit Überschreitung des Ozon 1-Stundenmittelwertes von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Informationsschwelle) in Baden-Württemberg (vorläufige Daten). Datenquelle: LUBW.

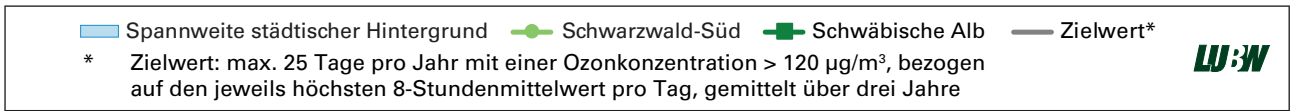
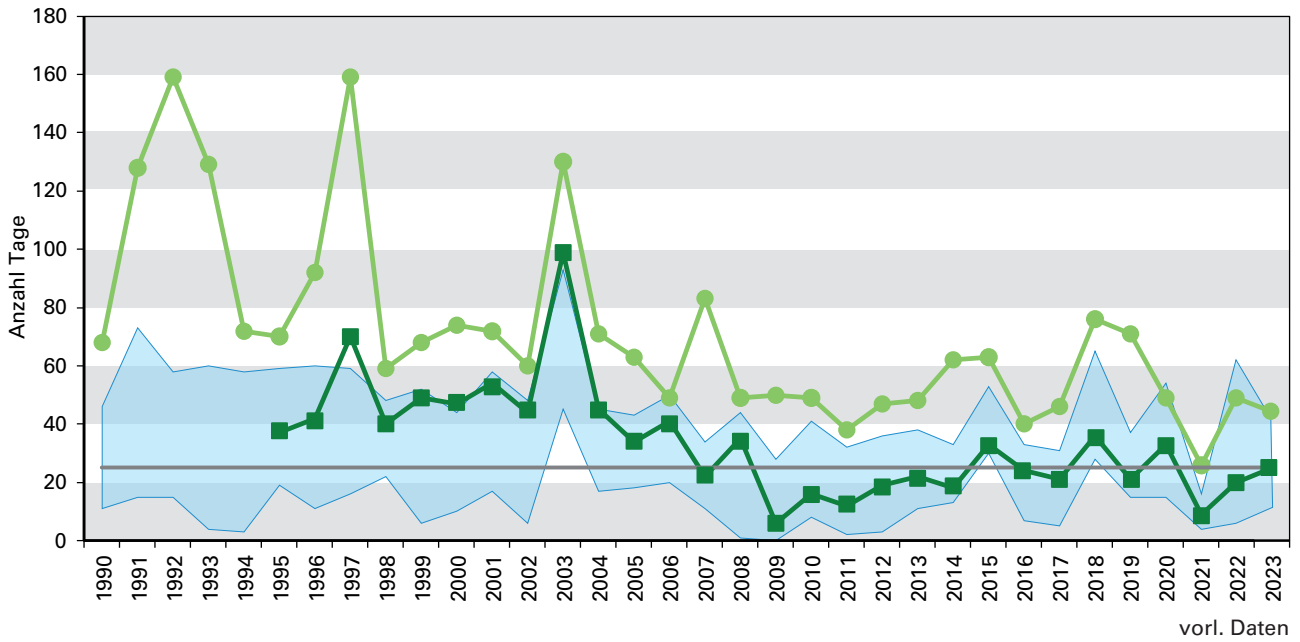


Abbildung 2.12: Anzahl der Tage mit Überschreitung des Ozon 8-Stundenmittelwertes von 120 µg/m³ in Baden-Württemberg (vorläufige Daten). Datenquelle: LUBW.

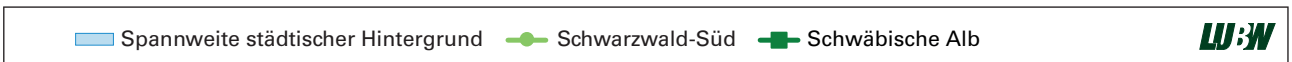
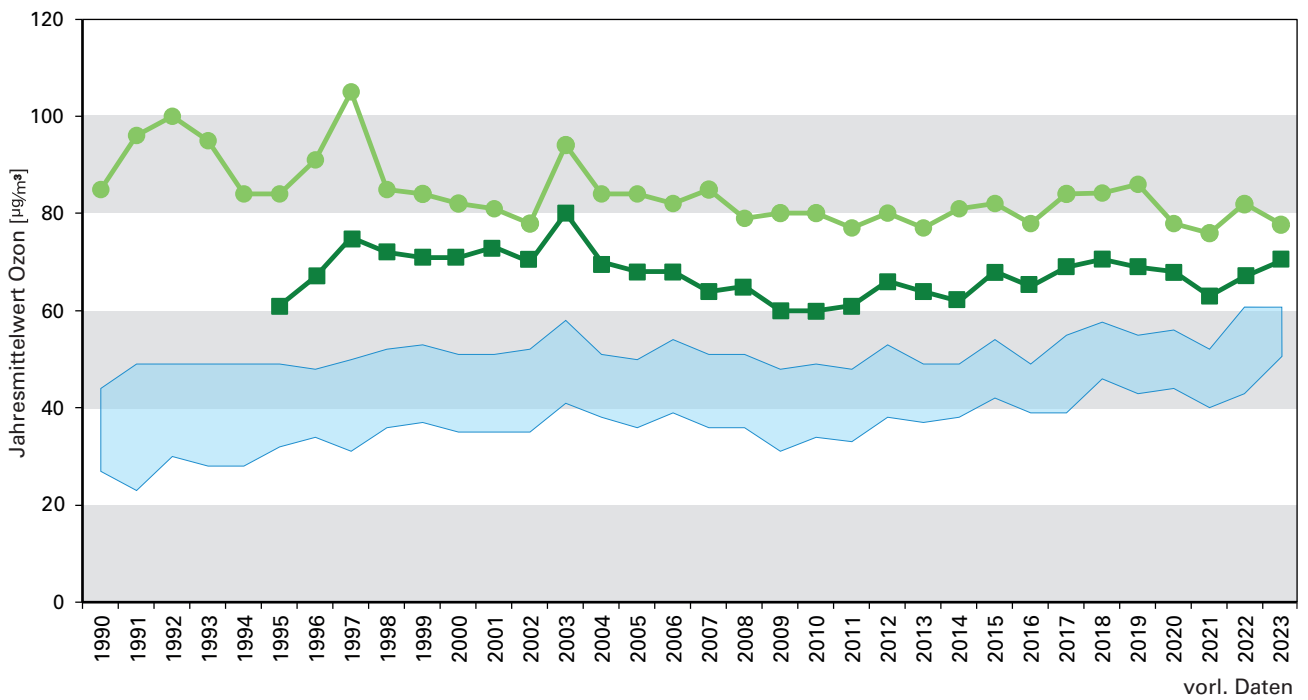


Abbildung 2.13: Entwicklung der Jahresmittelwerte für Ozon in Baden-Württemberg (vorläufige Daten). Datenquelle: LUBW.

gen führen neben den meteorologischen Voraussetzungen zur Bildung von Ozon zusätzlich zu einer Anreicherung der Vorläufersubstanzen. Dazu zählen auch die biogenen Kohlenwasserstoffe, die vor allem von Nadelbäumen bei hohen Temperaturen emittiert werden.

Im Jahr 2023 gab es vor allem im Früh- und Spätsommer in den Monaten Mai bis Mitte Juli und September längere heiße und trockene Perioden (vgl. Kapitel 2.1.2 und 2.1.5). Der eigentliche Hochsommer mit den Monaten Juli und August war dagegen durch wechselhafte Wetterlagen geprägt, mit reichlich Niederschlag und mehreren Stürmen. Dies schlug sich unmittelbar auf die Ozonkonzentrationen nieder. Trotz der hohen Temperaturen wurde der zum Schutz der Gesundheit besonders empfindlicher Bevölkerungsgruppen dienende Informationsschwellenwert von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (1-Stundenmittelwert) erstmals an allen Messstationen im Land Baden-Württemberg nicht überschritten (Abbildung 2.11). Während im Jahr 2021 aufgrund des kühlen und nassen Sommers der langfristige Zielwert zum Schutz der Gesundheit von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages an mehr als 25 Tagen) im städtischen Hintergrund an fast allen Messstationen eingehalten wurde, kam es nach 2022 nun auch im Jahr 2023 wieder an einer Vielzahl von Messstationen zu Überschreitungen dieses Wertes (Abbildung 2.12).

Die Jahresmittelwerte der Ozonkonzentrationen zeigten zuletzt für das Jahr 2021 aufgrund des kühlen und nassen Sommers einen Rückgang. Seit dem Jahr 2022 steigen die Ozonkonzentration im Jahresmittel aber wieder an und liegen nun fast überall über dem Niveau von 2020 (Abbildung 2.13).

2.4 Auswirkungen auf die Natur

2.4.1 Phänologie – Erneut ein früher Blühbeginn

Kurz gesagt:

- 2023 war geprägt durch einen erneut milden Winter, einen eher kühl und niederschlagsreichen April sowie einen warmen und relativ trockenen Mai und Frühsommer.
- Die Apfelblüte begann 12 Tage früher als im Mittel des Referenzzeitraums 1961–1990; die Pflückreife zog sich bis in den August.

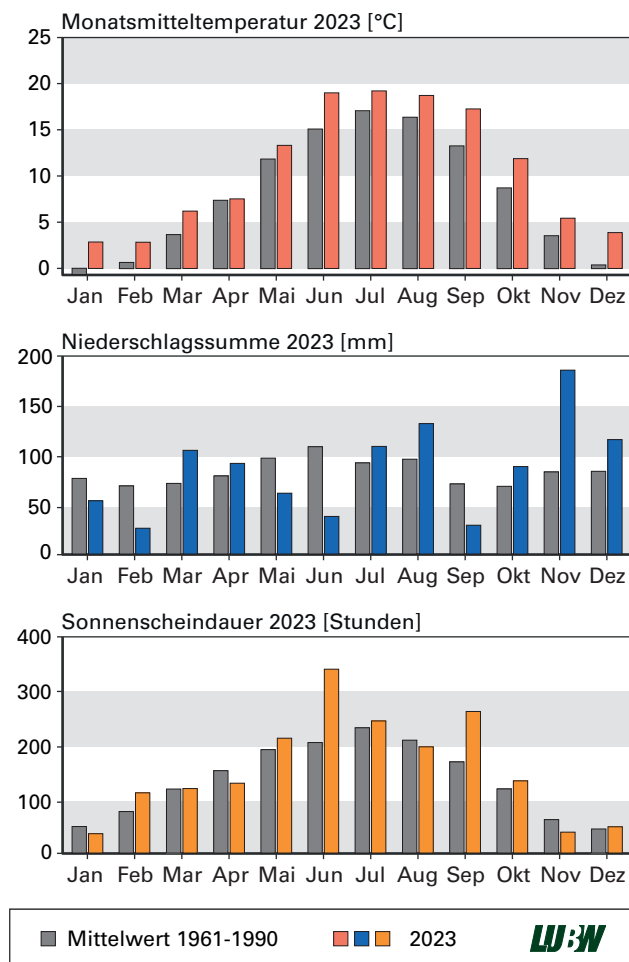


Abbildung 2.14: Monatsmittelwerte der Temperatur, des Niederschlags und der Sonnenscheindauer in Baden-Württemberg für den Referenzzeitraum 1961–1990 (grau) im Vergleich zum aktuellen Jahr 2023 (farbig). Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

Die Phänologie befasst sich mit regelmäßig wiederkehrenden Wachstums- und Entwicklungserscheinungen bei Pflanzen und Tieren. Bei Pflanzen werden zum Beispiel der Beginn der Blattentfaltung, der Beginn und das Ende der Blüte, der Frucht reife oder des Blattfalls als einzelne phänologische Phasen unterschieden. Die Phänologie ist stark von der Temperatur und Sonneneinstrahlung abhängig. Langanhaltende Änderungen der Phänologie verdeutlichen somit klimatisch bedingte Veränderungen in der Natur. Ähnlich wie in den vergangenen Jahren sind die Gründe für die frühe Entwicklung in einem sehr milden Winter und den überaus hohen Temperaturen sowie Sonnenscheinstunden im Februar und März (Abbildung 2.14) zu sehen.

Die Apfelblüte setzte 2023 gemittelt übers Land am 111. Tag des Jahres bzw. 21. April und damit um 12 Tage früher als im Vergleichszeitraum 1961–1990 ein (Abbildung 2.15). Die anfangs rapide Entwicklung wurde jedoch durch einen eher kühlen bzw. im Vergleich zum Mittel 1961–1990 nur durch-

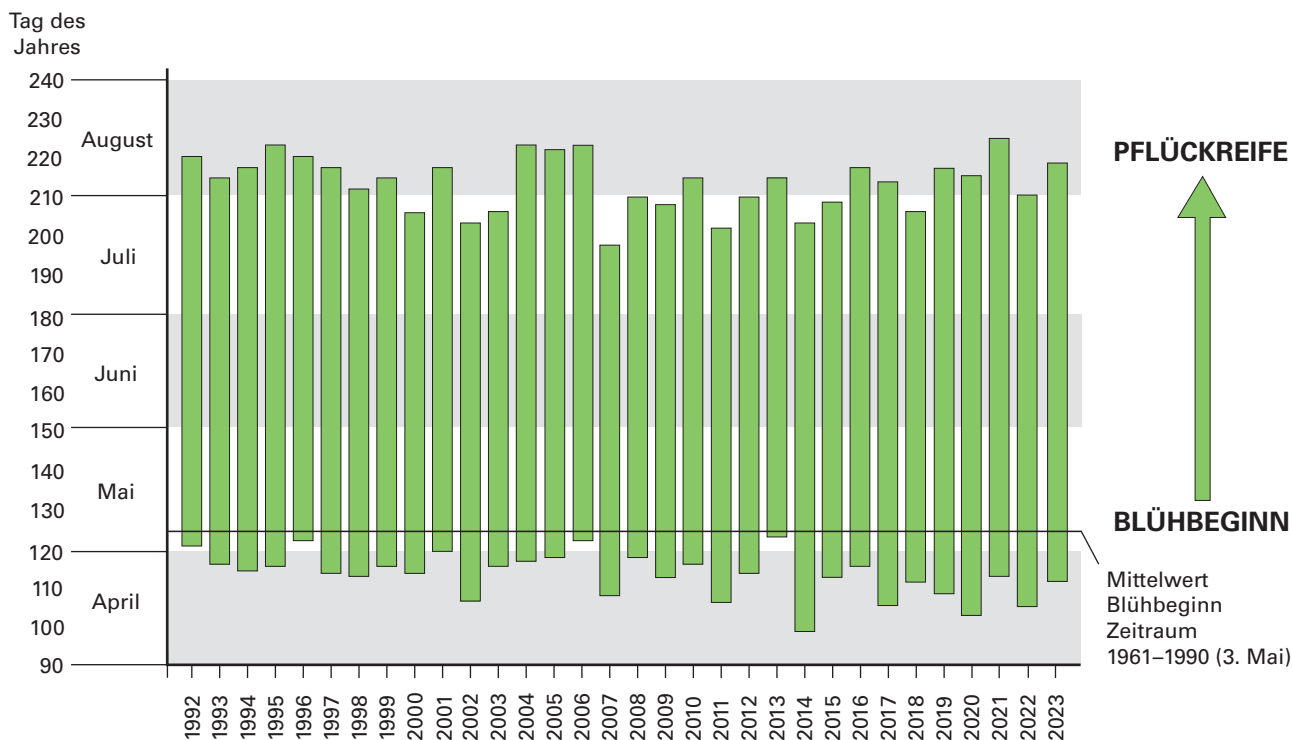


Abbildung 2.15: Mittlerer Beginn der Apfelblüte bis zur Pflückreife vorwiegend frühblühender Apfelbäume in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes (Stand 15.01.2024).

schnittlich warmen und eher nassen sowie sonnenscheinärmeren April deutlich abgebremst. Der darauffolgende sehr sonnig-warme Mai und Juni ließ die Entwicklung wieder weiter Fahrt aufnehmen. Durch den zwar warmen, aber zu nassen und weniger sonnigen Juli und August zog sich die Pflückreife letztlich bis zum 219. Tag des Jahres, also bis zum 7. August 2023. Damit waren die Äpfel in 2023 im Durchschnitt in Baden-Württemberg 7 Tage später reif als im Mittel des Referenzzeitraums 1961–1990, der auf den 31. Juli datiert ist.

Nicht nur bei den Äpfeln zeigte sich ein frühes Aufblühen, sondern auch insgesamt beim Obst und verschiedenen Wildpflanzen, wie dem schwarzen Holunder. Der frühe Blühbeginn birgt jedoch vermehrt das Risiko, dass Spätfröste die empfindlichen Blüten schädigen und letztlich zu Ernteeinbußen führen. Auch 2023 gab es wie bereits in den Vorjahren Spätfrostschäden, beispielsweise Mitte April in der Bodenseeregion. So wurden etwa an den Wetterstationen Konstanz und Weingarten (Kreis Ravensburg) am 15. April 2023 Temperaturen unter dem Gefrierpunkt gemessen. Aber nicht nur der Frost sorgte in 2023 für Ernteeinbußen, sondern insbesondere die Kombination aus Nässe und Kühle. Durch die Feuchtigkeit konnten sich

zum Beispiel Pilzkrankheiten, wie Schorfpilz, ausbreiten. Zudem sorgte die nass-kalte Witterung dafür, dass Bienen und Hummeln weniger ausfliegen und somit entsprechend weniger Blüten der Obstbäume bestäuben konnten (vgl. <https://www.swr.de/swraktuell/baden-wuerttemberg/friedrichshafen/obstbauern-am-bodensee-sorgen-sich-um-ern-te-100.html>).

2.4.2 Bestandsveränderungen von Insekten – Hitze und Dürre 2022 wirken noch nach

Kurz gesagt:

- 2023 war mit 8.164 gezählten Individuen, die sich auf 80 Arten verteilten, das schlechteste Tagfalterjahr seit Beginn des Insektenmonitorings 2018.
- Die eher nassen Monate März und der kühl-nasse April bewirkte ein Absterben von Überwinterungsstadien und jungen Raupen, die unter diesen Witterungsbedingungen verschimmeln bzw. keine Nahrung aufnehmen können.
- Individuenschwache Ausgangspopulationen im Frühjahr 2023 sind auch auf die lange Dürreperiode im Sommer 2022 zurückzuführen. Diese verringerte die Tagfalterbestände, wodurch nur eine geringe Zahl an

Eiern, Raupen und Puppen für die Überwinterung zur Verfügung standen.

- Höhere Temperaturen und geringere Niederschläge führten ab Juni wieder zu einem gewissen Anstieg der Tagfalterzahlen, jedoch nur bei Sommerarten.

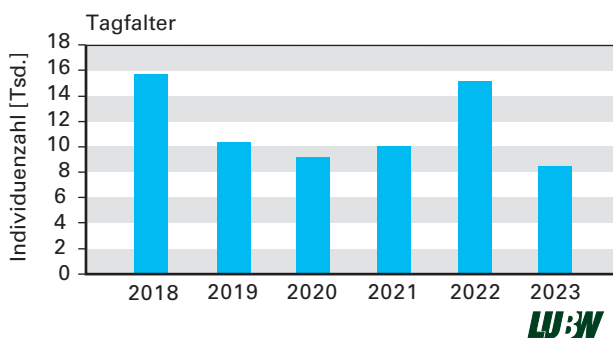
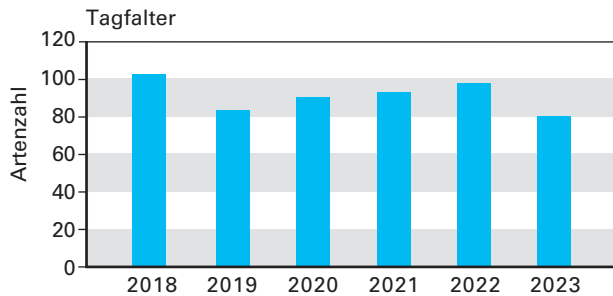


Abbildung 2.16: Gesamtzahl der Tagfalter: Oben die Anzahl der Arten je Monitoringjahr; unten die Anzahl der Individuen je Monitoringjahr. Datenquelle: LUBW.

Im Rahmen des Insektenmonitorings werden jährlich auf 50 Stichprobenflächen im gesamten Land Tagfalter und Widderchen erfasst. Alle vier Jahre wiederholen sich die Untersuchungen auf denselben Flächen.

2023 erwies sich mit insgesamt 8.264 gezählten Individuen, die sich auf 80 Arten verteilen, als das schlechteste Tagfalterjahr seit Beginn des Monitorings 2018 (Abbildung 2.16).



Abbildung 2.17: Bläulingsarten, wie der Himmelblaue Bläuling (*Lysandra bellargus*) wiesen 2023 auffallend niedrige Bestandszahlen auf (Foto: F. Theves, LUBW).

Diese geringen Falterzahlen lassen sich durch die kühl-nasse Witterung im März und April erklären, die zu einem Absterben von Eiern, Puppen und Raupen führten. Hinzu kommt, dass die Bestände als Folge der für Schmetterlinge mehrheitlich ungünstigen Witterungsverhältnisse der Vorjahre (2019 und 2020 heiß und trocken, 2021 Spätfröste und regenreicher Sommer, 2022 Sommerdürre) bereits geschwächt waren. Beispielsweise wurden 2023 im Vergleich zu 2022 nur sehr wenige Bläulinge gezählt (Abbildung 2.17). Weniger beeinträchtigt waren die Bestände von Tagfaltern, die erst im Sommer erscheinen, wie Kaisermantel und Schachbrettfalter (Abbildung 2.18).

2.4.3 Fließgewässerökologie – Wassertemperaturen steigen weiter an

Kurz gesagt:

- Die Wassertemperatur und der Abfluss haben entscheidenden Einfluss auf die Lebensgemeinschaften in Fließgewässern.
- 2023 waren die sommerlichen Wassertemperaturen im Rhein bei Karlsruhe im Früh- und Spätsommer sehr hoch, aufgrund des wechselhaften Hochsommers wurden die bisherigen Rekordtemperaturen jedoch nicht erreicht.
- Die Sauerstoffverhältnisse im Neckar waren labil; der Wert von 4 mg/l wurde mehrfach unterschritten.

Fließgewässer sind hoch dynamische Lebensräume. Daher müssen Fließgewässerorganismen generell auch an wechselnde Temperaturverhältnisse und Wasserstände angepasst sein. Die verschiedenen Pflanzen- und Tiergruppen können durch unterschiedliche Anpassungsstrategien



Abbildung 2.18: Der Schachbrettfalter (*Melanargia galathea*) gehört zu den wenigen Tagfaltern, die im Sommer 2023 weiterhin häufig auftraten (Foto: F. Theves, LUBW).

sowohl sommerliche Hitze- und Niedrigwasserphasen als auch Hochwassersituationen überstehen. Die Häufigkeit, Dauer und räumliche Ausdehnung von Extremereignissen können jedoch einen großen Einfluss auf die aquatische Lebensgemeinschaft haben.

Die sehr niederschlagsarmen und heißen Monate Juni und September 2023 haben zu hohen Wassertemperaturen und niedrigen Wasserständen in den Fließgewässern Baden-Württembergs geführt, während die Monate Juli und August eher durch wechselhafte Wetterlagen geprägt waren. Besonders der September 2023 war durch für diese Jahreszeit ungewöhnlich hohe Wassertemperaturen gekennzeichnet.

In Abbildung 2.19 ist die Anzahl der Tage pro Jahr mit Überschreitungen der Wassertemperatur im Tagesmittel von größer gleich 20 °C und größer gleich 25 °C im Rhein an der Messstation Karlsruhe der letzten 35 Jahre dargestellt. Laut Oberflächengewässerverordnung (OGewV, 2016) sollte für die Fischgemeinschaft der Barbenregion (Oberrhein) eine sommerliche Wassertemperatur von 20 °C nicht überschritten werden, um den sehr guten ökologischen Zustand erreichen zu können. Zwar wurden 2023 die Extremwerte von 2003 und 2018 nicht erreicht, es

ist jedoch insgesamt ein steigender Trend erkennbar: Die durchschnittliche Anzahl an Tagen mit Wassertemperaturen von 20 °C und höher ist im Zeitraum von 1988 bis 2023 um etwa 35 Tage gestiegen. Im gleichen Zeitraum stieg die mittlere sommerliche Wassertemperatur um etwa 1,5 °C. Generell spielen die Temperaturverhältnisse in einem Fließgewässer eine große Rolle für die Gewässerökologie, da viele Lebensprozesse, wie die Ei- und Larvalentwicklung oder der Schlupfzeitpunkt von Wasserinsekten temperaturgesteuert sind. Hohe Wassertemperaturen haben eine geringere Löslichkeit von Sauerstoff im Wasser zur Folge. Gleichzeitig aber steigen die Stoffwechselraten der Gewässerorganismen, was Hitzestress und eine erhöhte Anfälligkeit für Krankheiten bedeutet.

Mit tendenziell steigenden Wassertemperaturen werden sich die Lebensgemeinschaften der Fließgewässer verändern. Mit dem Einwandern von Flussarten in die kühleren Bäche werden die an niedrige Wassertemperaturen angepassten Organismen möglicherweise durch tolerantere Arten verdrängt.

Die ausgeprägte Phase niedriger Wasserstände von Mitte Mai bis Mitte Juli und Mitte September bis Mitte Oktober 2023 oder gar ein Trockenfallen von Gewässerabschnitten

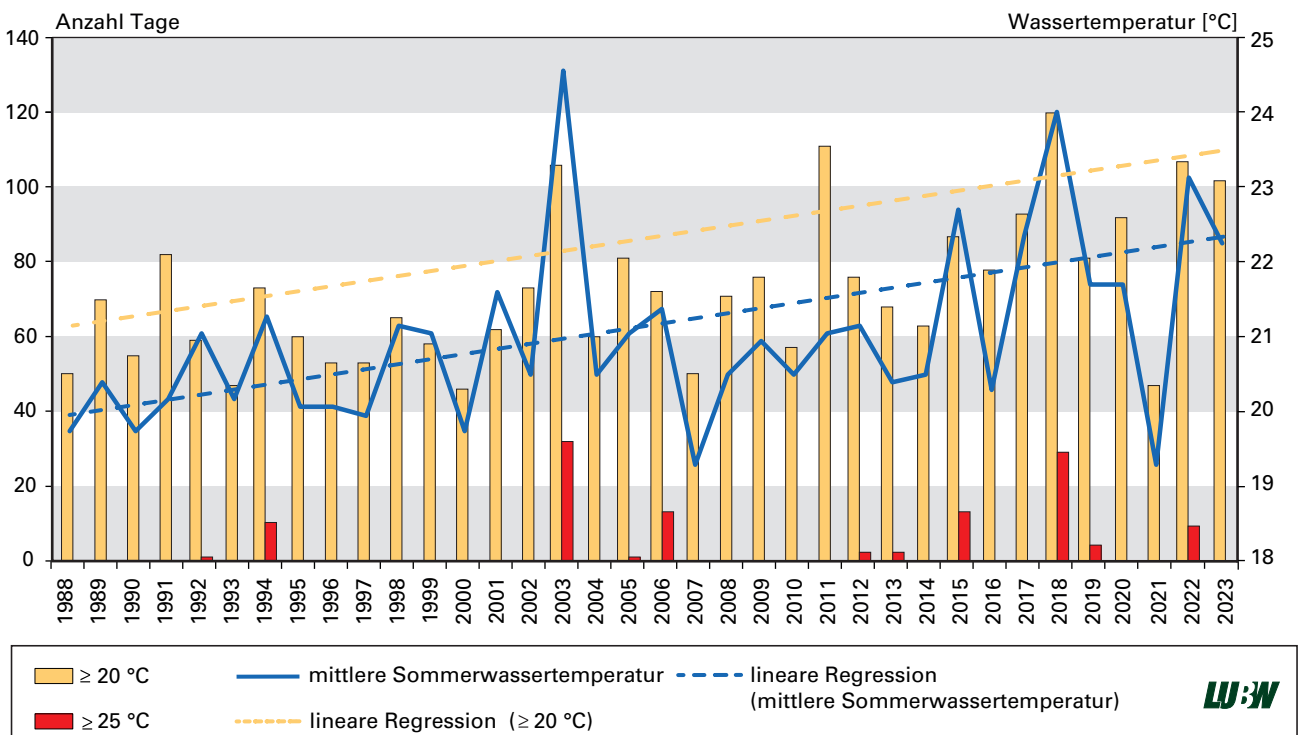


Abbildung 2.19: Anzahl der Tage pro Jahr mit Überschreitungen der Wassertemperatur im Tagesmittel von ≥ 20 °C und ≥ 25 °C sowie die mittlere sommerliche Wassertemperatur im Rhein an der Messstation Karlsruhe der letzten 35 Jahre. Datenquelle: LUBW.

führt zum Verlust von Lebensraum und einer fehlenden Vernetzung der Gewässer. Mobile Fließgewässerorganismen können in gewissem Umfang durch Flucht der Situation entkommen. Jedoch verhindert eine fehlende Anbindung von Seitengewässern die Möglichkeit von Ausweichwanderungen. Insbesondere wenig mobile Gewässerorganismen wie Muscheln können dem zurückgehenden Wasserstand nicht schnell genug folgen und verenden. Auch können die Fließgewässerorganismen mit abnehmender Wassermenge von einer Konzentrations-erhöhung der Wasserinhaltsstoffe in unterschiedlicher Weise betroffen sein. Hierbei hat die Wassertemperatur einen entscheidenden Einfluss, zum Beispiel auf die Ent-

wicklung der Sauerstoffverhältnisse während einer Niedrigwasserphase. So sind die Sauerstoffwerte im Neckar im Verlauf des Sommers 2023 mehrfach in kritische Bereiche abgesunken. Im Zusammenhang mit längeren Perioden von Bewölkung und nach starken Niederschlägen, die zu einem vermehrten Schmutzwassereintrag bzw. Zusammenbruch von Algenblüten führen können, sanken die Sauerstoffwerte an mehreren Messstationen unter 4 mg/l ab. Daher waren im Rahmen des „Sauerstoffreglements Neckar“ um die 30 Belüftungsmaßnahmen zur Stützung des Sauerstoffgehaltes zwischen Mitte Juni und Ende August 2023 notwendig.

Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 2.1: Jahresmitteltemperatur und Jahresniederschlag in Baden-Württemberg (Mittelwerte pro Jahr seit 1881) sowie Abweichungen der Temperatur und des Niederschlags vom Mittelwert der Referenzperiode 1961–1990. Schwarze, horizontale Linien zeigen Mittelwerte für ausgewählte Zeiträume: Vorindustrieller Zeitraum (1881–1910), internationale Referenzperiode (1961–1990) sowie die letzten 30 Jahre (1994–2023). Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes. Seite 7
- Abbildung 2.2: Abweichungen der Temperatur (links, in °C) und des Niederschlags (rechts, in %) im Jahr 2023 im Vergleich zur Referenzperiode 1961–1990 basierend auf einem 1x1 km Raster. Datenquelle: Daten aufbereitet durch die LUBW, unter Einbeziehung von DWD-Stationen. Seite 8
- Abbildung 2.3: Temperaturabweichung in 2023 im Vergleich zur Referenzperiode 1961–1990 im regionalen Vergleich. Zur besseren Orientierung sind die Regierungspräsidien Baden-Württembergs mit den Städten Stuttgart (S), Karlsruhe (KA), Freiburg (FR) und Tübingen (TÜ) eingezeichnet. Daten aufbereitet durch die LUBW, unter Einbeziehung von DWD-Stationen. Seite 9
- Abbildung 2.4: Kenntage Heiße Tage, Sommertage, Frosttage und Eistage als Anzahl Tage pro Jahr für die Periode 1951 bis 2023 (Mittelwerte für Baden-Württemberg). Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.. Seite 10
- Abbildung 2.5: Sonnenscheinstunden in Baden-Württemberg (jährliche Mittelwerte für Baden-Württemberg seit 1951) als Jahressumme (linke Achse) und umgerechnet auf den Mittelwert pro Tag (rechte Achse). Horizontale Linien zeigen Mittelwerte für die Zeiträume 1961–1990 und 1991–2020. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes. Seite 11
- Abbildung 2.6: Niederschlagsabweichungen in 2023 im Vergleich zur Referenzperiode 1961–1990 im regionalen Vergleich. Zur besseren Orientierung sind die Regierungspräsidien Baden-Württembergs mit den Städten Stuttgart (S), Karlsruhe (KA), Freiburg (FR) und Tübingen (TÜ) eingezeichnet. Daten aufbereitet durch die LUBW, unter Einbeziehung von DWD-Stationen. Seite 12
- Abbildung 2.7: Anteil der Kennwertpegel in Baden-Württemberg, die im Wasserstand oder im Abfluss einen bestimmten Kennwert über- bzw. unterschreiten. Grafik basiert auf ungeprüften Rohdaten. Datenquelle: Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) der LUBW. Seite 14
- Abbildung 2.8: Tagesmittelwerte des Abflusses für das Jahr 2023 (gelbe Linie, ungeprüfte Rohdaten) an den Pegeln Maxau-Rhein und Hundersingen-Donau. Die blaue Linie zeigt den Mittelwert für den jeweiligen Tag im Analysezeitraum ab 1981. Die Spannweite gibt den minimalen bzw. maximalen Messwert am jeweiligen Kalendertag im Analysezeitraum an. Datenquelle: Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) der LUBW. Betreiber der Messstelle Maxau: WSA Oberrhein. Betreiber der Messstelle Hundersingen: RP Tübingen. Seite 14
- Abbildung 2.9: Tagesmittelwerte des Wasserstands für das Jahr 2023 (gelbe Linie, ungeprüfte Rohdaten) am Seepiegel Konstanz – Bodensee. Die blaue Linie zeigt den Mittelwert für den jeweiligen Tag im Analysezeitraum ab 1850. Die Spannweite gibt den minimalen/maximalen Messwert am jeweiligen Kalendertag im Analysezeitraum an. Datenquelle: Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) der LUBW. Betreiber der Messstelle: RP Freiburg. Seite 15
- Abbildung 2.10: Jahresgang 2023 der Grundwasserstände in Metern über Normalnull (gelbe Linie) vor langjährigem Hintergrund (hellblaue Fläche) für die Standorte Forchtenberg (Hohenlohe), Rheinmünster (Oberrheingraben) und Donaueschingen (oberes Donautal) sowie Jahresgang 2023 der Quellschüttung in Litern pro Sekunde (gelbe Linie) vor langjährigem Hintergrund (hellblaue Fläche) für die Standorte Götzingen (Odenwald) und Veringenstadt (Schwäbische Alb). Die blaue Linie zeigt jeweils den Mittelwert im jeweiligen Analysezeitraum. Die Spannweite gibt den minimalen bzw. maximalen Messwert im Analysezeitraum an. Datenquelle: LUBW. Seite 16
- Abbildung 2.11: Anzahl der Stunden mit Überschreitung des Ozon 1-Stundenmittelwertes von $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Informationsschwelle) in Baden-Württemberg (vorläufige Daten). Datenquelle: LUBW. Seite 17
- Abbildung 2.12: Anzahl der Tage mit Überschreitung des Ozon 8-Stundenmittelwertes von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Baden-Württemberg (vorläufige Daten). Datenquelle: LUBW. Seite 18
- Abbildung 2.13: Entwicklung der Jahresmittelwerte für Ozon in Baden-Württemberg (vorläufige Daten). Datenquelle: LUBW. Seite 18
- Abbildung 2.14: Monatsmittelwerte der Temperatur, des Niederschlags und der Sonnenscheindauer in Baden-Württemberg für den Referenzzeitraum 1961–1990 im Vergleich zum aktuellen Jahr 2023. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes. Seite 19
- Abbildung 2.15: Mittlerer Beginn der Apfelblüte bis zur Pflückreife vorwiegend frühblühender Apfelbäume in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes (Stand 15.01.2024). Seite 20
- Abbildung 2.16: Gesamtzahl der Tagfalter: Oben die Anzahl der Arten je Monitoringjahr; unten die Anzahl der Individuen je Monitoringjahr. Datenquelle: LUBW. Seite 21
- Abbildung 2.17: Bläulingsarten, wie der Himmelblaue Bläuling (*Lysandra bellargus*) wiesen 2023 auffallend niedrige Bestandszahlen auf (Foto: F. Theves, LUBW). Seite 21
- Abbildung 2.18: Der Schachbrettfalter (*Melanargia galathea*) gehört zu den wenigen Tagfaltern, die im Sommer 2023 weiterhin häufig auftraten (Foto: F. Theves, LUBW). Seite 21
- Abbildung 2.19: Anzahl der Tage pro Jahr mit Überschreitungen der Wassertemperatur im Tagesmittel von $\geq 20 \text{ °C}$ und $\geq 25 \text{ °C}$ sowie die mittlere sommerliche Wassertemperatur im Rhein an der Messstation Karlsruhe der letzten 35 Jahre. Datenquelle: LUBW. Seite 22

