




# Land unter: Hochwasser und Starkregen prägten das Jahr

 Eine klimatische Einordnung des Jahres 2024 für Baden-Württemberg



Baden-Württemberg



# Land unter: Hochwasser und Starkregen prägten das Jahr

 Eine klimatische Einordnung des Jahres 2024 für Baden-Württemberg

<b>HERAUSGEBER</b>	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe, <a href="http://www.lubw.de">www.lubw.de</a>
<b>BEARBEITUNG</b>	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe Koordination: Referat 23 – Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Kompetenzzentrum Klimawandel  Redaktion: Abteilung 2 – Nachhaltigkeit und Naturschutz Referat 23 – Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Kompetenzzentrum Klimawandel Dr. Julius Albert, Dr. Michael Stölzle 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, Chantal Kipp, Dr. Manfred Bremicker ISF – Institut für Seenforschung Dr. Bernd Wahl, Dr. Martin Wessels, Dr. Thomas Wolf
<b>BEZUG</b>	<a href="https://pd.lubw.de/10731">https://pd.lubw.de/10731</a>
<b>STAND</b>	Januar 2025
<b>VERÖFFENTLICHUNG</b>	März 2025
<b>TITELBILD</b>	Die Gemeinde Meckenbeuren (Bodenseekreis) ist von den Unwettern Anfang Juni 2024 besonders stark betroffen gewesen. Das Hochwasser des Flusses Schussen überschwemmt Teile der Gemeinde. Die Luftaufnahme mit einer Drohne zeigt, dass mehrere Gebäude im Wasser stehen. Bildnachweis: picture alliance/dpa, Felix Kästle
<b>ABBILDUNGSNACHWEIS</b>	siehe Abbildungsverzeichnis

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

<b>1</b>	<b>DAS WICHTIGSTE IN KÜRZE</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>7</b>
2.1	Temperatur – Der Erwärmungstrend hält an	7
2.1.1	Jahres- und Monatstemperatur – Weiterhin hohe Temperaturen	7
2.1.2	Sonnenstunden – Ein eher durchschnittliches Jahr	9
2.1.3	Klimatische Kenntage – Kälteextreme nehmen ab, Wärmeextreme nehmen zu	10
2.2	Niederschlag – Ein Jahr geprägt von Starkregen	11
2.3	Wasserhaushalt – Ein wasserreiches Jahr	14
2.3.1	Fließgewässer – Ein Jahr der Hochwasserextreme	14
2.3.2	Bodensee – Klimaerwärmung auch in der Tiefe des Sees angekommen	16
2.3.3	Grundwasser – Anhaltend überdurchschnittlich	17
2.4	Ozon – Ein weiteres Jahr mit vergleichsweise niedriger Belastung	19
2.5	Auswirkungen auf die Natur – Verlängerte Vegetationsperiode, rückläufige Insektenbestände und wärmere Fließgewässer	21
2.5.1	Phänologie – Eine extrem lange Vegetationsperiode	21
2.5.2	Bestandsveränderungen von Insekten – Für Tagfalter ungünstige Witterung von 2023 setzt sich fort	23
2.5.3	Fließgewässerökologie – Wassertemperaturen steigen weiter an	24

# 1 Das Wichtigste in Kürze

Im Jahr 2024 setzte sich der **Temperaturtrend** in Baden-Württemberg fort. Mit einer Jahresmitteltemperatur von 10,6 °C war es das drittwärmste Jahr seit Beginn der Aufzeichnungen 1881, nur knapp hinter 2023 und 2022. Langfristige Analysen zeigen weiterhin einen Temperaturanstieg an. Besonders auffällig war der Februar, der +6,1 °C wärmer als das Monatsmittel der Referenzperiode 1961–1990 war und somit den wärmsten Februar seit 1881 darstellt. Alle Monate lagen im Jahr 2024 über den Monatsmitteln der Referenzperiode.

Mit 1654 **Sonnenstunden** war 2024 ein durchschnittliches Jahr und lag +3 % über dem Jahresmittel der Referenzperiode. Im Vergleich zur jüngsten Entwicklung fiel es jedoch mit dem zweitniedrigsten Wert der letzten Dekade unterdurchschnittlich aus. Dennoch traten im jahreszeitlichen Verlauf teils sehr sonnige Jahresabschnitte auf. Besonders sonnig waren der Januar und August. Im Gegensatz dazu blieben September und Oktober hinter den langjährigen Mittelwerten zurück und fielen zeitlich mit erhöhten Niederschlagsmengen zusammen.

Die **klimatischen Kenntage** verdeutlichen den fortschreitenden Klimawandel: Während Kälteextreme wie **Frost- und Eistage** weiter abnehmen, nehmen Wärmeextreme wie **Sommer- und Heiße Tage** weiter zu. Frosttage erreichten den viertniedrigsten Wert seit 1951, während Sommertage den fünfhöchsten und Heiße Tage den achthöchsten Platz belegen. Besonders früh im Jahr wurden bereits Sommertage und Heiße Tage registriert, während sich Fröste bis in den April hielten und lokal zu Schäden in der Landwirtschaft führten.

Das Jahr 2024 war mit 1069 mm **Niederschlag** +9 % feuchter als die Referenzperiode und wies ausgeprägte Schwankungen zwischen nassen und trockenen Phasen auf. Während der Mai als feuchtester Mai seit Beginn der Wetteraufzeichnungen herausstach und eine Hochwasserlage in Süddeutschland bedingte, verzeichnete der August ein Defizit. Damit war 2024 geprägt durch markante Schwankungen zwischen trockenen und nassen Phasen.

Außergewöhnliche **Hochwasserereignisse**, die insbesondere Ende Mai und Anfang Juni auftraten, prägten das Jahr 2024. Rund 60 % der Pegel verzeichneten Hochwas-

ser, an 18 Messstellen traten Abflüsse auf, die statistisch nur alle 100 Jahre oder seltener vorkommen. Infolge gravierender Überschwemmungen gab es in Baden-Württemberg zwei Todesfälle sowie Schäden in dreistelliger Millionenhöhe. Die Hochwasser gingen auf intensive Dauerregenereignisse sowie extreme Starkregen zurück. Dank frühzeitiger Hochwasserwarnungen konnten vielerorts Schutzmaßnahmen ergriffen werden, um größere Schäden zu verhindern.

Langanhaltende Hochwasserstände führten 2024 am **Bodensee** zu Überflutungen in ufernahen Bereichen. Besonders im Juni und Juli lagen die Wasserstände auf dem Niveau eines 10-jährlichen Hochwassers, mit Folgen wie Erosion und Sedimentverlagerungen an den Ufern. Die Wassertemperaturen waren über weite Teile des Jahres hinweg überdurchschnittlich hoch. Besonders bemerkenswert ist die zunehmende Erwärmung in 250 m Tiefe, wo 2024 ein neuer Höchstwert erreicht wurde. Diese ungewöhnlich hohen Tiefenwassertemperaturen beeinflussen die Lebensbedingungen vieler Organismen im See.

Das Jahr 2024 war durchgehend von überdurchschnittlichen **Grundwasserverhältnissen** geprägt, mit Schwankungen im oberen Normalbereich. Besonders auffällig waren die markanten Anstiege bis zu Jahresmaxima im Juni, ausgelöst durch starke Frühjahrsniederschläge. Trotz eines feuchten Sommers blieb die Grundwasserneubildung ab Juli begrenzt, wodurch die erwarteten Anstiege zum Jahresende ausblieben. Der November leitete eine trockene Phase ein, bevor die Niederschläge im Dezember zu einer leichten Stabilisierung der Grundwasserstände führten.

Im Bereich der **Luftqualität** ist das Jahr 2024 und die Entwicklung für Baden-Württemberg erneut positiv zu bewerten. Trotz zeitweiser Wetterlagen, die hohe Ozonkonzentrationen begünstigten, wurden zu den 1990er/2000er-Jahre vergleichbare Ozonspitzenkonzentrationen nicht erreicht und der Informationsschwellenwert nur an zwei Tagen an drei Messstationen überschritten. Im Vergleich zum Vorjahr, lagen die mittleren Ozonkonzentrationen im Jahr 2024 insgesamt auf einem (teilweise deutlich) niedrigeren Niveau.

Im Jahr 2024 war die **Vegetationsperiode** so lang wie nie zuvor und übertraf den bisherigen Rekord von 2020 um sechs Tage. Die Apfelblüte begann außergewöhnlich früh –26 Tage vor dem Mittel der Referenzperiode. Diese Entwicklung birgt Risiken: So führten Spätfröste Ende April zu erheblichen Schäden im Obst- und Weinbau. Während die Landwirtschaft unter den sehr feuchten Witterungsbedingungen litt, zeigte der Wald erste Anzeichen einer leichten Erholung, auch wenn die langfristigen Schäden weiterhin sichtbar bleiben.

Das Jahr 2024 war für **Tagfalter und Widderchen** das zweite in Folge mit einem Negativrekord seit Beginn des Insektenmonitorings 2018. Mit 7.501 gezählten Individuen aus 70 Arten wurden nochmals niedrigere Werte als 2023 erfasst. Hauptursache waren die hohen Niederschlagsmengen in Mai und Juni, die genau in die Flugzeit vieler Arten fielen. Neben den aktiven Faltern litten auch Ei-, Raupen-

und Puppenstadien unter der anhaltend feuchten Witterung, was zu einem Rückgang um 50 – 70 % im Vergleich zu 2021 führte.

Die Wassertemperatur und der Abfluss sind zentrale Faktoren für die **Lebensgemeinschaften in Fließgewässern**. Im Rhein bei Karlsruhe lagen die Wassertemperaturen 2024 zwischen Mai und Oktober meist unter dem langjährigen Mittel, stiegen aber während der Niedrigwasserphase von Ende Juli bis Anfang September über den Durchschnitt, mit kurzzeitigen Höchstwerten von 25 °C im August. Langfristig zeigt sich ein Erwärmungstrend: Seit 1988 hat die Zahl der Tage mit Temperaturen über 20 °C um etwa 35 Tage zugenommen, während die mittlere sommerliche Wassertemperatur um +1,5 °C gestiegen ist. Hohe Wassertemperaturen können die Sauerstoffverhältnisse verschlechtern und das Ökosystem belasten.

## 2 Ergebnisse

### 2.1 Temperatur – Der Erwärmungstrend hält an

#### 2.1.1 Jahres- und Monatstemperatur – Weiterhin hohe Temperaturen

##### Kurz gesagt:

- In Baden-Württemberg war 2024 mit 10,6 °C das drittwärmste Jahr seit Messbeginn in 1881, hinter 2023 und 2022.
- Seit Messbeginn ist die Temperatur in Baden-Württemberg je nach Trendanalyse um +1,8 °C bzw. +2,5 °C gestiegen.
- Alle Monate des Jahres 2024 waren wärmer als die Monatsmittel der Referenzperiode (1961–1990).
- Der Februar 2024 war mit 6,5 °C der wärmste Februar seit Beginn der Aufzeichnungen 1881.

Global war das Jahr 2024 das wärmste Jahr seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Sowohl der Deutsche Wetterdienst (DWD) als auch das Erdbeobachtungsprogramm Copernicus bestätigten, dass die globale Durchschnittstemperatur 2024 erstmals +1,6 °C über dem vorindustriellen Niveau (1850–1900) lag. Damit wurde die 1,5-°C-Marke überschritten, die auf der 21. UN-Klimakonferenz 2015 (COP 21) im Pariser Klimaabkommen als Ziel für das Ende des Jahrhun-

derts festgelegt wurde, um wissenschaftliche Erkenntnisse, ethische Verantwortung und politische Machbarkeit zu vereinen und die schlimmsten Folgen des Klimawandels zu begrenzen.

Auch wenn 2024 in Baden-Württemberg für die Temperatur kein neuer Rekordwert erreicht wurde, rangiert es mit einer Jahresmitteltemperatur von 10,56 °C auf Platz drei der wärmsten Jahre seit Beginn der Aufzeichnungen in 1881, nur knapp hinter 2023 mit 10,69 °C und 2022 mit 10,59 °C (vgl. Abbildung 2.1). Besonders nach der Jahrtausendwende reiht sich ein Wärmerekord an den nächsten. 2024 lag bereits +2,5 °C über dem Mittelwert der internationalen Referenzperiode 1961–1990. Mit Ausnahme der Jahre 1996 und 2010 waren alle Jahre seit 1990 wärmer als die durchschnittliche Jahresmitteltemperatur dieser Referenzperiode.

Laut linearer Trendanalyse der Jahresmittelwerte stieg die Temperatur in Baden-Württemberg zwischen 1881 und 2024 um +1,8 °C. Da dieses vereinfachte lineare Modell den starken Temperaturanstieg der letzten Jahre unterschätzt, wird zunehmend der LOESS-Filter, berechnet mit einem 42-Jahres-Fenster und Tricube-Gewichtungsschema, als nicht-lineare Trendanalyse eingesetzt, etwa vom DWD.

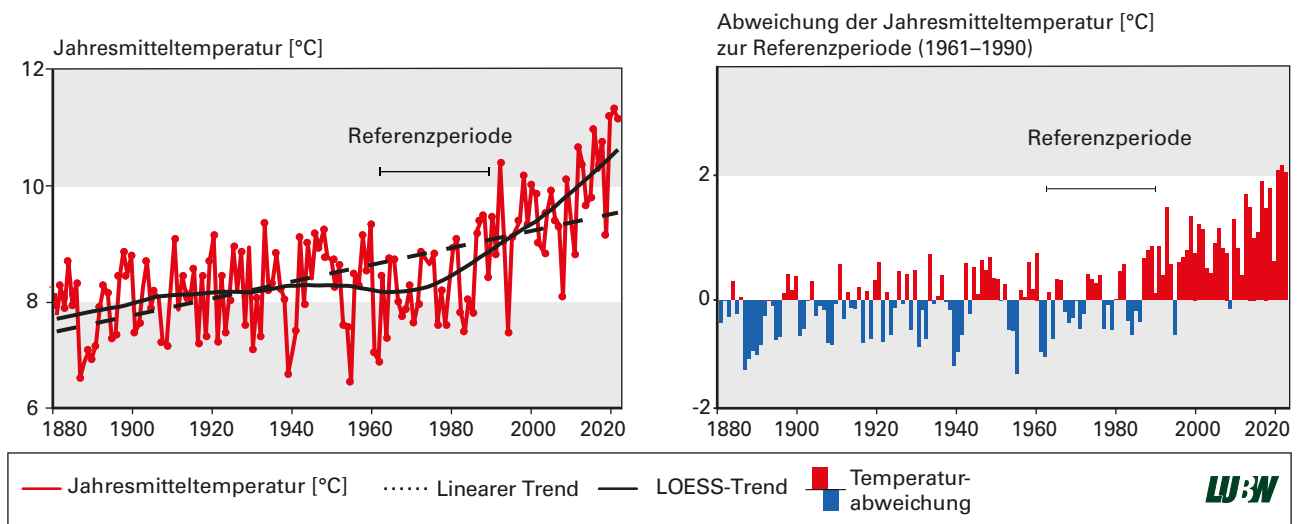


Abbildung 2.1: Jahresmitteltemperatur in Baden-Württemberg (Mittelwerte für die Kalenderjahre 1881 bis 2024) sowie Abweichungen der Temperatur vom Mittelwert der Referenzperiode 1961–1990. Die roten Balken zeigen Jahre mit Temperaturen über dem Mittelwert der Referenzperiode, die blauen Balken Jahre mit Temperaturen darunter. Die schwarze gestrichelte Linie zeigt den linearen Trend über den gesamten Zeitraum. Die schwarze durchgezogene Linie stellt die LOESS-Trendkurve dar. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

Diese Methode integriert neben den langfristigen Trends auch lokale und kurzfristige Schwankungen, also variable Dynamik in den Daten, was insbesondere für die jüngere Vergangenheit ein differenzierteres und akkurateres Bild der Temperaturentwicklung liefert. Mehr Informationen dazu finden Sie im Fachbericht MeteoSchweiz Nr. 285 (vgl. [www.doi.org/10.18751/PMCH/TR/285.KlimaVerlauf/1.0](http://www.doi.org/10.18751/PMCH/TR/285.KlimaVerlauf/1.0)). Nach diesem LOESS-Filter ist die ermittelte Temperatur in Baden-Württemberg zwischen 1881 und 2024 bereits um +2,5 °C angestiegen.

Die überdurchschnittlich hohe Jahresmitteltemperatur spiegelt sich auch in den Monatswerten wider. Sämtliche Monate des Jahres 2024 waren wärmer als die Monatsmittel der Referenzperiode 1961–1990 (vgl. Abbildung 2.2). Sieben der zwölf Monate lagen mindestens +2,0 °C darüber, neun Monate überstiegen den Vergleichswert um mindestens +1,5 °C. Besonders hervorzuheben sind Februar, März und August, die jeweils zu den wärmsten Februar-, März- und August-Monaten seit Beginn der Wetteraufzeichnungen zählen. Mit einer Monatsmitteltemperatur von 6,5 °C war der Februar 2024 der wärmste Februar seit Beginn der Messungen. Der Februar 2024 war +6,1 °C wärmer als die mittlere Februar-Temperatur in der Referenzperiode (1961–1990). Auch der August und der März 2024 wiesen deutliche Abweichungen von jeweils +3,8 bzw. +3,7 °C gegenüber den Monatsmitteln der Referenzperiode (1961–1990) auf und rangieren jeweils auf dem dritten Platz der wärmsten jemals gemessenen August- und Märzmonate. Die außergewöhnlich hohen Temperaturen zu Jahresbeginn hat-

ten zudem erhebliche Auswirkungen auf die Natur. Noch nie war die Vegetationsperiode so lang wie im Jahr 2024, was auch durch die rekordfrühe Apfelblüte belegt wird (vgl. Kapitel 2.5.1).

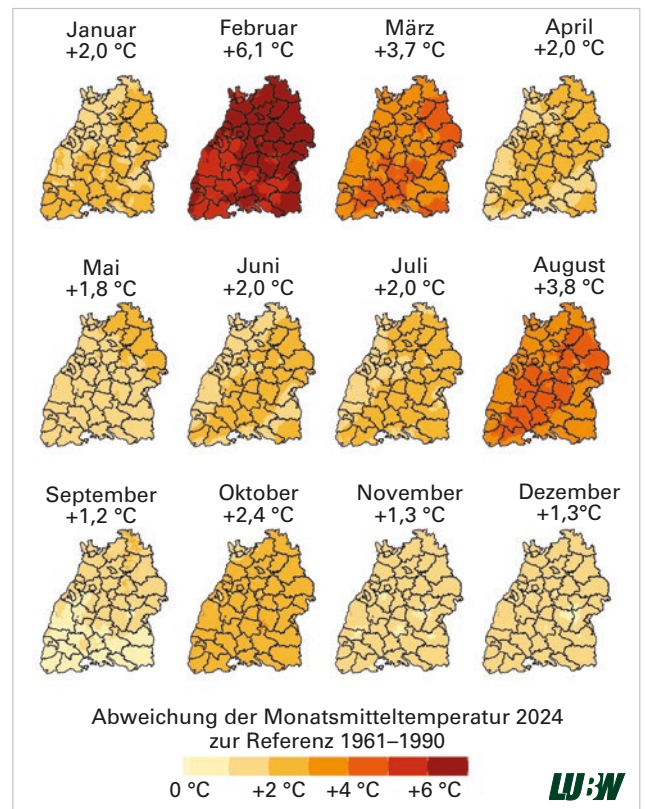


Abbildung 2.2: Temperaturabweichung in 2024 im Vergleich zur Referenzperiode 1961–1990 im regionalen Vergleich. Zur besseren Orientierung sind die Stadt- und Landkreise Baden-Württembergs eingezeichnet. Die Farbskala reicht von 0 °C (hellgelb) bis +6 °C (dunkelrot) und zeigt die Stärke der Temperaturabweichungen. Unter den Monatsbezeichnungen ist die mittlere Abweichung der Monatsmitteltemperatur [°C] in Baden-Württemberg dargestellt. Daten aufbereitet durch die LUBW unter Einbeziehung von DWD-Stationen auf Basis der Rasterdaten aus dem Klimaatlas BW ([klimaatlas-bw.de](http://klimaatlas-bw.de)).



## 2.1.2 Sonnenstunden – Ein eher durchschnittliches Jahr

- 2024 war mit 1654 Sonnenstunden ein eher durchschnittliches Jahr und lag 3 % über dem Jahresmittel der Referenzperiode 1961–1990.
- Im Vergleich zur jüngsten Entwicklung zeigte sich 2024 mit -10 % weniger Sonnenstunden als im Vorjahr eher unterdurchschnittlich und belegte damit den zweitniedrigsten Platz der letzten zehn Jahre.
- Der Januar war mit 84 Sonnenstunden der vierthöchste seit 1951 und lag 72 % über dem Monatsmittel der Referenzperiode.

Das Jahr 2024 verzeichnete mit 1654 Stunden eine durchschnittliche Sonnenscheindauer, die +3 % über dem Jahresmittel der Referenzperiode 1961–1990 lag (vgl. Abbildung 2.3). Im Vergleich zu den letzten Jahren war es jedoch ein eher unterdurchschnittliches Jahr: Mit 1654 Stunden wurden -10 % weniger Sonnenstunden gemessen als im Vorjahr (1846 Stunden) und der zweitniedrigste Wert der letzten zehn Jahre erreicht. Trotz dieses Rückgangs zeigt sich im langfristigen Vergleich ein positiver Trend. Eine lineare Trendanalyse verdeutlicht eine Zunahme von rund +26 Stunden pro Dekade.

Die Entwicklung der Jahreswerte vermitteln zwar einen allgemeinen Eindruck der Sonnenscheindauer im Jahr 2024. Die Betrachtung der Monatswerte zeigt jedoch, wie stark sich einzelne Zeiträume in ihrer Sonnenscheindauer unterschieden haben und wie ausgeprägt die jahreszeitlichen Schwankungen waren. Das Jahr begann mit einem besonders sonnigen Januar. Mit 84 Sonnenstunden war er der vierthöchste Wert seit 1951 (vgl. Abbildung 2.4). Im Vergleich zum Monatsmittel der Referenzperiode (49 Stunden) entsprach dies einer Zunahme von +72 % und lag +138 % über dem Vorjahreswert (35 Stunden). Die Monate Februar bis Juli wiesen weitgehend durchschnittliche Sonnenscheindauern auf. Besonders hervorzuheben ist jedoch der August, der mit 274 Stunden Sonnenschein den sechsthöchsten Wert seit 1951 erreichte. Dies entspricht einer Zunahme von +33 % gegenüber dem Monatsmittel der Referenzperiode (206 Stunden) und +41 % mehr als im Vorjahr (194 Stunden). Der außergewöhnlich sonnige August fiel mit hohen Temperaturen zusammen (vgl. Kapitel 2.1.1). Im Gegensatz dazu zeigten die Monate September und Oktober geringere Sonnenscheindauern. Der September ver-

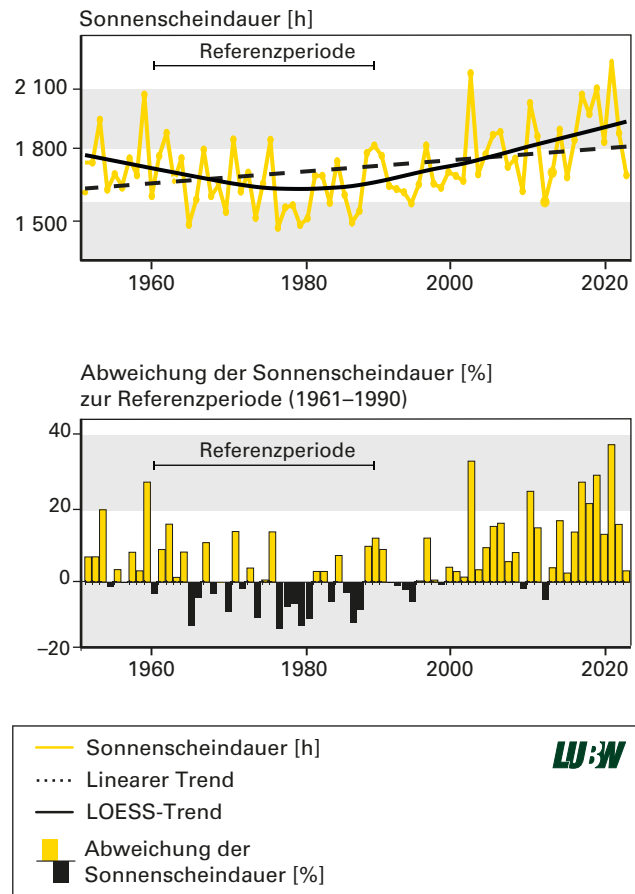


Abbildung 2.3: Anzahl der Sonnenstunden in Baden-Württemberg (Mittelwerte pro Jahr von 1951 bis 2024) sowie Abweichungen der Sonnenscheindauer vom Mittelwert der Referenzperiode 1961–1990. Die gelben Balken zeigen Jahre mit einer Sonnenscheindauer über dem Mittelwert der Referenzperiode, die schwarzen Balken Jahre mit einer Sonnenscheindauer darunter. Die schwarze gestrichelte Linie zeigt den linearen Trend über den gesamten Zeitraum. Die schwarze durchgezogene Linie stellt die LOESS-Trendkurve dar. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

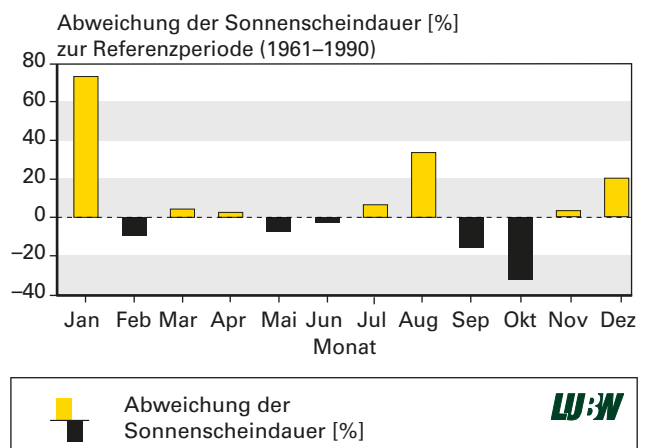


Abbildung 2.4: Abweichung der Sonnenscheindauer [%] zur Referenzperiode 1961–1990 in Baden-Württemberg. Die Balken zeigen die Differenz der monatlichen Sonnenscheindauer des Jahres 2024 im Vergleich zu den Monatsmittelwerten der Referenzperiode (1961–1990). Positive Werte (gelbe Balken) deuten auf Monate mit längerer Sonnenscheindauer hin, während negative Werte (schwarze Balken) auf Monate mit kürzerer Sonnenscheindauer hinweisen. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

zeichnete 141 Sonnenstunden und lag damit –15 % unter dem Monatsmittel der Referenzperiode (166 Stunden). Der Oktober erreichte lediglich 80 Sonnenstunden und blieb somit –32 % unter seinem Vergleichswert (117 Stunden). Diese Defizite fallen zeitlich mit erhöhten Niederschlagsmengen in diesen Monaten zusammen (vgl. Kapitel 2.2). Nach einem durchschnittlichen November endete das Jahr mit einem überdurchschnittlich sonnigen Dezember. Mit 53 Stunden lag der Wert +20 % über dem Monatsmittel der Referenzperiode (44 Stunden). Insgesamt war das Jahr 2024 im Hinblick auf die Sonnenscheindauer eher durchschnittlich, geprägt von Phasen mit sowohl über- als auch unterdurchschnittlicher Sonnenscheindauer.

### 2.1.3 Klimatische Kenntage – Kälteextreme nehmen ab, Wärmeextreme nehmen zu

#### Kurz gesagt:

- Trendanalysen verdeutlichen weiterhin den Anstieg der Sommer- und Heißen Tage und einen Rückgang bei Frost- und Eistagen.
- Mit 57 Sommertagen traten fast doppelt so viele und mit 15 Heißen Tagen dreimal so viele Tage im Vergleich zur Referenzperiode (1961–1990) auf.
- Frosttage erreichten den 4. niedrigsten, Sommertage den 5. höchsten und Heiße Tage den 8. höchsten Wert seit 1951.

Der Klimatrend zeigt eine klare Entwicklung bei den Kenntagen: Während Kälteextreme wie Frost- und Eistage weiter abnehmen, häufen sich Wärmeextreme wie Sommer- und Heiße Tage (vgl. Abbildung 2.5). Diese sogenannten Kenntage, die durch Über- oder Unterschreiten bestimmter Temperaturschwellen charakterisiert sind, machen die Auswirkungen des Klimawandels fühlbar. Weitere Informationen zu den Kennwerten finden Sie in den Erklärungen im Kartenviewer des Klimaatlas BW (vgl. [www.klimaatlas-bw.de/de/kartenviewer-vergangenheit](http://www.klimaatlas-bw.de/de/kartenviewer-vergangenheit)). Für Natur und Mensch sind solche Tage von Bedeutung, da sie einen Eindruck von der Wärmebelastung oder dem Kältereiz in einem Gebiet vermitteln und die Betroffenheit durch Veränderungen des Klimas verdeutlichen.

Frosttage, also Tage, an denen das Temperaturminimum unter 0 °C liegt, verzeichneten 2024 erneut einen deutli-

chen Rückgang. Mit 65 Frosttagen im Jahresmittel lag der Wert –13 % unter dem Vorjahr (75 Tage) und –36 % unter dem langjährigen Mittel der Referenzperiode 1961–1990 (102 Tage). Dies ist der viertniedrigste Wert seit 1951. Eine lineare Trendanalyse zeigt einen Rückgang von insgesamt –24 Tagen zwischen 1951 und 2024, was einer durchschnittlichen Abnahme von –3,3 Tagen pro Dekade entspricht. Die letzte Frostperiode des Jahres 2024 erstreckte sich bis in den April und trat lokal sogar noch bis zum 27. April auf, beispielsweise in Merklingen im Alb-Donau-Kreis oder in Pfullendorf im Kreis Sigmaringen. Diese späten Fröste hatten lokal zum Teil erhebliche Auswirkungen auf die Landwirtschaft. Besonders der Ortenaukreis war stark betroffen, wo Fröste in der zweiten Aprilhälfte 2024 erhebliche Schäden im Obst- und Weinbau verursachten (vgl. Kapitel 2.5.1.).

Im Jahr 2024 zeigt sich der langfristige Rückgang der Eistage, also Tage, an denen die Temperatur ganztägig unter 0 °C bleibt, erneut deutlich. Der letzte Eistag des Frühjahrs wurde am 25. April an der DWD-Station Feldberg registriert, während der erste Eistag des Herbstes am 12. November auftrat. Landesweit wurden 2024 insgesamt 12 Eistage gezählt, was leicht über dem Vorjahr (10 Tage) liegt, aber –56 % unter dem langjährigen Mittel der Referenzperiode 1961–1990 (27 Tage). Eine lineare Trendanalyse zeigt hier einen Rückgang von –14 Tagen über den Zeitraum 1951 bis 2024, was einer Abnahme von –1,9 Tagen pro Dekade entspricht.

Wärmeextreme wie Sommer- und Heiße Tage nehmen weiterhin zu und verdeutlichen die zunehmende Wärmebelastung. Bereits früh im Jahr, zwischen dem 6. und 8. April, wurden vielerorts in Baden-Württemberg Sommertage registriert, also Tage, an denen das Temperaturmaximum mindestens 25 °C erreicht. Insgesamt wurden im Jahr 2024 im Mittel in Baden-Württemberg 57 Sommertage gezählt. Dieser Wert liegt –19 % unter dem Vorjahr (71 Tage), aber +83 % über dem langjährigen Mittel der Referenzperiode 1961–1990 (31 Tage). Damit wurden 2024 beinahe doppelt so viele Sommertage verzeichnet wie im Mittel der Referenzperiode, was dem fünfthöchsten Wert seit 1951 entspricht. Langfristig zeigt eine lineare Trendanalyse einen Anstieg +4,1 Tagen pro Dekade.

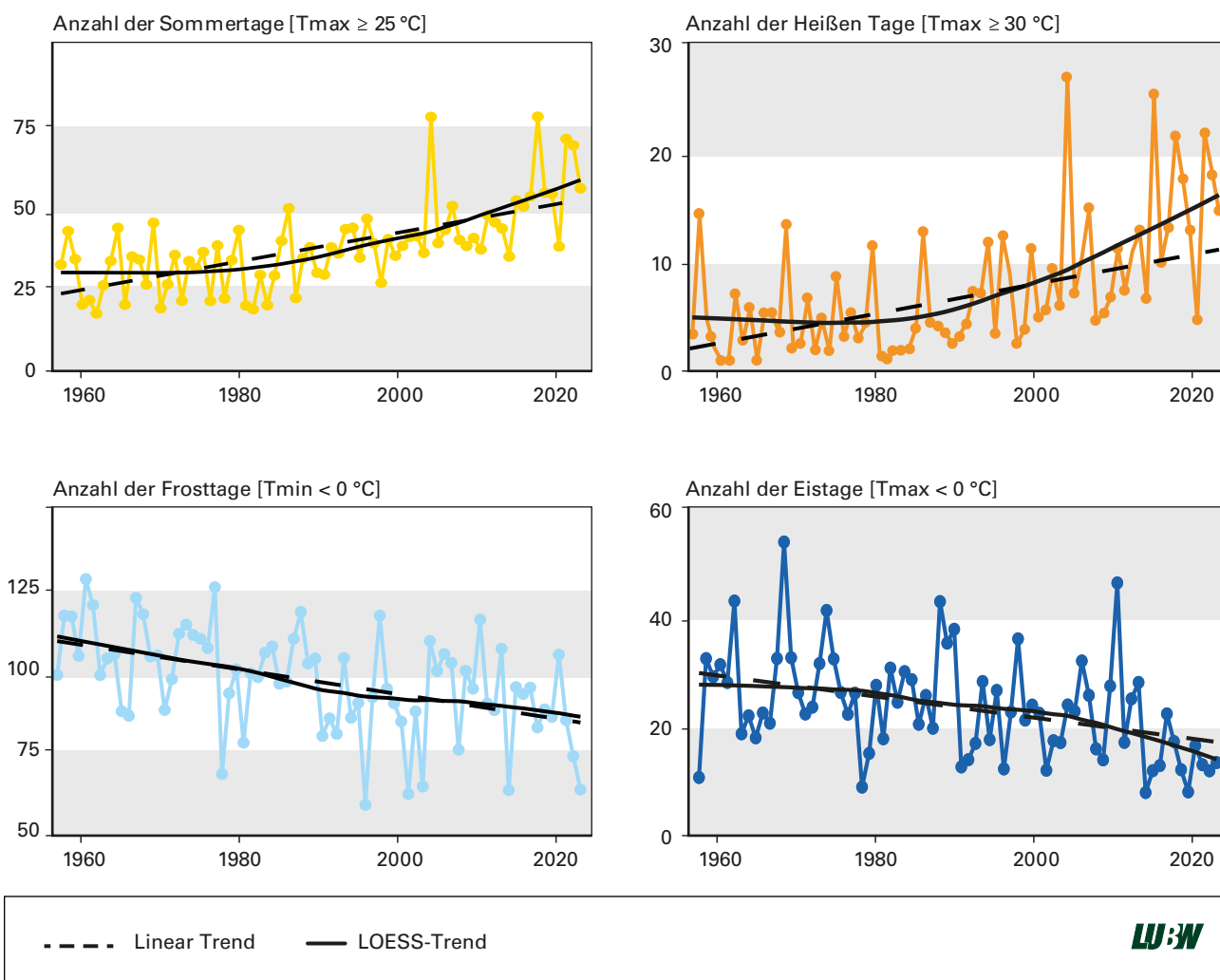


Abbildung 2.5: Kenntage Heiße Tage, Sommertage, Frosttage und Eistage als Anzahl Tage pro Jahr für die Periode 1951 bis 2024 (Mittelwerte für Baden-Württemberg). Die schwarze gestrichelte Linie zeigt den linearen Trend über den gesamten Zeitraum. Die schwarze durchgezogene Linie stellt die LOESS-Trendkurve dar. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

Noch deutlicher ist der relative Anstieg bei den Heißen Tagen, also Tagen, an denen das Temperaturmaximum mindestens  $30 \text{ °C}$  erreicht. Die ersten Heißen Tage wurden bereits früh im Jahr verzeichnet: Am 6. April 2024 wurde in Ohlsbach im Ortenaukreis der erste Heiße Tag des Jahres gemessen. Die letzten Heißen Tage des Jahres 2024 wurden zwischen dem 5. und 7. September registriert, unter anderem in Mannheim, Stuttgart, Öhringen und Rheinfelden. Landesweit wurden im Jahr 2024 insgesamt 15 Heiße Tage gezählt, was drei Mal so viele wie im Mittel der Referenzperiode (5 Tage) entspricht. Dieser Wert ist der achthöchste seit 1951. Eine lineare Trendanalyse zeigt hier eine Zunahme um  $+1,5$  Tage pro Dekade.

## 2.2 Niederschlag – Ein Jahr geprägt von Starkregen

### Kurz gesagt:

2024 war mit 1069 mm Niederschlag feuchter (+9 %) als die Referenzperiode 1961–1990 mit 980 mm.

- Das Jahr war geprägt von verschiedenen Trocken- und Nassperioden: Im Mai und September fiel mehr Niederschlag als in der Referenzperiode, während im August, November und Dezember weniger Niederschlag fiel.
- Die Anzahl der Tage mit starkem Niederschlag ( $\geq 10 \text{ mm}$ ) und sehr starkem Niederschlag ( $\geq 20 \text{ mm}$ ) lag 2024 mit 34 bzw. 10 Tagen auf dem höchsten Niveau der letzten zehn Jahre.
- Der Mai 2024 war mit 181 mm der feuchteste Mai seit Beginn der Wetteraufzeichnungen und lag +90 % über dem Mittelwert der Referenzperiode 1961–1990.

Der Jahresniederschlag lag im Vergleich zum langjährigen Mittel im durchschnittlichen bis leicht erhöhten Bereich. Das Jahr 2024 war mit einem mittleren Jahresniederschlag von 1069 mm feuchter (+9 %) als die Referenzperiode 1961–1990 mit 980 mm (vgl. Abbildung 2.6). Es fielen zudem etwa +5 % mehr Niederschlag als im Vorjahr 2023 (1019 mm).

Trotz der insgesamt eher durchschnittlichen Niederschlagssumme gab es lokal deutliche Unterschiede: An den DWD-Stationen Baden-Baden, Lahr und Konstanz war 2024 das zweitniederschlagsreichste Jahr der letzten 30 Jahre. In Sigmaringen, Stuttgart und Waghäusel-Kirrlach (nördlich von Karlsruhe) belegte 2024 den dritten Rang der niederschlagsreichsten Jahre seit 1995. Auf dem Feldberg hingegen war die Niederschlagssumme mit Platz 17 von 30 vergleichsweise durchschnittlich.

Im Jahr 2024 wurden für Baden-Württemberg im Mittel insgesamt 34 Tage mit starkem Niederschlag ( $\geq 10$  mm) und 10 Tage mit sehr starkem Niederschlag ( $\geq 20$  mm) gezählt (vgl. Abbildung 2.7). Dies sind +3 % bzw. +20 % mehr als im Vorjahr und +14 % bzw. +22 % über dem Mittelwert der Referenzperiode (1961–1990) mit 30 bzw. 8 Tagen. Beide Werte markieren die höchsten Werte der letzten zehn Jahre und entsprechen dem elft- bzw. zehnt-höchsten Wert seit Beginn der Aufzeichnungen 1951. Diese hohen Werte spiegeln sich auch in den regionalen Beobachtungen wider. Besonders in Freudenstadt und Baden-Baden waren die Niederschlagsmengen auffällig: Dort wurden an DWD-Stationen 24 Tage mit Starkregen ( $\geq 20$  mm Niederschlag pro Tag) registriert. Hervorzuheben ist Freudenstadt, wo an 10 Tagen sogar mehr als 30 mm Niederschlag gemessen wurden.

Trotz der eher durchschnittlichen Jahresniederschlagssumme war das vergangene Jahr durch markante Schwankun-

gen zwischen trockenen und nassen Phasen geprägt. Das Jahr begann mit durchschnittlichen Niederschlagsmengen bis einschließlich April. Anschließend folgte ein überdurchschnittlich niederschlagsreicher Mai. Mit 181 mm Niederschlag lag der Mai um +90 % über dem Mittel der Referenzperiode (1961–1990) von 96 mm (vgl. Abbildung 2.8). Damit war der Mai 2024 der feuchteste Mai seit Beginn der Wetteraufzeichnungen im Jahr 1881. Die Höhepunkte dieses niederschlagsreichen Monats fanden sich an vielen Stationen am 16. und 17. Mai sowie Ende Mai 2024. Besonders der 31. Mai stellte Rekordwerte auf: An den Stationen Stötten, Konstanz, Münzingen, Merklingen und Pfullendorf wurden Tagesniederschläge zwischen 50 mm bis knapp 80 mm gemessen. In Stötten (Landkreis Göppingen) wurden über die letzten Mai- und ersten Junitage hinweg mehr als 200 mm Niederschlag in nur 7 Tagen verzeichnet. Bis Ende Juni summierten sich hier sogar über 300 mm in nur 30 Tagen. Zum Teil fielen diese hohen Niederschlagssummen innerhalb weniger Stunden und fielen mit einer Hochwasserlage zusammen (vgl. Kapitel 2.3.1). Neben den direkten Auswirkungen auf den Menschen hatten sie auch erhebliche Konsequenzen für die Natur. Witterungssensible Insektenarten, wie Tagfalter, wurden durch die extremen Bedingungen stark beeinträchtigt (vgl. Kapitel 2.5.2).

Die Sommermonate Juni und Juli waren mit durchschnittlichen Niederschlagswerten unauffällig, während der August mit lediglich 58 mm ein Defizit von –38 % gegenüber

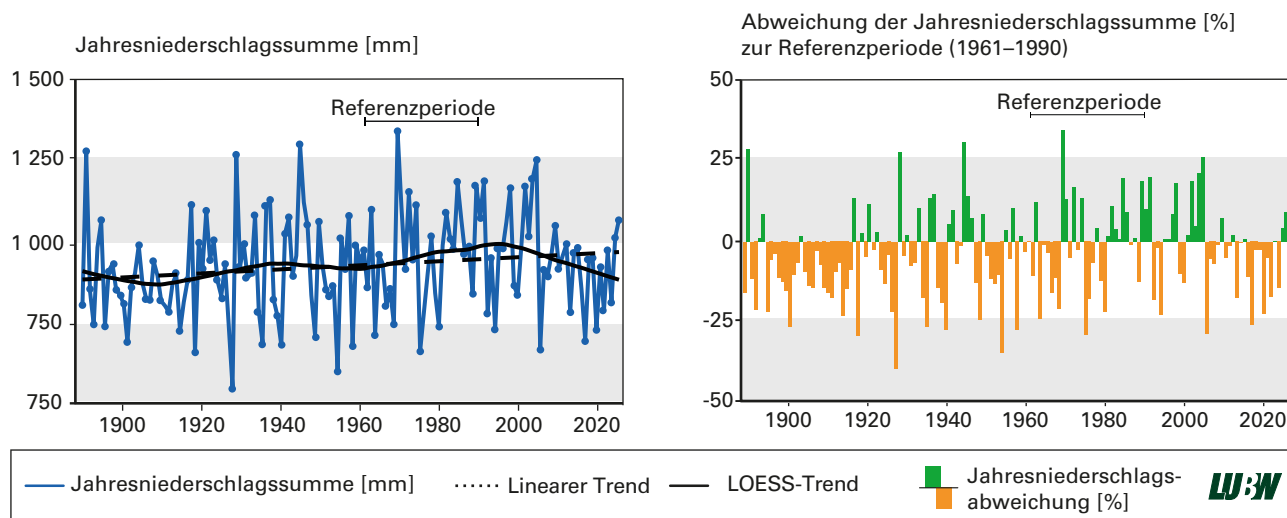
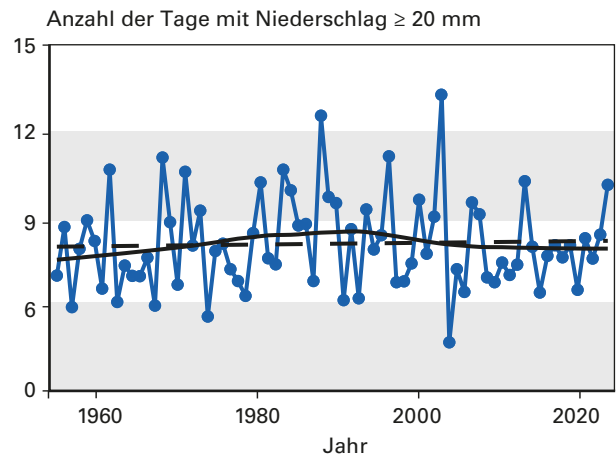
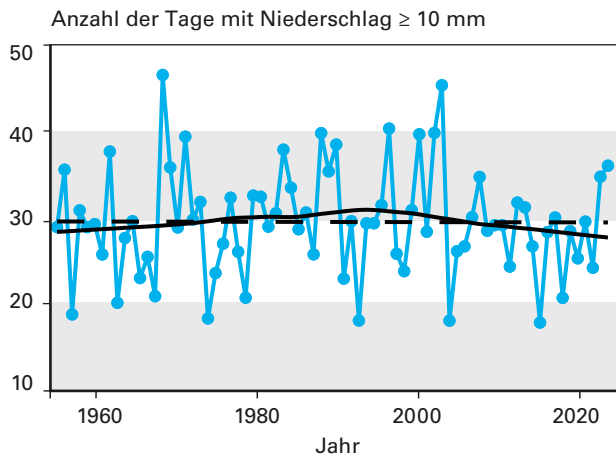


Abbildung 2.6: Jahresniederschlagssumme [mm] in Baden-Württemberg (Mittelwerte pro Jahr von 1881 bis 2024) sowie Abweichungen der Niederschlagssumme vom Mittelwert der Referenzperiode 1961–1990. Die grünen Balken zeigen Jahre mit Niederschlagssummen über dem Mittelwert der Referenzperiode, die orangefenen Balken Jahre mit Niederschlagssummen darunter. Die schwarze gestrichelte Linie zeigt den linearen Trend über den gesamten Zeitraum. Die schwarze durchgezogene Linie stellt die LOESS-Trendkurve dar. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.



- - - Linearer Trend — LOESS-Trend

LUBW

Abbildung 2.7: Anzahl der Tage mit Niederschlag  $\geq 10$  mm und  $\geq 20$  mm in Baden-Württemberg von 1951 bis 2023. Die schwarze gestrichelte Linie zeigt den linearen Trend über den gesamten Zeitraum. Die schwarze durchgezogene Linie stellt die LOESS-Trendkurve (lokale lineare Regression) dar. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

der Referenzperiode (94 mm) aufwies. Dieses Defizit wurde jedoch durch einen überdurchschnittlich feuchten September ausgeglichen. Mit 121 mm lag der September um +73 % über dem Referenzwert von 70 mm. Nach einem durchschnittlichen Oktober folgten die November- und Dezembermonate mit 63 mm (-23 %) bzw. 62 mm (-25 %), was eine leichte Trockenheit im Vergleich zu den Monatsmitteln der Referenzperiode von jeweils 82 mm widerspiegelt. Allerdings zeigten sich regionale Unterschiede: Während im Oktober und November in Freudenstadt und Baden-Baden an über 20 Tagen mehr als 20 mm Niederschlag pro Tag gemessen wurden, kam es in an den DWD-Stationen Stuttgart, Lahr, Freiburg und Sigmaringen zu einer 40-tägigen Trockenperiode, in der jeweils nur 20–25 mm Gesamtniederschlagsmenge registriert wurden. Insbesondere die nördlichen Landkreise Baden-Württembergs waren im Herbst 2024 von überdurchschnittlich langen Trockenperioden betroffen, die teils +50 % der durchschnittlichen Dauer überstiegen. Insgesamt zeigt der Niederschlagsverlauf des Jahres 2024 eine Achterbahnfahrt zwischen trockenen und nassen Phasen, wobei die Jahressumme dennoch leicht über dem langjährigen Mittel lag.

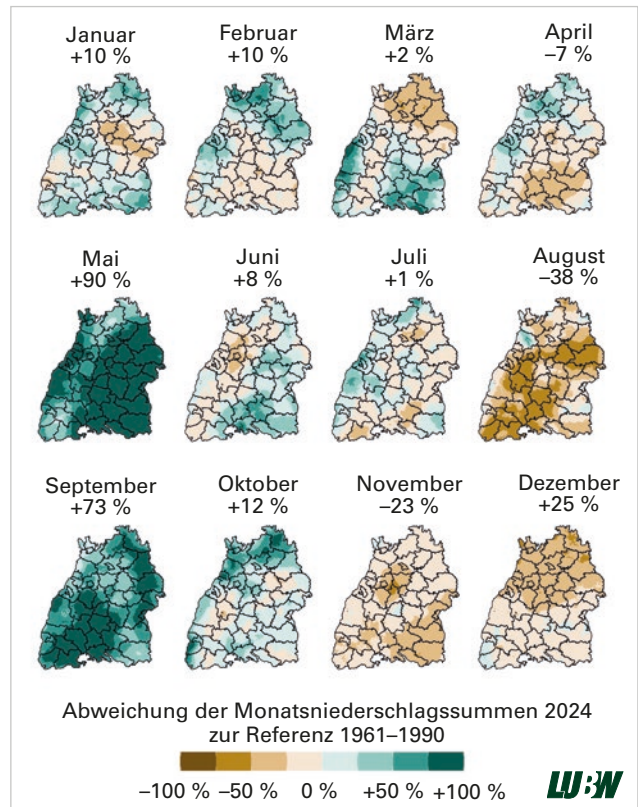


Abbildung 2.8: Niederschlagsabweichung in 2024 im Vergleich zur Referenzperiode 1961–1990 im regionalen Vergleich. Zur besseren Orientierung sind die Land- und Stadtkreise Baden-Württembergs eingezeichnet. Die Farbskala reicht von -100 % (braun) bis +100 % (dunkelgrün) und zeigt die Stärke der Abweichungen der monatlichen Niederschlagssummen. Unter den Monatsbezeichnungen ist die mittlere Abweichung der Monatsniederschlagssumme [mm] in Baden-Württemberg dargestellt. Daten aufbereitet durch die LUBW unter Einbeziehung von DWD-Stationen.

## 2.3 Wasserhaushalt – Ein wasserreiches Jahr

### 2.3.1 Fließgewässer – Ein Jahr der Hochwasserextreme

#### Kurz gesagt:

- Das insgesamt wasserreiche Jahr 2024 war geprägt von den Hochwasserereignissen Ende Mai / Anfang Juni.
- Dabei waren rund 60 % der Pegel von Hochwasser betroffen. An 18 Landespegeln traten Abflusshöhen auf, wie sie statistisch gesehen nur alle 100 Jahre oder seltener vorkommen.
- Durch zum Teil gravierende Überflutungen von Ortschaften kam es in Baden-Württemberg zu zwei Todesfällen sowie zu Sachschäden im Bereich von mehreren hundert Millionen Euro.

Das Jahr 2024 wird in Baden-Württemberg, aber auch darüber hinaus, als Hochwasserjahr in die Geschichtsbücher eingehen. Während zum Jahreswechsel 2023/24 noch das Hochwasser in Norddeutschland im Fokus der Öffentlichkeit stand, waren Mitte Mai vor allem das Saarland und Rheinland-Pfalz von Hochwasser betroffen. Aber auch außerhalb Deutschlands kam es im Jahr 2024 zu Teils verheerenden Hochwasserkatastrophen mit Todesopfern und hohen Schäden (Juni: Schweiz; September: Mitteleuropa; Oktober: Bosnien-Herzegowina und Spanien).

Ende Mai und Anfang Juni mussten Baden-Württemberg und Bayern gegen die Fluten kämpfen. Bäche traten über die Ufer, wurden zu reißenden Flüssen und führten teils zu gravierenden Schäden innerhalb der betroffenen Gemeinden. Menschen mussten ihre Häuser verlassen. Keller wurden überflutet. Es kam zu zwei Todesfällen und hohen Sachschäden in der Größenordnung von mehreren hundert Millionen Euro. Insgesamt waren in Baden-Württemberg 134 von 232 betrachteten Pegeln und damit rund 60 % der Pegel von Hochwasser betroffen (vgl. Abbildung 2.9). 18 Messstellen verzeichneten Hochwasserabflüsse, die statistisch nur rund alle 100 Jahre oder noch seltener vorkommen (100-jährliches Hochwasser und darüber). Weitere 12 Pegel wiesen ein 50- bis 100-jährliches Hochwasser auf und weitere 16 Pegel ein 20- bis 50-jährliches Hochwasser.

Was waren die Auslöser für das Hochwasser in Baden-Württemberg und wie wahrscheinlich sind diese?

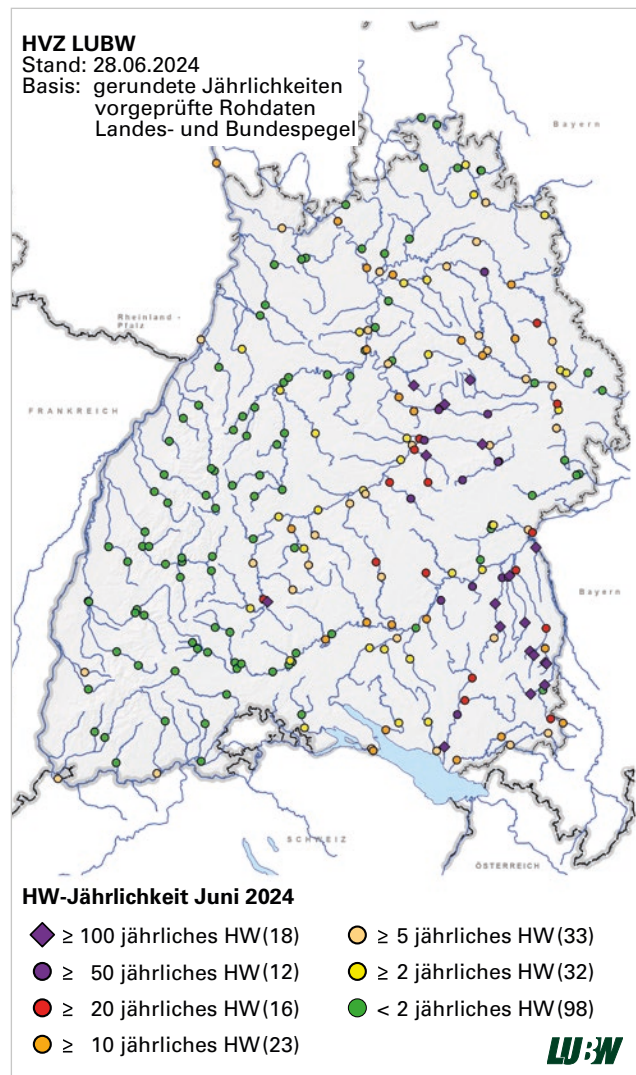


Abbildung 2.9: Karte der Kennwertpegel, die beim Hochwasser Mai/Juni 2024 einen Hochwasserkennwert bestimmter Jährlichkeit erreicht haben. Grafik basiert auf vorgeprüften Rohdaten und Einordnung nach Hochwasserregionalisierung Baden-Württemberg 2014. Datenquelle: Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) der LUBW.

Das Hochwassergeschehen lässt sich in zwei Phasen einteilen. In der ersten Phase waren in der östlichen Landeshälfte von Freitag 31. Mai bis Samstag 1. Juni intensive Dauerniederschläge zu verzeichnen (vgl. Kapitel 2.2.). Teilweise fielen über 150 mm Niederschlag in 48 Stunden. Niederschläge dieser Größenordnung und Andauer treten je nach Region in Baden-Württemberg statistisch gesehen etwa alle 30 bis 100 Jahre auf. Damit regnete es mancherorts mehr als normalerweise im gesamten Monat Mai mit durchschnittlich 95 mm Niederschlag in Baden-Württemberg (Referenzzeitraum 1991–2020). Aufgrund des regenreichen Frühjahrs (vgl. Kapitel 2.2.) fielen die Niederschläge zumeist auf Böden, die nur noch wenig Wasser aufnehmen konnten. In Oberschwaben, also in der Bodenseeregion und an den südlichen Zuflüssen zum Oberlauf der Donau, sowie an den östlichen Zuflüssen zum Neckar kam es zu

raschen Wasserstandsanstiegen in zahlreichen kleineren und mittelgroßen Flüssen. Bis in die Nacht zu Sonntag traten an 14 Landespegeln Abflusshöhen auf, die statistisch nur rund alle 100 Jahre vorkommen (100-jährliches Hochwasser). Betroffen waren die Donauzuflüsse Riss, Rottum, Rot, Umlach und Weihung, die Illerzuflüsse Aitrach und Würzacher Aach, der Bodensee zufluss Schussen sowie die beiden Neckarzuflüsse aus der Schwäbischen Alb Lindach und Fils (vgl. Abbildung 2.9).

In der zweiten Phase des Hochwassers änderte sich die Niederschlagscharakteristik. Ab Sonntagnachmittag (2. Juni) bildete sich bis in die frühen Morgenstunden von Montag eine brisante Gewitterlage aus. Im Neckargebiet folgten auf den Dauerregen, bei dem bereits in den Vortagen um die 100 mm Niederschlag gefallen waren, kleinräumige, kurzzeitige, extreme Starkniederschläge. Im Rems-Murr-Kreis wurden an der Niederschlagsmessstation Rudersberg-Michelau knapp über 60 mm in beinahe drei Stunden gemessen. Dies entspricht in etwa einem Niederschlagsereignis wie es alle 100 Jahre auftritt. An der Station Kaisersbach-Cronhütte wurden etwa 95 mm Niederschlag innerhalb von vier Stunden gemessen, was einer Jährlichkeit von über 1000 Jahren entspräche. Sturzfluten waren die Folge dieser lokal teils extrem heftigen Starkregen. An der Wieslauf im Rems-Murr-Kreis und am Neckarzufluss Prim sind zum Beispiel über 100-jährliche Abflüsse aufgetreten (vgl. Abbildung 2.9).

In Folge der beiden Hochwasserphasen sind auch die Abflüsse der nachfolgenden Flussabschnitte, d. h. in den größeren Flüssen des Landes angestiegen. Am Oberlauf des Neckars, im Bereich des Pegels Rottweil, wurde ein etwa 30- bis 40-jährliches Hochwasser gemessen. Im weiteren Verlauf des Neckars entwickelten sich meist kleinere Hochwasser (2 bis 10-jährlich). An der Donau bei Ulm wurde ein etwa 20-jährlicher Hochwasserstand, am Oberrhein ein 5-jährlicher Hochwasserstand verzeichnet. Auch der Bodensee war von Hochwasser betroffen. Auf Grund der anhaltenden Niederschläge im Einzugsgebiet blieb der Bodensee-Wasserstand bis Mitte Juli im Bereich eines 10-jährlichen Hochwassers (vgl. Kapitel 2.3.2.).

Mit dem Vorhersagesystem der Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) der LUBW wurden stündlich aktualisier-

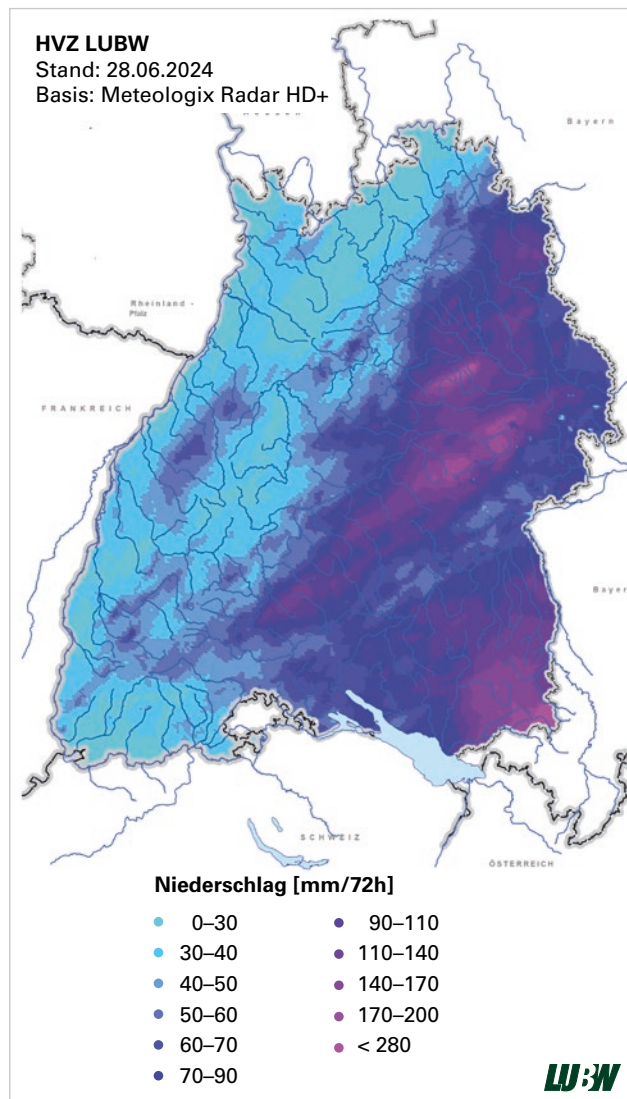


Abbildung 2.10: Die Karte zeigt die 72-stündige Niederschlagssumme vom 31. Mai bis 3. Juni mit räumlichen Schwerpunkten im Bereich Oberschwaben, den östlichen Neckarzuflüssen und dem Rems-Murr-Kreis. Datenquelle: Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) der LUBW erstellt aus Daten von Meteorologix Radar HD+.

te Hochwasservorhersagen für über 100 Pegel berechnet und veröffentlicht sowie Messwerte für über 300 Pegel viertelstündlich aktualisiert. Weiterhin wurden regionale Hochwasserwarnungen erstellt und über verschiedene Informationswege (vgl. [www.hvz.baden-wuerttemberg.de](http://www.hvz.baden-wuerttemberg.de), App „Meine Pegel“, WarnApps NINA und KATWARN) veröffentlicht. Abbildung 2.11 zeigt die im Vorfeld des Hochwassers veröffentlichte regionale Hochwassergefährdung für Baden-Württemberg (Stand: 31. Mai um 18 Uhr). Im Zeitraum 30. Mai bis 5. Juni erfolgten auf [www.hvz.baden-wuerttemberg.de](http://www.hvz.baden-wuerttemberg.de) mehr als 120 Millionen Seitenzugriffe. Die höchsten Zugriffszahlen wurden am Samstag 1. Juni mit rund 28 Millionen Seitenaufrufen verzeichnet. Aufgrund der Hochwasserwarnungen und -vorhersagen

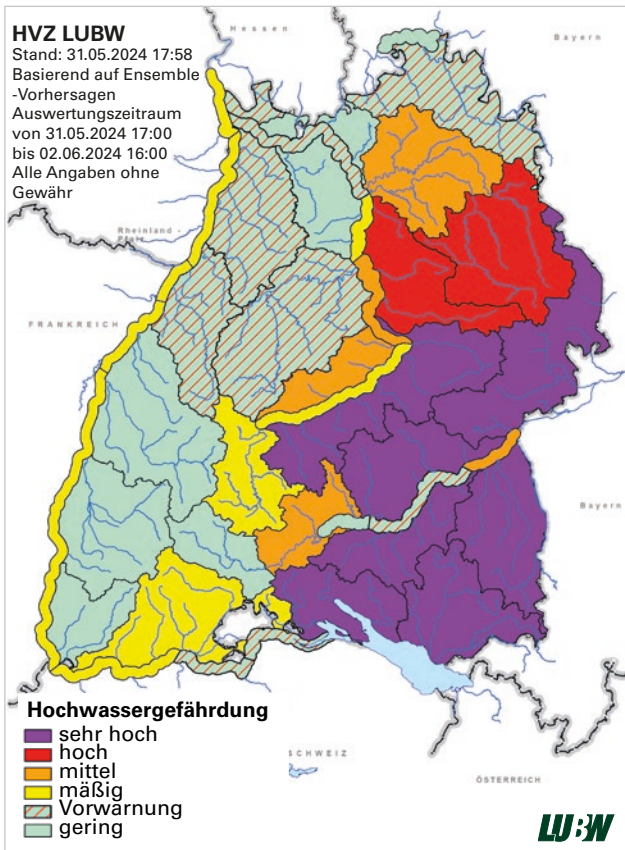


Abbildung 2.11 Karte der Hochwasserwarnung für verschiedene Regionen und Gewässerabschnitte in Baden-Württemberg zum Zeitpunkt 31. Mai 18 Uhr. Datenquelle: Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) der LUBW.

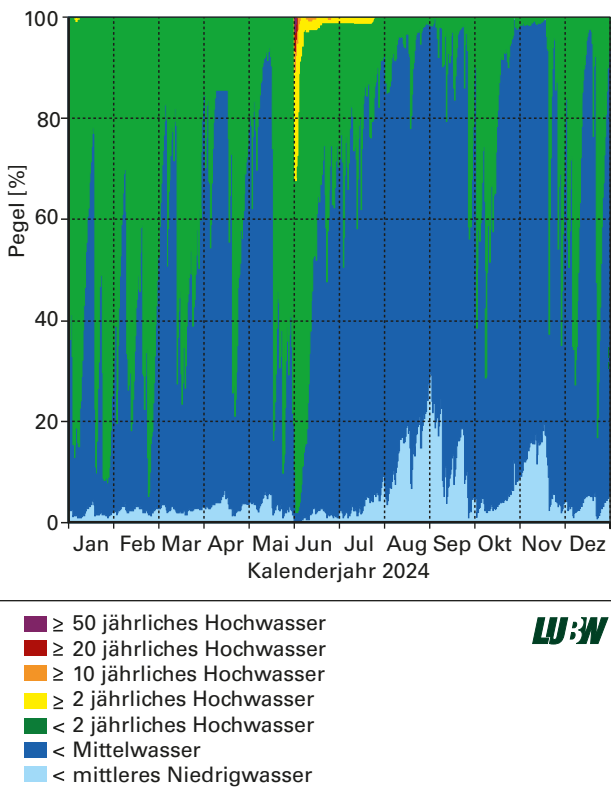


Abbildung 2.12: Anteil der Kennwertpegel in Baden-Württemberg, die im Wasserstand oder im Abfluss einen bestimmten Kennwert über- bzw. unterschreiten. Grafik basiert auf ungeprüften Rohdaten. Datenquelle: Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) der LUBW.

der HVZ konnten die Einsatzleitungen und Einsatzkräfte vor Ort in zahlreichen Fällen rechtzeitig Schutzmaßnahmen einleiten. So wurde beispielsweise der Bevölkerung in überflutungsgefährdeten Bereichen geraten ihre Häuser zu verlassen und eine sichere Unterkunft in bereitgestellten Notunterkünften oder bei Bekannten aufzusuchen. Um die Hochwassergefahren abzumindern, wurden im Land zahlreiche Hochwasserrückhaltebecken eingesetzt sowie Hochwasserschutzmaßnahmen wie mobile Schutzwände oder Sandsäcke aufgebaut.

Die Hochwasserereignisse in Baden-Württemberg fallen zusammen mit einer insgesamt sehr feuchten Witterungsperiode mit überdurchschnittlichen Wasserständen und Abflüssen in den Oberflächengewässern. Abbildung 2.12 fasst die hydrologische Gesamtsituation der Oberflächengewässer in Baden-Württemberg im Jahr 2024 zusammen und zeigt den Anteil der charakteristischen Wasserstände, die einen bestimmten Schwellenwert über- oder unterschreiten. Insbesondere die Hochwasserereignisse (gelbe, orange, rote und violette Flächenanteile) und der lange Hochwasserstand des Bodensees bis in die zweite Julihälfte (vgl. Kapitel 2.3.2) stechen hervor. Niedrigwasser (hellblaue Flächenanteile) spielte 2024 nur vereinzelt eine Rolle. Die natürliche Niedrigwasserphase, welche in Baden-Württemberg vornehmlich im Spätsommer bzw. Herbst auftritt, war 2024 nur sehr unterdurchschnittlich ausgeprägt.

### 2.3.2 Bodensee – Klimaerwärmung auch in der Tiefe des Sees angekommen

#### Kurz gesagt:

- Im Bodensee gab es im Jahr 2024 Hochwasserstände mit Überflutungen in vielen ufernahen Bereichen.
- Die gemessenen Wassertemperaturen lagen überwiegend deutlich über dem langjährigen mittleren saisonalen Verlauf.
- Selbst in Wassertiefen von 250 m sind die Temperaturen nach mehreren Jahren zunehmender Erwärmung und mangelnder Durchmischung mittlerweile ungewöhnlich hoch. Dies verändert die Lebensbedingungen der dort lebenden Organismen.

Das Jahr 2024 begann mit saisonal deutlich überdurchschnittlichen Wasserständen (vgl. Abbildung 2.13), nach-



dem im November 2023 der Wasserstand des Sees bereits stark angestiegen war. Diese saisonal stark überdurchschnittlichen Werte hatten aber keine Hochwassersituation zur Folge, da der winterliche Bodenseewasserstand in der Regel niedrig ist. Bis Ende Mai näherten sich die gleichbleibend hohen Wasserstände allmählich dem mittleren saisonalen Verlauf an. Starke Niederschläge und Hochwasserereignisse im Süden Deutschlands und dem alpinen Einzugsgebiet des Bodensees brachten auch für den See von Anfang Juni bis in die zweite Juli-Hälfte lang andauernde Hochwasserstände. Die Wasserstände erreichten dabei den statistisch ermittelten Wert eines 10-jährlichen Hochwassers. Erkennbare Folgen waren Überflutungen in vielen ufernahen Bereichen, mit Auswirkungen wie z. B. gefluteten Kellerräumen oder Schwierigkeiten mit der Abführung des Abwassers. Die hohen Wasserstände führten zudem zu Erosion und Sedimentverlagerungen in den höher gelegenen Uferbereichen, die üblicherweise außerhalb des Wirkungsbereiches des Wassers und der dort stattfindenden Sedimenttransportprozesse liegen.

Ab Mitte Juli fielen die Wasserstände dann kontinuierlich ab und erreichten im August und September leicht unterdurchschnittliche Werte. Im Oktober kam es wieder zu saisonal leicht erhöhten Wasserständen, die jedoch zum Jahresende hin wieder abfielen und den gewohnt niedrigen winterlichen Wasserständen entsprachen. Diese Entwicklung der Wasserstände steht im Einklang mit den Niederschlagsverläufen in diesen Monaten (vgl. Kapitel 2.2).

Die im Rahmen der 14-tägigen Untersuchungen in der See-mitte gemessenen Wassertemperaturen lagen 2024 überwiegend über den mittleren Oberflächentemperaturen der langjährigen seit 1962 ermittelten Temperaturzeitreihe. Lediglich in den Monaten September und Oktober waren die Temperaturwerte durchschnittlich.

Außergewöhnlich war 2024 vor allem die Tiefenwassertemperatur des Sees in ca. 250 m Tiefe, welche nach einer relativ kontinuierlichen Erwärmung, ausgehend von 4,2 °C im Jahr 2012 einen Wert von 5,6 °C erreichte. Dies stellt einen Wärmeeintrag in die Tiefe des Sees dar, wie er in der langjährigen Zeitreihe seit 1961 noch nicht beobachtet wurde. Die hohen Temperaturen verändern die Lebensraumbedingungen vieler Organismen im See. So reagieren

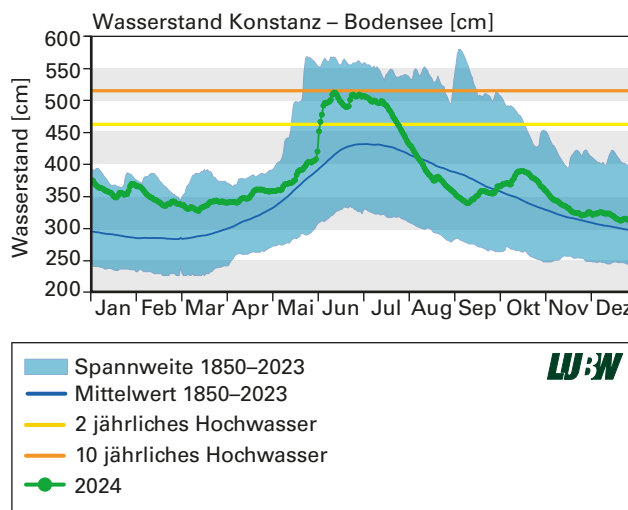


Abbildung 2.13: Tagesmittelwerte des Wasserstands für das Jahr 2024 (grüne Linie, ungeprüfte Rohdaten) am Seepegel Konstanz – Bodensee. Die blaue Linie zeigt den Mittelwert für den jeweiligen Tag im Analysezeitraum ab 1850. Die Spannweite gibt den minimalen/maximalen Messwert am jeweiligen Kalendertag im Analysezeitraum an. Datenquelle: Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) der LUBW. Betreiber der Messstelle: RP Freiburg.

z. B. manche Fische durch ein verändertes Laichverhalten, zudem verändert sich die Entwicklungsdauer der im Tiefenwasser abgelegten Fischeier, so dass diese gegebenenfalls zu früh schlüpfen und an der Oberfläche kein passendes Nahrungsangebot finden.

### 2.3.3 Grundwasser – Anhaltend überdurchschnittlich

#### Kurz gesagt:

- Die Grundwasserverhältnisse schwankten im gesamten Jahresverlauf 2024 im oberen Normalbereich.
- Dabei waren die markanten Anstiege der Grundwasserverhältnisse bis hin zu Jahresmaxima im Juni besonders eindrucksvoll.
- Nach leicht rückläufiger Entwicklung ab dem Sommer sind die zu Jahresende erwarteten Anstiege ausgeblieben.
- Trotz deutlich überdurchschnittlicher Jahresniederschläge waren die Sickerwassermengen am Lysimeterstandort Büchig nur durchschnittlich.

Nach dem nassen Jahresende 2023 war auch das Jahr 2024 in Baden-Württemberg sehr niederschlagsreich, abgesehen von den vergleichsweise trockenen Monaten August, November und Dezember (vgl. Kapitel 2.2). Die starken Frühjahrsniederschläge vor allem im Mai waren besonders wichtig für die Grundwasserneubildung.

Dank der Kombination von wassergesättigten Böden und feuchter Witterung setzte sich die erhebliche Neubildung im Dezember 2023 auch nach dem Jahreswechsel fort. Bis einschließlich Februar waren in der Folge Grundwasserschwankungen auf überdurchschnittlichem, bei jeder vierten Messstelle auf hohem Niveau zu verzeichnen. Der vorübergehende Rückgang der Sickerung zu Beginn der Vegetationszeit im März/April hatte an den meisten Grundwassermessstellen geringe Auswirkungen, mit Ausnahme von zahlreichen Quellschüttungen, die kurzzeitig unterdurchschnittlich waren (vgl. Abbildung 2.14). Die starken Mainiederschläge (vgl. Kapitel 2.2) auf wassergesättigte Böden haben durch außergewöhnlich hohe Neubil-

dung auch spontane Anstiege in Gewässernähe und in Bereichen mit flurnahem Grundwasserspiegel bewirkt. Solch steile Grundwasseranstiege in Situationen mit bereits überdurchschnittlichen Verhältnissen sind selten und charakterisieren die Grundwasserverhältnisse des Jahres 2024. In der ersten Jahreshälfte waren die Böden permanent wassergesättigt und im Juni bewegten sich Grundwasserstände und Quellschüttungen auf hohem Niveau, wobei sogar die bisherigen langjährigen Monatshöchstwerte an nahezu jeder dritten Messstelle überschritten wurden.

Durch den regenreichen Sommer kam es zu keinem Zeitpunkt zu angespannten Niedrigwassersituationen wie es

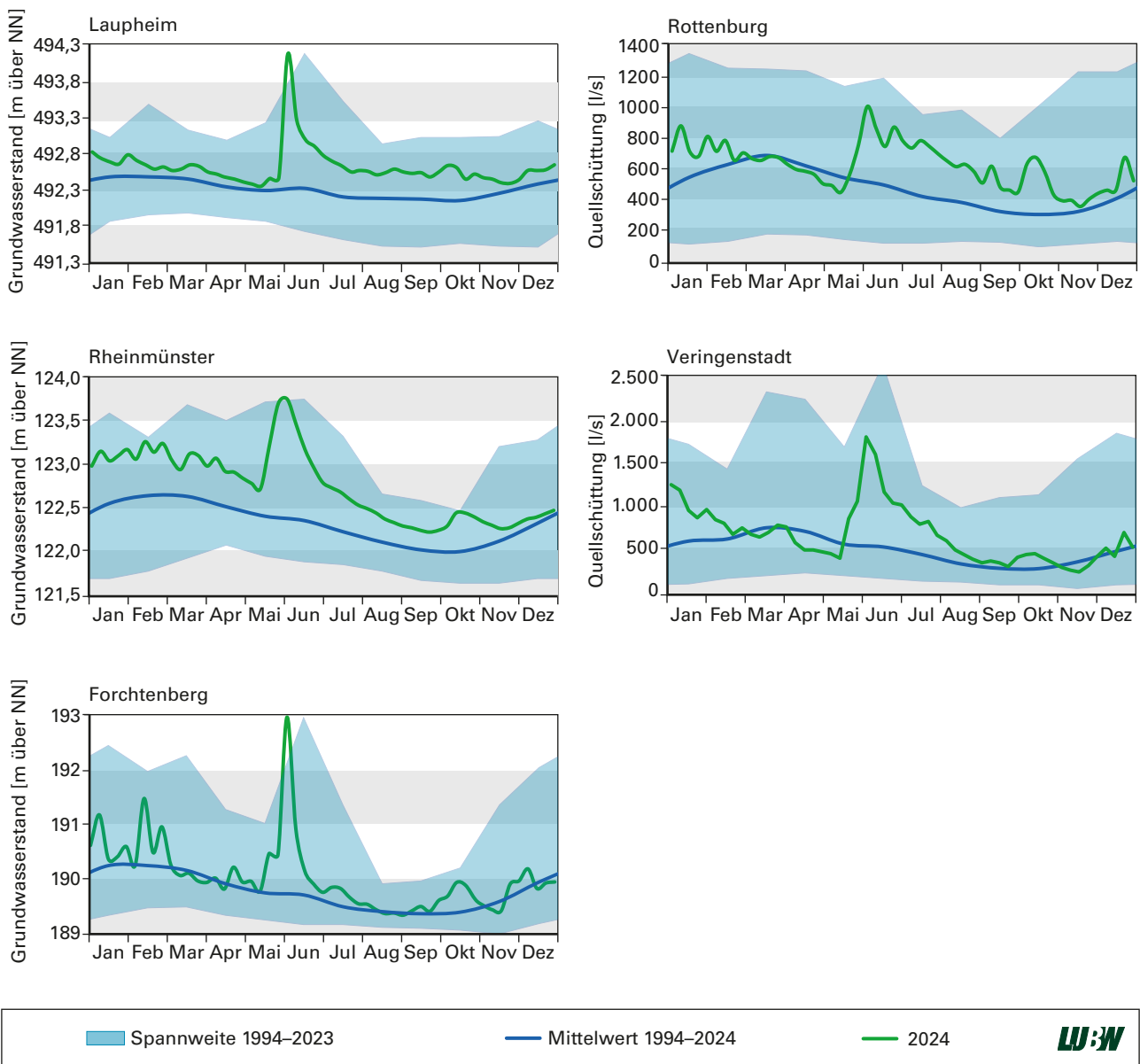


Abbildung 2.14: Jahresgang 2024 der Quellschüttung in Litern pro Sekunde (grüne Linie) vor langjährigem Hintergrund (hellblaue Fläche) für die Standorte Rottenburg (Obere Gäue) und Veringenstadt (Schwäbische Alb) sowie Jahresgang 2024 der Grundwasserstände in Metern über Normalnull (grüne Linie) vor langjährigem Hintergrund (hellblaue Fläche) für die Standorte Rheinmünster (Oberrheingraben), Laupheim (unteres Illertal) und Forchtenberg (Hohenlohe). Die blaue Linie zeigt jeweils den Mittelwert im jeweiligen Analysezeitraum. Die Spannweite gibt den minimalen bzw. maximalen Messwert im Analysezeitraum an. Datenquelle: LUBW.

in der jüngeren Vergangenheit im Spätsommer häufig der Fall war. Die Grundwasserverhältnisse schwankten auf überdurchschnittlichem Niveau, mit einer insgesamt stabilen bis leicht rückläufigen Entwicklungstendenz, da ab Juli die Bodenfeuchte und die Grundwasserneubildung gering waren. Ab September führten überdurchschnittliche Niederschläge (vgl. Kapitel 2.2.) zu einer deutlichen Erholung der Bodenfeuchte hauptsächlich im nördlichen Teil Baden-Württembergs, die Grundwasserneubildung blieb in diesem Zeitabschnitt jedoch überwiegend gering.

Der November war der Beginn eines unterdurchschnittlich niederschlagsreichen Jahresendes (vgl. Kapitel 2.2.). Während die erste Monatshälfte trocken war, brachten die Niederschläge der zweiten Monatshälfte eine leichte Stabilisierung der Grundwasserstände sowie eine Erholung der Bodenfeuchte. Der Dezember war, abgesehen von intensiven Niederschlägen vor Weihnachten, deutlich zu trocken. Die Grundwasserneubildung nahm zum Monatsende wieder zu, weshalb an den meisten Messstellen leicht ansteigende Grundwasserverhältnisse zur Jahreswende gemessen wurden.

Die Beobachtungen am wägbaren Lysimeter Büchig bei Karlsruhe zeigen im Jahr 2024 durchgehend hohe Bodenfeuchtwerte und einen fortdauernden Grundwasserneubildungsprozess, auch bei vorübergehend unterdurchschnittlichen Niederschlägen.

## 2.4 Ozon – Ein weiteres Jahr mit vergleichsweise niedriger Belastung

### Kurz gesagt:

- Die Ozonspitzenkonzentrationen sind seit Anfang der 1990er-Jahre aufgrund der Minderungen bei den Ozonvorläufersubstanzen deutlich zurückgegangen.
- Der Informationsschwellenwert von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Ozon (1-Stundenmittelwert), der dem Schutz der Gesundheit besonders empfindlicher Bevölkerungsgruppen bei kurzfristiger Exposition gegenüber erhöhten Ozonkonzentrationen dient, wird an den Messstationen im Land Baden-Württemberg kaum noch überschritten.
- Die mittleren Ozonkonzentrationen im Jahr lagen im Vergleich zum Vorjahr auf einem niedrigeren Niveau.
- Der Zielwert konnte im Jahr 2024 erstmals an allen Messstationen Baden-Württembergs eingehalten werden, wird jedoch im Mittel über die letzten drei Jahre

nach wie vor an rund einem Drittel der Stationen überschritten.

Seit Anfang der 1990er-Jahre sind die gemessenen Spitzenwerte von Ozon deutlich zurückgegangen, sowohl im städtischen als auch im ländlichen Hintergrund (vgl. Abbildung 2.15). Ursache sind die rückläufigen Konzentrationen der Ozonvorläufersubstanzen, insbesondere Stickstoffdioxid und flüchtige organische Verbindungen (volatile organic compounds, VOC). Potential für erhöhte Ozonkonzentrationen haben weiterhin heiße, trockene und strahlungssensitive Sommer wie die Sommer der Jahre 2003, 2015, 2018 bis 2020 und 2022. Stabile Hochdruckwetterlagen führen neben den meteorologischen Voraussetzungen zur Bildung von Ozon zusätzlich zu einer Anreicherung der Vorläufersubstanzen. Dennoch werden selbst unter extremen Bedingungen und trotz der eher zu beobachtenden Zunahme von ozonbegünstigen Sommertagen bzw. heißen Tagen (vgl. Kapitel 2.1.3) mit starker Sonneneinstrahlung (vgl. Kapitel 2.1.2), hohen Lufttemperaturen (vgl. Kapitel 2.1.1) und Trockenheit (vgl. Kapitel 2.2), Konzentrationen über  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  im Stundenmittel (die sogenannte Informationsschwelle, bei deren Überschreitung ein Gesundheitsrisiko für besonders empfindliche Menschen besteht) nur noch selten bis gar nicht mehr in Baden-Württemberg erreicht.

Im Jahr 2024 waren vor allem der Früh- und Spätsommer, also die Monate Mai und September von überdurchschnittlichen und teilweise intensiven Niederschlägen gekennzeichnet (vgl. Kapitel 2.2). Länger andauernde Hitzeperioden blieben wie im Vorjahr 2023 in den Monaten Juni und Juli aus. Erst Ende Juli und im August setzte sich der eigentliche Hochsommer durch (vgl. Kapitel 2.1.1). Mit den höchsten Temperaturen des Jahres (vgl. Kapitel 2.1.1), sehr geringen Niederschlägen (vgl. Kapitel 2.2) und viel Sonnenschein (vgl. Kapitel 2.1.2) stiegen die Ozonkonzentrationen an, sodass am 31. Juli und 1. August insgesamt vier Überschreitungen des Informationsschwellenwertes von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (1-Stundenmittelwert) verzeichnet wurden.

Ein Rückgang der Ozonkonzentration konnte auch beim Blick auf den, zum Schutz der menschlichen Gesundheit festgelegten, Zielwert festgestellt werden. Hierbei werden die Tage gezählt, an denen die Ozonkonzentration über einen Zeitraum von acht Stunden gemittelt  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$

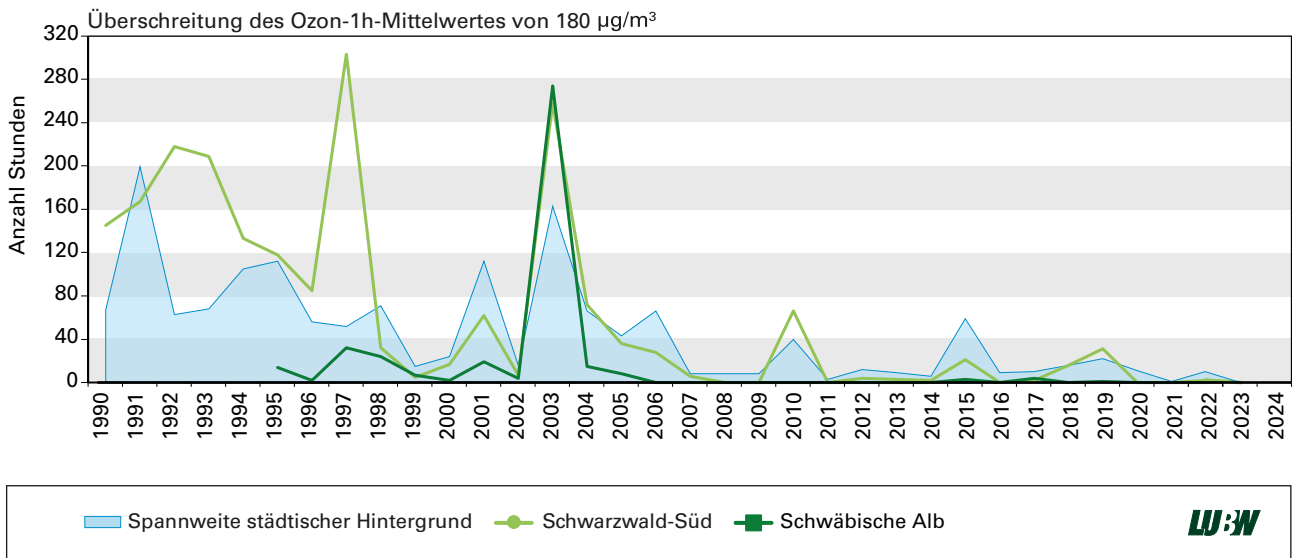


Abbildung 2.15: Anzahl der Stunden mit Überschreitung des Ozon 1-Stundenmittelwertes von 180 µg/m³ (Informationsschwelle) in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW.

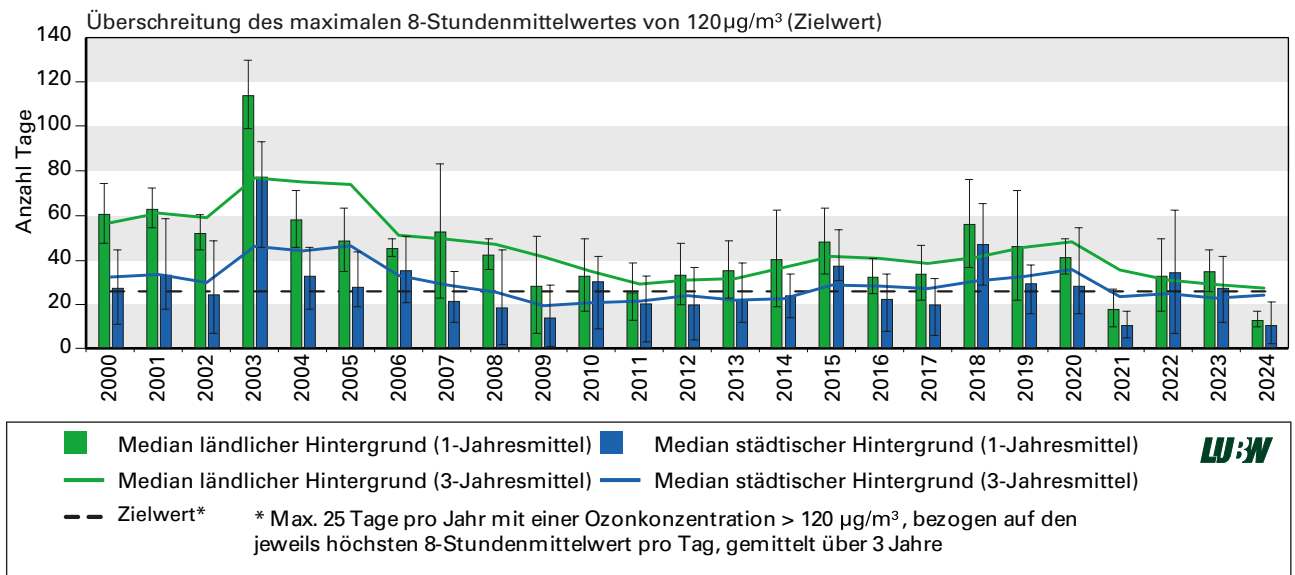


Abbildung 2.16: Anzahl der Tage mit Überschreitung des Ozon 8-Stundenmittelwertes von 120 µg/m³ in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW.

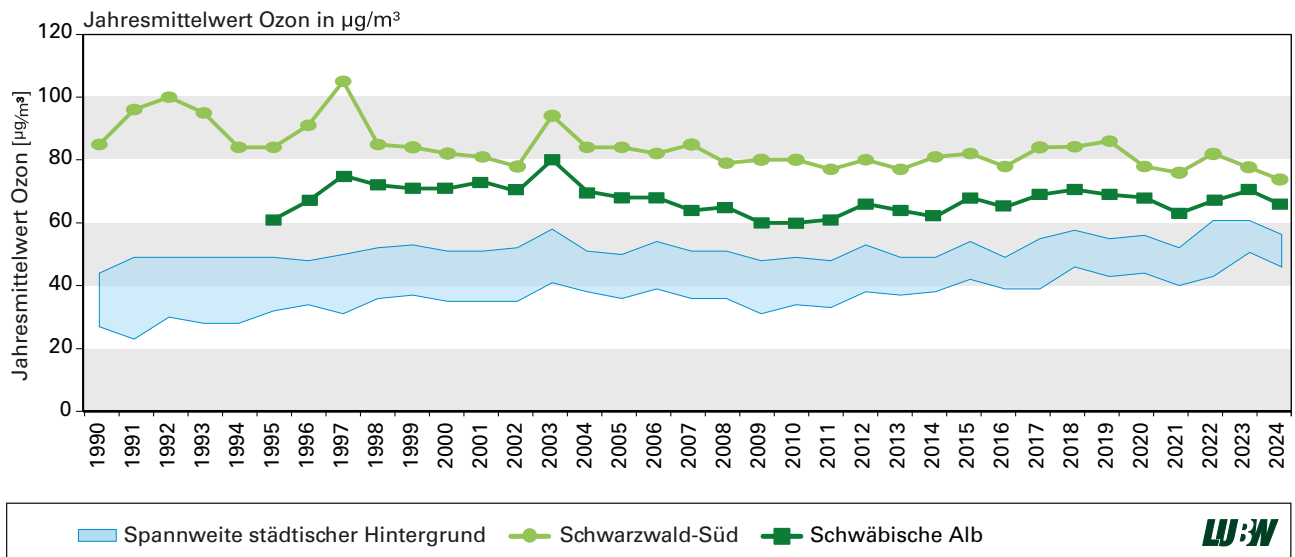


Abbildung 2.17: Entwicklung der Jahresmittelwerte für Ozon in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW.

überschreitet. Pro Kalenderjahr sind 25 solcher Überschreitungen zulässig. Erstmals wurde flächendeckend im Land Baden-Württemberg dieser Zielwert nicht überschritten (vgl. Abbildung 2.16). Um den starken meteorologischen Einfluss auf die Ozonbildung zu berücksichtigen, ist für die Beurteilung maßgebend, ob der Zielwert als Mittel über 3 Kalenderjahre eingehalten werden kann. Die über die drei letzten Jahre (2022 bis 2024) gemittelten Werte zeigen, dass der Zielwert immer noch an rund einem Drittel aller Messstellen überschritten wird.

Die mittlere jährliche Ozonkonzentration und damit die durchschnittliche Belastung durch Ozon steigt seit einigen Jahren an. Vor allem im städtischen Hintergrund nehmen die mittleren Ozonkonzentrationen aufgrund des weniger zur Verfügung stehenden ozonreduzierenden Stickstoffmonoxids zu. Im Vergleich zum Vorjahr 2023 zeigt sich für die Jahresmittelwerte von Ozon jedoch flächendeckend ein Rückgang (vgl. Abbildung 2.17), der wahrscheinlich mit den niederschlagsreicheren Monaten im Jahr 2024 zu erklären ist.

## **2.5 Auswirkungen auf die Natur – Verlängerte Vegetationsperiode, rückläufige Insektenbestände und wärmere Fließgewässer**

### **2.5.1 Phänologie – Eine extrem lange Vegetationsperiode**

#### **Kurz gesagt:**

- Die Pflanzenentwicklung 2024 war durch eine lange Vegetationsperiode geprägt – die Vegetationsperiode war sechs Tage länger als der bisherige Rekord in 2020.
- Die Apfelblüte begann 26 Tage früher als im Mittel des Referenzzeitraums 1961–1990. Ein früherer Blühbeginn wurde seit 1992 nicht mehr verzeichnet.

In der Landwirtschaft litt die Ernte 2024 unter den extremen Witterungsbedingungen, die feuchte Witterung führte aber auch zur leichten Erholung im Wald. Die Phänologie untersucht wiederkehrende Entwicklungsstadien von Pflanzen und Tieren, die eng mit Temperatur- und Niederschlagsmustern verknüpft sind. Langfristige Veränderungen dienen als Indikator für klimatische Trends und deren Auswirkungen auf die Natur.

Die Dauer der Vegetationsperiode übertraf 2024 den bisherigen Höchstwert von 2020 um sechs Tage (vgl. Abbildung 2.18). Zudem begann die Vegetationsperiode so früh wie nie zuvor. Die Apfelblüte setzte bereits Ende März ein und damit 26 Tage früher als im langjährigen Mittel (1961–1990). Ein ähnlich früher Blühbeginn wurde zuletzt 2014 verzeichnet. Ursächlich war ein außergewöhnlich warmer Februar und März (vgl. Kapitel 2.1.1). Trotz hoher Temperaturen blieben die Niederschläge von Januar bis April weitgehend im Normalbereich. Der Januar war zudem außergewöhnlich sonnig (vgl. Kapitel 2.1.2).

Diese Entwicklung zu einer immer früheren Blüte birgt Risiken: Spätfröste können Blüten schädigen und Ernteverluste verursachen. Besonders Ende April kam es zu erheblichen Frostschäden bei Apfel-, Kirsch- und Pflaumbäumen. Insbesondere der Ortenaukreis war betroffen, wo Fröste in der zweiten Aprilhälfte massive Schäden im Obst- und Weinbau anrichteten (Ortenauer Pressemitteilung vom 04.12.2024: Frostbeihilfe für Obst- und Weinbaubetriebe). Neben Spätfrösten beeinträchtigten Starkregen (vgl. Kapitel 2.2.) und Hochwasser (vgl. Kapitel 2.3.1) die Ernte erheblich, wobei das Mai-Hochwasser in einigen Betrieben zu Totalausfällen führte. Bereits im Herbst 2023 erschwerten anhaltende Niederschläge die Aussaat von Wintergetreide, während die nassen Bedingungen im Frühjahr das Wachstum der Sommerkulturen verzögerten. Laut Statistischem Landesamt wird die Getreideernte in 2024 (ohne Körnermais) auf 2,39 Mio. Tonnen geschätzt –12 % weniger als 2023 und –15 % unter dem Sechsjahresmittel (2018–2023).

Neben den Herausforderungen für die Landwirtschaft, wirkte sich die feuchte Witterung im Frühjahr 2024 zusammen mit dem feuchten Herbst 2023 aber auch positiv aus (vgl. Kapitel 2.2): Laut Waldzustandsbericht der Forstlichen Versuchs- und Forschungsanstalt Baden-Württemberg (FVA-BW) zeigt der Wasserhaushalt in den Wäldern eine leichte Erholung. Dennoch sind die Spätfolgen der vergangenen Dürrejahre weiterhin unübersehbar. Zwar ging der Anteil deutlich geschädigter Waldbäume infolge der feuchten Witterung um vier Prozentpunkte zurück, bleibt mit 40 % jedoch weiterhin auf alarmierend hohem Niveau. Die mittlere Kronenverlichtung sank 2024 um –1,1 Prozentpunkte auf 25,8 %– der niedrigste Wert der letzten fünf Jahre. Dennoch bleibt das Schadniveau hoch, insbe-

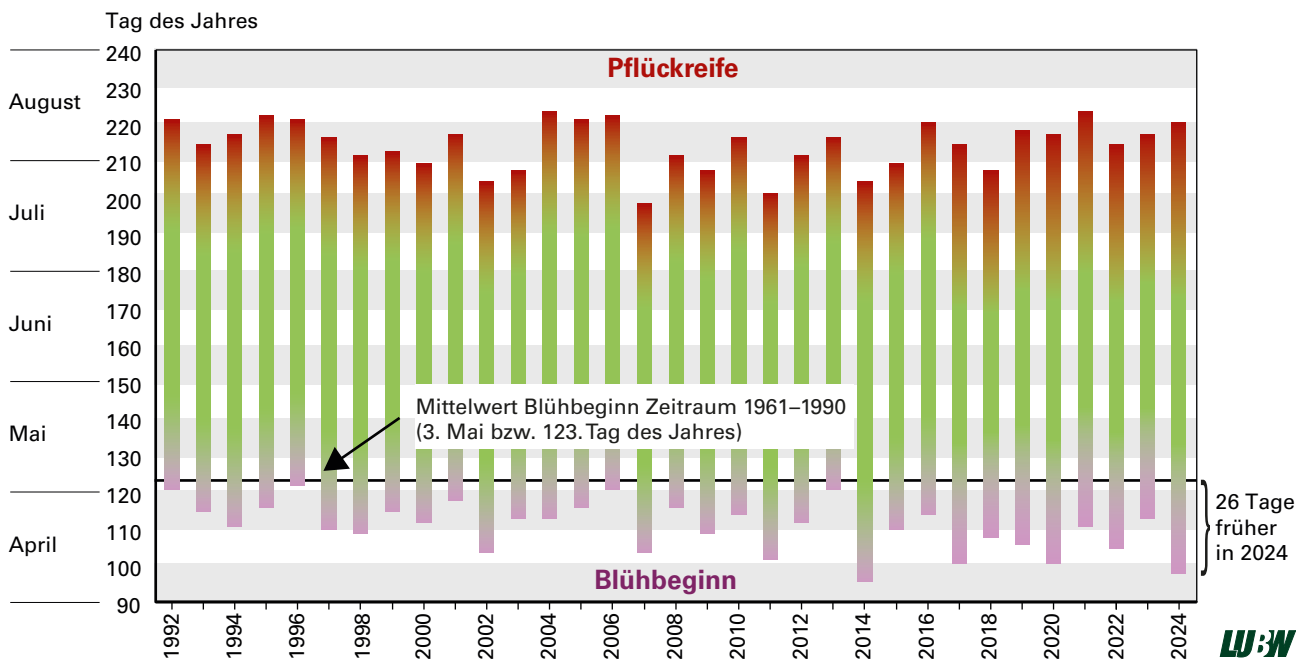


Abbildung 2.18: Mittlerer Beginn der Apfelblüte bis zur Pflückreife vorwiegend frühblühender Apfelbäume in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes (Stand 15.01.2025).

sondere der Anteil stark geschädigter Bäume mit mehr als 60 % Kronenverlichtung verharrt seit Jahren auf konstant hohem Niveau.

## 2.5.2 Bestandsveränderungen von Insekten – Für Tagfalter ungünstige Witterung von 2023 setzt sich fort

### Kurz gesagt:

- 2024 wies mit 7.501 gezählten Individuen von Tagfaltern und Widderchen, die sich auf 70 Arten verteilten, den zweiten Negativrekord in Folge für diese besonders witterungssensible Insektengruppe seit Beginn des Insektenmonitorings 2018 auf.
- Die geringen Ausgangsbestände von 2023 nahmen durch die sehr hohen Niederschläge in Mai und Juni zur Hauptflugzeit vieler Arten noch weiter ab.
- Anhaltende hohe Niederschläge schädigten nicht nur die im Frühling als Falter aktiven Arten, sondern auch Ei-, Raupen- und Puppenstadien der Sommerarten. Deshalb traten nach den Ergebnissen des Monitorings auch für den Sommer typische Arten mit bis zu 50 bis 70 % weniger Individuen auf, als auf denselben Flächen zuletzt 2021 gezählt wurden.

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. 2024 wurden somit dieselben Flächen kartiert wie 2021.

2024 erwies sich mit insgesamt 7.501 gezählten Individuen, die sich auf 70 Arten verteilten, im zweiten Jahr in Folge als das schlechteste Tagfalterjahr seit Beginn des Monitorings 2018 (vgl. Abbildung 2.19). Diese geringen Falterzahlen lassen sich durch die ungewöhnlich niederschlagsreichen Monate Mai und Juni erklären (vgl. Kapitel 2.2). Die Schlechtwetterperiode fiel damit genau in die Hauptaktivitätszeit vieler Schmetterlinge. Von dieser Beeinträchtigung waren nicht nur die Falter betroffen, sondern auch ihre Ei-, Raupen- und Puppenstadien. Infolge gingen auch die Populationen der Sommerarten zurück - teils um 50 bis 70 % verglichen mit den Individuenzahlen von 2021. Diese fortgesetzten, für Tagfalter ungünstigen Witterungsbedingungen führten dazu, dass 2024 insgesamt rund ein Viertel weniger Arten und Individuen als 2021 auftraten. So waren neben anspruchsvollen Bläulings- und Widderchenarten auch gewöhnlichere, wie das Tagpfauenauge oder der Schornsteinfeger von den Rückgängen betroffen. Weiterhin häufig nachgewiesen wurden das Große Ochsenauge und der Schachbrettfalter.

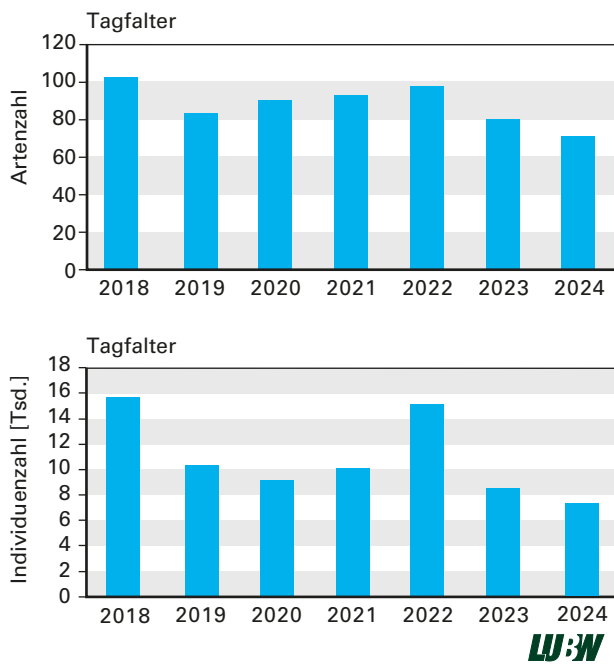


Abbildung 2.19: Entwicklung der Anzahl der Tagfalter-Individuen (oben) und der Gesamtanzahl der Tagfalter-Arten (unten) in Baden-Württemberg im Zeitraum zwischen 2018 und 2024. Datenquelle: LUBW.



Abbildung 2.20: Das weit verbreitete Sechsfleck-Widderchen (*Zygaena filipendulae*) wurde 2024 deutlich seltener gefunden als im Vergleichszeitraum 2021 (Foto: F. Theves, LUBW).



Abbildung 2.21: Der Schornsteinfeger (*Aphantopus hyperantus*) gehört zu den häufigen Sommerarten. Dennoch wurden 2024 um die Hälfte weniger Exemplare gezählt als vier Jahre zuvor (Foto: Carsten Wagner).

### 2.5.3 Fließgewässerökologie – Wassertemperaturen steigen weiter an

#### Kurz gesagt:

- Die Wassertemperatur und der Abfluss haben entscheidenden Einfluss auf die Lebensgemeinschaften in Fließgewässern.
- 2024 lagen die Wassertemperaturen im Rhein bei Karlsruhe zwischen Mai und Oktober größtenteils unter den langjährigen Tagesmittelwerten (von 1988 bis 2023). Lediglich in der Niedrigwasserphase von Ende Juli bis Anfang September lagen sie über dem langjährigen Mittel. Mitte August wurden kurzzeitig Wassertemperaturen von 25 °C erreicht.
- Die Sauerstoffverhältnisse im Neckar waren im niederschlagsreichen Jahr 2024 unkritisch, sodass keine Belüftungsmaßnahmen zur Stützung des Sauerstoffgehaltes durchgeführt werden mussten.

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 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, der umso größer ist, je naturferner der Lebensraum ist.

In Abbildung 2.22 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 37 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. Auch wenn 2024 die mittlere Sommerwassertemperatur deutlich niedriger lag als beispielsweise 2022 und 2023, so ist insgesamt ein steigender Trend erkennbar: Die durchschnittliche Anzahl an Tagen mit Wassertemperaturen von 20 °C und höher ist im Zeitraum von 1988 bis 2024 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. In gleichzeitig auftretenden Niedrigwasserphasen kommt es zu Konzentrationserhöhungen von Wasserinhaltsstoffen, die die Lebensbedingungen der Gewässerorganismen zusätzlich beeinflussen bzw. verschlechtern.

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.

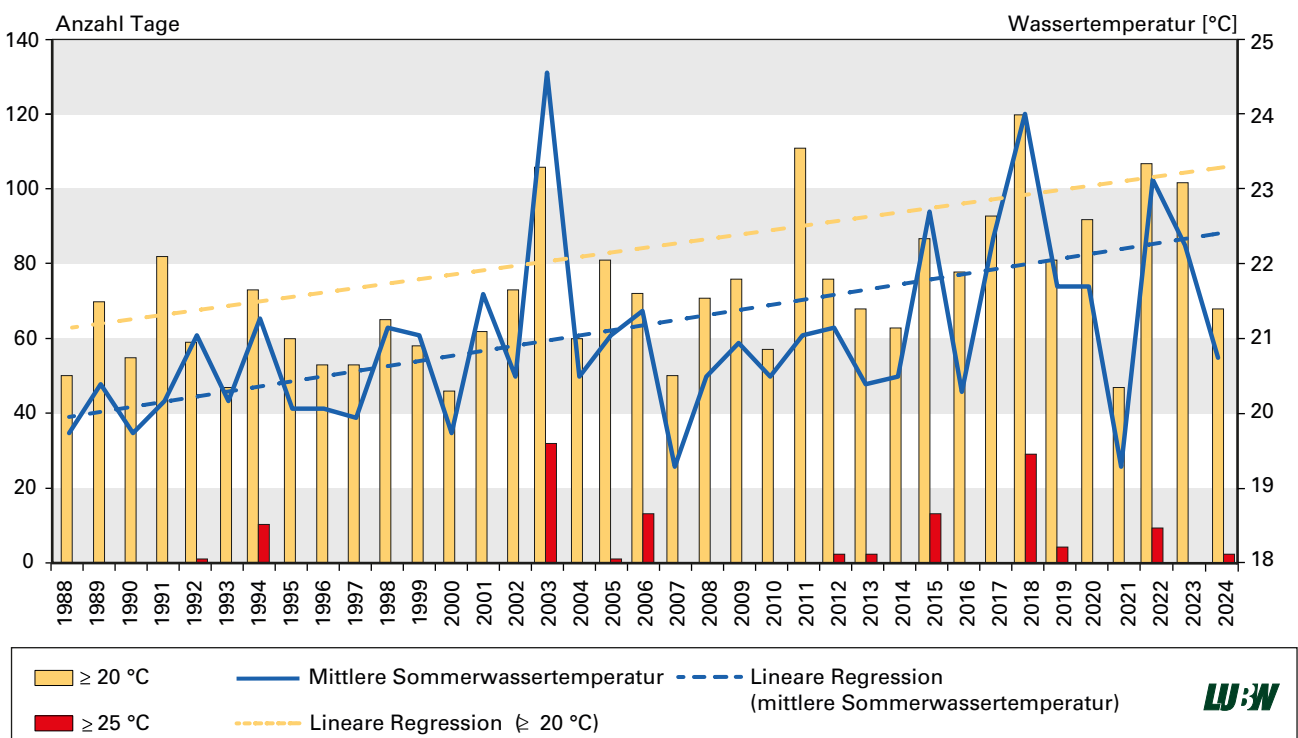


Abbildung 2.22: Anzahl der Tage pro Jahr mit Überschreitungen der Wassertemperatur im Tagesmittel von  $\geq 20$  °C und  $\geq 25$  °C sowie die mittlere sommerliche Wassertemperatur im Rhein an der Messstation Karlsruhe der letzten 37 Jahre. Datenquelle: LUBW.



# Abbildungsverzeichnis

- Abbildung 2.1: Jahresmitteltemperatur in Baden-Württemberg (Mittelwerte für die Kalenderjahre 1881 bis 2024) sowie Abweichungen der Temperatur vom Mittelwert der Referenzperiode 1961–1990. Die roten Balken zeigen Jahre mit Temperaturen über dem Mittelwert der Referenzperiode, die blauen Balken Jahre mit Temperaturen darunter. Die schwarze gestrichelte Linie zeigt den linearen Trend über den gesamten Zeitraum. Die schwarze durchgezogene Linie stellt die LOESS-Trendkurve dar. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes. Seite 8
- Abbildung 2.2: Temperaturabweichung in 2024 im Vergleich zur Referenzperiode 1961–1990 im regionalen Vergleich. Zur besseren Orientierung sind die Stadt- und Landkreise Baden-Württembergs eingezeichnet. Die Farbskala reicht von 0 °C (hellgelb) bis +6 °C (dunkelrot) und zeigt die Stärke der Temperaturabweichungen. Unter den Monatsbezeichnungen ist die mittlere Abweichung der Monatsmitteltemperatur [°C] in Baden-Württemberg dargestellt. Daten aufbereitet durch die LUBW unter Einbeziehung von DWD-Stationen auf Basis der Rasterdaten aus dem Klimaatlas BW ([klimaatlas-bw.de](http://klimaatlas-bw.de)). Seite 8
- Abbildung 2.3: Anzahl der Sonnenstunden in Baden-Württemberg (Mittelwerte pro Jahr von 1951 bis 2024) sowie Abweichungen der Sonnenscheindauer vom Mittelwert der Referenzperiode 1961–1990. Die gelben Balken zeigen Jahre mit einer Sonnenscheindauer über dem Mittelwert der Referenzperiode, die schwarzen Balken Jahre mit einer Sonnenscheindauer darunter. Die schwarze gestrichelte Linie zeigt den linearen Trend über den gesamten Zeitraum. Die schwarze durchgezogene Linie stellt die LOESS-Trendkurve dar. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes. Seite 9
- Abbildung 2.4: Abweichung der Sonnenscheindauer [%] zur Referenzperiode 1961–1990 in Baden-Württemberg. Die Balken zeigen die Differenz der monatlichen Sonnenscheindauer des Jahres 2024 im Vergleich zu den Monatsmittelwerten der Referenzperiode (1961–1990). Positive Werte (gelbe Balken) deuten auf Monate mit längerer Sonnenscheindauer hin, während negative Werte (schwarze Balken) auf Monate mit kürzerer Sonnenscheindauer hinweisen. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes. Seite 9
- Abbildung 2.5: Kenntage Heiße Tage, Sommertage, Frosttage und Eistage als Anzahl Tage pro Jahr für die Periode 1951 bis 2024 (Mittelwerte für Baden-Württemberg). Die schwarze gestrichelte Linie zeigt den linearen Trend über den gesamten Zeitraum. Die schwarze durchgezogene Linie stellt die LOESS-Trendkurve dar. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes. Seite 11
- Abbildung 2.6: Jahresniederschlagssumme [mm] in Baden-Württemberg (Mittelwerte pro Jahr von 1881 bis 2024) sowie Abweichungen der Niederschlagssumme vom Mittelwert der Referenzperiode 1961–1990. Die grünen Balken zeigen Jahre mit Niederschlagssummen über dem Mittelwert der Referenzperiode, die orangenen Balken Jahre mit Niederschlagssummen darunter. Die schwarze gestrichelte Linie zeigt den linearen Trend über den gesamten Zeitraum. Die schwarze durchgezogene Linie stellt die LOESS-Trendkurve dar. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes. Seite 12
- Abbildung 2.7: Anzahl der Tage mit Niederschlag  $\geq 10$  mm und  $\geq 20$  mm in Baden-Württemberg von 1951 bis 2023. Die schwarze gestrichelte Linie zeigt den linearen Trend über den gesamten Zeitraum. Die schwarze durchgezogene Linie stellt die LOESS-Trendkurve (lokale lineare Regression) dar. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes. Seite 13
- Abbildung 2.8: Niederschlagsabweichung in 2024 im Vergleich zur Referenzperiode 1961–1990 im regionalen Vergleich. Zur besseren Orientierung sind die Land- und Stadtkreise Baden-Württembergs eingezeichnet. Die Farbskala reicht von –100 % (braun) bis +100 % (dunkelgrün) und zeigt die Stärke der Abweichungen der monatlichen Niederschlagssummen. Unter den Monatsbezeichnungen ist die mittlere Abweichung der Monatsniederschlagssumme [mm] in Baden-Württemberg dargestellt. Daten aufbereitet durch die LUBW unter Einbeziehung von DWD-Stationen. Seite 13
- Abbildung 2.9: Karte der Kennwertpegel, die beim Hochwasser Mai/Juni 2024 einen Hochwasserkennwert bestimmter Jährlichkeit erreicht haben. Grafik basiert auf vorgeprüften Rohdaten und Einordnung nach Hochwasserregionalisierung Baden-Württemberg 2014. Datenquelle: Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) der LUBW. Seite 14
- Abbildung 2.10: Die Karte zeigt die 72-stündige Niederschlagssumme vom 31. Mai bis 3. Juni mit räumlichen Schwerpunkten im Bereich Oberschwaben, den östlichen Neckarzuflüssen und dem Rems-Murr-Kreis. Datenquelle: Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) der LUBW erstellt aus Daten von Meteorolog Radar HD+. Seite 15
- Abbildung 2.11 Karte der Hochwasserwarnung für verschiedene Regionen und Gewässerabschnitte in Baden-Württemberg zum Zeitpunkt 31. Mai 18 Uhr. Datenquelle: Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) der LUBW., Seite 16
- Abbildung 2.12: 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 16
- Abbildung 2.13: Tagesmittelwerte des Wasserstands für das Jahr 2024 (grüne 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. Seite 17
- Abbildung 2.14: Jahresgang 2024 der Quellschüttung in Litern pro Sekunde (grüne Linie) vor langjährigem Hintergrund (hellblaue Fläche) für die Standorte Rottenburg (Obere Gäue) und Veringenstadt (Schwäbische Alb) sowie Jahresgang 2024 der Grundwasserstände in Metern über Normalnull (grüne Linie) vor langjährigem Hintergrund (hellblaue Fläche) für die Standorte Rheinmünster (Oberrheingraben), Laupheim (unteres Illertal) und Forchtenberg (Hohenlohe). Die blaue Linie zeigt jeweils den Mittelwert im jeweiligen Analysezeitraum. Die Spannweite gibt den minimalen bzw. maximalen Messwert im Analysezeitraum an. Datenquelle: LUBW. Seite 18
- Abbildung 2.15: Anzahl der Stunden mit Überschreitung des Ozon 1-Stundenmittelwertes von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Informationsschwelle) in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW. Seite 20

Abbildung 2.16: Anzahl der Tage mit Überschreitung des Ozon 8-Stundenmittelwertes von $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW.	Seite 20
Abbildung 2.17: Entwicklung der Jahresmittelwerte für Ozon in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW.	Seite 20
Abbildung 2.18: Mittlerer Beginn der Apfelblüte bis zur Pflückreife vorwiegend frühblühender Apfelbäume in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes (Stand 15.01.2025).	Seite 22
Abbildung 2.19: Entwicklung der Anzahl der Tagfalter-Individuen (links) und der Gesamtanzahl der Tagfalter-Arten (rechts) in Baden-Württemberg im Zeitraum zwischen 2018 und 2024. Datenquelle: LUBW.	Seite 23
Abbildung 2.20: Bläulingsarten, wie der Himmelblaue Bläuling ( <i>Lysandra bellargus</i> ) wiesen 2023 auffallend niedrige Bestandszahlen auf (Foto: F. Theves, LUBW).	Seite 23
Abbildung 2.21: Der Schornsteinfeger ( <i>Aphantopus hyperantus</i> ) gehört zu den häufigen Sommerarten. Dennoch wurden 2024 um die Hälfte weniger Exemplare gezählt als vier Jahre zuvor (Foto: Carsten Wagner).	Seite 23
Abbildung 2.22: Anzahl der Tage pro Jahr mit Überschreitungen der Wassertemperatur im Tagesmittel von $\geq 20 \text{ }^\circ\text{C}$ und $\geq 25 \text{ }^\circ\text{C}$ sowie die mittlere sommerliche Wassertemperatur im Rhein an der Messstation Karlsruhe der letzten 37 Jahre. Datenquelle: LUBW.	Seite 24



