




# Ein wechselhaftes Jahr: Nass und trocken, sonnig und kühl


 Eine klimatische Einordnung des Jahres 2021 für Baden-Württemberg



Baden-Württemberg



# Ein wechselhaftes Jahr: Nass und trocken, sonnig und kühl

 Eine klimatische Einordnung des Jahres 2021 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 100163, 76231 Karlsruhe Koordination: Referat 23 – Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Kompetenzzentrum Klimawandel  Abteilung 2 – Nachhaltigkeit und Naturschutz Referat 23 – Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Kompetenzzentrum Klimawandel Dr. Kai Höpker Dr. Sabrina Plegnière Referat 25 – Artenschutz, Landschaftsplanung Dr. Florian Theves  Abteilung 3 – Technischer Umweltschutz Referat 33 – Luftqualität, Immissionsschutz Christiane Lutz-Holzhauer 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. Manfred Bremicker Dr. Manuela Nied ISF – Institut für Seenforschung Dr. Bernd Wahl
<b>STAND</b>	Januar 2022
<b>VERÖFFENTLICHUNG</b>	Februar 2022
<b>TITELBILD</b>	Die starken Regenfälle im Sommer 2021 hinterließen auch in Baden-Württemberg schwere Schäden. In Küssaberg führte eine Sturzflut beispielsweise zu aufgerissenen Straßen, so dass dort geparkte Autos in den Grund rutschten. Bild: Tina Prause
<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>8</b>
2.1	Temperatur	8
2.1.1	Jahresmitteltemperatur	8
2.1.2	Sonnenscheindauer	8
2.1.3	Heiße Tage und Sommertage	10
2.2	Niederschlag	10
2.3	Wasserhaushalt	12
2.3.1	Fließgewässer und Bodensee	12
2.3.2	Grundwasser	13
2.4	Ozon	15
2.5	Auswirkungen auf die Natur	17
2.5.1	Phänologie	17
2.5.2	Arealveränderung bei Insekten	18
2.5.3	Fließgewässerökologie	20
<b>3</b>	<b>ABBILDUNGEN</b>	<b>22</b>

# 1 Das Wichtigste in Kürze

Das Jahr 2021 war mit einer Jahresmitteltemperatur von 8,8 °C im Vergleich zu den warmen Vorjahren ein eher kühles Jahr in Baden-Württemberg, das aber dennoch 0,7 °C über dem Mittel des internationalen Referenzzeitraums von 1961 – 1990 lag. Mit 1805 Stunden im Landesmittel hat die Sonne 2021 in Baden-Württemberg vergleichsweise viel geschienen. Der September 2021 war mit über 223 Sonnenscheinstunden im Mittel der viertsonnenscheinreichste Septembermonat in Baden-Württemberg seit 1951.

Hitzeperioden oder Hitzerekorde blieben in 2021 aus. An rund 5 Tagen wurden in 2021 gemittelt über das Land 30 °C und mehr erreicht, was genau dem Mittel pro Jahr des Zeitraums 1961 – 1990 entspricht. Damit waren in 2021 halb so viel Heiße Tage zu verzeichnen wie im jüngsten Klimazeitraum 1992 – 2021. Die Anzahl der Sommertage liegt mit 38 im Jahr 2021 nur knapp über dem Mittel des internationalen Vergleichszeitraums 1961 – 1990 (31 Sommertagen pro Jahr) und etwas unter dem Landesmittel 1992 – 2021, in dem das Thermometer durchschnittlich an 45 Tagen pro Jahr 25 °C oder mehr erreichte.

Mit durchschnittlich 981 Millimeter Jahresniederschlag für Baden-Württemberg wurde 2021 zwar fast exakt der Durchschnittswert des Zeitraums 1961 – 1990 mit 980 Millimeter erreicht, jedoch war die Verteilung des Niederschlages innerhalb des Jahres sehr ungleichmäßig.

Die Monate Januar, Mai, Juni und Juli waren sehr viel nasser als im Mittel im Zeitraum 1961 – 1990, die übrigen Monate sehr viel trockener, insbesondere der September. Im Sommer (Juni, Juli, August) 2021 hat es besonders viel geregnet. Er steht damit auf Platz sieben der nassesten Sommer seit 1881 und war geprägt von einer Vielzahl an Starkregenereignissen mit teils dramatischen Folgen. Auf den nassen Sommer folgte ein überaus trockener Herbst (September, Oktober, November), der vergleichbar ist mit dem Herbst des trockenen Jahres 2018 und der sechstrockenste seit 1881 war.

Aufgrund der hohen Niederschläge Anfang des Jahres sowie im Sommer war 2021 durch eine ungewöhnlich hohe Anzahl an Hochwasserereignissen in Baden-Württemberg geprägt. Neben zwei großräumigen winterlichen Hoch-

wasserereignissen, wurden lokal wiederholt schnell ansteigende Hochwasserscheitel im Bereich von 20- bis 50-jährlichen und sogar über 100-jährlichen Ereignissen als Folge von extremen sommerlichen Starkregen registriert.

Nach den niedrigen Grundwasserverhältnissen der Jahre 2016 bis 2020, zählt 2021 zu den durchschnittlichen Jahren seit Bestehen des amtlichen Grundwasserstandmessnetzes im Jahr 1913. Vielerorts wurden in Baden-Württemberg vorübergehend deutliche Grundwasseranstiege durch eine verstärkte Grundwasserneubildung beobachtet.

Die Entwicklung der Pflanzen war 2021 geprägt durch einen milden Winter, einen kühl-trockenen April und einen sehr kühlen, aber nassen Mai. Die Apfelblüte begann 11 Tage früher als im Mittel des Referenzzeitraums 1961 – 1990; die Pflückreife zog sich jedoch bis Mitte August 2021. Der frühe Blühbeginn erhöht das Spätfrostisiko. Auch 2021 gab es wie bereits in den Vorjahren Spätfrostschäden und in der Folge Ertragseinbußen. Bei den Sonderkulturen sind damit bereits in vier der vergangenen fünf Jahre Frostschäden zu beklagen.

Der Klimawandel trägt zu einem lokalen Artenwechsel in den Nachtfaltergesellschaften bei, indem er die Ausbreitung wärmebedürftiger Arten begünstigt und zum Verschwinden kälteliebender Arten führt. Entscheidend für das regionale Aussterben bzw. die Ausbreitung von Nachtfaltern sind weniger klimatische Durchschnittswerte, sondern vielmehr extreme Wetterereignisse. Mit den Jahren 2019 und 2020 fand das Nachtfaltermonitoring in zwei klimatischen Ausnahmejahren statt, die überwiegend durch Trockenheit, Wärme und viel Sonnenschein geprägt waren. Die viel niedrigeren Temperaturen und teilweise hohen Niederschläge 2021 wirkten sich hingegen sehr ungünstig auf die Nachtfalteraktivität aus.

Seit Anfang der 1990er-Jahre sind die Ozonspitzenkonzentrationen zurückgegangen. In Jahren mit heißen, trockenen und strahlungsintensiven Sommern, wie 2003, 2015 sowie 2018 bis 2020 wurden jedoch erhöhte Ozonkonzentrationen festgestellt. Das Jahr 2021 mit seinem eher kühlen und nassen Sommer hat diesen Trend vorläufig beendet. Erstmals konnte der langfristige Zielwert 2021 großräumig eingehalten werden.

Die Wassertemperatur und der Abfluss haben entscheidenden Einfluss auf die Lebensgemeinschaften im Wasser. Die sommerlichen Wassertemperaturen von Rhein und

Neckar lagen 2021 deutlich unter denen der Vorjahre. Die Sauerstoffkonzentration im Neckar war unkritisch; es wurde nur kurzzeitig der Wert von 4 mg/l unterschritten.



## 2 Ergebnisse

### 2.1 Temperatur

#### 2.1.1 Jahresmitteltemperatur

**Kurz gesagt:**

- Mit einer Jahresmitteltemperatur von 8,8 °C war 2021 ein durchschnittlich warmes Jahr in Baden-Württemberg und liegt 0,7 °C über dem Wert des internationalen Vergleichszeitraums 1961 – 1990.
- Hinsichtlich der Temperaturen extrem waren der kalte April 2021, der mit 15 Frosttagen bislang der frostreichste Aprilmonat war und der Juni 2021, der mit 18,6 °C und damit 3,5 °C über dem Durchschnitt von 1961 – 1991 der drittwärmste in Baden-Württemberg war.

2021 war mit einer Jahresmitteltemperatur von 8,8 °C gemittelt über die Fläche Baden-Württembergs ein durchschnittlich warmes Jahr (vgl. Abbildung 2.1). Es liegt damit 0,7 °C über dem Wert des internationalen Vergleichszeitraums 1961 – 1990 mit 8,1 °C und 0,4 °C unter dem Durchschnittswert von 1992 – 2021 mit 9,2 °C.

Vom Mittel deutlich abgewichen sind hingegen der April und Juni 2021. Mit 15 Frosttagen, also Tagen, an denen die Minimumtemperatur unterhalb des Gefrierpunkts von 0 °C bleibt, gilt der April 2021 bislang als der frostreichste Aprilmonat in Baden-Württemberg seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Dem gegenüber steht der Juni 2021, der mit einer Mitteltemperatur von 18,6 °C der dritt-

wärmste in Baden-Württemberg war. Er liegt damit 3,5 °C über dem Durchschnitt von 1961 – 1991.

Seit mehr als 140 Jahren unterliegt die Jahresmitteltemperatur in Baden-Württemberg trotz jährlicher Schwankungen einer kontinuierlichen Zunahme. Bis Ende 2021 ist sie um über 1,5 °C angestiegen. Seit der Jahrtausendwende ist das Temperaturniveau besonders hoch. Fast in jedem Jahr ab 2000 werden die bisherigen Temperaturrekorde in Folge gebrochen. So zählen 17 Jahre aus diesem Zeitraum zu den 20 wärmsten Jahren seit Beginn der Aufzeichnungen, die alle eine Jahresmitteltemperatur von über 9 °C aufweisen. Drei Jahre, nämlich 2014, 2020 und 2018 erreichten sogar durchschnittliche Temperaturen von über 10 °C.

Im Vergleich zum aktuellen Klimazeitraum 1992 – 2021 liegt die Mitteltemperatur um 1,1 °C höher als im internationalen Vergleichszeitraum 1961 – 1990 mit 8,1 °C. Dies ist ein deutlicher Anstieg des 30-jährigen Mittels in sehr kurzer Zeit.

#### 2.1.2 Sonnenscheindauer

**Kurz gesagt:**

- Mit 1805 Stunden im Landesmittel hat die Sonne 2021 in Baden-Württemberg überdurchschnittlich viel geschienen.
- Der September 2021 war mit über 223 Sonnenscheinstunden im Mittel der viertsonnenscheinreichste Septembermonat in Baden-Württemberg seit 1951.

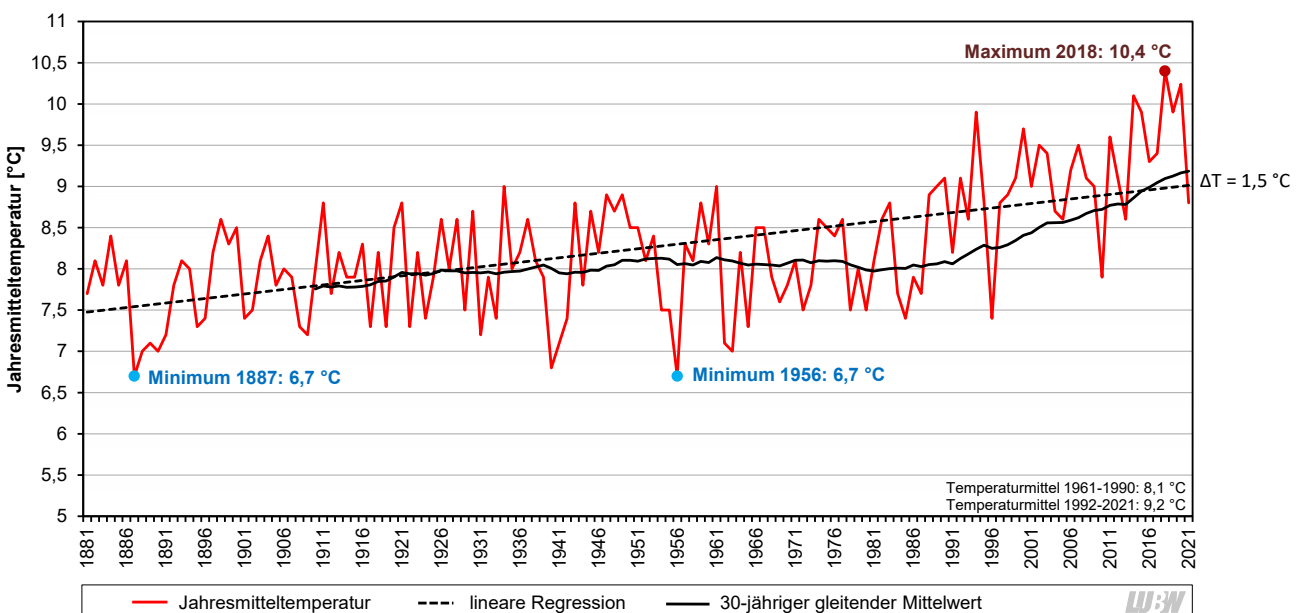


Abbildung 2.1: Jahresmitteltemperatur seit 1881 in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.



Die Sonne schien in Baden-Württemberg 2021 mit 1805 Sonnenscheinstunden vergleichsweise oft. Es wurden fast 200 Sonnenscheinstunden mehr erreicht als im internationalen Vergleichszeitraum 1961 – 1990, in dem es durchschnittlich im Land 1607 Sonnenscheinstunden pro Jahr gab. 2021 erreicht damit Platz 16 der sonnenscheinreichsten Jahre in Baden-Württemberg seit den Messungen 1951 (vgl. Abbildung 2.2).

Besonders im September wurden mit über 223 sehr viele Sonnenscheinstunden im Landesmittel erreicht. Er ist bislang der viertsonnenscheinreichste Septembermonat seit 1951.

Außergewöhnlich hoch waren auch die Sonnenscheinstunden in den Herbstmonaten September, Oktober und November (427 Sonnenscheinstunden). Der Herbst 2021 liegt damit auf Rang sechs der sonnigsten Herbstmonate seit 1951.

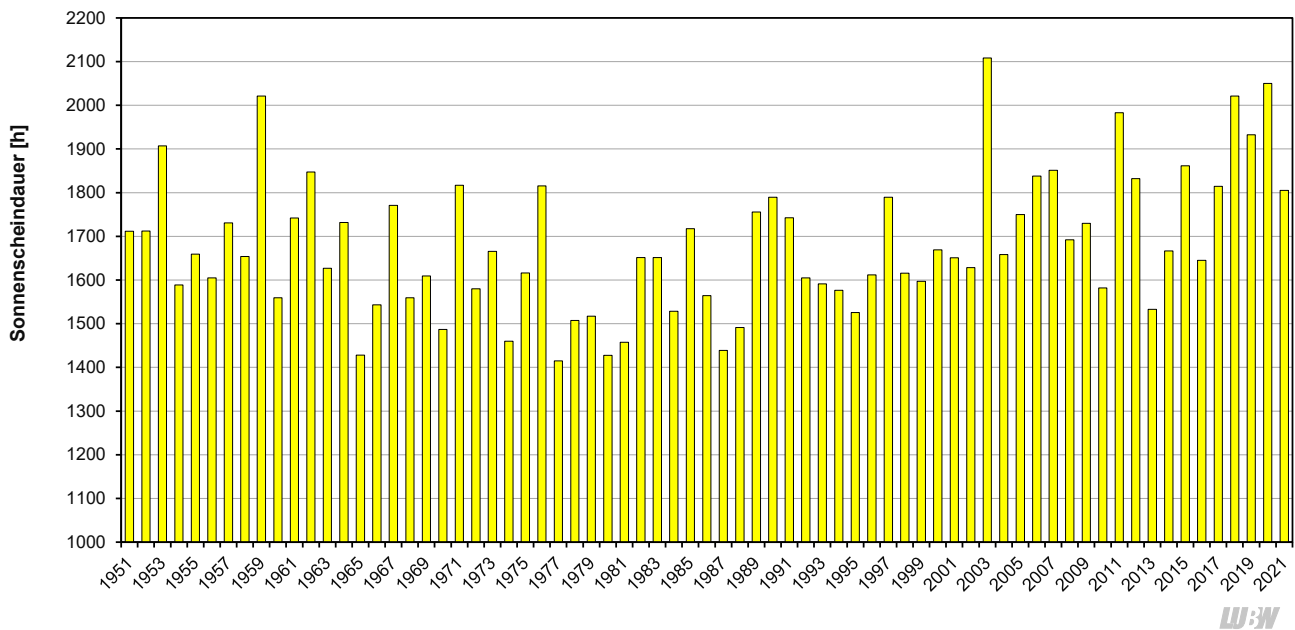


Abbildung 2.2: Sonnenscheinstunden in Baden-Württemberg (Flächenmittel pro Jahr seit 1951). Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

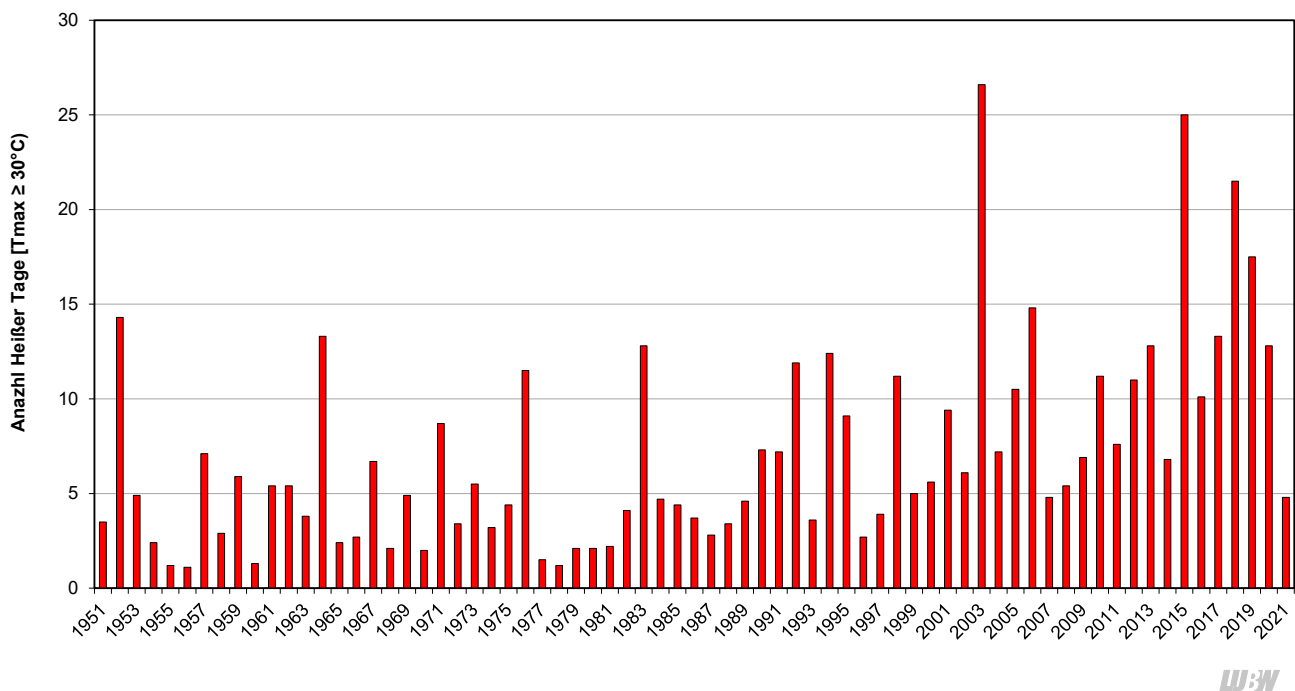


Abbildung 2.3: Anzahl Heißer Tage in Baden-Württemberg (Flächenmittel pro Jahr seit 1951). Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

### 2.1.3 Heiße Tage und Sommertage

#### Kurz gesagt:

- 2021 war kein heißes Jahr. Gemittelt über das Land wurden an 5 Tagen 30 °C oder mehr erreicht, was dem Mittelwert pro Jahr für den Zeitraum 1961 – 1990 entspricht.
- Mit 38 Sommertagen liegt 2021 nur knapp über dem Durchschnitt für den Zeitraum 1961 – 1990 mit 31 Sommertagen pro Jahr und etwas unter dem Mittel der Jahre 1992 bis 2021 mit 45 Sommertagen.

2021 war auch hinsichtlich der Anzahl an Sommer- und Heißen Tagen ein durchschnittliches Jahr. Hitzeperioden oder Hitzerekorde blieben aus. So wurden in 2021 gemittelt über das ganze Land an 5 Tagen 30 °C oder mehr erreicht, was dem Durchschnitt pro Jahr des Zeitraums 1961 – 1990 entspricht. Damit waren in 2021 die Hälfte an Heißen Tagen zu verzeichnen wie im jüngsten Klimazeitraum 1992 – 2021, in dem die Temperatur an durchschnittlich 10 Tagen pro Jahr 30 °C oder mehr erreichte. Bislang bleibt der Jahrhundertssummer 2003 mit 27 Heißen Tage der Spitzenreiter in Baden-Württemberg (vgl. Abbildung 2.3).

Die Anzahl der Sommertage liegt mit 38 im Jahr 2021 nur knapp über dem Mittel des internationalen Vergleichszeitraums 1961 – 1990 (31 Sommertage pro Jahr) und etwas unter dem Landesmittel 1992 – 2021, in dem das Thermometer durchschnittlich an 45 Tagen pro Jahr 25 °C oder mehr erreichte.

Die meisten Sommertage in Baden-Württemberg gab es bisher in den Jahren 2003 und 2018, die sich mit knapp 80 Sommertagen den ersten Platz teilen (vgl. Abbildung 2.4).

Mit Blick auf die langfristige, klimatische Entwicklung zeigt sich ähnlich wie bei der Jahresmitteltemperatur auch hinsichtlich der Anzahl Heißen Tage und Sommertage ein deutlicher Anstieg in Baden-Württemberg (vgl. Abbildung 2.3 und 2.4). Die Heißen Tage haben sich in den letzten 30 Jahren (1992 – 2021) im Vergleich zum internationalen Vergleichszeitraum (1961 – 1990) von knapp 5 auf über 10 Tage durchschnittlich pro Jahr mehr als verdoppelt. Auch die Sommertage sind deutlich von 31 auf über 45 Tage im Mittel pro Jahr angestiegen.

## 2.2 Niederschlag

#### Kurz gesagt:

- 2021 war hinsichtlich der Niederschläge sehr gegensätzlich: Die Monate Januar, Mai, Juni und Juli waren sehr viel nasser als im Mittel im Zeitraum 1961 – 1990, die übrigen Monate sehr viel trockener, insbesondere der September.
- Im Sommer (Juni, Juli, August) 2021 hat es besonders viel geregnet (7. nassester seit 1881). Er war geprägt von einer Vielzahl an Starkregenereignissen mit teils dramatischen Folgen.

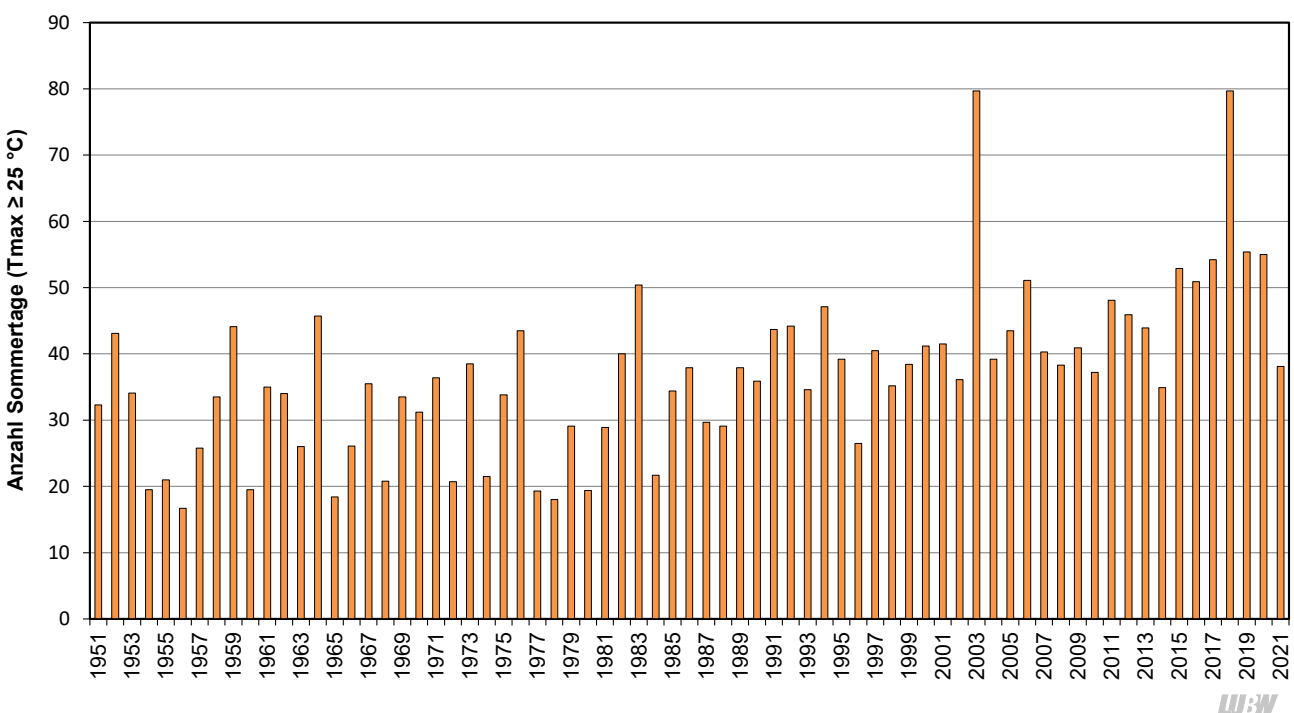


Abbildung 2.4: Anzahl Sommertage in Baden-Württemberg (Flächenmittel pro Jahr seit 1951). Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

Mit durchschnittlich 981 Millimeter Jahresniederschlag für Baden-Württemberg wurde 2021 zwar fast exakt der Durchschnittswert des Zeitraums 1961 – 1990 mit 980 Millimeter erreicht, jedoch war die Verteilung des Niederschlages innerhalb des Jahres sehr unterschiedlich.

Das Jahr startete im Januar mit über 54 % mehr Niederschlag als im Zeitraum 1961 – 1990 (vgl. Abbildung 2.5). Danach blieb es jedoch bis Mai erst einmal überdurchschnittlich trocken. Im April wurden mit knapp Minus 60 % sogar fast die Defizite des Trockenjahres 2018 (-63 %) im Vergleich zu den Niederschlagssummen 1961 – 1990 erreicht.

In den Sommermonaten Juni und Juli regnete es hingegen enorm. Der Juni 2021 zählt gar zu den zehn regenreichsten in Baden-Württemberg, obwohl er gleichzeitig mit 18,6 °C der drittwärmste in Baden-Württemberg war und zu den sehr sonnigen Juni Monaten gehört. Der Juli 2021 war nicht minder regenreich und brachte 58 % mehr Niederschlag mit sich als im internationalen Vergleichszeitraum 1961 – 1990.

Zusammengenommen ist in diesen beiden Monaten mit 304 Millimetern Niederschlag fast ein Drittel des gesamten Jahresniederschlages gefallen. Entsprechend findet sich der Sommer (Juni, Juli, August) 2021 mit einer Niederschlagssumme von 390 Millimetern und einem Plus von knapp 98 Millimetern bzw. 34 % im Vergleich zu 1961 – 1990 auf Platz sieben der nassesten Sommer seit Beginn der Auf-

zeichnung 1881. Diese großen Niederschlagssummen fielen in 2021 zu Teilen in extremen Starkregenereignissen mit punktuell über 100 mm in wenigen Stunden (siehe auch Abschnitt 2.3.1 Fließgewässer und Bodensee). So verzeichnete die Niederschlagsmessstation Rot an der Rot-Buch (Landkreis Biberach) in der Nacht vom 6. auf den 7. Juni 65 mm Niederschlag innerhalb von 6 Stunden. Dies entspricht nach KOSTRA DWD einem 30 – 50-jährlichen Ereignis. An der Station Bad Saulgau (Landkreis Sigmaringen) fielen am 23. Juni knapp 100 mm Niederschlag innerhalb von 2 Stunden. An der Station Reutlingen fielen am 28. Juni knapp 60 mm Niederschlag innerhalb von 6 h. Mitte Juli wurden an der Station Malsburg-Marzell (Landkreis Lörrach) 172 mm in 72 Stunden gemessen, was einem etwa 50-jährlichen Ereignis entspricht. Diese Ereignisse stehen stellvertretend für eine Vielzahl weiterer Ereignisse. Auswertungen von Radarniederschlagsdaten zeigen abseits der Niederschlagsstationen noch höhere Summen.

Der Herbst 2021 begann hingegen erneut mit einem sehr trockenen September, der mit einer Niederschlagssumme von lediglich 31 Millimetern und damit einem Minus von 39 Millimetern bzw. 55 % relativ zu 1961 – 1990 zu den zehn trockensten Septembermonaten zählt. Auch der Oktober und November 2021 brachten kaum Regen mit sich, so dass der Herbst (September, Oktober, November) 2021 insgesamt der sechstrockenste seit Beginn der Aufzeichnung war. Im Dezember fiel hingegen fast durchschnittlich viel Niederschlag.

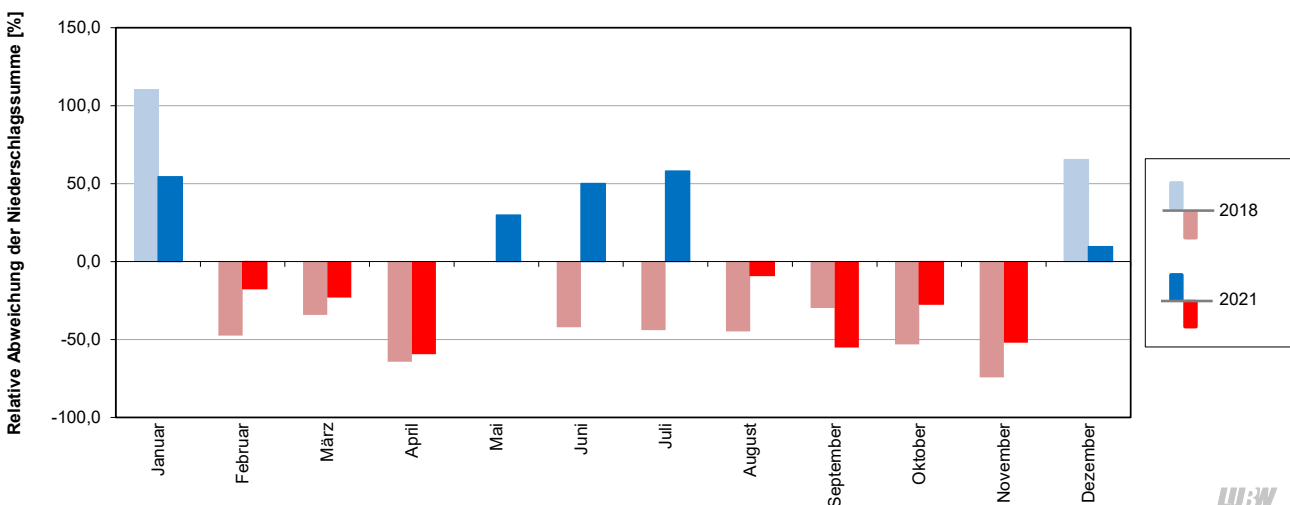


Abbildung 2.5: Relative Abweichung der monatlichen Niederschlagssummen für die Jahre 2018 (jeweils linker Balken) und 2021 (jeweils rechter Balken) vom Mittel 1961 – 1990 in Prozent. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

## 2.3 Wasserhaushalt

### 2.3.1 Fließgewässer und Bodensee

#### Kurz gesagt:

- Das Jahr 2021 war durch eine ungewöhnlich hohe Anzahl an Hochwasserereignissen in Baden-Württemberg geprägt.
- Neben zwei großräumigen winterlichen Hochwasserereignissen, wurden lokal wiederholt schnell ansteigende Hochwasserscheitel im Bereich von 20- bis 50-jährlichen und sogar über 100-jährlichen Ereignissen als Folge von extremen sommerlichen Starkregen registriert.

Bis auf den regenreichen Januar waren der Winter 2020/2021 sowie die Monate März und April von einem Niederschlagsdefizit geprägt. Außergewöhnlich waren zudem der Schneereichtum zu Jahresbeginn mit überdurchschnittlichen Schneemengen im Nord- und Südschwarzwald, aber auch in den Alpen. Laut dem Deutschen Wetterdienst war zudem der April mit im Mittel 15 Frosttagen der frostreichste April in Baden-Württemberg seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Die Monatsmitteltemperatur lag mit 6,2 °C 1,2 °C unter der durchschnittlichen Apriltemperatur von 7,4 °C im Zeitraum 1961 bis 1990. Diese meteorologischen

Verhältnisse spiegeln sich im Abflussverhalten der baden-württembergischen Gewässer wider. Waren in den ersten Wintermonaten mit Ausnahme des Bodensees noch unterdurchschnittliche Wassermengen zu verzeichnen, so führte ergiebiger Regen in Verbindung mit starkem Tauwetter zu steigenden Pegelständen Ende Januar. An zahlreichen Gewässern, insbesondere im Süden des Landes, bildeten sich Hochwasser im Bereich von 2- bis 10-jährlichen Ereignissen aus, an einzelnen Pegeln auch darüber. So führte der Pegel Gerbertshaus – Schussen ein etwa 50-jährliches Ereignis. Eine Woche später, Anfang Februar kam es infolge weiterer Regenfälle und wiedereinsetzendem Tauwetter in den Hochlagen des Schwarzwalds, des Odenwalds und in Oberschwaben zu einem erneuten Anstieg der Wasserstände. Ähnlich wie schon beim Hochwasser der Vorwoche lag der Schwerpunkt im Süden des Landes und erreichte Werte im Bereich von 2- bis 10-jährlichen Hochwasserereignissen. Am Pegel Maxau (Rhein) lag der Scheitelwert etwas über einem 5-jährlichem Ereignis.

Am Bodensee liegen im Februar normalerweise weite Uferbereiche trocken. Aufgrund hoher Zuflussmengen durch Niederschlag und Schmelzwasser Ende Januar und

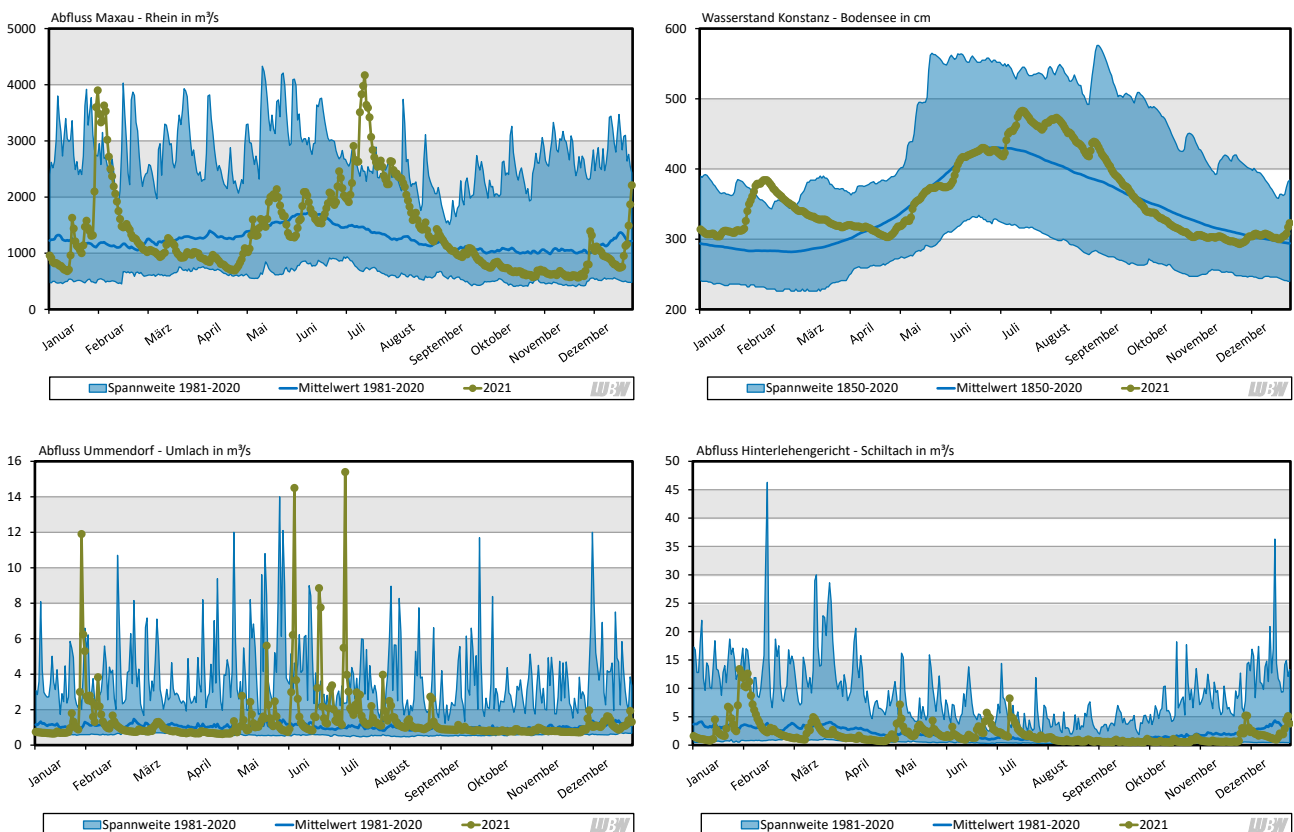


Abbildung 2.6: Tagesmittelwerte des Abflusses bzw. des Wasserstandes für das Jahr 2021 (grüne Linie, ungeprüfte Rohdaten) an den Pegeln Maxau – Rhein, Konstanz – Bodensee, Ummendorf – Umlach und Hinterlehengericht – Schiltach. Die blaue Linie zeigt den Mittelwert für den jeweiligen Tag im Analysezeitraum (Maxau, Ummendorf und Hinterlehengericht ab 1981, Konstanz ab 1850). Die Spannweite gibt den minimalen/maximalen Messwert im Analysezeitraum an.

Anfang Februar aus dem überwiegend alpinen Einzugsgebiet wurde für diese Jahreszeit ein Rekordwasserstand über 384 cm am Pegel Konstanz verzeichnet (siehe Abbildung 2.6). Dieser befindet sich jedoch noch unterhalb des durchschnittlichen jährlichen Maximums von 430 cm im Juli (Mittelwert 1850 – 2020), aber war seit dem Auswertebeginn im Jahr 1850 der höchste Bodenseewasserstand im Monat Februar. Das Niederschlagsdefizit in den nachfolgenden Wochen des Februars, März und Aprils bewirkte sinkende Seewasserstände. An den Pegeln von Rhein, Neckar und Donau wurden für diese Jahreszeit unterdurchschnittliche Wassermengen verzeichnet. Am Bodensee ist neben den geringen Niederschlagsmengen zusätzlich die Auswirkung des kalten Aprils ersichtlich. Dieser hatte eine Verzögerung der Schneeschmelze in den Alpen zur Folge, so dass der übliche Anstieg des Seewasserstands im (sonst wärmeren) April ausblieb.

Waren die Sommer der vergangenen Jahre von Hitze und teilweise Trockenheit geprägt, so zeigte sich der Sommer 2021 in einem ganz anderen Licht. In den Monaten Juni, Juli und August fielen landesweit 390 mm Niederschlag und damit 40 % mehr als im Zeitraum 1991 – 2020 im Durchschnitt dieser Monate beobachtet wurde. Lokal wurden bei extremen Starkregenereignissen im Land 100 Millimeter in wenigen Stunden gemessen. Die Folgen blieben auch in Baden-Württemberg nicht aus: An mehreren Kennwertpegeln des Landes stiegen die Hochwasserscheitel innerhalb kürzester Zeit im Bereich von 20- bis 50-jährlichen, teilweise 100-jährlichen Ereignissen und darüber. Bäche traten über die Ufer, wurden zu reißenden Flüssen und führten zu gravierenden Schäden innerhalb der betroffenen Gemeinden. Allein am Pegel Ummendorf – Umlach traten im Juni zwei mindestens 100-jährliche Ereignisse auf: Am 08.06.2021 mit einer Abflussspitze von 25 Kubikmeter pro Sekunde und am 23.06.2021 mit einer Abflussspitze von 30 Kubikmetern pro Sekunde. Aufgrund extrem heftiger Niederschläge haben sich im Zeitraum von Dienstag, den 13. Juli bis Sonntag, den 18. Juli nicht nur in Rheinland-Pfalz und Nordrhein-Westfalen, sondern auch in Baden-Württemberg Hochwasser ausgebildet, wenn auch im weitaus weniger dramatischen Umfang als in den vorgenannten Bundesländern. Im Stühlinger Ortsteil Grimmelshofen (Kreis Waldshut) ließ der Starkregen den Mühlbach so stark anschwellen, dass er über die B 314 ins Dorf floss (Badische Zeitung, 16.7., siehe Abbildung 2.7). Im Kreis



Abbildung 2.7: Die Sturzflut im Stühlinger Ortsteil Grimmelshofen mit Wasser- und Schlammmassen auf der Straße (Bild: Hardy Maier).

Lörrach waren besonderes die Gemeinden Lörrach, Inzlingen und Grenzach-Wyhlen betroffen. Zahlreiche Keller und Straßen waren überflutet. Auch in der Bodenseeregion, dem Landkreis Ravensburg (Südwest Presse, 17.7.) sowie im Kraichgau (BNN, 16.7.) kam es zu starkregenbedingten Überschwemmungen. Während der Bodensee in den Bereich eines 2-jährlichen Hochwassers anstieg und sich damit der Hochwassermarken von 480 Zentimetern näherte, entwickelte sich im Oberrhein ein rund 10- bis 15-jährliches Hochwasser (siehe Abbildung 2.6).

Im Vergleich zum Sommer war der Herbst 2021 hingegen zu trocken. Die Monate September, Oktober und November waren relativ zu den Jahren 1991 bis 2020 etwa 50 % trockener. In der Folge befanden sich zwischenzeitlich 40 % der Kennwertpegel im Land im Niedrigwasserbereich, so auch der Pegel Maxau. Der durchschnittlich regenreiche Dezember führte zu einer Entspannung der Niedrigwassersituation.

### 2.3.2 Grundwasser

#### Kurz gesagt:

- Nach den niedrigen Grundwasserverhältnissen der Jahre 2016 bis 2020, zählt 2021 zu den durchschnittlichen Jahren seit Bestehen des amtlichen Grundwasserstandmessnetzes im Jahr 1913.
- Vielerorts wurden in Baden-Württemberg vorübergehend deutliche Grundwasseranstiege infolge von Grundwasserneubildung beobachtet.

Das Jahr 2021 war in Baden-Württemberg durchschnittlich niederschlagsreich, wobei starke innerjährliche Schwankungen tonangebend waren. Dementsprechend zählt 2021 im vieljährigen Vergleich insgesamt zu den Zeiträumen mit durchschnittlichen Grundwasserständen und Quellschüttungen.



Nach der ausgeprägten Trockenheit im zweiten Halbjahr 2020 konnte der überdurchschnittlich nasse Jahresbeginn den Neubildungsprozess zu einem sehr späten Zeitpunkt im hydrologisch Winterhalbjahr (November-April) anstoßen. Kurzfristig sind dadurch die Grundwasserstände und Quellschüttungen in allen Landesteilen anstiegen; vielerorts auf ein hohes Niveau. Aus grundwasserhydrologischer Hinsicht bahnte sich bis Mitte März 2021 damit eine günstige Ausgangssituation für das bevorstehende Sommerhalbjahr an.

Im weiteren Jahresverlauf beendete jedoch der sehr trockene April 2021 die erste Grundwasserneubildungsperiode des Jahres. Infolge der Niederschlagsdefizite führte ein unerwartet früher Rückgang der Grundwasserstände und Quellschüttungen zu Wasserständen bis in den unteren Normalbereich und bereichsweise darunter (vgl.

Abbildung 2.8). Insbesondere die tiefen Grundwasservorkommen im Bereich der Schwäbischen Alb, die sich im ersten Quartal erholt hatten, kehrten zurück auf ein niedriges Niveau. Die überdurchschnittlichen Niederschläge der Monate Mai, Juni und Juli haben zur Stützung der Grundwasservorräte beigetragen, einerseits durch verzögerte Bodenwasserspeicherentleerung und Versickerung, andererseits durch erhöhte Infiltration aus oberirdischen Gewässern.

Wie im hydrologischen Sommerhalbjahr (Mai – Oktober) üblich, hat jedoch nur ein Teil der Niederschläge in den drei sehr nassen Monaten Mai, Juni und Juli zur Grundwasserneubildung beigetragen (vgl. Abbildung 2.8). Dennoch wurden dadurch die sonst üblichen saisonalen Rückgänge begrenzt und der Bodenwasserspeicher vor einer Tiefenentleerung im weiteren Jahresverlauf bewahrt.

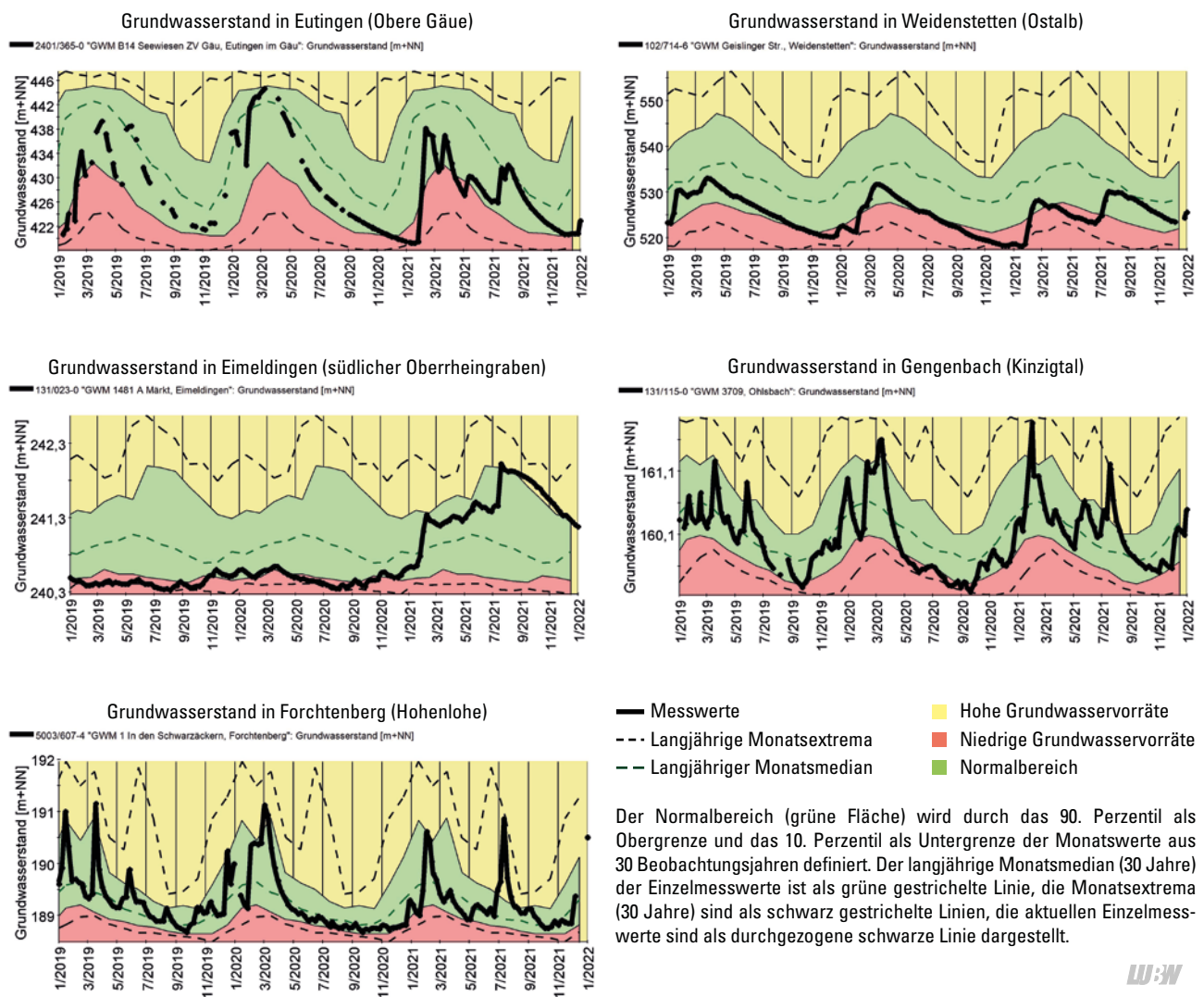


Abbildung 2.8: Jahresgang 2019/2021 verschiedener Grundwasserstände vor langjährigem Hintergrund. Datenquelle: LUBW.

Besonders ausgeprägt war die Erholung der Grundwasservorräte im südlichen Oberrheingraben und in Oberschwaben. Am wägbaren Lysimeter Büchig bei Karlsruhe hatten die überdurchschnittlichen Sommerniederschläge hingegen keine unmittelbare Grundwasserneubildung zur Folge, sondern verhinderten in erster Linie den Rückgang der Bodenfeuchte.

Durch die teils ergiebigen Sommerniederschläge konnte jedoch der Grundwasserneubildungsprozess im weiteren Jahresverlauf trotz der sehr trockenen Monate September, Oktober und November mit den durchschnittlichen Dezemberniederschlägen wieder angeregt werden.

## 2.4 Ozon

### Kurz gesagt:

- Die Ozonspitzenkonzentration geht seit Anfang der 1990er-Jahre zurück.
- Im Jahr 2021 lagen die Ozonkonzentrationen auf einem niedrigen Niveau.
- Die mäßig warmen und zum Teil regenreichen Sommermonate führten erstmals zu einer Einhaltung des langfristigen Zielwertes an allen Stationen im städtischen Hintergrund.

- In Jahren mit heißen, trockenen und strahlungsintensiven Sommern, wie 2003, 2015, und 2018 bis 2020 sind die Ozonkonzentrationen erhöht.

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 (vgl. Abbildung 2.9 und 2.10). Ursache sind die rückläufigen Konzentrationen der Ozonvorläufersubstanzen Stickstoffdioxid, flüchtige organische Verbindungen ohne Methan (non-methane volatile organic compounds, NMVOC), Methan und Kohlenmonoxid. Potential für erhöhte Ozonkonzentrationen haben jedoch weiterhin heiße, trockene und strahlungsintensive Sommer wie die Sommer der Jahre 2003, 2015 und 2018 bis 2020. Stabile Hochdruckwetterlagen 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 den Nadelbäumen bei hohen Temperaturen emittiert werden.

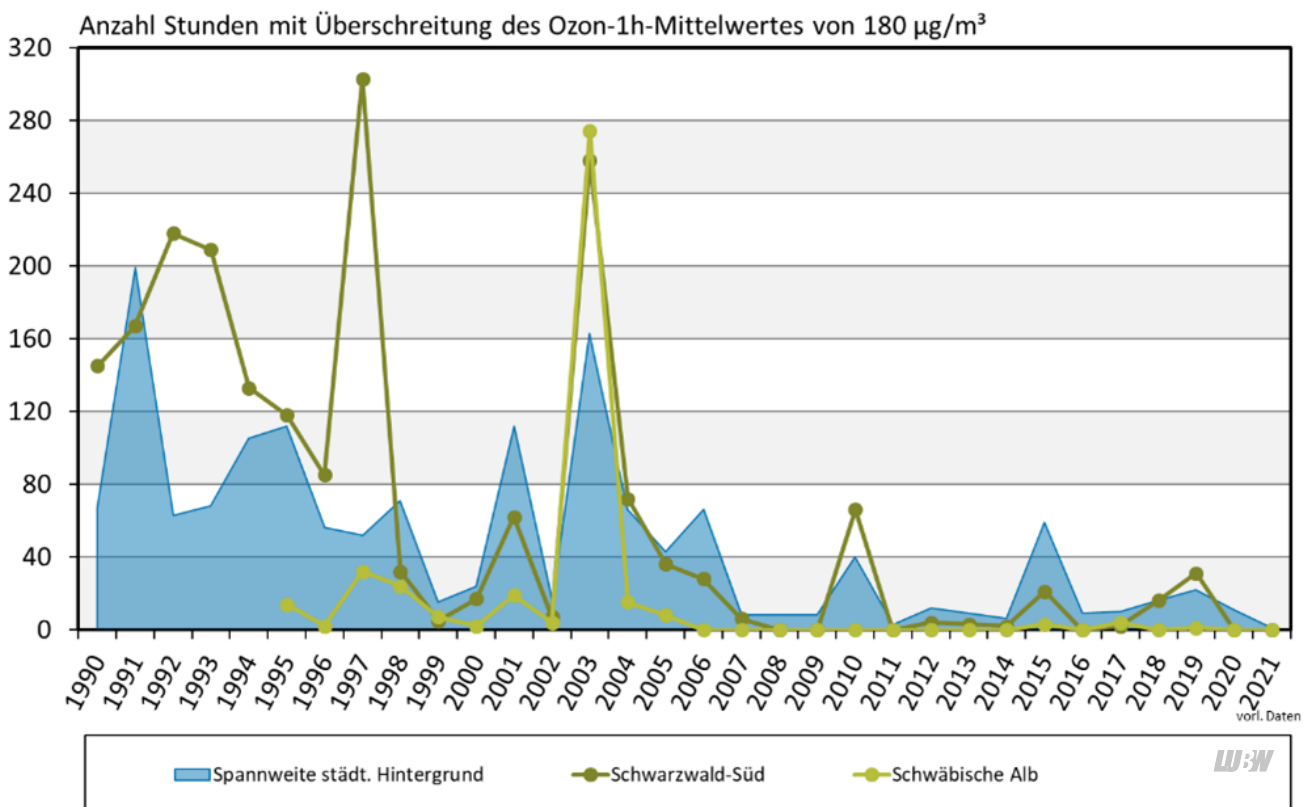


Abbildung 2.9: Anzahl der Stunden mit Überschreitung des Ozon 1-Stundenmittelwertes von 180 µg/m³ (Informationsschwelle) in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW.



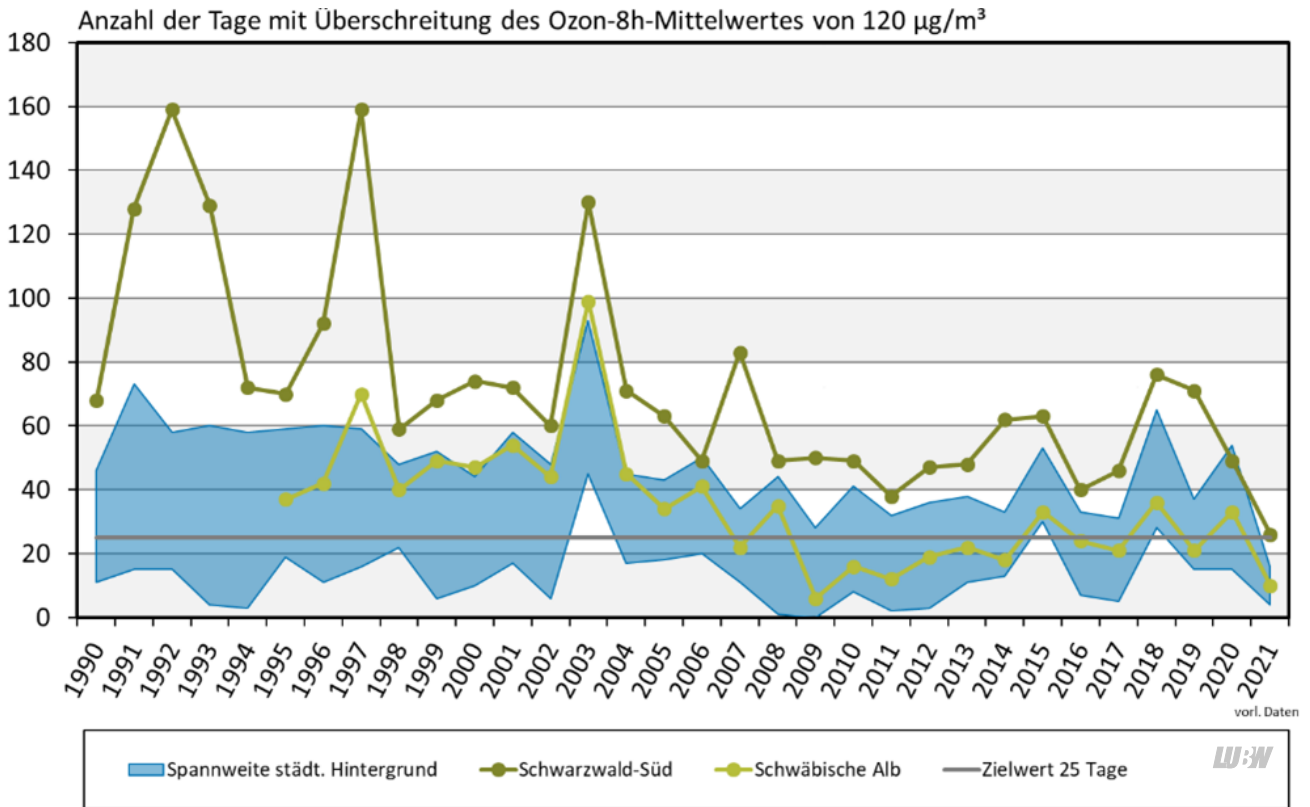


Abbildung 2.10: Anzahl der Tage mit Überschreitung des Ozon 8-Stundenmittelwertes von 120 µg/m<sup>3</sup> in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW.

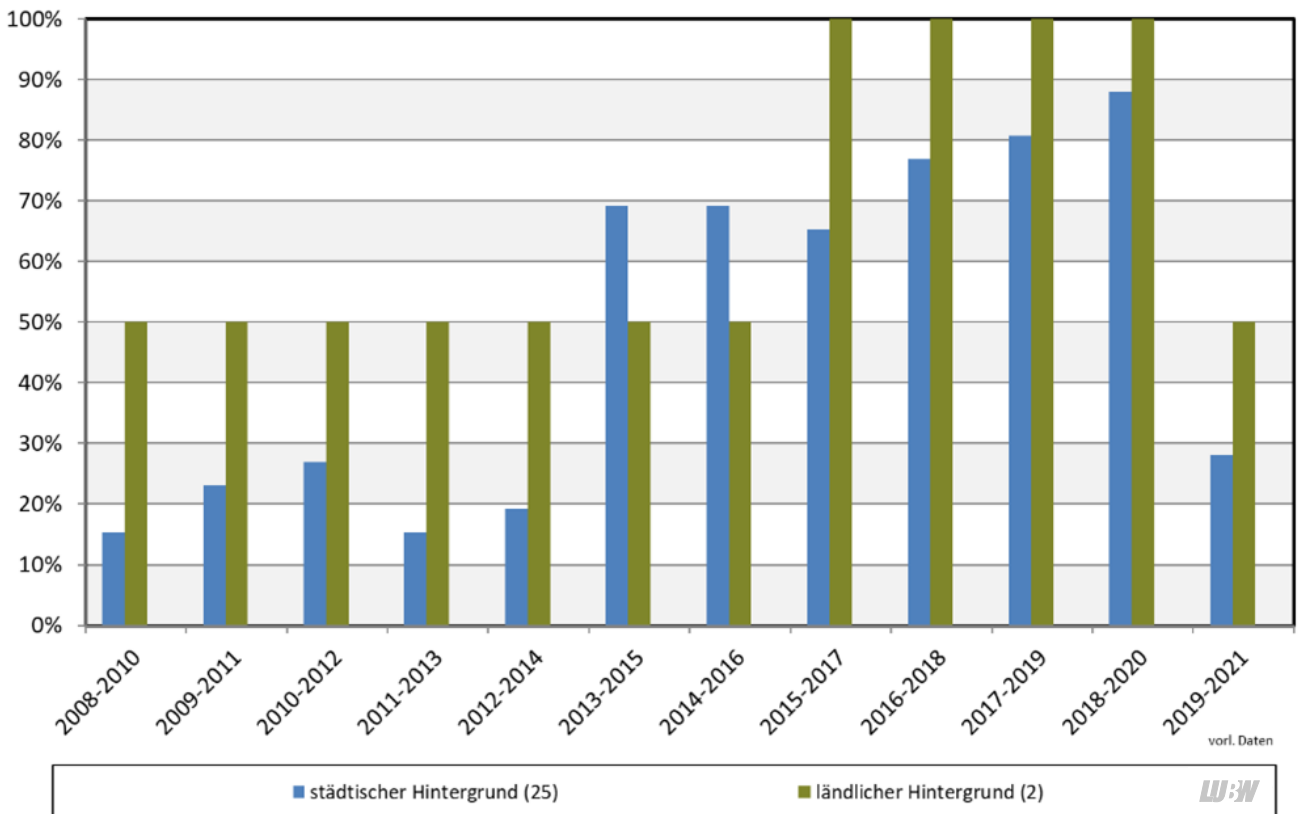


Abbildung 2.11: Prozentualer Anteil der Messstationen in Baden-Württemberg mit Überschreitung des Zielwertes von 120 µg/m<sup>3</sup> Ozon im 8-Stundenmittel (gemittelt über 3 Jahre). Datenquelle: LUBW.

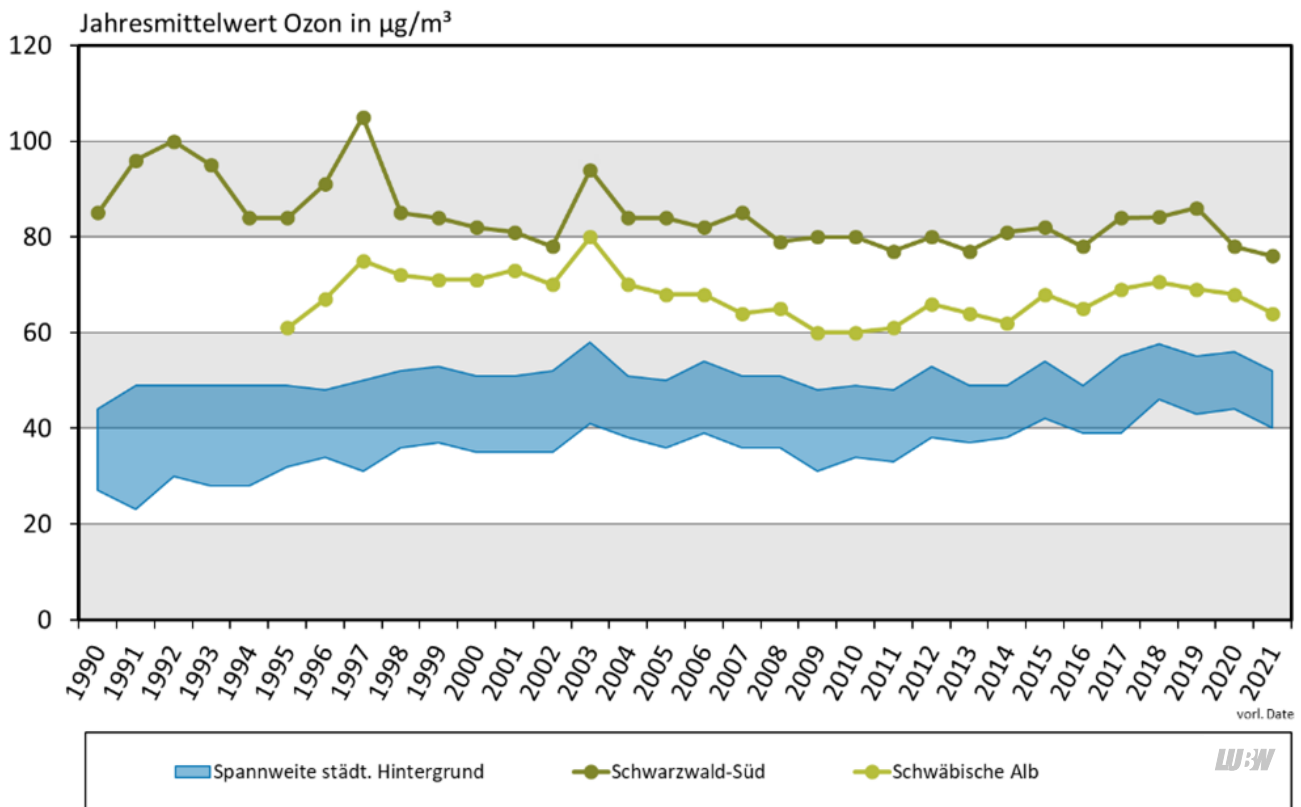


Abbildung 2.12: Entwicklung der Jahresmittelwerte für Ozon in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW.

Im Sommer 2021 blieben Hitzerekorde oder Hitzeperioden aus und in den Monaten Juni und Juli war überdurchschnittlich viel Niederschlag zu verzeichnen. Dies schlug sich unmittelbar auf die Ozonkonzentrationen nieder. Es wurden keine Ozon-Spitzenkonzentrationen erreicht und der Zielwert zum Schutz der Gesundheit von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages an mehr als 25 Tagen) wurde im städtischen Hintergrund erstmals flächendeckend eingehalten. Auch bei der Beurteilung des Zielwertes für einen 3-Jahreszeitraum ist nach den letzten sechs Mittelungszeiträumen erstmals wieder eine fallende Tendenz zu verzeichnen (vgl. Abbildung 2.11). Die Jahresmittelwerte der Ozonkonzentrationen, die seit einigen Jahren wieder anstiegen, zeigen ebenfalls für das Jahr 2021 rückläufige Konzentrationen (vgl. Abbildung 2.12).

## 2.5 Auswirkungen auf die Natur

### 2.5.1 Phänologie

#### Kurz gesagt:

- Die Entwicklung der Pflanzen war 2021 geprägt durch einen milden Winter, einen sehr frostreichen und trockenen April sowie einen kühl-nassen Mai.
- Die Apfelblüte begann 11 Tage früher als im Mittel des Referenzzeitraums 1961 – 1990; die Pflückreife zog sich jedoch bis Mitte August.

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 Fruchtreife 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.

Die Apfelblüte setzte 2021 im landesweiten Mittel am 22.04. ein und damit um 11 Tage früher als im Vergleichszeitraum 1961 – 1990 (vgl. Abbildung 2.14). Gründe für die frühe Entwicklung sind ein sehr milder Winter und die hohen Temperaturen im Februar und März (vgl. Abbildung 2.13). Die weitere Entwicklung wurde durch einen sehr frostreichen und trockenen April sowie kühl-nassen Mai verzögert. Mit im Mittel 15 Frosttagen war der April sogar der frostreichste in Baden-Württemberg seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Die Pflückreife zog sich entsprechend bis fast in die Mitte des August 2021 hin.

Nicht nur bei den Äpfeln zeigte sich ein frühes Aufblühen, sondern auch bei den Süßkirschen und verschiedenen Wildpflanzen, wie dem schwarzen Holunder. Der

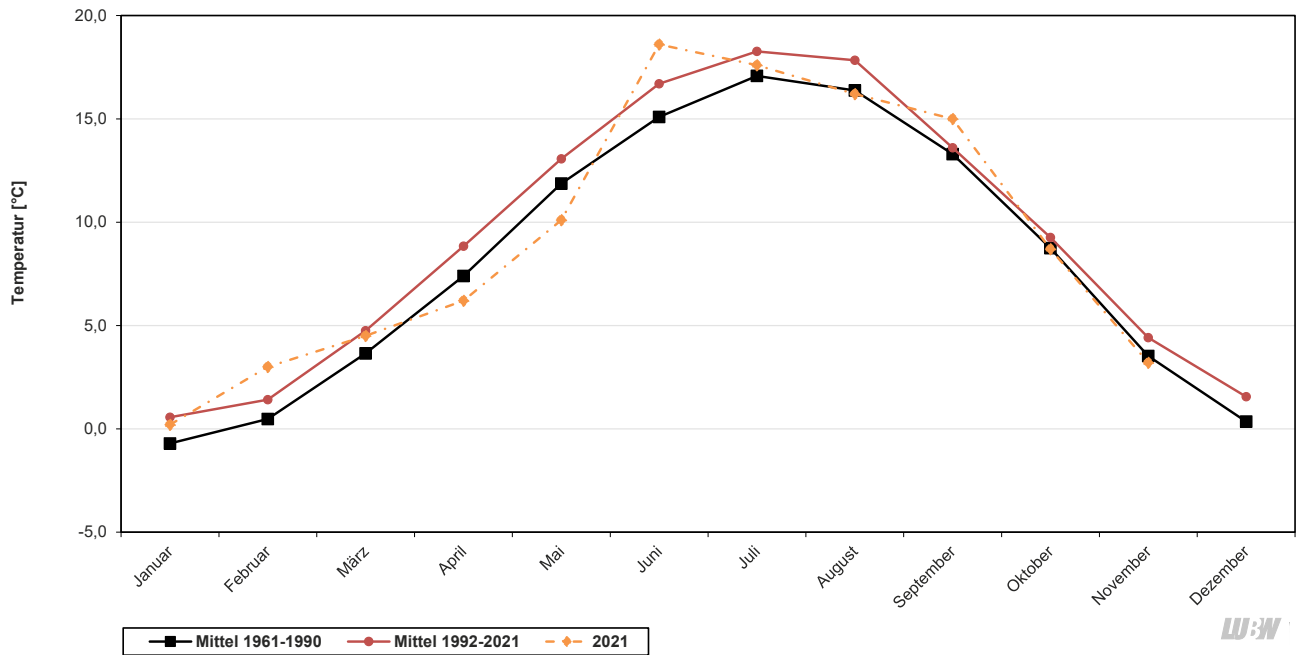


Abbildung 2.13: Mittlere Monatstemperaturen in Baden-Württemberg. Monatsmittel 1961 – 1990 und 1992 – 2021 im Vergleich zum aktuellen Jahr 2021. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

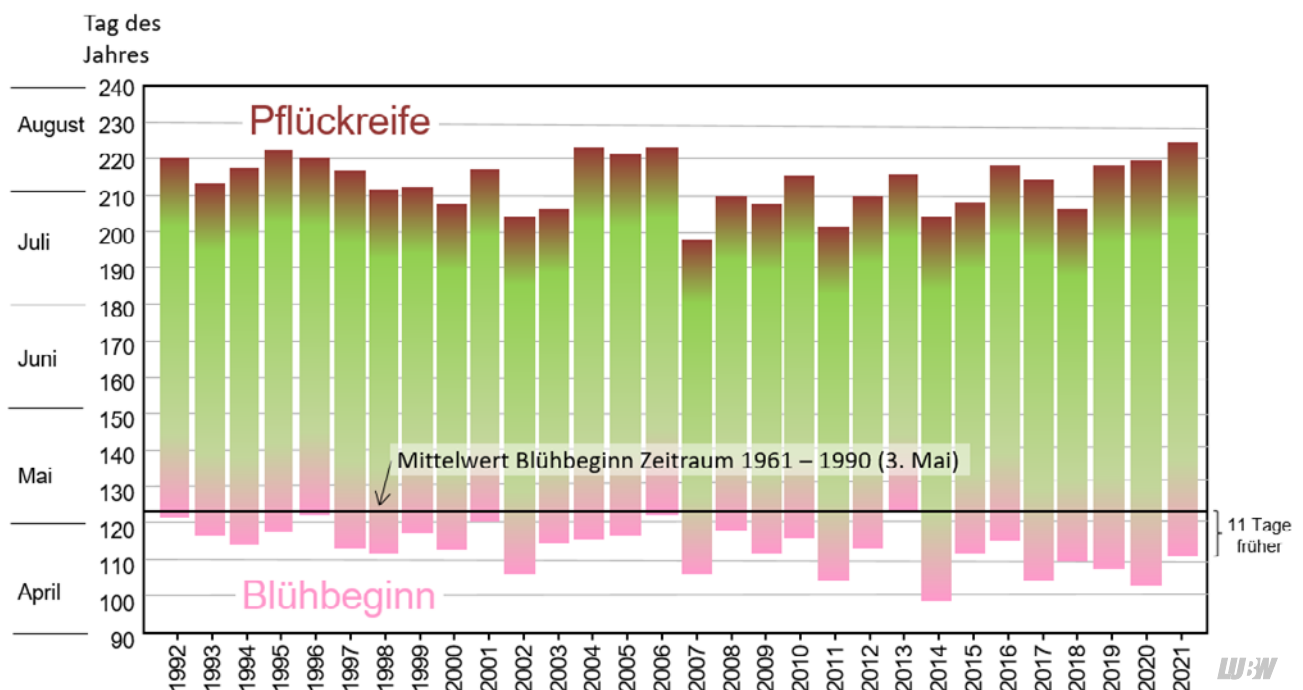


Abbildung 2.14: Mittlerer Beginn der Apfelblüte bis zur Pflückreife vorwiegend frühblühender Apfelbäume in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes (Stand 13.01.2022).

frühe Blühbeginn birgt jedoch vermehrt das Risiko, dass Spätfröste die empfindlichen Blüten schädigen können und somit zu Ernteeinbußen führen. Auch 2021 gab es wie bereits in den Vorjahren Spätfrostschäden. Besonders in Südbaden führten die Frostnächte im April und Mai zu Ernteeinbußen im Obstanbau. Damit sind bei den Sonderkulturen bereits in vier der vergangenen fünf Jahre Frostschäden zu beklagen.

## 2.5.2 Arealveränderung bei Insekten

### Kurz gesagt:

- Der Klimawandel trägt zu einem lokalen Artenwechsel in den Nachtfaltergesellschaften bei, indem er die Ausbreitung wärmebedürftiger Arten begünstigt und zum Verschwinden kälteliebender Arten führt.
- Entscheidend für das regionale Aussterben bzw. die Ausbreitung von Nachtfaltern sind weniger klimatische Durchschnittswerte, sondern vielmehr extreme Wetterereignisse.

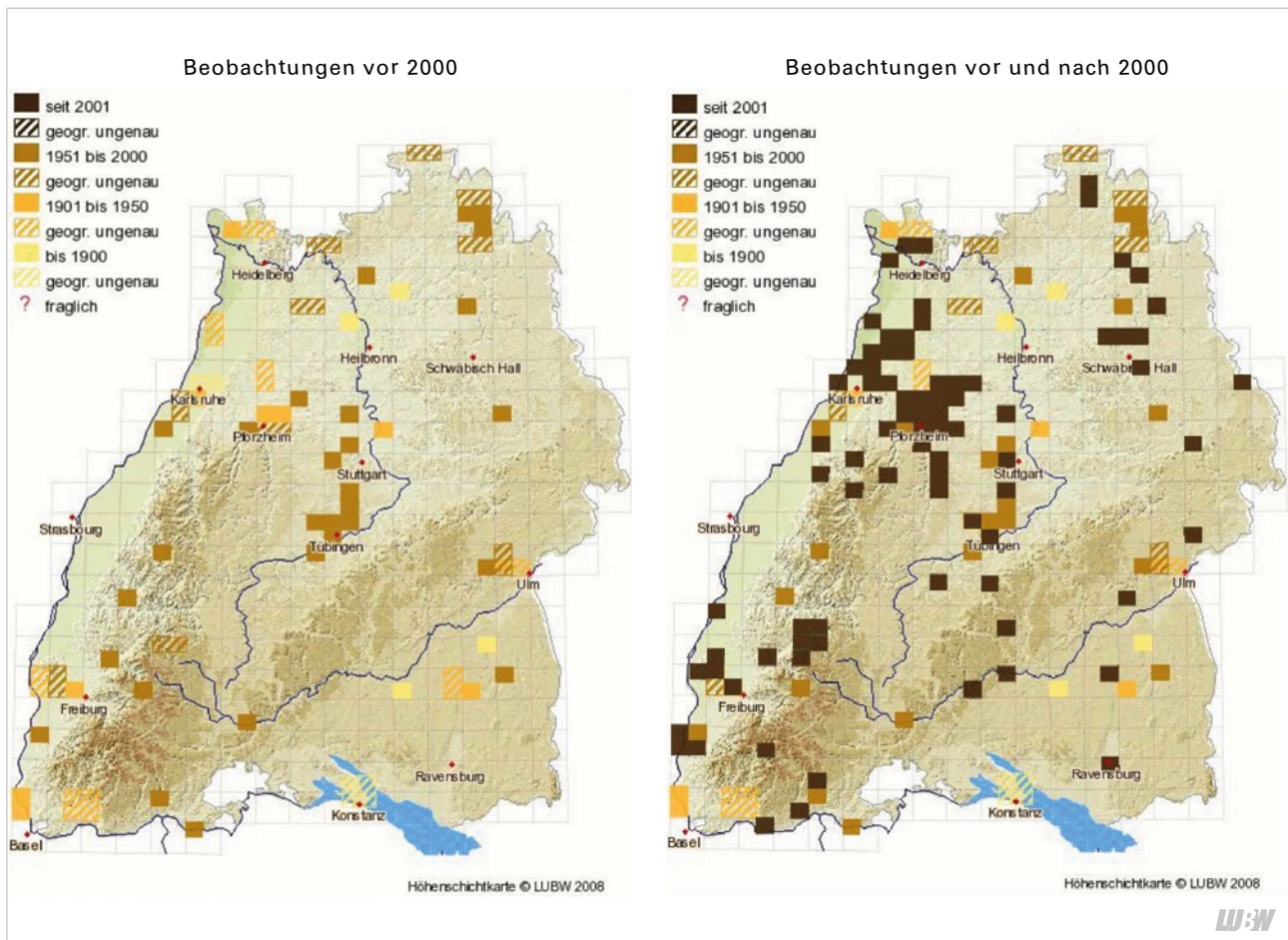


Abbildung 2.15: Verbreitungskarten des Nachtfalters „Kleines Eichenkarmin“ (*Catocala promissa*) in Baden-Württemberg. Links die Nachweise der Art bis zum Jahr 2000 und rechts die Nachweise vor und nach 2000. Datengrundlage: Arbeitsgruppe Schmetterlinge Baden-Württembergs am SMNK: <https://www.schmetterlinge-bw.de/> bzw. <https://www.lepidoptera.de/> (abgerufen am: 17.01.2022), LUBW

Mit 950 Arten sind die Nachtfalter eine in Baden-Württemberg besonders vielfältige Insektengruppe. Dadurch eignen sich diese sehr gut, um tierökologische Veränderungen in der Landschaft nachzuvollziehen. Im Rahmen des landesweiten Insektenmonitorings wurde ein historischer Vergleich von Nachtfalterdaten auf 25 Quadranten der Topografischen Karte (Maßstab 1 zu 25 000) durchgeführt. Die Grundlage dafür bilden Daten aus der Schmetterlingsdatenbank des Staatlichen Museum für Naturkunde Karlsruhe (SMNK) und aus Kartierungen der Jahre 2019 und 2020 des Insektenmonitorings. Verglichen wurden die zwei Zeiträume 1971 – 2000 und 2001 – 2020. Aus den in der Untersuchung gewonnenen Ergebnisse lassen sich auch Einflüsse des Klimawandels auf die Nachtfalterfauna ableiten.

Eine besonders überraschende Erkenntnis aus diesem Projekt ist der auffallend starke Artenwechsel zwischen den Vergleichszeiträumen. Je Quadrant konnten durchschnittlich 29 % bzw. 113 der historisch zwischen 1971 – 2000 gemeldeten Arten nicht mehr nach 2000 bestätigt werden, zugleich kamen nach dem Jahr 2000 im Durchschnitt aber 17 % bzw. 65 neue Arten hinzu. Die Erklärung für einen

Teil dieser Veränderungen liefert eine Analyse der Verbreitungstrends für die 868 in den Quadranten seit 1971 nachgewiesenen Nachtfalter. Diese belegt für 54 % (465 Arten) eine Abnahme, für 21 % (186 Arten) keine Veränderung und für 25 % (217 Arten) eine Zunahme seit dem Jahr 2000.

Ein beträchtlicher Teil jener Arten, die in der Verbreitung zugenommen haben, profitiert von den durch den Klimawandel gestiegenen Temperaturen und konnte sich von Wärmeinseln aus ausbreiten. Betroffen hiervon sind insbesondere wärmebedürftige seltene, aber auch von Süden her neu einwandernde Nachtfalter. Beispiele hierfür sind die Dunkelbraune Spannereule (*Idia calvaria*), das Kleine Eichenkarmin (*Catocala promissa*) (vgl. Abbildung 2.15) und die zuletzt neu für den Kaiserstuhl nachgewiesene Waldreben-Eule (*Clemathada calberlai*). Andere – meist kälteliebende Arten – gehören zu den „Klimawandel-Verlierern“, wie die Mondfleck-Glücke (*Cosmotriche lobulina*), die Silberblatt-Goldeule (*Autographa bractea*) und der Herbst-Zackenrandspanner (*Ennomos autumnaria*). Die Ursachen für die Rückgänge von Arten beruhen meist auf einer Kombination aus Klimaveränderungen und Habitatver-



lusten. So wiesen im Monitoring vor allem Feuchtgebiete großräumig ebener Lagen einen dramatischen Verlust der Artenvielfalt auf. Gründe für diesen negativen Trend sind vermutlich Trockenlegungen von Grünland und die letzten sehr niederschlagsarmen Jahre.

Mit Blick auf den Klimawandel ist zu beachten, dass für die Ausbreitung und das regionale Aussterben von Nachtfalterarten weniger Durchschnittswerte der Witterung entscheidend sind, sondern vor allem ein vermehrtes Auftreten oder Fehlen von Extremwetterereignissen. Mit den Jahren 2019 und 2020 fand das Nachtfaltermonitoring in zwei klimatischen Ausnahmejahren statt, die überwiegend durch Trockenheit, Wärme und viel Sonnenschein geprägt waren. Die viel niedrigeren Temperaturen und teilweise hohen Niederschläge 2021 wirkten sich hingegen sehr ungünstig auf die Nachtfalteraktivität aus. Ein Monitoring in diesem Jahr hätte somit zu weit weniger aussagekräftigen Ergebnissen geführt.

### 2.5.3 Fließgewässerökologie

#### Kurz gesagt:

- Die Wassertemperatur und der Abfluss haben entscheidenden Einfluss auf die Lebensgemeinschaften in Fließgewässern.
- Die sommerlichen Wassertemperaturen von Rhein und Neckar lagen 2021 deutlich unter denen der Vorjahre.
- Die Sauerstoffkonzentration im Neckar war unkritisch; es wurde nur kurzzeitig der Wert von 4 mg/l unterschritten.

Fließgewässer sind hoch dynamische Lebensräume. Daher müssen Fließgewässerorganismen generell 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.

Die sommerlichen Wassertemperaturen von Rhein und Neckar lagen 2021 deutlich unter denen der Vorjahre. Dies geht aus Abbildung 16 hervor, die die mittlere Wassertemperatur der Monate Juli und August der letzten zwei Jahrzehnte darstellt. Die vergleichsweise niedrigen Wassertemperaturen 2021 lassen sich durch die zeitgleich auftretenden hohen Abflüsse im Juli und August erklären (siehe auch Kapitel 2.3.1; Abbildung 2.6).

Die Tagesmittelwerte der Wassertemperaturen lagen im Verlauf des Jahres 2021 für den Rhein bei Karlsruhe und den Neckar bei Mannheim zumeist um bzw. unterhalb des langjährigen Tagesmittelwertes von 1988 bis 2020. Kurzzeitige Abweichungen vom langjährigen Tagesmittel nach oben traten Mitte Juni 2021 im Rhein bei Karlsruhe in der Größenordnung von 2 °C auf. Hier beträgt der langjährige Tagesmittelwert 20 °C. Im Neckar bei Mannheim wurden Erhöhungen in der Größenordnung von 4 °C gemessen. Dort liegt der langjährige Tagesmittelwert bei 21 °C. Das heißt, im Neckar bei Mannheim wurde im Juni 2021 kurzzeitig die 25 °C-Marke überschritten.

Entsprechend der hohen Wassertemperaturen im Juni 2021 wurden im Rahmen des „Sauerstoffreglements Neckar“ kurzzeitig Sauerstoffkonzentrationen von unter 4 mg/l festgestellt. Daher wurde Mitte Juni 2021 eine Belüftungsmaßnahme zur Stützung des Sauerstoffgehaltes bei Rockenau veranlasst. Abgesehen von einigen wenigen Tagen im Juni 2021, an denen an mehreren Messstationen 5 mg/l kurzzeitig unterschritten wurden, lagen die Sauerstoffkonzentrationen im Neckar mit über 5 mg/l für viele Fließgewässerorganismen der Unterläufe bzw. größeren Flüsse in einem unkritischen Bereich.

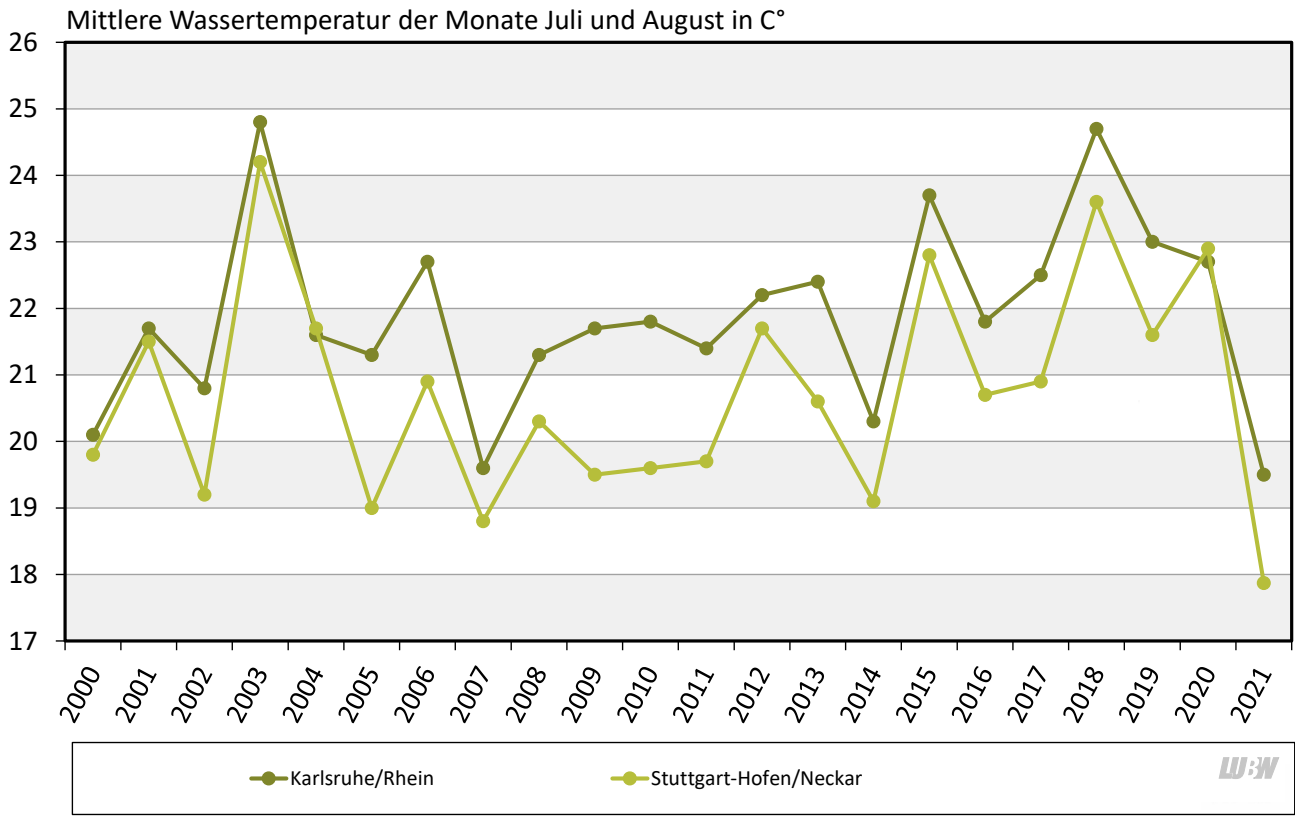


Abbildung 2.16: Mittlere Wassertemperatur berechnet aus den Tagesmittelwerten der Monate Juli und August im Zeitraum 2000 bis 2021 der Messstationen Karlsruhe/Rhein und Stuttgart-Hofen/Neckar. Datenquelle: LUBW.

# 3 Abbildungen

Abbildung 2.1: Jahresmitteltemperatur seit 1881 in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes..... 8

Abbildung 2.2: Sonnenscheinstunden in Baden-Württemberg (Flächenmittel pro Jahr seit 1951). Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes. .... 9

Abbildung 2.3: Anzahl Heißer Tage in Baden-Württemberg (Flächenmittel pro Jahr seit 1951). Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes. .... 9

Abbildung 2.4: Anzahl Sommertage in Baden-Württemberg (Flächenmittel pro Jahr seit 1951). Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes. .... 10

Abbildung 2.5: Relative Abweichung der monatlichen Niederschlagssummen für die Jahre 2018 (jeweils linker Balken) und 2021 (jeweils rechter Balken) vom Mittel 1961 – 1990 in Prozent. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes. .... 11

Abbildung 2.6: Tagesmittelwerte des Abflusses bzw. des Wasserstandes für das Jahr 2021 (grüne Linie, ungeprüfte Rohdaten) an den Pegeln Maxau – Rhein, Konstanz – Bodensee, Ummendorf – Umlach und Hinterlehengericht – Schiltach. Die blaue Linie zeigt den Mittelwert für den jeweiligen Tag im Analysezeitraum (Maxau, Ummendorf und Hinterlehengericht ab 1981, Konstanz ab 1850). Die Spannweite gibt den minimalen/maximalen Messwert im Analysezeitraum an..... 12

Abbildung 2.7: Die Sturzflut im Stühlinger Ortsteil Grimmelshofen mit Wasser- und Schlammmassen auf der Straße (Bild: Hardy Maier)..... 13

Abbildung 2.8: Jahresgang 2019/2021 verschiedener Grundwasserstände vor langjährigem Hintergrund. Datenquelle: LUBW..... 14

Abbildung 2.9: Anzahl der Stunden mit Überschreitung des Ozon 1-Stundenmittelwertes von  $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (Informationsschwelle) in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW..... 15

Abbildung 2.10: Anzahl der Tage mit Überschreitung des Ozon 8-Stundenmittelwertes von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW..... 16

Abbildung 2.11: Prozentualer Anteil der Messstationen in Baden-Württemberg mit Überschreitung des Zielwertes von  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$  Ozon im 8-Stundenmittel (gemittelt über 3 Jahre). Datenquelle: LUBW..... 16

Abbildung 2.12: Entwicklung der Jahresmittelwerte für Ozon in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW..... 17

Abbildung 2.13: Mittlere Monatstemperaturen in Baden-Württemberg. Monatsmittel 1961 – 1990 und 1992 – 2021 im Vergleich zum aktuellen Jahr 2021. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes. .... 18

Abbildung 2.14: Mittlerer Beginn der Apfelblüte bis zur Pflückreife vorwiegend frühblühender Apfelbäume in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes (Stand 13.01.2022). .... 18

Abbildung 2.15: Verbreitungskarten des Nachtfalters „Kleines Eichenkarmin“ (Catocala promissa) in Baden-Württemberg. Links die Nachweise der Art bis zum Jahr 2000 und rechts die Nachweise vor und nach 2000. Datengrundlage: Arbeitsgruppe Schmetterlinge Baden-Württembergs am SMNK: <https://www.schmetterlinge-bw.de/> bzw. <https://www.lepidoptera.de> (abgerufen am: 17.01.2022), LUBW ..... 19

Abbildung 2.16: Mittlere Wassertemperatur berechnet aus den Tagesmittelwerten der Monate Juli und August im Zeitraum 2000 bis 2021 der Messstationen Karlsruhe/Rhein und Stuttgart-Hofen/Neckar. Datenquelle: LUBW..... 21





