




# Hohe Temperaturen und Trockenheit hinterlassen ihre Spuren


 Eine klimatische Einordnung des Jahres 2020 für Baden-Württemberg



Baden-Württemberg



# Hohe Temperaturen und Trockenheit hinterlassen ihre Spuren

 Eine klimatische Einordnung des Jahres 2020 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, Klimawandel  Abteilung 2 – Nachhaltigkeit und Naturschutz Referat 23 – Medienübergreifende Umweltbeobachtung, Klimawandel Dr. Kai Höpker Dr. Sabrina Plegnière  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. Manfred Bremicker Dr. Manuela Nied ISF – Institut für Seenforschung Dr. Bernd Wahl
<b>STAND</b>	Januar 2021
<b>VERÖFFENTLICHUNG</b>	Februar 2021
<b>TITELBILD</b>	Dürre und hohe Temperaturen machen Fichten anfällig gegenüber Krankheiten und Schädlingen, wie beispielsweise an der Hornisgrinde im Nordschwarzwald sichtbar wird. Bild: C. Buhk
<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	9
2.2	Niederschlag	11
2.2.1	Mittlerer Niederschlag	11
2.2.2	Starkniederschläge und Dauerregen	12
2.3	Wasserhaushalt	12
2.3.1	Klimatische Wasserbilanz	12
2.3.2	Entwicklung der Bodenfeuchte	13
2.3.3	Fließgewässer	16
2.3.4	Grundwasser	17
2.3.5	Bodensee	19
2.4	Ozon	20
2.5	Auswirkungen auf die Natur	23
2.5.1	Phänologie	23
2.5.2	Regenwurmfauna	25
2.5.3	Fließgewässerökologie	25
<b>3</b>	<b>ABBILDUNGEN</b>	<b>28</b>

# 1 Das Wichtigste in Kürze

Das Jahr 2020 war mit einer Jahresmitteltemperatur von 10,2°C und 2050 Sonnenscheinstunden das zweitwärmste und zweitsonnigste Jahr in Baden-Württemberg seit Beginn der Aufzeichnungen. Die Jahresmitteltemperatur hat sich weiter erhöht und ist jetzt durchschnittlich 1,5°C höher als noch im Jahr 1881. Allein in den letzten 30 Jahren stieg die Jahresmitteltemperatur um 1,1°C an.

Mit Ausnahme der Monate Mai, Juni und Oktober lagen alle Monate mehr als 1°C über den Monatsmittelwerten des Zeitraums 1961 – 1990, der als internationaler Klimareferenzzeitraum herangezogen wird. Der Winter 2020 (Dezember 2019, Januar 2020, Februar 2020) war mit einer Durchschnittstemperatur von 3,6°C besonders mild. Er belegt nach 2007 (3,8°C) Rang zwei der wärmsten gemessenen Winter in Baden-Württemberg. Der November war mit über 109 Sonnenscheinstunden darüber hinaus der sonnenscheinreichste November Baden-Württembergs seit Beginn der Messungen der Sonnenscheindauer im Jahr 1951. Auch im Frühjahr 2020 (März, April, Mai) schien sehr häufig die Sonne. Mit knapp 732 Sonnenscheinstunden steht es nach 2011 mit 742 Sonnenscheinstunden auf Rang zwei.

An 13 Tagen im Jahr 2020 wurden 30°C und mehr erreicht. Damit gab es mehr als doppelt so viele Heiße Tage wie im Mittel pro Jahr im Zeitraum 1961 – 1990 (5 Tage). 2020 zählt somit auch zu den zehn heißesten Jahren in Baden-Württemberg. Besonders spürbar ist die Veränderung im Oberrheingraben.

2020 war in Baden-Württemberg wiederum ein niederschlagarmes Jahr, ähnlich wie 2018. Die Jahressumme des Niederschlages war rund 17 % niedriger als im Vergleichszeitraum 1961 – 1990. Bis auf Februar, August und Oktober waren alle Monate trockener als die Mittelwerte im Zeitraum 1961 – 1990. Insbesondere der April war auffällig trocken (Defizit von knapp 82 % zum Vergleichszeitraum);

seit 1881 fiel nur in zwei Jahren im April und in drei Jahren im Frühjahr weniger Niederschlag. Bereits zum dritten Mal in Folge gab es ein außergewöhnlich trockenes und warmes Frühjahr in Baden-Württemberg.

Die klimatische Wasserbilanz war 2020 an fünf der betrachteten sechs charakteristischen Standorte für Baden-Württemberg deutlich negativ. Besonders die Feuchteverhältnisse im Gesamtboden zeichneten sich durch eine relativ starke Dürre aus. Landesweit betrachtet zehrte das Jahr 2020 somit an den Wasserreserven.

2020 war nach 2018 erneut ein Jahr mit einer außergewöhnlichen Niedrigwassersituation der Fließgewässer. Zeitweise befanden sich über 75 % der Kennwertpegel gleichzeitig im Niedrigwasser. In Bezug auf Hochwasser war 2020 eher ein ruhiges Jahr ohne extrem hohe Pegelstände.

Grundwasser hat ein langes Gedächtnis und die wiederholten Niederschlagsdefizite hinterlassen zunehmend Spuren. So wurden im Jahr 2020 wie auch in den vorangegangenen Jahren immer wieder Niedrigwassermarken bei Grundwasserständen und Quellschüttungen unterboten. Der wägbare Lysimeter<sup>1</sup> Büchig bei Karlsruhe war zum Jahresende immer noch trocken, was in 50 Beobachtungsjahren erst zum zweiten Mal der Fall war.

Die Wasserstände im Bodensee wiesen im Jahr 2020 relativ geringe saisonale Schwankungen auf, da die sommerlichen Wasserstände unterdurchschnittlich, die Wasserstände im Winter und im Herbst jedoch überdurchschnittlich waren. Die Temperaturen der Wasseroberfläche erreichten dem warmen Sommer entsprechend anhaltend relativ hohe Werte.

Seit Anfang der 1990er-Jahre sind die Ozonspitzenkonzentrationen zurückgegangen. In Jahren mit heißen, trockenen und strahlungsintensiven Sommern, wie 2003, 2015 und nun bereits die letzten drei Jahre 2018 bis 2020 sind die

<sup>1</sup> Ein Lysimeter ist eine mit Boden gefüllte Messvorrichtung bzw. Gefäß, das senkrecht in den Boden eingebaut oder gestochen wird. An der Sohle, die sich idealerweise oberhalb des maximalen Grundwasserspiegels und unterhalb der Wurzelzone befindet, gibt es einen Abgang für das versickernde Bodenwasser. Die aufgefangene Wassermenge ermöglicht die mengenmäßige Abschätzung der lokalen Grundwasserneubildung aus Niederschlägen bei definierten Standorteigenschaften wie Boden, Gestein, Bewuchs, Klima und sonstigen Randbedingungen (vgl. LUBW (2018): 50 Jahre Lysimetermessnetz – Ergebnisdokumentation und Nachschlagewerk: <https://pd.lubw.de/77200>).

Ozonkonzentrationen allerdings erhöht. Der langfristige Zielwert konnte im städtischen und ländlichen Hintergrund nicht eingehalten werden.

Die Entwicklung der Pflanzen war 2020 aufgrund des sehr milden Winters, der hohen Temperaturen im März und April sowie des reichlichen Sonnenscheins durch eine sehr frühe Blüte geprägt. Die Apfelblüte setzte im Mittel über Baden-Württemberg bereits am 11. April ein und somit 22 Tage früher als im Mittel des Referenzzeitraums 1961 – 1990. Es war der zweitfrüheste Blühbeginn seit 1992. Durch die frühe Entwicklung sind Pflanzen und Tiere bei auftretenden Spätfrösten besonders gefährdet.

Die an der Oberfläche lebenden Regenwürmer reagieren empfindlich auf Trockenheit, spielen eine wichtige Rolle

im Ökosystem und stehen als Bioindikatoren stellvertretend für andere Bodenorganismen. Nachdem die Populationen in 2016 und 2019 infolge der Dürre in den jeweiligen Vorjahren einbrachen, könnte sich das erneut trockene Jahr 2020 wiederum negativ auswirken.

Die Wassertemperatur und der Abfluss haben entscheidenden Einfluss auf die Lebensgemeinschaften im Wasser. Die sommerlichen Wassertemperaturen von Rhein und Neckar lagen 2020 zwar relativ hoch, blieben in Höhe und Dauer allerdings deutlich unter den Werten von 2018. Die Sauerstoffkonzentration im Neckar war unkritisch; es wurde nur an einer Messstation der Wert von 5 mg/l kurzzeitig unterschritten.

## 2 Ergebnisse

### 2.1 Temperatur

#### 2.1.1 Jahresmitteltemperatur

##### Kurz gesagt:

- Mit einer Jahresmitteltemperatur von 10,2°C belegt das Jahr 2020 Platz 2 der wärmsten je gemessenen Jahre in Baden-Württemberg.
- Seit Beginn der Aufzeichnung stieg die Mitteltemperatur um über 1,5°C in Baden-Württemberg.
- Der Winter 2020 war mit durchschnittlich 3,6°C der zweitwärmste in Baden-Württemberg und damit besonders mild.

2020 war mit einer Durchschnittstemperatur von 10,2°C das zweitwärmste Jahr in Baden-Württemberg seit Beginn der regelmäßigen Wetteraufzeichnungen 1881. 2020 liegt damit erneut über der 10-Grad-Marke, die bisher nur in 2014 mit 10,1°C und 2018 mit 10,4°C überschritten wurde (Abbildung 2.1). Der Wert des internationalen Vergleichszeitraums 1961 – 1990 mit 8,1°C wurde 2020 damit um 2,1°C übertroffen.

Seit rund 140 Jahren unterliegt die Jahresmitteltemperatur in Baden-Württemberg trotz jährlicher Schwankungen einer kontinuierlichen Zunahme. Bis Ende 2020 ist sie um

über 1,5°C angestiegen (Abbildung 2.1). Seit der Jahrtausendwende ist das Temperaturniveau besonders hoch. Fast in jedem Jahr ab 2000 werden die bisherigen Temperaturrekorde in Folge gebrochen. So zählen 16 Jahre aus diesem Zeitraum zu den 20 wärmsten Jahren seit Beginn der Aufzeichnungen.

Betrachtet man den aktuellen Klimazeitraum, d. h. die letzten 30 Jahre (1991 – 2020), liegt die Mitteltemperatur bereits bei 9,2°C und damit um 1,1°C höher als im internationalen Vergleichszeitraum 1961 – 1990. Dies ist ein deutlicher Anstieg eines 30-jährigen Mittels in sehr kurzer Zeit.

In den Wintermonaten Dezember 2019, Januar 2020 und Februar 2020 war es in Baden-Württemberg besonders mild; es war der zweitwärmste je gemessene Winter in Baden-Württemberg. Entsprechend gab es nur rund 6 sogenannte Eistage, d. h. Tage, an denen die Temperatur nicht über Null Grad Celsius steigt. Damit gab es im Mittel in Baden-Württemberg über 20 Eistage weniger als im Vergleichszeitraum 1961 – 1990 (26,8 Eistage). Dies ist nach 2014 der zweitniedrigste Durchschnittswert an Eistagen. An vielen Stationen, vor allem in der Oberrheinebene und dem Rhein-Neckar-Raum, wurden keine Eistage verzeichnet.

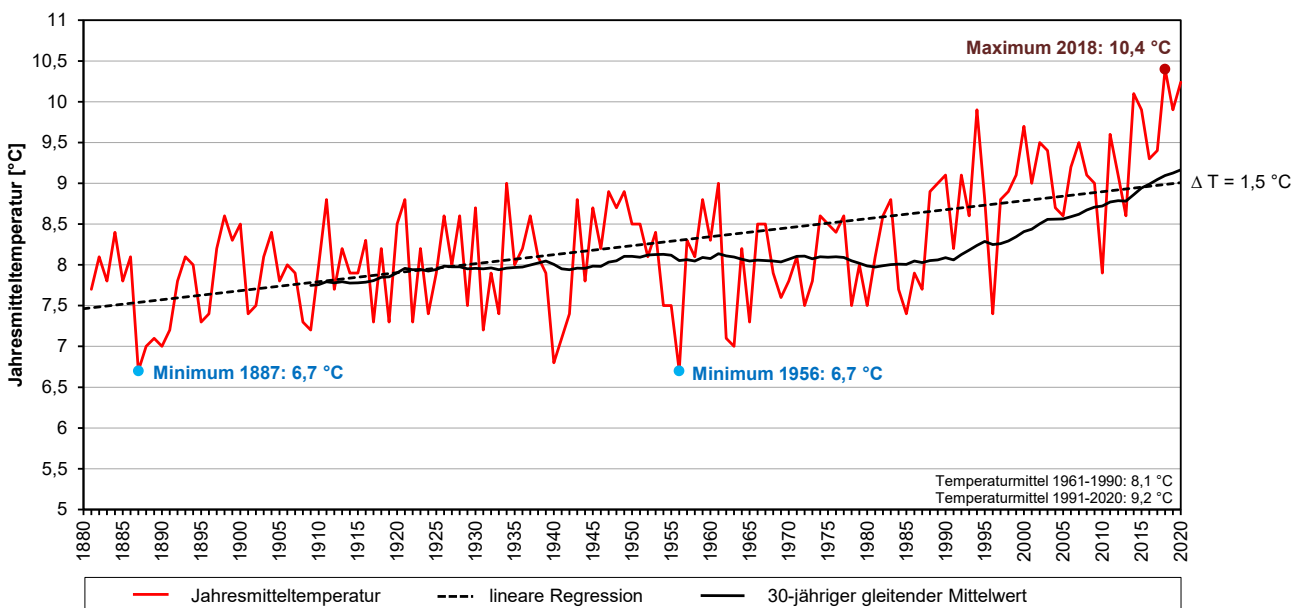


Abbildung 2.1: Jahresmitteltemperatur seit 1881 in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.



## 2.1.2 Sonnenscheindauer

### Kurz gesagt:

- Mit 2050 Sonnenscheinstunden im Landesmittel war 2020 das zweitsonnigste Jahr in Baden-Württemberg seit Beginn der Messungen 1951; nur 2003 schien die Sonne mit 2108 Stunden noch häufiger.
- Der November 2020 war mit über 109 Sonnenscheinstunden im Mittel bislang der sonnenscheinreichste Novembermonat in Baden-Württemberg seit 1951.

Die Sonne schien in Baden-Württemberg 2020 vergleichsweise oft. So wurde mit 2050 Sonnenscheinstunden der zweithöchste Wert im Landesmittel seit 1951 erreicht; nur 2003 schien die Sonne mit durchschnittlich 2108 Stunden noch häufiger (vgl. Abbildung 2.2). Damit wurden 443 Sonnenscheinstunden mehr erreicht als im internationalen Vergleichszeitraum 1961 – 1990, in dem es durchschnittlich im Land 1607 Sonnenscheinstunden pro Jahr gab.

Besonders im November wurden mit über 109 sehr viele Sonnenscheinstunden im Landesmittel erreicht. Er ist bislang der sonnenscheinreichste November seit 1951. Ebenso wie das gesamte Jahr befindet sich der Frühling 2020 auf Rang zwei der sonnigsten Zeiträume in Baden-Württemberg. In den Monaten März, April und Mai wurden im Landesmittel fast 732 Sonnenscheinstunden erreicht.

Noch sonniger war es nur 2011, als im Frühling die Sonne an gut 742 Stunden in Baden-Württemberg schien. Außergewöhnlich hoch waren auch die Sonnenscheinstunden in den Wintermonaten Dezember 2019, Januar 2020 und Februar 2020 (261 Sonnenscheinstunden). Der Winter 2020 liegt damit auf Rang vier der sonnigsten Wintermonate seit 1951.

## 2.1.3 Heiße Tage und Sommertage

### Kurz gesagt:

- 2020 gehört zu den zehn heißesten Jahren in Baden-Württemberg; im Landesdurchschnitt wurden an 13 Tagen 30°C und mehr erreicht.
- Es gab mehr als doppelt so viele Heiße Tage wie im Mittel der Jahre 1961 – 1990 (5 Tage); im Jahrhundertssommer 2003 waren es über fünfmal so viele (27 Tage).

2020 war das zweitwärmste Jahr und gehört zu den zehn heißesten Jahren in Baden-Württemberg. Deutlich wird dies beispielsweise an der Anzahl der Heißen Tage, d. h. an Tagen mit einer maximalen Temperatur von 30°C oder mehr. In 2020 wurden gemittelt über das ganze Land an 13 Tagen 30°C oder mehr erreicht, im Jahrhundertssommer 2003, der bislang auch die meisten Heißen Tage in Baden-Württemberg aufweist, waren es 27 Heiße Tage (Abbildung 2.3).

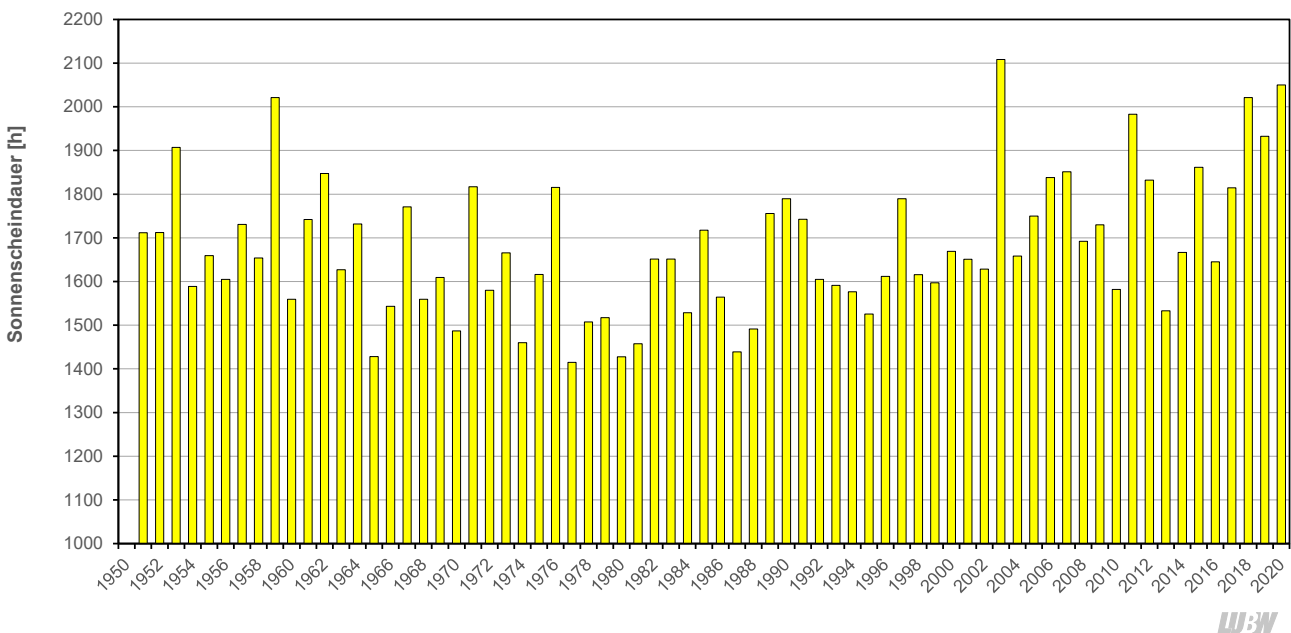


Abbildung 2.2: Sonnenscheinstunden in Baden-Württemberg (Flächenmittel pro Jahr seit 1951). Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

Besonders der August war sehr heiß. Im Raum Karlsruhe und Mannheim gab es Ende Juli und Anfang August immer wieder Tage mit über 36°C. Selbst im September wurden hier noch Werte über 30°C erreicht. Rekorde wie die

höchste je gemessene Temperatur in Baden-Württemberg von 40,2°C am 13. August 2003 in Freiburg oder die höchste Maximumtemperatur in Mannheim mit 39,8°C am 07. August 2015 wurden jedoch nicht erreicht.

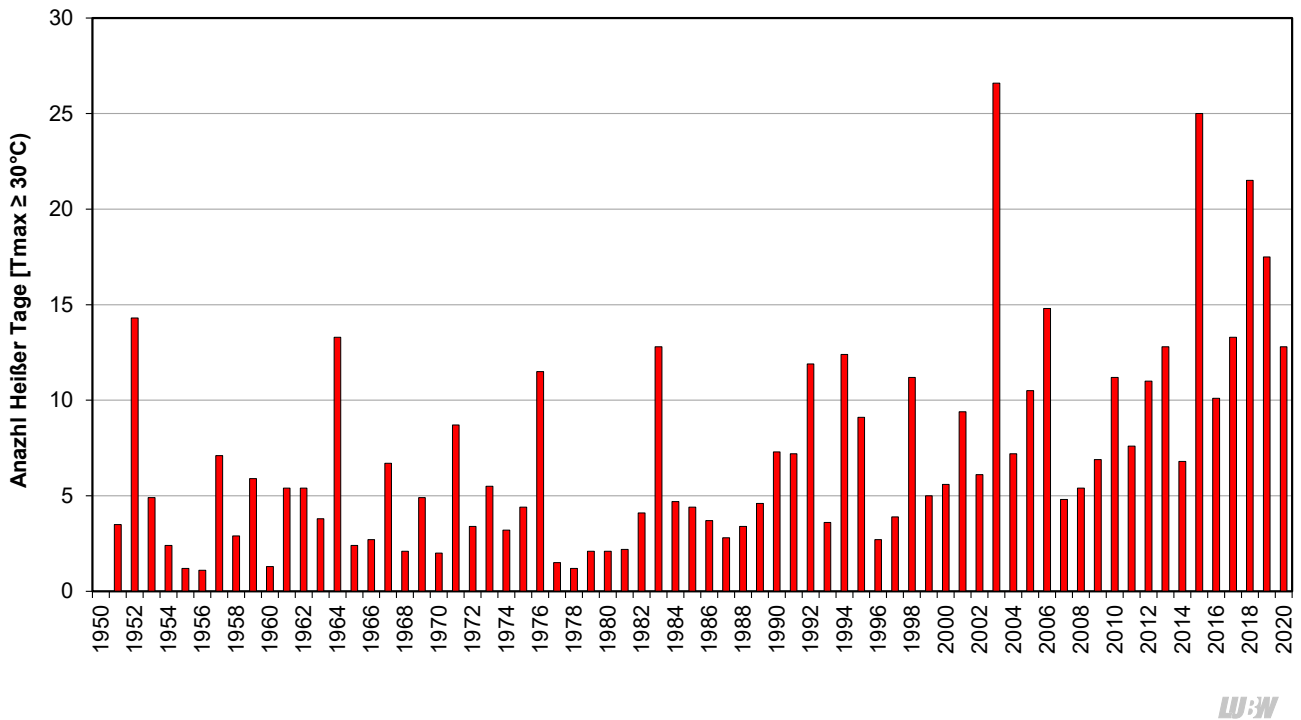


Abbildung 2.3: Anzahl Heißer Tage in Baden-Württemberg (Flächenmittel pro Jahr seit 1951). Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

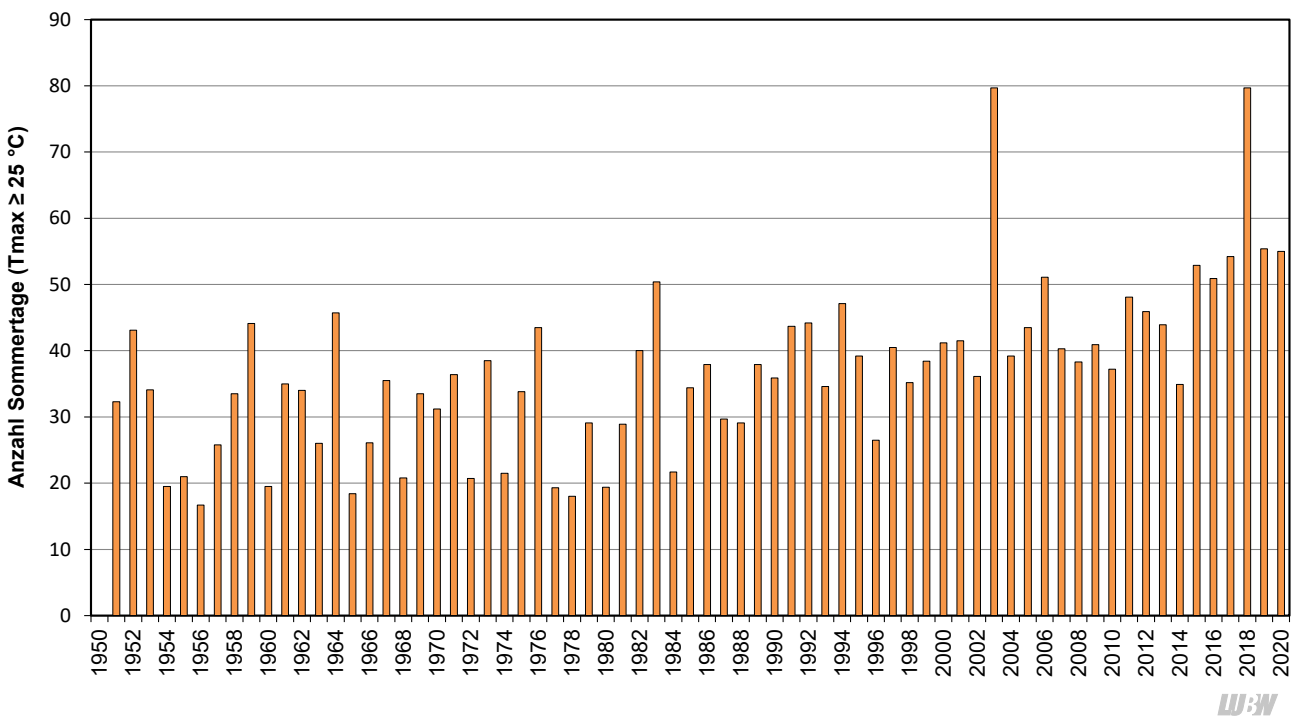


Abbildung 2.4: Anzahl Sommertage in Baden-Württemberg (Flächenmittel pro Jahr seit 1951). Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

Die Anzahl der Sommertage, also Tage mit Höchsttemperaturen von 25°C und mehr, war in 2020 mit 55 Tagen ähnlich hoch wie in 2019 (55,4 Sommertage) und liegt damit nach 2019 sowie 2003 und 2018, die sich mit 79,7 Tagen den ersten Platz teilen, auf Rang drei (vgl. Abbildung 2.4).

Ähnlich wie bei der Jahresmitteltemperatur ist auch hinsichtlich der Anzahl Heißer Tage und Sommertage ein deutlicher Anstieg in Baden-Württemberg festzustellen (vgl. Abbildung 2.3 und 4). Die Heißen Tage haben sich in den letzten 30 Jahren (1991 – 2020) im Vergleich zum internationalen Vergleichszeitraum (1961 – 1990) von 5 auf 10,5 Tage durchschnittlich pro Jahr mehr als verdoppelt. Auch die Sommertage sind deutlich von 31 auf über 45 Tage im Mittel pro Jahr angestiegen.

Besonders spürbar ist die Veränderung im Oberrheingraben, der ohnehin als sehr warme Region bekannt ist. So wurde beispielsweise an der Station Mannheim 2020 an 20 Tagen 30°C und mehr erreicht; Sommertage waren es 78. Zum Vergleich: Im Zeitraum 1961 – 1990 lag das Mittel in Mannheim bei 11 Heißen Tagen und 50 Sommertagen pro Jahr. Im aktuellen Klimazeitraum 1991 – 2020 verdoppelte sich auch in Mannheim die durchschnittliche Anzahl Heißer Tage auf gut 20,5 pro Jahr und die Sommertage stiegen auf knapp 68 an.

## 2.2 Niederschlag

### 2.2.1 Mittlerer Niederschlag

#### Kurz gesagt:

- 2020 war in Baden-Württemberg erneut ein niederschlagsarmes Jahr, vergleichbar mit 2018.
- Bis auf Februar, August und Oktober waren alle Monate trockener als die Mittelwerte im Zeitraum 1961 – 1990 und erreichen in etwa die Größenordnung der Werte des Trockenjahres 2018.
- Der April und insgesamt der Frühling 2020 waren besonders trocken; es waren der dritttrockenste April und das vierttrockenste Frühjahr in den letzten 140 Jahren.

Mit durchschnittlich 816 mm Jahresniederschlag für Baden-Württemberg war 2020 erneut ein sehr niederschlagsarmes Jahr. Im Vergleich zum langjährigen Mittel (1961 – 1990) regnete es landesweit im Schnitt 164 mm weniger. Dies entspricht einem Defizit von knapp 17 %.

Besonders trocken war es im April, der mit lediglich 14,2 mm der dritttrockenste Aprilmonat Baden-Württembergs seit Beginn der regelmäßigen Wetteraufzeichnungen 1881 war. Im Vergleich zur internationalen Referenzperiode 1961 – 1990 betrug das Defizit im April knapp 82 % und übertrifft damit die trocken-heißen Jahre 2018 und 2003. Zudem war der Frühling 2020 (März bis Mai) insgesamt viel trockener als üblich. Mit lediglich 131,7 mm im Landesdurchschnitt war es das vierttrockenste Frühjahr seit 1881.

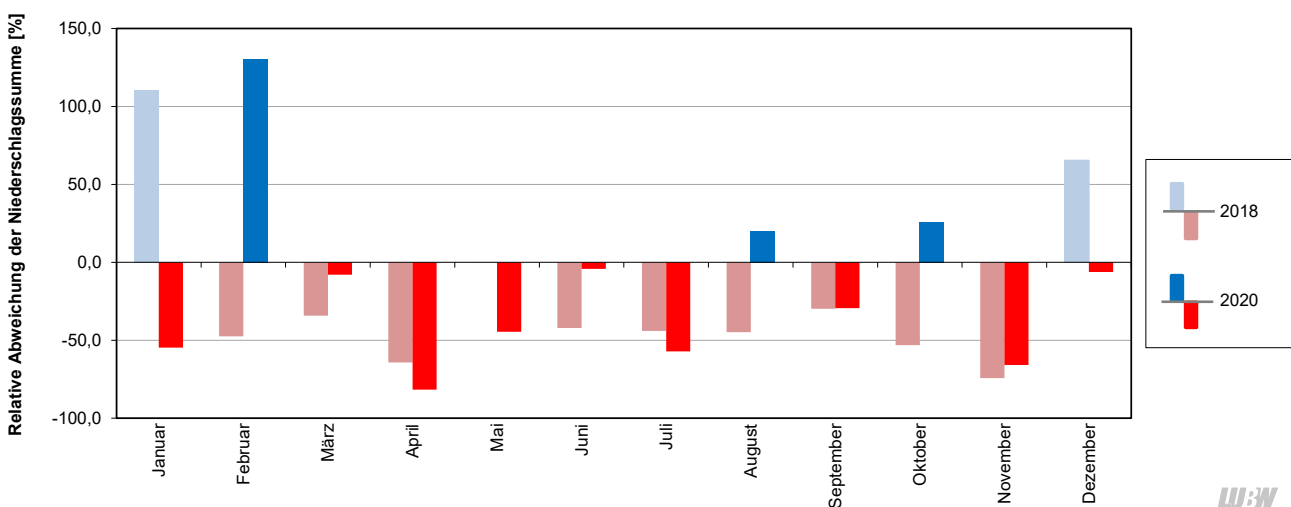


Abbildung 2.5: Relative Abweichung der monatlichen Niederschlagssummen für die Jahre 2018 (jeweils linker Balken) und 2020 (jeweils rechter Balken) vom Mittel 1961 – 1990 in Prozent. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

Im Februar regnete es hingegen im Vergleich zum Zeitraum 1961 – 1990 überdurchschnittlich (plus 130 %). Mit 156,2 mm war er bis dato der dritt-nasseste Februar seit Beginn der Wetteraufzeichnungen. Etwas über dem Durchschnitt der internationalen Vergleichsperiode 1961 – 1990 lagen auch der August mit 18,8 mm bzw. 20 % mehr Niederschlag und der Oktober mit 17,6 mm (plus 26 %).

Im Vergleich zum Dürrejahr 2018 fielen in 2020 lediglich 51 mm bzw. 6,7 % mehr Niederschlag.

## 2.2.2 Starkniederschläge und Dauerregen

### Kurz gesagt:

- Im Jahr 2020 wurden in Baden-Württemberg nur vereinzelt extreme Starkniederschläge gemessen.
- Am 2. und 3. Februar 2020 fiel im Bereich des Schwarzwaldes extrem ergiebiger Dauerregen.

Als „Starkniederschlag“ oder „Starkregen“ werden kleinräumige Niederschläge mit ungewöhnlich hoher Intensität bezeichnet, d. h. mit großen Niederschlagsmengen pro Zeiteinheit. So warnt zum Beispiel der Deutsche Wetterdienst (DWD) vor Unwettern mit Starkregen, wenn Niederschlagsmengen von mehr als 25 mm in einer Stunde oder 35 mm in sechs Stunden zu erwarten sind. In den Monaten Mai bis August führten feucht-warme Luftmassen vereinzelt zu Gewittern mit konvektiven Starkregen. Zum Beispiel fielen in Biberach an der Riß am 16. August 51 mm innerhalb einer Stunde (s. Abbildung 2.6 rechts). Nach KOSTRA-DWD 2010R entspricht dieser Stunden-

niederschlag etwa einem Niederschlagsereignis, das alle 100 Jahre auftritt.

Von einem Unwetter aufgrund von Dauerregen wird hingegen gesprochen, wenn ergiebige Niederschläge in zu meist größeren Gebieten über eine längere Dauer fallen, beispielsweise mehr als 50 mm Niederschlag innerhalb von 24 Stunden oder mehr als 90 mm innerhalb von 48 Stunden. In Baden-Württemberg kam es am 2. und 3. Februar im Bereich des Schwarzwaldes zu extrem ergiebigem Dauerregen von über 100 mm in 48 Stunden (s. Abbildung 2.6 links), in dessen Folge sich ein Hochwasser (s. Kapitel 2.3.3 Fließgewässer) ausbildete.

## 2.3 Wasserhaushalt

### 2.3.1 Klimatische Wasserbilanz

#### Kurz gesagt:

- In 2020 war die klimatische Wasserbilanz an fünf der betrachteten sechs charakteristischen Standorte für Baden-Württemberg deutlich negativ. Landesweit betrachtet zehrte das Jahr 2020 somit an den Wasserreserven.

Die klimatische Wasserbilanz eines Jahres gibt an, wieviel Wasser übrigbleibt, wenn vom Jahresniederschlag die Menge abgezogen wird, die in diesem Zeitraum potentiell verdunsten kann. Ist die Bilanz negativ, dann werden die Wasserspeicher (z. B. Grundwasser, Bodenwasser) eher aufgebraucht. Positive Bilanzen sind ein Indiz für mehr Abfluss und für eine Auffüllung der Wasserspeicher.

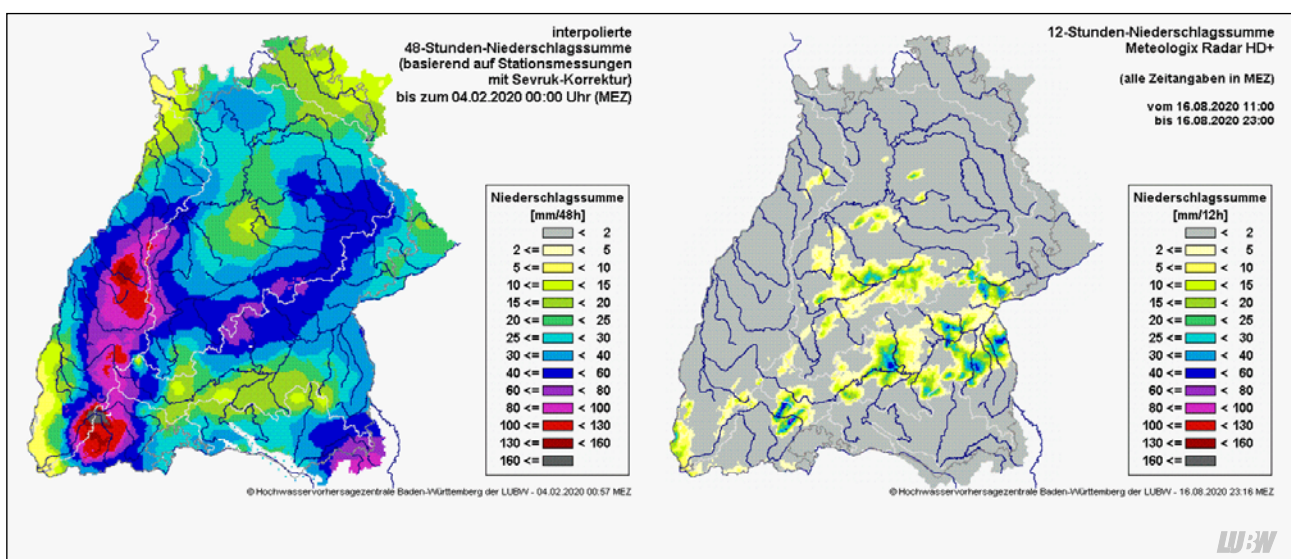


Abbildung 2.6: links: Räumliche Verteilung der unwetterartigen Dauerniederschläge im Zeitraum vom 2.2. bis 3.2.2020. Datenquelle: Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) der LUBW. rechts: Räumliche Verteilung der konvektiven Starkniederschläge am 16. August im Zeitraum von 11 bis 23 Uhr. Datenquelle: Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) der LUBW.

An fünf der sechs ausgewählten Stationen, welche die unterschiedlichen topographischen Regionen Baden-Württembergs widerspiegeln, war das Jahr 2020 ein Jahr mit deutlich negativer Wasserbilanz (s. Abbildung 2.7). Im Vergleich zum Vorjahr war das Defizit damit deutlich höher und an den meisten Stationen vergleichbar mit dem Trockenjahr 2018.

### 2.3.2 Entwicklung der Bodenfeuchte

#### Kurz gesagt:

- Das erneut trockene Jahr 2020 zehrt weiter an den Wasserreserven im Gesamtboden.
- Besonders der sehr trockene April und das insgesamt viel zu trockene Frühjahr sorgten erneut für eine außergewöhnliche Dürre im Oberboden.
- Erst Ende des Jahres 2020 herrschten im Oberboden wieder feuchtere Bedingungen; der Gesamtboden blieb hingegen bis Dezember relativ trocken.

Zu Beginn des Jahres 2020 hatten ergiebige Regenfälle im Februar noch für vergleichsweise gute Bodenfeuchtegehalte geführt. Der sehr trocken-warme April und der insgesamt viel zu trockene Frühling zehrten in der Folge jedoch sehr an den Wasserreserven und führten damit im Vergleich zum Zeitraum 1951 – 2015 in weiten Teilen des Landes zu einer außergewöhnlichen Dürre, die bis in den

Herbst hinein andauerte (vgl. Abbildung 2.8). Eine außergewöhnliche Dürre bedeutet, dass in der langen Zeitreihe in weniger als 2 % der Jahre vergleichbar niedrige oder niedrigere Bodenwassergehalte ermittelt wurden. Die relativ trockenen Verhältnisse im Gesamtboden hielten, vor allem in den warmen Regionen Oberrheingraben und Rhein-Neckar-Raum, bis Ende des Jahres 2020 an.

Ein ähnlicher Verlauf zeigte sich auch in den oberen 25 cm der Böden (vgl. Abbildung 2.9). Zunächst gab es besonders nach dem relativ nassen Februar kaum ungewöhnlich trockene Oberböden im Land. Nach dem außergewöhnlich trockenen April zeigte sich jedoch vor allem im Folgemonat Mai fast in ganz Baden-Württemberg eine extreme bis außergewöhnliche Dürre. Im Sommer und Herbst traten aufgrund der hohen Temperaturen erneut vereinzelte Dürresituationen auf, die jedoch nicht so extrem und flächendeckend waren wie im Frühjahr. Erst im November und Dezember 2020 entspannte sich die Situation im Oberboden.

Besonders die Feuchteverhältnisse im Gesamtboden machen deutlich, dass 2020 nach den besonders trockenen Jahren 2015 und 2018 erneut ein Jahr war, das sich durch eine relativ starke Dürre auszeichnet und weiter an den Wasserreserven zehrt.

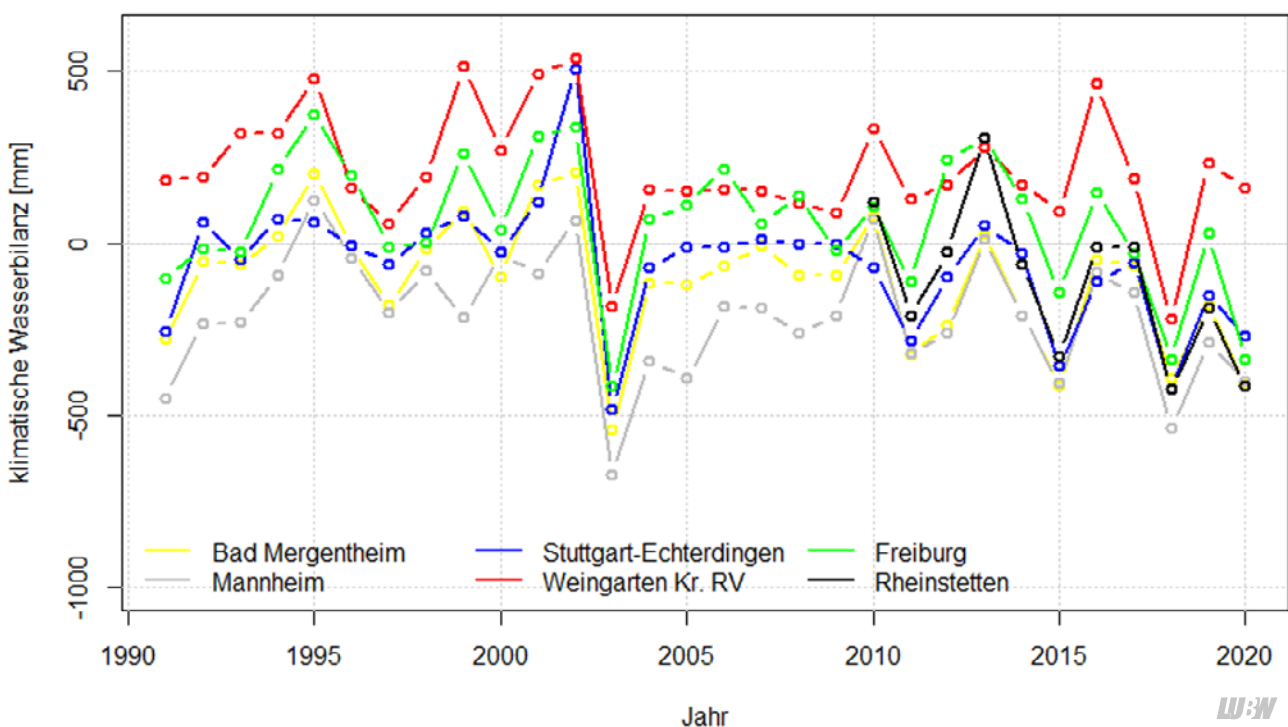
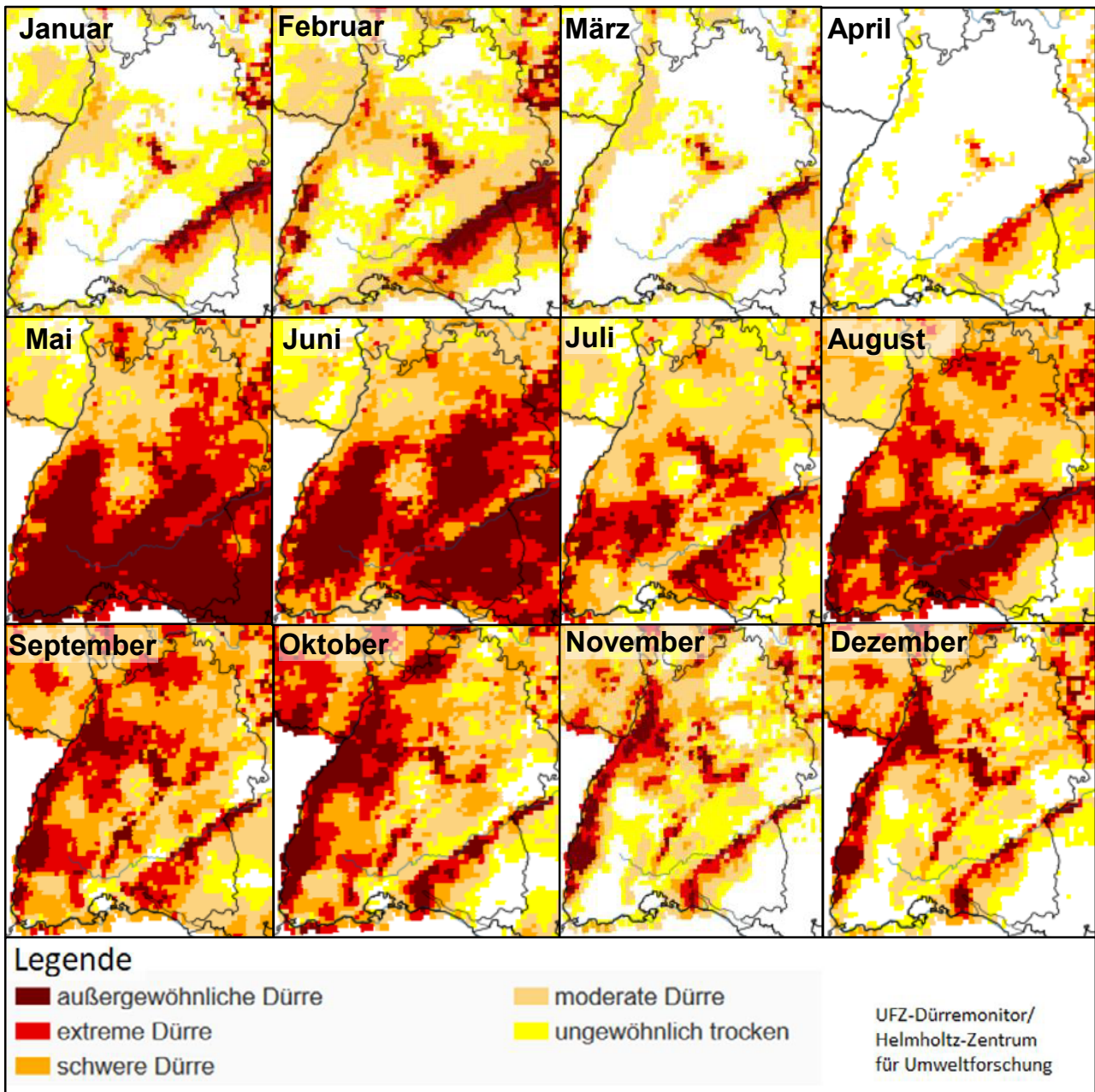
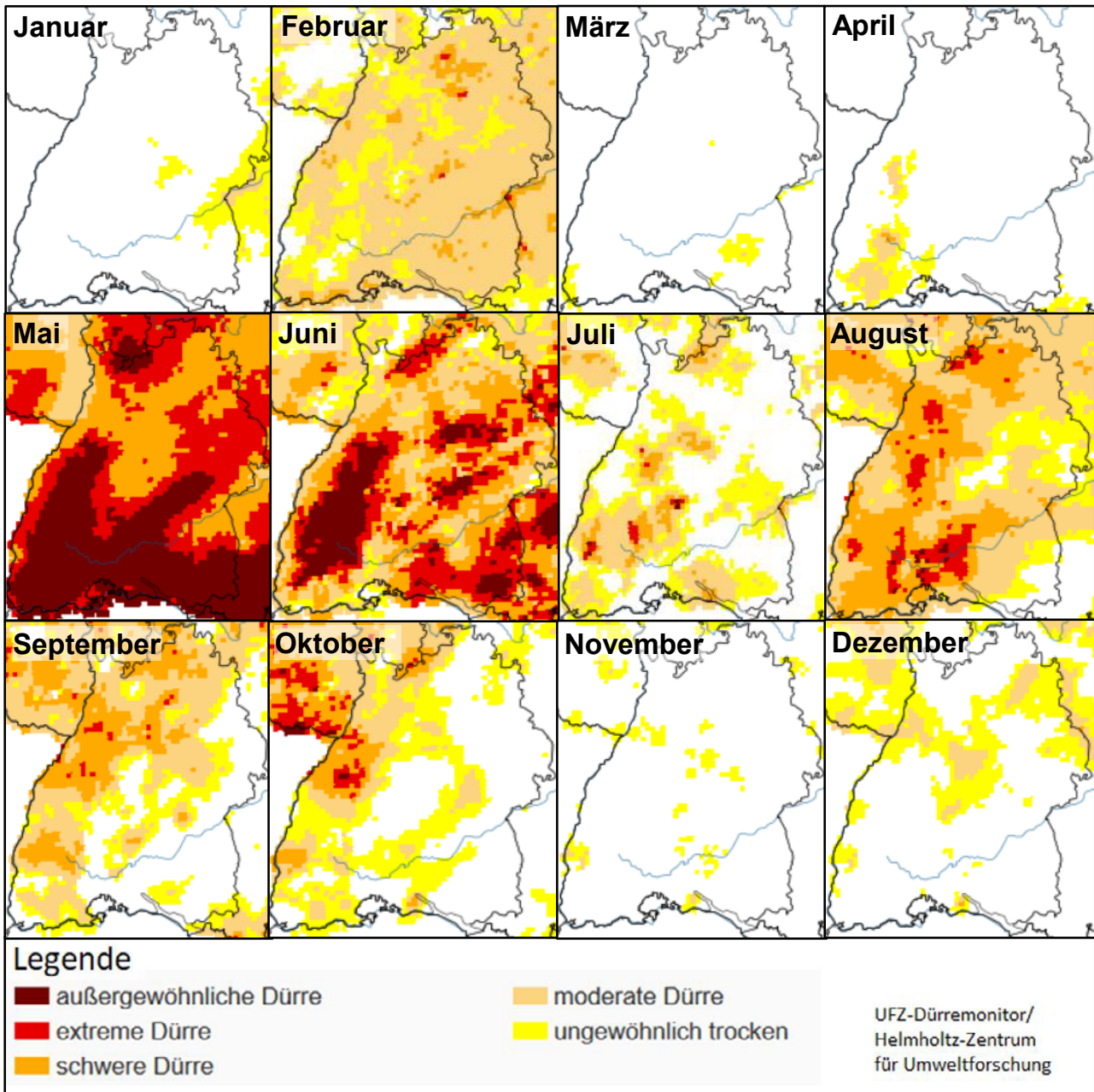


Abbildung 2.7: Klimatische Wasserbilanz im Zeitraum 1991 – 2020 für sechs Klimamessstationen des DWD. Für Rheinstetten liegen die Daten erst ab 2009 vor. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.



**U:W**

Abbildung 2.8: Dürre im Gesamtboden (bis etwa 180 cm Tiefe) in Baden-Württemberg in 2020 nach Modellrechnungen. Dürre ist die deutliche negative Abweichung der Bodenfeuchte vom langjährigen Erwartungswert und wird in einem sogenannten Perzentilansatz geschätzt. Dürre bedeutet, dass in der langen Zeitreihe zwischen 1951 – 2015 nur in 20 % der Jahre vergleichbar niedrige oder niedrigere Bodenwassergehalte ermittelt wurden. Dabei wird unterschieden in moderate Dürre (< 20%), schwere Dürre (< 10%), extreme Dürre (< 5 %) und außergewöhnliche Dürre (< 2 % der im Referenzzeitraum berechneten Werte). Die als ungewöhnlich trocken bezeichneten Werte zeigen Trockenheit unterhalb 30 % der Referenzwerte der Jahre 1951 – 2015. Datenquelle: LUBW, zusammengestellt nach Daten und Karten des UFZ-Dürremonitor/Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung.



U:W

Abbildung 2.9: Dürre im Oberboden (bis 25 cm tief) in Baden-Württemberg in 2020 auf Grundlage von Modellrechnungen. Die Erläuterung der Legende ist Abbildung 2.8 zu entnehmen. Datenquelle: LUBW, zusammengestellt nach Daten und Karten des UFZ-Dürremonitor/Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung.

### 2.3.3 Fließgewässer

#### Kurz gesagt:

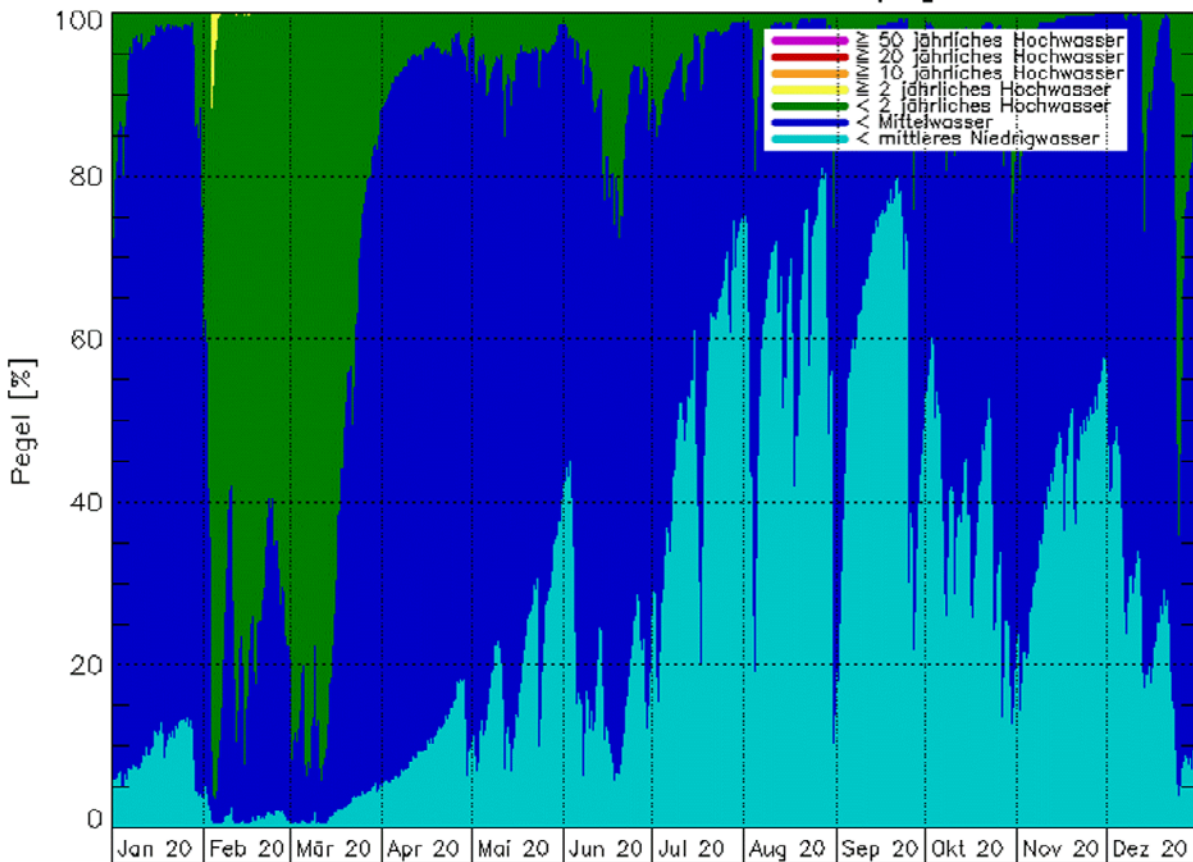
- 2020 war nach 2018 erneut ein Jahr mit einer außergewöhnlichen Niedrigwassersituation. Zeitweise befanden sich über 75 % der Kennwertpegel gleichzeitig im Niedrigwasser.
- In Bezug auf Hochwasser war 2020 eher ein ruhiges Jahr. Es war kein extremes Hochwasserereignis in Baden-Württemberg zu verzeichnen.

Abbildung 2.10 zeigt die hydrologische Gesamtsituation der Oberflächengewässer in Baden-Württemberg im Jahr 2020. Dargestellt ist der prozentuale Anteil an Kennwertpegeln, die einen bestimmten Schwellenwert im Wasserstand oder Abfluss über- bzw. unterschreiten. In der ersten Jahreshälfte befindet sich der Großteil der Kennwertpegel im durchschnittlichen Bereich (< Mittelwasser und < 2-jährliches Hochwasser; dunkelblaue und grüne Flächenanteile). Anfang Februar trat aufgrund ergiebiger Niederschläge ein

Hochwasserereignis auf (> 2-jährliches Hochwasser; gelbe Flächenanteile), in zwei Schwarzwaldflüssen bildeten sich etwa 10-jährliche Hochwasser aus. Im Zuge dieses Ereignisses wurde vom 3. bis 5. Februar 2020 die Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) der LUBW eröffnet. In der zweiten Jahreshälfte befindet sich hingegen eine große Anzahl an Pegeln im Niedrigwasserbereich (< mittleres Niedrigwasser; hellblaue Flächenanteile). Insbesondere von Juli bis September waren zeitweise über 75 % der Kennwertpegel gleichzeitig von Niedrigwasser betroffen.

Um zu klären, ob es sich um eine außergewöhnliche Niedrigwassersituation oder eine charakteristische jahreszeitliche Schwankung handelt, erfolgt in Abbildung 2.11 die Einordnung der Niedrigwasserphase des Jahres 2020 in den Zeitraum 2000 – 2019. Dargestellt ist für die Jahre 2018 und 2020 der Anteil an Kennwertpegeln in Baden-Württemberg, die im Wasserstand oder im Abfluss den Schwellenwert „mittleres Niedrigwasser“ unterschreiten (farbige

Abflussklassen an HVZ-Kennwertpegeln



Zeitbereich vom 01.01.2020 bis 31.12.2020 MEZ R O H D A T E N ohne Gewähr  
 Hochwasservorhersagezentrale Baden-Württemberg der LUBW – Mittwoch, 13. Januar 2021 08:27:44 MEZ



Abbildung 2.10: 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.



Linien). Zusätzlich sind das Maximum, das Minimum und der Median der Schwellenwertunterschreitung im Jahresverlauf berechnet über den Zeitraum 2000 – 2019 dargestellt. Vergleicht man das Jahr 2020 mit dem Median wird deutlich: 2020 ist nach 2018 erneut ein außerordentliches Niedrigwasserjahr. Ende April, Mitte Mai, Anfang Juni und auch im Juli befanden sich im betrachteten Zeitraum noch nie so viele Kennwertpegel gleichzeitig in Baden-Württemberg im Niedrigwasser. Auch die Auswirkungen der Frühjahrstrockenheit sind im April ersichtlich. Im Vergleich zum Niedrigwasserjahr 2018 entspannte sich die Gesamtsituation zwar gegen Ende September, lag aber dennoch bis Jahresende weit über dem Durchschnitt (2000 – 2019). Die HVZ befand sich 2020 an insgesamt 78 Tagen im Niedrigwasserbetrieb. Die Anzahl an Tagen ist ähnlich zum Jahr 2018, in dem sich die HVZ an 74 Tagen im Niedrigwasserbetrieb befand. Zum Vergleich: Im Jahr 2019 waren es lediglich 28 Tage.

### 2.3.4 Grundwasser

#### Kurz gesagt:

- Das Jahr 2020 zählt trotz der steilen Grundwasseranstiege zu Jahresbeginn erneut zu den Zeiträumen mit den niedrigsten Grundwasserständen und Quellschüttungen seit Bestehen des amtlichen Grundwasserstandmessnetzes im Jahr 1913. Die Grundwasserstände und Quellschüttungen waren ab dem April 2020 ununterbrochen rückläufig. Lediglich im Schwarzwald wurden kleinere Wiederanstiege vor Jahresende beobachtet.
- Nach dem frühzeitigen Ausklang der Grundwasserneubildung im trockenen April 2020 war der wägbare Lysimeter Büchig zum Jahresende immer noch trocken. In 50 Beobachtungsjahren war dies zuletzt Ende 2018 zum ersten und einzigen Mal der Fall.

Die quantitativen Grundwasserverhältnisse sind seit 2016 überwiegend angespannt. Das Jahr 2020 setzt diese Reihe, trotz des steilen, jedoch nicht anhaltenden Grundwasseranstiegs zu Jahresbeginn, fort und zählt ebenfalls zu den

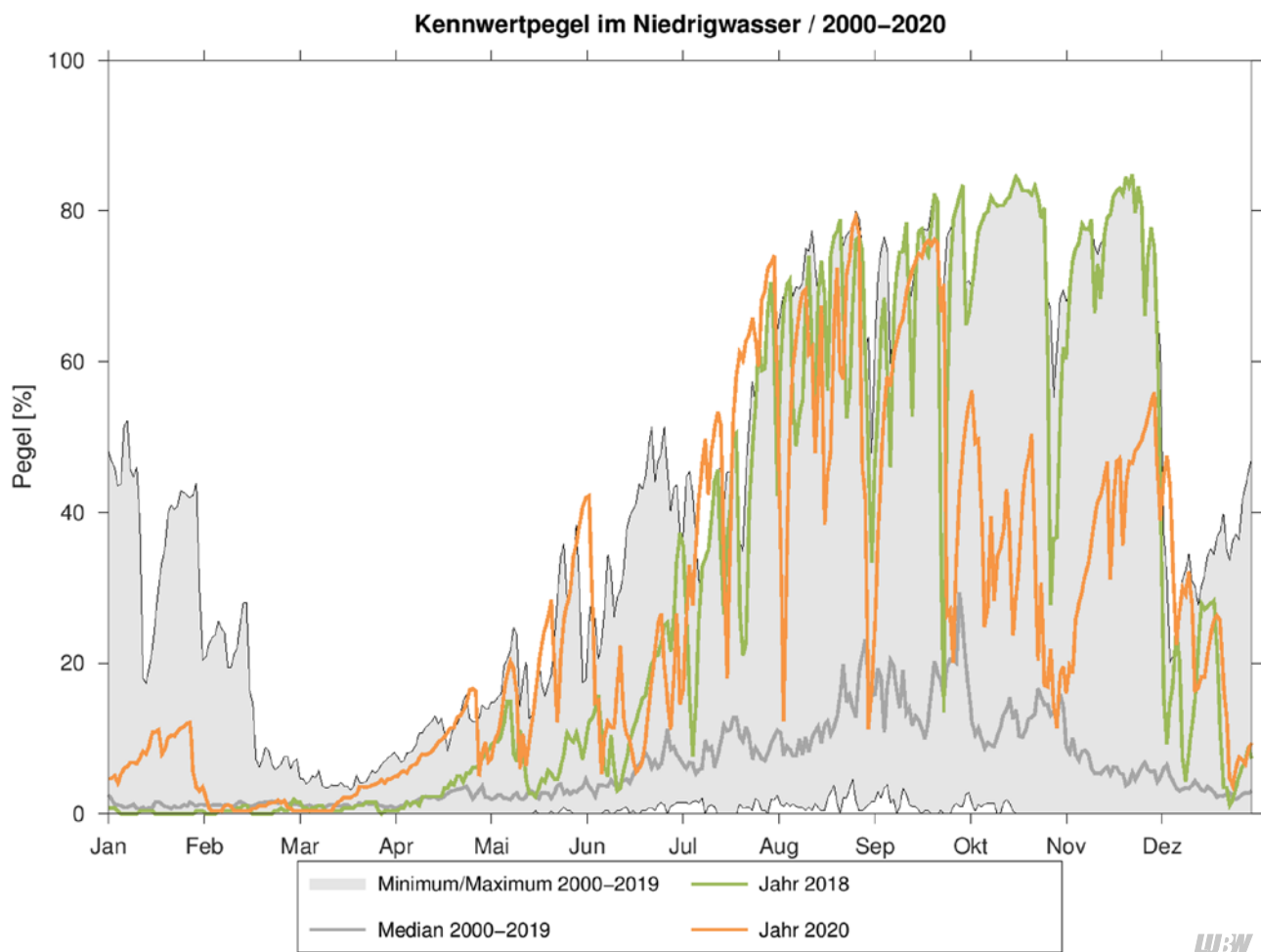


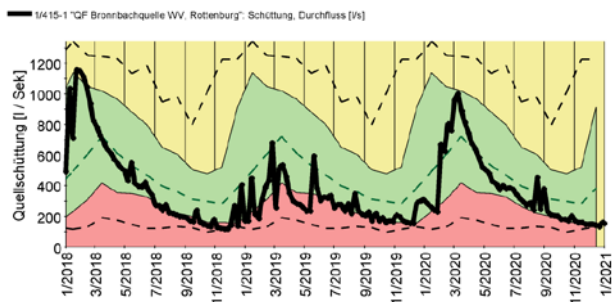
Abbildung 2.11: Anteil der Kennwertpegel in Baden-Württemberg, die im Wasserstand oder Abfluss den Schwellenwert mittleres Niedrigwasser unterschreiten. Dargestellt sind sowohl die beiden Jahre 2018 und 2020 sowie Minimum, Maximum und Median des Zeitraums 2000 – 2019. Grafik basiert auf ungeprüften Rohdaten. Datenquelle: LUBW.

Zeiträumen mit den niedrigsten Grundwasserständen und Quellschüttungen seit Bestehen des amtlichen Grundwasserstandsmessnetzes im Jahr 1913.

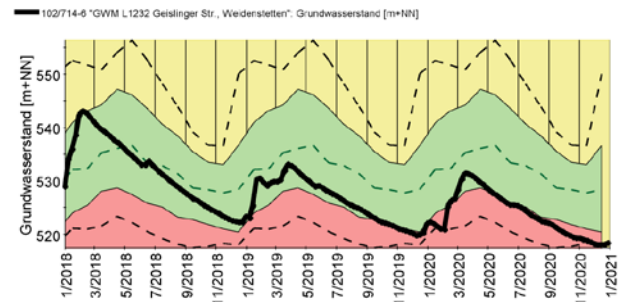
Das Jahr 2020 war erneut sehr trocken, wobei insbesondere der außergewöhnlich trocken-warme April eine frühzeitige Unterbrechung der Grundwasserneubildung bewirkte. Der Bodenwasserspeicher wurde binnen weniger Wochen entleert und hat sich im weiteren Jahresverlauf nicht mehr erholt. Der durchschnittlich nasse Juni und ein feuchter August führten zu keiner nennenswerten Grundwasserneubildung und die Dezemberriederschläge kamen zu spät, um noch vor dem Jahreswechsel den Neubildungsprozess wieder anzustoßen. Der wägbare Lysimeter Büchig bei Karlsruhe war zum Jahreswechsel 2020/21 immer noch

trocken, was in 50 Beobachtungsjahren bis dahin nur ein einziges Mal Ende 2018 der Fall war (vgl. Abbildung 2.12).

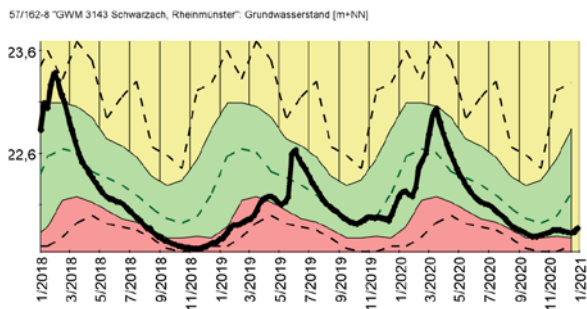
Nach den unterdurchschnittlichen Grundwasserhältnissen im Jahr 2019 hatte die feuchte Witterung zum Jahresende 2019 in Teilen des Landes für eine Erholung der Grundwasservorräte gesorgt. Diese Entwicklung setzte sich nach dem Jahreswechsel fort. Die Anstiege waren im Laufe des extrem nassen Februars 2020 besonders ausgeprägt, wobei die Grundwasserstände und insbesondere die Quellschüttungen kurzfristig in allen Landesteilen mit Ausnahme des Markgräflerlands auf ein überdurchschnittliches Niveau anstiegen. Aus grundwasserhydrologischer Hinsicht bot sich Ende März 2020 damit landesweit eine vielversprechende Ausgangssituation für das bevorstehende Sommerhalbjahr.



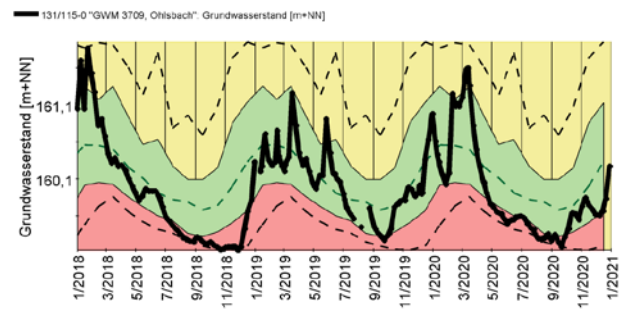
Quellschüttung in Rottenburg (Obere Gäue)



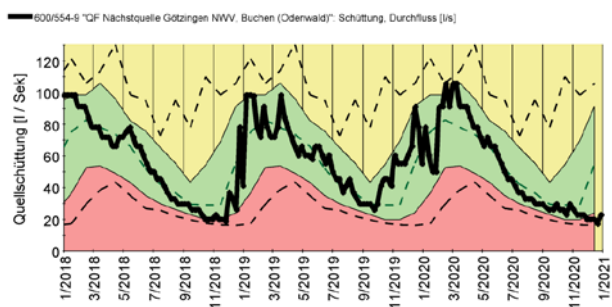
Grundwasserstand in Weidenstetten (Ostalb)



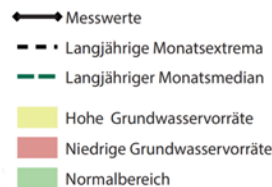
Grundwasserstand in Rheinmünster (mittlerer Oberrheingraben)



Grundwasserstand in Gengenbach (Kinzigtal)



Quellschüttung in Buchen (Odenwald)



Der Normalbereich (grüne Fläche) wird durch das 90. Perzentil als Obergrenze und das 10. Perzentil als Untergrenze der Monatswerte aus 30 Beobachtungsjahren definiert. Der langjährige Monatsmedian (30 Jahre) der Einzelmesswerte ist als grüne gestrichelte Linie, die Monatsextrima (30 Jahre) sind als schwarz gestrichelte Linien, die aktuellen Einzelmesswerte sind als durchgezogene schwarze Linie dargestellt.



Abbildung 2.12: Jahresgang 2018/2020 vor langjährigem Hintergrund verschiedener Quellschüttungen bzw. Grundwasserstände. Datenquelle: LUBW.

Im weiteren Jahresverlauf folgte jedoch aufgrund mehrerer Monate mit deutlichem Niederschlagsdefizit ein anhaltender und markanter Rückgang der Grundwasserstände und Quellschüttungen, die sich zu Jahresende vielerorts auf sehr niedrigem Niveau bewegten. So ist unter anderem auf der Schwäbischen Alb und in Oberschwaben in den Jahren 2018 bis 2020 ein allmählicher Rückgang zu beobachten, wodurch das sehr niedrige Niveau von 2018 zum Jahresende 2020 bereichsweise noch unterschritten wurde. Abgesehen von örtlichen Grundwasseranstiegen in Gewässernähe und im Schwarzwald haben die, mit dem Beginn des hydrologischen Winterhalbjahres im November normalerweise erwartbaren, Wiederanstiege zum Ende des Jahres 2020 nicht stattgefunden.

Das Jahr 2020 ist durch einen kurzfristigen und steilen Grundwasseranstieg im 1. Quartal und einen unmittelbar anschließenden Rückgang auf ein niedriges Niveau zum Jahresende gekennzeichnet. Grundwasser hat ein langes

Gedächtnis und die wiederholten Niedrigwassersituationen hinterlassen zunehmend Spuren. So wurden im Jahr 2020 wie auch in den vorangegangenen Jahren immer wieder Niedrigwassermarken unterboten.

### 2.3.5 Bodensee

#### Kurz gesagt:

- Die Wasserstände im Bodensee lagen im Sommerhalbjahr 2020 unter den langjährigen Tagesmittelwerten des Zeitraums 1880 – 2010, erreichten jedoch keine extrem niedrigen Werte. Im Winter und im Herbst waren die Wasserstände hingegen überdurchschnittlich. Dies führte zu einem Wasserstandsverlauf mit relativ geringen saisonalen Schwankungen.
- Die Wassertemperaturen an der Oberfläche in der Seemitte waren im Spätwinter (Ende Januar bis Anfang März) mit ca. 6°C saisonal relativ hoch. Dies war ungünstig für die vertikale Durchmischung und den Tiefenwasseraustausch.

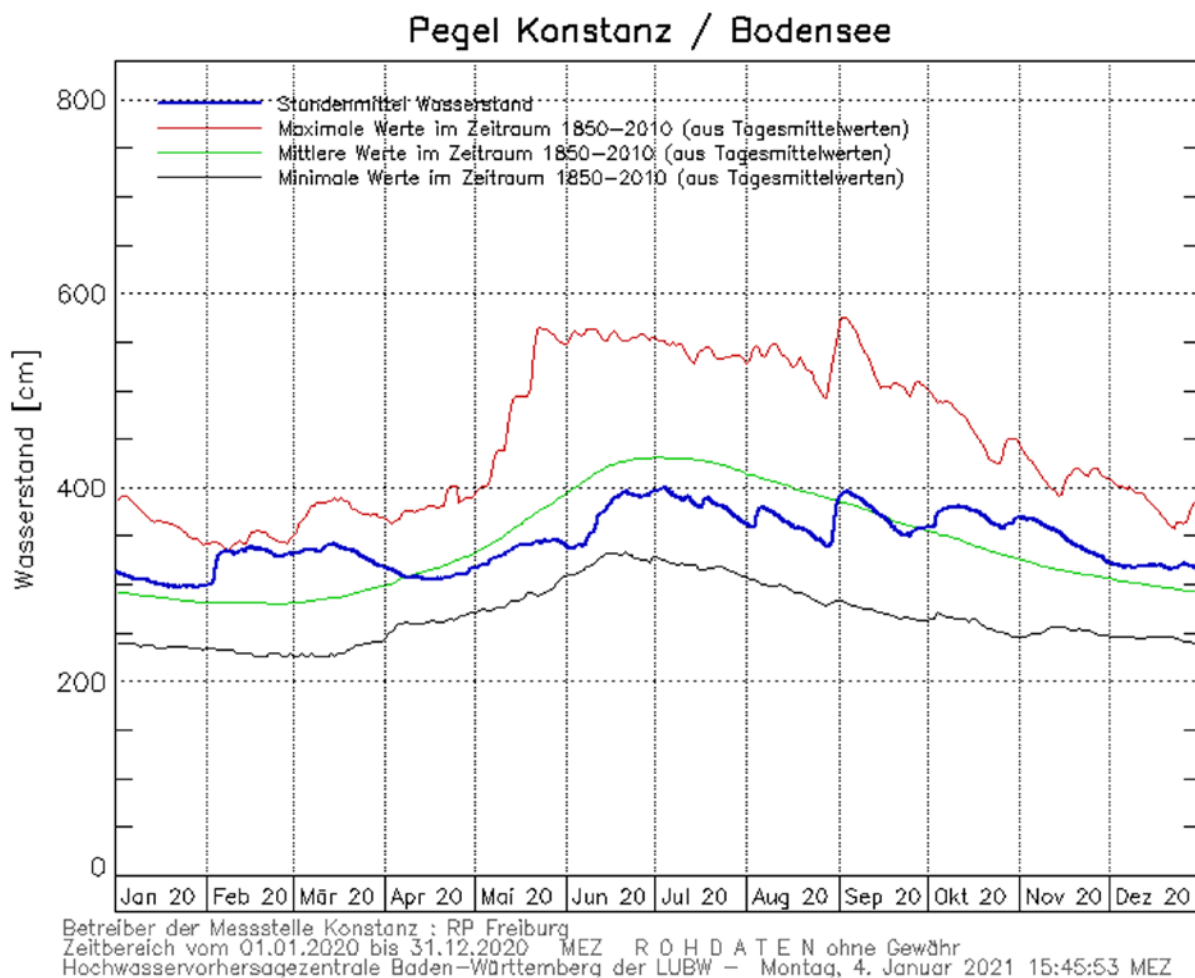


Abbildung 2.13: Jahresgang des Wasserstands am Bodensee (Pegel Konstanz) im Vergleich zum langjährigen Tagesmittel, minimalen und maximalen Wasserständen im Zeitraum 1850 – 2010. Datenquelle: Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) der LUBW.

- Die sommerlichen Wassertemperaturen waren anhaltend hoch. Die im August 2020 gemessene Maximumtemperatur von 24°C gehört in der langjährigen Messreihe seit den 1960er-Jahren zu den hohen jährlichen Maximumwerten, liegt jedoch noch deutlich unter der bereits beobachteten Temperatur von ca. 26°C.

Das Jahr 2020 begann mit saisonal typischen Wasserständen. Im Februar kam es jedoch zu einem starken Anstieg und die Wasserstände erreichten jahreszeitlich betrachtet ungewöhnlich hohe Werte (Abbildung 2.13). Da der Februar im langjährigen Mittel die niedrigsten Wasserstände im Jahr aufweist, führten diese saisonalen Extremwerte dennoch zu keinen Hochwasserwerten. Im April fielen die Wasserstände unter den mittleren saisonalen Verlauf und blieben, dem relativ trockenen Sommer entsprechend, bis Ende August unterdurchschnittlich. Ab Oktober bis zum Jahresende wurden wieder überdurchschnittliche Wasserstände aufgezeichnet. Im Vergleich zum langjährigen mittleren Verlauf, der durch hohe Wasserstände im Sommer und niedrige Wasserstände im Winter gekennzeichnet ist, zeigte der Wasserstandsverlauf im Jahr 2020 nur relativ geringe saisonale Schwankungen.

Im Rahmen des regelmäßigen Monitorings werden an ein oder zwei Terminen pro Monat an verschiedenen Messstellen im Bodensee die Wassertemperaturen aufgezeichnet. Die Oberflächentemperaturen an der Hauptmessstelle in der Mitte des Obersees waren im Spätwinter (Ende Januar bis Anfang März) mit ca. 6°C noch relativ hoch. Der Winter hatte den See somit nicht hinreichend ausgekühlt, um die Temperaturschichtung aufzulösen. Dies waren ungünstige Bedingungen für eine gute vertikale Durchmischung, so dass es nur zu einem relativ schwachen Austausch des Tiefenwassers kam. Oberflächentemperaturen über 10°C wurden ab Mai, Werte über 20°C ab Juli gemessen. Der höchste Messwert wurde im August mit 24°C erfasst. Dieser Wert gehört in der langjährigen Messreihe seit 1963 zu den hohen Temperaturwerten. In den Jahren 2015 und 2018 wurden jedoch bereits Temperaturen um 26°C beobachtet. Der September war noch relativ lange warm und bot Wassertemperaturen um 20°C. Im Oktober fielen die Temperaturen jedoch rasch auf Werte unter 15°C ab.

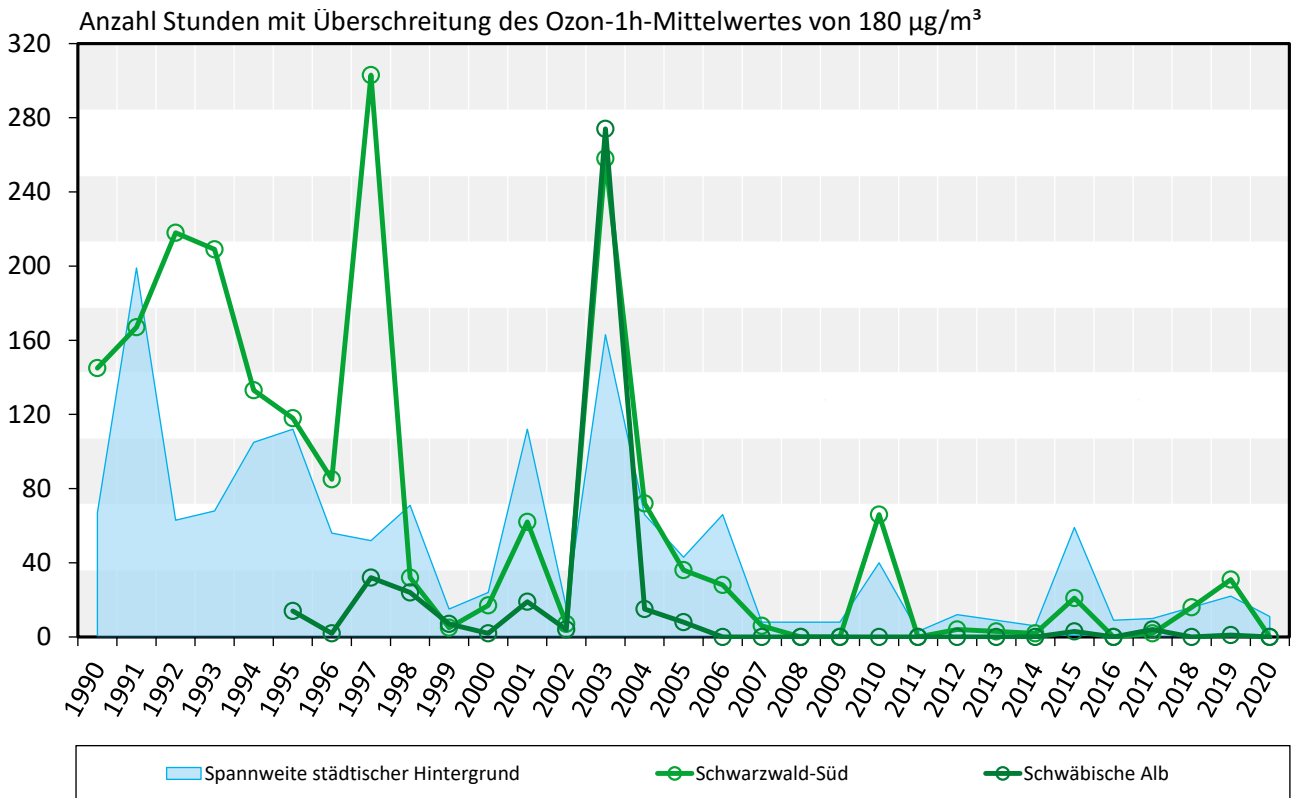
## 2.4 Ozon

### Kurz gesagt:

- Die Ozonspitzenkonzentration geht seit Anfang der 1990er-Jahre zurück.
- In Jahren mit heißen, trockenen und strahlungsintensiven Sommern, wie 2003, 2015, und nun bereits die letzten drei Jahre 2018 bis 2020 sind die Ozonkonzentrationen erhöht.
- Der langfristige Zielwert bis 2020 konnte im städtischen und ländlichen Hintergrund nicht eingehalten werden.

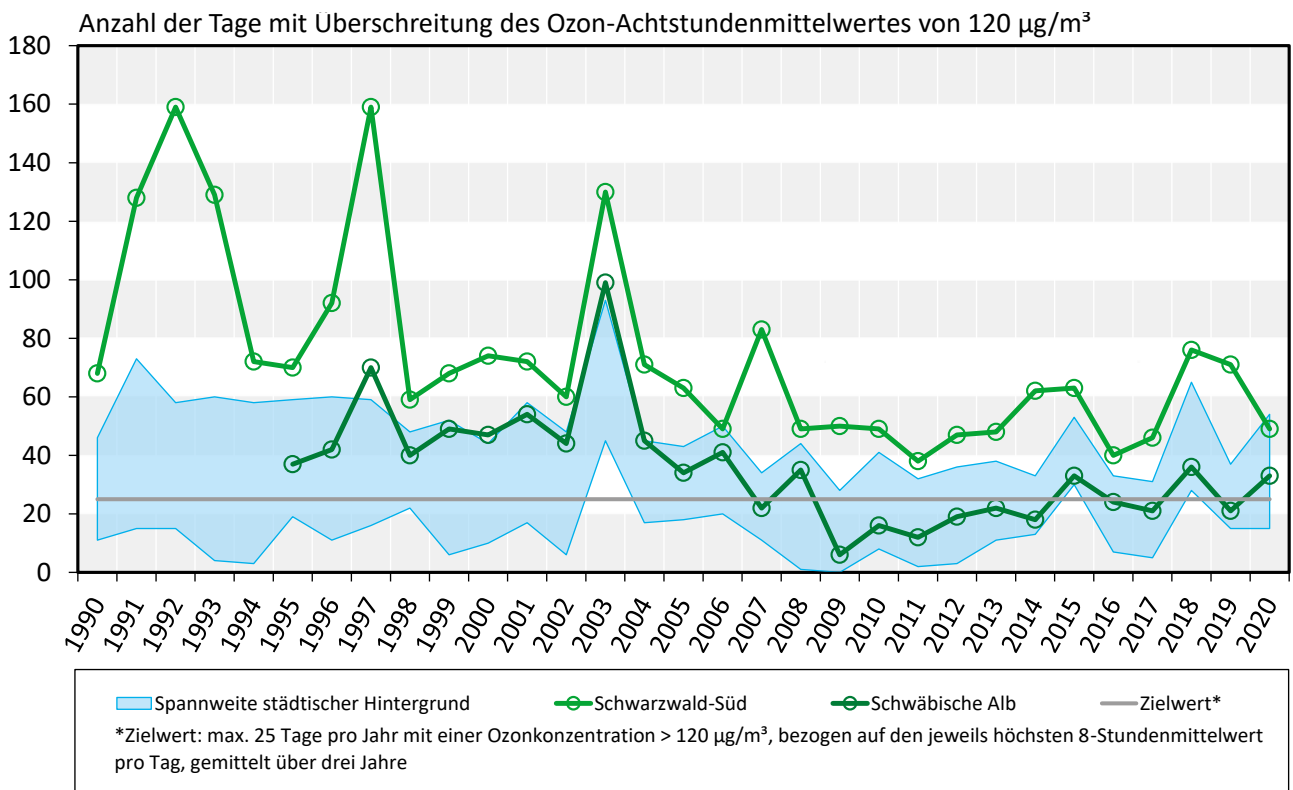
Seit Anfang der 1990er-Jahre ist ein Rückgang der Immissionsbelastung durch Ozon sowohl bei den Messstationen im städtischen als auch im ländlichen Hintergrund festzustellen, der sich insbesondere bei den Ozonspitzenkonzentrationen zeigt (Abbildung 2.14, 2.15). Ursache sind die rückläufigen Konzentrationen 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.

Im Sommer 2020 führten erneut warme Wetterlagen zu einigen Überschreitungen des Informationsschwellenwertes von 180 µg/m<sup>3</sup> (1-Stundenmittelwert). Im Vergleich zum Vorjahr 2019 war die Anzahl jedoch deutlich geringer (weniger als 20 %). Fast flächendeckend wurde der Zielwert zum Schutz der Gesundheit von 120 µg/m<sup>3</sup> (höchster 8-Stundenmittelwert eines Tages an mehr als 25 Tagen) überschritten. Die Beurteilung des Zielwertes für einen 3-Jahreszeitraum zeigt, dass in den letzten sechs Mittelungszeiträumen an der Mehrheit der Messstationen der Zielwert überschritten wird, Tendenz steigend (Abbildung 2.16). Damit konnte dieser langfristige Zielwert bis 2020 nicht eingehalten werden.



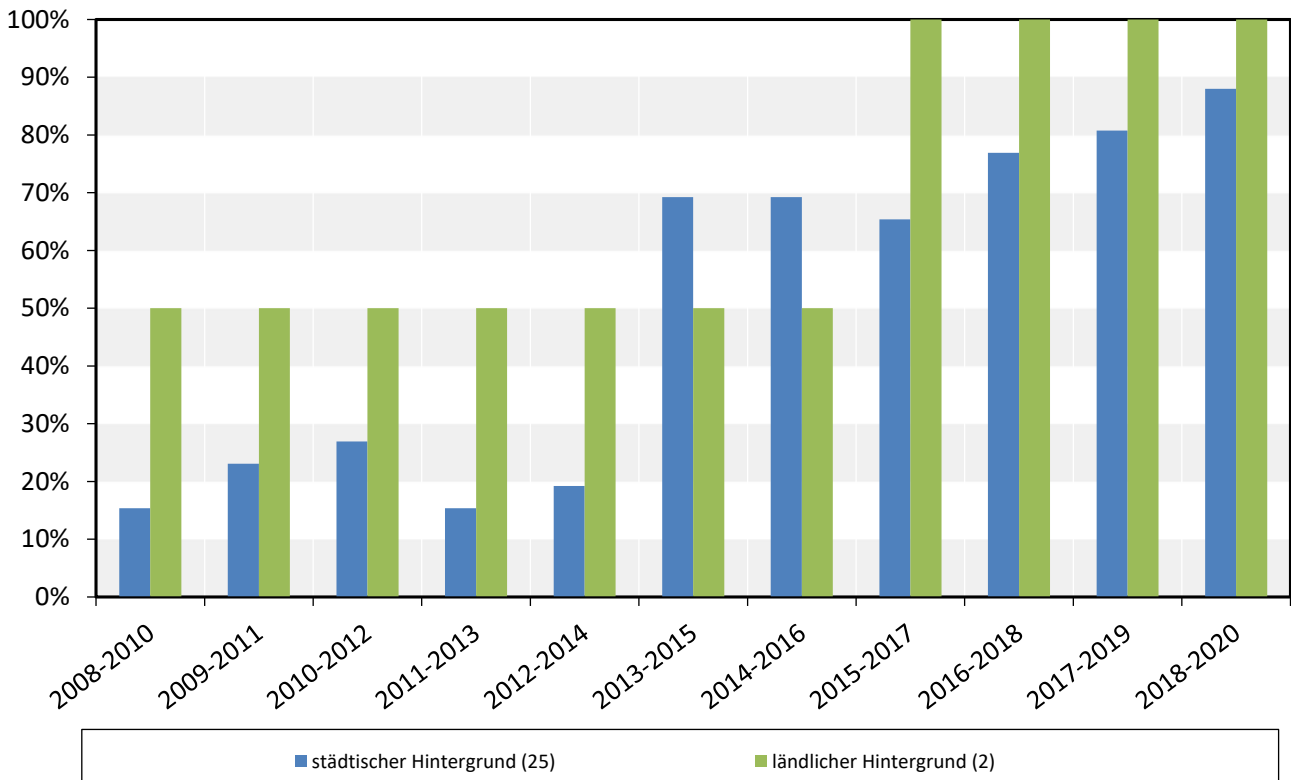
LUBW

Abbildung 2.14: Anzahl der Stunden mit Überschreitung des Ozon 1-Stundenmittelwertes von 180 µg/m³ (Informationsschwelle) in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW.



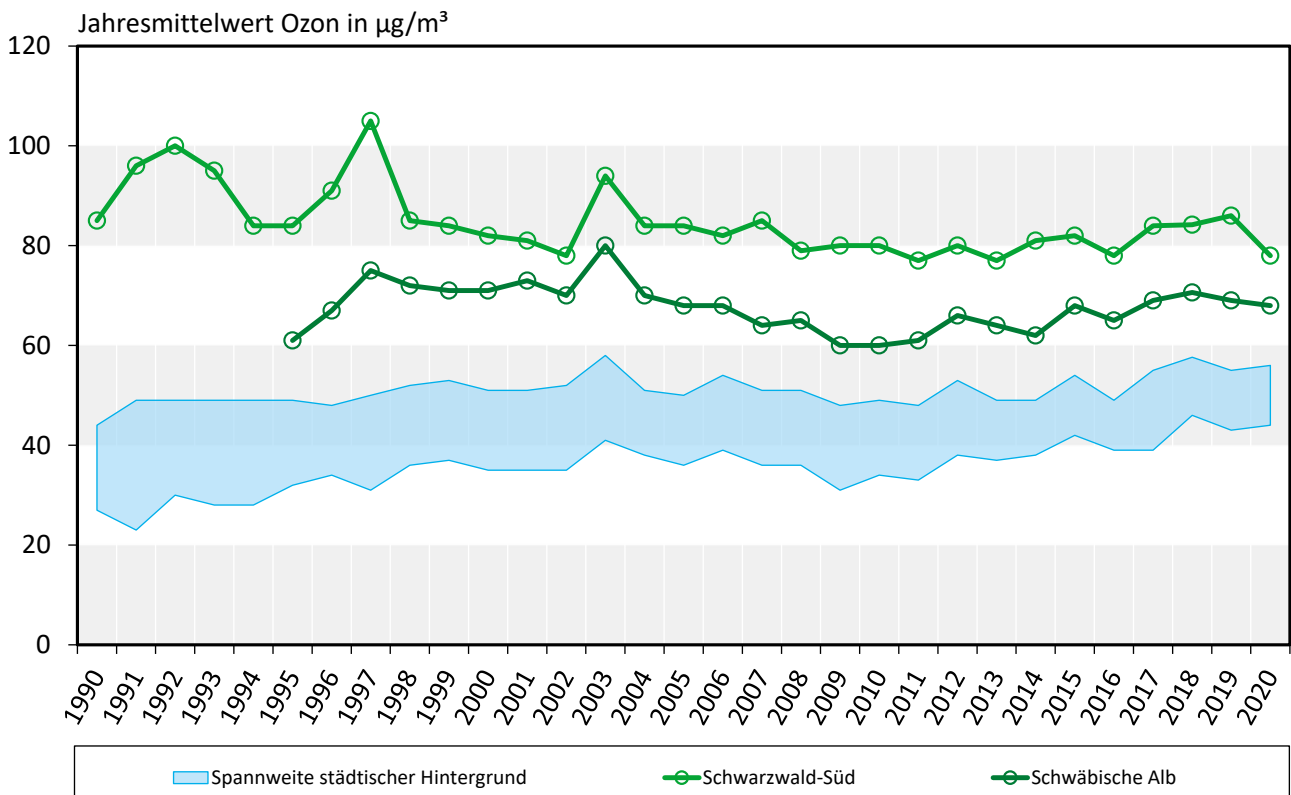
LUBW

Abbildung 2.15: Anzahl der Tage mit Überschreitung des Ozon 8-Stundenmittelwertes von 120 µg/m³ in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW.



LUBW

Abbildung 2.16: Prozentualer Anteil der Messstationen in Baden-Württemberg mit Überschreitung des Zielwertes von 120 µg/m³ Ozon im 8-Stundenmittel (gemittelt über 3 Jahre). Datenquelle: LUBW.



LUBW

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

Die Jahresmittelwerte der Ozonkonzentrationen steigen seit einigen Jahren wieder an, sowohl im ländlichen Raum als auch im städtischen Hintergrund (Abbildung 2.17). Hier spielt auch die zentrale Lage Deutschlands und der grenzüberschreitende Transport von Luftschadstoffen und damit von Ozonvorläufern eine Rolle. Hinzu kommt, dass in den Städten verstärkt die Emissionen von Stickstoffoxiden zurückgehen und so im städtischen Hintergrund weniger ozonreduzierende Stickstoffoxide zur Verfügung stehen. Dies führt zu einem Anstieg der Ozonkonzentrationen in den Städten.

Unter der Annahme, dass der Klimawandel in Baden-Württemberg zu einem vermehrten Auftreten von Hitzeperioden und länger anhaltenden Hochdruckwetterlagen im Sommerhalbjahr führt, ist bei gleichbleibender Verfügbarkeit der Vorläufersubstanzen mit einer verstärkten Bildung von Ozon in den bodennahen Luftschichten und einem Anstieg der mittleren Ozonkonzentrationen zu rechnen.

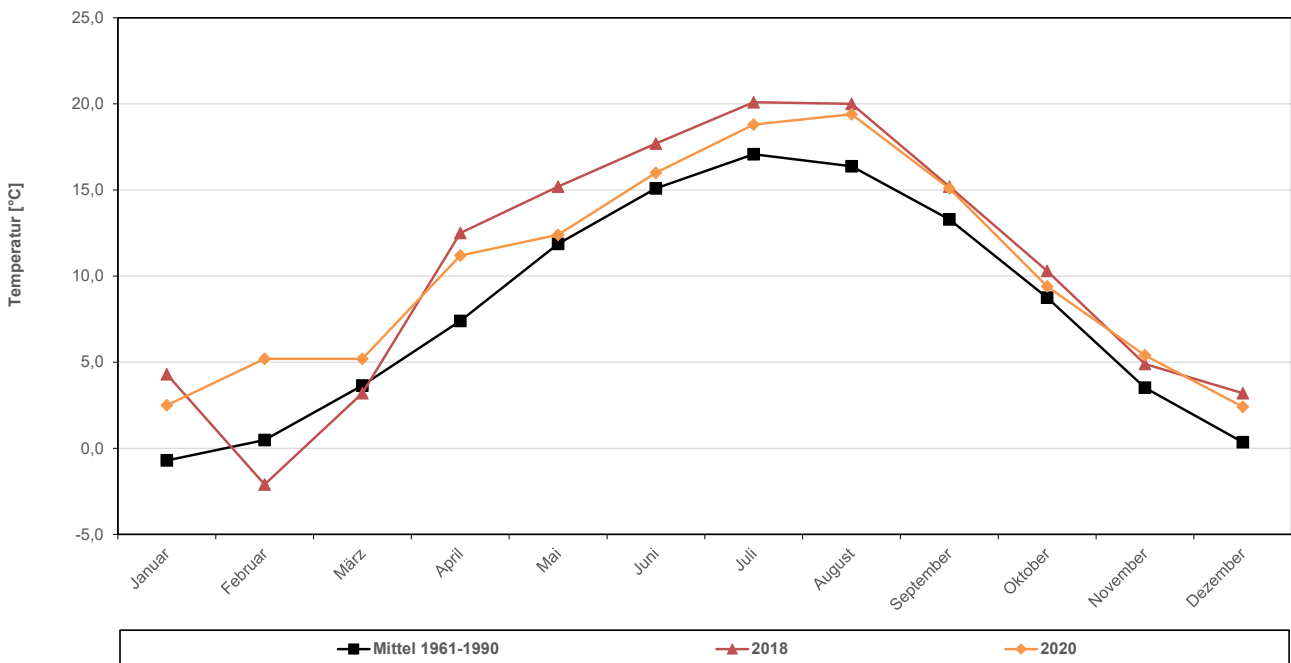
## 2.5 Auswirkungen auf die Natur

### 2.5.1 Phänologie

#### Kurz gesagt:

- Die Entwicklung der Pflanzen war 2020 geprägt durch einen sehr milden Winter und ein extrem trocken-warmes sowie sonnenreiches Frühjahr.
- Die Apfelblüte begann 22 Tage früher als im Mittel des Referenzzeitraums 1961 – 1990 und war bis Ende April annähernd abgeschlossen; die Pflückreife zog sich jedoch bis in den August hinein.

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.



LUBW

Abbildung 2.18: Mittlere Monatstemperaturen in Baden-Württemberg. Monatsmittel 1961 – 1990 im Vergleich zum trocken-warmen Jahr 2018 und dem Jahr 2020. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes.

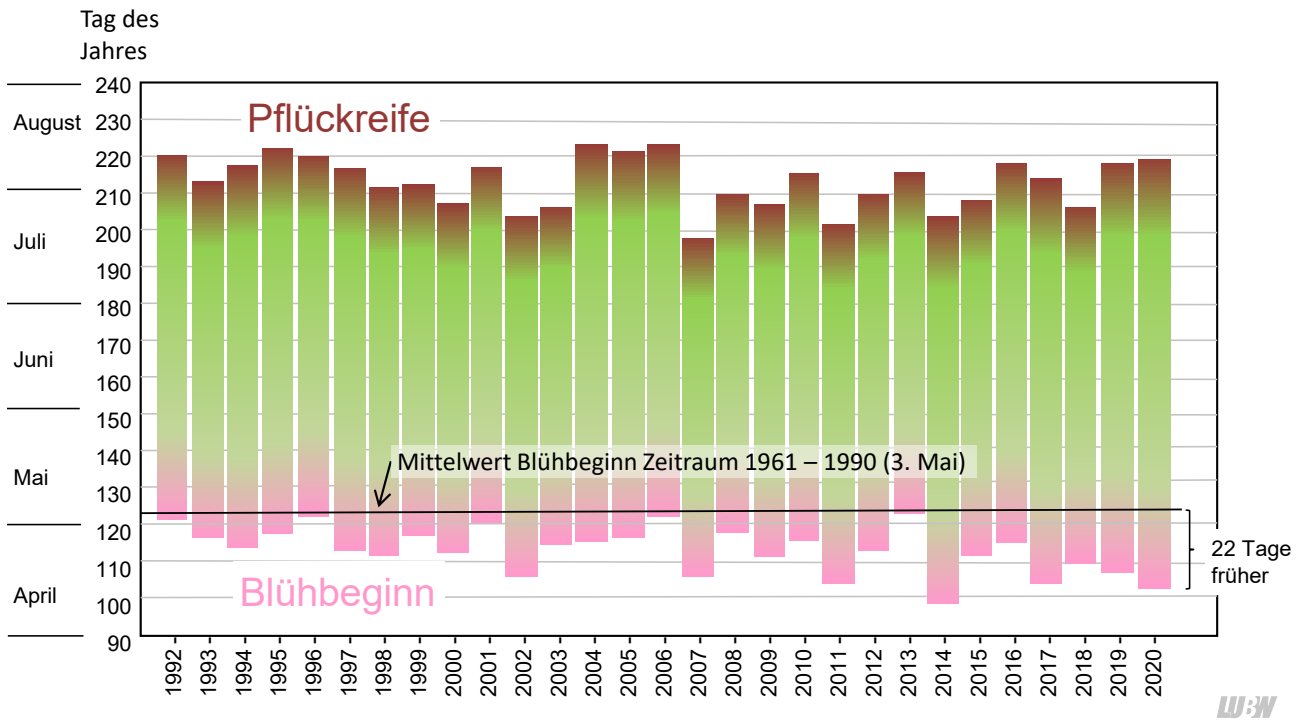


Abbildung 2.19: Mittlerer Beginn der Apfelblüte bis zur Pflückreife vorwiegend frühblühender Apfelbäume in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes (Stand 06.02.2021).

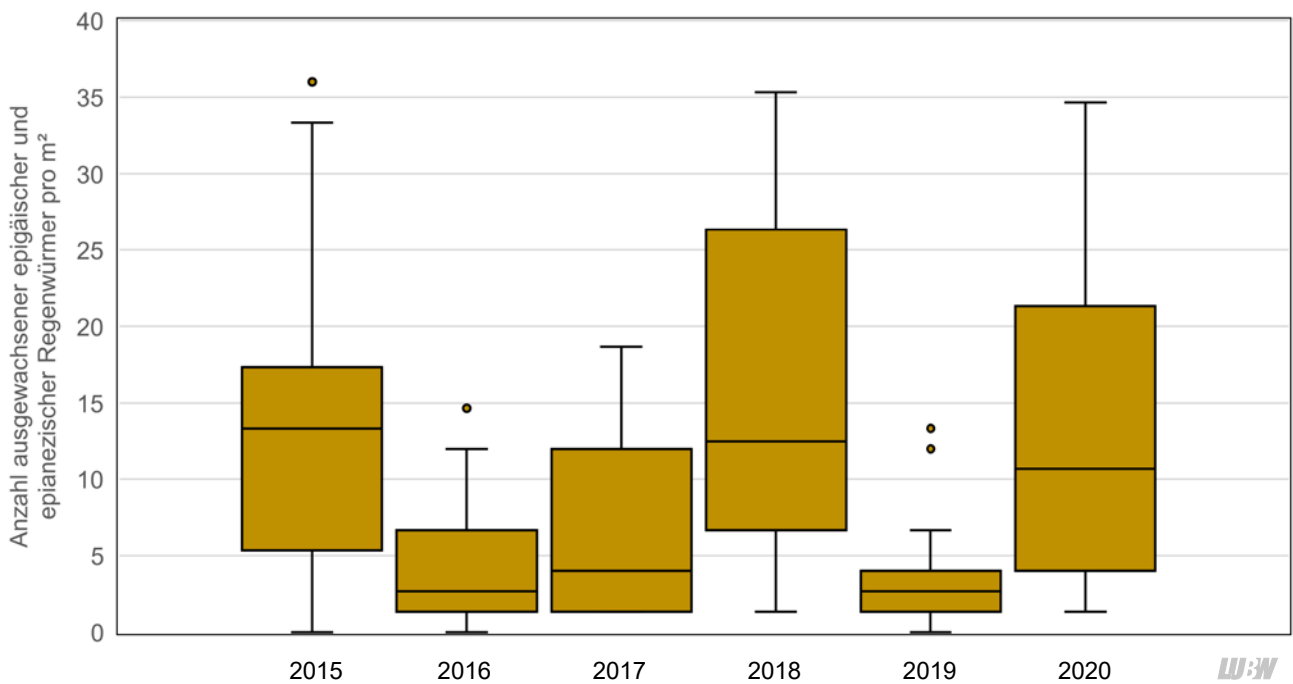


Abbildung 2.20: Boxplot der mittleren Anzahl ausgewachsener Regenwürmer pro m<sup>2</sup> von Arten, die an der Oberfläche leben (epigäisch) oder dort zumindest ihre Nahrung finden (epi-anezisch). Da die Probenahme in den Monaten April bis Juni erfolgt, werden die Effekte der Dürren in 2015, 2018 und 2020 jeweils erst im darauffolgenden Jahr sichtbar. Datenquelle: Untersuchungen im Auftrag der LUBW durch Dr. Otto Ehrmann.



Die Apfelblüte setzte 2020 im landesweiten Mittel bereits am 11.04. ein. Dies ist der zweitfrüheste Blühbeginn seit 1992. Im Vergleich zum Referenzzeitraum 1961 – 1990 setzte die Apfelblüte damit 22 Tage früher ein (vgl. Abbildung 2.19). Gründe für die sehr frühe Entwicklung sind ein sehr milder Winter, die hohen Frühlingstemperaturen im März und April sowie die mit 732 Stunden außergewöhnlich hohe Sonnenscheindauer (vgl. Abbildung 2.18 und 2.2). Die weitere Entwicklung wurde durch den vergleichsweise kühlen Mai und Juni verzögert, so dass sich die Pflückreife bis in den August 2020 hinzog.

Nicht nur bei den Äpfeln zeigte sich ein frühes Aufblühen, sondern auch bei den Süßkirschen und verschiedenen Wildpflanzen, wie dem schwarzen Holunder. Der frühe Blühbeginn birgt vermehrt das Risiko, dass Spätfröste die empfindlichen Blüten schädigen können und somit zu Ernteeinbußen führen. Auch 2020 gab es wie bereits in den Vorjahren Spätfrostschäden. Besonders in Südbaden führten Ende März 2020 mehrere Tage in Folge mit bis zu  $-7\text{ °C}$  zu Ernteeinbußen im Obstanbau.

## 2.5.2 Regenwurmfauna

### Kurz gesagt:

- Die durchgängig oder zeitweise an der Oberfläche lebenden Regenwürmer reagieren empfindlich auf Trockenheit, weshalb die Populationen in 2016 und 2019 infolge der Dürre in den Vorjahren einbrachen. Diese Regenwurmarten spielen eine wichtige Rolle im Ökosystem.
- In 2020 konnten sich die Regenwürmer aufgrund des feuchten Vorjahres 2019 wieder erholen; erst in 2021 wird sich zeigen, welche Auswirkungen das erneut trockene Jahr 2020 hat.
- Die Populationen der Regenwurmarten, die in tieferen Bodenschichten leben, blieben stabil.

Seit 2015 werden jährlich im Rahmen des Biologischen Messnetzes der Medienübergreifenden Umweltbeobachtung der LUBW an 13 im Land verteilten Walddauerbeobachtungsflächen Regenwürmer untersucht. Die ausgewachsenen Würmer, die an der Bodenoberfläche leben (epigäische Arten) oder dort zumindest ihre Nahrung aufnehmen (epi-anezische Arten), reagieren deutlich auf die Dürrejahre 2015 und 2018 (vgl. Abbildung 2.20).

Da die Probenahme immer in den Monaten April bis Juni erfolgt, werden Effekte auf die Populationen erst im darauffolgenden Jahr sichtbar. Die Populationseinbrüche in 2016 und 2019 sind somit sicherlich auf die Trockenjahre 2015 und 2018 zurückzuführen. Nach der Dürre in 2015 brauchte die Regeneration der Wurmpopulationen zwei Jahre. Dürrejahre in kurzer Folge hintereinander sind auf längere Sicht daher möglicherweise ein Problem für diese Arten. In 2019 lagen die Populationen infolge des sehr trockenen Jahres 2018 an allen 13 Standorten auf einem besonders niedrigen Niveau. Erst in 2020 zeigte sich wieder ein Anstieg der Anzahl der ausgewachsenen an der Oberfläche lebenden Regenwürmer, da das Jahr 2019 wieder feuchter war. Für 2021 ist jedoch zu erwarten, dass die Populationen aufgrund des wiederum sehr trockenen Jahres 2020 erneut einbrechen werden.

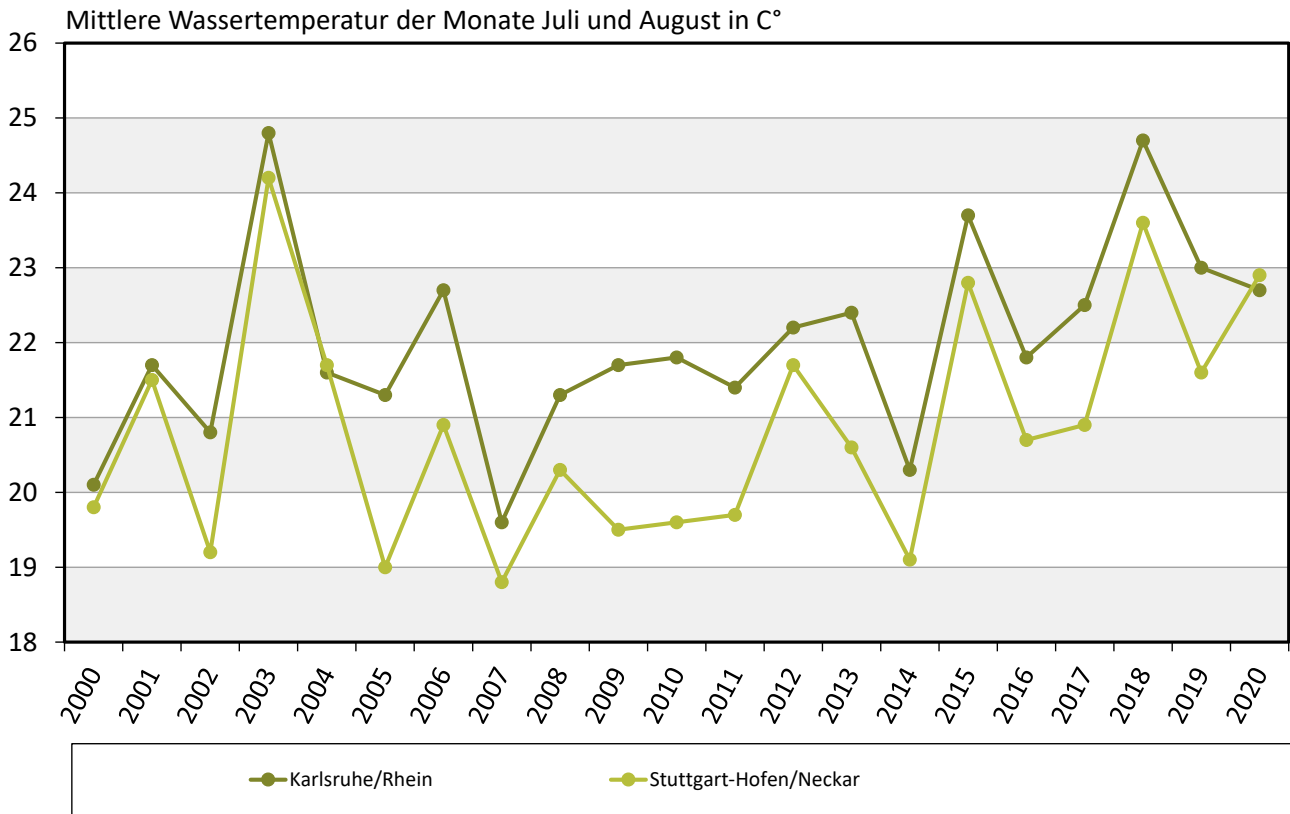
Die an der Oberfläche ihre Nahrung suchenden Regenwürmer spielen eine besonders große Rolle beim Streuabbau. Epi-anezische Regenwürmer, die an der Oberfläche ihre Nahrung finden aber sonst unterirdisch leben, transportieren den Humus in tiefere Bodenschichten und sind somit entscheidende Organismen unserer Ökosysteme. Auch als Nahrung für Vögel oder Kleinsäuger spielen diese Regenwurmarten eine wichtige Rolle.

Die vorwiegend in tieferen Bodenschichten lebenden Arten (endogäisch) überdauern ungünstige Perioden in einer Art Kokon und sind dort vor Austrocknung besser geschützt. Bei diesen Arten gibt es keine vergleichbaren Populationseinbrüche.

## 2.5.3 Fließgewässerökologie

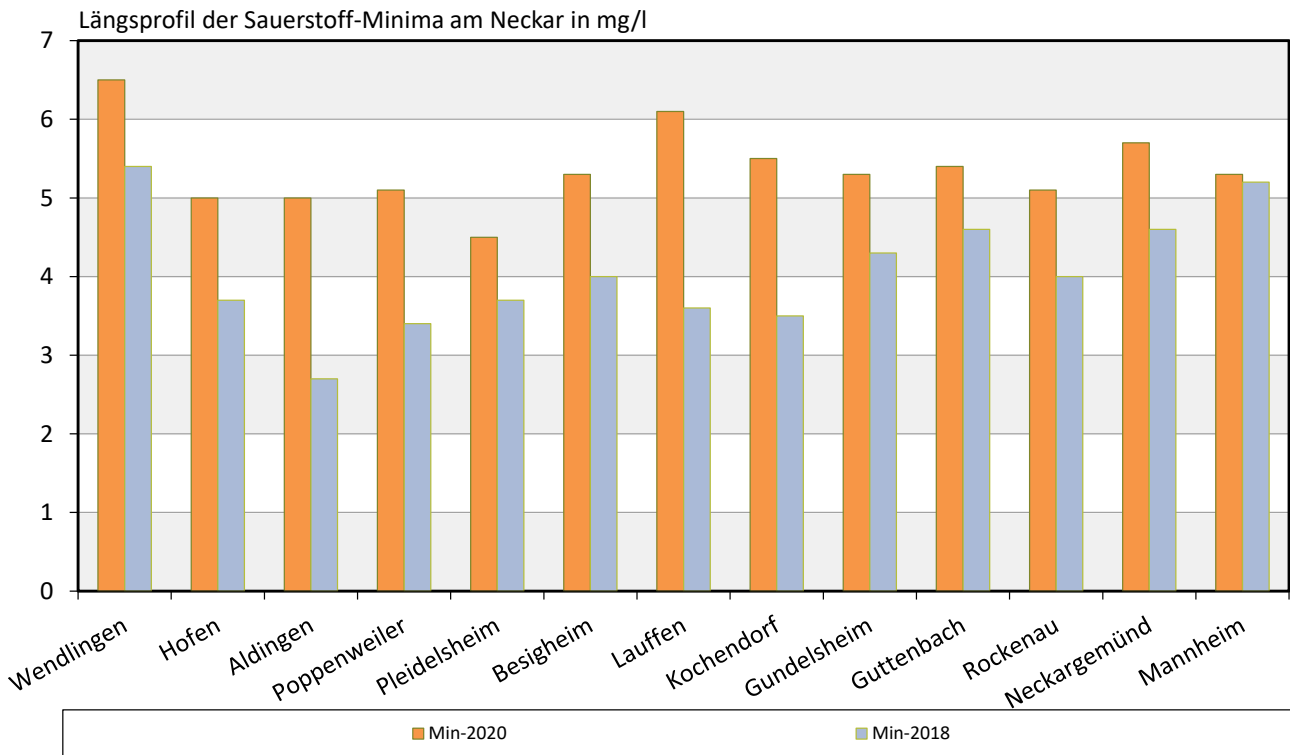
### Kurz gesagt:

- Die Wassertemperatur und der Abfluss haben entscheidenden Einfluss auf die Lebensgemeinschaften in Fließgewässern.
- Die sommerlichen Wassertemperaturen von Rhein und Neckar lagen 2020 in Höhe und Dauer deutlich unter den Werten von 2018; dennoch waren sie relativ hoch.
- Die Sauerstoffkonzentration im Neckar war unkritisch; es wurde nur an einer Messstation kurzzeitig der Wert von  $5\text{ mg/l}$  unterschritten.



LUBW

Abbildung 2.21: Mittlere Wassertemperatur berechnet aus den Tagesmittelwerten der Monate Juli und August im Zeitraum 2000 bis 2020 der Messstationen Karlsruhe / Rhein und Stuttgart-Hofen / Neckar. Datenquelle: LUBW.



LUBW

Abbildung 2.22: Längsprofil der Sauerstoff-Minima 2018 und 2020 zwischen dem 01.06. und 31.08. Bei Erreichen bzw. Unterschreiten von 4,0 mg/l Sauerstoff werden Belüftungsmaßnahmen (Turbinen- oder Wehrbelüftung) durchgeführt. Datenquelle: LUBW.

Fließgewässer sind hoch dynamische Lebensräume. Daher müssen Fließgewässerorganismen generell an wechselnde Temperaturverhältnisse und Wasserstände angepasst sein, so dass die verschiedenen Pflanzen- und Tiergruppen durch unterschiedliche Anpassungsstrategien sommerliche Hitze- und Niedrigwasserphasen überstehen können. Jedoch können die Häufigkeit, Dauer und räumliche Ausdehnung von Extremereignissen einen großen Einfluss auf die aquatische Lebensgemeinschaft haben. Wie sich eine Zunahme von sommerlichen Hitze- und Niedrigwasserphasen auswirken wird, ist schwer abschätzbar. Die Gewässer sind dabei individuell sehr unterschiedlich stark betroffen (abhängig u. a. von Größe, Gewässermorphologie, Anbindung von Seitengewässern) und je nach Mobilität und Lebenszyklus auch die einzelnen Organismengruppen.

Die sommerlichen mittleren Wassertemperaturen von Rhein und Neckar waren 2020 deutlich niedriger als 2018, dennoch waren diese im Vergleich zum Gesamtzeitraum 2000 – 2020 hoch (s. Abbildung 2.21). Auch die Maximaltemperaturen liegen 2020 deutlich unter denen von 2018 und nur an wenigen Tagen wurden 25°C überschritten, so

dass im Gegensatz zu 2018 keine langandauernde Periode mit extrem hohen Wassertemperaturen auftrat.

Im Sommer 2020 erfolgte weder ein „Hitzefallmonitoring“ noch ein biologisches Monitoring im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie, so dass für diesen Sommer keine speziellen Erkenntnisse vorliegen. Beobachtungen von Muschelsterben sind nicht bekannt. Im Rahmen des „Sauerstoffreglements Neckar“ wurden keine kritischen Sauerstoffkonzentrationen festgestellt: Lediglich an der Messstation Pleidelsheim wurde der Wert von 5 mg/l kurzzeitig unterschritten. Daher mussten keine Belüftungsmaßnahmen zur Stützung des Sauerstoffgehaltes durchgeführt werden. Anhand des Vergleichs der sommerlichen Sauerstoffminima der Jahre 2018 und 2020 wird ersichtlich, dass die minimalen Sauerstoffwerte 2020 deutlich über denen von 2018 lagen und zudem auch mit zumeist über 5 mg/l für viele Fließgewässerorganismen der Unterläufe bzw. größeren Flüsse in einem unkritischen Bereich waren (vgl. Abbildung 2.22).

# 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. ....	10
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 2020 (jeweils rechter Balken) vom Mittel 1961 – 1990 in Prozent. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes. ....	11
Abbildung 2.6: links: Räumliche Verteilung der unwitterartigen Dauerniederschläge im Zeitraum vom 2.2. bis 3.2.2020. Bild: Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) der LUBW. rechts: Räumliche Verteilung der konvektiven Starkniederschläge am 16. August im Zeitraum von 11 bis 23 Uhr. Bild: Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) der LUBW. ....	12
Abbildung 2.7: Klimatische Wasserbilanz im Zeitraum 1991 – 2020 für sechs Klimastationen des DWD. Für Rheinstetten liegen die Daten erst ab 2009 vor. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes. ....	13
Abbildung 2.8: Dürre im Gesamtboden (bis etwa 180 cm Tiefe) in Baden-Württemberg in 2020 nach Modellrechnungen. Datenquelle: LUBW, zusammengestellt nach Daten und Karten des UFZ-Dürremonitor/Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung. ....	14
Abbildung 2.9: Dürre im Oberboden (bis 25 cm tief) in Baden-Württemberg in 2020 auf Grundlage von Modellrechnungen. Datenquelle: LUBW, zusammengestellt nach Daten und Karten des UFZ-Dürremonitor/Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung. ....	15
Abbildung 2.10: 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. ....	16
Abbildung 2.11: Anteil der Kennwertpegel in Baden-Württemberg, die im Wasserstand oder Abfluss den Schwellenwert mittleres Niedrigwasser unterschreiten. Dargestellt sind sowohl die beiden Jahre 2018 und 2020 sowie Minimum, Maximum und Median des Zeitraums 2000 – 2019. Grafik basiert auf ungeprüften Rohdaten. Datenquelle: LUBW. ....	17
Abbildung 2.12: Jahresgang 2018/2020 vor langjährigem Hintergrund verschiedener Quellschüttungen bzw. Grundwasserstände. Datenquelle: LUBW. ....	18
Abbildung 2.13: Jahresgang des Wasserstands am Bodensee (Pegel Konstanz) im Vergleich zum langjährigen Tagesmittel, minimalen und maximalen Wasserständen im Zeitraum 1850 – 2010. Datenquelle: Hochwasservorhersagezentrale (HVZ) der LUBW. ....	19
Abbildung 2.14: Anzahl der Stunden mit Überschreitung des Ozon 1-Stundenmittelwertes von 180 µg/m <sup>3</sup> (Informationsschwelle) in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW. ....	21
Abbildung 2.15: Anzahl der Tage mit Überschreitung des Ozon 8-Stundenmittelwertes von 120 µg/m <sup>3</sup> in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW. ....	21
Abbildung 2.16: 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. ....	22
Abbildung 2.17: Entwicklung der Jahresmittelwerte für Ozon in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW. ....	22
Abbildung 2.18: Mittlere Monatstemperaturen in Baden-Württemberg. Monatsmittel 1961 – 1990 im Vergleich zum trocken-warmen Jahr 2018 und dem Jahr 2020. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes. ....	23
Abbildung 2.19: Mittlerer Beginn der Apfelblüte bis zur Pflückreife vorwiegend frühblühender Apfelbäume in Baden-Württemberg. Datenquelle: LUBW, berechnet nach Daten des Deutschen Wetterdienstes (Stand 05.02.2020). ....	24
Abbildung 2.20: Boxplot der mittleren Anzahl ausgewachsener Regenwürmer pro m <sup>2</sup> von Arten, die an der Oberfläche leben (epigäisch) oder dort zumindest ihre Nahrung finden (epi-anezisch). Datenquelle: Untersuchungen im Auftrag der LUBW durch Dr. Otto Ehrmann. ....	24

Abbildung 2.21:  
 Mittlere Wassertemperatur berechnet aus den Tagesmittelwerten der Monate Juli und August im Zeitraum 2000 bis 2020 der Messstationen Karlsruhe / Rhein und Stuttgart-Hofen / Neckar. Datenquelle: LUBW. ....26

Abbildung 2.22:  
 Längsprofil der Sauerstoff-Minima 2018 und 2020 zwischen dem 01.06. und 31.08. Bei Erreichen bzw. Unterschreiten von 4,0 mg/l Sauerstoff werden Belüftungsmaßnahmen (Turbinen-oder Wehrbelüftung) durchgeführt. Datenquelle: LUBW. ....26

