




Grundwasserschutz 61

# Grundwasser- Überwachungsprogramm


 Ergebnisse 2018 und 2019



Baden-Württemberg



# Grundwasser- Überwachungsprogramm

 Ergebnisse 2018 und 2019

<b>HERAUSGEBER</b>	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe
<b>BEARBEITUNG</b>	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg Referat 42 – Grundwasser
<b>REDAKTION</b>	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg Referat 42 – Grundwasser
<b>BEZUG</b>	Diese Broschüre ist gedruckt für 20,- Euro oder kostenlos als Download im pdf-Format erhältlich bei der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe unter: <a href="https://pudi.lubw.de/publikationen">https://pudi.lubw.de/publikationen</a>
<b>ISSN</b>	1437-0131 (Reihe Grundwasserschutz Bd. 61, 2020)
<b>BILDNACHWEIS</b>	Titelbild: LUBW
<b>STAND</b>	August 2020
<b>DRUCK</b>	printwork Waldhornweg 15, 76694 Forst
<b>AUFLAGE</b>	1. Auflage
<b>TITELBILD</b>	Das Titelbild zeigt eine Grundwasser-Messstelle.

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

<b>ZUSAMMENFASSUNG</b>		<b>7</b>
<b>EINFÜHRUNG</b>		<b>10</b>
<b>1</b>	<b>GRUNDWASSERMENGE</b>	<b>11</b>
1.1	Niederschläge 2018/2019	11
1.2	Grundwasserneubildung aus Niederschlag 2018/2019	13
1.3	Grundwasservorräte 2018/2019	18
1.3.1	Allgemeiner Zustand	18
1.3.2	Regionale Grundwasserverhältnisse	18
1.3.3	Quantitative Entwicklung	22
<b>2</b>	<b>GRUNDWASSERBESCHAFFENHEIT</b>	<b>25</b>
2.1	Nitrat 2018/2019	25
2.1.1	Hintergrund	25
2.1.2	Bewertungsgrundlagen	26
2.1.3	Ergebnisse 2018	26
2.1.4	Ergebnisse 2019	27
2.1.5	Bewertung 2018/2019	29
2.1.6	Zeitliche Entwicklungen	29
2.1.7	Nitrat in Wasserschutzgebieten 2018 / 2019	31
2.2	Pflanzenschutzmittel 2017- 2019	35
2.2.1	Hintergrund	35
2.2.2	Bewertungsgrundlagen	35
2.2.3	Ergebnisse und Bewertung	36
2.2.4	Pflanzenschutzmittel in Wasserschutzgebieten	40
2.3	Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe 2016 – 2018	41
2.3.1	Hintergrund	41
2.3.2	Bewertungsgrundlagen	41
2.3.3	Ergebnisse und Bewertung	41
2.4	Einkernige Aromaten (BTEX) 2016 – 2018	44
2.4.1	Hintergrund	44
2.4.2	Bewertungsgrundlagen	44
2.4.3	Ergebnisse und Bewertung	44
2.5	Benzinzusatzstoffe MTBE und ETBE 2016 – 2018	47
2.5.1	Hintergrund	47
2.5.2	Bewertungsgrundlagen	47
2.5.3	Ergebnisse und Bewertung	47
2.6	Metallische Spurenstoffe 2016 – 2018	48
2.6.1	Hintergrund	48
2.6.2	Bewertungsgrundlagen	48
2.6.3	Ergebnisse und Bewertung	48
2.7	Süßstoffe 2015 – 2018	55
2.7.1	Hintergrund	55
2.7.2	Bewertungsgrundlagen	56
2.7.3	Ergebnisse und Bewertung	56

2.8	Benzotriazole 2015 – 2018	58
2.8.1	Hintergrund	58
2.8.2	Bewertungsgrundlagen	58
2.8.3	Ergebnisse und Bewertung	58
2.9	Per- und Polyfluorierte Chemikalien 2015 – 2018	58
2.9.1	Hintergrund	58
2.9.2	Bewertungsgrundlagen	59
2.9.3	Ergebnisse und Bewertung	59
<b>3</b>	<b>GLOSSAR UND ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>63</b>
<b>4</b>	<b>WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN</b>	<b>65</b>
4.1	Grundwassermenge	65
4.2	Grundwasserbeschaffenheit	69
4.2.1	Bewertungsgrundlagen	69
4.2.2	Weiterführende Literatur	70
4.2.3	Datenauswertung und statistische Kennzahlen	72
4.2.4	Ergebnisübersichten Vor-Ort-Parameter und hydrochemische Parameter	73

# Zusammenfassung

Das Grundwassermonitoring der LUBW mit Ergebnisdokumentation und Berichterstattung an die Europäische Union ist elementarer Bestandteil des gewässerkundlichen Dienstes. Negative Beeinflussungen des Grundwassers können dadurch frühzeitig erkannt werden.

Der vorliegende Bericht umfasst im Kapitel „Grundwassermenge“ Auswertungen der Grundwasserneubildung sowie der Grundwasservorräte mit Messdaten aus den Jahren 2018 und 2019. Für das Kapitel „Grundwasserbeschaffenheit“ wurden Messdaten für Nitrat aus den Jahren 2018 und 2019, für Pflanzenschutzmittel von 2017 bis 2019, für leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe, BTEX-Aromaten, die Benzinzusatzstoffe MTBE/ETBE, metallische Spurenstoffe und hydrochemische Parameter von 2016 bis 2018 sowie für Süßstoffe, Benzotriazole und per- und polyfluorierte Chemikalien von 2015 bis 2018 ausgewertet.

Die ausgeprägte und dauerhafte Trockenheit im Jahr 2018 hat zum Jahresende vielerorts für extrem niedrige Grundwasserverhältnisse gesorgt. Nach einer zunächst günstigen Ausgangssituation sanken die **Grundwasserstände und Quellschüttungen** dann kontinuierlich im gesamten Jahresverlauf. Dieser ohne Unterbrechung verlaufende Rückgang von hohen Verhältnissen im Januar/Februar auf ein extrem niedriges Niveau bis in den Dezember hinein kennzeichnet das Jahr 2018. An etwa jeder dritten Trendmessstelle wurden die bisherigen Niedrigstwerte aus den letzten 20 Jahren unterschritten. Über den gesamten Jahresverlauf betrachtet liegen die mittleren Grundwasservorräte im Jahr 2018 allerdings leicht über dem Niveau von 2017. Im Oberrheingebiet war im Jahr 2018 ein starkes Gefälle zwischen den niedrigen Grundwasserständen im Markgräflerland und der deutlich entspannteren Situation im Rhein-Neckar-Raum zu beobachten.

Das Jahr 2019 hat nach der angespannten Niedrigwassersituation im Herbst 2018 nicht für eine Erholung der Grundwasservorräte gesorgt. In 2019 waren diese im Mittel sogar niedriger als im Jahr 2018, wenngleich aufgrund der nahezu durchschnittlichen Niederschläge keine vergleichbaren Dürreverhältnisse zu verzeichnen waren. Im südlichen und nördlichen Oberrheingraben sowie in Oberschwaben und Kraichgau wurden 2019 geringe Grundwasservorräte gemessen. Die Messstellen zeigten bei den Quellen und den meisten Grundwasserständen einen ausgeglichenen 20-jährigen Trend, wobei die Anzahl der Messstellen mit rückläufiger Tendenz wächst.

**Nitrat** wurde 2018 und 2019 im gesamten Beschaffenheitsmessnetz untersucht und stellt weiterhin die Hauptbelastung im Grundwasser dar. Der Schwellenwert der Grundwasserverordnung von 50 mg/l wurde 2018/2019 an rund 9 %, der Warnwert von 37,5 mg/l an 19/18 % der untersuchten Messstellen überschritten. In 2019 lag die Nitratbelastung auf dem niedrigsten Niveau seit 1994. Die zwischenzeitlichen Trockenjahre – letztmalig 2015 und 2018 – haben offenbar mit zu diesem Nitratrückgang beigetragen. Der in Trockenjahren im Boden gespeicherte Stickstoff gelangt erst in nachfolgenden niederschlagsreicheren Jahren mit dem Sickerwasser und durch den steigenden Grundwasserspiegel ins

Grundwasser. Damit ist bei stärkeren Regenfällen bzw. Grundwasserneubildung in den kommenden Jahren zu rechnen.

Maßnahmen zur Reduzierung der Nitratreinträge ins Grundwasser resultieren in Baden-Württemberg neben der Düngeverordnung insbesondere aus der Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) und dem in 2015 aufgelegten Förderprogramm für Agrarumwelt, Klimaschutz und Tierwohl (FAKT) bzw. davor dem Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleichsprogramm (MEKA).

Seit 1994 hat die landesweite Nitratbelastung um 26 %, seit 2001, dem Inkrafttreten der SchALVO, um 17 % abgenommen. In den hoch belasteten SchALVO-Sanierungsgebieten hat sich in 2018/2019 der seit 2001 insgesamt fallende Trend ebenfalls fortgesetzt. Die mittlere Nitratkonzentration hat sich seitdem um etwa 16 % verringert. In den Problem- bzw. Normalgebieten wurden seither Rückgänge von etwa 13 bzw. 7 % beobachtet.

Zusätzlich zu den 1.795/1.766 in den Jahren 2018/2019 auf Nitrat untersuchten Landesmessstellen stellte die Wasserversorgungswirtschaft Baden-Württemberg auf der Grundlage einer Kooperationsvereinbarung Nitrat-Daten von 1.284/1.887 Messstellen in Wasserschutzgebieten zur Verfügung. Weiterhin wurden Ergebnisse für Pflanzenschutzmittel von 279/1.527 Kooperationsmessstellen übermittelt.

Zwischen 2015 und 2019 wurde im gesamten Beschaffenheitsmessnetz eine Vielzahl von organischen Stoffen und Metallen an rund 1.900 Messstellen untersucht. Die Konzentrationen waren dabei überwiegend sehr niedrig: Bei den meisten Substanzen lagen über 90 % der Messwerte unter der jeweiligen analytischen Bestimmungsgrenze.

Bei **Pflanzenschutzmittel**-Wirkstoffen und deren Metaboliten blieben die Belastungen im Vergleich zu den Vorjahren gleich oder waren leicht rückläufig. Die am häufigsten nachgewiesenen Wirkstoffe sind meist schon seit 30 Jahren verboten. Bestimmte nicht relevante Metabolite wurden an bis zu 44 % der untersuchten Messstellen und somit deutlich häufiger und auch in höheren Konzentrationen nachgewiesen als die zugehörigen Wirkstoffe.

**Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe** als typische Industrie-/Altlastenschadstoffe wurden an rund einem Viertel der untersuchten Messstellen nachgewiesen. Die Belastungen sind seit vielen Jahren leicht rückläufig. Bei den **BTEX-Aromaten** lag der Anteil der Positivbefunde unter 1 %. Die **Benzinzusatzstoffe** MTBE und ETBE waren an 3 bzw. 1 % der untersuchten Messstellen messbar. Auch hier sind die Belastungen seit vielen Jahren rückläufig.

**Metallische Spurenstoffe** wurden zum Teil an allen untersuchten Messstellen gefunden, wobei diese Befunde bei vielen Metallen geogen bedingt sind. Die in zahlreichen Haushalten verwendeten **Süßstoffe** und **Benzotriazole** (Korrosionsschutzmittel) wurden an knapp der Hälfte bzw. an fast einem Drittel der untersuchten Messstellen nachgewiesen. Diese Befunde deuten darauf hin, dass eine Abwasserbeeinflussung des Grundwassers vorliegt. **Per- und polyfluorierte Chemikalien** wurden an fast der Hälfte der untersuch-



ten Messstellen festgestellt. Diese Substanzen sind zumindest in niedrigen Konzentrationen mittlerweile weit verbreitet.

Trotz einer Verbesserung der Grundwasserqualität in den letzten Jahren erlaubt das bisher erreichte Niveau nicht, die derzeitigen Anstrengungen zu verringern. Daher sind die Schutzmaßnahmen weiter umzusetzen bzw. zu verbessern. Es ist auch künftig kontinuierlich zu prüfen, ob neue, bislang nicht beobachtete Substanzen das Grundwasser gefährden können.

# Einführung

Wesentliche Aufgabe der Wasserwirtschaftsverwaltung ist es, eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung sicherzustellen und Grundwasserressourcen in qualitativer wie quantitativer Hinsicht für künftige Generationen zu erhalten.

Dazu werden im Rahmen der Grundwasserüberwachung in Baden-Württemberg von der LUBW jährlich landesweit repräsentative Daten erhoben. Im vorliegenden Bericht werden die Messergebnisse zweier Jahre – 2018 und 2019 – erstmalig gemeinsam ausgewertet.

Die Daten des jährlichen Grundwasser-Überwachungsprogramms Baden-Württemberg

- geben Auskunft sowohl über die Qualität (Grundwasserbeschaffenheit) als auch über die Quantität (Grundwasserstand und Quellschüttung) des Grundwassers,
- machen unerwünschte Entwicklungen und schädliche Einflüsse sichtbar,
- erlauben es, geeignete Maßnahmen zur Minimierung von schädlichen Einflüssen zu definieren und ihre Wirksamkeit zu überprüfen,
- sind die Grundlage für die Erfüllung von Berichtspflichten für Bundesvorgaben sowie für europäische Richtlinien wie insbesondere die Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) und die Grundwasserrichtlinie (GWRL).

Dafür werden Messdaten von folgenden Grundwassermessnetzen verwendet:

- LUBW-Landesmessnetz Beschaffenheit/Beschaffenheitsmessnetz: 1.866 Messstellen (Stand 05/2020), verschiedene Teilmessnetze je nach anthropogener Beeinflussung im Eintragsgebiet und Nutzung der Grundwassermessstelle

- LUBW-Landesmessnetz Menge/quantitatives Grundwassermessnetz: 412 Messstellen (Stand 04/2020), drei Gruppen je nach Messstellenart und Untersuchungsintervall
- Kooperationsmessnetz Wasserversorgung: rund 1.300/1.900 Messstellen (2018/2019). Aufgrund von Kooperationsverträgen von 1984 und 2003 zwischen dem Land Baden-Württemberg und der Wasserversorgungswirtschaft erhält die LUBW zusätzliche Messdaten zu Nitrat, Pflanzenschutzmitteln (PSM) und weiteren Parametern von den Wasserversorgern. Diese Daten stammen zumeist von Messstellen in Wasserschutzgebieten und werden jährlich unter [www.grundwasserdatenbank.de](http://www.grundwasserdatenbank.de) veröffentlicht.

Das im Jahr 2000 veröffentlichte Rahmenkonzept Grundwassermessnetze mit den Bestandteilen des Grundwasser-Überwachungsprogramms Baden-Württemberg wird derzeit überarbeitet.

Alle Messergebnisse stehen den Fachbehörden über die Grundwasserdatenbank (GWDB) innerhalb des Informationssystems Wasser, Immissionsschutz, Boden, Abfall, Arbeitsschutz (WIBAS)) zur Verfügung. Aktuelle Informationen sowie der „Jahresdatenkatalog Grundwasser“ werden im Internet unter [www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/grundwasser](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/grundwasser) bereit gestellt.

# 1 Grundwassermenge

In Baden-Württemberg werden über 70 % des Trinkwassers aus Grund- und Quellwasser gewonnen. Die landesweite Charakterisierung sowie Aussagen über den aktuellen Zustand und kurzfristige Entwicklungstendenzen der quantitativen Grundwasserverhältnisse werden anhand ausgewählter, für die Gesamtheit möglichst repräsentativer „Trendmessstellen“ durchgeführt.

Das quantitative Grundwassermessnetz von Baden-Württemberg gibt einen landesweiten Überblick über Zustand und Entwicklung der Grundwasservorräte anhand 412 (Stand 04/2020) repräsentativer Grundwasserstands-, Quellschüttungs- und Lysimetermessstellen:

- 233 Wasserstands-Messstellen mit stündlicher bis wöchentlicher Beobachtung,
- 147 Quellen mit wöchentlicher bis monatlicher Messung,
- 32 Lysimeter mit täglichem bis wöchentlichem Turnus.

## 1.1 Niederschläge 2018/2019

Die Niederschläge im Jahr 2018 waren im langjährigen Vergleich deutlich unterdurchschnittlich. Seit 1996 ist lediglich

in den Jahren 2003 und 2015 noch weniger Niederschlag gefallen. Das Flächenmittel der Niederschlagshöhe 2018 betrug in Baden-Württemberg 759 mm, das sind 77 % des Niederschlagsmittelwertes der Normalperiode 1981 – 2010 (Abbildung 1.1). Abgesehen von Januar und Dezember war das gesamte Jahr sehr trocken. Die landesweit höchsten Niederschlagsmengen wurden in den Höhenlagen des Schwarzwalds beobachtet (Abbildung 1.2): Der Jahreshöchstwert wurde auf dem Feldberg mit 1 720 mm gemessen; in Freudenstadt registrierten die Messgeräte alleine im Januar 2018 406 mm Niederschlag.

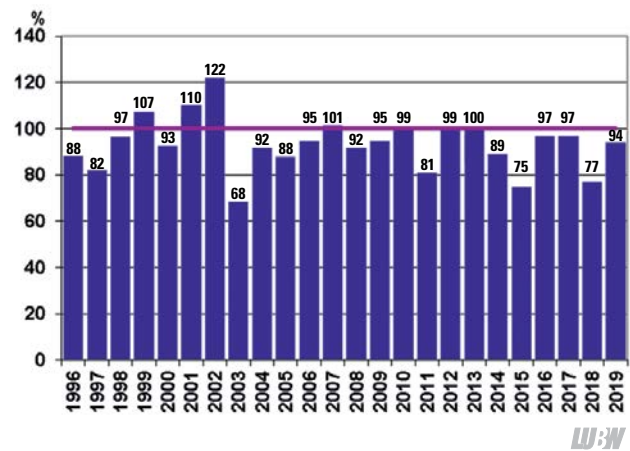


Abbildung 1.1: Mittlere Jahresniederschläge in Baden-Württemberg (blaue Balken) seit 1996 in Bezug auf das langjährige Mittel 1981 – 2010 (rote Linie) (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst (DWD))

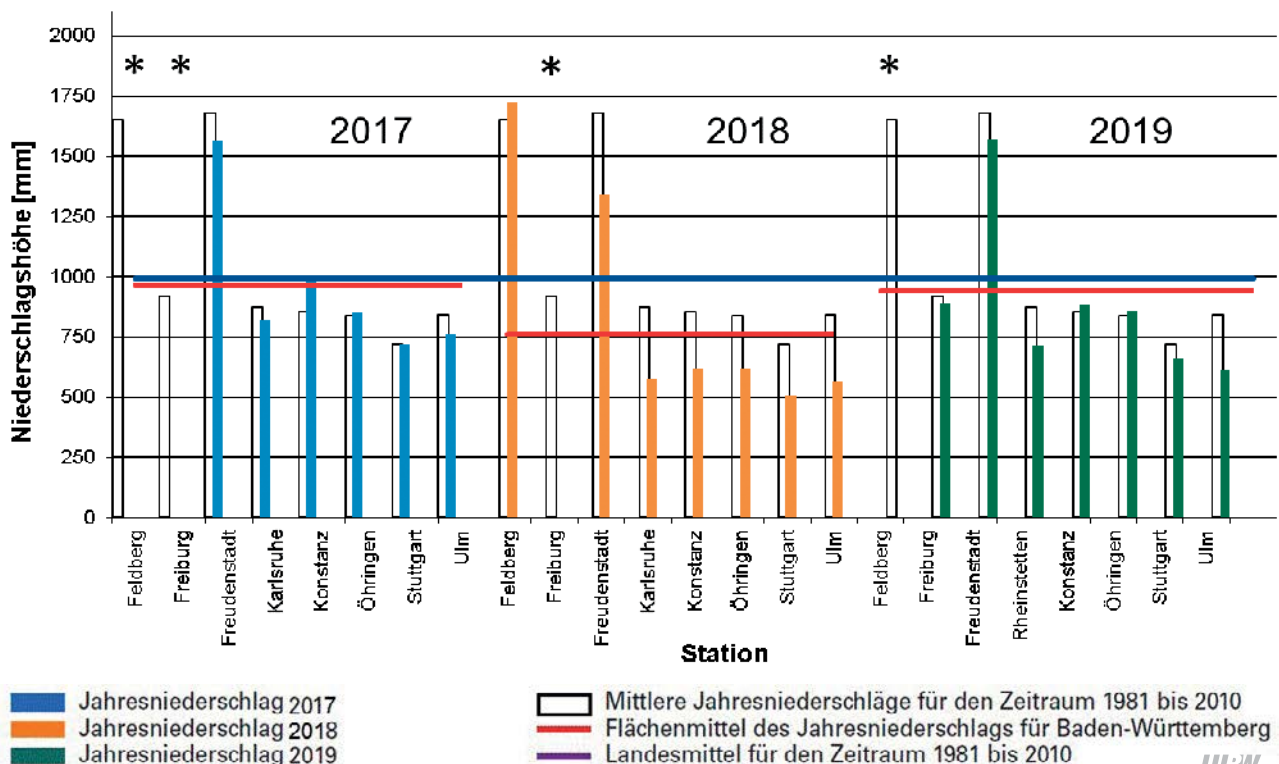


Abbildung 1.2: Jahresniederschläge an ausgewählten DWD-Stationen in Baden-Württemberg in den Jahren 2017, 2018 und 2019 im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten 1981 – 2010 (Datenquelle: DWD) \*Daten unvollständig

Innerhalb des Jahres 2018 waren der Januar mit jeweils 157 mm (214 % des vieljährigen Mittels) und der Dezember mit 137 mm (151 % des vieljährigen Mittels) sehr nass. Dazwischen waren mit in der Summe 465 mm von Februar bis November – das sind lediglich 57 % des „normalen“ Landesmittels in diesem Zeitraum – enorme Niederschlagsdefizite festzustellen. Die geringsten Niederschlagsmengen wurden in den hydrologischen Winterhalbjahren (November – April) in den Monaten April und November mit 27 bzw. 21 mm im Landesmittel registriert (Abbildung 1.3). Vegetation und Bodenwasserhaushalt wurden im Dürrejahr 2018 erheblich in Mitleidenschaft gezogen (Abbildung 1.4).

jährigen Vergleich noch leicht unterdurchschnittlich. Das Flächenmittel der Niederschlagshöhe in Baden-Württemberg betrug 943 mm, das sind 94 % des Niederschlagsmittelwertes der Normalperiode 1981 – 2010 (Abbildung 1.1). Das Jahr 2019 folgte auf ein Jahr mit stark defizitären Niederschlägen. Seit 2003 wies lediglich das Jahr 2007 überdurchschnittlich hohen Niederschlag auf. Abgesehen vom sehr trockenen Februar 2019 waren die Verhältnisse im gesamten Jahresverlauf mehr oder weniger ausgeglichen. Die landesweit höchsten Niederschlagsmengen wurden in den Höhenlagen des Schwarzwalds beobachtet. Der Jahreshöchstwert wurde in Freudenstadt mit 1573 mm gemessen (Abbildung 1.2).

Im Jahr 2019 fiel zwar deutlich mehr Niederschlag als im Jahr 2018, jedoch waren auch diese Niederschläge im lang-

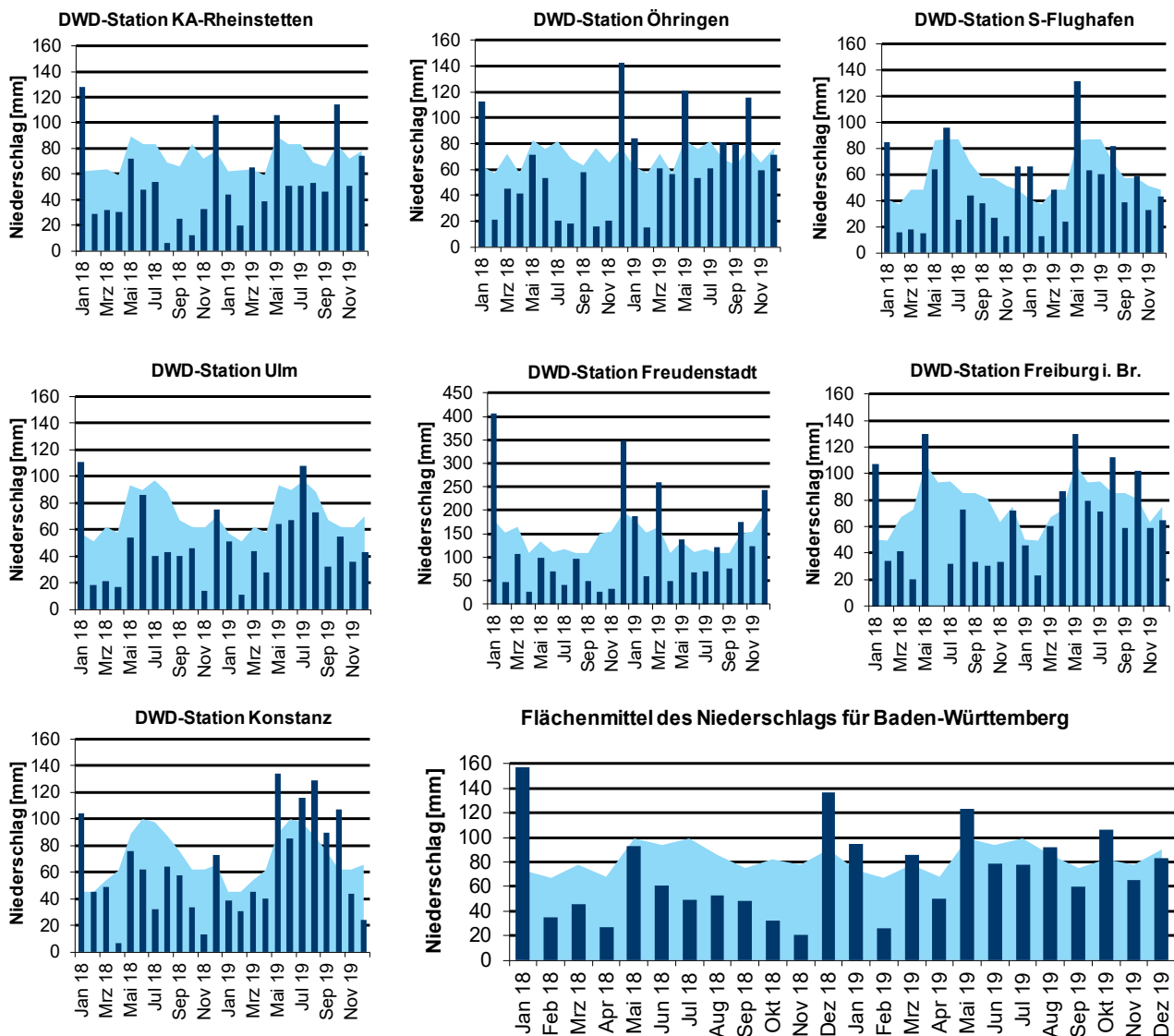


Abbildung 1.3: Monatliche Niederschlagshöhe (dunkelblaue Balken) im Zeitraum 2018/2019 und mittlere Monatsniederschlagssummen der Periode 1981 – 2010 (hellblaue Flächen) an ausgewählten DWD-Stationen (Datenquelle: DWD)

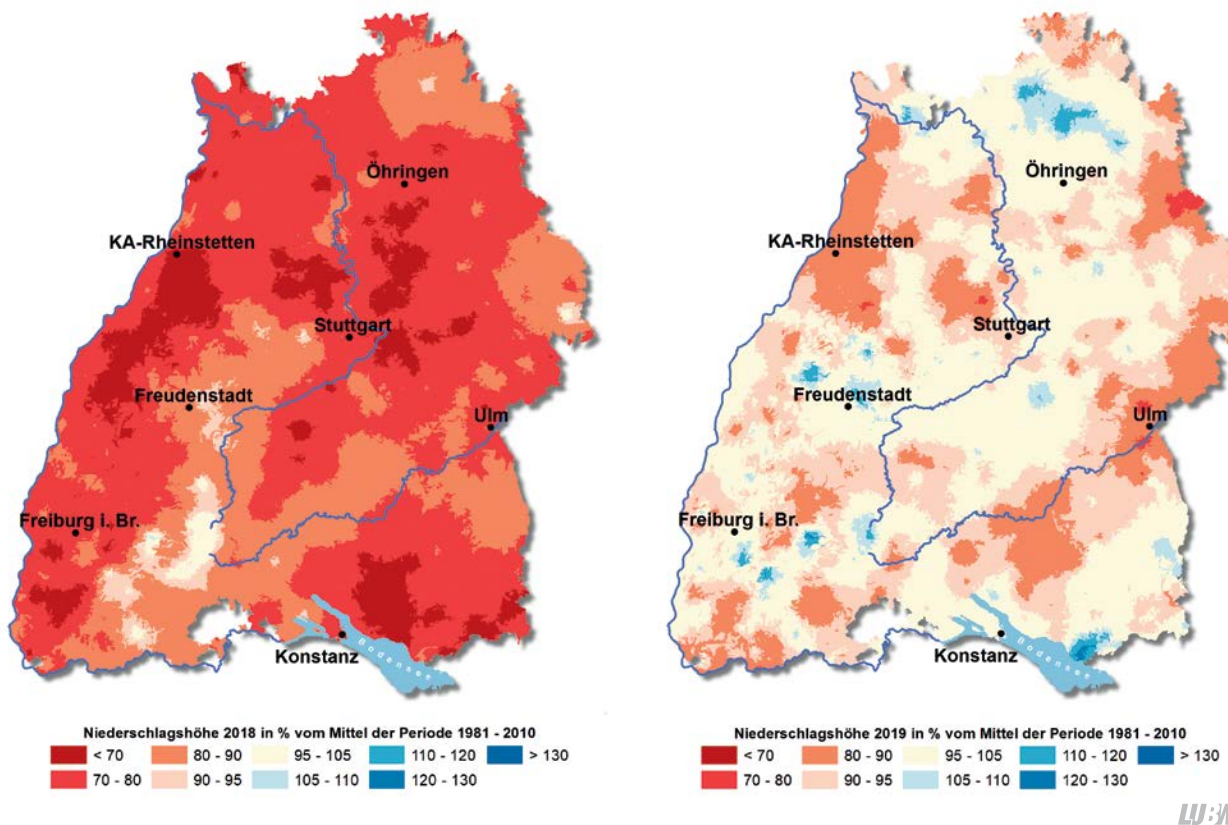


Abbildung 1.4: Jahresniederschlagshöhe 2018 (links) und 2019 (rechts) in % vom Mittel der Periode 1981 – 2010 (Datengrundlage: Modell Grundwasserneubildung-Bodenwasserhaushalt 05/2020)

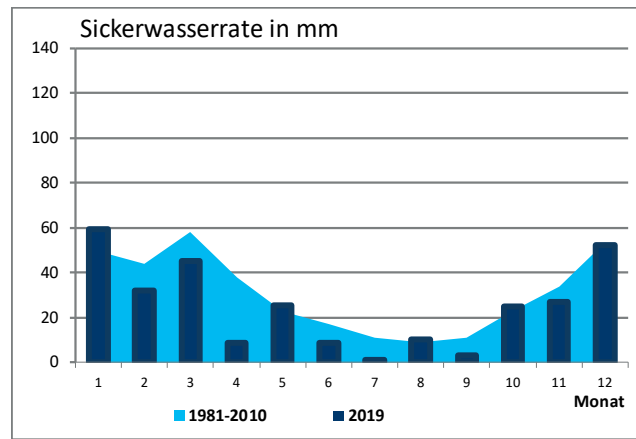
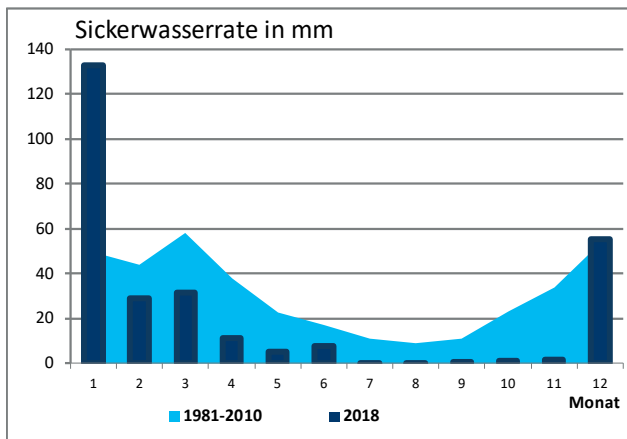
Innerhalb des Jahres 2019 war der Februar mit 26 mm Niederschlag entsprechend 39 % des vieljährigen Mittels sehr trocken. Die innerjährliche Verteilung entsprach in etwa den langjährigen Verhältnissen. Die zweite Jahreshälfte 2019 war deutlich nasser als vergleichsweise im Jahr davor. Die Abfolge von nassen und trockenen Monaten hat eine ausgeprägte Dürresituation abgewandt. Insbesondere die überdurchschnittlichen Niederschläge im Mai und im Oktober konnten die chronischen Wasserdefizite vorübergehend abschwächen (Abbildung 1.3). In der Jahressumme halten sich Niederschlagsdefizite und -Überschüsse im Jahr 2019 in etwa die Waage.

## 1.2 Grundwasserneubildung aus Niederschlag 2018/2019

Die Grundwasserneubildung aus Niederschlag ist von entscheidender Bedeutung für die Wiederauffüllung der Grundwasservorräte nach Trockenzeiten. Die Abfolgen von Perioden über- und unterdurchschnittlicher Niederschläge und der von ihnen beeinflussten, jahreszeitlich unterschiedlichen Versickerungsraten prägen den zeitlichen Verlauf der Grundwasserstände. Daher unterliegen Niederschläge und somit die Grundwasserneubildung sowohl jahreszeitlichen als auch längerfristigen und räumlichen Schwankungen.

Die Grundwasserneubildung aus Niederschlag unterliegt normalerweise einem ausgeprägten Jahresgang, wobei der versickernde Anteil des Winterniederschlags erheblich höher ist als der des Sommerniederschlags. Dies liegt insbesondere an der im Winter geringeren Verdunstung infolge der niedrigeren Lufttemperatur. Die Niederschlagsmenge im Sommerhalbjahr ist mengenmäßig mit der im Winter zwar vergleichbar, der Niederschlag im Sommer wird jedoch zum größten Teil durch Verdunstung aufgebraucht.

Die landesweite Berechnung der Sickerwasserrate mit dem Bodenwasserhaushaltsmodell GWN-BW (Grundwasserneubildung und Bodenwasserhaushalt) ergibt bezogen auf das 30-jährige Mittel von 1981 – 2010 für den Januar 2018 weit überdurchschnittliche und ab Februar unterdurchschnittliche Sickerwasserraten (Abbildung 1.5). Bedingt durch die 10 Monate anhaltende Trockenheit blieb auch noch der November nahezu ohne Sickerwasserbildung. Erst der überdurchschnittliche Dezemberrückgang löste wieder eine durchschnittliche Sickerwasserrate aus, die in der Folge auch wieder zu Grundwasserneubildung führte. Der Jahresverlauf 2019 war hinsichtlich der Sickerwasserraten erheblich ausgeglichener als jener im Jahr 2018. Von Januar bis März waren der Jahreszeit entsprechend



LUBW

Abbildung 1.5: Jahresgang 2018/2019 der Sickerwasserrate im Landesmittel (dunkelblaue Säulen) im Vergleich zum mittleren Jahresgang der Periode 1981 – 2010 (hellblaue Flächen) (Datengrundlage: Modell Grundwasserneubildung-Bodenwasserhaushalt 05/2020)

etwa durchschnittliche Werte vorherrschend, während im April zum Ende des hydrologischen Winterhalbjahres ein größeres Defizit auftrat. Der Vergleich der Niederschlags- und Sickerwassermengen der Lysimeter Büchig VI, Steißlingen und Tännlesäcker mit dem Grundwasserstand an benachbarten Messstellen zeigt deutlich, dass ein Zufluss zum Grundwasser und ein Anstieg des Grundwasserstands in erster Linie vom Winterniederschlag abhängen (Abbildung 1.6). Im Kalenderjahr 2018 fand eine nur mäßige Grundwasserneubildung statt, im Jahr 2019 waren etwas größere Sickerwassermengen zu verzeichnen. Im Jahr 2018 erreichte die Sickerwasserrate bei weit unterdurchschnittlichem Niederschlagsangebot lediglich 74 % und im Jahr 2019 bei nahezu durchschnittlichem Niederschlagsangebot mit 80 % vom Mittel der Periode 1981 – 2010 nur unwesentlich höhere Werte. Dies ist auf die deutlich höhere tatsächliche Verdunstung im Jahr 2019 aufgrund der ausgeglichenen innerjährlichen Niederschlagsverteilung zurückzuführen.

Man erkennt an zahlreichen Ganglinien den synchronen Verlauf mit dem für das Grundwasser ausschlaggebenden Niederschlag im Winterhalbjahr. Der im Wesentlichen vom Niederschlag bestimmte oberflächennahe Grundwasserstand steigt normalerweise von November bis März an und fällt dann bis zum Ende des hydrologischen Jahres in den Monaten September/Oktober wieder ab. Die Analyse langer Beobachtungsreihen von Niederschlag und Grundwasserstand deutet darauf hin, dass besonders die niederschlagsarmen Winterhalbjahre 1963, 1971, 1972, 1977, 1989 bis 1991 sowie 2003/2004 und 2011 (Niedrigwasserperioden im Grundwasser) einen deutlich spürbaren negativen Einfluss auf die Grundwasserstände hatten.

Zur Charakterisierung der Grundwasserneubildungsverhältnisse sind die Monatssummen der Niederschläge und die Versickerungsmengen der Jahre 2017, 2018 und 2019 an ausgewählten Lysimeterstationen mit den zugehörigen Grundwasserständen an Referenzmessstellen im Vergleich zu 20-jährigen Monatsmittelwerten dargestellt (Abbildung 1.6).

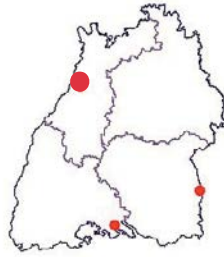
Die Lysimeterbeobachtungen dokumentieren die beträchtliche Grundwasserneubildung aus Niederschlag zum Jahresbeginn 2018 im Oberrheingraben, im Iller-Riß-Gebiet sowie im Singener Becken. Die ergiebigen Niederschläge zum Jahreswechsel 2017/2018 haben für eine rasche Erholung des Bodenwasserspeichers gesorgt. Anschließend wurden für die Dauer von zwei bis drei Monaten erhebliche Sickerwassermengen beobachtet. Mit dem Nachlassen des Regens ab Februar haben sich die bis dahin günstigen Randbedingungen für den Neubildungsprozess kurzfristig verschlechtert. Die Kombination aus Trockenheit, zunehmendem Wasserbedarf der Vegetation und auslaufendem Bodenwasserspeicher hat den Neubildungsprozess ab März/April – noch vor dem Ende des hydrologischen Winterhalbjahres – zum frühzeitigen Stillstand gebracht. Der weitere Jahresverlauf blieb ohne Versickerung, wobei – und dies gab es in dieser Form bisher noch nie – sämtliche Lysimeteranlagen im Land dauerhaft trocken geblieben sind. Nachdem der erhoffte Versickerungsprozess im Herbst ausblieb, waren erst im Dezember 2018 die Voraussetzungen für Grundwasserneubildung gegeben. Einige wenige Lysimeteranlagen aus dem Iller-Riß-Gebiet haben vor dem Jahresende wieder Wasser geführt, die meisten Stationen sind jedoch erst im Laufe des Januar 2019 wieder angesprungen.

Das Jahr 2019 war insgesamt niederschlagsreicher als das Jahr 2018, wenngleich die Sickerwasserraten meistens unter den langjährigen Mittelwerten geblieben sind. Der stabil funktionierende Grundwasserneubildungsprozess hat in der ersten Jahreshälfte drastische Rückgänge des Grundwasserangebots verhindert. Die überdurchschnittlichen Mainiederschläge haben zu Beginn des hydrologischen Sommerhalbjahrs Fließgewässer und Vegetation mit ausreichend Wasser versorgt und somit auch zur Schonung der Grundwasserressourcen beigetragen. Südlich der Donau wurden daraufhin erhebliche Sickerwassermengen, bereichsweise sogar Grundwasseranstiege beobachtet. Im 2. Halbjahr 2019 sind sämtliche Lysimeter für mehrere Monate trockengefallen, bevor sie im letzten Quartal nach und nach wieder zu tropfen anfangen. Das sind keine ungewöhnlichen, sondern jährlich wiederkehrende Bedingungen. Die Situation der Bodenfeuchte war im Sommer und Spätsommer 2019 zwar wochenlang angespannt, aber diese Trockenphase ist aufgrund von stets wiederkehrenden Niederschlagsepisoden mäßiger als im Jahr 2018 ausgefallen.

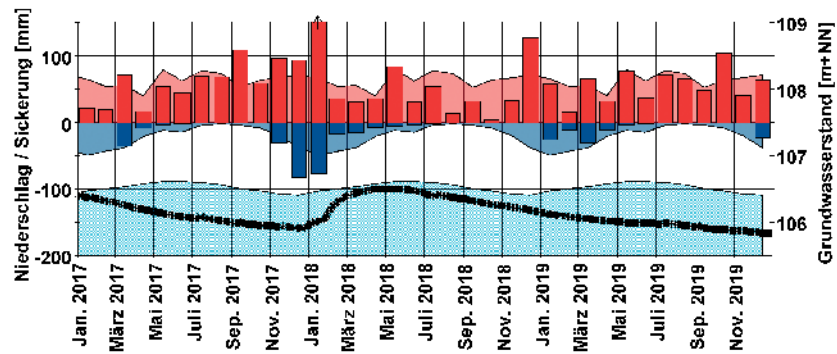
Die räumlich detaillierten Verteilungen der jährlichen Grundwasserneubildung aus Niederschlag in den Jahren 2018 und 2019 sowie deren Defizite bezogen auf den Mittelwert 1981 – 2010 zeigen die Abbildungen 1.7 und 1.8. Das Landesmittel des Jahresniederschlags lag im Jahr 2018 nur bei rund 770 mm (78 % vom Mittel) und damit etwa 200 mm unter dem 30-jährigen Mittelwert von 980 mm.

Gemessen an dem hohen jährlichen Niederschlagsdefizit erreichte die Sickerwasserrate noch beachtliche 270 mm (74 % vom Mittel) und eine daraus resultierende Grundwasserneubildung von rund 130 mm/a. Dies ist auf den außergewöhnlich nassen Januar zurückzuführen, der etwa zur Hälfte zur jährlichen Sickerwasserrate beitrug. Über die gesamte Landesfläche dominierten weit unterdurchschnittliche Neubildungsraten, lediglich in kleinen Teilen des Landes wurden durchschnittliche bis überdurchschnittliche Verhältnisse erreicht, was auf den speziellen innerjährlichen Verlauf mit sehr hohen Beiträgen im Januar zurückzuführen ist.

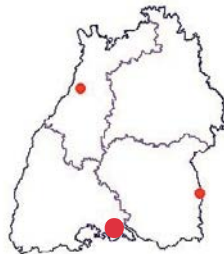
Das Landesmittel des Jahresniederschlags lag im Jahr 2019 bei rund 940 mm (96 % vom Mittel) und damit nur etwa 40 mm unter dem 30-jährigen Mittelwert von 980 mm. Die durchschnittliche Sickerwasserrate erreichte lediglich rund 300 mm (80 % vom Mittel) und die daraus resultierende Grundwasserneubildung von etwa 150 mm/a wies wiederholt ein deutliches Defizit auf. Dies ist auf die vergleichsweise gleichmäßige innerjährliche Niederschlagsverteilung in Kombination mit überdurchschnittlichen Lufttemperaturen zurückzuführen, wodurch eine überdurchschnittliche Verdunstung zustande kam. Über die gesamte Landesfläche dominierten auch 2019 unterdurchschnittliche Grundwasserneubildungsraten, lediglich in kleinen Teilen des Landes wurden durchschnittliche bis überdurchschnittliche Verhältnisse erreicht.



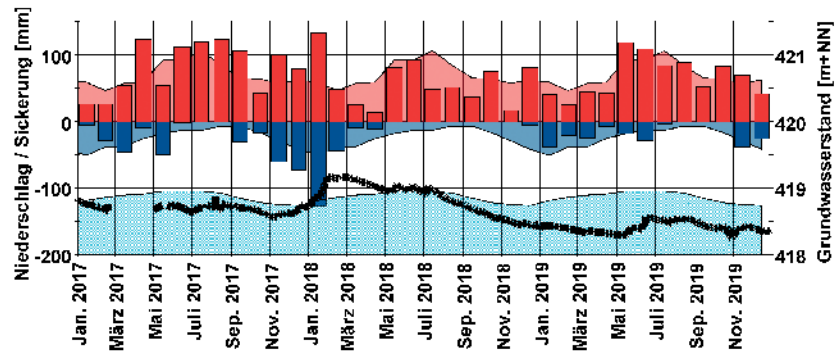
### Lysimeter Büchig VI - Oberrheingraben



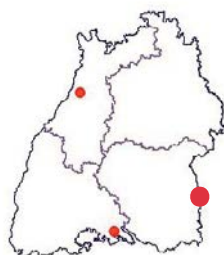
- 402/259-2 "Regenmesser Büchig, Blankenloch": Niederschlag [mm] Mittelwert (langj. Monat)
- 402/259-2 "Regenmesser Büchig, Blankenloch": Niederschlag [mm] Summe (Monat)
- 507/259-0 "Lysimeter VI Büchig, Blankenloch": Sickerwasser [mm] Mittelwert (langj. Monat)
- 507/259-0 "Lysimeter VI Büchig, Blankenloch": Sickerwasser [mm] Summe (Monat)
- 256/259-3 "GWM 19/4 F, Blankenloch": Grundwasserstand [m+NN] Mittelwert (langj. Monat)
- 256/259-3 "GWM 19/4 F, Blankenloch": Grundwasserstand [m+NN]



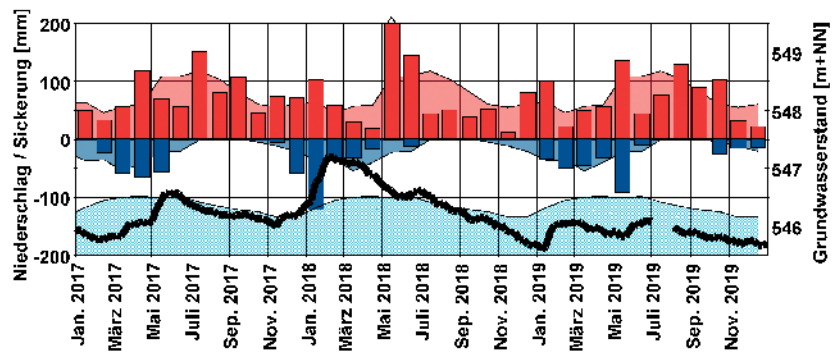
### Lysimeter Steißlingen - Singener Becken



- 400/422-0 "Regenmesser Steißlingen": Niederschlag [mm] Mittelwert (langj. Monat)
- 400/422-0 "Regenmesser Steißlingen": Niederschlag [mm] Summe (Monat)
- 500/422-5 "Lysimeter Steißlingen": Sickerwasser [mm] Mittelwert (langj. Monat)
- 500/422-5 "Lysimeter Steißlingen": Sickerwasser [mm] Summe (Monat)
- 132/422-5 "GWM DP 5 F Rößler, Singen": Grundwasserstand [m+NN] Mittelwert (langj. Monat)
- 132/422-5 "GWM DP 5 F Rößler, Singen": Grundwasserstand [m+NN]



### Lysimeter Tännelesäcker - Illertal

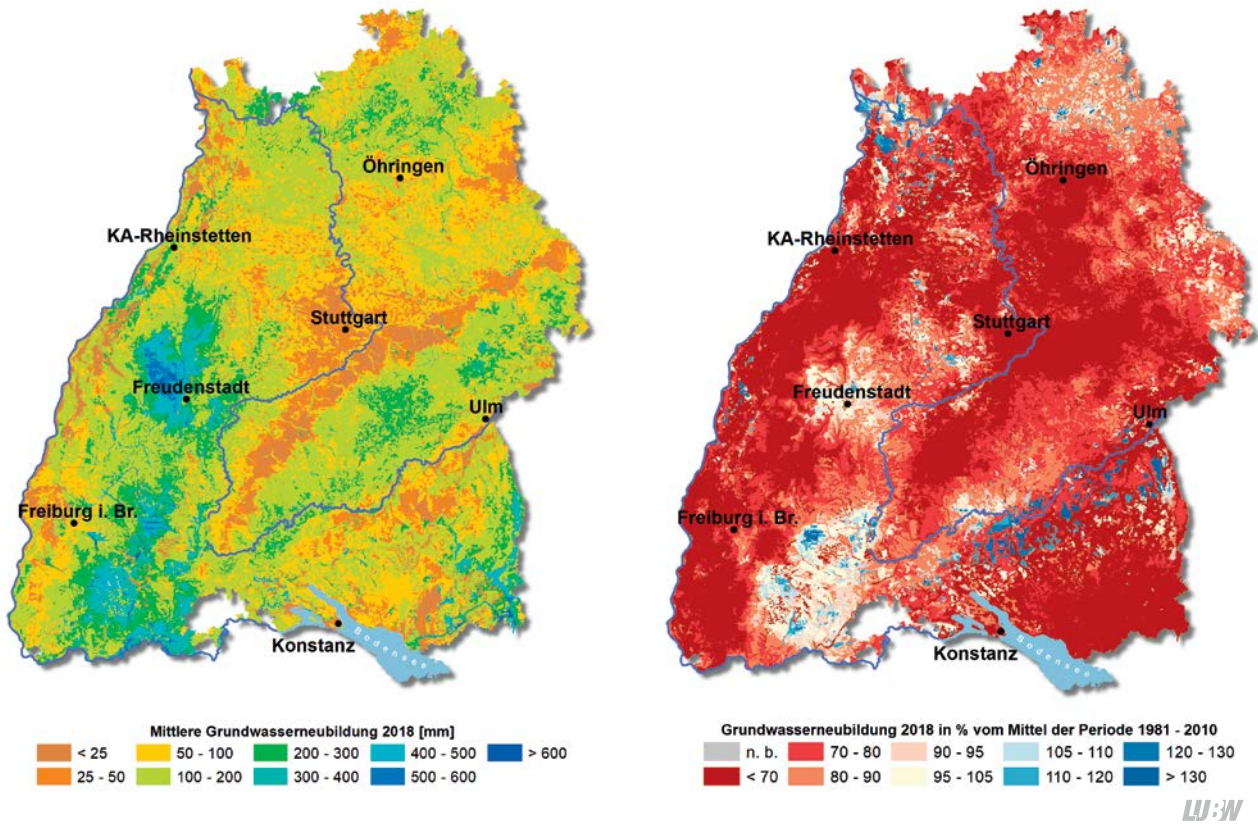


- 400/769-8 "Regenmesser Tännelesäcker": Niederschlag [mm] Mittelwert (langj. Monat)
- 400/769-8 "Regenmesser Tännelesäcker": Niederschlag [mm] Summe (Monat)
- 500/769-5 "Lysimeter Tännelesäcker": Sickerwasser [mm] Mittelwert (langj. Monat)
- 500/769-5 "Lysimeter Tännelesäcker": Sickerwasser [mm] Summe (Monat)
- 193/769-2 "GWM 1 Erolzheim": Grundwasserstand [m+NN] Mittelwert (langj. Monat)
- 193/769-2 "GWM 1 Erolzheim": Grundwasserstand [m+NN]

LU:W

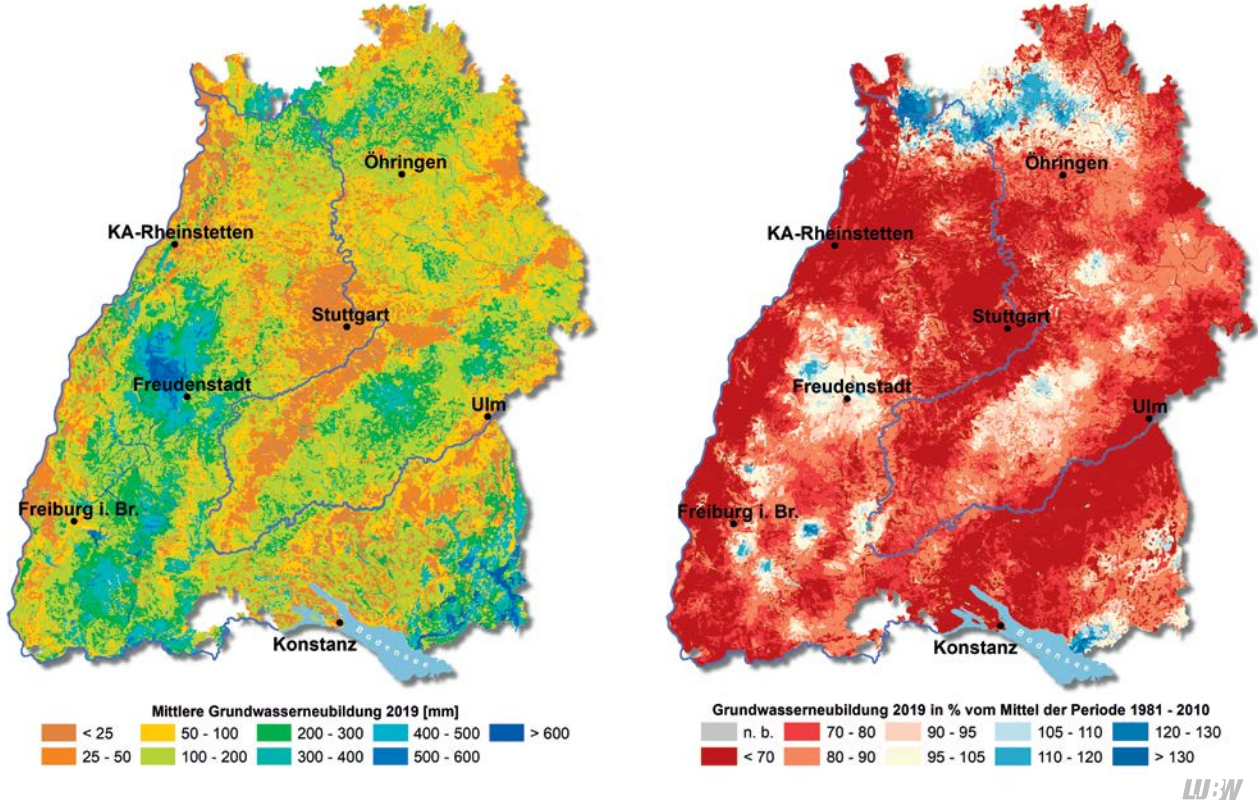
Abbildung 1.6: Niederschlag, Sickerung und Grundwasserstand an ausgewählten Lysimeteranlagen 2017, 2018 und 2019 im Vergleich zu 20-jährigen Monatsmittelwerten (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank)





LUBW

Abbildung 1.7: Verteilung der Grundwasserneubildung 2018 in mm/Jahr (links) und in % vom Mittel der Periode 1981 – 2010 (rechts) (Datengrundlage: Modell Grundwasserneubildung-Bodenwasserhaushalt 05/2020)



LUBW

Abbildung 1.8: Verteilung der Grundwasserneubildung 2019 in mm/Jahr (links) und in % vom Mittel der Periode 1981 – 2010 (rechts) (Datengrundlage: Modell Grundwasserneubildung-Bodenwasserhaushalt 05/2020)

## 1.3 Grundwasservorräte 2018/2019

### 1.3.1 Allgemeiner Zustand

Im Folgenden werden ein Überblick über die aktuelle Zustandsentwicklung der landesweiten Grundwasservorräte gegeben und die in den Jahren 2018/2019 beobachteten Tendenzen dargestellt. In Abbildung 1.9 sind Ganglinien ausgewählter Trendmessstellen dargestellt. Der Normalbereich (grüne Fläche) repräsentiert den statistisch zu erwartenden Schwankungsbereich von Grundwasserstand oder Quellschüttung in einem bestimmten Monat. Dieser Bereich wird durch das 90. Perzentil als Obergrenze und das 10. Perzentil als Untergrenze der Monatswerte aus 20 Beobachtungsjahren definiert. Der langjährige Monatsmedian (20 Jahre) der Einzelmesswerte ist als grüne gestrichelte Linie, die Monatsextrema (20 Jahre, Minimum und Maximum) sind als schwarz gestrichelte Linien dargestellt.

### 1.3.2 Regionale Grundwasserverhältnisse

Die zu Jahresbeginn 2018 hohen Grundwasserstände und Quellschüttungen im Hochrheintal, Wiesental und Klettgau waren im weiteren Jahresverlauf rückläufig. Im Mai/Juni wurden an einigen Standorten vorübergehend niederschlagsbedingte Anstiege beobachtet. Nach den anschließenden erneuten Rückgängen wurde ab Herbst ein niedriges Niveau erreicht. Starke Niederschläge zu Jahresende haben wiederum steile Grundwasseranstiege auf ein überdurchschnittliches Niveau im Dezember bewirkt. Das Jahr 2019 verlief bei den Grundwasserständen relativ unauffällig innerhalb des Normalbereichs. Die Quellschüttungen erreichten dagegen nie mittleres Niveau (Messstelle 160/223-0 in Abbildung 1.9). Die 20-jährigen Trends sind ausgeglichen.

Nach den starken Anstiegen zum Jahresbeginn verliefen die Grundwasservorräte im südlichen Oberrheingraben und in der Freiburger Bucht in der ersten Jahreshälfte 2018 rückläufig innerhalb des Normalbereichs. Im zweiten Halbjahr wurden die langjährigen Niedrigstwerte über viele Monate erreicht. Zum Jahreswechsel zeigte sich infolge der starken Niederschläge eine gewisse Erholung von kurzer Dauer. Im Jahr 2019 waren die Grundwasserstände im Markgräflerland insgesamt niedrig mit kurzzeitigen Entspannungsphasen zum Sommerbeginn und zum Jahresende (Messstelle 29/021-2 in Abbildung 1.9). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist unauffällig.

Der Grundwasserstand im Bereich des mittleren Oberrheins ist vom Niederschlag geprägt, wie aus den wiederholten Anstiegsphasen hervorgeht. Die Verhältnisse waren im Jahr 2018 dadurch trotz deutlicher Rückgänge innerhalb des Normalbereichs. Die Auswirkungen der Trockenheit wurden später als im südlichen Oberrheingraben offensichtlich, im letzten Quartal 2018 wurde der langjährige Niedrigwasserstand erreicht. Die bedeutenden Niederschläge zum Jahresende haben für ansteigende Grundwasserverhältnisse gesorgt, wobei ein mittleres Niveau erst Mitte 2019 erreicht wurde. Der weitere Jahresverlauf war relativ unauffällig im unteren Normalbereich mit markanten Anstiegen zum Jahresende (Messstelle 115/066-9 in Abbildung 1.9). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist nach wie vor ausgeglichen.

Die Grundwasserstände im nördlichen Oberrhein weisen eine geringe Schwankungsdynamik auf. Nach den für dieses Gebiet ungewöhnlich markanten Anstiegen zu Jahresbeginn bewegten sie sich im weiteren Jahresverlauf 2018 anhaltend rückläufig innerhalb des Normalbereichs und im November im unteren Normalbereich. Der regenreiche Dezember hat Wiederanstiege bewirkt, wobei zahlreiche rheinnahe Messstellen besonders rapide und dauerhaft auf ein mittleres Niveau angestiegen sind (Messstelle 112/256-4 in Abbildung 1.9). Bei den rheinfernen Standorten war die Erholungsphase temporär. Oft bewegten sich die Grundwasserstände dort im gesamten Jahresverlauf auf niedrigem Niveau (Messstelle 100/355-1 in Abbildung 1.10). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist mehrheitlich ausgewogen, wobei zunehmend rückläufige Verhältnisse zu beobachten sind.

Auch im Singener Becken und Bodenseebecken sowie im Argendelta waren im ersten Quartal 2018 starke Grundwasseranstiege zu verzeichnen. Ab März/April wurden jedoch ausschließlich rückläufige Verhältnisse gemessen. Die Grundwasservorräte erreichten zum Jahresende vielerorts ihr langjähriges Minimum. An einigen Messorten waren zum Jahreswechsel Anzeichen für eine Zunahme erkennbar, aber die Erholung war nur selten von Dauer. Verschiedene Messorte benötigten deutlich mehr Monate, um den „roten“ Niedrigwasserbereich zu verlassen. Im letzten Quartal 2019 hat letztlich eine generelle Erholung stattgefunden (Messstelle 2034/522-3 in Abbildung 1.9). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen bis leicht rückläufig.

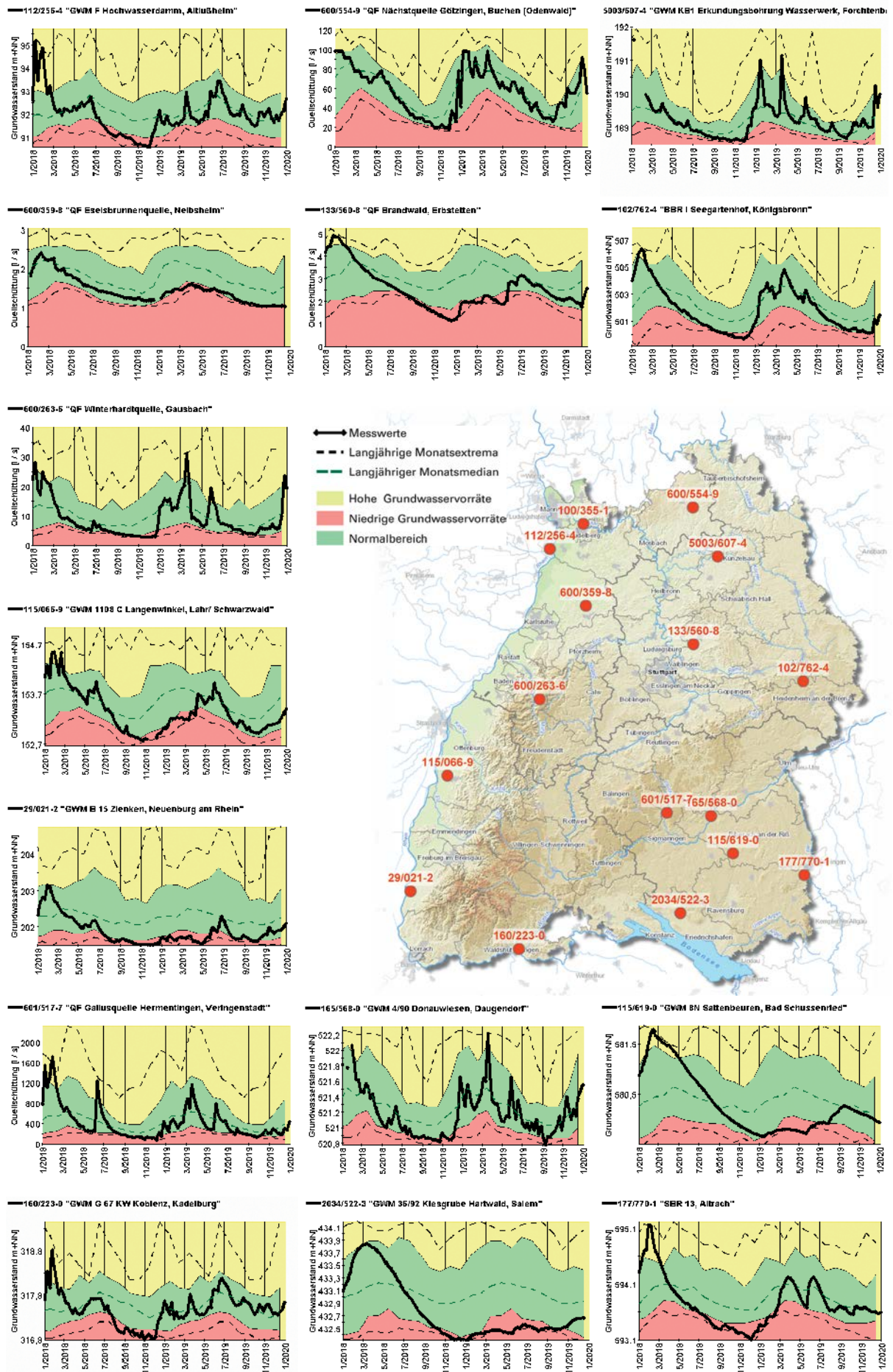


Abbildung 1.9: Grundwasserstand/Quellschüttung und zugehöriger Normalbereich aus 20 Beobachtungsjahren an ausgewählten Grundwassermessstellen im Zeitraum Januar 2018 bis Dezember 2019 (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank)

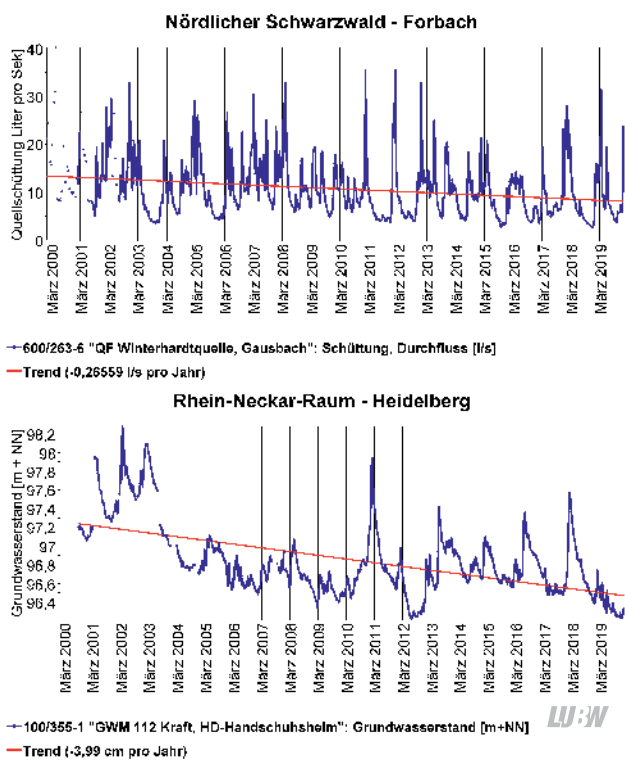


Abbildung 1.10: Ganglinien ausgewählter Grundwassermessstellen mit Trendbetrachtung 1999 – 2018; die Lage der Messstellen geht aus Abbildung 1.9 hervor (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank).

Die Grundwasserverhältnisse im Riftal und in Oberschwaben entsprachen im Jahr 2018 insgesamt den landesweiten Entwicklungstendenzen mit Grundwasseranstiegen zu Jahresbeginn und anschließendem Rückgang. Dank der sehr hohen Ausgangssituation verlief das Grundwassergeschehen im gesamten Jahresverlauf rückläufig innerhalb des Normalbereichs. Die Verhältnisse waren zu Jahresende dennoch deutlich unterdurchschnittlich. Das Jahr 2019 verlief in Oberschwaben uneinheitlich. Neben Messorten mit unauffälligen Entwicklungen innerhalb des Normalbereichs bewegten sich einige Pegel dauerhaft auf niedrigem Niveau. Die Messstelle 115/619-0 in Abbildung 1.9 dokumentiert ein mittleres Verhalten. Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist unauffällig.

Die Grundwasserstandsentwicklung in den quartären Talfüllungen des Donautals spiegelt das Niederschlagsgeschehen wider. Die Grundwasserstände schwankten im ersten Quartal 2018 zunächst im oberen und anschließend über längere Zeiträume im unteren Normalbereich. Im Sommer wurden zeitweise niedrige Verhältnisse beobachtet, bevor zum Jahresende kurzfristige Anstiege stattgefunden haben. Im Jahr 2019 schwankten die Grundwasserstände niederschlagsbedingt relativ stark, bewegten sich jedoch überwiegend im Normalbereich. Das Jahresende wird durch

markante Anstiege charakterisiert (Messstelle 165/568-0 in Abbildung 1.10). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

Nach starken Anstiegen auf teilweise langjährige Höchstwerte zum Jahresbeginn 2018 bewegten sich die Grundwasserstände im Illertal und im Bereich der Leutkircher Heide im Jahresverlauf stark rückläufig bis auf langjährige Niedrigstwerte zu Jahresende. Auf diese völlig unnormale Entwicklung folgten niederschlagsbedingte signifikante Anstiege im ersten Quartal 2019. Die Mainiederschläge haben rechtzeitig vor dem Sommereinbruch den Grundwasservorräten neue Impulse gegeben, sodass in diesem Bereich keine ausgeprägte Niedrigwassersituation im weiteren Jahresverlauf zu verzeichnen war. Das Jahr 2019 endete anders als in den meisten Landesteilen ohne erkennbare Erholung der Grundwasserstände (Messstelle 177/770-1 in Abbildung 1.9). Der 20-jährige Trend ist ausgeglichen.

Die Grundwasserstände und Quellschüttungen im Karstaquifer der Schwäbischen Alb reagieren zeitnah auf Niederschlagsereignisse. Dies spiegelt sich in der Grundwasserdynamik wider, wobei ausgeprägte Rückgangsphasen und steile Anstiegsepisoden alternieren. Neben den starken Niederschlägen zum Jahreswechsel 2017/2018 hatten auch die Mai- und Juni-Niederschläge in diesem Bereich bemerkenswerte Auswirkungen. Die 2. Jahreshälfte war durch die anhaltende Trockenheit gekennzeichnet. Vielerorts wurden dauerhaft die 20-jährigen Monatsniedrigstwerte erreicht. Das Jahr 2019 kann abgesehen von den niedrigen Verhältnissen im Spätsommer insgesamt als ein normales Jahr eingestuft werden (Messstelle 601/517-7 in Abbildung 1.9). Der 20-jährige Trend ist unauffällig.

Im Bereich der Ostalb entwickelten sich die Grundwasserstände im Jahr 2018 bereichsweise von 20-jährigen Höchstwerten im 1. Quartal bis zu 20-jährigen Monatsniedrigwerten im 4. Quartal. Ein ähnlicher Verlauf war 2019 in gemäßigter Form zu beobachten. Die Anstiege bis zum Frühjahr waren bescheidener und die Niedrigwasserphase im Herbst war ebenfalls weniger ausgeprägt (Messstelle 102/762-4 in Abbildung 1.9). Die 20-jährigen Trends sind ausgeglichen.

Sowohl die Grundwasserstände im Neckarbecken als auch die Quellschüttungen in den Schwäbisch-Fränkischen Waldbergen haben im Jahr 2018 einen sehr starken Rück-

gang von einem hohen Niveau zu Jahresbeginn bis hin zu extremen Niedrigwasserzuständen zum Jahresende erfahren. Die zögerlichen Anstiege in der ersten Jahreshälfte von 2019 waren unzureichend, um eine ausreichende Erholung der Grundwasservorräte zu bewirken. Der unerwartete Neubildungsprozess zu Sommerbeginn konnte in einigen Bereichen für Entspannung sorgen. Im weiteren Verlauf von 2019 bewegten sich die Grundwasserstände und Quellschüttungen im unteren Normalbereich. (Messstelle 133/560-8 in Abbildung 1.10). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist in diesem relativ heterogenen Gebiet insgesamt ausgewogen bis leicht rückläufig.

Die Entwicklung der Grundwasserstände im Bereich der Flusstäler von Tauber, Kocher und Jagst ist vom Abflussregime der benachbarten Fließgewässer geprägt. Nach steilen Anstiegen im Januar 2018 schwankte der Grundwasserspiegel innerhalb des Normalbereichs mit rückläufiger Tendenz, verblieb jedoch bis in den Herbst innerhalb des Normalbereichs. Zum Jahresende stiegen die Grundwasserspiegel innerhalb weniger Wochen rasch an und bewegten sich zum Jahreswechsel kurzzeitig auf hohem Niveau. Im Jahr 2019 waren sowohl die Schwankungsbreite als auch die Grundwasserpegel höher als im Vorjahr (Messstelle 5003/607-4 in Abbildung 1.9). Die 20-jährigen Entwicklungstendenzen sind unauffällig.

Nach anfänglich überdurchschnittlichen Verhältnissen waren die Grundwasserstände und die Quellschüttungen in den Festgesteinen von Nord-Württemberg und Odenwald im weiteren Jahresverlauf von 2018 – den langjährigen Verhältnissen entsprechend – rückläufig. Die landesweit ausgeprägte Trockenheit stellte sich in diesem Bereich erst ab November ein. Die Regenfälle zum Jahresbeginn 2019 haben binnen weniger Wochen markante Anstiege auf ein überdurchschnittliches Niveau bewirkt. Das Grundwassergeschehen entwickelte sich anschließend unauffällig (Messstelle 600/554-9 in Abbildung 1.10). Die langjährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

Nach starken niederschlagsbedingten Anstiegen auf ein überdurchschnittliches Niveau zu Jahresbeginn 2018 waren die Quellschüttungen und Grundwasserstände im Kraichgau anschließend in den Jahren 2018 und 2019 permanent rückläufig. Das Jahr 2019 verlief auf besonders niedrigem Niveau mit kurzer, unbedeutender Anstiegsphase im Früh-

jahr 2019. Verbreitet war bis zum Jahresende 2019 noch keine Entspannung zu verzeichnen (Messstelle 600/359-8 in Abbildung 1.10). Die quantitative Grundwassersituation war 2019 in Teilen des Kraichgau sehr angespannt. Die Anzahl der Messstellen mit rückläufigen 20-jährigen Trends nimmt rasch zu.

Die Schwarzwaldquellen haben überwiegend kleinräumige Einzugsgebiete und weisen ausgeprägte, niederschlagsbedingte Schüttungsschwankungen auf. Die Schüttungen schwankten in der ersten Jahreshälfte von 2018 innerhalb des Normalbereichs und bereichsweise darüber. Mit dem Nachlassen der Niederschläge wurden im weiteren Verlauf rückläufige Entwicklungen bis in den unteren Normalbereich und darunter beobachtet. Nach monatelanger Trockenheit haben die Dezemberriederschläge zum Jahresende für Schüttungssteigerungen gesorgt. Die Grundwasserdynamik war 2019 wesentlich lebhafter mit erheblichen Schwankungen. Im Nord- und Hochschwarzwald waren Ende 2019 Zunahmen auf hohe Verhältnisse zum Jahresende zu verzeichnen (Messstelle 600/263-6 in Abbildung 1.10). Die 20-jährigen Trends sind nahezu ausnahmslos ausgeglichen.

Eine Gesamtschau auf die quantitativen Grundwasserverhältnisse 2018/2019 lässt sich vor dem Hintergrund mehrjähriger Beobachtungsreihen (20 Jahre) durchführen. In Abbildung 1.11 sind hierzu die normierten Ganglinien von Trendmessstellen zusammengefasst dargestellt. Der langjährig mittlere Jahresgang (blaue Fläche) wird aus normierten und anschließend gemittelten Monatsmittelwerten der Einzelmessstellen berechnet. Die Berichtsjahre 2018 und 2019 werden als Linie dargestellt.

Die Abbildungen 1.12 und 1.13 zeigen die messstellenbezogene Beurteilung der aktuellen quantitativen Grundwasserverhältnisse ebenfalls auf der Grundlage der Mittelwerte der Jahre 2018 und 2019 im mehrjährigen Vergleich (jeweils 20 Jahre). Darüber hinaus wurden die jeweiligen Entwicklungstendenzen (lineare Trends aus 20 Beobachtungsjahren) ausgewertet. Die aufgeführten Standorte sind für die zugehörigen Grundwasserlandschaften repräsentativ. Die verwendeten Farben veranschaulichen den standortspezifischen Zustand des Grundwasserdargebots im Vergleich zu den langjährigen Grundwasserverhältnissen. Die Symbole stehen für den zunehmenden, gleichbleibenden bzw. abnehmenden Trend.

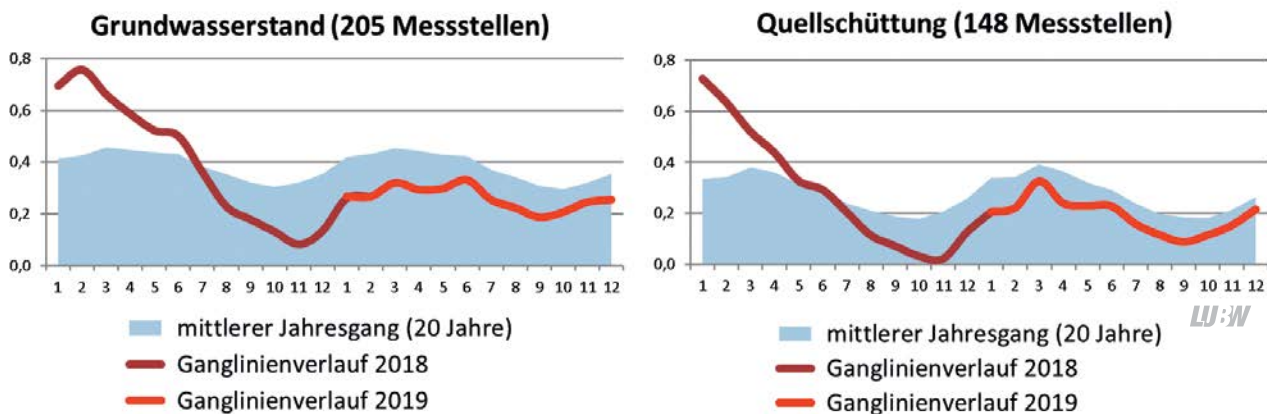


Abbildung 1.11: Mittlerer Jahresverlauf von Quellschüttung und Grundwasserstand im vieljährigen Mittel (1999 – 2018) und in den Jahren 2018 und 2019 (schematisch) (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank).

### 1.3.3 Quantitative Entwicklung

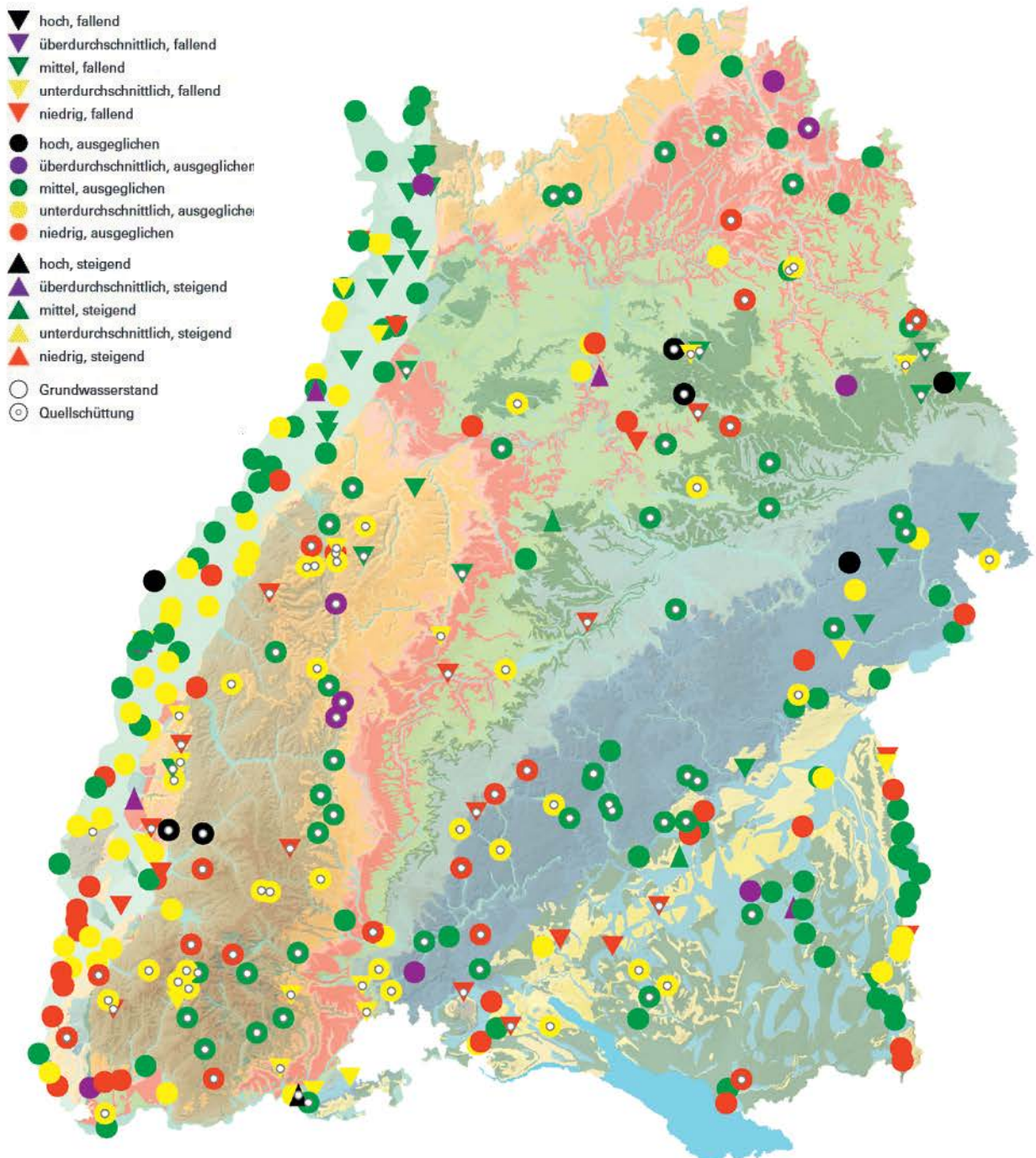
Das Jahr 2018 wird gekennzeichnet durch außergewöhnlich steile Grundwasseranstiege zu Jahresbeginn mit anschließend dauerhaft rückläufigen Verhältnissen, die im Frühjahr bereichsweise durch kurzzeitige Zunahmen unterbrochen werden. Nach dem trockenen Jahr 2017 haben die großen Niederschlagsmengen im Januar 2018 den Versickerungsprozess angestoßen. Binnen weniger Wochen wurde verbreitet ein sehr überdurchschnittliches Niveau kurzzeitig erreicht. Im Anschluss an diese Erholungsphase waren die Grundwasservorräte im weiteren Jahresverlauf nur noch rückläufig. Überregional waren die Grundwasserverhältnisse in der 2. Jahreshälfte 2018 unterdurchschnittlich bis niedrig (Abbildungen 1.11). Die anhaltende Trockenheit bis einschließlich November hat vielerorts langjährige Niedrigwassersituationen verursacht. Erst die ergiebigen Dezemberriederschläge konnten für eine Entspannung der quantitativen Grundwassersituation zum Jahresende in Teilen des Landes sorgen. Die Grundwasservorräte sind dadurch innerhalb weniger Wochen auf ein mittleres Niveau mit weiterhin positiver Tendenz zum Jahresende angestiegen. Die auf Niederschläge ausgeprägter reagierenden Quellschüttungen sprechen grundsätzlich etwas schneller auf innerjährliche Schwankungen an und haben im letzten Quartal besonders stark zugenommen.

Insgesamt liegen die mittleren Grundwasservorräte im Jahr 2018 über dem Niveau im vorangegangenen Jahr. Bei Betrachtung des Mittelwerts wird die stark kontrastierte innerjährliche Verteilung mit hohen Verhältnissen zu Jah-

resbeginn und extrem niedrigen Pegeln im Herbst nicht deutlich. Das Jahr 2018 zählt zu den Jahren mit den niedrigsten Grundwasserständen und Quellschüttungen seit Beginn der amtlichen Grundwasserbeobachtung. Landesweit werden im Mittel dennoch überwiegend nur leicht unterdurchschnittliche Verhältnisse beobachtet. Im Oberrheingraben ist ein starkes Gefälle zwischen den niedrigen Grundwasserständen im Markgräflerland und der deutlich entspannteren Situation im Rhein-Neckar-Raum zu beobachten (Abbildung 1.12).

Das Jahr 2019 hat weder zur Verschärfung der angespannten Niedrigwassersituation im Herbst 2018 beigetragen noch für eine Erholung der Grundwasservorräte gesorgt. Die Grundwasservorräte haben in diesem Jahr auf unterdurchschnittlichem Niveau zu steigen begonnen und sich im weiteren Jahresverlauf überwiegend im unteren Normalbereich bewegt. Im jährlichen Landesmittel waren die Grundwasservorräte dadurch auf niedrigem Niveau. Das Jahr 2019 fällt somit niedriger als das Jahr 2018 aus, wenngleich aufgrund der nahezu durchschnittlichen Niederschläge keine vergleichbaren Dürreverhältnisse zu verzeichnen waren. Im südlichen und nördlichen Oberrheingraben sowie in Oberschwaben und Kraichgau waren 2019 niedrige Grundwasservorräte zu verzeichnen (Abbildung 1.13).

Die Messstellen zeigten bei den Quellen und den meisten Grundwasserständen einen ausgeglichenen 20-jährigen Trend, wobei die Anzahl der Messstellen mit rückläufiger Tendenz wächst.



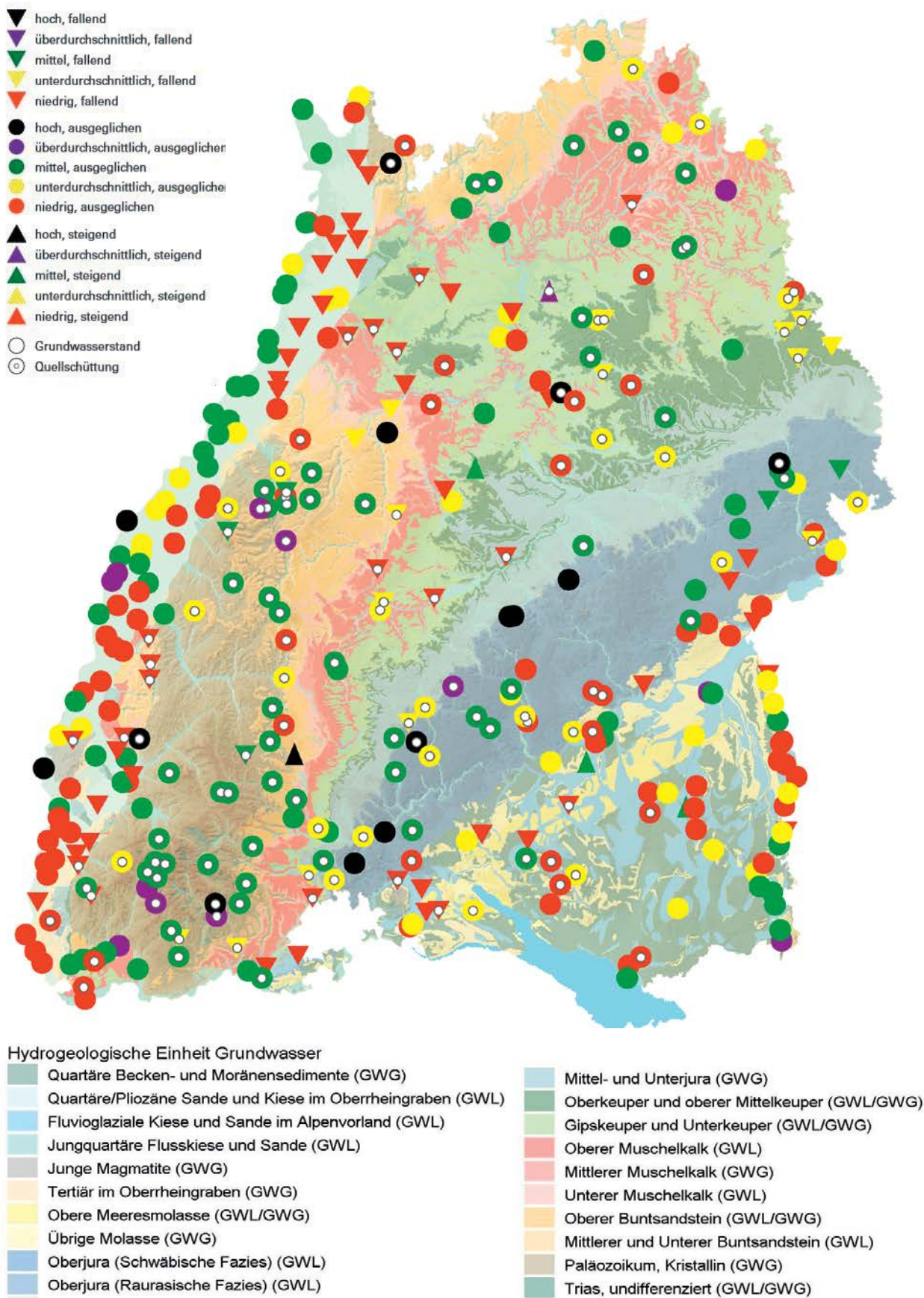
Hydrogeologische Einheit Grundwasser

- Quartäre Becken- und Moränensedimente (GWG)
- Quartäre/Pliozäne Sande und Kiese im Oberrheingraben (GWL)
- Fluvioglaziale Kiese und Sande im Alpenvorland (GWL)
- Jungquartäre Flusskiese und Sande (GWL)
- Junge Magmatite (GWG)
- Tertiär im Oberrheingraben (GWG)
- Obere Meeresmolasse (GWL/GWG)
- Übrige Molasse (GWG)
- Oberjura (Schwäbische Fazies) (GWL)
- Oberjura (Raurasische Fazies) (GWL)

- Mittel- und Unterjura (GWG)
- Oberkeuper und oberer Mittelkeuper (GWL/GWG)
- Gipskeuper und Unterkeuper (GWL/GWG)
- Oberer Muschelkalk (GWL)
- Mittlerer Muschelkalk (GWG)
- Unterer Muschelkalk (GWL)
- Oberer Buntsandstein (GWL/GWG)
- Mittlerer und Unterer Buntsandstein (GWL)
- Paläozoikum, Kristallin (GWG)
- Trias, undifferenziert (GWL/GWG)

LUBW

Abbildung 1.12: Zustand und Trendverhalten der Grundwasserverhältnisse 2018 (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank)



LUBW

Abbildung 1.13: Zustand und Trendverhalten der Grundwasserverhältnisse 2019 (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank)



## 2 Grundwasserbeschaffenheit

Das qualitative Grundwassermessnetz (Beschaffenheitsmessnetz) wird von der LUBW betrieben und gibt einen landesweiten Überblick über Zustand und Entwicklung der Grundwasserqualität hauptsächlich im oberflächennahen Grundwasser. Es setzt sich zusammen aus Beobachtungsrohren, Quellen oder unterschiedlich genutzten Brunnen wie Beregnungsbrunnen und Brauchwasserbrunnen von privaten Nutzern oder Rohwasserbrunnen von Wasserversorgungsunternehmen für die Trinkwassergewinnung. Die Auswertung der Messdaten erfolgt gemäß Zielsetzung bzw. potenziellen Emittenten der in Tabelle 2.1 dargestellten Teilmessnetze. Im Rahmen der Überarbeitung des Rahmenkonzepts Grundwassermessnetze werden auch die Teilmessnetze derzeit überarbeitet.

Für die Ergebnisdarstellungen werden folgende Messdaten aus den Jahren 2015 bis 2019 herangezogen:

- Vor-Ort-Parameter und Messprogramm N (Nitrat, Nitrit, Ammonium): Untersuchungsergebnisse des gesamten Beschaffenheitsmessnetzes 2018 und 2019. Außerdem liegen Messdaten aus dem Kooperationsmessnetz Wasserversorgung vor.
- PSM: Untersuchungsergebnisse des gesamten Beschaffenheitsmessnetzes 2017 bis 2019. Außerdem liegen Messdaten aus dem Kooperationsmessnetz Wasserversorgung vor, die in 2019 unter [www.grundwasserdatenbank.de](http://www.grundwasserdatenbank.de) veröffentlicht wurden.
- Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW), BTEX-Aromaten, Benzinzusatzstoffe MTBE/ETBE, metallische Spurenstoffe und hydrochemische Parameter: Untersuchungsergebnisse des gesamten Beschaffenheitsmessnetzes 2016 bis 2018.
- Süßstoffe, Benzotriazole und per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC): Untersuchungsergebnisse des gesamten Beschaffenheitsmessnetzes 2015 bis 2018.

Die nachfolgenden Kapitel enthalten weitere Informationen zu den je Stoffgruppe gemessenen Einzelsubstanzen sowie die Anzahl der in die Auswertung eingegangenen Messstellen.

### 2.1 Nitrat 2018/2019

#### 2.1.1 Hintergrund

Nitrat ist ein grundlegender Nährstoff für die Pflanzenernährung und -produktion. Grundwasser enthält von Natur aus sehr wenig Nitrat, da in Gesteinen und in naturbelassenen Böden nur wenig leicht verfügbarer Stickstoff enthalten ist. Erst durch den Einsatz großer Mengen stickstoffhaltiger Dünger in Landwirtschaft, Weinbau und Gartenbau reichert sich Nitrat im Boden an. Es gibt anorganische Dünger/Mineraldünger und organische Dünger – wie Gülle, Jauche, Mist –, welche als Hofdünger in der Landwirtschaft anfallen. Weitere stickstoffhaltige Düngemittel sind Gärreste und Kompost, welche aus der Verwertung organischer Abfälle in Biogas- und Kompostanlagen stammen.

Der Großteil der Nitrateinträge in das Grundwasser stammt aus landwirtschaftlichen Nutzungen. In Siedlungsgebieten kann Stickstoff lokal durch die Düngung von Grünanlagen, Sportplätzen und Privatgärten sowie aus defekten Abwasseranlagen in den Boden gelangen. Eine weitere mögliche Quelle von Stickstoff – in Baden-Württemberg

Tabelle 2.1: Teilmessnetze des Beschaffenheitsmessnetzes (Stand 05/2020)

Abkürzung	Bezeichnung	Zielsetzung	Messstellen Anzahl
ALLE	Beschaffenheitsmessnetz	landesweiter Überblick	1.866
BMN	Basismessnetz	anthropogen kaum beeinflusste Beschaffenheit	106
RW	Rohwassermessnetz	Beschaffenheit des Rohwassers für die Trinkwasserversorgung	150
VF	Vorfeldmessnetz	Beschaffenheit im Zustrom des Rohwassers	38
EL	Emittenten Landwirtschaft	Beschaffenheit im Einflussbereich von landwirtschaftlicher Nutzung	657
EI	Emittenten Industrie	Beschaffenheit im Einflussbereich von Industriestandorten	319
ES	Emittenten Siedlung	Beschaffenheit im Einflussbereich von Siedlungen	354
SE	Sonstige Emittenten	Beschaffenheit bei diversen anthropogenen Einflüssen	57
QMN	Quellmessnetz	Beschaffenheit des Grundwassers, welches an Quellen austritt	185

von untergeordneter Bedeutung – stellt in fließgewässernahem Grundwasser das in Fließgewässer eingeleitete gereinigte Abwasser dar. In sehr geringen Mengen können weitere Stickstoffverbindungen – wie Stickoxide aus Verbrennungsvorgängen und Ammoniak aus der Nutztierhaltung – über die Luft und den Niederschlag in den Boden gelangen.

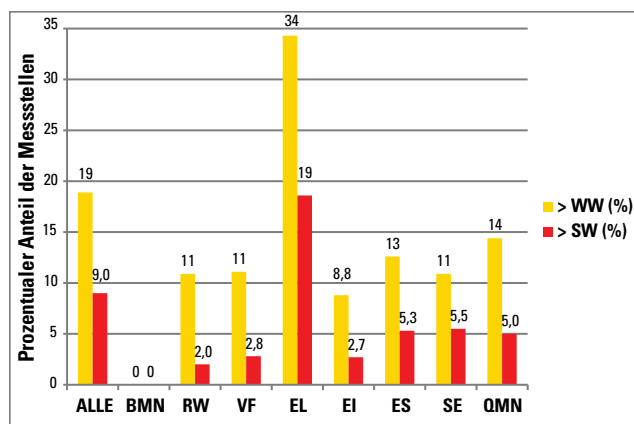
Im Boden werden Stickstoffverbindungen zum großen Teil zu Nitrat umgewandelt. Nitrat ist sehr gut wasserlöslich, wird kaum an Bodenpartikeln gebunden und ist daher sehr mobil. Nitrat, das von den Pflanzen nicht aufgenommen wird, wird aus dem Boden ausgewaschen und gelangt mit dem Sickerwasser ins Grundwasser. Bei bis in die ungesättigte Bodenzone ansteigendem Grundwasserspiegel kann das Grundwasser Nitrat auch aus den Porenräumen des Bodens herauslösen. Im Grundwasser selbst, also außerhalb der belebten Bodenzone, wird Nitrat kaum abgebaut. Lediglich unter sauerstoffarmen und sauerstofffreien Bedingungen kann Nitrat zu Nitrit, Ammonium und Stickstoffgasen reduziert werden.

### 2.1.2 Bewertungsgrundlagen

Für Nitrat besteht eine Reihe von rechtlichen Regelungen (Tabelle 4.6). Für die Auswertung wurden der Schwellenwert (SW) der Grundwasserverordnung (GrwV) bzw. Grenzwert (GW) der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) von 50 mg/l sowie der Warnwert (WW) des Grundwasser-Überwachungsprogramms von 37,5 mg/l (entspricht 75 % des Schwellenwertes) herangezogen.

### 2.1.3 Ergebnisse 2018

Insgesamt wurden die Nitratwerte von 1.795 im Jahr 2018 untersuchten Landesmessstellen zur Auswertung herangezogen. Der Schwellenwert für Grundwasser wurde an 161 (9,0 %) der Messstellen überschritten. Überschreitungen des Warnwertes lagen an 340 (19 %) der Messstellen vor.



LUBW

Abbildung 2.1: Prozentualer Anteil der Messstellen mit Überschreitung von Warnwert (WW: 37,5 mg/l) und Schwellenwert (SW: 50 mg/l) im Beschaffenheitsmessnetz mit den Teilmessnetzen im Jahr 2018 (Abkürzungen siehe Tabelle 2.1; Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 04/2020)

Der Höchstwert betrug 155 mg/l Nitrat. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 2.1 und 2.2 sowie in der Tabelle 2.2 dargestellt.

Die Anteile an der Gesamtbelastung der in Zielsetzung und den jeweiligen Emittenten unterschiedlichen Teilmessnetze waren erwartungsgemäß wie in den Vorjahren sehr unterschiedlich (Abbildung 2.1). So ergab sich für das Basismessnetz (BMN), das aus anthropogen möglichst wenig beeinflussten Messstellen besteht, das niedrigste Belastungsniveau mit einem Mittelwert von weit unter 10 mg/l und keiner Schwellenwertüberschreitung, während das Teilmessnetz Landwirtschaft (EL) mit einem Mittelwert von rund 30 mg/l das höchste Belastungsniveau aller Teilmessnetze aufwies. Im Teilmessnetz Landwirtschaft (EL) wurde in 2018 der Schwellenwert an 19 % der Messstellen überschritten, der Warnwert an 34 % – also an etwa jeder dritten Messstelle.

Tabelle 2.2: Statistische Kennzahlen Nitrat 2018, Beschaffenheitsmessnetz mit Teilmessnetzen (Abkürzungen siehe Tabelle 2.1)

	ALLE	BMN	RW	VF	EL	EI	ES	SE	QMN
Anzahl der ausgewerteten Messstellen	1.795	102	147	36	639	295	341	55	180
Mittelwert in mg/l	23	6,3	20	19	31	18	20	17	19
Medianwert in mg/l	19	6,2	19	16	29	17	17	15	12
Überschreitungen des Warnwertes (37,5 mg/l) in % der Messstellen	19	0	11	11	34	8,8	13	11	14
Überschreitungen des Schwellenwertes (50 mg/l) in % der Messstellen	9,0	0	2,0	2,8	19	2,7	5,3	5,5	5,0

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 04/2020

LUBW

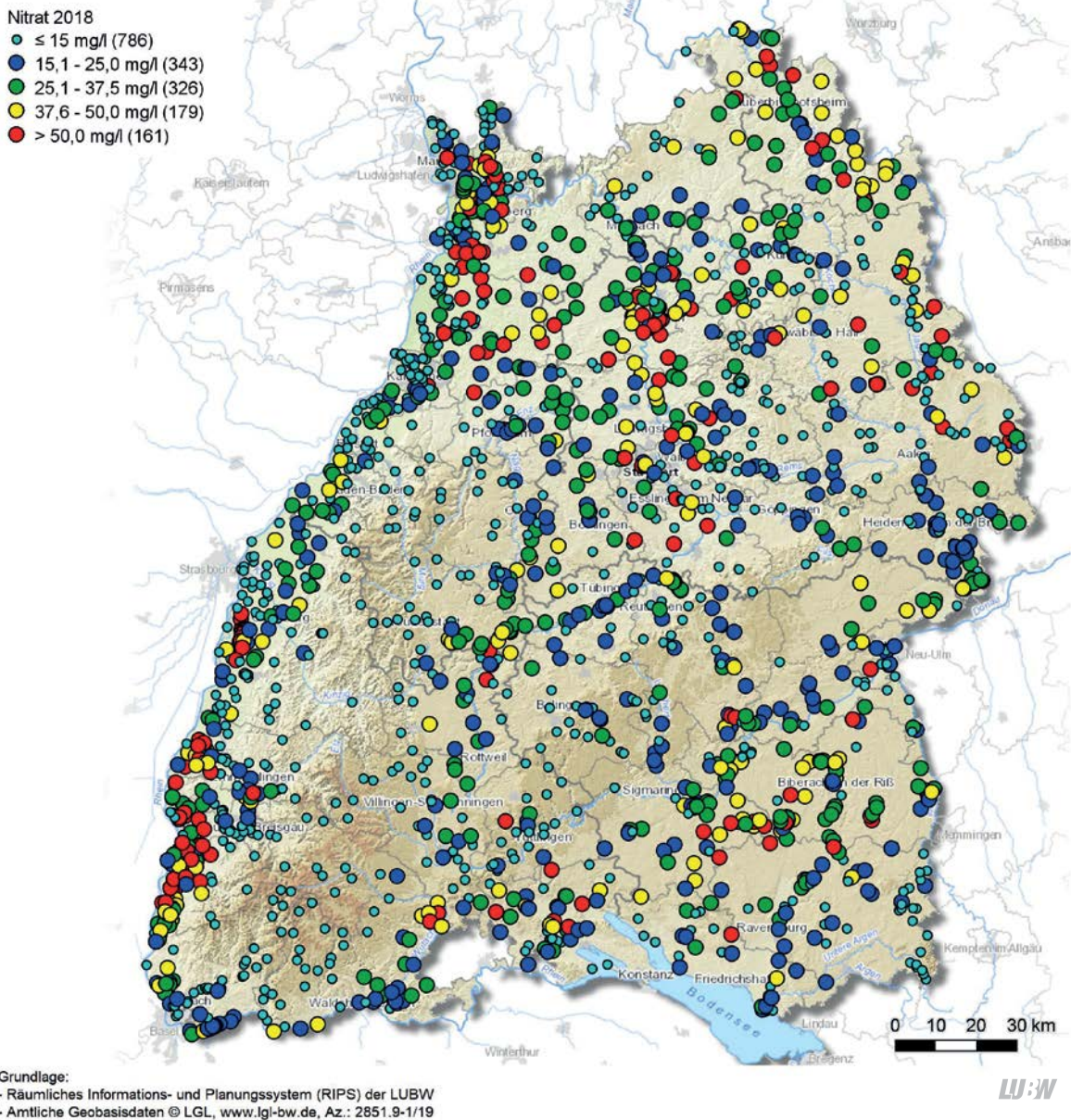


Abbildung 2.2: Nitratgehalte 2018 im Beschaffenheitsmessnetz (alle Teilmessnetze, 1.795 Messstellen); die Zahlen in Klammern geben die Anzahl der Messstellen in der jeweiligen Konzentrationsklasse an; Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 04/2020

### 2.1.4 Ergebnisse 2019

Insgesamt wurden die Nitratwerte von 1.766 im Jahr 2019 untersuchten Landesmessstellen zur Auswertung herangezogen. Der Schwellenwert für Grundwasser wurde an 155 (8,8 %) der Messstellen überschritten. Überschreitungen des Warnwertes lagen an 315 (18 %) der Messstellen vor. Der Höchstwert betrug 164 mg/l Nitrat. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 2.3 und 2.4 sowie in der Tabelle 2.3 dargestellt.

Die Anteile an der Gesamtbelastung der in Zielsetzung und den jeweiligen Emittenten unterschiedlichen Teilmessnetze waren erwartungsgemäß wie in den Vorjahren sehr unterschiedlich (Tabelle 2.3). So ergab sich für das Basismessnetz (BMN), das aus anthropogen möglichst we-

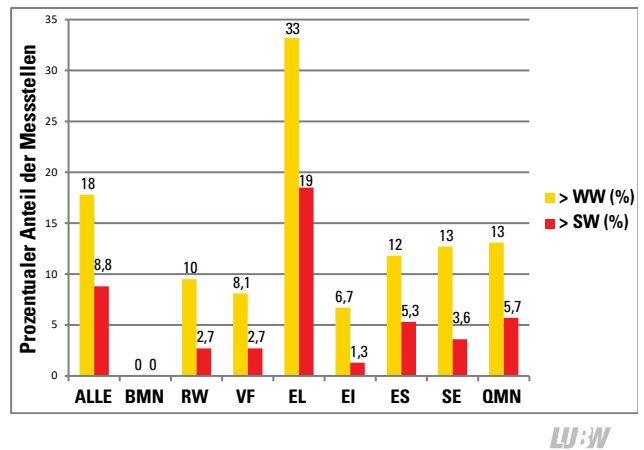


Abbildung 2.3: Prozentualer Anteil der Messstellen mit Überschreitung von Warnwert (WW: 37,5 mg/l) und Schwellenwert (SW: 50 mg/l) im Beschaffenheitsmessnetz mit den Teilmessnetzen im Jahr 2019 (Abkürzungen siehe Tabelle 2.1; Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 05/2020)

nig beeinflussten Messstellen besteht, das niedrigste Belastungsniveau mit einem Mittelwert von weit unter 10 mg/l und keiner Schwellenwertüberschreitung, während das Teilmessnetz Landwirtschaft (EL) mit einem Mittelwert

von rund 30 mg/l das höchste Belastungsniveau aller Teilmessnetze aufwies. Im Teilmessnetz Landwirtschaft (EL) wurde in 2019 der Schwellenwert an 19 % der Messstellen überschritten, der Warnwert an 33 %.

Tabelle 2.3: Statistische Kennzahlen Nitrat 2019, Beschaffenheitsmessnetz mit Teilmessnetzen (Abkürzungen siehe Tabelle 2.1)

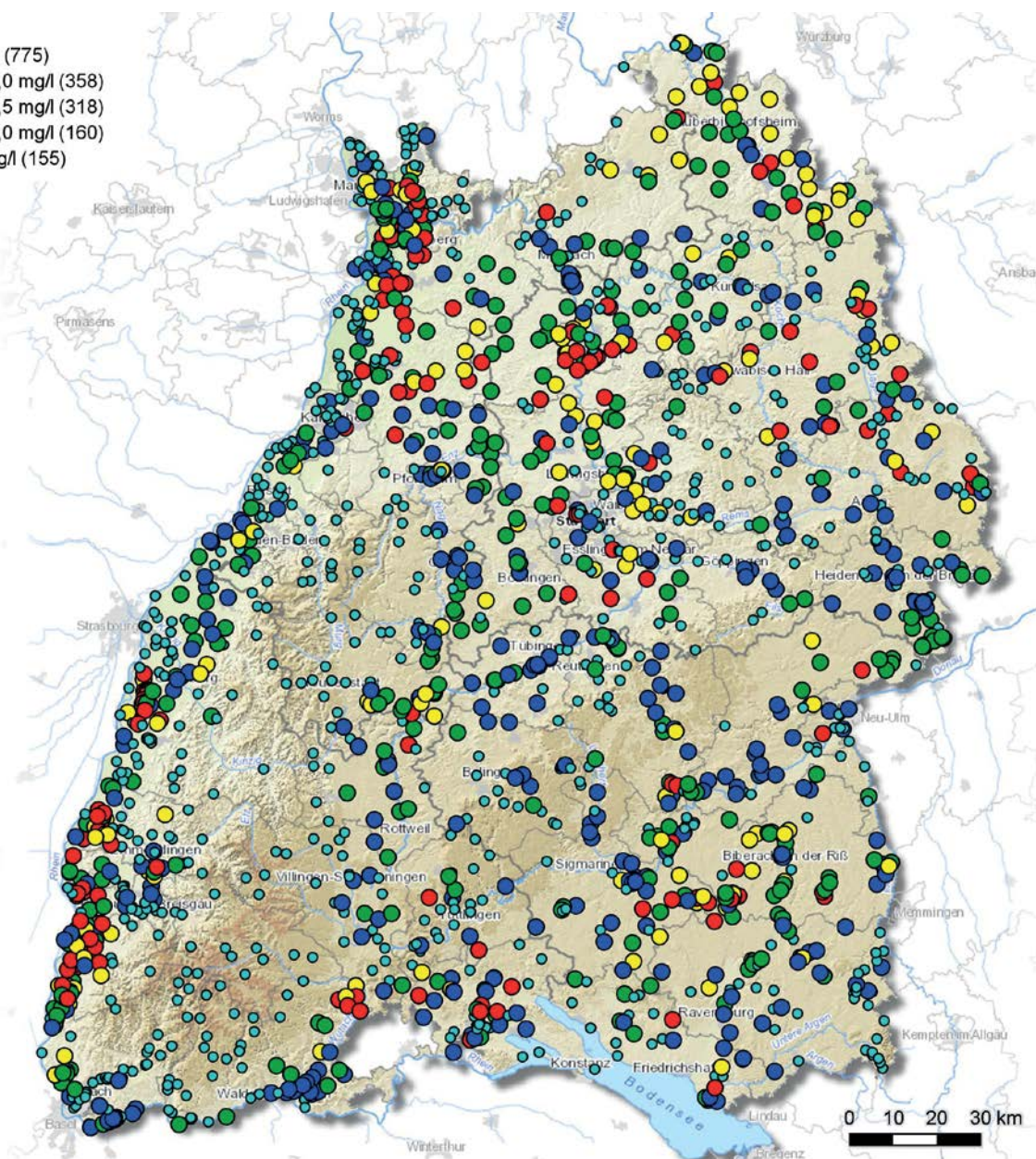
	ALLE	BMN	RW	VF	EL	EI	ES	SE	QMN
Anzahl der ausgewerteten Messstellen	1.766	102	147	37	632	297	321	55	175
Mittelwert in mg/l	22	6,4	19	20	31	16	20	18	19
Medianwert in mg/l	18	6,5	18	16	28	15	17	14	12
Überschreitungen des Warnwertes (37,5 mg/l) in % der Messstellen	18	0	9,5	8,1	33	6,7	12	13	13
Überschreitungen des Schwellenwertes (50 mg/l) in % der Messstellen	8,8	0	2,7	2,7	19	1,3	5,3	3,6	5,7

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 05/2020

LU:W

Nitrat 2019

- ≤ 15 mg/l (775)
- 15,1 - 25,0 mg/l (358)
- 25,1 - 37,5 mg/l (318)
- 37,6 - 50,0 mg/l (160)
- > 50,0 mg/l (155)



Grundlage:  
 - Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS) der LUBW  
 - Amtliche Geobasisdaten © LGL, www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19

LU:W

Abbildung 2.4: Nitratgehalte 2019 im Beschaffenheitsmessnetz (alle Teilmessnetze, 1.766 Messstellen); die Zahlen in Klammern geben die Anzahl der Messstellen in der jeweiligen Konzentrationsklasse an; (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 05/2020)

### 2.1.5 Bewertung 2018/2019

Die großräumige regionale Verteilung der Nitratbelastung hinsichtlich der Belastungsschwerpunkte stellt sich 2018 und 2019 im Vergleich zu den Vorjahren nahezu unverändert dar (Abbildung 2.2, Abbildung 2.4). Die Gebiete zwischen Mannheim/Heidelberg und Bruchsal, der Kraichgau, der Neckarraum zwischen Stuttgart und Heilbronn, der Main-Tauber-Kreis, das Markgräfler Land sowie die Region Oberschwaben sind weiterhin stark belastet. Neben diesen Hauptbelastungsregionen gibt es noch einige kleinere Gebiete mit teilweise erhöhten Nitratkonzentrationen wie das Singener Becken, das obere Wutachgebiet zwischen den Orten Blumberg und Stühlingen, die Region nördlich des Kaiserstuhls um Forchheim und Weisweil, das Gebiet um Neuried im Ortenaukreis sowie Teile des östlichen Ostalbkreises und des Landkreises Schwäbisch Hall. Die Beschaffenheit des Grundwassers kann kleinräumig sehr unterschiedlich sein. Bei den Nitratbelastungen können schon in wenigen 100 m Abstand deutliche Konzentrationsunterschiede beobachtet werden.

### 2.1.6 Zeitliche Entwicklungen

#### Landesmessnetz Beschaffenheit 2011 bis 2019

Die Entwicklung der statistischen Kennwerte von 2011 bis 2019 im Beschaffenheitsmessnetz zeigt Tabelle 2.4. Nachdem 2013 die mittlere Belastung deutlich um mehr als 1 mg/l gestiegen war, zeigen die Kennwerte der Jahre 2014 bis 2019 wieder einen Belastungsrückgang. Die Zunahme 2013 war offenbar mitverursacht durch das relativ trockene Jahr 2011 mit wenig Sickerwasserbildung und niedrigen Grundwasserständen sowie durch die darauffolgenden beiden Jahre 2012 und 2013 mit normalen Niederschlagsmengen und teilweise steigenden Grundwasserständen. Das 2012 und 2013 wieder vorhandene Sickerwasser konnte dem Grundwasser das seit 2011 im Boden- und Aquifermaterial gespeicherte Nitrat zuführen. Auch konnte der stark

steigende Grundwasserspiegel zusätzlich Nitrat aus der im Jahr 2011 ungesättigten Boden- und Aquiferzone rücklösen. 2015 und 2018 waren ebenfalls sehr trockene Jahre. Im Jahr 2016 bzw. 2017 war der Mittelwert gegenüber 2015 jeweils um 0,3 bzw. 0,1 mg/l gestiegen. Gegenüber 2017 blieb der Mittelwert 2018 unverändert und sank in 2019 um 0,3 mg/l und lag 2019 mit 22,3 mg/l Nitrat auf dem niedrigsten Niveau seit 1994.

Der Zusammenhang der Zu- und Abnahmen der Nitratgehalte mit Niederschlagsmenge und Witterungsverlauf wurde schon bei den Belastungsabnahmen 2003/2004 und den darauffolgenden Zunahmen in den nasseren Jahren 2005/2006/2007 beobachtet. Eine Ursache war dafür die extreme Trockenheit in 2003. Mit derartigen zwischenzeitlichen Konzentrationserhöhungen ist in Abhängigkeit der Niederschläge in den kommenden Jahren auch wieder zu rechnen.

Die Überschreitungshäufigkeit des Schwellenwertes von 50 mg/l hat im Beschaffenheitsmessnetz 2018 und 2019 gegenüber 2017 um 0,8 % bzw. 1 % von 9,8 % auf 8,8 % abgenommen und lag somit auf dem niedrigsten Niveau seit 1994. Somit wurde der Schwellenwert 2018 und 2019 nur noch an jeder elften Landesmessstelle überschritten, in 2017 war dies an noch jeder zehnten Messstelle der Fall. Der Warnwert von 37,5 mg/l wurde 2018 bzw. 2019 an 18,9 bzw. 17,8 % der Messstellen überschritten, d. h. an jeder fünften bis sechsten Messstelle.

Der Warnwert des Grundwasser-Überwachungsprogramms wurde zur Anpassung an die Grundwasserverordnung ab dem Berichtszeitraum 2011 von 40,0 mg/l auf 37,5 mg/l abgesenkt, was in der Folge zu einer höheren Überschreitungsquote als in den Vorjahren führte. Die geringsten Überschreitungsquoten seit dieser Umstellung

Tabelle 2.4: Statistische Kennzahlen Nitrat 2011 bis 2019, Beschaffenheitsmessnetz

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Anzahl der ausgewerteten Messstellen	1.776	1.747	1.776	1.758	1.718	1.755	1.764	1.795	1.766
Mittelwert in mg/l	23,2	22,5	23,6	23,2	22,5	22,8	22,6	22,6	22,3
Medianwert in mg/l	18,4	17,0	18,8	18,4	18,0	18,2	18,2	18,5	18,0
Überschreitungen des Warnwertes (37,5 mg/l) in % der Messstellen	19,9	19,1	20,7	19,9	20,1	20,2	18,4	18,9	17,8
Überschreitungen des Schwellenwertes (50 mg/l) in % der Messstellen	10,4	10,0	10,2	10,0	9,7	9,4	9,8	9,0	8,8

Datengrundlage Nitratwerte 2018 und 2019: Grundwasserdatenbank, alle Messwerte pro Messstelle  
 Datengrundlage Nitratwerte 2011 bis 2017: Veröffentlichte Werte der Berichte 2011 bis 2017, ein Wert pro Messstelle



von 19,1 und 18,4 % traten in den Jahren 2012 und 2017 auf. Dies ist auch mit auf die jeweils vorausgegangenen Trockenheiten in den Jahren 2011 und 2015 zurückzuführen. Die Zahl der Überschreitungen des Warnwerts lag 2019 mit 17,8 % auf dem niedrigsten Niveau der Datenreihe seit 1994. Auch die niedrigen Kennwerte der Jahre 2018 und 2019 können eventuell Folge der sehr trockenen Jahre 2015 und 2018 bzw. der teilweise trockenen Jahre 2016 und 2017 sein.

Im Teilmessnetz Landwirtschaft (EL) nahm der Anteil der Schwellenwertüberschreitungen von 2017 auf 2018 und 2019 ab, und zwar um 0,9 bzw. 1,0 Prozentpunkte von 19,5 % auf 18,6 bzw. 18,5 %. Die Anzahl der Warnwertüberschreitungen war mit 34,3 % im Jahr 2018 gegenüber 2017 unverändert bzw. sank im Jahr 2019 auf 33,2 %.

#### Konsistente Messstellen 2011 bis 2019

Die Analyse von zeitlichen Trends wird belastbarer, wenn auf die Konsistenz der Messreihen geachtet wird, d. h. es werden nur Messstellen für die Auswertung berücksichtigt, an denen für jedes Jahr mindestens ein Nitratwert vorliegt. Für den Zeitraum 2011 bis 2019 ergaben sich somit 1.464 konsistente Messstellen mit mindestens einem Nitratwert pro Jahr (Tabelle 2.5).

Bei allen Kennzahlen (Mittelwert, Median, Überschreitungen des Warnwerts bzw. des Schwellenwerts) waren in den Jahren 2018 und 2019 gegenüber 2017 Abnahmen festzustellen. Der Mittelwert der Nitratbelastung des Grundwassers sank von 22,5 mg/l im Jahr 2017 über ebenfalls 22,5 in 2018 um 0,5 mg/l auf 22,0 mg/l im Jahr 2019. Der Medianwert verringerte sich von 18,4 mg/l in 2017 über 18,1 mg/l in 2018 um insgesamt 0,6 mg/l auf 17,8 mg/l in 2019. Die Überschreitungsquote des Schwellenwertes sank von 9,4 % in 2017 über 8,9 % in 2018 um insgesamt 0,9 % auf 8,5 %.

#### Konsistente Messstellen 1994 bis 2019

Durch technische Ausfälle einzelner Messstellen und die Herausnahme von Messstellen aus dem Messnetz wurden die konsistenten Datenkollektive mit zunehmend längerem Betrachtungszeitraum immer kleiner. So betrug die Anzahl der von 1994 bis 2016 konsistenten Messstellen nur noch 1.150 von insgesamt 1.755 untersuchten Messstellen (66 %). Um die Zahl der für die Auswertung verlorengehenden Messstellen zu reduzieren, hat die LUBW das seit 1994 angewandte Prüfverfahren zur jährlichen Konsistenz modifiziert. Seit 2017 wird pro Messstelle für jedes abgeschlossene Jahrzehnt der Datenreihe eine Datenlücke von bis zu zwei Jahren Dauer zugelassen, sodass für die aktuell 26 Jahre umfassende Auswertung in der gesamten Datenreihe insgesamt zwei Lücken von je bis zu zwei Jahren Dauer vorliegen dürfen. Die Datenlücken werden durch lineare Interpolation der benachbarten Messwerte aufgefüllt.

Seit 2018 werden zudem alle von der LUBW beauftragten Nitratanalysen pro Messstelle für das Auswertejahr herangezogen. Nach dieser Vorgehensweise sind rund 80 % der untersuchten Landesmessstellen konsistent, statt bisher etwa 66 %. Mit dieser höheren Messstellenanzahl werden die flächendeckenden Aussagen und Bewertungen auf eine bessere Datengrundlage gestellt. Die Mittelwerte ändern sich dadurch nur geringfügig, die Tendenzen bleiben jedoch erhalten.

Abbildung 2.5 zeigt, dass beim gesamten Beschaffenheitsmessnetz (ALLE) mit 1.475 konsistenten Messstellen die Mittelwerte der Jahre 2018 und 2019 gegenüber dem Vorjahr 2017 um 0,1 mg/l bzw. 0,6 mg/l auf 21,8 mg/l gesunken sind. Die Nitratbelastung 2019 war auf dem niedrigsten Niveau seit 1994, was offenbar auch durch die Trockenheit in den Vorjahren 2015 und 2016 mitverursacht wurde. Im

Tabelle 2.5: Statistische Kennzahlen Nitrat 2011 bis 2019, 1.464 konsistente Messstellen mit mindestens einem Nitratwert pro Jahr

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Anzahl der ausgewerteten Messstellen	1.464								
Mittelwert in mg/l	24,0	23,1	23,8	23,3	22,9	22,6	22,5	22,5	22,0
Medianwert in mg/l	19,2	17,9	19,1	18,7	18,2	18,4	18,4	18,1	17,8
Überschreitungen des Warnwertes (37,5 mg/l) in % der Messstellen	21,1	20,4	21,0	19,5	20,8	19,5	18,9	19,5	17,6
Überschreitungen des Schwellenwertes (50 mg/l) in % der Messstellen	11,1	10,7	10,9	10,7	10,1	9,3	9,4	8,9	8,5

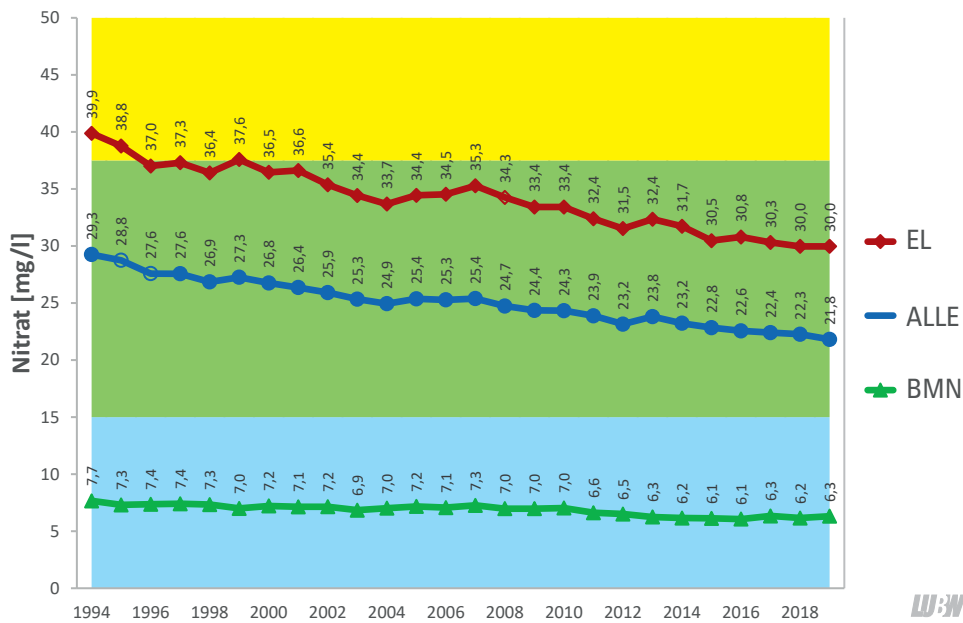


Abbildung 2.5: Entwicklung der Nitratmittelwerte pro Jahr von 1994 bis 2019 bei konsistenten Messstellengruppen des Beschaffenheitsmessnetzes (ALLE, 1.475 Messstellen), des Teilmessnetzes Landwirtschaft (EL, 521 Messstellen) und des Basismessnetzes (BMN, 97 Messstellen) (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 05/2020)

gesamten Beschaffenheitsmessnetz hat die mittlere Nitratkonzentration von 1994 bis 2019 um 7,5 mg/l abgenommen, das sind rund 26 %. Gegenüber 2001 betrug die Abnahme 4,6 mg/l (17 %).

Die unterschiedlichen Belastungsniveaus werden durch die Hintergrundfarben veranschaulicht. Hellblau ist die Konzentrationsklasse < 15 mg/l dargestellt, die vor allem durch die geogene Hintergrundbeschaffenheit bzw. geringfügige anthropogene Beeinflussungen gekennzeichnet ist. Der grüne bzw. der gelbe Bereich entspricht Nitratkonzentrationen mit geringen bis mittleren bzw. starken Belastungen. Die Grenze zwischen dem grünen und gelben Bereich bildet der Warnwert von 37,5 mg/l.

Im Basismessnetz ist der mittlere Nitratgehalt der 97 landesweit verteilten Messstellen gegenüber 2017 nahezu unverändert geblieben. Das Niveau ist mit 6,3 mg/l in 2019 gegenüber dem Beginn der Datenreihe im Jahr 1994 um 1,4 mg/l gesunken, das sind rund 18 %. Gegenüber 2001 betrug die Abnahme 0,8 mg/l, das sind etwa 11 %.

Im Teilmessnetz Landwirtschaft (EL) nahm die mittlere Nitratkonzentration von 2017 auf 2018 ab und zwar um 0,3 mg/l. In 2018 wie in 2019 verharrte der Nitratwert der 521 konsistenten Messstellen jedoch bei 30,0 mg/l. Dies ist in der Datenreihe seit 1994 die geringste Belastung. Seit 1994 ist die durchschnittliche Belastung im Landwirtschaftsmess-

netz um 9,9 mg/l gesunken, was einer Abnahme um etwa 25 % entspricht. Gegenüber 2001 betrug die Abnahme 6,6 mg/l, das sind rund 18 %.

Die Nitrat-Belastung ist seit 1994 gesunken, sodass in 2019 das niedrigste Belastungsniveau der gesamten Datenreihe erreicht wird. Nach den zwischenzeitlichen Anstiegen in 1999, zwischen 2004 und 2007 sowie in 2013 hat sich der insgesamt abnehmende Trend in den Jahren 2018 und 2019 mit

weiteren Abnahmen der mittleren Nitratkonzentration um bis zu 0,6 mg/l weiter fortgesetzt.

### 2.1.7 Nitrat in Wasserschutzgebieten 2018 / 2019

Die Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung (SchALVO) Baden-Württemberg dient dem Schutz des Grundwassers in Wasserschutzgebieten (WSG) vor Beeinträchtigungen durch Stoffeinträge aus der Landwirtschaft. In mit Nitrat und/oder PSM belasteten Gebieten gelten besondere Auflagen für die Landwirtschaft, für die entsprechende Ausgleichszahlungen beantragt werden können.

Zur Bewertung der Nitratsituation stufen die unteren Verwaltungsbehörden (UVB) Wasserschutzgebiete anhand der Nitratgehalte gemittelt über die vergangenen zwei Jahre wie folgt ein:

- Nitratklasse 1: Normalgebiete mit Nitrat ≤ 25 mg/l oder Nitrat zwischen 25 und 35 mg/l ohne ansteigenden Trend
- Nitratklasse 2: Problemgebiete mit Nitrat ≥ 35 mg/l oder Nitrat ≥ 25 mg/l mit ansteigendem Trend
- Nitratklasse 3: Sanierungsgebiete mit Nitrat ≥ 50 mg/l oder Nitrat ≥ 40 mg/l mit ansteigendem Trend

Des Weiteren werden PSM-Sanierungsgebiete festgelegt, wenn die Konzentration an zugelassenen PSM oder deren Abbauprodukten  $\geq 0,1 \mu\text{g/l}$  liegt.

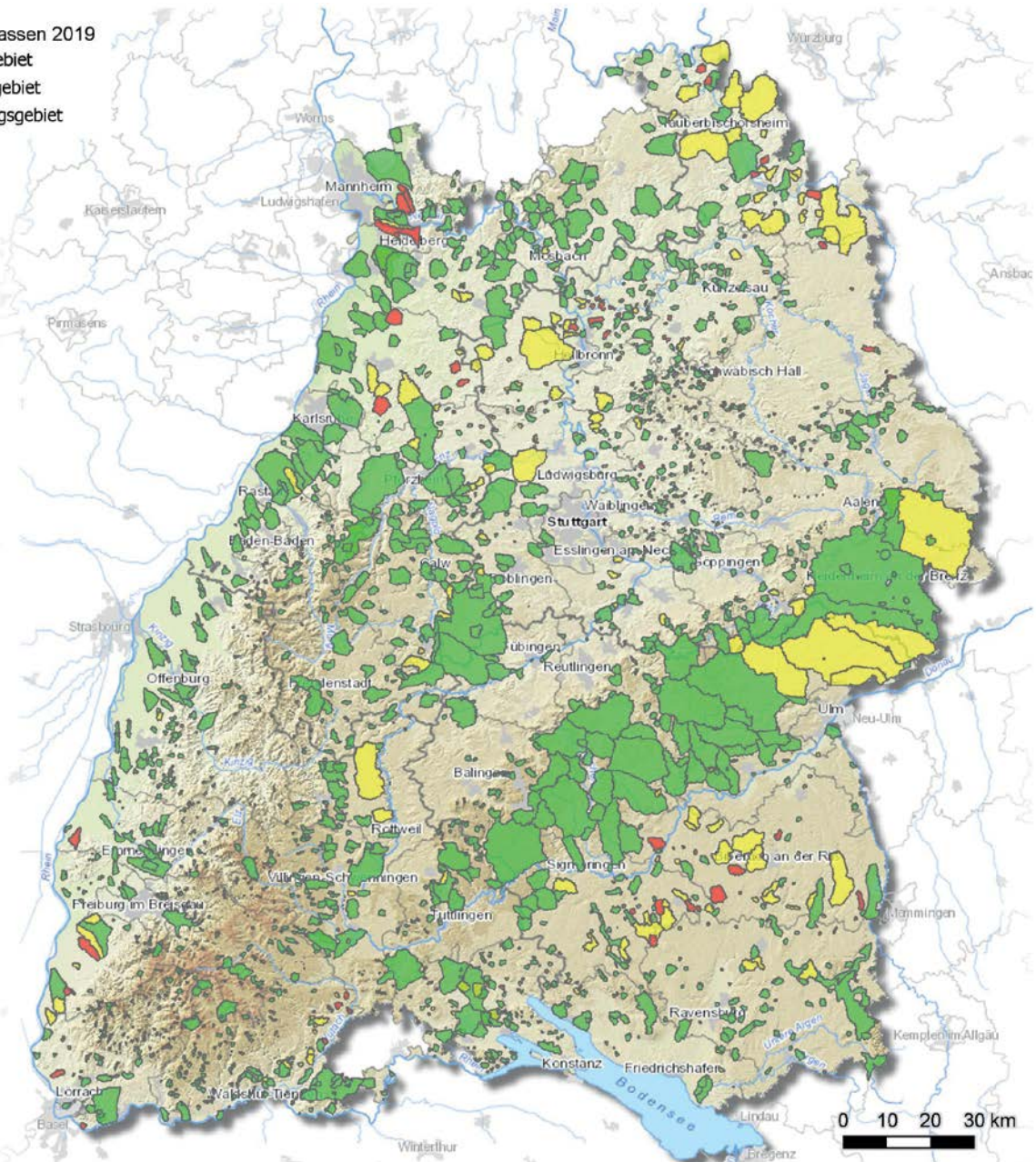
jährlich auf der Internetseite der LUBW veröffentlicht: [www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/wasserschutzgebiete](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/wasserschutzgebiete).

Die Ersteinstufung erfolgte im Jahr 2001 und wurde mit der sogenannten „Deklaratorischen Liste“ im Gesetzblatt Baden-Württemberg am 28.02.2001 veröffentlicht. Seitdem wird jeweils zum 1. Januar eines Jahres die Einstufung der Wasserschutzgebiete durch die unteren Wasserbehörden fortgeschrieben. Seit 2011 wird die Deklaratorische Liste

In die nachfolgenden Auswertungen fließen neben den Nitratdaten aus dem Beschaffenheitsmessnetz auch die der LUBW übermittelten Nitratdaten der Wasserversorger ein. Für die Jahre 2018 und 2019 wurden der LUBW bis zu den Stichtagen 05.04.2019/03.04.2020 je 3.604/4.177 Nitratwerte von 1.476/2.080 Messstellen in Wasserschutzgebieten

**WSG Nitratklassen 2019**

- Normalgebiet
- Problemgebiet
- Sanierungsgebiet



Grundlage:  
 - Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS) der LUBW  
 - Amtliche Geobasisdaten © LGL, www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19

Abbildung 2.6: Wasserschutzgebiete (WSG) 2019 mit SchALVO-Einstufung in drei Nitratklassen (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 01/2019)



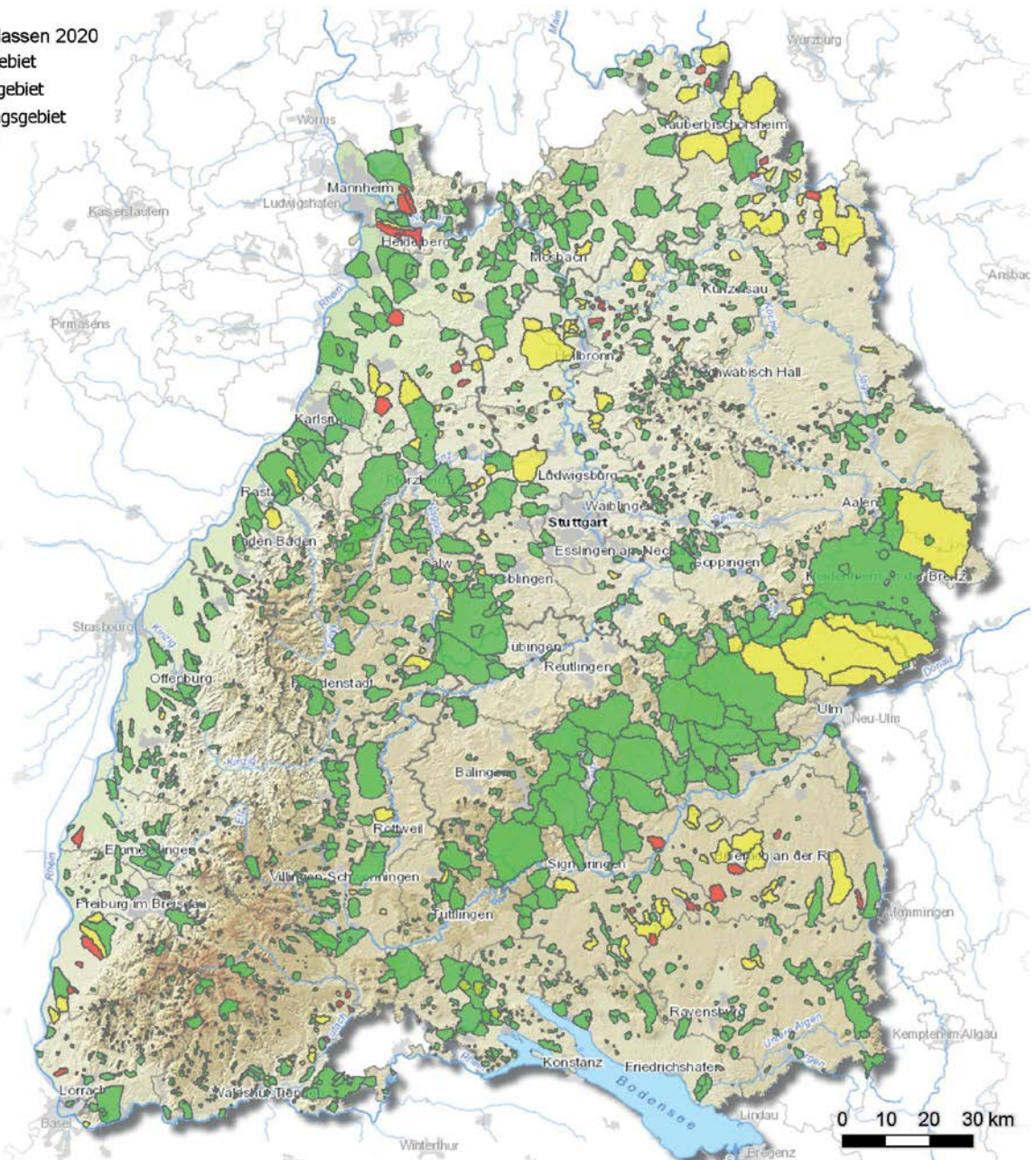
übermittelt, davon befinden sich 192/193 Messstellen auch im Beschaffenheitsmessnetz (Überschneidermessstellen). Durch den Kooperationsbeitrag wird die Datenbasis zu Nitrat um 1.284 Messstellen im Jahr 2018 und um 1.887 Messstellen im Jahr 2019 ergänzt.

Durch Aufhebung, Zusammenlegung und Erweiterung von Wasserschutzgebieten ändern sich die Gesamtanzahlen von Jahr zu Jahr (Tabelle 2.6). Landesweit hat die Ge-

samtfläche von 2001 bis 2020 um etwa 138.000 ha auf etwa 958.000 ha zugenommen (Tabelle 2.7). Dies entspricht rund 27 % der Landesfläche. Zum Stichtag 31.01.2020 sind rund 79 % der Wasserschutzgebietsflächen als Normalgebiet eingestuft, etwa 19 % als Problemgebiet und rund 2 % als Sanierungsgebiet. Die Lage der Wasserschutzgebiete mit SchALVO-Einstufung 2019 und 2020 zeigen Abbildung 2.6 und Abbildung 2.7.

**WSG Nitratklassen 2020**

- Normalgebiet
- Problemgebiet
- Sanierungsgebiet



Grundlage:  
 - Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS) der LUBW  
 - Amtliche Geobasisdaten © LGL, www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19

Abbildung 2.7: Wasserschutzgebiete (WSG) 2020 mit SchALVO-Einstufung in drei Nitratklassen (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 05/2020)

Tabelle 2.6: Anzahl der Wasserschutzgebiete mit SchALVO-Einstufung 2011 bis 2020, \*einschließlich Teileinzugsgebiete, \*\*ohne Teileinzugsgebiete

Jahr	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Normalgebiete*	1.971	1.990	1.986	1.998	1.994	2.020	1.994	1.987	1.981	1.980
Problemgebiete*	291	282	264	270	256	243	229	218	221	222
Sanierungsgebiete*	98	93	94	83	79	81	81	81	77	73
<b>Gesamt**</b>	<b>2.338</b>	<b>2.341</b>	<b>2.321</b>	<b>2.294</b>	<b>2.304</b>	<b>2.287</b>	<b>2.281</b>	<b>2.264</b>	<b>2.258</b>	<b>2.253</b>
PSM-Sanierungsgebiete	5	2	2	2	2	4	3	2	2	2

Datengrundlage: 2011 bis 2018: Bericht 2017; 2019 und 2020: Grundwasserdatenbank 01/2020



Tabelle 2.7: Fläche der Wasserschutzgebiete mit SchALVO-Einstufung 2001, 2018 und 2020, \*einschließlich Teileinzugsgebiete

Stichtag	15.02.2001		31.01.2018		31.01.2020	
	Fläche [ha]	Anteil [%]	Fläche [ha]	Anteil [%]	Fläche [ha]	Anteil [%]
Normalgebiete*	601.080	73	768.201	81	753.002	79
Problemgebiete*	163.555	20	156.157	17	185.405	19
Sanierungsgebiete*	55.505	6,8	22.754	2,4	19.706	2,1
<b>Gesamtfläche*</b>	<b>820.140</b>	<b>100</b>	<b>947.111</b>	<b>100</b>	<b>958.115</b>	<b>100</b>
PSM-Sanierungsgebiete	0	0	952	0,1	937	0,1

Datengrundlage: Fachanwendung Wasserwirtschaftliche Gebiete und Grundwasserdatenbank 01/2020



Gegenüber 2017 sind bis 2019 die mittleren Konzentrationen sowohl in den Sanierungsgebieten wie auch in den Problemgebieten und Normalgebieten gesunken (Abbildung 2.8). Jedoch gab es bei den Problemgebieten von 2017 auf 2018 einen Konzentrationsanstieg von 0,4 mg/l, der bis 2019 mit einem Konzentrationsrückgang von 0,7 mg/l mehr als ausgeglichen wurde. Insgesamt nahm hier die mittlere Konzentration gegenüber 2017 um 0,3 mg/l ab. In Normalgebieten sind in 2018 und 2019 gegenüber 2017 geringfügige Abnahmen von 0,1 und 0,2 mg/l zu erkennen, in den Sanierungsgebieten von 0,6 und 0,8 mg/l. In den Sanierungsgebieten liegt 2019 die mittlere Konzentration bei 43,6 mg/l.

An einigen Messstellen stagniert der Nitratgehalt auf hohem Niveau.

Die Auswertung über die konsistenten Messstellen zeigt für die Problem- und Sanierungsgebiete für 2019 gegenüber der SchALVO-Ersteinstufung 2001 eindeutige Abnahmen der mittleren Konzentration von rund 4,6 bzw. 8,0 mg/l, das sind rund 13 bzw. 16 %. In den Normalgebieten sank die Konzentration seit 2001 von 15,1 mg/l auf 14,1 mg/l, d. h. um rund 7 %.

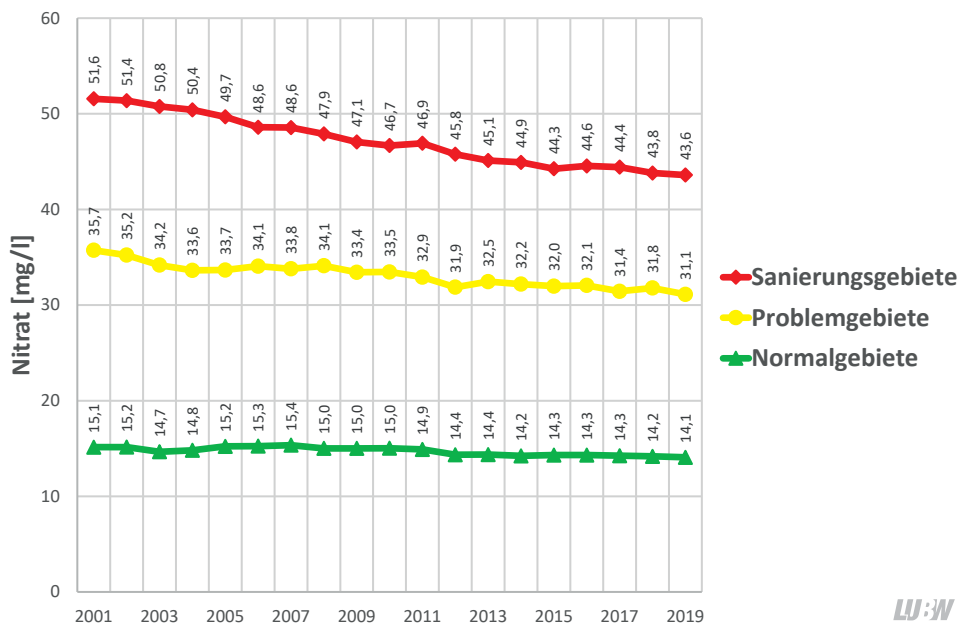


Abbildung 2.8: Entwicklung der Nitratmittelwerte pro Jahr von 2001 bis 2019 für konsistente Messstellen (Beschaffheitsmessnetz und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung) und konsistente Wasserschutzgebiete nach SchALVO (SchALVO-Einstufungsbasis: 2001); Sanierungsgebiete: 100 Messstellen in 71 Wasserschutzgebieten, Problemgebiete: 160 Messstellen in 120 Wasserschutzgebieten, Normalgebiete: 438 Messstellen in 371 Wasserschutzgebieten (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 05/2020)



## 2.2 Pflanzenschutzmittel 2017- 2019

### 2.2.1 Hintergrund

Pflanzenschutzmittel werden in der Umwelt abgebaut und umgewandelt, sodass aus den ausgebrachten Wirkstoffen Metabolite entstehen. Bei der Bewertung werden relevante Metabolite (rM) und nicht relevante Metabolite (nrM) unterschieden. Relevante Metabolite haben eine definierte pestizide (Rest-)Aktivität oder ein pflanzenschutzrechtlich relevantes humantoxisches oder ökotoxisches Wirkungspotenzial. Nicht relevante Metabolite haben zwar keine solche Wirkung mehr, zeigen aber in Versickerungsstudien unter Worst-Case-Bedingungen auffällige Konzentrationen. Es handelt sich um grundwasserfremde Stoffe, deren Eintrag ins Grundwasser aus Gründen eines nachhaltigen Ressourcenschutzes so weit wie möglich zu vermeiden ist.

Die Zulassung von PSM erfolgt durch das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL). Die Ergebnisse der PSM-Untersuchungen aus dem LUBW-Beschaffenheitsmessnetz und dem Kooperationsmessnetz Wasserversorgung werden jährlich von der LUBW an das Umweltbundesamt (UBA) übermittelt. Diese Daten werden in aggregierter Form durch die LAWA (Bund-/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser) veröffentlicht. Werte über 0,1 µg/l werden an das BVL weitergeleitet, das auf dieser Grundlage den Zulassungsinhaber mit einer Fundaufklärung beauftragen kann. Diese Ergebnisse können zu Anpassungen bei der Zulassung bis hin zum Widerruf der Zulassung führen. Das BVL kann außerdem die Anwendung bestimmter zugelassener PSM in Wasserschutzgebieten verbieten, wenn das Grundwasser mit nicht relevanten Metaboliten belastet ist. Dafür haben die Wasserversorger die Möglichkeit, auffällige Befunde von nicht relevanten Metaboliten zu melden.

Stand Dezember 2018 sind in der Bundesrepublik Deutschland 285 PSM-Wirkstoffe in knapp 1.700 Handelsprodukten

auf dem Markt. Im Jahr 2018 entfiel mit 49 % der mengenmäßig größte Anteil auf die Herbizide, gefolgt von den Fungiziden mit 39 % (Tabelle 2.8). Gegenüber 2017 nahm der Gesamtinlandsabsatz an Wirkstoffen um gut 14 % ab. Die meisten PSM werden in der Landwirtschaft eingesetzt. Nur 1,5 % der abgesetzten Wirkstoffmenge geht an nicht-berufliche Verwender.

Pflanzenschutzmittel dürfen gemäß Pflanzenschutzgesetz (Gesetz zum Schutz der Kulturpflanzen) nur auf Freilandflächen angewendet werden, die landwirtschaftlich, gärtnerisch oder forstwirtschaftlich genutzt werden. Insbesondere Herbizide werden aber auch auf Nichtkulturland, wie Böschungen, gepflasterten oder nicht versiegelten Brach- und Betriebsflächen, Flugplätzen, Gleisanlagen, Straßen sowie auf Parkplätzen angewendet, um diese beispielsweise zur Wahrung der Verkehrs- und Betriebssicherheit von Pflanzenbewuchs freizuhalten. Diese Anwendungen bedürfen nach Pflanzenschutzgesetz jeweils einer Ausnahmegenehmigung durch die zuständige untere Verwaltungsbehörde oder das Regierungspräsidium.

### 2.2.2 Bewertungsgrundlagen

Pflanzenschutzmittel haben gemäß ihrem Anwendungszweck toxische Wirkung, sodass eine Reihe von rechtlichen Regelungen (Tabelle 4.7) besteht. Für die Auswertung wurde der Schwellenwert der Grundwasserverordnung von 0,1 µg/l für einzelne Wirkstoffe/relevante Metabolite sowie von 0,5 µg/l für deren Summe herangezogen. Die Summe PSM wurde gebildet aus allen gemessenen Wirkstoffen/relevanten Metaboliten, wobei Werte kleiner der Bestimmungsgrenze gleich null gesetzt wurden. Nicht relevante Metabolite wurden anhand ihrer gesundheitlichen Orientierungswerte (GOW, 1 bzw. 3 µg/l) bewertet (Tabelle 2.10).

Tabelle 2.8: Inlandsabsatz an Wirkstoffen 2009 – 2018 in Tonnen

Wirkstoffklasse	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2018 Anteil in %
Herbizide	14.619	16.675	17.955	19.907	17.896	17.887	16.336	15.046	16.716	<b>14.545</b>	<b>49</b>
Fungizide	10.922	10.431	10.474	9.066	10.387	12.669	12.539	12.145	13.271	<b>11.686</b>	<b>39</b>
Insektizide	1.030	941	883	1.117	940	1.061	1.026	817	857	<b>888</b>	<b>3,0</b>
Sonstige	3.591	3.378	3.755	3.724	3.328	2.898	4.372	4.247	3.739	<b>2.472</b>	<b>8,4</b>
Summe	30.162	31.425	33.067	33.814	32.551	34.515	34.273	32.255	34.583	<b>29.591</b>	<b>100</b>

Datenquelle: [www.bvl.bund.de](http://www.bvl.bund.de): Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland, Stand 03/2020



## 2.2.3 Ergebnisse und Bewertung

### Bisherige Untersuchungen

LUBW-Untersuchungen auf Wirkstoffe/relevante Metabolite laufen seit 1989 und auf nicht relevante Metabolite seit 2006. Das gesamte Beschaffenheitsmessnetz wurde 2007 – 2010 auf Wirkstoffe/relevante Metabolite und 2013 – 2014 auf Wirkstoffe/relevante Metabolite sowie auf nicht relevante Metabolite untersucht. Aufgrund der großen Wirkstoff- und Produktvielfalt am Markt und dem wechselnden Zulassungsgeschehen wurden in den vergangenen Jahren über 200 Einzelstoffe analysiert. Bislang nicht untersuchte Stoffe wurden dabei zunächst pilotmäßig an risikobasiert ausgewählten Messstellen und dann je nach Befundlage im gesamten Beschaffenheitsmessnetz untersucht. Durch dieses umfassende Monitoring steht für sehr viele PSM eine

große und statistisch verlässliche Datenbasis zur Verfügung. Zudem wurden die PSM identifiziert, welche für das Grundwasser und die Trinkwasserversorgung ein Problem darstellen können.

### Wirkstoffe und relevante Metabolite

Zwischen 2017 und 2019 wurden 17 Wirkstoffe und 3 relevante Metabolite (siehe Tabelle 2.9 für eine Liste der analysierten Einzelstoffe) im gesamten Beschaffenheitsmessnetz (knapp 1.900 Messstellen) untersucht.

Der am häufigsten nachgewiesene Wirkstoff war das bereits seit 1990 nicht mehr zugelassene Atrazin, welches an 86 (4,6 %) der Messstellen nachgewiesen wurde. An 189 (10 %) der Messstellen wurde außerdem sein relevanter

Tabelle 2.9: Ergebnisse der Untersuchungen auf PSM-Wirkstoffe und relevante Metabolite 2017 – 2019 im Beschaffenheitsmessnetz (BG = Bestimmungsgrenze, WW = Warnwert, SW = Schwellenwert, P90 = 90. Perzentil, MCPA = 4-Chlor-2-methylphenoxyessigsäure)

Substanz	Zulassung*	BG	WW	SW	ausgewertete Messstellen	≥ BG		> WW		> SW		P90	Max
		µg/l	µg/l	µg/l		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%		
<b>Wirkstoff</b>													
Atrazin	1971 – 1990	0,02	0,07	0,1	1866	86	4,6	11	0,6	6	0,3	<0,05	0,24
Bentazon	1972 – 2018	0,05	0,07	0,1	1858	22	1,2	9	0,5	7	0,4	<0,05	4,0
Bromacil	1971 – 1990	0,05	0,07	0,1	1866	18	1,0	10	0,5	8	0,4	<0,05	0,84
Chlortoluron	seit 1971 zugelassen	0,05	0,07	0,1	1865	0	0	0	0	0	0	<0,05	-
Diuron	1971 – 2007	0,05	0,07	0,1	1865	7	0,4	5	0,3	0	0	<0,05	0,09
Flusilazol	1988 – 2013	0,05	0,07	0,1	1866	1	0,1	1	0,1	1	0,1	<0,05	0,39
Hexazinon	1976 – 1991	0,05	0,07	0,1	1865	21	1,1	12	0,6	7	0,4	<0,05	0,22
Isoproturon	1975 – 2016	0,05	0,07	0,1	1865	5	0,3	1	0,1	0	0	<0,05	0,1
MCPA	seit 1971 zugelassen	0,05	0,07	0,1	1866	2	0,1	0	0	0	0	<0,05	0,06
Mecoprop (MCP)	seit 1971/1978** zugelassen	0,05	0,07	0,1	1863	2	0,1	1	0,1	1	0,1	<0,05	0,38
Metalaxyl	seit 1979 zugelassen	0,05	0,07	0,1	1866	0	0	0	0	0	0	<0,05	-
Metazachlor	seit 1981 zugelassen	0,05	0,07	0,1	1863	2	0,1	2	0,1	0	0	<0,05	0,1
Metolachlor	seit 1976/2001** zugelassen	0,05	0,07	0,1	1866	1	0,1	0	0	0	0	<0,05	0,03
Nicosulfuron	seit 1988 zugelassen	0,05	0,07	0,1	1861	0	0	0	0	0	0	<0,05	-
Propazin	1971 – 1985	0,05	0,07	0,1	1866	1	0,1	1	0,1	1	0,1	<0,05	0,14
Simazin	1971 – 1998	0,02	0,07	0,1	1866	23	1,2	2	0,1	0	0	<0,05	0,09
Terbuthylazin	seit 1971 zugelassen	0,02	0,07	0,1	1866	4	0,2	3	0,2	3	0,2	<0,05	0,24
<b>relevanter Metabolit von</b>													
Desethylatrazin	Atrazin	0,02	0,07	0,1	1866	189	10	25	1,3	10	0,5	<0,05	0,6
Desethylterbuthylazin	Terbuthylazin	0,02	0,07	0,1	1866	8	0,4	2	0,1	2	0,1	<0,05	0,14
Desisopropylatrazin	Atrazin/Simazin	0,02	0,07	0,1	1866	25	1,3	4	0,2	2	0,1	<0,05	0,19
Summe Wirkstoffe und relevante Metabolite		0,02	0,375	0,5	1866	270	14	11	0,6	9	0,5	0,03	4,5

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 06/2020

\* Datenquellen: [www.bvl.bund.de](http://www.bvl.bund.de): Liste der zugelassenen Pflanzenschutzmittel in Deutschland mit Informationen über beendete Zulassungen (Stand: 04/2020); Beendete Zulassungen von Pflanzenschutzmitteln (Stand: 01/2020); Berichte zu Pflanzenschutzmitteln 2009 – Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln, Zulassungshistorie und Regelungen der Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung

\*\* verschiedene Isomere zusammengefasst



Metabolit Desethylatrazin gefunden. Des Weiteren wurden die Wirkstoffe Bentazon, Bromacil, Hexazinon und Simazin und der relevante Metabolit Desisopropylatrazin an mindestens 1 % der Messstellen nachgewiesen. Die Wirkstoffe Chlortoluron, Metalaxyl und Nicosulfuron wurden an keiner Messstelle gefunden. Insgesamt lagen mehr als 90 % der Messwerte unter der Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l.

An 35 (1,9 %) Messstellen wurde der Schwellenwert für Grundwasser von mindestens einem Wirkstoff/relevanten Metabolit überschritten. An neun von diesen Messstellen wurde auch der Schwellenwert für die Summe PSM überschritten. Insgesamt verursachten elf verschiedene Wirkstoffe/relevante Metabolite Schwellenwert-Überschreitungen. Die meisten Überschreitungen traten bei Desethylatrazin (10 Messstellen) auf, es folgten Bromacil (8 Messstellen), Bentazon und Hexazinon (7 Messstellen) sowie Atrazin (6 Messstellen). Bei anderen Substanzen wurde der Schwellenwert nur an einzelnen Messstellen überschritten. Die höchste Konzentration wurde mit 4,0 µg/l für Bentazon gemessen.

Die Belastung des Grundwassers mit Wirkstoffen/relevanten Metaboliten hat sich im Vergleich zu den Vorjahren wenig verändert bei insgesamt rückläufigen Tendenzen. Der relevante Metabolit Desethylatrazin stellt noch immer die Hauptbelastung dar, obwohl der Ausgangsstoff Atrazin bereits seit 1990 in der Bundesrepublik verboten ist. Atrazin wurde vor seinem Verbot hauptsächlich als Maisherbizid verwendet, aber auch auf Nichtkulturland und auf Bahngleisen eingesetzt. Die Nachweishäufigkeit von beiden Stoffen ist in den letzten Jahren deutlich rückläufig. Bromacil und Hexazinon wurden in der Vergangenheit als Totalherbizide insbesondere auf Nichtkulturland wie Gleisanlagen eingesetzt. Dementsprechend befinden sich fast alle Messstellen mit auffälligen Bromacil- und Hexazinon-Befunden in der Nähe von Bahngleisen. Beide Wirkstoffe sind seit Anfang der 1990er-Jahre wegen ihrer Persistenz verboten, sodass seitdem die Belastung des Grundwassers zurückgeht.

Von den im Berichtszeitraum zugelassenen Wirkstoffen hatte Bentazon die meisten Schwellenwertüberschreitungen. Aufgrund zahlreicher Befunde in den letzten Jahren wurde seine Zulassung nicht erneuert. Nach einer Abver-

kaufsfrist bis zum 31.07.2018 endete am 31.07.2019 auch die Aufbrauchfrist. Seitdem dürfen keine Bentazon-haltigen PSM mehr ausgebracht werden.

#### **Nicht relevante Metabolite**

Zwischen 2017 und 2019 wurden 11 nicht relevante Metabolite (siehe Tabelle 2.10 für eine Liste der analysierten Einzelstoffe) an rund 1.900 Messstellen des Beschaffheitsmessnetzes untersucht.

Nicht relevante Metabolite werden deutlich häufiger nachgewiesen als die zugehörigen Wirkstoffe. Die höchste Belastung wurde durch N,N-Dimethylsulfamid mit Überschreitung des gesundheitlichen Orientierungswertes an 39 (2,1 %) der Messstellen und Befunden an 562 (30 %) der Messstellen verursacht. Für N,N-Dimethylsulfamid wurde außerdem mit 8 µg/l die höchste Konzentration gemessen; 10 % der Messwerte lagen über 0,2 µg/l. Es folgte Desphenylchloridazon mit Überschreitung des gesundheitlichen Orientierungswertes an 22 (1,2 %) der Messstellen, Befunden an 814 (44 %) der Messstellen und 10 % der Messwerte über 0,6 µg/l.

Zweistellige Nachweisquoten hatten des Weiteren der Metabolit CGA 369873, Methyl-desphenylchloridazon und die Metolachlor-Sulfonsäure. Methyl-desphenylchloridazon und der Metabolit NOA 413173 überschritten außerdem an einer bzw. zwei Messstellen den gesundheitlichen Orientierungswert. Weitere nicht relevante Metabolite wurden an mindestens 23 (1,2 %) der Messstellen nachgewiesen.

Für die Mehrzahl der Substanzen lagen mindestens 90 % der Messwerte unter der Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l.

Auch bei den nicht relevanten Metaboliten zeigt die Grundwasser-Belastung ein ähnliches Bild wie in den vergangenen Jahren mit insgesamt rückläufigen Tendenzen. Die Zulassung von Tolyfluanid-haltigen Mitteln wurde Ende 2008 widerrufen, sodass es seitdem keine Eintragsquelle für N,N-Dimethylsulfamid mehr geben darf. Bei Chloridazon wurde zur Verringerung der Einträge im Frühjahr 2007 zunächst eine freiwillige Vereinbarung mit den Herstellern abgeschlossen. Inzwischen ist Chloridazon nicht mehr zugelassen: Nach der Abverkaufsfrist bis zum 30.06.2019 endet am 30.06.2020 auch die Aufbrauchfrist.

Tabelle 2.10: Ergebnisse der Untersuchungen auf nicht relevante Metabolite 2017 – 2019 im Beschaffenheitsmessnetz (BG = Bestimmungsgrenze, GOW = Gesundheitlicher Orientierungswert, P90 = 90. Perzentil)

Substanz	Metabolit von	BG µg/l	GOW µg/l	ausgewertete Messstellen	≥ BG		> GOW		P90 µg/l	Max µg/l
					Anzahl	%	Anzahl	%		
2,6-Dichlorbenzamid	Fluopicolide/Dichlorbenil	0,05	3,0	1866	39	2,1	0	0	<0,05	0,56
Desphenylchloridazon (Metabolit B)	Chloridazon	0,05	3,0	1864	814	44	22	1,2	0,6	7,1
DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	Tolyfluanid	0,05	1,0	1864	562	30	39	2,1	0,2	8,0
Metabolit BH 479-4 (Metazachlor-Oxalsäure)	Metazachlor	0,05	3,0	1866	48	2,6	0	0	<0,05	1,3
Metabolit BH 479-8 (Metazachlor-Sulfonsäure)	Metazachlor	0,05	3,0	1865	165	8,8	0	0	<0,05	1,8
Metabolit CGA 354742 (Dimethachlor-Sulfonsäure)	Dimethachlor	0,05	3,0	1866	23	1,2	0	0	<0,05	0,27
Metabolit CGA 369873	Dimethachlor	0,05	1,0	1864	349	19	0	0	0,1	1,0
Metabolit CGA 51202/CGA 351916 (Metolachlorsäure)	S-Metolachlor	0,05	3,0	1865	59	3,2	0	0	<0,05	1,1
Metabolit NOA 413173	S-Metolachlor	0,05	3,0	1863	166	8,9	2	0,1	<0,05	4,7
Methyl-desphenylchloridazon (Metabolit B1)	Chloridazon	0,05	3,0	1864	479	26	1	0,1	0,15	3,1
Metabolit CGA 380168/CGA 354743 (Metolachlor-Sulfonsäure)	S-Metolachlor	0,05	3,0	1863	210	11	0	0	0,05	2,9

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 06/2020



### Zusammenfassende Bewertung

Insgesamt ist die Belastung mit PSM in Baden-Württemberg seit den 1990er-Jahren deutlich zurückgegangen (Abbildung 2.10). Dies ist in erster Linie auf den Rückgang der nicht mehr zugelassenen Wirkstoffe zurückzuführen. Es zeigt sich somit, dass das Verbot auffälliger Wirkstoffe die wirksamste Maßnahme zur Verringerung erhöhter PSM-Belastungen im Grundwasser darstellt. Insbesondere die Triazine (v. a. Atrazin) können immer noch nachgewiesen werden, sind also sehr langlebig. Nur durch ein Totalverbot Anfang der 1990er-Jahre, d. h. durch Beseitigen der Eintragsquelle, konnte die Belastung mit diesen Stoffen und deren Metaboliten im Laufe der Jahre reduziert werden. Es ist davon auszugehen, dass sich auch die aktuellen Maßnahmen zur Verringerung des PSM-Eintrags wie die Verbote von Bentazon und Chloridazon aufgrund der mittleren Verweilzeiten in Boden und Grundwasser erst in einigen Jahren positiv auswirken.

Die regionale Verteilung der Messstellen mit Schwellenwert-Überschreitung durch die Hauptbelastungsstoffe Desethylatrazin, Atrazin, Bentazon, Bromacil und Hexazinon und/oder mit Überschreitung des gesundheitlichen Orientierungswertes durch die nicht relevanten Metabolite Desphenylchloridazon und N,N-Dimethylsulfamid zeigt Abbildung 2.9. Überschreitungen durch Desphenylchloridazon sind unter anderem im Raum Heilbronn konzentriert, dem Zentrum des Rübenanbaus in Baden-Württemberg. Auffällige N,N-Dimethylsulfamid-Werte sind vor allem in der Vorbergzone der Oberrheinebene und dem mittleren Neckarraum sowie am Bodensee zu finden, wo Weinbau, Obstbau und Hopfenanbau in größerem Umfang betrieben werden.

Atrazin  
▲ > SW 0,1 µg/l (6)

Bentazon  
◆ > SW 0,1 µg/l (7)

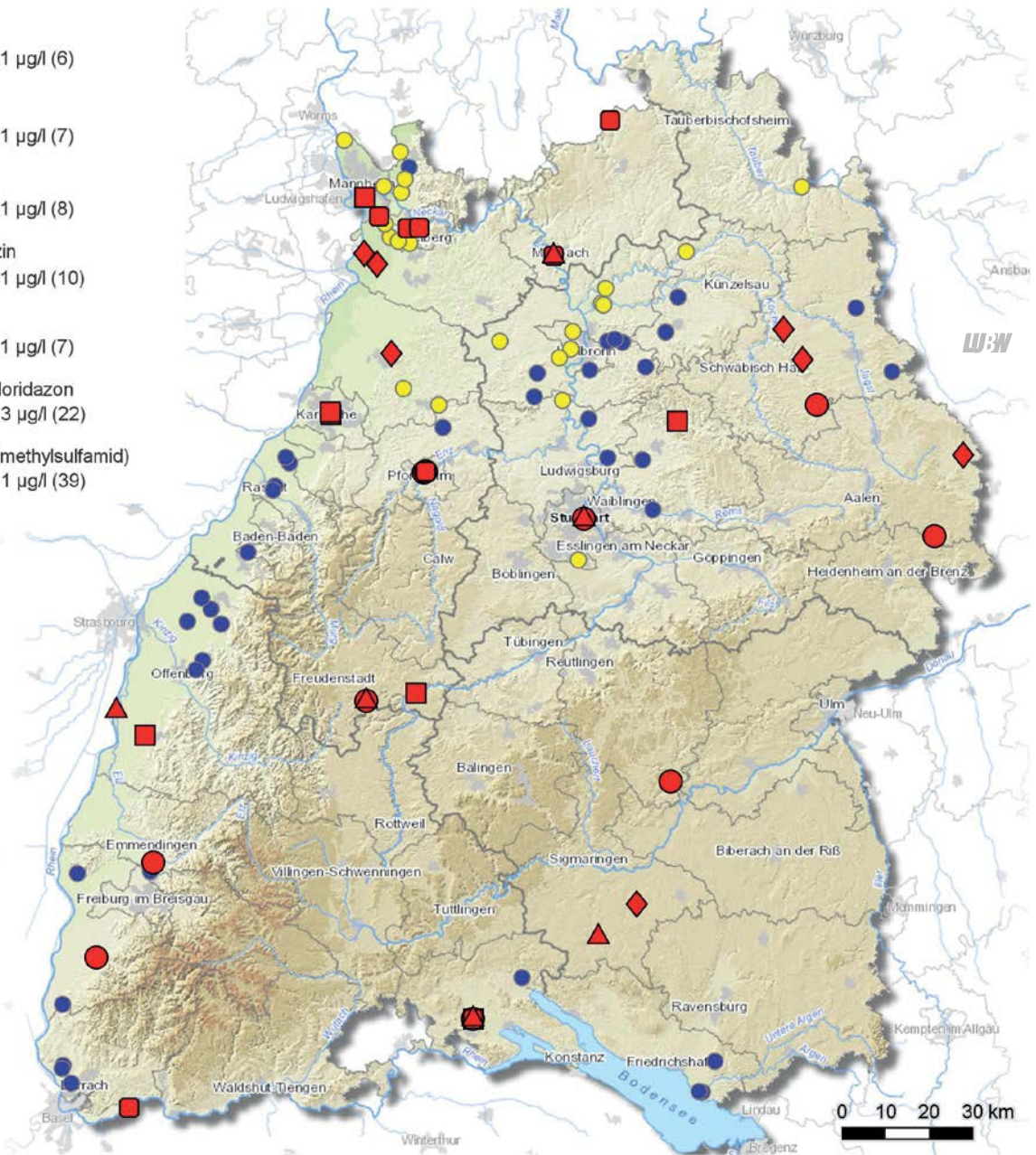
Bromacil  
■ > SW 0,1 µg/l (8)

Desethylatrazin  
● > SW 0,1 µg/l (10)

Hexazinon  
■ > SW 0,1 µg/l (7)

Desphenylchloridazon  
● > GOW 3 µg/l (22)

DMS (N,N-Dimethylsulfamid)  
● > GOW 1 µg/l (39)



Grundlage:  
- Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS) der LUBW  
- Amtliche Geobasisdaten © LGL, www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19

Abbildung 2.9: Überschreitungen von Schwellenwerten (SW) durch ausgewählte Wirkstoffe/relevante Metabolite und von gesundheitlichen Orientierungswerten (GOW) durch ausgewählte nicht relevante Metabolite 2017 bis 2019 im Beschaffenheitsmessnetz; die Zahlen in Klammern geben die Anzahl der Messstellen mit Wert-Überschreitung an; an einigen Messstellen liegen Überschreitungen mehrerer Einzelstoffe vor (übereinanderliegende Symbole) (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 06/2020)

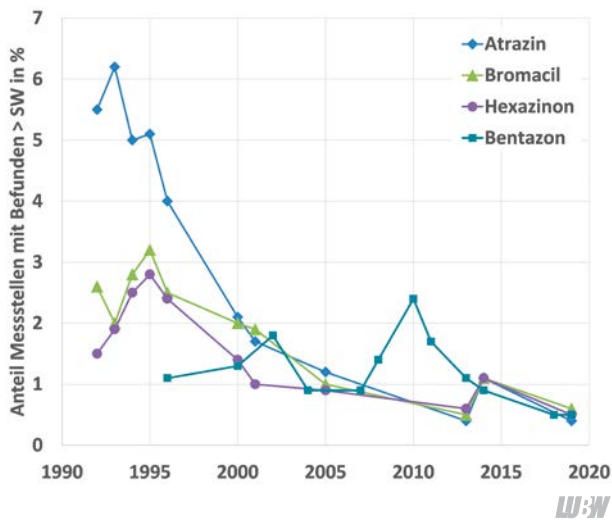


Abbildung 2.10: Trendbetrachtung für Atrazin, Bromacil, Hexazinon und Bentazon. Dargestellt ist der Anteil der Messstellen im Beschaffenheitsmessnetz mit Überschreitung des Schwellenwertes (SW) von 0,1 µg/l zwischen 1992 und 2019. Es wurden bei der Auswertung nur Jahre berücksichtigt, in denen von mindestens 750 (Bentazon 500) Messstellen Werte vorliegen (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 06/2020).

#### 2.2.4 Pflanzenschutzmittel in Wasserschutzgebieten

Neben Nitrat werden auch die PSM in der SchALVO zum Schutz des Grundwassers in Wasserschutzgebieten vor Beeinträchtigungen durch Stoffeinträge aus der Landwirtschaft geregelt. Terbutylazin- oder Tolyfluanid-haltige PSM dürfen in Wasserschutzgebieten generell nicht verwendet werden.

Wasserschutzgebiete können als PSM-Sanierungsgebiete eingestuft werden, wenn Konzentrationen an zugelassenen Wirkstoffen oder deren Metaboliten im dort gewonnenen Rohwasser über 0,1 µg/l liegen und nicht überwiegend aus nicht landwirtschaftlich genutzten Bereichen stammen. Die Anwendung der betreffenden Substanzen ist in PSM-Sanierungsgebieten verboten. Die Einstufung erfolgt jährlich anhand der aktuellen Messdaten durch die unteren Wasserbehörden der Stadt- und Landkreise. Die LUBW veröffentlicht die sogenannte deklaratorische Liste der Gebiete, in denen Schutzbestimmungen gemäß SchALVO gelten, unter [www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/wasserschutzgebiete](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/wasserschutzgebiete).

Mit Stand 01.01.2020 sind zwei Wasserschutzgebiete aufgrund von erhöhten Bentazon-Konzentrationen als PSM-Sanierungsgebiete eingestuft (Tabelle 2.11). Bentazon ist seit 2018 generell nicht mehr zugelassen. Im PSM-Sanierungsgebiet in Mannheim sind die Konzentrationen inzwischen unter die Bestimmungsgrenze gesunken (Abbildung 2.11, links). Das Wasserschutzgebiet 336021 in Rümmingen ist seit 2019 als PSM-Sanierungsgebiet eingestuft und zeigt bislang noch keinen eindeutig sinkenden Trend der Bentazon-Konzentrationen (Abbildung 2.11, rechts).

Tabelle 2.11: Deklaratorische Liste der Pflanzenschutzmittel-Sanierungsgebiete gemäß SchALVO (WSG = Wasserschutzgebiet)

Landkreis	WSG-Nr.	WSG-Bezeichnung	Gemeinde	Wirkstoff	Einstufung besteht seit	Fläche in ha
Mannheim	222031 A	Brunnen 49 – 61, Brunnen Seckenheim 1 – 3	Mannheim	Bentazon	01.01.2016	916
Lörrach	336021	WV Südliches Markgräflerland	Rümmingen	Bentazon	01.01.2019	20

Datenquelle: [www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/wasserschutzgebiete](http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/wasserschutzgebiete), Stand 01/2020

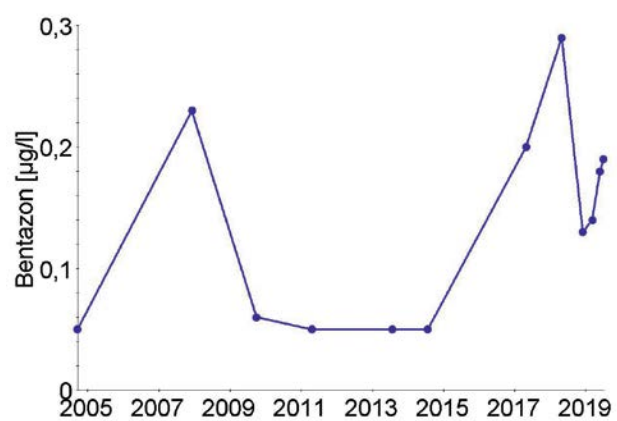
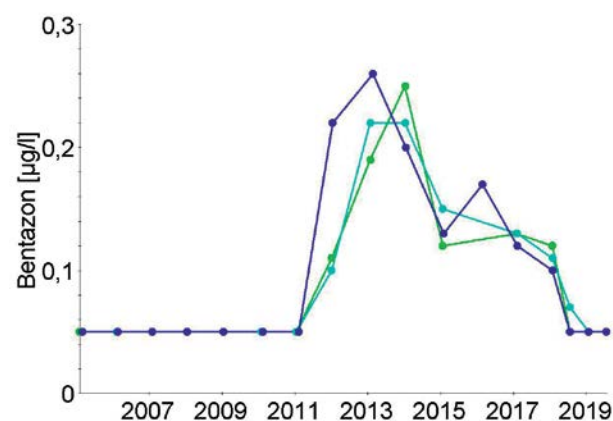


Abbildung 2.11: Konzentrationsverlauf von Bentazon in den drei Brunnen 1580/305-3, 1581/305-9 und 1582/305-4 im Wasserschutzgebiet 222031 A in Mannheim (links) und im Brunnen 265/023-6 im Wasserschutzgebiet 336021 in Rümmingen (rechts) (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 06/2020)



## 2.3 Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe 2016 – 2018

### 2.3.1 Hintergrund

Im Rahmen der Grundwasserüberwachung wurden folgende Vertreter der LHKW untersucht:

- Trichlorethen
- Tetrachlorethen (Perchlorethen)
- 1,1,1-Trichlorethan
- Dichlormethan
- cis-1,2-Dichlorethen
- Tetrachlormethan
- Trichlormethan (Chloroform)

Die LHKW werden seit den 1920er-Jahren vielfach als Lösungsmittel in Industrie, Gewerbe, Medizin und Haushalt verwendet. Grundwasser-Schadensfälle/Altlasten treten hauptsächlich im Bereich von metallverarbeitenden Betrieben (Trichlorethen) und bei chemischen Reinigungen (Tetrachlorethen) durch unsachgemäßen Umgang auf. Trihalogenmethane wie beispielsweise Chloroform werden als Desinfektionsmittel verwendet. Diese können über direkte Emissionen ins Grundwasser oder über Desinfektionsmaßnahmen in Grundwasserfassungen und Rohrleitungen ins Trinkwasser gelangen.

Die Dichte von LHKW liegt zwischen 1,2 und 1,7 g/cm<sup>3</sup>. Die LHKW sind somit dichter als Wasser und können als eigenständige Phase tief in den Grundwasserleiter eindringen und sich im Extremfall über mehrere Grundwasserstockwerke ausbreiten. Die dabei entstehenden Phasen-

körper sind stark strukturiert und weisen dadurch eine große Oberfläche auf, an der sich die LHKW ins Grundwasser lösen können (Wasserlöslichkeit zwischen 0,1 und 20 g/l). Da die mikrobiologische Abbaubarkeit stark von den Eigenschaften der Umgebung abhängig ist, kann es zur Ausbildung von Kontaminationsfahnen mit Längen von bis zu mehreren Kilometern kommen. Bei sauerstofffreien Milieubedingungen können Tetrachlorethen und Trichlorethen biologisch zu cis-1,2-Dichlorethen und Vinylchlorid abgebaut werden. Diese können wiederum mit Sauerstoff abgebaut und vollständig mineralisiert werden.

### 2.3.2 Bewertungsgrundlagen

Vertreter der LHKW sind giftig (Wassergefährdungsklasse 2 – 3 je nach Einzelstoff), sodass eine Reihe von rechtlichen Regelungen (Tabelle 4.8) besteht. Für die Auswertung wird der Schwellenwert der Grundwasserverordnung für die „Summe aus Tri- und Tetrachlorethen“ von 10 µg/l herangezogen (Tabelle 2.12).

### 2.3.3 Ergebnisse und Bewertung Bisherige Untersuchungen auf LHKW

Untersuchungen auf LHKW wurden 1985 begonnen und werden seit 1994 im Beschaffenheitsmessnetz regelmäßig durchgeführt. Somit steht in Baden-Württemberg eine umfassende und statistisch belastbare Datenbasis für die Beurteilung der LHKW-Konzentrationen im Grundwasser zur Verfügung.

## Ergebnisse 2016 – 2018

Tabelle 2.12: Ergebnisse der LHKW-Untersuchungen 2016 – 2018 im Beschaffenheitsmessnetz (BG = Bestimmungsgrenze, WW = Warnwert, SW = Schwellenwert, P90 = 90. Perzentil)

Substanz	BG	WW	SW	ausgewertete Messstellen	≥ BG		> WW		> SW		P90	Max
	mg/l	mg/l	mg/l		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%		
Dichlormethan	0,005	0,008	-	1870	1	0,1	0	0	-	-	<0,005	0,002
Trichlormethan	0,0001	0,002	-	1874	88	4,7	4	0,2	-	-	<0,0001	0,011
Tetrachlormethan	0,0001	0,0024	-	1890	13	0,7	2	0,1	-	-	<0,0001	0,0031
1,1,1-Trichlorethan	0,0001	0,005	-	1891	48	2,5	4	0,2	-	-	<0,0001	5,3
cis-1,2-Dichlorethen	0,001	0,01	-	1889	43	2,3	13	0,7	-	-	<0,005	2,5
Trichlorethen	0,0001	0,005	-	1877	267	14	14	0,7	-	-	0,0002	1,7
Tetrachlorethen	0,0001	0,005	-	1848	434	24	92	5,0	-	-	0,0013	7,6
Summe aus Tri- und Tetrachlorethen	0,0001	0,0075	0,01	1841	486	26	81	4,4	67	3,6	0,0016	8,0

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 01/2020



Zwischen 2016 und 2018 wurden die LHKW an rund 1.900 Messstellen (gesamtes Beschaffenheitsmessnetz) untersucht. Tetrachlorethen und Trichlorethen wurden an 434 (24 %) bzw. 267 (14 %) der Messstellen und somit am häufigsten nachgewiesen (Tabelle 2.12). Der Schwellenwert für Grundwasser für die Summe aus Tri- und Tetrachlorethen wurde an 67 (3,6 %) der untersuchten Messstellen überschritten (Abbildung 2.12). Die Chlormethane zeigten deutlich geringere Nachweisquoten von unter 5 % sowie Höchstwerte von unter 0,02 mg/l. Für die Chlorethene sowie 1,1,1-Trichlorethen wurden Höchstwerte bis in den mg/l-Bereich gemessen (maximal 7,6 mg/l für Tetrachlorethen). Konzentrationen im mg/l-Bereich wurden jedoch nur selten nachgewiesen. Für alle Substanzen waren mehr als 90 % der Messwerte kleiner 0,002 mg/l; die P90-Perzentile lagen für die meisten Substanzen unter der Bestimmungsgrenze (Tabelle 2.12).

Die LHKW-Belastungen stammen überwiegend von Industriebetrieben. Im Teilmessnetz „Emittenten Industrie“ (310 Messstellen) wurden die Summe aus Tri- und Tetrachlorethen an 186 Messstellen (60 % des Teilmessnetzes) nachgewiesen, der Schwellenwert für Grundwasser wurde an 31 Messstellen (10 % des Teilmessnetzes) überschritten (Abbildung 2.13).

Die höheren Konzentrationen lassen sich meist eindeutig ihren Verursachern zuordnen (Tabelle 2.13). Dabei handelt es sich fast immer um bekannte Schadensfälle aufgrund von Leckagen und unsachgemäßem Umgang mit LHKW bzw. um Altlasten, welche gemäß Bundesbodenschutzgesetz von den Vollzugsbehörden bearbeitet werden. Die Schwerpunkte der LHKW-Belastung liegen in städtischen Ballungsräumen wie Stuttgart, Pforzheim, Mannheim/Heidelberg sowie in Städten, in denen die metallverarbeitende Industrie eine lange Tradition hat. Dies sind beispielsweise Reutlingen, Villingen-Schwenningen, Heidenheim, Schwäbisch Gmünd und Lahr (Abbildung 2.12).

Die LHKW-Konzentrationen sind sowohl im Beschaffenheitsmessnetz als auch im Teilmessnetz „Emittenten Industrie“ seit vielen Jahren rückläufig und haben auch gegenüber der letzten Beprobungsrunde von 2013 – 2015 weiter abgenommen (Abbildung 2.13). Sowohl die Nachweisquoten als auch die Überschreitungshäufigkeit des Schwellenwertes sind gesunken.

Tabelle 2.13: Messstellen mit Summe aus Tri- und Tetrachlorethen > 0,1 mg/l 2016 – 2018 im Beschaffenheitsmessnetz

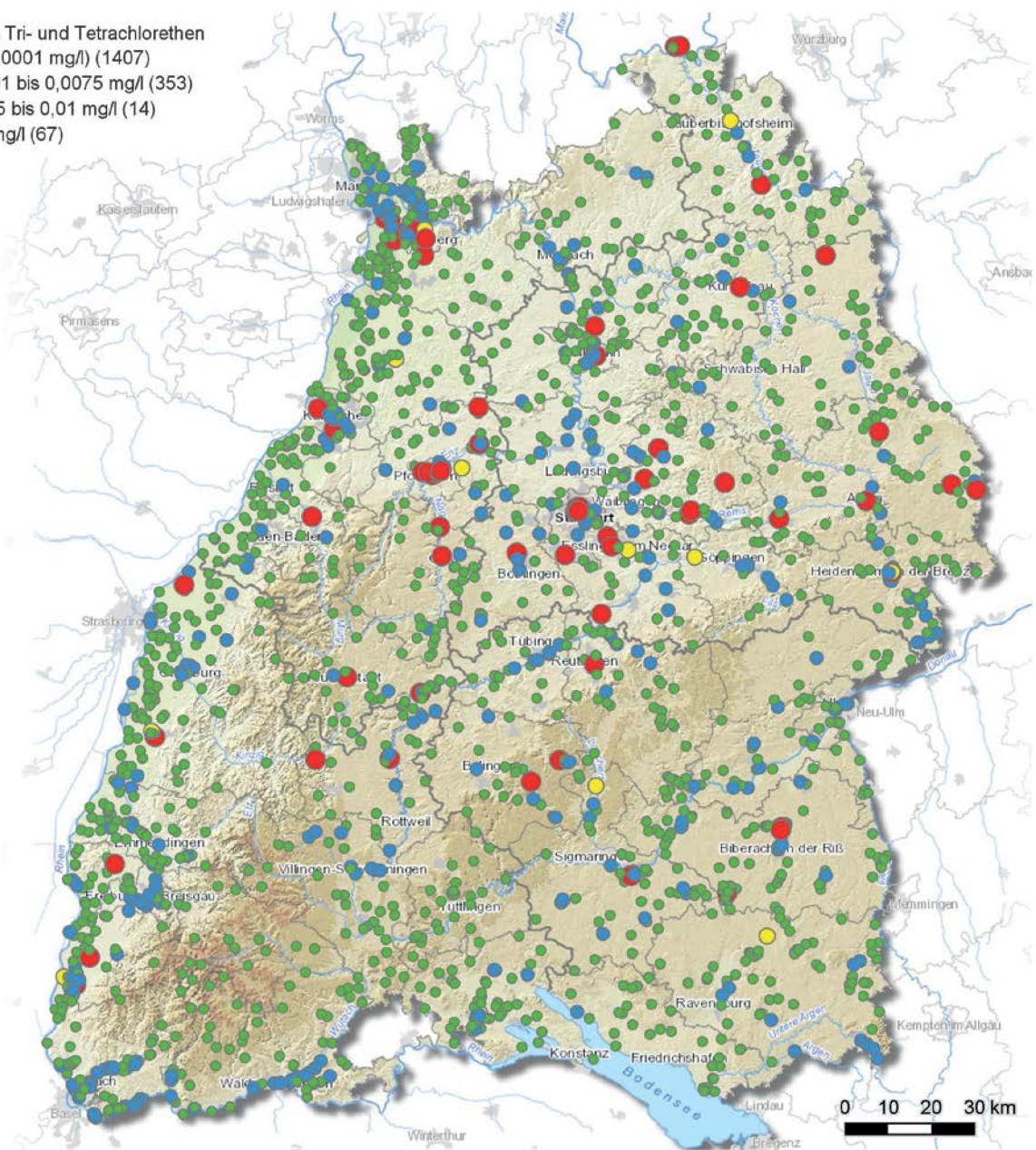
Messstelle	Lage der Messstelle/Einfluss	cis-1,2-Dichlorethen mg/l	Trichlorethen mg/l	Tetrachlorethen mg/l	Summe aus Tri- und Tetrachlorethen mg/l
184/515-0	Schadensfall, Altlasten (Tankstelle, Textilindustrie, Reinigung)	0,7	0,41	7,6	8,0
32/461-3	Metallindustrie (mit Galvanik)	2,5	1,7	4,1	5,8
34/861-2	Metallindustrie (mit Galvanik), Schadensfall, Altlast	< 0,001	0,006	1,4	1,4
27/365-0	Schadensfall, Deponie, Altlast	< 0,001	0,0002	0,37	0,37
2000/611-0	metallverarbeitende Industrie, Altlast	< 0,001	0,0006	0,36	0,36
3/265-1	Metallindustrie (mit Galvanik)	0,082	0,35	0,0045	0,35
8/362-5	Schadensfall, Textilindustrie	0,26	0,13	0,19	0,32
48/412-7	Industriegebiet	< 0,001	0,0005	0,21	0,21
96/512-2	Schadensfall, Kfz-Industrie, Tankstelle	< 0,001	0,0011	0,15	0,15
25/763-2	Siedlungsgebiet	0,19	0,1	0,032	0,13
43/861-3	Deponie, Altlast, chemische Industrie	1,2	0,13	< 0,0001	0,13
2/361-0	Metallindustrie (mit Galvanik), Altlast, Bahnanlagen	< 0,001	0,0006	0,11	0,11

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 01/2020



Summe aus Tri- und Tetrachlorethen

- ≤ BG (0,0001 mg/l) (1407)
- > 0,0001 bis 0,0075 mg/l (353)
- > 0,0075 bis 0,01 mg/l (14)
- > 0,01 mg/l (67)



Grundlage:  
 - Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS) der LUBW  
 - Amtliche Geobasisdaten © LGL, www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19

LUBW

Abbildung 2.12: Konzentrationsverteilung Summe aus Tri- und Tetrachlorethen 2016 – 2018 im Beschaffenheitsmessnetz; die Zahlen in Klammern geben die Anzahl der Messstellen in der jeweiligen Konzentrationsklasse an (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 01/2020)

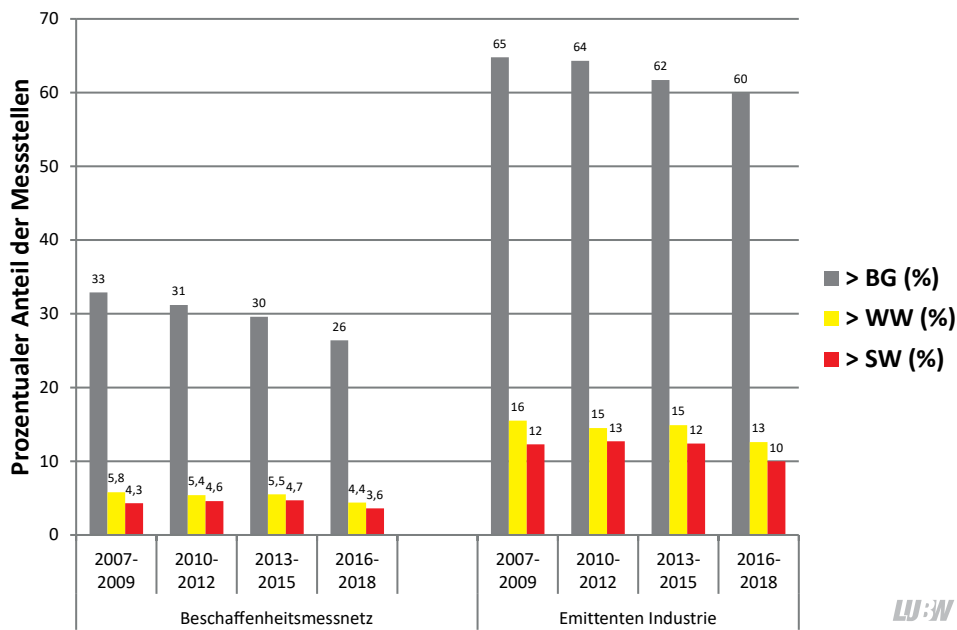


Abbildung 2.13: Zeitlicher Verlauf der LHKW-Belastung anhand der Summe aus Tri- und Tetrachlorethen: Prozentualer Anteil der Messstellen mit Überschreitung von Bestimmungsgrenze (BG), Warnwert (WW) und Schwellenwert (SW) im Beschaffungsmessnetz sowie im Teilmessnetz „Emittenten Industrie“ für vier Probierungen seit 2007 (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 01/2020 und veröffentlichte Werte der Berichte 2009, 2012, 2015)

LUBW

## 2.4 Einkernige Aromaten (BTEX) 2016 – 2018

### 2.4.1 Hintergrund

Mit BTEX-Aromaten bezeichnet man die leichtflüchtigen, monoaromatischen Kohlenwasserstoffe:

- Benzol
- Toluol
- Ethylbenzol
- o-, m- und p-Xylol.

Die BTEX-Aromaten werden hauptsächlich als Rohstoffe in der Petrochemie sowie in der Industrie als Löse-, Entfettungs- und Verdünnungsmittel eingesetzt. Benzol ist produktionsbedingt in geringen Mengen (maximal 1 %) in Benzin enthalten. Ursachen für Grundwasser-Schadensfälle/Altlasten sind hauptsächlich punktuelle Einträge infolge von Leckagen und Unfällen mit Mineralölverbindungen sowie aus Altablagerungen wie beispielsweise Gaswerken. Diffuse Einträge sind bzw. waren vor allem Emissionen aus der Kraftstoffverbrennung, Lösemittelverwendung sowie Verdampfung bei Herstellung, Transport und Umfüllen von Kraftstoffen.

Aufgrund ihrer Wasserlöslichkeit von 0,2 – 1,8 g/l und ihres verhältnismäßig hohen Dampfdrucks haben die BTEX eine hohe Mobilität im Untergrund. Kontaminationsfahnen können je nach Beschaffenheit des Untergrundes eine Länge von mehreren Hundert Metern erreichen. Die mikrobiologische Abbaubarkeit hängt stark von den Rand-

bedingungen ab. Unter günstigen Verhältnissen, also in Anwesenheit von Sauerstoff oder von Sauerstofflieferanten wie Nitrat oder Sulfat, erfolgt der Abbau in der Regel schnell und vollständig. Dabei nimmt die Abbaubarkeit in der Reihenfolge Toluol – Ethylbenzol – Benzol – Xylol ab.

### 2.4.2 Bewertungsgrundlagen

Vertreter der BTEX sind krebserregend (Wassergefährdungsklasse 1 – 3 je nach Einzelstoff), sodass rechtliche Regelungen (Tabelle 4.9) bestehen. Für die Auswertung wurden die Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS) für Grundwasser von 1 µg/l für Benzol und 20 µg/l für die Summe alkylierte Benzole herangezogen (Tabelle 2.14).

### 2.4.3 Ergebnisse und Bewertung

#### Bisherige Untersuchungen

BTEX-Aromaten wurden 1994 erstmals in größerem Umfang und werden seit 1998 im Beschaffungsmessnetz regelmäßig untersucht. Somit steht in Baden-Württemberg eine statistisch belastbare Datenbasis für die Beurteilung der BTEX-Konzentrationen im Grundwasser zur Verfügung.

#### Ergebnisse 2016 – 2018

Zwischen 2016 und 2018 wurden die BTEX an knapp 1.900 Messstellen (gesamtes Beschaffungsmessnetz) untersucht und lediglich an einzelnen Messstellen nachgewiesen (Tabelle 2.14). Der Geringfügigkeitsschwellenwert für Benzol wurde an drei (0,2 %) und für die Summe BTEX

Tabelle 2.14: Ergebnisse der BTEX-Untersuchungen 2016 – 2018 im Beschaffenheitsmessnetz (BG = Bestimmungsgrenze, WW = Warnwert, GFS = Geringfügigkeitsschwellenwert, P90 = 90. Perzentil)

Substanz	BG	WW	GFS	ausgewertete Messstellen	≥ BG		> WW		> GFS		P90	Max
	µg/l	µg/l	µg/l		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	µg/l	µg/l
Benzol	0,5	0,8	1	1889	3	0,2	3	0,2	3	0,2	< 0,5	140
Toluol	0,5	2	-	1833	8	0,4	2	0,1	-	-	< 0,5	4,7
Ethylbenzol	0,5	2	-	1890	2	0,1	0	0	-	-	< 0,5	0,9
o-Xylol	0,5	2	-	1884	3	0,2	0	0	-	-	< 0,5	1,6
m- und p-Xylol	0,5	2	-	1860	8	0,4	1	0,1	-	-	< 0,5	4,7
Summe BTEX	0,5	-	20	1823	13	0,7	-	-	1	0,1	< 0,5	140

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 01/2020



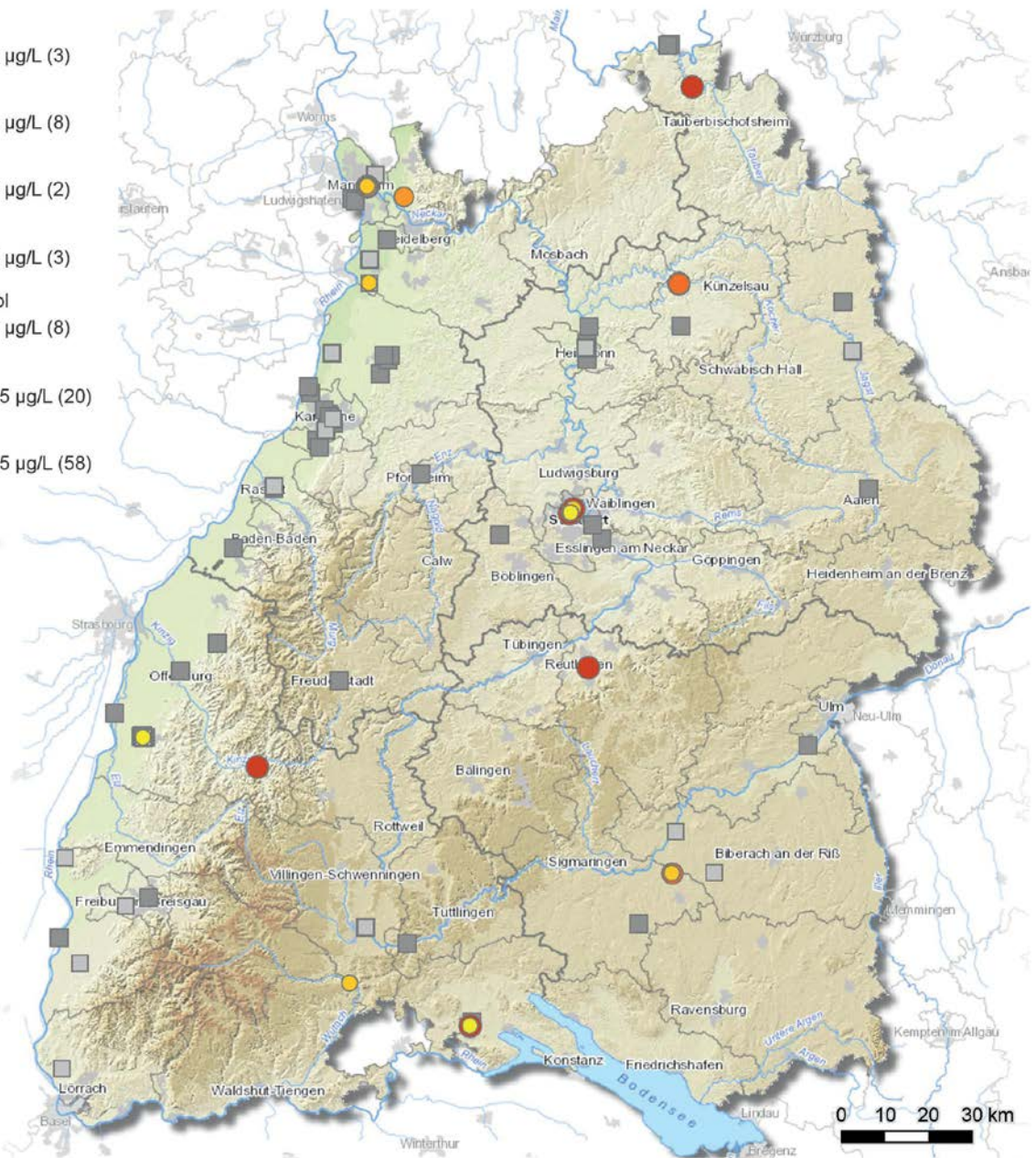
an einer Messstelle (0,1 %) überschritten. Der Höchstwert betrug 140 µg/l für Benzol an einer Messstelle direkt neben einer Tankstelle im Teilmessnetz Emittenten Siedlung. Dieser Wert liegt weit höher als die Höchstwerte für die anderen Einzelstoffe.

Die weiteren BTEX-Befunde mit Summe BTEX > 1 µg/l sind den jeweiligen Verursachern ebenfalls gut zuzuordnen (Tabelle 2.15). Es handelt sich dabei um Grundwasserschadensfälle sowie um Messstellen in Altlasten bzw.

altlastenverdächtigen Standorten (Teilmessnetze Emittenten Industrie und Siedlung). Bei der Hälfte dieser Messstellen werden auch die Benzinzusatzstoffe MTBE und ETBE nachgewiesen, was auf Grundwasserschadensfälle mit Kraftstoffen hindeutet (Abbildung 2.14).

Insgesamt ist die Belastung des Grundwassers mit BTEX-Aromaten als gering einzustufen. Auch in den vergangenen Jahren waren die Nachweisquoten durchgehend sehr niedrig und unter 1 %.

- Benzol  
● > BG 0,5 µg/L (3)
- Toluol  
● > BG 0,5 µg/L (8)
- Ethylbenzol  
● > BG 0,5 µg/L (2)
- o-Xylol  
● > BG 0,5 µg/L (3)
- m- und p-Xylol  
● > BG 0,5 µg/L (8)
- ETBE  
■ > BG 0,05 µg/L (20)
- MTBE  
■ > BG 0,05 µg/L (58)



Grundlage:  
 - Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS) der LUBW  
 - Amtliche Geobasisdaten © LGL, www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19

LUBW

Abbildung 2.14: Befunde von BTEX sowie von ETBE und MTBE > Bestimmungsgrenze (BG) 2016 – 2018 im Beschaffenheitsmessnetz; die Zahlen in Klammern geben die Anzahl der Messstellen an; an einigen Messstellen liegen Überschreitungen mehrerer Einzelstoffe vor (überlappende Symbole) (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 01/2020)

Tabelle 2.15: Messstellen mit Summe BTEX > 1 µg/l 2016 – 2018 im Beschaffenheitsmessnetz

Messstelle	Lage der Messstelle/Einfluss	Benzol µg/l	Toluol µg/l	Ethylbenzol µg/l	o-Xylol µg/l	m- und p-Xylol µg/l	Summe BTEX µg/l
32/461-3	Tankstelle, innerstädtischer Bereich	140	1,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	140
226/305-8	Wohngebiet mit ehemaligen Tankstellen 200 und 500 m entfernt	< 0,5	4,7	0,9	1,6	4,7	12
215/422-0	Betriebsgelände Gaswerk	7,9	2,1	< 0,5	< 0,5	0,7	11
71/461-3	Innerstädtischer Bereich	< 0,5	1,3	< 0,5	< 0,5	1,1	2,4
6/607-0	metallverarbeitender Betrieb, Werkzeugbau	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,7	1,2	1,9
306/511-4	Innerstädtischer Bereich, Bahnlinie	< 0,5	1,0	< 0,5	< 0,5	0,9	1,9
2/271-9	Landwirtschaftlicher Betrieb 25m entfernt	< 0,5	1,7	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1,7
374/066-7	Betriebsgelände kunststoffverarbeitende Firma	1,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	1,5

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 01/2020

LUBW

## 2.5 Benzinzusatzstoffe MTBE und ETBE 2016 – 2018

### 2.5.1 Hintergrund

In Deutschland wird MTBE (Methyltertiärbutylether) seit den 1980er-Jahren als Kraftstoffzusatz eingesetzt. Aufgrund zahlreicher MTBE-Funde im Grundwasser wird in Deutschland inzwischen nur noch ETBE (Ethyltertiärbutylether) als Ersatzstoff für MTBE verwendet. Zudem wird MTBE auch in der Industrie als Lösemittel für die Produktion von Isobutylene eingesetzt. In die Umwelt geraten MTBE und ETBE punktuell durch Leckagen oder Tropfverluste in Raffinerien, im Kraftstoffgroßhandel und an Tankstellen. Auch über undichte Kanalisationen können diese Stoffe ins Grundwasser eindringen. Diffuse Einträge entstehen vor allem durch den Kfz-Verkehr.

Sowohl MTBE als auch ETBE lösen sich mit 42 bzw. 12 g/l gut in Wasser und besser als die anderen Kohlenwasserstoffe des Benzins. Sie werden aufgrund der geringen Adsorptionstendenz an Bodenteilchen schnell ins Grundwasser verlagert, sind dort sehr mobil und können bis mehrere Hundert Meter lange Grundwasserfahnen ausbilden. Bei Schadensfällen findet man sie meist an der Spitze der Schadstofffahne; die anderen, weniger mobilen Kraftstoffbestandteile sind dort oft nicht mehr nachweisbar. Die Etherbindung ist relativ stabil und wird von Mikroorganismen nur schwer abgebaut. In Gegenwart von Sauerstoff werden MTBE und ETBE sehr langsam, im sauerstofffreien Milieu nahezu gar nicht abgebaut.

### 2.5.2 Bewertungsgrundlagen

Nach derzeitigem Kenntnisstand sind MTBE und ETBE wenig schädlich (Wassergefährdungsklasse 1). Durch den unangenehmen Geruch und Geschmack sowie die schwere Abbaubarkeit stellen sie jedoch beim Eintrag in das Grundwasser eine Gefährdung für Trinkwasservorräte dar. Für ETBE wurde ein Geringfügigkeitsschwellenwert für

Grundwasser von 2,5 µg/l sowie für die Summe MTBE und ETBE von 5 µg/l abgeleitet (Tabelle 2.16).

### 2.5.3 Ergebnisse und Bewertung

#### Bisherige Untersuchungen auf MTBE und ETBE

Seit 1999 wurde MTBE an risikobasiert ausgewählten Messstellen untersucht. Seit 2007 werden MTBE und ETBE im Beschaffenheitsmessnetz regelmäßig untersucht. Somit steht in Baden-Württemberg eine statistisch belastbare Datenbasis für die Beurteilung der Konzentrationen der Benzinzusatzstoffe im Grundwasser zur Verfügung.

Zwischen 2016 und 2018 wurden MTBE und ETBE an rund 1.900 Messstellen (gesamtes Beschaffenheitsmessnetz) untersucht. An 58 Messstellen (3,1 %) bzw. 20 Messstellen (1,1 %), welche meist durch Industrie und Siedlungen beeinflusst sind, wurden MTBE bzw. ETBE nachgewiesen (Tabelle 2.16). Die Höchstkonzentrationen betragen 6,1 bzw. 2,7 µg/l. Mehr als 90 % der Messwerte lagen hingegen unter der Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l. Die Geringfügigkeitsschwellenwerte für ETBE bzw. die Summe MTBE und ETBE wurden jeweils an einer Messstelle (0,1 %) überschritten. Aus Sicht des Grundwasserschutzes ist der Einsatz von ETBE als Ersatzstoff von MTBE nur eine geringfügige Verbesserung.

Insbesondere die erhöhten MTBE-/ETBE-Befunde lassen sich meist eindeutig Verursachern zuordnen (Tabelle 2.17). Oft befinden sich im Einzugsgebiet der betroffenen Messstellen Betriebe, die Kraftstoff herstellen, lagern oder verkaufen. Daraus resultieren auch die in manchen Fällen ebenfalls auftretenden BTEX-Belastungen (Abbildung 2.14). Teilweise existieren diese Betriebe heute nicht mehr, sind jedoch als altlastenverdächtige Flächen bekannt. Diese Fälle werden von den Vollzugsbehörden nach Bundesbodenschutzgesetz bearbeitet.

## Ergebnisse 2016 – 2018

Tabelle 2.16: Ergebnisse der MTBE-/ETBE-Untersuchungen 2016 bis 2018 im Beschaffenheitsmessnetz (BG = Bestimmungsgrenze, GFS = Geringfügigkeitsschwellenwert, P90 = 90. Perzentil)

Substanz	BG µg/l	GFS µg/l	ausgewertete Messstellen	≥ BG		> GFS		P90 µg/l	Max µg/l
				Anzahl	%	Anzahl	%		
ETBE (Ethyltertiärbutylether)	0,05	2,5	1764	20	1,1	1	0,1	< 0,05	2,7
MTBE (Methyltertiärbutylether)	0,05	-	1870	58	3,1	-	-	< 0,05	6,1
Summe	0,05	5,0	1744	60	3,4	1	0,1	< 0,05	6,3

Tabelle 2.17: Messstellen mit MTBE-/ETBE-Konzentrationen > 1 µg/l 2016 – 2018 im Beschaffenheitsmessnetz und Konzentrationsentwicklung seit 2007 (n.a. = nicht analysiert)

Messstelle	Lage der Messstelle/Einfluss	2007 bis 2009		2010 bis 2012		2013 bis 2015		2016 bis 2018	
		MTBE µg/l	ETBE µg/l	MTBE µg/l	ETBE µg/l	MTBE µg/l	ETBE µg/l	MTBE µg/l	ETBE µg/l
296/508-0	Industriegelände, Mineralölgroßhandlung	41	2,2	27	0,79	11	0,14	6,1	0,17
174/306-4	Naturschutzgebiet abstromig altlastverdächtiger Fläche	2,8	n.a.	0,22	<0,05	0,74	1,2	1,0	2,7
75/217-4	Bauhof auf ehemaliger Deponie	1,7	0,2	6,2	0,91	0,44	<0,05	3,2	0,17
1344/304-2	ehemalige Tankstelle, Altablagerung	<0,05	n.a.	<0,05	0,16	0,44	0,64	1,4	0,36
765/211-2	Betriebsgelände Recyclingunternehmen	2,8	0,16	1,4	0,19	0,81	0,69	0,24	1,3

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 01/2020



Die Nachweisquoten für beide Benzinzusatzstoffe sind im Beschaffenheitsmessnetz seit vielen Jahren rückläufig mit einem deutlichen Rückgang zwischen den Beprobungsrunden 2007 – 2009 und 2010 – 2012 (Abbildung 2.15). Die Höchstwerte lagen in der Beprobungsrunde 2013 – 2015 bei 11 µg/l MTBE bzw. 1,2 µg/l ETBE, in der Beprobungsrunde 2016 – 2018 bei 6,1 bzw. 2,7 µg/l.

## 2.6 Metallische Spurenstoffe 2016 – 2018

### 2.6.1 Hintergrund

Unter dem Begriff „Metallische Spurenstoffe“ werden nachfolgend Metalle im Spurenbereich, in der Regel in Konzentrationen unter 0,1 mg/l, verstanden. Viele Metalle sind essenziell für den Stoffwechsel, können aber auch toxisch sein. Dies spiegelt sich in den sehr unterschiedlichen Bewertungsgrundlagen für die einzelnen Stoffe (Tabelle 2.18) wider.

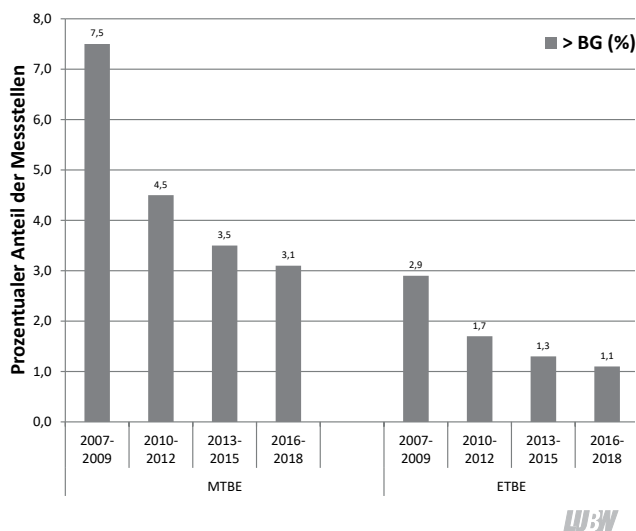


Abbildung 2.15: Zeitlicher Verlauf der Belastung mit MTBE und ETBE: Prozentualer Anteil der Messstellen mit Überschreitung der Bestimmungsgrenze (BG) im Beschaffenheitsmessnetz für vier Beprobungsrunden seit 2007 (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 01/2020 und veröffentlichte Werte der Berichte 2009, 2012, 2015)

Alle hier untersuchten metallischen Spurenstoffe kommen als Bestandteile von Gesteinen natürlicherweise in der Umwelt vor (Abbildung 2.16) und können somit als geogener Hintergrund im Grundwasser auftreten. Außerdem werden sie durch den Menschen in großem Umfang in Industrie und Haushalt verwendet, sodass auch anthropogene Belastungen des Grundwassers, beispielsweise durch Industriebetriebe, nachgewiesen werden. Details zur geogenen Herkunft bzw. anthropogenen Verwendung der einzelnen Metalle werden zusammen mit den Messergebnissen in Tabelle 2.19 aufgeführt.

### 2.6.2 Bewertungsgrundlagen

Für 14 der 24 untersuchten metallischen Spurenstoffe sind Schwellenwerte für Grundwasser bzw. Grenzwerte für Trinkwasser und für weitere sechs Geringfügigkeitsschwellenwerte für Grundwasser festgelegt (Tabelle 2.18). Für Beryllium, Lithium, Siliziumdioxid und Strontium gibt es keine Bewertungsgrundlagen.

### 2.6.3 Ergebnisse und Bewertung

#### Bisherige Untersuchungen

Untersuchungen auf metallische Spurenstoffe wurden 1985 begonnen und werden seit 1994 im Beschaffenheitsmessnetz regelmäßig durchgeführt. Somit steht in Baden-Württemberg eine umfassende und statistisch belastbare Datenbasis für die Beurteilung der Konzentrationen von metallischen Spurenstoffen im Grundwasser zur Verfügung.

#### Ergebnisse 2016 – 2018

Zwischen 2016 und 2018 wurden bis zu 24 metallische Spurenstoffe in über 1.900 Messstellen (gesamtes Beschaffenheitsmessnetz) untersucht. Bei sieben Metallen (Aluminium, Blei, Bor, Cadmium, Chrom, Nickel, Selen) wurden vereinzelte (d. h. an maximal 0,4 % der Messstellen) Über-



schreitungen der jeweiligen Schwellen- bzw. Grenzwerte festgestellt (Tabelle 2.18, Abbildung 2.17). Arsen bzw. Uran überschreiten die entsprechenden Werte an 23 (1,2 %) bzw. 27 (1,4 %) Messstellen. Für Eisen bzw. Mangan wurden die meisten Überschreitungen an 155 (8,4 %) bzw. 249

(13 %) der Messstellen nachgewiesen. Für diese beiden Metalle wurden die Grenzwerte allerdings im Hinblick auf die Trinkwasseraufbereitung und nicht aufgrund ihrer Toxizität festgesetzt.

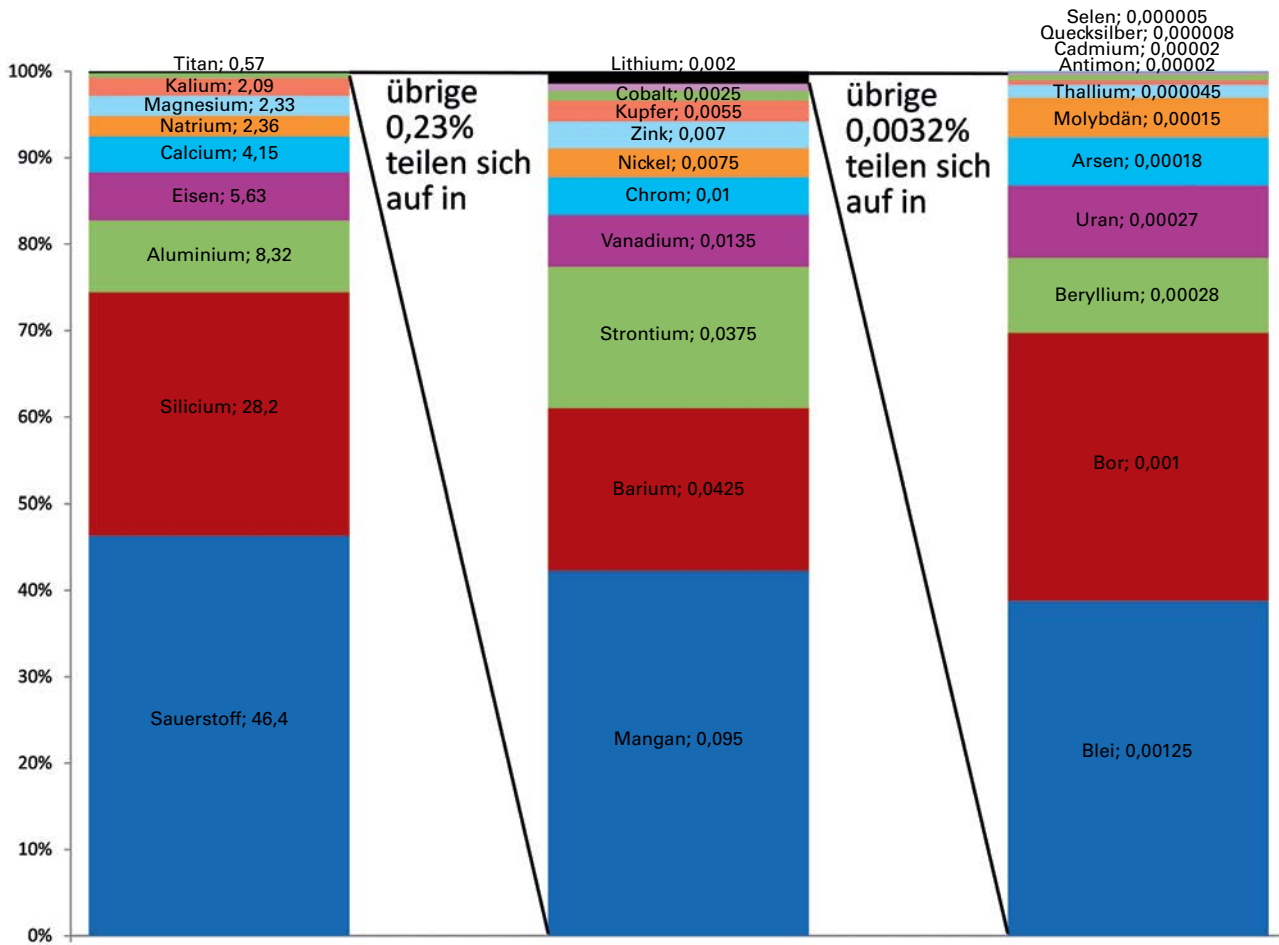


Abbildung 2.16: Prozentuale Zusammensetzung der Erdkruste: Hauptinhaltsstoffe und ausgewählte Metalle; die Zahlen geben Gewichtsprozent (g/100g) an; Datenquelle: CRC Handbook of chemistry and physics, 73rd edition, 1992 – 1993



Tabelle 2.18: Ergebnisse der Untersuchungen auf metallische Spurenstoffe 2016 – 2018 im Beschaffenheitsmessnetz (BG = Bestimmungsgrenze, SW = Schwellenwert, GW = Grenzwert, GFS = Geringfügigkeitsschwellenwert, P90 = 90. Perzentil)

Substanz	BG mg/l	SW mg/l	GW mg/l	GFS mg/l	ausgewertete Messstellen	≥ BG		> SW		> GW		> GFS		P90 mg/l	Max mg/l
						Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%		
Aluminium	0,002	-	0,2	-	1846	429	23	-	-	2	0,1	-	-	0,006	1,4
Antimon	0,001	-	0,005	0,005	1897	8	0,4	-	-	0	0	0	0	<0,001	0,002
Arsen	0,0005	0,01	0,01	0,0032	1881	673	36	23	1,2	23	1,2	109	5,8	0,0021	0,14
Barium	0,01	-	-	0,175	1849	1842	100	-	-	-	-	364	20	0,29	1,2
Beryllium	0,0005	-	-	-	1897	18	0,9	-	-	-	-	-	-	<0,0005	0,0027
Blei	0,001	0,01	0,01	0,0012	1873	241	13	2	0,1	2	0,1	26	1,4	<0,001	0,039
Bor	0,02	-	1,0	0,18	1911	1218	64	-	-	7	0,4	51	2,7	0,081	5,6
Cadmium	0,0001	0,0005	0,003	0,0003	1888	291	15	5	0,3	0	0	12	0,6	<0,0001	0,0023
Chrom	0,001	-	0,05	0,0034	1867	975	52	-	-	2	0,1	21	1,1	0,001	1,7
Cobalt	0,001	-	-	0,002	1881	68	3,6	-	-	-	-	7	0,4	<0,001	0,03
Eisen	0,01	-	0,2	-	1842	684	37	-	-	155	8,4	-	-	0,1	21
Kupfer	0,001	-	2,0	0,0054	1735	1170	67	-	-	0	0	47	2,7	0,0029	0,31
Lithium	0,001	-	-	-	1776	1520	86	-	-	-	-	-	-	0,022	1,7
Mangan	0,01	-	0,05	-	1870	410	22	-	-	249	13	-	-	0,13	5,3
Molybdän	0,0005	-	-	0,035	1874	381	20	-	-	-	-	2	0,1	0,0008	0,51
Nickel	0,001	-	0,02	0,007	1778	753	42	-	-	2	0,1	13	0,7	0,002	0,039
Quecksilber	0,0001	0,0002	0,001	0,0001	670	1	0,1	0	0	0	0	0	0	<0,0001	0,0001
Selen	0,0005	-	0,01	0,003	1893	215	11	-	-	1	0,1	9	0,5	<0,001	0,019
Siliziumdioxid	1	-	-	-	1843	1843	100	-	-	-	-	-	-	14	37
Strontium	0,05	-	-	-	1869	1844	99	-	-	-	-	-	-	0,89	13
Thallium	0,0002	-	-	0,0002	1895	15	0,8	-	-	-	-	14	0,7	<0,002	0,0014
Uran	0,0005	-	0,01	-	1878	1289	69	-	-	27	1,4	-	-	0,0028	0,038
Vanadium	0,0005	-	-	0,004	1883	362	19	-	-	-	-	15	0,8	0,0008	0,022
Zink	0,01	-	-	0,06	1750	511	29	-	-	-	-	101	5,8	0,034	2,9

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 11/2019



Metallische Spurenstoffe sind weit verbreitet und in unterschiedlich hohen Konzentrationen zu finden (Tabelle 2.18). Diese Gehalte sind in den meisten Fällen natürlichen Ursprungs und stammen aus der jeweiligen geologischen Formation (Tabelle 2.19). Versauerungsbedingt werden vereinzelt die Bewertungsgrundlagen von Aluminium, Cadmium und Cobalt überschritten. Überwiegend anthropogene Ursachen haben die Überschreitungen bei Bor, Chrom, Cobalt, Molybdän, Nickel und Thallium. Diese Belastungen

entstehen meist durch Schadensfälle bei Industriebetrieben bzw. Altlasten oder durch Abwässer, die aus undichter Kanalisation ins Grundwasser infiltrieren. Die Betrachtung der Nachweisquoten in den vergangenen vier Landesuntersuchungen für diese sechs Metalle zeigt sinkende Tendenzen seit der Beprobungsrunde 2010 – 2012, außer für Bor und Thallium (Abbildung 2.18). Insgesamt sind die gemessenen Konzentrationen der metallischen Spurenstoffe für die Grundwasserqualität nicht problematisch.

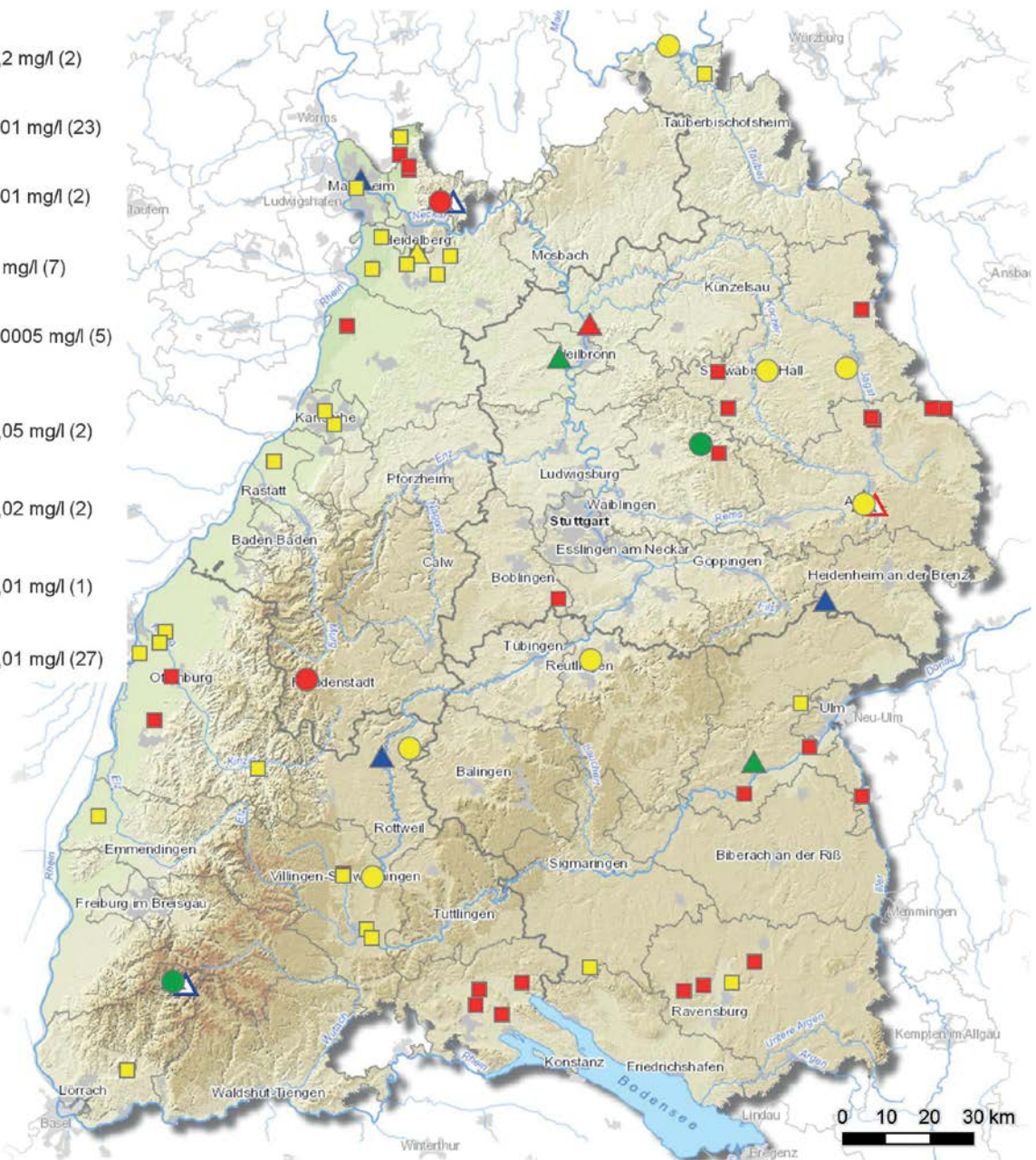
Tabelle 2.19: Charakterisierung der metallischen Spurenstoffe und Ergebnisse 2016 – 2018 im Beschaffenheitsmessnetz. Alle Messstellen mit Schwellen-/Grenzwert-Überschreitungen werden einzeln erläutert. Außer für die Parameter Arsen, Eisen, Mangan und Uran mit vergleichsweise vielen Überschreitungen. Hier werden die Überschreitungen zusammengefasst (Arsen, Uran) bzw. exemplarisch für die Messstelle mit der jeweils höchsten Konzentration (Eisen, Mangan) erläutert.

Parameter	Charakterisierung	Messstelle	Messwert (mg/l)	Lage der Messstelle/Einfluss
		bzw. zusammenfassende Beschreibung der Ergebnisse		
Aluminium	Das Leichtmetall Aluminium ist das zweithäufigste Metall in der Erdkruste und bildet zusammen mit den Oxiden anderer Elemente Silikate. Bei sauren Verhältnissen geht es verstärkt in Lösung. Aluminium findet vielfältige industrielle Verwendung beispielsweise im Fahrzeugbau und in der Elektrotechnik sowie für Verpackungen.	4401/355-3	1,4	geogene Ursache: Quelle im Buntsandstein mit niedrigem pH von 4,5
		9902/265-5	0,47	geogene Ursache: Quelle im Buntsandstein mit niedrigem pH von 5,1
Antimon	Das Halbmetall Antimon kommt natürlicherweise in Erzen in Verbindungen mit Sauerstoff und Schwefel vor. Antimon wird unter anderem für Legierungen und für die feuerfeste Ausrüstung von Textilien verwendet.	Antimon wurde an 8/0,4 % der untersuchten Messstellen nachgewiesen mit einem Höchstwert von 0,002 mg/l. Der Grenzwert von 0,005 mg/l wurde somit an keiner Messstelle überschritten. Alle Befunde sind anthropogen beispielsweise durch Industriebetriebe und historischen Bergbau bedingt.		
Arsen	Das Halbmetall Arsen ist natürlicherweise in eisenhaltigen Tonen, Mergeln und Sandsteinen enthalten. Bis Anfang der 1980er-Jahre wurde Arsentrioxid als Pflanzen- und Holzschutzmittel verwendet. Arsenverbindungen gelangen auch durch industrielle Abwässer (beispielsweise Elektronik), durch die Auslaugung von Abraumhalden, aus Deponien, bei der Verhüttung von Metallen sowie durch Kohlekraftwerke in die Umwelt.	Der Arsen-Grenzwert von 0,01 mg/l wurde an 23/1,2 % der untersuchten Messstellen überschritten, was zumeist geogene Ursachen hat. Diese Messstellen erfassen tiefe Grundwässer, den Quartär und/oder reduzierende Grundwässer, die zu einer erhöhten Löslichkeit führen können. Vereinzelt liegen anthropogene Verursacher wie eine Altlast oder historischer Bergbau vor.		
Barium	Das Erdalkalimetall Barium kommt in der Natur beispielsweise als Schwerspat (Baryt) in Erzvorkommen oder Witherit vor sowie in Ton und Sandgesteinen. Industriell wird Barium beispielsweise bei der Glas- und Emaille-Herstellung verwendet.	An 364/knapp 20 % der untersuchten Messstellen lagen die Bariumkonzentrationen über dem Geringfügigkeitsschwellenwert von 0,175 mg/l. Diese erhöhten Bariumwerte sind in der Regel geogen bedingt und treten insbesondere in den Gebieten des höheren Keupers und des Gipskeupers sowie im Buntsandstein von Schwarzwald und Odenwald auf.		
Beryllium	Das Erdalkalimetall Beryllium kommt natürlicherweise in verschiedenen Gesteinen wie beispielsweise in Basalten und Graniten vor. Beryllium wird als Legierungsbestandteil im Flugzeugbau und beispielsweise bei Uhrenfedern verwendet.	Beryllium wurde an 18/0,9 % der untersuchten Messstellen nachgewiesen mit einem Höchstwert von 0,0027 mg/l. Diese Befunde sind alle geogen bedingt, da die Messstellen den Buntsandstein von Schwarzwald und Odenwald bzw. das Kristallin des Schwarzwalds erschließen.		
Blei	Das Schwermetall Blei kann in der Natur in Silikaten, Feldspäten und phosphathaltigen Mineralen enthalten sein. Höhere Gehalte im Grundwasser können im Bereich von Erz- und Öllagerstätten auftreten. Blei findet vielfältige industrielle Verwendung beispielsweise in der Metallindustrie sowie zur Strahlenabschirmung.	600/121-0	0,039	geogene/anthropogene Ursache: Quelle erschließt ehemaligen Erzbergbau
		2/610-2	0,026	geogene Ursache: Quelle im höheren Keuper
Bor	Das Halbmetall Bor kommt natürlicherweise in einzelnen Mineralen in subvulkanischen Gesteinen, Tongesteinen (Keuper), kalk- oder dolomithaltigen Gesteinen vor. Bor wird beispielsweise in der Glas- und Porzellanproduktion eingesetzt. Es ist außerdem Bestandteil von Düngemitteln sowie Wasch- und Reinigungsmitteln. Aufgrund seiner vielseitigen Verwendung ist Bor Indikator für anthropogene Verunreinigungen durch Abwasser.	2021/552-1	5,6	anthropogene Ursache: Kläranlage und Altlasten im Einzugsgebiet
		2079/319-2	2,8	anthropogene Ursache: Messstelle in Altlast
		164/514-5	2,6	anthropogene Ursache: Messstelle in der Nähe von Altlasten
		21/316-2	1,6	geogene Ursache: Gipskeuper; ggf. anthropogen verstärkt durch Gipsbruch im Einzugsgebiet
		6/658-0	1,3	anthropogene Ursache: Altlasten im Einzugsgebiet
		5/758-0	1,3	anthropogene Ursache: Messstelle auf dem Gelände einer Naturstein-Bearbeitung und in der Nähe einer Kläranlage
		101/761-0	1,1	anthropogene Ursache: Messstelle auf dem Gelände eines ehemaligen Metallverarbeitenden Betriebs (Altlast)

Parameter	Charakterisierung	Messstelle	Messwert (mg/l)	Lage der Messstelle/Einfluss
		bzw. zusammenfassende Beschreibung der Ergebnisse		
Cadmium	Das Schwermetall Cadmium ist natürlicherweise in Kalksteinen und im Posidonienschiefer des Jura enthalten. Es wird in der Auto-, Metall-, und Kunststoffindustrie verwendet und ist in Batterien enthalten. Als Nebenprodukt bei der Zinkgewinnung ist es außerdem Bestandteil des Abraums.	1113/254-7	0,0023	anthropogene Ursache: Messstelle auf dem Gelände eines ehemaligen Metallverarbeitenden Betriebs (Altlast)
		600/121-0	0,0012	geogene/anthropogene Ursache: Quelle erschließt ehemaligen Erzbergbau
		3/316-0	0,00095	anthropogene Ursache: Messstelle auf dem Gelände eines Galvanik-Unternehmens
		4401/355-3	0,00065	geogene Ursache: Quelle im Buntsandstein mit niedrigem pH von 4,5
		101/713-8	0,0006	geogene Ursache: Messstelle erschließt Kalkgestein
Chrom	Das Schwermetall Chrom ist natürlicherweise in Magmatiten, Kalk- und Tonablagerungen vorhanden. Es wird in der Metallindustrie zur Verchromung oder als Legierungsbestandteil in Edelstählen verwendet. Des Weiteren ist Chrom in Farbpigmenten, Gerbstoffen und Holzimprägniermitteln enthalten.	101/761-0	1,7	anthropogene Ursache: Messstelle auf dem Gelände eines ehemaligen Metallverarbeitenden Betriebs (Altlast)
		9902/507-2	0,21	anthropogene Ursache: Messstelle auf dem Gelände eines Autoherstellers (Altlasten-Verdachtsfläche)
Cobalt	Das Schwermetall Cobalt kommt in der Natur vor allem in Magmatiten und Tonsteinen vor. Es wird in der Industrie beispielsweise in hochwarmfesten Legierungen und in Farbpigmenten verwendet.	An 7/0,4 % der untersuchten Messstellen lagen die Cobalt-Konzentrationen über dem Geringfügigkeitsschwellenwert von 0,002 mg/l. Die Überschreitungen finden sich hauptsächlich im Industrie- und Siedlungsbereich bzw. an der sehr sauren Messstelle 4401/355-3, die auch Grenz- bzw. Schwellenwert-Überschreitungen bei Aluminium und Cadmium aufweist.		
Eisen	Das Schwermetall Eisen ist das dritthäufigste Metall in der Erdkruste. Im Grundwasserleiter liegt es meist als wenig lösliches Eisenoxid oder Eisenoxidhydrat vor. Bei niedrigem Redoxpotenzial und pH-Wert erhöht sich seine Löslichkeit. Eisen ist ein wichtiger Bau- und Werkstoff des Menschen mit vielfältigen industriellen Anwendungen.	Der Eisen-Grenzwert von 0,2 mg/l wurde an 155/8,4 % der untersuchten Messstellen überschritten. In reduzierenden, sauerstoffarmen Grundwässern treten oft erhöhte Eisengehalte auf. Sie können ein Indikator sein für anthropogen bedingte organische Verunreinigungen, welche zu Sauerstoffzehrung führen.		
		75/217-4	21 (Maximum)	anthropogene Ursache: Messstelle in einer Altlast mit reduzierenden Verhältnissen
Kupfer	Das Schwermetall Kupfer kommt in der Natur beispielsweise als Kupferglanz oder Kupferkies in Erzen vor. Kupfer ist in zahlreichen Legierungen enthalten und wird unter anderem in der Elektroindustrie und bei der Galvanisierung verwendet. Des Weiteren wird es in der Landwirtschaft als Fungizid eingesetzt.	Der Grenzwert von 2 mg/l Kupfer wurde an keiner Messstelle überschritten. An 47/2,7 % der untersuchten Messstellen lagen die Konzentrationen über dem Geringfügigkeitsschwellenwert von 0,0054 mg/l. Die Befunde sind teilweise geogen bedingt und teilweise auf anthropogene Aktivitäten (Industrie bzw. Landwirtschaft) zurückzuführen.		
Lithium	Das Alkalimetall Lithium kommt natürlicherweise in glimmerreichen Gesteinen oder auch in Thermalwasser vor. Es wird als Legierungszusatz und für Batterien und Akkumulatoren verwendet.	Lithium wurde an 1520/86 % der untersuchten Messstellen nachgewiesen mit einem Maximalbefund von 1,7 mg/l. Diese Lithium-Gehalte sind überwiegend geogenen Ursprungs, beispielsweise in den Keuperlandschaften und bei aufsteigenden Tiefenwässern im Oberrheingraben.		
Mangan	Das Schwermetall Mangan kommt natürlicherweise beispielsweise als Braunstein und als Begleiter von Eisenerzen vor. Mangan wird für die Stahlerstellung benötigt und ist Bestandteil vieler Legierungen.	Der Mangan-Grenzwert von 0,05 mg/l wurde an 249/13 % der Messstellen überschritten. Erhöhte Mangangehalte traten oft zusammen mit erhöhten Eisengehalten in reduzierenden, sauerstoffarmen Grundwässern auf.		
		52/667-1	5,3 (Maximum)	anthropogene Ursache: Messstelle auf dem Gelände eines Betriebs für Oberflächenveredlung
Molybdän	Das Schwermetall Molybdän ist in der Natur in geringen Anteilen in sulfidischen Lagerstätten zu finden. Molybdän wird für die Herstellung von Stählen und Legierungen sowie unter anderem auch als Schmiermittel und in Düngemitteln verwendet.	An 2/0,1 % der untersuchten Messstellen lagen die Molybdänkonzentrationen über dem Geringfügigkeitsschwellenwert von 0,035 mg/l. In beiden Fällen sind Industriebetriebe (Metall- bzw. Kunststoffverarbeitung) die anthropogenen Verursacher der Überschreitung.		
Nickel	Das Schwermetall Nickel ist als natürlicher Bestandteil in sulfidischen Erzen enthalten. Nickel findet eine breite Anwendung in Stählen und Legierungen für nahezu alle Technikbereiche.	52/667-1	0,039	anthropogene Ursache: Messstelle auf dem Gelände eines Betriebs für Oberflächenveredlung
		34/458-8	0,021	anthropogene Ursache: Eintrag aus Begleitkontamination in Dünger vermutet
Quecksilber	Das Schwermetall Quecksilber kommt in der Natur am häufigsten als Zinnober (HgS) vor. Quecksilber wird beispielsweise in Thermometern, Batterien und anderen elektrotechnischen Bauteilen verwendet.	Quecksilber hat an keiner der untersuchten Messstellen den Grenz- bzw. Schwellenwert von 0,001 bzw. 0,0002 mg/l überschritten. Es wurde nur an einer Messstelle mit dem Wert der Bestimmungsgrenze von 0,0001 mg/l nachgewiesen.		

Parameter	Charakterisierung	Messstelle	Messwert (mg/l)	Lage der Messstelle/Einfluss
		bzw. zusammenfassende Beschreibung der Ergebnisse		
Selen	Das Halbmetall Selen kommt in der Natur in der Regel vergesellschaftet mit Schwefel und Kupfer sowie anderen Metallen vor. Industriell wird Selen beispielsweise in der Glasindustrie, in der Galvanotechnik sowie auch als Futtermittel-Zusatz verwendet.	51/356-9	0,019	geogene Ursache: Messstelle im Quartär, eiszeitliche Kiese und Sande (Oberrheingraben)
Siliziumdioxid	Das Halbmetall Silizium ist zusammen mit Sauerstoff der Hauptbaustein der Erdkruste, da diese überwiegend aus Silikaten (Grundbaustein: SiO <sub>2</sub> ) besteht. Der bekannteste Verwendungszweck für Silizium sind Solarzellen.	Siliziumdioxid (SiO <sub>2</sub> ) wurde an allen untersuchten Messstellen nachgewiesen. Die Befunde sind als geogen einzustufen und lagen bei 80 % Messstellen zwischen 6,0 und 14 mg/l bei einem Höchstwert von 37 mg/l.		
Strontium	Das Erdalkalimetall Strontium kommt natürlicherweise in erhöhten Konzentrationen in Feldspäten, Evaporiten und Carbonaten vor. Strontium wird industriell vergleichsweise wenig verwendet. Es ist beispielsweise in Feuerwerkskörpern enthalten.	Strontium wurde an fast allen untersuchten Messstellen nachgewiesen. Dabei lagen 80 % der Befunde zwischen 0,065 und 0,89 mg/l und der Höchstwert bei 13 mg/l. Erhöhte Gehalte findet man geogen bedingt, insbesondere im Keuperbergland und im Muschelkalk.		
Thallium	Das Schwermetall Thallium tritt natürlicherweise in geringen Mengen als Begleitelement von kaliumhaltigen Gesteinen auf. Thallium wird nur in begrenztem Umfang industriell genutzt; es wird beispielsweise in der Glasindustrie verwendet.	An 14/0,7 % der untersuchten Messstellen lagen die Thallium-Konzentrationen über dem Geringfügigkeitsschwellenwert von 0,0002 mg/l, welcher auch der am häufigsten angewandten Bestimmungsgrenze entspricht. In den meisten Fällen kann von einer anthropogenen Ursache ausgegangen werden, da die Messstellen in oder in der Nähe von Altlasten liegen.		
Uran	Das Schwermetall Uran ist als natürlicher Bestandteil mit erhöhten Gehalten im Buntsandstein und im Gipskeuper enthalten. Neben der kerntechnischen Nutzung wird Uran auch in der Flugzeugindustrie sowie beispielsweise für Porzellan glasuren verwendet. Es kann des Weiteren auch über mineralische Phosphatdünger in die Umwelt gelangen.	Der Uran-Grenzwert von 0,01 mg/l wurde an 27/1,4 % der untersuchten Messstellen überschritten, was zumeist geogene Ursachen hat. Diese Messstellen erschließen überwiegend die quartären Kiese und Sande sowie den Oberkeuper.		
Vanadium	Das Schwermetall Vanadium ist natürlicher Bestandteil von Eisenerzen zusammen mit Titan und Phosphor. Vanadium wird unter anderem bei der Stahlherstellung, in Legierungen sowie als Katalysator verwendet.	An 15/0,8 % der untersuchten Messstellen lagen die Vanadium-Konzentrationen über dem Geringfügigkeitsschwellenwert von 0,004 mg/l. Diese Überschreitungen sind überwiegend geogen bedingt und treten unter anderem im höheren Keuper auf.		
Zink	Das Schwermetall Zink kommt in der Natur hauptsächlich als Zinkblende (ZnS) in Erguss- und metamorphen Gesteinen vor. Zink wird beispielsweise zum Galvanisieren, in Legierungen sowie für Pigmente verwendet.	An 101/5,8 % der untersuchten Messstellen lagen die Zinkkonzentrationen über dem Geringfügigkeitsschwellenwert von 0,06 mg/l. Je nach Gesteinsart können Werte bis in den mg/l-Bereich geogen bedingt sein. Des Weiteren liegen teilweise metallverarbeitende Betriebe als anthropogene Verursacher vor.		

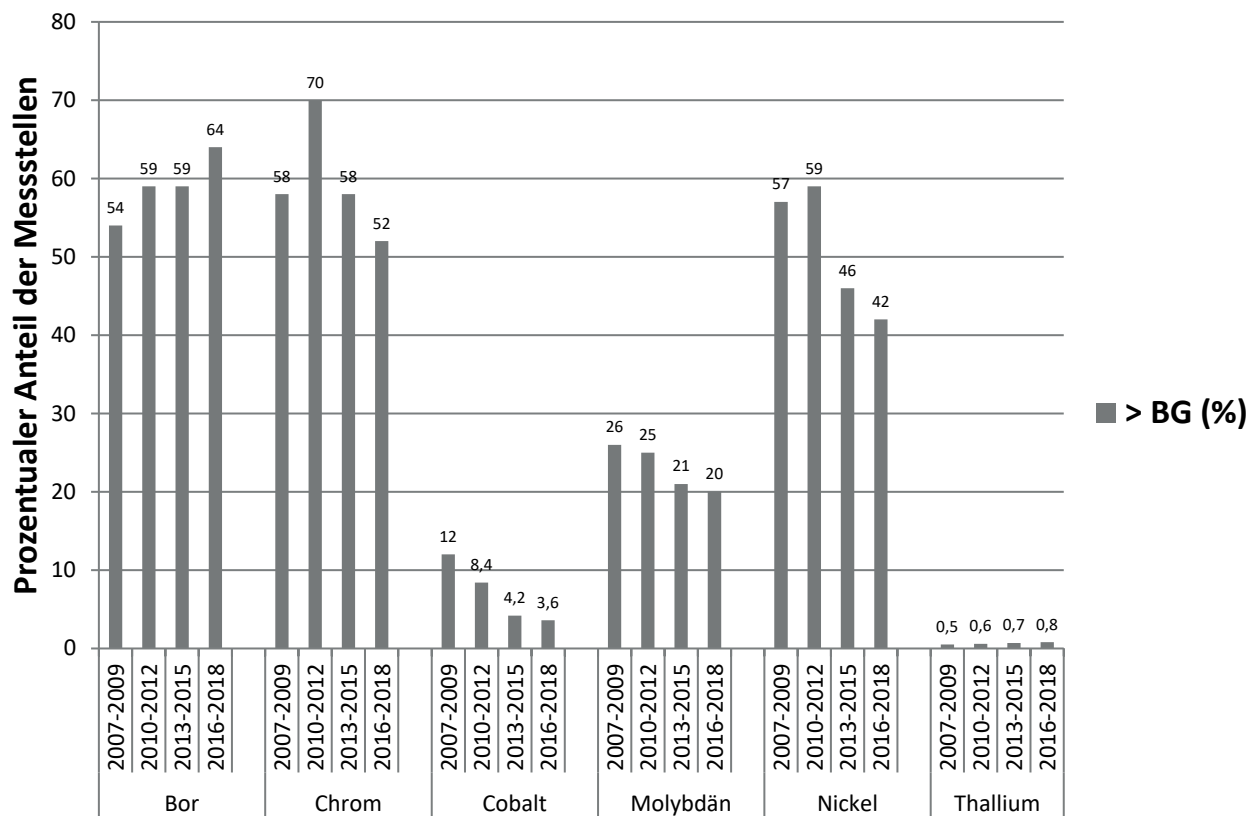
- Aluminium  
● > GW 0,2 mg/l (2)
- Arsen  
■ > SW 0,01 mg/l (23)
- Blei  
● > SW 0,01 mg/l (2)
- Bor  
● > GW 1 mg/l (7)
- Cadmium  
▲ > SW 0,0005 mg/l (5)
- Chrom  
▲ > GW 0,05 mg/l (2)
- Nickel  
▲ > GW 0,02 mg/l (2)
- Selen  
▲ > GW 0,01 mg/l (1)
- Uran  
■ > GW 0,01 mg/l (27)



Grundlage:  
 - Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS) der LUBW  
 - Amtliche Geobasisdaten © LGL, www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19

LUBW

Abbildung 2.17: Überschreitungen von Schwellenwerten (SW)/Grenzwerten (GW) durch metallische Spurenstoffe 2016 bis 2018 im Beschaffenheitsmessnetz; die Zahlen in Klammern geben die Anzahl der Messstellen mit Wert-Überschreitung an; die durchbrochenen Symbole (2 für Cadmium, 1 für Chrom) markieren Überschreitungen verschiedener Einzelstoffe an der gleichen Messstelle (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 11/2019)



LUBW

Abbildung 2.18: Zeitlicher Verlauf der Nachweisquoten ausgewählter Metalle: Prozentualer Anteil der Messstellen mit Überschreitung der Bestimmungsgrenze (BG) im Beschaffenheitsmessnetz für vier Beprobungsrunden seit 2007 (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 11/2019 und veröffentlichte Werte der Berichte 2009, 2012, 2015)

## 2.7 Süßstoffe 2015 – 2018

### 2.7.1 Hintergrund

Folgende Süßstoffe wurden im Grundwasser untersucht:

- Acesulfam
- Cyclamat
- Saccharin
- Sucralose

Künstliche Süßstoffe werden in großen Mengen als Zusatzstoffe in Getränken, Lebensmitteln und Körperpflegeprodukten eingesetzt. Ihre Süßkraft beträgt ein Vielfaches der Süßkraft von Tafelzucker, wobei sie keine oder vergleichsweise wenige Kalorien liefern. Meist werden Süßstoffe in Form von Mischungen zugesetzt, um negative Geschmacksnote gegenseitig zu kompensieren.

Die vier untersuchten Süßstoffe werden im Körper nicht abgebaut, sondern unverändert über den Urin ausgeschieden. Damit können sie über den Abwasserpfad in die Umwelt gelangen. Die Wasserlöslichkeit liegt für Saccharin

bei 3,5 g/l und für die anderen drei Stoffe bei sehr hohen Werten zwischen 200 und 300 g/l, sodass sie hoch mobil im Grundwasser sind.

Die mikrobiologische Abbaubarkeit ist unterschiedlich: Cyclamat und Saccharin werden in einer konventionellen Kläranlage zu über 90 %, Sucralose und Acesulfam nur zu etwa 20 bis 30 % entfernt. Die letzteren sind daher als Tracer für kommunales Abwasser bzw. Abwasseranteile gut geeignet. Befunde – sowohl der leicht als auch der schwer abbaubaren Süßstoffe – weisen auf ungereinigtes Rohabwasser hin, wie es beispielsweise aus undichter Kanalisation ins Grundwasser gelangen kann. In mit Abwasser belastetem Uferfiltrat sind hingegen Cyclamat und Saccharin in der Regel weitgehend abgereinigt und nur noch die schwer entfernbaren Verbindungen Acesulfam und Sucralose zu finden. Die Verteilung der einzelnen Süßstoffe gibt also Hinweise darauf, ob es sich um eine Kontamination durch Rohabwasser aus Kanalleckagen oder durch mit Kläranlagenablauf belastetes Uferfiltrat handelt.

## 2.7.2 Bewertungsgrundlagen

Es sind keine Trinkwassergrenzwerte festgelegt, da Süßstoffe humantoxikologisch unbedenklich sind. Die Datenlage zu ihrer Ökotoxizität ist noch lückenhaft, die Zahl der entsprechenden Studien nimmt jedoch zu. Acesulfam ist in Wassergefährdungsklasse 1 und die übrigen Süßstoffe sind in Wassergefährdungsklasse 2 eingestuft.

## 2.7.3 Ergebnisse und Bewertung

### Bisherige Untersuchungen

Die ersten Untersuchungen auf Süßstoffe fanden in 2013 statt.

### Ergebnisse 2015 – 2018

Zwischen 2015 und 2018 wurde erstmalig das gesamte Beschaffenheitsmessnetz (über 1.900 Messstellen) auf die vier genannten Süßstoffe untersucht. An fast der Hälfte der un-

tersuchten Messstellen konnten Süßstoffe über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden. Acesulfam wurde an 846 (44 %) der Messstellen und damit am häufigsten nachgewiesen (Tabelle 2.20), die anderen drei Süßstoffe deutlich seltener (6,2 bis 9,7 %). Der Höchstwert von 9,1 µg/l wurde ebenfalls für Acesulfam gemessen. Der Großteil der Befunde für alle vier Süßstoffe liegt im niedrigen Konzentrationsbereich bis 0,2 µg/l.

Die höchsten Süßstoff-Konzentrationen wurden hauptsächlich im innerstädtischen Bereich in der Nähe von Abwasserkanälen festgestellt (Tabelle 2.8, Abbildung 2.19). Insbesondere wird hier das sowohl schwer abbaubare als auch verbreitet eingesetzte Acesulfam nachgewiesen. Landesweit betrachtet sind die Konzentrationen zwar überwiegend sehr gering, deuten aber auf Abwasserbeeinflussungen hin.

Tabelle 2.20: Ergebnisse der Süßstoff-Untersuchungen 2015 – 2018 im Beschaffenheitsmessnetz (BG = Bestimmungsgrenze, P90 = 90. Perzentil)

Substanz	BG µg/l	ausgewertete Messstellen	≥ BG		≥ BG bis 0,1 µg/l		> 0,1 bis 0,5 µg/l		> 0,5 µg/l		P90 µg/l	Max µg/l
			Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%		
Acesulfam	0,01	1908	846	44	622	33	183	9,6	41	2,1	0,13	9,1
Cyclamat	0,01	1913	186	9,7	170	8,9	12	0,6	4,0	0,2	< 0,01	2,0
Saccharin	0,01	1913	119	6,2	112	5,9	6,0	0,3	1,0	0,1	< 0,01	4,2
Sucralose	0,05	1913	125	6,5	77	4,0	38	2,0	10	0,5	< 0,05	1,0
Summe Süßstoffe	-	1908	909	48	612	32	232	12	65	3,4	0,17	9,2

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 05/2020



Tabelle 2.21: Messstellen mit Summe Süßstoffe > 2 µg/l 2015 – 2018 im Beschaffenheitsmessnetz

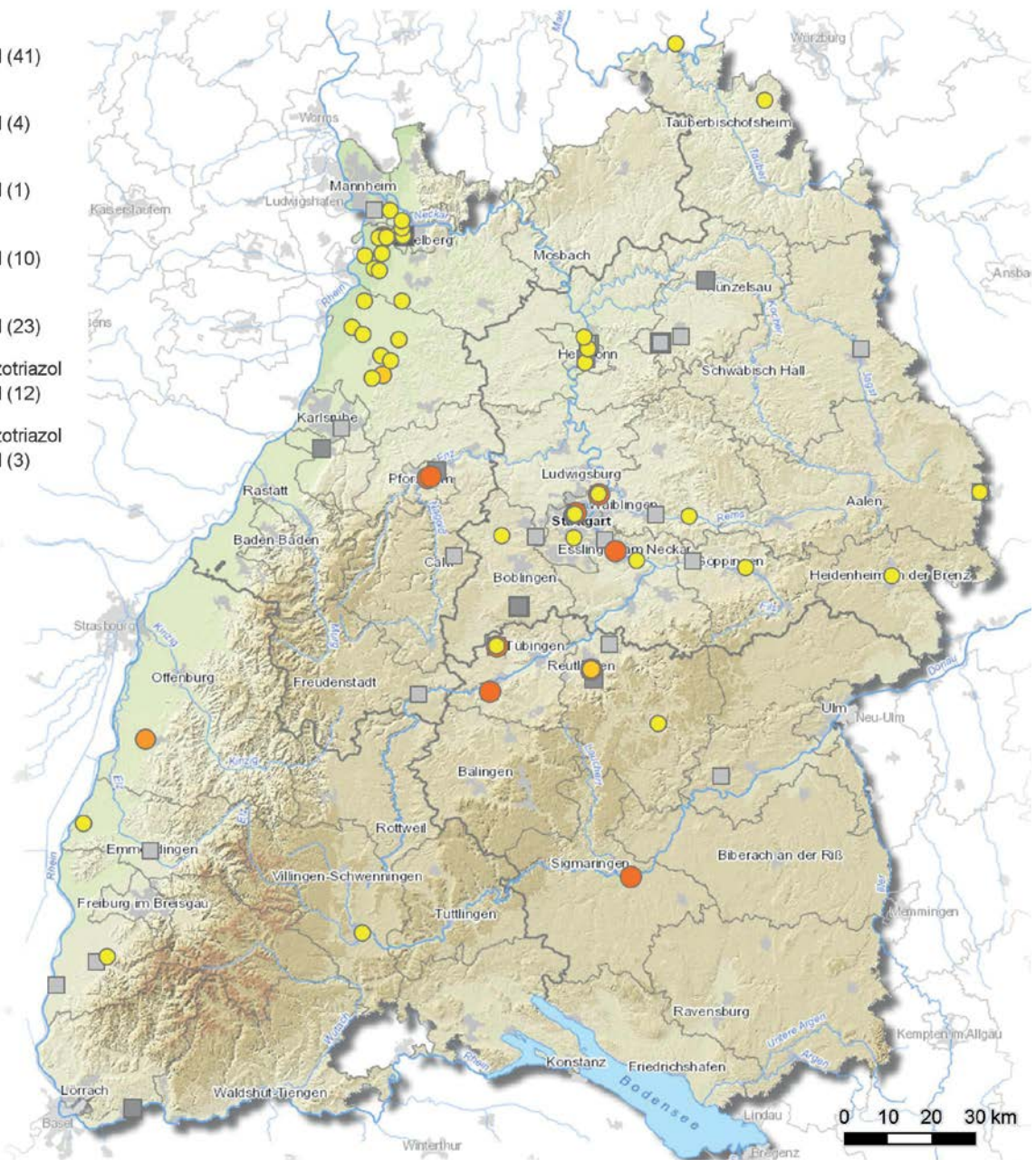
Messstelle	Lage der Messstelle/Einfluss	Acesulfam µg/l	Cyclamat µg/l	Saccharin µg/l	Sucralose µg/l	Summe Süßstoffe µg/l
914/306-4	Abwasserkanal (ca. 800 m entfernt), Altlast, oberstromig Lebensmittelherstellung	9,1	<0,01	<0,01	0,1	9,2
912/306-5	Abwasserkanal (ca. 1200 m entfernt), Altlast, oberstromig Lebensmittelherstellung	7,1	<0,01	<0,01	0,05	7,2
244/307-5	Abwasserkanal (ca. 3m entfernt)	5,4	0,04	<0,01	<0,05	5,4
374/066-7	Stadtgebiet, industrielle Abwasseranlagen (50 und 60m entfernt)	0,05	0,05	4,2	<0,05	4,3
901/512-3	Innenstadtbereich, Verdolung < 10m, Abwasserkanal (ca. 30 m entfernt)	3,4	0,15	<0,01	0,18	3,7
1004/306-0	Aussiedlerhof, Abwasserkanal (ca. 370m entfernt)	3,6	<0,01	<0,01	<0,05	3,6
30/309-8	Uferfiltrat (Regenüberlaufbecken oberstromig)	3,2	0,1	<0,01	<0,05	3,3
2018/508-1	Uferfiltrat (Neckar 240 m entfernt)	3,0	<0,01	<0,01	0,21	3,2
32/461-3	Abwasserkanal (< 30 m entfernt)	0,85	1,7	0,08	<0,05	2,6
30/306-0	Abwasserkanal (< 5 m entfernt), Uferfiltrat Leimbach	1,8	<0,01	<0,01	0,7	2,5
68/461-5	Abwasserkanal (< 30 m entfernt)	0,21	2,0	<0,01	<0,05	2,2

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 05/2020





- Acesulfam  
● > 0,5 µg/l (41)
- Cyclamat  
● > 0,5 µg/l (4)
- Saccharin  
● > 0,5 µg/l (1)
- Sucralose  
● > 0,5 µg/l (10)
- Benzotriazol  
■ > 0,5 µg/l (23)
- 4-Methylbenzotriazol  
■ > 0,5 µg/l (12)
- 5-Methylbenzotriazol  
■ > 0,5 µg/l (3)



Grundlage:  
 - Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS) der LUBW  
 - Amtliche Geobasisdaten © LGL, www.lgl-bw.de, Az.: 2851.9-1/19

LUBW

Abbildung 2.19: Befunde von Süßstoffen und Benzotriazolen > 0,5 µg/l 2015 – 2018 im Beschaffenheitsmessnetz; die Zahlen in Klammern geben die Anzahl der Messstellen an; an einigen Messstellen liegen Überschreitungen mehrerer Einzelstoffe vor (übereinanderliegende Symbole) (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 05/2020)

## 2.8 Benzotriazole 2015 – 2018

### 2.8.1 Hintergrund

Folgende Vertreter der Benzotriazole wurden im Grundwasser untersucht:

- Benzotriazol (1H-Benzotriazol)
- 4-Methylbenzotriazol
- 5-Methylbenzotriazol

Benzotriazole finden breite Verwendung als Korrosionsschutzmittel in Enteisungsmitteln für Flugzeuge, in Kühlflüssigkeiten, in Frostschutzmitteln sowie auch in Wärmeträgerfluiden für Erdwärmesonden (Geothermie). Eine weitere wichtige Quelle für ihren Eintrag in die aquatische Umwelt sind Geschirrspülmittel, die Benzotriazole auch als Silberschutz für Besteck enthalten. Allein dadurch gelangen etwa 70 t/a (Daten aus 2013) in das Abwasser in Deutschland.

Benzotriazole sind gut wasserlöslich im g/l-Bereich und somit mobil im Grundwasser. Die Angaben zu Eliminationsraten in Kläranlagen und somit zur mikrobiologischen Abbaubarkeit schwanken stark; in der Tendenz wird 5-Methylbenzotriazol am besten entfernt, dann folgen 1H-Benzotriazol und 4-Methylbenzotriazol.

### 2.8.2 Bewertungsgrundlagen

Die Substanz 1H-Benzotriazol gilt als schwach wassergefährdend (Wassergefährdungsklasse 1). Für diesen Einzelstoff wurde ein gesundheitlicher Orientierungswert für Trinkwasser von 3 µg/l abgeleitet (Tabelle 2.22).

### 2.8.3 Ergebnisse und Bewertung

#### Bisherige Untersuchungen

Die ersten Untersuchungen auf Benzotriazole fanden in 2013 statt.

## Ergebnisse 2015 – 2018

Zwischen 2015 und 2018 wurde erstmalig das gesamte Beschaffenheitsmessnetz (über 1.900 Messstellen) auf die drei genannten Benzotriazole untersucht. Die Substanz 1H-Benzotriazol wurde an einem Viertel der Messstellen und damit am häufigsten nachgewiesen (Tabelle 2.22). An vier Messstellen (0,2 %) lagen die Befunde über dem gesundheitlichen Orientierungswert. Der Höchstwert betrug 130 µg/l 1H-Benzotriazol. Die Belastung mit 4-Methyl- und 5-Methylbenzotriazol war deutlich geringer. Insgesamt lag der Großteil der Befunde für alle drei Benzotriazole im niedrigen Konzentrationsbereich bis 0,1 µg/l.

Die höchsten Benzotriazol-Konzentrationen waren an Messstellen zu finden, die unmittelbar durch industriell belastetes Abwasser beeinflusst sind (Tabelle 2.23, Abbildung 2.19). Weitere Gründe für das Auftreten von Benzotriazolen im Grundwasser können kommunales Abwasser bzw. Uferfiltrat sein.

## 2.9 Per- und Polyfluorierte Chemikalien 2015 – 2018

### 2.9.1 Hintergrund

Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) sind synthetische, organische Verbindungen, bei denen die Wasserstoffatome im Kohlenstoffgerüst vollständig oder überwiegend durch Fluoratome ersetzt sind. Es handelt sich hierbei um eine Stoffgruppe mit Tausenden von Einzelstoffen, deren bekannteste Vertreter PFOA (Perfluoroktansäure) und PFOS (Perfluoroktansulfonsäure) sind. Die PFC sind hitze- und chemikalienbeständig und finden seit den 50er-Jahren Verwendung in der Oberflächenveredelung, als Imprägniermittel für Papier, Leder und Textilien, als Hochleistungsside in der Galvanik sowie in Feuerlöschschäumen.

Tabelle 2.22: Ergebnisse der Benzotriazol-Untersuchungen 2015 – 2018 im Beschaffenheitsmessnetz (BG = Bestimmungsgrenze, GOW = Gesundheitlicher Orientierungswert, P90 = 90. Perzentil)

Substanz	BG µg/l	GOW µg/l	ausgewertete Messstellen	≥ BG		≥ BG bis 0,1 µg/l		> 0,1 bis 3 µg/l		> 3,0 µg/l		P90 µg/l	Max µg/l
				Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%		
Benzotriazol	0,01	3	1912	469	25	402	21	63	3,3	4	0,2	0,04	130
4-Methylbenzotriazol	0,01	-	1912	252	13	198	10	54	2,8	0	0,0	0,02	2,8
5-Methylbenzotriazol	0,01	-	1912	127	6,6	112	5,9	14	0,7	1	0,1	< 0,01	3,5
Summe Benzotriazole	0,01	-	1911	553	29	428	22	121	6,3	4	0,2	0,06	130

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 01/2020



Die PFC können bei der Anwendung von PFC-haltigen Produkten wie Feuerlöschschäumen punktuell, bei der Ausbringung von beispielsweise PFC-haltigem Klärschlamm flächig sowie über den Luftpfad oder Abwasser auch diffus in die Umwelt eingebracht werden. Je länger die Kohlenstoffketten sind, desto stärker ist ihre Neigung zu Sorption und Bioakkumulation. Je kürzer hingegen die Moleküle, desto wasserlöslicher (bis in den g/l-Bereich) und mobiler sind die PFC und desto leichter werden sie im Grundwasser transportiert. Des Weiteren gelten die PFC als persistent, d. h. nicht biologisch abbaubar. Kontaminationsfahnen können somit mehrere Kilometer lang werden.

## 2.9.2 Bewertungsgrundlagen

Einige Vertreter der PFC sind giftig und stehen im Verdacht, krebserregend zu sein. Die Verwendung von PFOS und ihren Derivaten ist in Europa seit 2008 verboten (Richtlinie 2006/122/EG). Seit dem 04.07.2020 sind PFOA und ihre Vorläuferverbindungen verboten (EU-Verordnung 2017/1000). Für bestimmte Anwendungen gibt es allerdings Ausnahmeregelungen. Des Weiteren dürfen gemäß den beiden EU-Verordnungen 757/2010 bzw. 2017/1000 Stoffe und Gemische immer noch maximal 0,001 Gewichts-% PFOS (entspricht 10000 µg/l) bzw. 25 ppb PFOA (entspricht 25 µg/l) enthalten.

Demzufolge wurden für verschiedene PFC-Einstoffe die in Tabelle 2.24 aufgeführten (vorläufigen) Geringfügigkeitsschwellenwerte abgeleitet. Zu ihrer Anwendung ist im Erlass des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg vom 21.08.2018 Folgendes geregelt: „Zur Bewertung des gemeinsamen Auftretens

mehrerer PFC ist die Quotientensumme [...] heranzuziehen. Hierzu werden die Quotienten aus gemessener Konzentration und zugehörigem, stoffspezifischem GFS-Wert gebildet und aufsummiert. Die Quotientensumme wird ausschließlich aus den PFC gebildet, für die GFS-Werte vorliegen. Bei Überschreitung der GFS-Einzelwerte im Grundwasser oder bei einer Quotientensumme > 1 liegt in der Regel eine nachteilige Veränderung der Grundwasserbeschaffenheit gemäß Wasserhaushaltsgesetz vor.“

## 2.9.3 Ergebnisse und Bewertung

### Bisherige Untersuchungen

Seit 2006 wurden exemplarische Untersuchungen auf PFC durchgeführt. Nachdem in 2013 im Raum Rastatt/Baden-Baden vermehrt PFC im Grundwasser in Konzentrationen bis zu einigen µg/l gefunden worden waren, wurden die Untersuchungen zunächst mit Pilotuntersuchungen ausgeweitet. Zwischen 2015 und 2018 wurde im Rahmen der Routine-Messungen des Grundwasser-Überwachungsprogramms erstmalig das gesamte Beschaffenheitsmessnetz auf PFC untersucht.

### Ergebnisse 2015 – 2018

Zwischen 2015 und 2018 wurden bis zu 18 Einzelsubstanzen aus der PFC-Stoffgruppe an über 1.900 Messstellen (gesamtes Beschaffenheitsmessnetz) untersucht. An fast jeder zweiten Messstelle wurden dabei ein oder mehrere PFC-Einzelsubstanzen gefunden. Mehr als 90 % der Messwerte lagen dabei im sehr niedrigen Konzentrationsbereich von wenigen ng/l. Das höchste P90-Perzentil lag für PFOS bei 5 ng/l; für mehr als die Hälfte der gemessenen PFC-Einzelsubstanzen lagen die P90-Perzentile unter der Bestimmungsgrenze.

Tabelle 2.23: Messstellen mit Summe Benzotriazole > 2 µg/l 2015 – 2018 im Beschaffenheitsmessnetz

Messstelle	Lage der Messstelle/Einfluss	Benzotriazol µg/l	4-Methyl- benzotriazol µg/l	5-Methyl- benzotriazol µg/l	Summe Benzotriazole µg/l
31/612-1	Werksgelände Keramikfirma, Uferfiltrat Fils, Kläranlage ca. 1,5 km entfernt	130	0,41	0,26	130
25/558-3	Werksgelände metallverarbeitende Firma	62	2,8	3,5	68
66/260-2	Abwasserkanal ca. 420 bzw. 740 m entfernt	7,5	<0,01	<0,01	7,5
922/462-5	Uferfiltrat Glems	4,8	<0,01	<0,01	4,8
4513/511-1	Uferfiltrat Holzbach, Kläranlage ca. 500m entfernt	2,2	0,46	0,35	3,0
1447/511-0	Industriegebiet, Abwasserkanal ca. 10 m entfernt	1,9	0,53	0,35	2,8
59/118-1	Werksgelände	2,6	0,05	0,04	2,7
37/413-8	Würmursprung, Herkunft unklar	<0,01	1,1	1,1	2,2
1691/305-2	Siedlungsbereich, Abwasserkanal ca. 770 m entfernt	2,1	<0,01	<0,01	2,1
9/362-0	Werksgelände Chemiefirma	1,7	0,25	0,12	2,1

Tabelle 2.24: Ergebnisse der PFC-Untersuchungen 2015 – 2018 im Beschaffenheitsmessnetz (BG = Bestimmungsgrenze, GFS = Geringfügigkeitsschwellenwert, P90 = 90. Perzentil) Einzelsubstanzen mit GFS werden für die Berechnung der Quotientensumme herangezogen; \*vorläufige GFS gemäß Erlass des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft (UM) vom 21.08.2018, diese entsprechen den gesundheitlichen Orientierungswerten gemäß LAWA, 2017b

Substanz	BG	GFS	ausgewertete Messstellen	≥ BG		> GFS		P90 ng/l	Max ng/l
	ng/l	ng/l		Anzahl	%	Anzahl	%		
Perfluorbutanoat (PFBA)	1,0	10000	1914	504	26	0	0	3,0	460
Perfluorpentanoat (PFPeA)	1,0	3000*	1914	382	20	0	0	3,0	1000
Perfluorhexanoat (PFHxA)	1,0	6000	1914	458	24	0	0	3,0	1500
Perfluorheptanoat (PFHpA)	1,0	300*	1914	284	15	2	0,1	2,0	670
Perfluoroctanoat (PFOA)	1,0	100	1914	484	25	12	0,6	4,0	3500
Perfluornonanoat (PFNA)	1,0	60	1914	47	2,5	0	0	<1	23
Perfluordecanoat (PFDA)	1,0	100*	1914	19	1,0	0	0	<1	22
Perfluorundecanoat (PFUnA)	1,0	-	1914	17	0,9	-	-	<1	5,0
Perfluordodecanoat (PFDoA)	1,0	-	1914	25	1,3	-	-	<1	20
Perfluortetradecanoat (PFTA)	1,0	-	239	0	0	-	-	<1	-
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	1,0	6000	1912	518	27	0	0	3,0	100
Perfluorpentansulfonat (PFPeS)	1,0	-	1605	67	4,2	-	-	<1	21
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)	1,0	100	1914	334	18	5	0,3	2,0	380
Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	1,0	300*	1606	46	2,9	0	0	<1	12
Perfluoroctansulfonat (PFOS)	1,0	100	1914	503	26	10	0,5	5,0	630
Perfluordecansulfonat (PFDS)	1,0	-	1456	14	1,0	-	-	<1	8,0
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonat (H <sub>4</sub> PFOS)	1,0	100*	1914	107	5,6	4	0,2	<1	180
Perfluoroctansulfonsäureamid (PFOSA)	1,0	100*	239	1	0,4	0	0	<1	78
Summe PFC-Komponenten	1,0	-	1913	864	45	-	-	27	7200
Quotientensumme PFC nach UM 2018	-	1,0 (-)	1912	685	36	31	1,6	0,13 (-)	35 (-)

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 01/2020

LUBW

Die PFC mit vier bis acht C-Atomen (die Carbonsäuren PFBA, PFPeA, PFHxA, PFHpA, PFOA und die Sulfonsäuren PFBS, PFHxS, PFOS) wurden am häufigsten – an 284 bis 518 (15 bis 27 %) der Messstellen – und in den höchsten Konzentrationen (380 bis 3500 ng/l) nachgewiesen (Tabelle 2.24). PFC mit mehr als acht Kohlenstoffatomen wurden hingegen weniger gefunden. Dies ist plausibel, da insbesondere die kurzkettigen PFC mobil sind und aus dem Boden in das Grundwasser verlagert werden. Am häufigsten wurde PFBS an 518 (27 %) der untersuchten Messstellen nachgewiesen. Der Höchstwert lag bei 3500 ng/l für PFOA.

Die Geringfügigkeitsschwellenwerte wurden lediglich von fünf Einzelsubstanzen (PFHpA, PFOA, PFHxS, PFOS und H<sub>4</sub>PFOS) überschritten: am häufigsten von PFOA an 12 Messstellen (0,6 %) sowie von PFOS an 10 Messstellen (0,5 %). Für die Bewertung von PFC-Gemischen ist die

Quotientensumme heranzuziehen. An den meisten der untersuchten Messstellen wurde die Quotientensumme von 1 nicht überschritten, an 31 Messstellen (1,6 %) war eine Überschreitung festzustellen. Der Höchstwert für die Quotientensumme lag bei 35.

Von den am höchsten belasteten Messstellen mit einer Quotientensumme über 3,0 lag ein Drittel im Gebiet Rastatt /Baden-Baden (Tabelle 2.25). Auch im Raum Mannheim finden sich an mehreren Messstellen erhöhte Konzentrationen (Abbildung 2.20). Weitere Überschreitungen standen im Zusammenhang mit Brandereignissen, Altlasten bzw. metallverarbeitender Industrie. Bei drei nahe beieinander liegenden Messstellen liegen mögliche Einflüsse durch Industrieanlagen, Abwasser und Uferfiltrat vor, die sich auch durch erhöhte Süßstoffgehalte zeigten. Die höchsten Konzentrationen wiesen meistens PFOA oder PFOS auf.

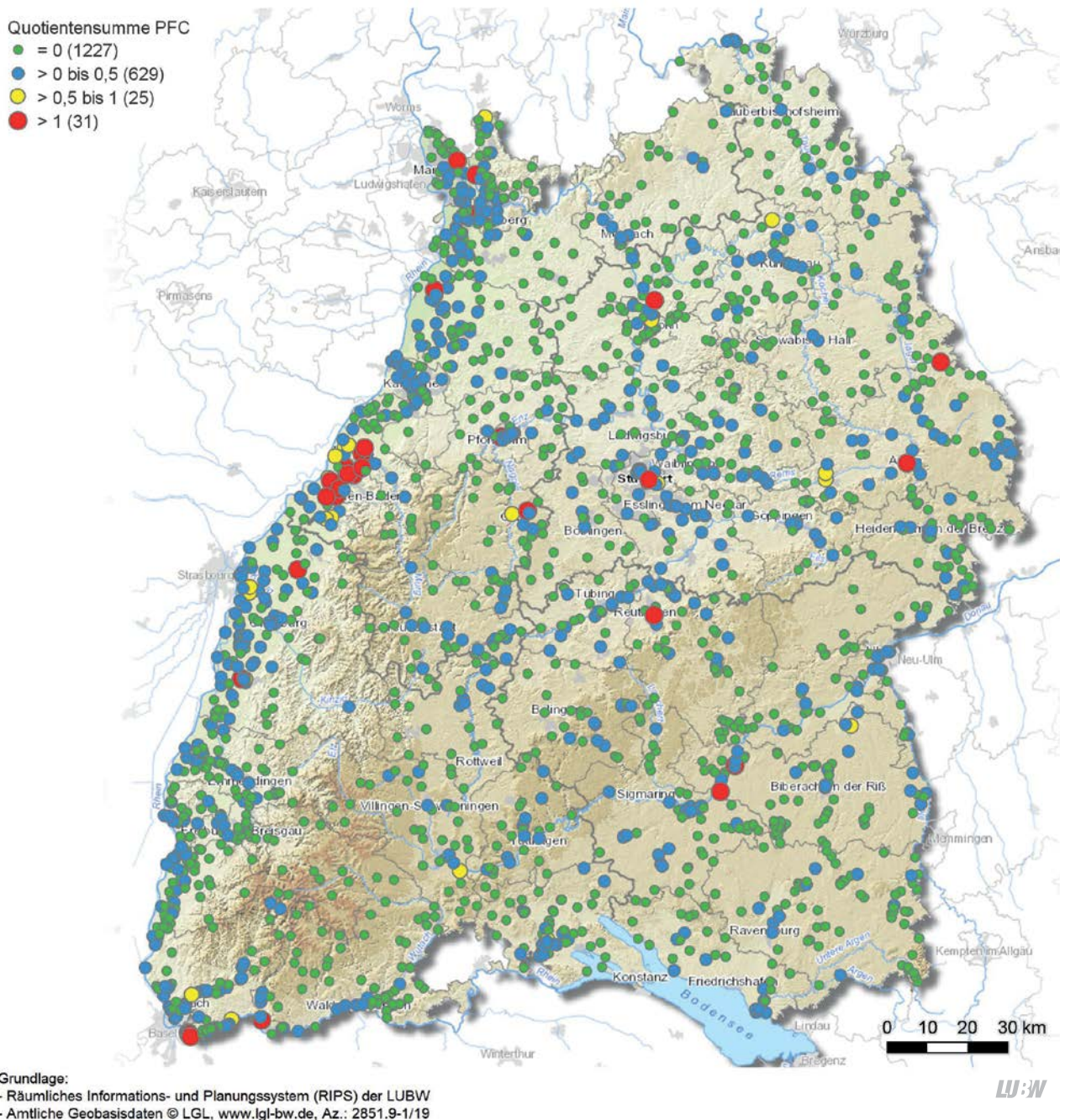


Abbildung 2.20: Konzentrationsverteilung Quotientensumme PFC 2015–2018 im Beschaffenheitsmessnetz; die Zahlen in Klammern geben die Anzahl der Messstellen in der jeweiligen Konzentrationsklasse an (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 01/2020)

Tabelle 2.25: Messstellen mit Quotientensumme PFC > 3,0 2015 – 2018 im Beschaffenheitsmessnetz (rot = für Berechnung der Quotientensumme herangezogene Einzelsubstanzen, n.a. = nicht analysiert). PFUnA, PFDaA, PFTA, PFDS wurden nicht nachgewiesen.

Messstelle	Lage der Messstelle/Einfluss	PFBA in ng/l	PFPeA in ng/l	PFHxA in ng/l	PFHpA in ng/l	PFDA in ng/l	PFBS in ng/l	PFPeS in ng/l	PFHxS in ng/l	PFHpS in ng/l	PFOS in ng/l	H4FOS in ng/l	PFOSA in ng/l	Quotientensumme PFC nach UM 2018	Summe Substoffe in µg/l		
5/162-5	PFC-Schadensfall Rastatt/Baden-Baden	460	1000	1500	670	3500	2,0	0	1,0	1,0	4,0	0	0	0	35	0	
384/211-0	PFC-Schadensfall Rastatt/Baden-Baden	230	630	690	360	1300	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	
133/569-2	Brandfall Herbertingen	39	140	200	63	56	0	n.a.	380	n.a.	630	1,0	n.a.	11	0,02	0,02	
81/211-2	PFC-Schadensfall Rastatt/Baden-Baden	78	210	220	130	1000	0	0	1,0	0	2,0	0	0	10	0,02	0,02	
8/162-9	PFC-Schadensfall Rastatt/Baden-Baden	110	290	300	140	970	6,0	0	2,0	0	1,0	0	0	9,9	0,01	0,01	
765/211-2	Sonderabfallzwischenlager und -behandlungsanlage, Altlast	46	210	130	63	170	11	6,0	23	2,0	20	4,0	530	170	78	7,4	0,11
12/074-4	Industrieanlage, Uferfiltrat Rhein	89	430	260	60	33	1,0	0	14	15	230	12	330	110	n.a.	6,0	0,24
25/074-7	Industrieanlage, Uferfiltrat Rhein	24	120	76	25	21	0	0	7,0	7,0	99	7,0	300	0	n.a.	4,2	0,21
1315/305-1	Feuerlöschübungsplatz	5,0	9,0	32	5,0	75	0	0	8,0	10	170	0	170	1,0	n.a.	4,2	0,05
14/074-5	Industrieanlage, Uferfiltrat Rhein	18	70	51	13	15	0	0	7,0	6,0	89	7,0	300	8,0	n.a.	4,0	0,19
101/761-0	metallverarbeitender Betrieb, Oberflächenbehandlung	4,0	5,0	4,0	2,0	3,0	0	0	2,0	0	1,0	3,0	370	0	n.a.	3,7	0,01
368/211-0	PFC-Schadensfall Rastatt/Baden-Baden	62	210	210	100	350	0	0	1,0	1,0	7,0	0	5,0	2,0	n.a.	3,7	0
123/124-0	Brandereignis	26	160	100	27	13	0	0	11	11	78	10	250	59	n.a.	3,4	0
380/211-9	PFC-Schadensfall Rastatt/Baden-Baden	70	320	250	76	320	1,0	0	0	0	0	0	3,0	0	0	3,3	0

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 01/2020



### 3 Glossar und Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bezeichnung
Abfluss (Q)	Wasservolumen, das innerhalb einer bestimmten Zeit einen Gewässerquerschnitt durchfließt, Angabe in m <sup>3</sup> /s oder l/s, je nach wissenschaftlicher Auslegung häufig synonym als Durchfluss oder Zufluss bezeichnet
alkyliert	Chemische Verbindung, die eine Alkylgruppe wie beispielsweise CH <sub>3</sub> (Methylgruppe) enthält
BG	Bestimmungsgrenze für die angewendeten Analysemethoden; Konkretisierung in der Anlage 5 der (») GrwV
BMN	Basismessnetz – Teilmessnetz zur Erfassung der durch den Menschen kaum beeinflussten Grundwasserbeschaffenheit
BVL	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit – Zulassungsbehörde für (») PSM, zuständig für Fundaufklärung von (») PSM-Wirkstoffen und ihren Metaboliten im Grundwasser
DWD	Deutscher Wetterdienst – Bundesoberbehörde, zuständig für die meteorologischen Erfordernisse von Wirtschaft und Gesellschaft in Deutschland
EI	Emittenten Industrie – Teilmessnetz zur Erfassung der Grundwasserbeschaffenheit im Einflussbereich von Industriestandorten
EL	Emittenten Landwirtschaft – Teilmessnetz zur Erfassung der Grundwasserbeschaffenheit im Einflussbereich von landwirtschaftlicher Nutzung
ES	Emittenten Siedlung – Teilmessnetz zur Erfassung der Grundwasserbeschaffenheit im Einflussbereich von Siedlungen
FAKT	aktuelles Förderprogramm für Agrarumwelt, Klimaschutz und Tierwohl des Landes Baden-Württemberg – Ziele: Erhalt und Pflege der Kulturlandschaft; Schutz des Klimas und der natürlichen Ressourcen Wasser, Boden, Luft; Erhalt und Verbesserung der Biodiversität; Förderung der artgerechten Tierhaltung
GFS	Geringfügigkeitsschwellenwert für Grundwasser – bei Einhaltung des GFS treten keine relevanten ökotoxischen Wirkungen auf, und die Anforderungen der (») TrinkwV werden eingehalten
GOW	Gesundheitlicher Orientierungswert für Trinkwasser – bei Einhaltung des GOW kann Trinkwasser ohne Bedenken lebenslang getrunken werden
Grundwasserkörper	gemäß Artikel 2, Absatz 12 der (») WRRL ein abgegrenztes Grundwasservolumen innerhalb eines oder mehrerer Grundwasserleiter
Grundwasserspiegel	Höhe des Wasserspiegels des Grundwassers ohne darüber liegende undurchlässige Schichten, welche Druck auf das Grundwasser ausüben
Grundwasserstand	über oder unter Geländeoberkante oder Normal-Null gemessener (») Grundwasserspiegel (Angabe in cm)
GrwV	Grundwasserverordnung 2010 – Verordnung zum Schutz des Grundwassers, Umsetzung der (») GWRL in deutsches Recht
GW	Grenzwert für Trinkwasser der (») TrinkwV – bei Einhaltung des GW kann Trinkwasser ohne Bedenken getrunken werden
GWDB	Grundwasserdatenbank – Fachinformationssystem innerhalb von (») WIBAS zur Erfassung und Auswertung von Grundwasserdaten für die Fachbehörden in Baden-Württemberg
GWN-BW	Grundwasserneubildung und Bodenwasserhaushalt – Bodenwasserhaushaltsmodell für die landesweite Berechnung der Sickerwasserrate
GWRL	Grundwasserrichtlinie – EG-Richtlinie 2006/118/EG, Umsetzung in deutsches Recht durch die (») GrwV
hydrologisch	den Wasserhaushalt betreffend
LAWA	Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser – Zusammenschluss der für die Wasserwirtschaft und das Wasserrecht zuständigen Ministerien der Bundesländer und der Bundesrepublik Deutschland
LfU	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (1975 – 2005)
LHKW	Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe – vielseitig, beispielsweise als Lösungsmittel, eingesetzte Chemikalien
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2006 – 2017: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) – in Baden-Württemberg zuständig für die Umweltbeobachtung, die Bewertung der Messergebnisse sowie die Beratung
MEKA	Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleich – Agrarumweltprogramm des Landes Baden-Württemberg, Vorgänger von (») FAKT
n.a.	Nicht analysiert
Nachweisquote	Prozentualer Anteil der Messstellen einer untersuchten Messstellengruppe mit Befunden über der (») BG
nrM	Nicht relevanter Metabolit – Abbauprodukt eines PSM-Wirkstoffs, der keine pestizide Wirkung und keine human- und ökotoxikologische Relevanz hat
PFC	Per- und polyfluorierte Chemikalien – Kohlenstoff-Verbindungen, bei denen alle bzw. viele Wasserstoff- durch Fluoratome ersetzt sind; sehr stabile Chemikalien, die beispielsweise in Feuerlöschmitteln oder zur Wasser- und Fett-abweisenden Beschichtung eingesetzt werden
PSM	Pflanzenschutzmittel – Substanzen, die Nutzpflanzen vor Schadorganismen (Unkräuter, Pilze, Insekten etc.) schützen bzw. das Wachstum von Nutzpflanzen befördern
PSM-Wirkstoff	Chemisch bzw. biologisch aktiver Bestandteil von (») PSM; beispielsweise ein Herbizid, das gegen unerwünschte Unkräuter wirkt
QMN	Quellmessnetz – Teilmessnetz zur Erfassung der Beschaffenheit von Grundwasser, welches an Quellen austritt

Abkürzung	Bezeichnung
rM	Relevanter Metabolit – Abbauprodukt eines PSM-Wirkstoffs, der pestizide Wirkung oder human- und ökotoxikologische Relevanz hat
Rohwasser	Für die Trinkwassergewinnung genutztes Wasser, hier Grundwasser
RW	Rohwassermessnetz – Teilmessnetz zur Erfassung der Beschaffenheit von Grundwasser, welches als Rohwasser für die Trinkwasserversorgung genutzt wird
SchALVO	Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung 2001 – Verordnung des Umweltministeriums über Schutzbestimmungen und die Gewährung von Ausgleichsleistungen in Wasser- und Quellenschutzgebieten, Baden-Württemberg
SE	sonstige Emittenten – Teilmessnetz zur Erfassung der Beschaffenheit von Grundwasser bei diversen Beeinflussungen durch den Menschen
SW	Schwellenwert für Grundwasser der (») GrwV – bei Einhaltung des SW hat Grundwasser einen guten Zustand im Hinblick auf seine Qualität/Chemie
TrinkwV	Trinkwasserverordnung 2001 – Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch, Umsetzung der entsprechenden europäischen Richtlinie in deutsches Recht
UBA	Umweltbundesamt – Deutschlands zentrale Umweltbehörde, die zu zahlreichen Fragen des Umweltschutzes forscht, berät und informiert
Unterhaltung (Messstelle)	regelmäßige Kontroll- und Wartungsarbeiten der messtechnischen und baulichen Einrichtungen zur Sicherstellung der Funktionstüchtigkeit der Messstelle
UVB	Untere Verwaltungsbehörden – zuständig für die Umsetzung von wasserrechtlichen und wasserwirtschaftlichen Fragestellungen
VF	Vorfeldmessnetz – Teilmessnetz zur Erfassung der Beschaffenheit von Grundwasser im Zustrom des Rohwassers
Wassergefährdungsklasse	Das Einstufungsverfahren für Stoffe und Gemische bezüglich ihrer Gefahr für Gewässer ist in der Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen geregelt: nwg: nicht wassergefährdend, awg: allgemein wassergefährdend, WGK 1: schwach wassergefährdend, WGK 2: deutlich wassergefährdend, WGK 3: stark wassergefährdend
WG	Wassergesetz für Baden-Württemberg 2013
WHG	Wasserhaushaltsgesetz der Bundesrepublik Deutschland 2009
WIBAS	Informationssystem Wasser, Immissionsschutz, Boden, Abfall, Arbeitsschutz – informationstechnische Unterstützung für wasserrechtliche und wasserwirtschaftliche Landesaufgaben sowie für die Umweltberichterstattung in Baden-Württemberg
WRRL	Wasserrahmenrichtlinie – EG-Richtlinie 2000/60/EG, Umsetzung in deutsches Recht durch das (») WHG
WSG	Wasserschutzgebiet im Sinne von § 51 Absatz 1 Satz 1 (») WHG
WW	Warnwert des Grundwasser-Überwachungsprogramms – entspricht 75 % des (») SW der (») GrwV bzw. 80 % des (») GW der (») TrinkwV, wenn diese Werte definiert sind





## 4 Weiterführende Informationen

### 4.1 Grundwassermenge

Die Darstellungen (Abbildung 4.1) geben einen Eindruck der insgesamt unterdurchschnittlichen Quellschüttungen sowie des demgegenüber ausgeglichenen bzw. mittleren Niveaus der Grundwasserstände in den Jahren 2018 und 2019 im 50-jährigen Vergleich (Zeitspannen 1969 – 2018 bzw. 1970 – 2019). Dazu werden pro Messstelle die 50 Jahresmittelwerte aufsteigend sortiert. Dem größten Wert dieser Zeitreihe wird die Zahl +1, dem kleinsten Wert die Zahl -1 zugeordnet. Der auf dieser Skala „normierte“ Mittelwert von 2018 bzw. 2019 wird als Säule im Diagramm aufgetragen.

Dieses Verfahren wird auf alle Messstellen mit 30 Beobachtungsjahren und mehr angewandt. Die Ergebnisse an 199 Grundwasserstandsmessstellen und 94 Quellen (Jahr 2018) bzw. 172 Grundwasserstandsmessstellen und 102 Quellen (Jahr 2018) werden im Diagramm aufsteigend sortiert dargestellt.

Die Verteilung oberhalb und unterhalb der x-Achse zeigt, wie ausgeprägt die Abweichungen vom langjährigen mittleren Verhalten sind. So zeigt die Abbildung der Quellschüttung beispielsweise, dass im Jahr 2018 an 5 Quellen die niedrigste Schüttung und an keiner einzigen Quelle die Höchstschüttung der letzten 50 Jahre zu beobachten war.

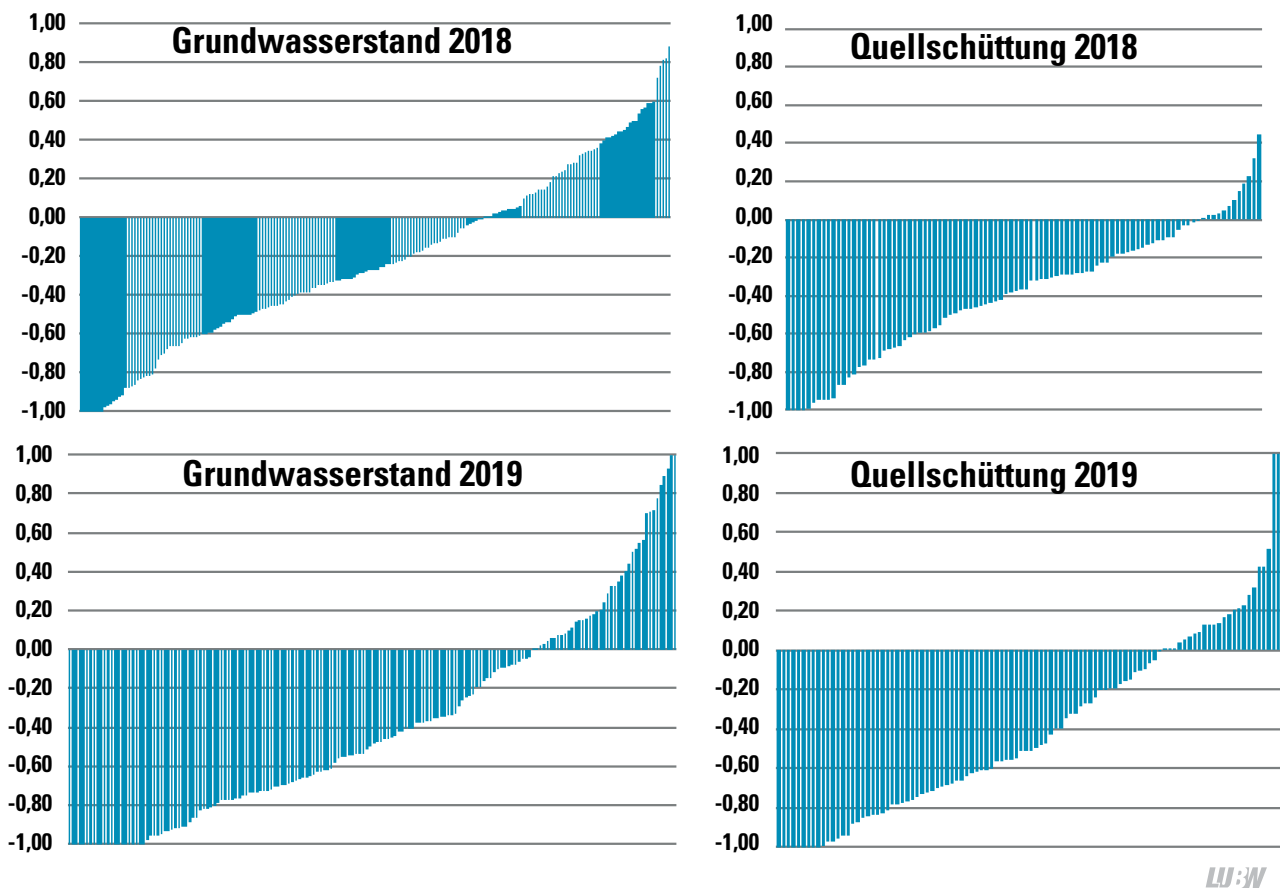


Abbildung 4.1: Normierte Jahresmittelwerte im langjährigen Vergleich 1969 – 2018 bzw. 1970 – 2019: Dargestellt wird pro Messstelle der gegen den seit 1969 bzw. 1970 jeweils kleinsten (-1) bzw. größten (+1) Jahresmittelwert normierte Jahresdurchschnitt in den Jahren 2018 und 2019

Tabelle 4.1: Ergebnisse 2018 im Trendmessnetz Grundwasserstand

Ergebnisse 2018		Baden-Württemberg Trendmessnetz – Grundwasserstand (Auswahl)									
Messstelle	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum 2018		Jahresmaximum 2018		Mittelwert 2018	Trend [cm/Jahr]			
			[m+NN]	Datum	[m+NN]	Datum		[m+NN]	10 Jahre	20 Jahre	50 Jahre
			110/018-1	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	171,99		22.10.	172,27	25.06.	172,09
104/019-6	Markgräfler Rheinebene	Quart. Talfüllungen	189,62	13.08.	190,65	29.01.	190,12	-1,9	-1	0,2	
115/019-6	Markgräfler Rheinebene	Quart. Talfüllungen	182,98	26.03.	183,26	23.07.	183,15	-0,1	0,3	-0,1	
115/066-9	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	152,77	22.10.	154,55	29.01.	153,48	-0,9	-0,5	0,7	
133/068-0	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	170,87	26.11.	171,69	05.02.	171,24	-3,4	-0,6	0,4	
102/070-7	Freiburger Bucht	Quart. Talfüllungen	216,55	15.10.	218,4	19.02.	217,38	-4,9	-2,7	-0,1	
104/071-8	Markgräfler Hügelland	Quart. Talfüllungen	252,32	31.12.	256,26	19.02.	254,23	-4,2	-4,2	-1,8	
102/073-1	Hochschwarzwald	nicht bearbeitet	335,86	26.11.	338,83	08.01.	337,03	-1,7	-2,3	0,9	
110/073-8	Dinkelberg	nicht bearbeitet	291,91	13.08.	293,37	29.01.	292,36	1,4	-0,3	-0,1	
103/115-2	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	144,5	22.10.	146,42	22.01.	145	-0,3	1,3	-1,3	
100/119-1	Freiburger Bucht	Quart. Talfüllungen	206,04	17.09.	207,38	08.01.	206,48	-0,1	-1	-0,2	
124/123-1	Dinkelberg	Quart. Talfüllungen	329,17	17.09.	330,77	08.01.	329,52	-0,6	-0,6	-0,1	
143/161-2	Nördl. Oberrhein-Niederung	Quart. Talfüllungen	114,97	10.12.	115,65	22.01.	115,19	-1	0,4	0,6	
120/162-0	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	120,72	10.09.	121,79	22.01.	121,13	-1,3	-0,4	0,3	
157/162-8	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	121,67	05.11.	123,39	29.01.	122,18	-1,8	-0,9	0,1	
120/163-1	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	129,76	31.12.	131,31	19.02.	130,56	-3,8	-2,9	0	
113/210-4	Nördl. Oberrhein-Niederung	Quart. Talfüllungen	105,53	03.12.	108,29	29.01.	106,42	-1,1	-1,4	-0,1	
115/211-5	Nördl. Oberrhein-Niederung	Quart. Talfüllungen	109,82	19.11.	111,42	08.01.	110,23	-0,9	-0,5	0,1	
124/211-6	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	115,62	26.11.	116,27	22.01.	115,81	-3,3	-0,8	0,2	
160/223-0	Hochrheintal	Quart. Talfüllungen	316,79	29.10.	318,82	22.01.	317,42	-1,7	-1,8	-	
227/259-1	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	108,75	17.12.	109,16	16.04.	108,98	-2,9	-0,9	1,4	
150/260-6	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	111,79	17.12.	113,17	29.01.	112,39	-3,2	-2,5	-	
119/304-2	Hessische Rheinebene	Quart. Talfüllungen	94,46	24.12.	95,39	12.02.	94,93	-2,8	-1,3	-	
102/305-7	Neckar-Rheinebene	Quart. Talfüllungen	86,75	24.09.	91,49	08.01.	88,13	-0,1	-2,8	0,2	
104/307-0	Hardtebenen	Quart. Hangschutt	100,09	17.12.	100,67	09.04.	100,39	0,7	-1,9	-0,4	
108/308-7	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	106,15	26.11.	106,84	29.01.	106,5	0	-0,3	-0,4	
101/320-1	Baar	Quart. Talfüllungen	674,52	22.10.	675,43	22.01.	674,76	-0,5	-0,5	-0,5	
100/321-9	Hegau-Alb	Muschelkalk	683,7	22.10.	685,32	29.01.	684,35	0,3	1,4	0,1	
100/355-1	Bergstraße	Quart. Talfüllungen	96,39	17.12.	97,57	29.01.	96,88	1,7	-4	2,7	
105/370-3	Hegau-Alb	Quart. Talfüllungen	652,01	02.04.	655,03	12.03.	652,73	-1,4	0,9	3,5	
132/422-5	Hegau	Quart. Talfüllungen	418,37	31.12.	419,16	29.01.	418,82	-0,6	-0,6	-	
105/470-3	Donau-Ablach-Platten	nicht bearbeitet	614,26	27.08.	615,38	02.01.	614,72	-3,1	-1,3	-	
167/508-9	Neckarbecken	Quart. Talfüllungen	153	05.03.	154,52	22.01.	153,9	-3,3	-2,1	-	
100/516-6	Mittlere Kuppenalb	Malm Weißjura	689,11	24.12.	696,34	12.02.	691,42	-7,7	-7,6	-	
100/517-0	Hohe Schwabenalb	Malm Weißjura	680,31	10.12.	691,3	05.02.	683,64	-12,6	-12,5	-	
20/520-3	Oberschwäb. Hügelland	nicht bearbeitet	618,45	03.12.	619,6	02.04.	619,08	-5,4	-4,3	-	
3/568-8	Donau-Ablach-Platten	nicht bearbeitet	524,64	26.11.	526,65	09.01.	524,89	-0,9	-0,4	-	
110/623-5	Oberschwäb. Hügelland	nicht bearbeitet	411,61	31.12.	412,87	12.02.	412,31	3,2	0	-	
130/623-6	Bodenseebecken	Quart. Talfüllungen	398,62	26.11.	399,98	29.01.	399,12	-0,4	-1,6	-	
107/666-2	Mittlere Flächenalb	nicht bearbeitet	517,09	17.12.	526,2	05.02.	521,3	-7,1	-8,8	-	
004/709-9	Schwäb.-Fränk. Waldberge	Lettenkeuper	476,27	10.12.	485,61	29.01.	479,44	5,6	0,3	-	
148/717-0	Flachland der unteren Riss	nicht bearbeitet	492,45	15.10.	493,47	29.01.	492,74	-1,2	0	-	
125/721-3	Riss-Aitrach-Platten	Quart. Talfüllungen	651,28	17.12.	653,14	05.02.	652,05	2	-1,1	-	
102/762-4	Albuch und Härtsfeld	Quart. Talfüllungen	499,72	26.11.	506,36	29.01.	501,89	-15,1	-9,2	-1,3	
154/767-1	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	506,7	12.11.	508,32	29.01.	507,14	-2	-1	-	

Ergebnisse 2018		Baden-Württemberg Trendmessnetz – Grundwasserstand (Auswahl)									
Messstelle	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum 2018		Jahresmaximum 2018		Mittelwert 2018	Trend [cm/Jahr]			
			[m+NN]	Datum	[m+NN]	Datum		[m+NN]	10 Jahre	20 Jahre	50 Jahre
			109/768-9	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	530,17		26.11.	530,98	29.01.	530,44
132/768-3	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	516,86	26.11.	517,49	08.01.	517,05	-0,9	1,8	0,2	
111/769-0	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	552,16	03.12.	552,97	29.01.	552,45	0,5	-0,4	-0,3	
104/770-4	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	572,54	31.12.	573,6	05.02.	573,01	0,7	0,6	0,4	
177/770-1	Riss-Aitrach-Platten	Quart. Talfüllungen	593,1	03.12.	595,17	29.01.	593,76	-0,5	-2,1	-	
110/773-2	Westallgäuer Hügelland	Quart. Talfüllungen	711,47	03.12.	715,3	08.01.	713,16	-4,3	-3	-	
102/814-8	Donauried	Quart. Talfüllungen	443,5	31.12.	445,61	12.02.	444,55	-0,9	-4	-0,2	



Tabelle 4.2: Ergebnisse 2019 im Trendmessnetz Grundwasserstand

Ergebnisse 2019		Baden-Württemberg Trendmessnetz – Grundwasserstand (Auswahl)									
Messstelle	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum 2019		Jahresmaximum 2019		Mittelwert 2019	Trend [cm/Jahr]			
			[m+NN]	Datum	[m+NN]	Datum		[m+NN]	10 Jahre	20 Jahre	50 Jahre
			110/018-1	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	171,87		04.03.	172,17	04.11.	172,03
104/019-6	Markgräfler Rheinebene	Quart. Talfüllungen	190,02	22.07.	190,38	27.05.	190,21	-2,8	-1,1	0,1	
115/019-6	Markgräfler Rheinebene	Quart. Talfüllungen	183,02	28.01.	183,39	21.10.	183,21	0,1	0,4	-0,1	
115/066-9	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	152,92	30.09.	153,92	27.05.	153,26	-3,8	-0,7	0,6	
133/068-0	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	170,97	30.09.	171,28	24.06.	171,1	-5	-0,8	0,4	
102/070-7	Freiburger Bucht	Quart. Talfüllungen	216,9	07.01.	218,03	17.06.	217,3	-7,2	-3,1	-0,2	
104/071-8	Markgräfler Hügelland	Quart. Talfüllungen	251,91	07.10.	252,39	30.12.	252,08	-17,4	-7,5	-2,5	
102/073-1	Hochschwarzwald	nicht bearbeitet	336,67	23.09.	338,35	30.12.	337,23	-2,5	-1,7	0,9	
110/073-8	Dinkelberg	nicht bearbeitet	291,86	23.09.	292,46	30.12.	292,05	-1,3	-0,2	-0,1	
103/115-2	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	144,65	16.09.	145,97	14.01.	145,07	-0,8	1,5	-1,3	
100/119-1	Freiburger Bucht	Quart. Talfüllungen	206,13	22.09.	207,22	26.05.	206,57	-1,4	-0,7	-0,2	
124/123-1	Dinkelberg	Quart. Talfüllungen	329,2	23.09.	330,38	30.12.	329,56	-1,6	-0,4	-0,1	
143/161-2	Nördl. Oberrhein-Niederung	Quart. Talfüllungen	114,97	28.01.	115,43	24.06.	115,14	-1,1	0,4	0,6	
120/162-0	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	121,08	07.01.	121,54	27.05.	121,24	-1,7	-0,5	0,3	
157/162-8	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	121,77	07.01.	122,63	03.06.	122,07	-3,3	-1,2	0,1	
120/163-1	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	129,72	14.01.	130,19	08.07.	129,9	-9,9	-4	-0,1	
113/210-4	Nördl. Oberrhein-Niederung	Quart. Talfüllungen	106,09	07.10.	107,39	24.06.	106,57	-2,4	-0,9	-0,2	
115/211-5	Nördl. Oberrhein-Niederung	Quart. Talfüllungen	109,93	23.09.	111,12	18.03.	110,31	-0,9	-0,2	0,1	
124/211-6	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	115,67	16.09.	116,18	18.03.	115,83	-3,9	-1	0,2	
160/223-0	Hochrheintal	Quart. Talfüllungen	317,26	28.01.	318,18	24.06.	317,57	-2	-1,2	-	
227/259-1	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	108,57	16.12.	108,77	28.01.	108,68	-5,5	-1,4	1,3	
173/260-0	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	111,66	09.12.	111,95	01.04.	111,79	-7	-3,6	-	
119/304-2	Hessische Rheinebene	Quart. Talfüllungen	94,24	11.11.	94,59	28.01.	94,38	-8,4	-2,4	2,8	
102/305-7	Neckar-Rheinebene	Quart. Talfüllungen	87,24	23.09.	89,79	18.03.	87,99	-1,8	-1,8	0,1	
104/307-0	Hardtebenen	Quart. Hangschutt	99,86	30.12.	100,12	07.01.	100	-3,1	-2,4	-0,2	
108/308-7	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	106,22	23.09.	106,44	21.01.	106,34	-1,6	-0,4	-0,3	
101/320-1	Baar	Quart. Talfüllungen	674,51	16.09.	675,31	14.01.	674,81	-1	-0,4	-0,4	
100/321-9	Hegau-Alb	Muschelkalk	684,1	30.09.	685,09	25.03.	684,6	1,6	2,1	0,2	
100/355-1	Bergstraße	Quart. Talfüllungen	96,23	25.11.	96,74	21.01.	96,37	-1,9	-4	2,8	
105/370-3	Hegau-Alb	Quart. Talfüllungen	651,99	01.04.	656,84	14.01.	653,09	2,2	1,1	3,5	

Messstelle	Ergebnisse 2019		Baden-Württemberg Trendmessnetz – Grundwasserstand (Auswahl)							
	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum 2019		Jahresmaximum 2019		Mittelwert 2019	Trend [cm/Jahr]		
			[m+NN]	Datum	[m+NN]	Datum		[m+NN]	10 Jahre	20 Jahre
132/422-5	Hegau	Quart. Talfüllungen	418,27	06.05.	418,57	17.06.	418,41	-3,1	-1,5	-
105/470-3	Donau-Ablach-Platten	nicht bearbeitet	614,5	22.07.	615,1	20.05.	614,74	-3,6	-1,5	-
167/508-9	Neckarbecken	Quart. Talfüllungen	153,48	16.09.	154,05	08.04.	153,7	-4	-2,4	-
100/516-6	Mittlere Kuppenalb	Malm Weißjura	689,2	07.01.	692,17	01.04.	690,4	-15,1	-8,5	-
100/517-0	Hohe Schwabenalb	Malm Weißjura	681,16	07.10.	686,59	25.03.	682,95	-18,1	-11,4	-
20/520-3	Oberschwäb. Hügelland	nicht bearbeitet	617,9	23.12.	618,5	21.01.	618,24	-12,2	-6,3	-
3/568-8	Donau-Ablach-Platten	nicht bearbeitet	524,64	23.09.	525,93	18.03.	524,84	-0,9	-0,3	-
110/623-5	Oberschwäb. Hügelland	nicht bearbeitet	411,57	14.01.	412,2	09.12.	411,82	-2,4	-0,4	-
130/623-6	Bodenseebecken	Quart. Talfüllungen	398,8	22.04.	400,03	16.12.	399,26	-2	-1,2	-
107/666-2	Mittlere Flächenalb	nicht bearbeitet	517,09	30.12.	520,53	15.04.	518,98	-18,3	-8,7	-
004/709-9	Schwäb.-Fränk. Waldberge	Lettenkeuper	476,49	16.12.	480,28	01.04.	478,12	-3,2	0,5	-
148/717-0	Flachland der unteren Riss	nicht bearbeitet	492,66	05.08.	493,12	21.01.	492,82	-1,4	0,1	-
125/721-3	Riss-Aitrach-Platten	Quart. Talfüllungen	651,27	07.01.	651,96	03.06.	651,66	-1,9	-0,7	-
102/762-4	Albuch und Härtsfeld	Quart. Talfüllungen	500,12	25.11.	504,82	25.03.	501,92	-12	-8,5	-1,4
154/767-1	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	507,1	23.12.	507,7	27.05.	507,28	-2,9	-0,9	-
109/768-9	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	530,17	02.12.	530,82	27.05.	530,35	-0,2	-0,6	-0,1
132/768-3	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	516,83	07.01.	517,36	27.05.	516,96	-1,9	1,6	0,2
111/769-0	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	552,22	23.12.	552,77	27.05.	552,36	-0,7	-0,3	-0,4
104/770-4	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	572,44	14.01.	572,96	29.07.	572,69	-1,8	0,2	0,3
177/770-1	Riss-Aitrach-Platten	Quart. Talfüllungen	593,35	07.01.	594,23	25.03.	593,77	-1,9	-1,8	-
110/773-2	Westallgäuer Hügelland	Quart. Talfüllungen	713,79	22.07.	715,44	11.03.	714,25	-3,6	-2,1	-
102/814-8	Donauried	Quart. Talfüllungen	443,36	30.12.	444,78	20.05.	444,11	-4	-3,6	-0,2



Tabelle 4.3: Ergebnisse 2018 im Quellschüttungsmessnetz (Auswahl)

Messstelle	Ergebnisse 2018		Baden-Württemberg Trendmessnetz – Quellschüttung (Auswahl)							
	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum 2018		Jahresmaximum 2018		Mittelwert 2018	Trend [l/s/Jahr]		
			[l/s]	Datum	[l/s]	Datum		[l/s]	10 Jahre	20 Jahre
600/071-1	Markgräfler Hügelland	Quartär Hangschutt	0,108	01.12.	0,797	24.02.	0,387	0	0	0
600/171-5	Hochschwarzwald	Kristallin	0,005	15.11.	1,11	02.01.	0,176	0	0	0
601/212-5	Nördlicher Talschwarzwald	Buntsandstein	0,35	26.11.	6,57	01.01.	1,9	-0,1	-0,1	0
600/263-6	Nördlicher Talschwarzwald	Buntsandstein	2,78	03.12.	28	08.01.	8,446	-0,2	-0,5	-0,2
600/268-0	Südöstlicher Schwarzwald	Buntsandstein	2,04	26.11.	26,95	29.01.	7,247	-0,1	-0,1	0
600/309-4	Kraichgau	Lettenkeuper	0,39	12.11.	3,38	19.02.	1,487	-0,1	-0,1	0
602/320-8	Baar-Alb/Oberes Donautal	Malm Weißjura	0,54	26.11.	13,33	29.01.	2,662	-0,1	0	0
600/468-4	Baar-Alb/Oberes Donautal	Malm Weißjura	16	12.11.	518	08.01.	115,814	-4,9	-5,1	-
602/521-3	Oberschwäb. Hügelland	Quartär Moränen	0,62	01.12.	4,68	01.03.	2,09	0	0	0
600/554-9	Bauland	Muschelkalk	18,7	26.11.	98,41	01.01.	54,048	-1,7	-0,5	0,1
600/607-8	Hohenloher-Haller-Ebenen	Lettenkeuper	0,378	01.10.	3,491	08.01.	1,884	-0,1	0	0
604/657-0	Kocher-Jagst-Ebenen	Lettenkeuper	0,02	19.11.	1,121	22.01.	0,306	0	0	0
600/665-7	Mittlere Flächenalb	Malm Weißjura	277	15.10.	11191	08.01.	1873,192	-104,4	-70	-3,5
601/759-1	Schwäb.-Fränk. Waldberge	Höherer Keuper	1,456	17.12.	4,207	05.03.	2,688	-0,1	-0,1	0



Tabelle 4.4: Ergebnisse 2019 im Quellschüttungsmessnetz (Auswahl)

Messstelle	Ergebnisse 2019		Baden-Württemberg Trendmessnetz – Quellschüttung (Auswahl)							
	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum 2019		Jahresmaximum 2019		Mittelwert 2019	Trend [l/s/Jahr]		
			[l/s]	Datum	[l/s]	Datum		[l/s]	10 Jahre	20 Jahre
600/071-1	Markgräfler Hügelland	Quartär Hangschutt	0,092	21.09.	0,333	28.12.	0,166	0	0	0
601/212-5	Nördlicher Talschwarzwald	Buntsandstein	0,49	30.09.	7,67	18.03.	2,448	-0,1	-0,1	0
601/219-3	Hochschwarzwald	Kristallin	0,31	19.09.	5	30.12.	1,491	-0,1	0	0
600/263-6	Nördlicher Talschwarzwald	Buntsandstein	3,67	30.09.	31,3	18.03.	10,015	-0,1	-0,3	-0,2
600/268-0	Südöstlicher Schwarzwald	Buntsandstein	3,34	06.11.	22,26	26.03.	6,878	-0,2	-0,1	0
600/309-4	Kraichgau	Lettenkeuper	0,18	30.09.	0,82	22.04.	0,442	-0,2	-0,1	0
602/320-8	Baar-Alb/Oberes Donautal	Malm Weißjura	0,81	23.09.	5,55	03.06.	2,432	-0,1	0	0
600/468-4	Baar-Alb/Oberes Donautal	Malm Weißjura	32	23.09.	350	04.03.	114,538	-3,1	-3,9	-
602/521-3	Oberschwäb. Hügelland	Quartär Moränen	0,69	01.01.	1,8	01.06.	0,964	-0,1	0	0
600/554-9	Bauland	Muschelkalk	26,1	23.09.	98,41	07.01.	59,807	-1,4	-0,3	0,1
600/607-8	Hohenloher-Haller-Ebenen	Lettenkeuper	0,054	30.12.	1,919	20.05.	0,979	-0,2	-0,1	0
604/657-0	Kocher-Jagst-Ebenen	Lettenkeuper	0,056	30.09.	0,864	11.02.	0,365	0	0	0
600/665-7	Mittlere Flächenalb	Malm Weißjura	961	01.10.	10715	04.03.	2493,346	-71,4	-49	-3,2
601/759-1	Schwäb.-Fränk. Waldberge	Höherer Keuper	1,45	28.10.	3,45	14.01.	2,096	-0,1	-0,1	0



## 4.2 Grundwasserbeschaffenheit

### 4.2.1 Bewertungsgrundlagen

Tabelle 4.5: Definition der einzelnen Bewertungsgrundlagen

Bewertungsgrundlage	Kürzel	Bedeutung	Quelle
Schwellenwerte	SW	unterhalb der SW gilt der chemische Grundwasserzustand als gut	GrwV
Grenzwerte	GW	unterhalb der GW besteht keine Besorgnis für die menschliche Gesundheit durch den Genuss von Trinkwasser	TrinkwV
Geringfügigkeitsschwellenwerte	GFS	unterhalb der GFS ist sichergestellt, dass Grundwasser als Trinkwasser für den Menschen nutzbar ist und als Lebensraum intakt bleibt	LAWA
Gesundheitliche Orientierungswerte	GOW	unterhalb der GOW besteht auch bei lebenslanger Aufnahme von Trinkwasser kein Anlass zur Besorgnis für die menschliche Gesundheit	UBA
Qualitätsnormen	-	unterhalb der Qualitätsnormen gilt der chemische Grundwasserzustand als gut entsprechen den SW für Nitrat und PSM	GWRL



Tabelle 4.6: Bewertungsgrundlagen für Nitrat

Regelwerk	Bezeichnung	Wert in mg/l
GWRL	Qualitätsnorm	50
GrwV	Schwellenwert	50
TrinkwV	Grenzwert	50
SchALVO	oberhalb gilt ein Gebiet als Problemgebiet	Nitrat $\geq$ 35 mg/l oder Nitrat $\geq$ 25 mg/l mit ansteigendem Trend
	oberhalb gilt ein Gebiet als Sanierungsgebiet	Nitrat $\geq$ 50 mg/l oder Nitrat $\geq$ 40 mg/l mit ansteigendem Trend

Stand: 01/2020



Tabelle 4.7: Bewertungsgrundlagen für Pflanzenschutzmittel

Regelwerk	Parameter	Bezeichnung	Wert in µg/l	
			Einzelstoff	Summe
GWRL	Wirkstoffe in Pestiziden einschließlich relevanter Stoffwechselprodukte, Abbau- und Reaktionsprodukte	Qualitätsnorm	0,1	0,5
GrwV	Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln einschließlich der relevanten Metaboliten	Schwellenwert	0,1	0,5
TrinkwV	Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte und die relevanten Metaboliten, Abbau- und Reaktionsprodukte	Grenzwert	0,1	0,5
LAWA 2017 <sup>a</sup>	Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln einschließlich Abbauprodukte	Geringfügigkeitsschwellenwert	0,1	0,5
UBA 2019 <sup>a</sup>	nicht relevante Metabolite siehe Tabelle 2.10 für die Werte der Einzelsubstanzen	Gesundheitlicher Orientierungswert	1 bzw. 3	-
SchALVO	Pflanzenschutzmittelwirkstoffe oder deren Abbauprodukte	oberhalb gilt ein Gebiet als PSM-Sanierungsgebiet	0,1	-

Stand: 01/2020



Tabelle 4.8: Bewertungsgrundlagen für LHKW

Regelwerk	Parameter	Bezeichnung	Wert in µg/l
GrwV	Summe aus Tri- und Tetrachlorethen	Schwellenwert	10
TrinkwV	Tetrachlorethen und Trichlorethen 1,2-Dichlorethan Vinylchlorid	Grenzwert	10 3 0,5
LAWA 2017 <sup>a</sup>	LHKW gesamt (Summe der halogenierten C1- und C2-Kohlenwasserstoffe einschließlich Trihalogenmethane) Tri- und Tetrachlorethen, Summe 1,2-Dibromethan 1,2-Dichlorethan Trichlormethan Chlorethen (Vinylchlorid)	Geringfügigkeitsschwellenwert	20 10 0,02 3,0 2,5 0,5

Stand: 01/2020



Tabelle 4.9: Bewertungsgrundlagen für BTEX

Regelwerk	Parameter	Bezeichnung	Wert in µg/l
TrinkwV	Benzol	Grenzwert	1
LAWA 2017a	Benzol Σ Alkylierte Benzole	Geringfügigkeitsschwellenwert	1 20

Stand: 01/2020



#### 4.2.2 Weiterführende Literatur

**UBA (2019a):** Umweltbundesamt: Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) für nicht relevante Metaboliten (nrM) von Wirkstoffen aus Pflanzenschutzmitteln (PSM), Fortschreibungsstand März 2019,  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/gowpflanzenschutzmetabolite\\_0.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/gowpflanzenschutzmetabolite_0.pdf)  
Stand (04.02.2020)

**UBA (2019b):** Umweltbundesamt: Liste der nach GOW bewerteten Stoffe,  
[https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/liste\\_der\\_nach\\_gow\\_bewerteten\\_stoffe\\_201903-1.pdf](https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/liste_der_nach_gow_bewerteten_stoffe_201903-1.pdf) (Stand: 04.02.2020)

**LAWA (2017a):** Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser: Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Aktualisierte und überarbeitete Fassung 2016,  
[https://www.lawa.de/documents/geringfueigkeits\\_bericht\\_seite\\_001-028\\_1552302313.pdf](https://www.lawa.de/documents/geringfueigkeits_bericht_seite_001-028_1552302313.pdf) (Stand: 04.02.2020)

**LAWA (2017b):** Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser: Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC),  
[https://www.lawa.de/documents/03\\_anlage\\_3\\_bericht\\_gfs\\_fuer\\_pfc\\_endfassung\\_22\\_11\\_2017\\_2\\_1552302208.pdf](https://www.lawa.de/documents/03_anlage_3_bericht_gfs_fuer_pfc_endfassung_22_11_2017_2_1552302208.pdf) (Stand: 04.02.2020)

**Ministerium für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg (2018):**

Anwendung der Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS-Werte) für per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) zur Beurteilung nachteiliger Veränderungen der Beschaffenheit des Grund- und Sickerwassers aus schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten,  
[https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2\\_Presse\\_und\\_Service/Pressemitteilungen/2018/Erlass\\_Beurteilungsgrundlage\\_PFC.pdf](https://um.baden-wuerttemberg.de/fileadmin/redaktion/m-um/intern/Dateien/Dokumente/2_Presse_und_Service/Pressemitteilungen/2018/Erlass_Beurteilungsgrundlage_PFC.pdf) (Stand: 04.02.2020)

Die Veröffentlichungen der LUBW/LfU zum Thema Grundwasserschutz sind im Internet unter <https://pudi.lubw.de/>, Themenübersicht: „Wasser – Grundwasser“ zu finden. Genannt seien hier insbesondere:

**Grundwasserüberwachungsprogramm – Ergebnisberichte der Beprobungen (seit 1991):**

LfU/LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, Reihe Grundwasserschutz, jeweils erschienen als Fachbericht und Kurzbericht, LfU/ LUBW, ab 1991 bis 2017, online verfügbar über <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/grundwasserueberwachungsprogramm>

**Leitfaden Grundwasserprobennahme (2013):**

LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Reihe Grundwasserschutz: Nr. 46, LUBW, Karlsruhe 2013

### 4.2.3 Datenauswertung und statistische Kennzahlen

Datenauswertung	
Bestimmungsgrenze	Die Bestimmungsgrenze (BG) ist die kleinste Konzentration einer Substanz, die quantitativ mit ausreichender Genauigkeit bestimmt werden kann. Von der LUBW beauftragte Labore müssen die geforderten Bestimmungsgrenzen berücksichtigen. Innerhalb eines Datenkollektivs können für einen Parameter unterschiedliche BGs vorliegen. Angegeben wird in der Regel die am häufigsten angewandte BG.
Konsistenz	Konsistente Messstellengruppe ohne Unterbrechungen in der Datenreihe: Von allen Messstellen liegt von jedem Jahr mindestens ein Messwert vor. Konsistente Messstellengruppe mit Unterbrechungen in der Datenreihe: Pro abgeschlossenes Jahrzehnt der Datenreihe wird eine Lücke von maximal zwei Jahren zugelassen.
Plausibilitätsprüfung	Alle Messergebnisse werden auf Plausibilität geprüft und nur plausible Messwerte für die Auswertungen verwendet. Deswegen ist die Anzahl der Messwerte/ausgewerteten Messstellen meistens niedriger als die Anzahl der untersuchten Messstellen. Auch für die Einzelstoffe einer Stoffgruppe können dadurch unterschiedliche Anzahlen von Messwerten vorliegen. Die Messdaten werden beim Einlesen in die Grundwasserdatenbank im ersten Schritt automatisiert auf Vollständigkeit, Datenformat etc. geprüft. Des Weiteren werden auffällige Messwerte zunächst automatisiert von der Datenbank anhand ihrer Standardabweichung in Bezug auf die jeweilige Zeitreihe identifiziert. Diese statistisch auffälligen Werte werden dann anschließend händisch kontrolliert, ggf. beim Messlabor nachgefragt und nach dem entsprechenden Rücklauf erneut kontrolliert. Bei dieser fachlichen Prüfung wird beispielsweise geprüft, ob der auffällige Messwert in der Zusammenschau mit den anderen Parametern der Analyse, im Hinblick auf die Lage der Messstelle etc. plausibel oder nicht plausibel ist.
Summenparameter	Summenparameter werden nur berechnet, wenn für alle Einzelstoffe Messergebnisse vorliegen. Ausnahmen sind die PSM und PFC, da hier kein bestimmter Einzelstoff-Parameterumfang definiert ist. Ergebnisse < BG werden bei der Summenbildung gleich null gesetzt. Wenn sowohl Messwerte als auch Befunde < BG vorliegen, werden demnach nur die Messwerte addiert – ohne Addition des Zahlenwerts der BG. Wenn für alle aufzusummierenden Einzelstoffe nur Befunde < BG vorliegen, wird „< die jeweilige BG“ als Summenwert angegeben.
verwendete Messwerte	Nitrat: Wenn an einer Messstelle mehrere Messwerte im Auswertungszeitraum vorliegen, wird für die Auswertungen der Mittelwert daraus verwendet. Weitere Parameter: Wenn an einer Messstelle mehrere Messwerte für einen Parameter im Auswertungszeitraum vorliegen, wird der jeweils neueste Messwert für die Auswertungen herangezogen.
Statistische Kennzahlen	
Mittelwert	Arithmetisches Mittel aller Messwerte. Bei Messwerten < BG wird in der Grundwasserdatenbank der Zahlenwert der BG zur Berechnung des Mittelwerts verwendet. Bei Datenkollektiven mit einem hohen Anteil an Messwerten < BG ist daher der Mittelwert weniger aussagekräftig als der Median. Bei unterschiedlichen BGs für einen Parameter geht der negative Befund von beispielsweise < 0,05 µg/l/< BG mit dem höheren Zahlenwert 0,05 in die Berechnung ein als der niedrigere Konzentrationswert 0,03 µg/l, der mit einer Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l gemessen wurde.
Minimum	Der niedrigste Messwert eines Datenkollektivs
P10	10. Perzentil: 10 % der Messwerte liegen unter und 90 % über dem P10
P50	50. Perzentil oder Median: Der Median ist der mittlere Messwert, d. h. 50 % der Messwerte liegen unter und 50 % über dem Median. Medianwerte sind unempfindlicher gegenüber einer hohen Variabilität der Extremwerte als Mittelwerte.
P90	90. Perzentil: 90 % der Messwerte liegen unter und 10 % über dem P90. 80 % der Messwert liegen demzufolge zwischen P10 und P90.
Maximum	Der höchste Messwert eines Datenkollektivs





#### 4.2.4 Ergebnisübersichten Vor-Ort-Parameter und hydrochemische Parameter

Tabelle 4.10: Ergebnisse 2018 im Beschaffenheitsmessnetz: Vor-Ort-Parameter, Nitrit und Ammonium

Parameter	Dimension	BG	WW	SW	GW	Messstellen										Min	P10	Median / P50	P90	Max
						ausgewertet	≥ BG		> WW		> SW		> GW							
							Anzahl	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%					
Temperatur	°C	-	20	-	-	1812	1812	100	14	0,8	-	-	-	-	6,2	9,7	12	15	46	
Elektrische Leitfähigkeit bei 20 °C	µS/cm	-	2000	-	2500	1831	1831	100	21	1,1	-	-	8	0,4	24	290	660	990	14000	
pH-Wert	-	-	≥ 6,5; ≤ 9,5*	-	≥ 6,5; ≤ 9,5*	1818	1818	100	133	7,3	-	-	133	7,3	5,0	6,7	7,1	7,4	8,5	
Sauerstoff	mg/l	0,5	-	-	-	1801	1721	96	-	-	-	-	-	-	0,1	<0,5	5,9	9,7	12	
Sauerstoffsättigungsindex	%	5,0	-	-	-	1754	1744	99	-	-	-	-	-	-	1,0	6,0	59	92	110	
Nitrit	mg/l	0,01	0,38	0,5	0,5	1827	218	12	4	0,2	3	0,2	3	0,2	0,01	<0,01	<0,01	0,01	1,5	
Ammonium	mg/l	0,01	0,375	0,5	0,5	1824	487	27	55	3,0	45	2,5	45	2,5	0,01	<0,01	<0,01	0,044	21	

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 12/2019

\* Für den pH-Wert gibt die TrinkwV keinen Grenzwert sondern einen Wertebereich von 6,5 bis 9,5 an. Demnach bezieht sich die Angabe > GW auf Überschreitungen sowie Unterschreitungen des geforderten Wertebereichs.

Tabelle 4.11: Ergebnisse 2019 im Beschaffenheitsmessnetz: Vor-Ort-Parameter, Nitrit und Ammonium

Parameter	Dimension	BG	WW	SW	GW	Messstellen										Min	P10	Median / P50	P90	Max
						ausgewertet	≥ BG		> WW		> SW		> GW							
							Anzahl	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%					
Temperatur	°C	-	20	-	-	1760	1760	100	12	0,7	-	-	-	-	6,2	9,7	12	15	49	
Elektrische Leitfähigkeit bei 20 °C	µS/cm	-	2000	-	2500	1749	1749	100	23	1,3	-	-	9	0,5	19	270	650	990	14000	
pH-Wert	-	-	≥ 6,5; ≤ 9,5*	-	≥ 6,5; ≤ 9,5*	1767	1767	100	121	6,8	-	-	121	6,8	4,7	6,7	7,1	7,4	8,9	
Sauerstoff	mg/l	0,5	-	-	-	1758	1654	94	-	-	-	-	-	-	0,1	<0,5	5,9	9,7	12	
Sauerstoffsättigungsindex	%	5,0	-	-	-	1685	1665	99	-	-	-	-	-	-	0,1	8,0	59	93	110	
Nitrit	mg/l	0,01	0,38	0,5	0,5	1785	204	11	2	0,1	2	0,1	2	0,1	0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,68	
Ammonium	mg/l	0,01	0,375	0,5	0,5	1781	540	30	52	2,9	44	2,5	44	2,5	0,01	<0,01	<0,01	0,05	22	

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 05/2020

\* Für den pH-Wert gibt die TrinkwV keinen Grenzwert sondern einen Wertebereich von 6,5 bis 9,5 an. Demnach bezieht sich die Angabe > GW auf Überschreitungen sowie Unterschreitungen des geforderten Wertebereichs.

Tabelle 4.12: Ergebnisse 2016 – 2018 im Beschaffenheitsmessnetz: Hydrochemische Parameter

Parameter	Dimension	BG	WW	SW	GW	Messstellen										Min	P10	Median / P50	P90	Max
						ausgewertet	≥ BG		> WW		> SW		> GW							
							Anzahl	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%					
DOC (Kohlenstoff, gelöster organischer)	mg/l	0,2	3	-	-	1843	1809	98	54	2,9	-	-	-	-	0,11	0,37	0,75	1,7	27	
Calcium	mg/l	1,0	320	-	-	1899	1899	100	25	1,3	-	-	-	-	1,4	35	120	170	840	
Magnesium	mg/l	0,5	40	-	-	1906	1902	100	163	8,6	-	-	-	-	0,5	3,6	17	39	170	
Natrium	mg/l	0,5	160	-	200	1897	1897	100	16	0,8	-	-	9	0,5	0,6	3,9	11	38	3500	
Kalium	mg/l	0,5	10	-	-	1893	1817	96	77	4,1	-	-	-	-	0,15	0,7	1,8	6,0	85	
Summe Erdalkalien (Gesamthärte)	mmol/l	-	-	-	-	1897	1897	100	-	-	-	-	-	-	0,05	1,2	3,6	5,5	22	
Chlorid	mg/l	0,5	187,5	250	250	1898	1897	100	41	2,2	25	1,3	25	1,3	0,5	6,0	26	76	5800	
Fluorid	mg/l	0,05	1,2	-	1,5	1856	1558	84	7	0,4	-	-	4	0,2	0,04	<0,05	0,1	0,25	3,9	
Cyanid, gesamt	mg/l	0,01	0,01	-	0,05	1891	27	1,4	16	0,8	-	-	4	0,2	0,002	<0,005	<0,01	<0,01	0,21	
Sulfat	mg/l	1,0	187,5	250	250	1892	1889	100	114	6,0	66	3,5	66	3,5	0,6	8,4	33	140	1500	
Ortho-Phosphat	mg/l	0,03	0,375	0,5	-	1871	1120	60	63	3,4	43	2,3	-	-	0,002	<0,03	0,034	0,18	5,6	
Säurekapazität bis pH 4,	mmol/l	0,1	-	-	-	1899	1897	100	-	-	-	-	-	-	0,1	2,0	5,8	7,4	14	
Basekapazität bis pH 8,2	mmol/l	-	-	-	-	1764	1764	100	-	-	-	-	-	-	0,04	0,35	0,82	1,6	32	

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 12/2019

