



Grundwasserschutz 64

Grundwasser- Überwachungsprogramm

 Ergebnisse 2021



Baden-Württemberg

Grundwasser- Überwachungsprogramm

 Ergebnisse 2021

HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe
BEARBEITUNG	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg Referat 42 – Grundwasser
REDAKTION	LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg Referat 42 – Grundwasser
BEZUG	Diese Broschüre ist gedruckt für 5,- Euro erhältlich bei der LUBW Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg, Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe oder kostenlos als Download im pdf-Format unter: https://pd.lubw.de/10460
ISSN	1437-0131 (Reihe Grundwasserschutz Bd. 64, 2022)
STAND	Oktober 2022
DRUCK	printwork Waldhornweg 15, 76694 Forst
SATZ UND BARRIEREFREIHEIT	Satzweiss.com Print Web Software GmbH Mainzer Straße 116, 66121 Saarbrücken
AUFLAGE	1. Auflage
TITELBILD	Das Bild zeigt eine Grundwasser-Messstelle, LUBW

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

ZUSAMMENFASSUNG	6
EINFÜHRUNG	7
1 GRUNDWASSERMENGE	8
1.1 Niederschläge 2021	8
1.2 Grundwasserneubildung aus Niederschlag 2021	11
1.3 Grundwasservorräte 2021	14
1.3.1 Allgemein	14
1.3.2 Regionale Grundwasserverhältnisse	14
1.3.3 Quantitative Entwicklung	18
2 GRUNDWASSERBESCHAFFENHEIT	21
2.1 Nitrat 2021	21
2.1.1 Hintergrund	21
2.1.2 Bewertungsgrundlagen	22
2.1.3 Ergebnisse und Bewertung	22
2.1.4 Zeitliche Entwicklungen	23
2.1.5 Nitrat in Wasserschutzgebieten	25
2.2 Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe 2019 – 2020	28
2.2.1 Hintergrund	28
2.2.2 Bewertungsgrundlagen	28
2.2.3 Ergebnisse und Bewertung	28
2.3 Einkernige Aromaten (BTEX) 2019 – 2020	31
2.3.1 Hintergrund	31
2.3.2 Bewertungsgrundlagen	31
2.3.3 Ergebnisse und Bewertung	31
2.4 Benzinzusatzstoffe MTBE und ETBE 2019 – 2020	32
2.4.1 Hintergrund	32
2.4.2 Bewertungsgrundlagen	33
2.4.3 Ergebnisse und Bewertung	33
2.5 Metallische Spurenstoffe 2019 – 2020	34
2.5.1 Hintergrund	34
2.5.2 Bewertungsgrundlagen	34
2.5.3 Ergebnisse und Bewertung	35
3 GLOSSAR UND ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	40
4 WEITERFÜHRENDE INFORMATIONEN	42
4.1 Grundwassermenge	42
4.2 Grundwasserbeschaffenheit	44
4.2.1 Bewertungsgrundlagen	44
4.2.2 Qualitätssicherung, Werteplausibilisierung und Datenauswertung	45
4.2.3 Weiterführende Literatur	48
4.2.4 Ergebnisübersicht Vor-Ort-Parameter und hydrochemische Parameter	49

Zusammenfassung

Das Grundwassermonitoring der LUBW mit Ergebnisdokumentation und Berichterstattung an die Europäische Union ist elementarer Bestandteil des gewässerkundlichen Dienstes. Der vorliegende Bericht umfasst im Kapitel „Grundwassermenge“ Auswertungen der Grundwasserneubildung sowie der Grundwasservorräte mit Messdaten aus dem Jahr 2021. Für das Kapitel „Grundwasserbeschaffenheit“ wurden Messdaten für Nitrat aus dem Jahr 2021 sowie für leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe, BTEX-Aromaten, die Benzinzusatzstoffe MTBE/ETBE und metallische Spurenstoffe von 2019 bis 2020 ausgewertet.

Insgesamt entsprachen die mittleren **Grundwasservorräte** im Jahr 2021 etwa langjährig mittleren Verhältnissen und lagen auf höherem Niveau als im vorangegangenen Jahr. Im Jahr 2021 gab es mehrere Grundwasseranstiegsphasen, wobei die unerwarteten und steilen Sommeranstiege das Markenzeichen des grundwasserhydrologischen Jahrs darstellten. Die Grundwasserstände und Quellschüttungen waren zwischen den einzelnen Anstiegsepisoden rückläufig, erreichten jedoch zu keinem Zeitpunkt das extrem niedrige Niveau aus den vorangegangenen Jahren. Im Landesmittel hat sich ein deutliches Süd-Nord-Gefälle herauskristallisiert: In der südlichen Landeshälfte und im Oberrheingraben waren leicht überdurchschnittliche, in der nördlichen Landeshälfte hingegen unterdurchschnittliche Grundwasservorräte zu verzeichnen. Die Anzahl der Messstellen mit langfristig rückläufiger Tendenz hat zugenommen.

In 2021 wurde der Schwellenwert der Grundwasserverordnung für **Nitrat** von 50 mg/l an rund 8,4 % und der Warnwert von 37,5 mg/l an etwa 18 % der untersuchten Messstellen überschritten. Somit stellt Nitrat weiterhin die Hauptbelastung im Grundwasser dar. Seit Beginn der systematischen Messungen in 1994 hat die mittlere Nitratkonzentration im Landesmessnetz Beschaffenheit um rund 22 % abgenommen. Seit dem Inkrafttreten der Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) in 2001 ist die Nitratkonzentration in den hoch belasteten Sanierungsgebieten um rund 16 % zurückgegangen. In den Problem- bzw. Normalgebieten wurden seit 2001 Rückgänge von etwa 12 bzw. 5,3 % beobachtet. In 2021 war allerdings eine leichte Erhöhung der Nitratkonzentration gegenüber dem Vorjahr zu verzeichnen. In den vergangenen knapp 30 Jahren kam es immer wieder zu zwischenzeitlichen Anstiegen, was mit Wechselwirkungen mit Niederschlagsmenge und Witterungsverlauf begründet werden kann.

Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe als typische Industrie-/Altlastenschadstoffe wurden an rund einem Viertel der untersuchten Messstellen nachgewiesen. Die Belastungen sind seit vielen Jahren rückläufig. Bei den **BTEX-Aromaten** lag der Anteil der Positivbefunde unter 1 %. Die **Benzinzusatzstoffe MTBE und ETBE** waren an 2,4 bzw. 2,0 % der untersuchten Messstellen messbar. Die MTBE-Belastungen sind seit vielen Jahren durchgehend rückläufig. Einige **metallische Spurenstoffe** wurden an nahezu allen untersuchten Messstellen gefunden, wobei diese Befunde bei vielen Metallen geogen bedingt sind. Bei den anthropogen verursachten Belastungen sind langjährig rückläufige Tendenzen erkennbar.

Trotz rückläufiger Konzentrationen vieler Grundwasser-Schadstoffe werden die Schwellenwerte der Grundwasserverordnung nicht flächendeckend unterschritten. Daher sind Schutzmaßnahmen weiter umzusetzen bzw. zu verbessern. Es ist auch künftig kontinuierlich zu prüfen, ob die Befunde bereits bekannter Stoffe zurückgehen und ob bislang nicht untersuchte Substanzen die Grundwasserqualität 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. Für den vorliegenden Bericht wurden Messergebnisse aus den Jahren 2019 bis 2021 berücksichtigt.

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/qualitatives Grundwassermessnetz: fünf verschiedene Teilmessnetze je nach anthropogener Beeinflussung im Einzugsgebiet der Grundwassermessstelle
- LUBW-Landesmessnetz Menge/quantitatives Grundwassermessnetz: drei Gruppen je nach Messstellenart und Untersuchungsintervall
- Kooperationsmessnetz Wasserversorgung: rund 2 400 Messstellen. Aufgrund von Kooperationsverträgen von 1984 und 2003 zwischen dem Land Baden-Württemberg und der Wasserversorgungswirtschaft werden dem Land zusätzliche Messdaten zu Nitrat, Pflanzenschutzmitteln (PSM) und weiteren Parametern von den Wasserversorgern bereitgestellt. Diese Daten stammen zumeist von Messstellen in Wasserschutzgebieten (WSG) und werden jährlich unter www.grundwasserdatenbank.de veröffentlicht.

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 veröffentlicht.

1 Grundwassermenge

In Baden-Württemberg werden über 70 % des Trinkwassers aus Grund- und Quellwasser gewonnen. Die landesweite Charakterisierung mit Aussagen über den aktuellen Zustand und kurzfristige Entwicklungstendenzen der quantitativen Grundwasserverhältnisse wird 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 404 repräsentativer Grundwasserstands-, Quellschüttungs- und Lysimetermessstellen (Stand 08/2022):

- 236 Wasserstands-Messstellen mit stündlicher bis wöchentlicher Beobachtung,
- 138 Quellen mit wöchentlicher bis monatlicher Messung,
- 30 Lysimeter mit täglichem bis wöchentlichem Turnus.

In der LUBW-Publikation „Grundwassermessnetze: Rahmen und Definitionen“ werden die genannten Messnetze näher beschrieben.

1.1 Niederschläge 2021

Die Niederschläge im Jahr 2021 entsprachen im langjährigen Vergleich mittleren Verhältnissen. Damit ist das Jahr 2021 in die besseren Jahre der jüngeren Vergangenheit einzureihen, da seit 2003 lediglich im Jahr 2007 ein geringfügig überdurchschnittlicher Niederschlag zu verzeichnen war. Das Flächenmittel der Niederschlagshöhe 2021 betrug in Baden-Württemberg 981 mm, was 100 % des Niederschlagsmittelwertes der Normalperiode 1991 – 2020 entspricht (Abbildung 1.1). Im Jahresverlauf glichen die regenreichen Sommermonate Mai bis Juli/August sowie die Monate Januar und Dezember die ansonsten unterdurchschnittlichen Verhältnisse in den Monaten Februar bis April und September bis November aus. Die landesweit höchsten Niederschlagsmengen wurden in den Höhenlagen des Schwarzwalds beobachtet (Abbildung 1.3): Der Jahreshöchstwert wurde in Freudenstadt mit 1 507 mm gemessen, wo die Messgeräte alleine im Januar 2021 260 mm Niederschlag registrierten.

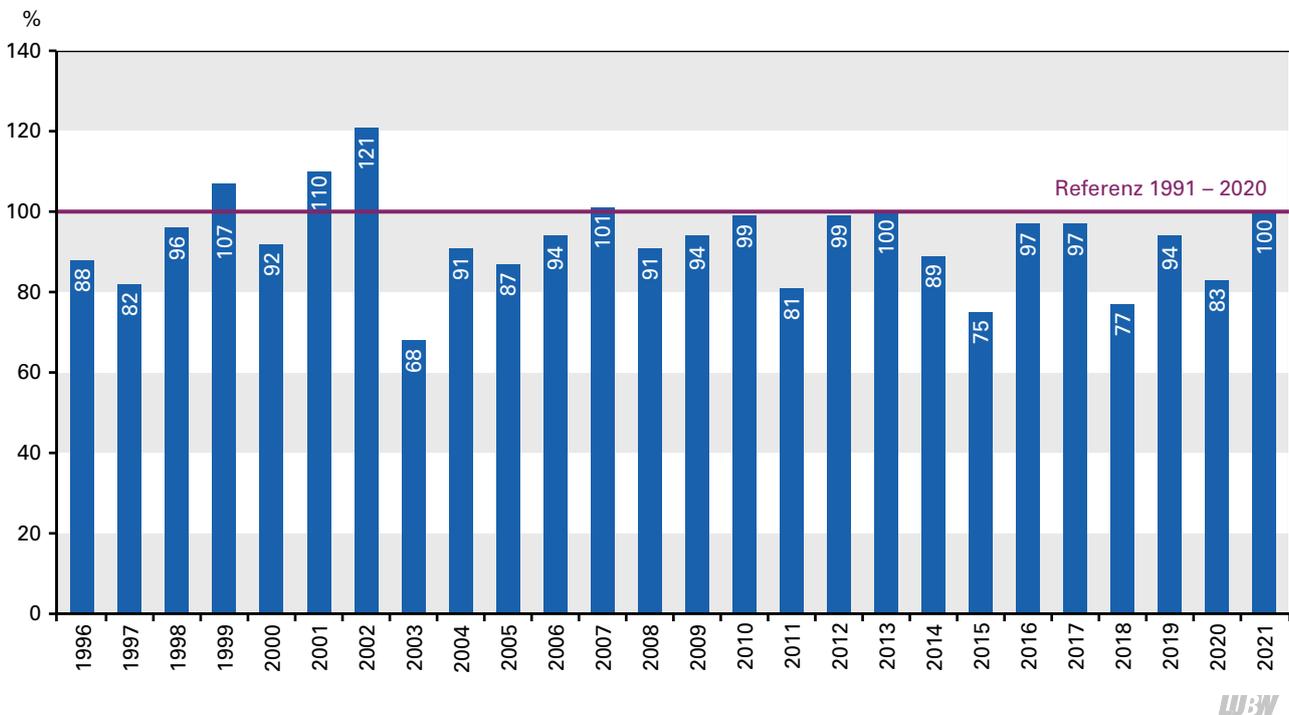


Abbildung 1.1: Mittlere Jahresniederschläge in Baden-Württemberg (blaue Balken) seit 1996 in Bezug auf das langjährige Mittel 1991 – 2020 (violette Linie) (Datenquelle: Deutscher Wetterdienst (DWD))

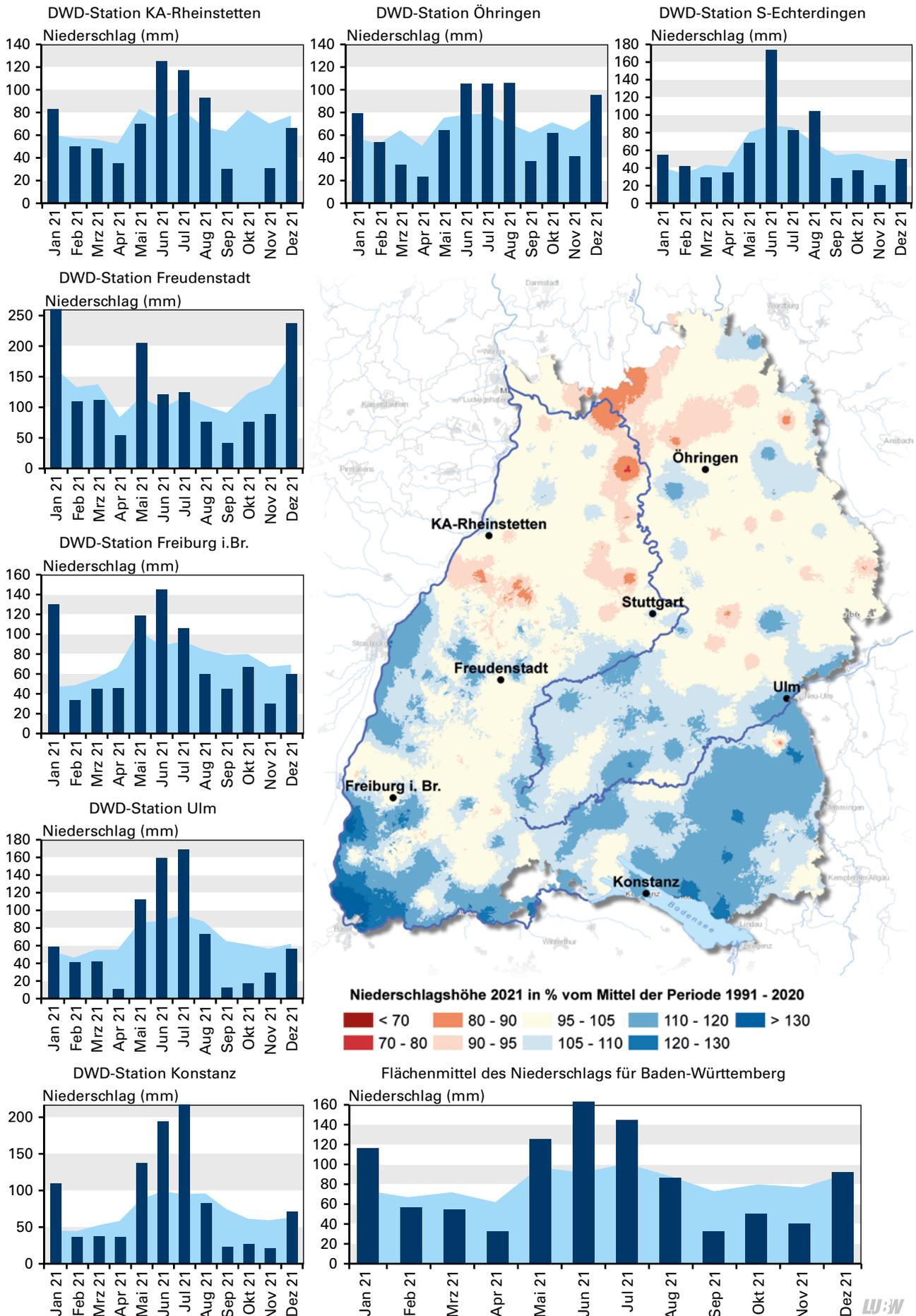


Abbildung 1.2: Monatliche Niederschlagshöhe (dunkelblaue Balken) im Jahr 2021 und mittlere Monatsniederschlagssummen der Periode 1991 – 2020 (hellblaue Flächen) an ausgewählten DWD-Stationen (Datenquelle: DWD) sowie Jahresniederschlagshöhe 2021 in % vom Mittel der Periode 1991 – 2020 (Datengrundlage: Bodenwasserhaushaltsmodell GWN-BW- 05/2022)

Nachdem im Jahr 2020 die Niederschläge deutlich unterdurchschnittlich gewesen waren, haben die Jahresniederschläge im Jahr 2021 wiederum ein mittleres Niveau erreicht. Zu Jahresbeginn war der Januar mit 116 mm (159 % des vieljährigen Mittels) sehr nass. Besonders außergewöhnlich waren jedoch die dauerhaft und landesweit ausgeprägten hohen Niederschlagsmengen zu Beginn des hydrologischen Sommerhalbjahrs bis in den Sommer hinein. Das Quartal von Mai bis Juli 2021 war mit 431 mm Niederschlag, 150 % des „normalen“ Landesmittels in diesem Zeit-

raum, sehr nass. In den Monaten davor und danach war der Niederschlag demgegenüber unterdurchschnittlich, wobei der Herbst besonders trocken ausfiel (Abbildung 1.2). Die räumliche Verteilung der Abweichung vom dreißigjährigen Mittelwert 1991 – 2020 der Niederschlagshöhe im Jahr 2021 zeigt die höchsten positiven Anomalien im südlichen und südwestlichen Landesteil; etwas unterdurchschnittlichen Niederschlag weisen Teile des Neckareinzugsgebietes im Norden des Landes auf.

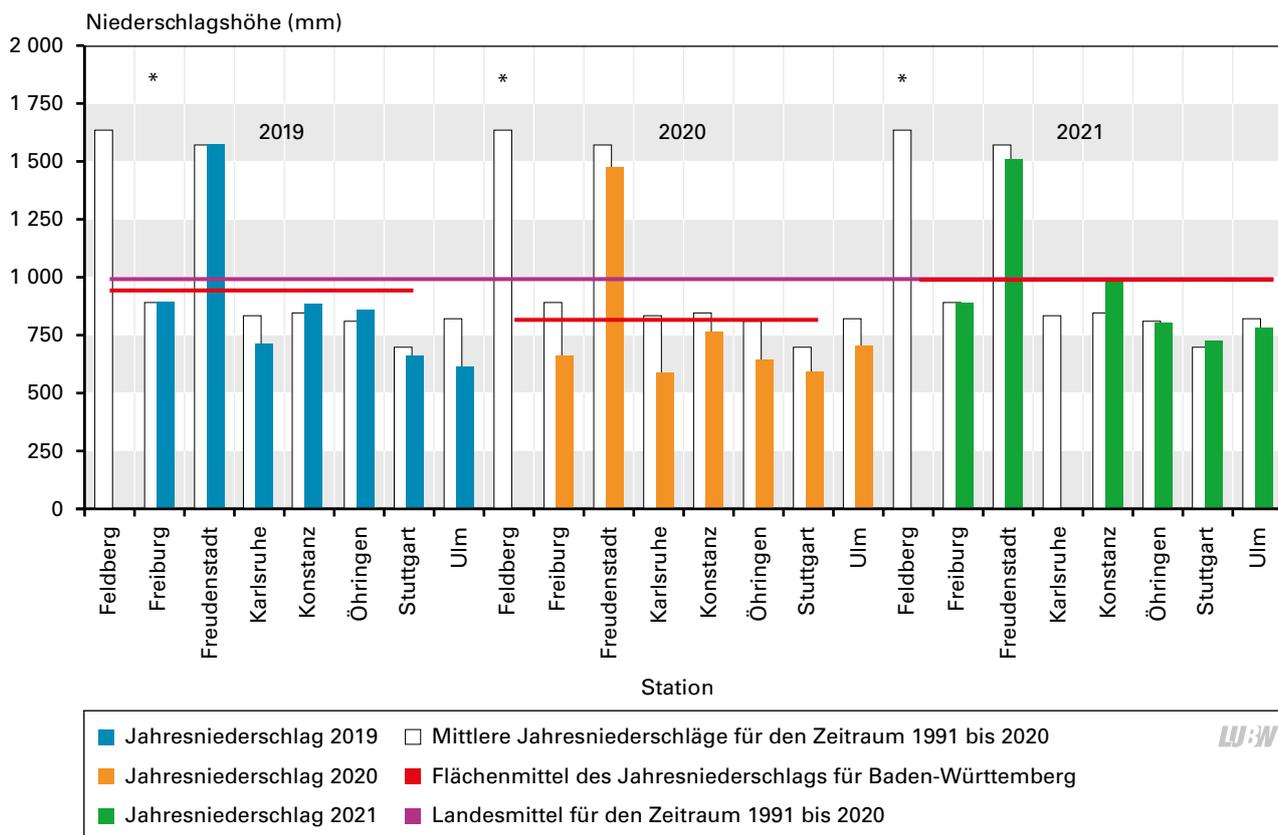


Abbildung 1.3: Jahresniederschläge an ausgewählten DWD-Stationen in Baden-Württemberg in den Jahren 2019, 2020 und 2021 im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten 1991 – 2020 (Datenquelle: DWD) *Daten unvollständig

1.2 Grundwasserneubildung aus Niederschlag 2021

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. Beim normalerweise ausgeprägten Jahresgang ist der versickernde Anteil des Winterniederschlags erheblich höher als der des Sommerniederschlags. Dies liegt insbesondere an der im Winter geringeren Verdunstung infolge der niedrigeren Lufttemperatur. Die Niederschlagsmenge im hydrologischen Sommerhalbjahr ist in Baden-Württemberg durchschnittlich etwas höher (~55 %) als jene im Winterhalbjahr (~45 %). Der Niederschlag im Sommer wird jedoch zum großen Teil durch Verdunstung aufgebraucht. So trägt das Winterhalbjahr im Mittel ca. 75 % zur jährlichen Grundwasserneubildung bei während das Sommerhalbjahr ca. 25 % beiträgt.

Die landesweite Berechnung der Sickerwasserrate mit dem Bodenwasserhaushaltsmodell GWN-BW (Grundwasserneubildung und Bodenwasserhaushalt) ergibt bezogen auf das 30-jährige Mittel von 1991 – 2020 sowohl für den Februar wie auch für die Monate Mai und Juli 2021 weit überdurchschnittliche Sickerwasserraten (Abbildung 1.4). Vor allem der April wie auch die Monate September bis November lieferten weit unterdurchschnittliche Sickerwasserraten. Der Jahresverlauf 2021 war hinsichtlich der Sickerwasserraten sehr unausgeglich und in Summe, trotz durchschnittlicher Jahresniederschlagsmenge, leicht defizitär.

Der Vergleich der Niederschlags- und Sickerwassermengen der Lysimeter Sandhausen, Rielasingen und Bonlanden 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). Zahlreiche Ganglinien zeigen einen synchronen Verlauf mit dem für das Grundwasser ausschlaggebenden Niederschlag im Winterhalbjahr. In Ausnahmefällen, wie es beispielsweise im Jahr 2021 der Fall gewesen war, können jedoch auch

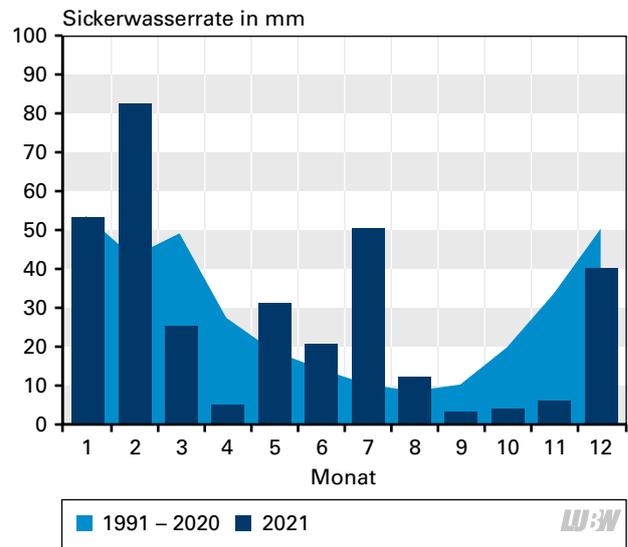


Abbildung 1.4: Jahresgang 2021 der Sickerwasserrate im Landesmittel (dunkelblaue Säulen) im Vergleich zum mittleren Jahresgang der Periode 1991 – 2020 (hellblaue Flächen) (Datengrundlage: Bodenwasserhaushaltsmodell GWN-BW 05/2022)

regenreiche Sommermonate Versickerungen bewirken. 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/Okttober wieder ab.

Zur Charakterisierung der Grundwasserneubildungsverhältnisse sind die Monatssummen der Niederschläge und die Versickerungsmengen der Jahre 2020 und 2021 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 im ersten Quartal von 2021 im Oberrheingraben, im Iller-Riß-Gebiet sowie im Singener Becken. Insbesondere die ergiebigen Niederschläge im Februar 2021 haben für eine rasche Erholung des Bodenwasserspeichers gesorgt. Anschließend waren aufgrund der nachlassenden Niederschläge bis etwa April sukzessive Rückgänge der Bodenfeuchte und der Sickerung zu verzeichnen, wobei der Neubildungsprozess nicht gänzlich unterbrochen wurde. In den darauffolgenden vier nassen Monate Mai bis August konnte der Neubildungsprozess in einem im Sommer selten beobachteten Ausmaß wieder Fahrt aufnehmen und vielerorts erhebliche Versickerungen bewirken. Mit der Einkehr der Trockenheit hat die Bodenfeuchte im Herbst rasch abgenommen und der Neubildungsprozess ist zum Ende des hydrologischen Sommerhalbjahrs zum Stillstand

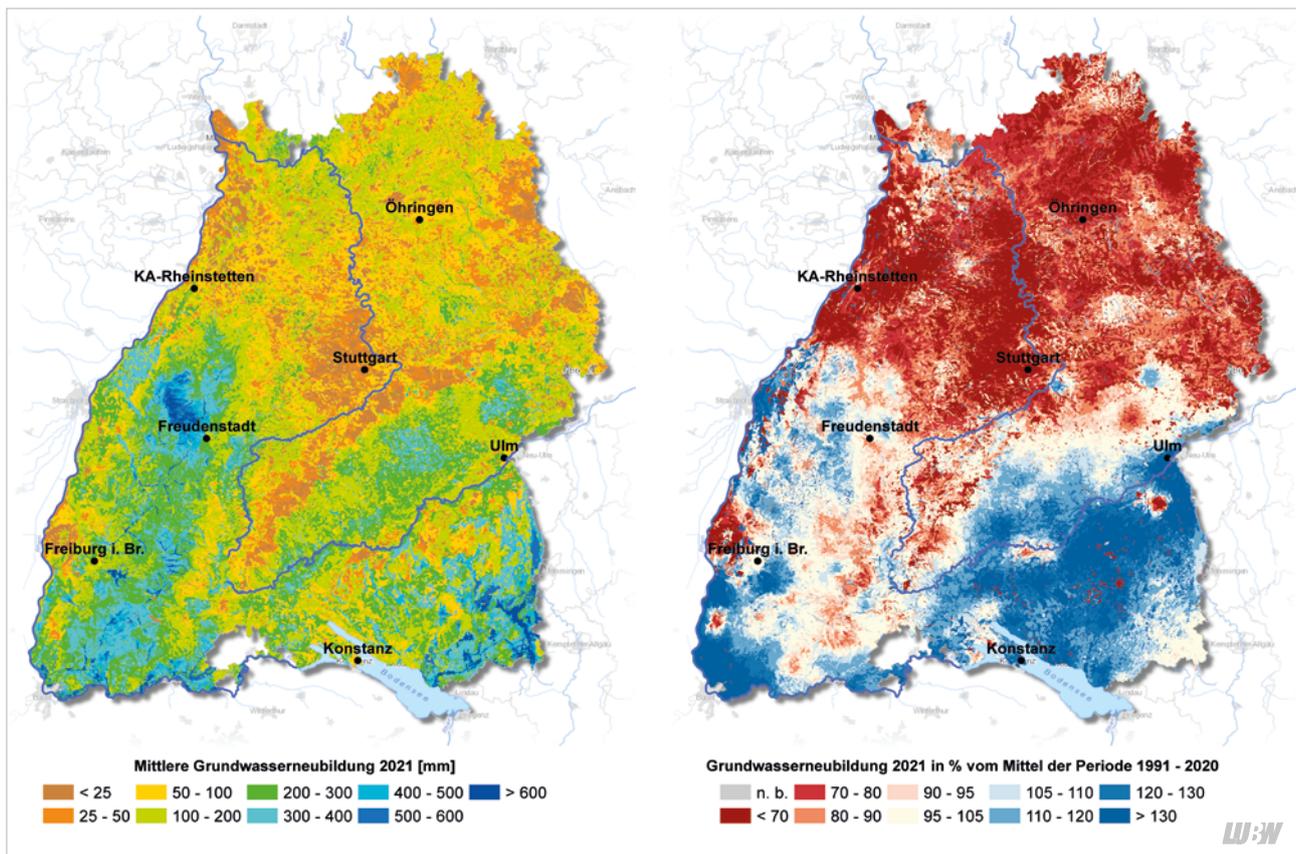
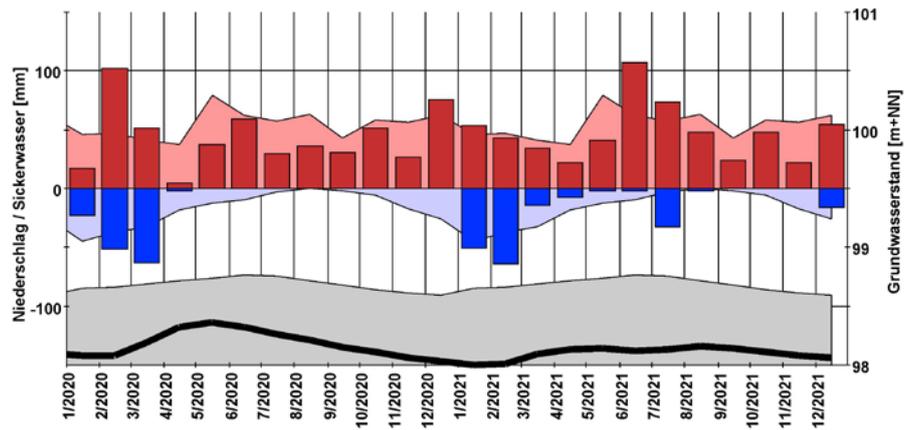
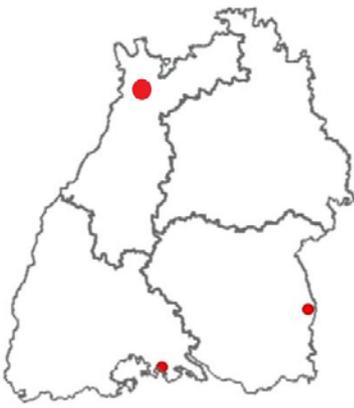


Abbildung 1.5: Verteilung der Grundwasserneubildung 2021 in mm/Jahr (links) und in % vom Mittel der Periode 1991 – 2020 (rechts) (Datengrundlage: Modell Grundwasserneubildung-Bodenwasserhaushalt 05/2022)

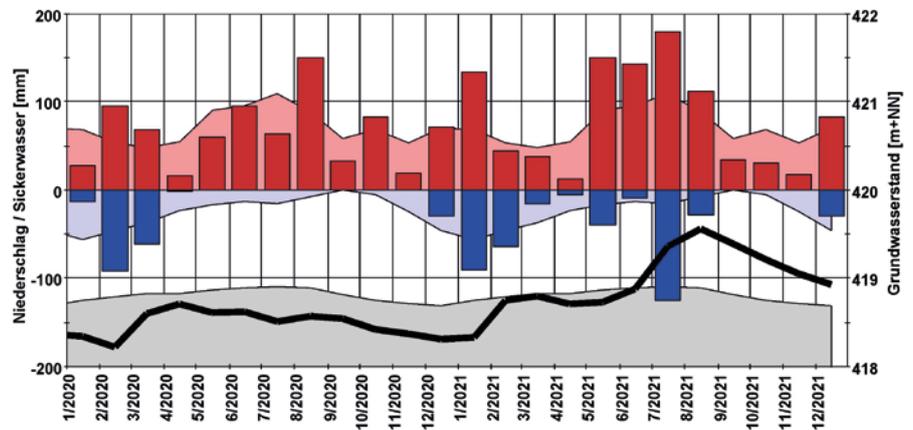
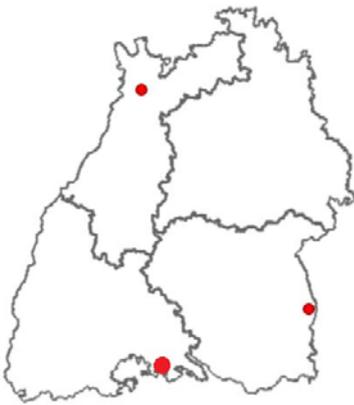
gekommen. Infolge der überdurchschnittlichen Dezemberrniederschläge haben sämtliche Lysimeteranlagen vor dem Jahresende wieder Wasser geführt.

Die räumlich detaillierte Verteilung der jährlichen Grundwasserneubildung aus Niederschlag im Jahr 2021 sowie deren Umfang bezogen auf den Mittelwert 1991 – 2020 zeigt die Abbildung 1.5. Über die nördliche Landesfläche

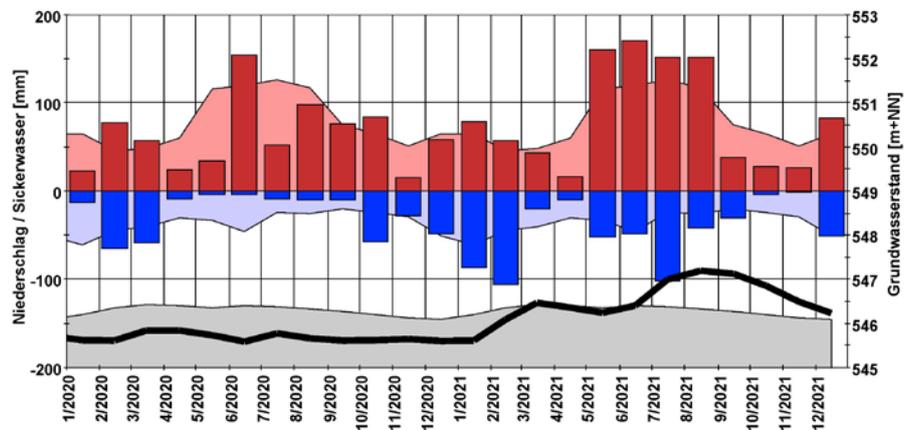
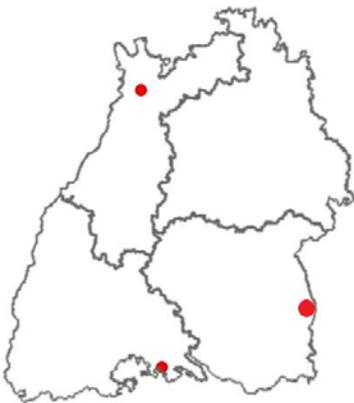
dominierten 2021 unterdurchschnittliche Grundwasserneubildungsraten während in den südwestlichen und südöstlichen Landesteilen überdurchschnittliche Raten zu verzeichnen waren. Die durchschnittliche Sickerwasser rate erreichte rund 340 mm/a (98 % vom Mittel) und die daraus resultierende Grundwasserneubildung von etwa 170 mm/a wies bezogen auf das aktuelle 30-jährige Mittel von 1991 – 2020 nahezu kein Defizit auf.



- 109/306-0 "GWM 3272, St. Ilgen (Exklave)": Grundwasserstand [m+NN] Mittelwert (Monat)
- 109/306-0 "GWM 3272, St. Ilgen (Exklave)": Grundwasserstand [m+NN] Mittelwert (langj. Monat)
- 403/306-6 "RM Sandhausen": Niederschlag [mm] Mittelwert (langj. Monat)
- 503/306-9 "LYS Sandhausen": Sickerwasser [mm] Mittelwert (langj. Monat)
- 403/306-6 "RM Sandhausen": Niederschlag [mm] Summe (Monat)
- 503/306-9 "LYS Sandhausen": Sickerwasser [mm] Summe (Monat)



- 132/422-5 "GWM DP 5 F Rößler, Singen": Grundwasserstand [m+NN] Mittelwert (Monat)
- 132/422-5 "GWM DP 5 F Rößler, Singen": Grundwasserstand [m+NN] Mittelwert (langj. Monat)
- 402/422-1 "RM Rielasingen, Rielasingen-Worblingen": Niederschlag [mm] Mittelwert (langj. Monat)
- 502/422-4 "LYS Rielasingen": Sickerwasser [mm] Mittelwert (langj. Monat)
- 402/422-1 "RM Rielasingen, Rielasingen-Worblingen": Niederschlag [mm] Summe (Monat)
- 502/422-4 "LYS Rielasingen": Sickerwasser [mm] Summe (Monat)



- 193/769-2 "GWM 1 Erolzheim": Grundwasserstand [m+NN] Mittelwert (Monat)
- 193/769-2 "GWM 1 Erolzheim": Grundwasserstand [m+NN] Mittelwert (langj. Monat)
- 401/769-3 "RM Bonlanden, Berkheim": Niederschlag [mm] Mittelwert (langj. Monat)
- 501/769-0 "LYS Bonlanden, Berkheim": Sickerwasser [mm] Mittelwert (langj. Monat)
- 401/769-3 "RM Bonlanden, Berkheim": Niederschlag [mm] Summe (Monat)
- 501/769-0 "LYS Bonlanden, Berkheim": Sickerwasser [mm] Summe (Monat)



Abbildung 1.6: Niederschlag, Sickerung und Grundwasserstand an ausgewählten Lysimeteranlagen 2020 und 2021 im Vergleich zu 20-jährigen Monatsmittelwerten (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank)

1.3 Grundwasservorräte 2021

1.3.1 Allgemein

Im Folgenden werden die regionale und landesweite Zustandsentwicklung der Grundwasservorräte beschrieben und die im Jahr 2021 beobachteten Tendenzen dargestellt. In Abbildung 1.7 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 Grundwasserstände und Quellschüttungen im **Hochrheintal, Wiesental und Klettgau** sind im Jahresverlauf von 2021 wiederholt – zu Jahresbeginn, in Frühjahr und Sommer – auf vieljährige Höchstwerte angestiegen und schwankten ansonsten innerhalb des Normalbereichs. Nach rückläufigen Verhältnissen ab dem Herbst sind die Grundwasserstände kurzfristig auf ein überdurchschnittliches Niveau angestiegen (Messstelle 102/073-1 in Abbildung 1.7). Die 20-jährigen Trends der Grundwasserstandsmessstellen sind mehrheitlich rückläufig und die Quellschüttungen sind ausgeglichen.

Nach steilen Anstiegen zum Jahresbeginn 2021 verliefen die Grundwasserstände im **südlichen Oberrheingraben** und in der Freiburger Bucht permanent im oberen Normalbereich und zeitweise darüber. Vielerorts wurden langjährige Höchstwerte erreicht. Zum Jahreswechsel waren die Grundwasserverhältnisse leicht rückläufig bis stabil und bewegten sich auf etwa mittlerem Niveau (Messstelle 121/020-0 in Abbildung 1.7). Die 20-jährigen Entwicklungstendenzen sind überwiegend leicht rückläufig.

Nach den steilen Anstiegen im ersten Quartal von 2021 haben sich die Verhältnisse im Bereich des **mittleren Oberrheins** im weiteren Jahresverlauf innerhalb des Normalbereichs bewegt. Die starken Sommerniederschläge haben wiederum rasche Anstiege bereichsweise bis auf das vieljährige Höchstniveau bewirkt. Der weitere Jahresver-

lauf war unauffällig, wobei signifikante Anstiege pünktlich zu Beginn des hydrologischen Winterhalbjahrs eingetreten sind (Messstelle 124/163-8 in Abbildung 1.7). Die 20-jährigen Trends sind leicht rückläufig.

Die Grundwasserstände im **nördlichen Oberrhein** und insbesondere im Rhein-Neckar-Raum weisen abgesehen von den rheinnahen Standorten eine geringe Schwankungsdynamik auf. Die Ende 2020 niedrigen Verhältnisse haben sich zu Jahresbeginn niederschlagsbedingt leicht erholt, waren jedoch im weiteren Jahresverlauf dauerhaft unterdurchschnittlich innerhalb des unteren Normalbereichs und darunter. Die Sommerniederschläge haben für eine weitere Entspannung gesorgt. Die Erholungsphase war jedoch temporär. Bereits ab August waren sich die Grundwasserstände auf rückläufigem Kurs und bewegten sich zu Jahresende wiederum auf unterdurchschnittlichem Niveau (Messstelle 119/307-5 in Abbildung 1.7). Die rheinnahen Messstellen bewegten sich hingegen im gesamten Jahresverlauf überwiegend im oberen Normalbereich. Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist in Rheinnähe wenig ausgeprägt, wobei an den rheinfernen Standorten rückläufige Verhältnisse zu beobachten sind.

Auch im **Singener Becken und Bodenseebecken** sowie im Argendelta waren zunächst im ersten Quartal 2021 und später im Sommer zwei getrennte Anstiegsphasen zu verzeichnen, wobei die Sommeranstiege, die bereichsweise die vieljährigen Montasmaxima erreichten, deutlich markanter ausfielen. Die Grundwasservorräte bewegten zum Jahresende 2021 meist im oberen Normalbereich (Messstelle 602/521-3 in Abbildung 1.7). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

Die Grundwasserverhältnisse im **Rifstal und in Oberschwaben** entsprachen im Jahr 2021 insgesamt den Entwicklungstendenzen im Bodenseebecken mit dauerhaft unterdurchschnittlichen Verhältnissen. Zum Jahresende wurden vielerorts niederschlagsbedingte Anstiege beobachtet. Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist unauffällig.

Die Grundwasserstandsentwicklung in den quartären Talfüllungen des **Donautals** spiegelt das Niederschlagsgeschehen wider. Die Grundwasserstände haben sich daher im ersten Quartal 2021 zunächst deutlich erholt, bevor ein rapider Rückgang zu verzeichnen war. In Früh-

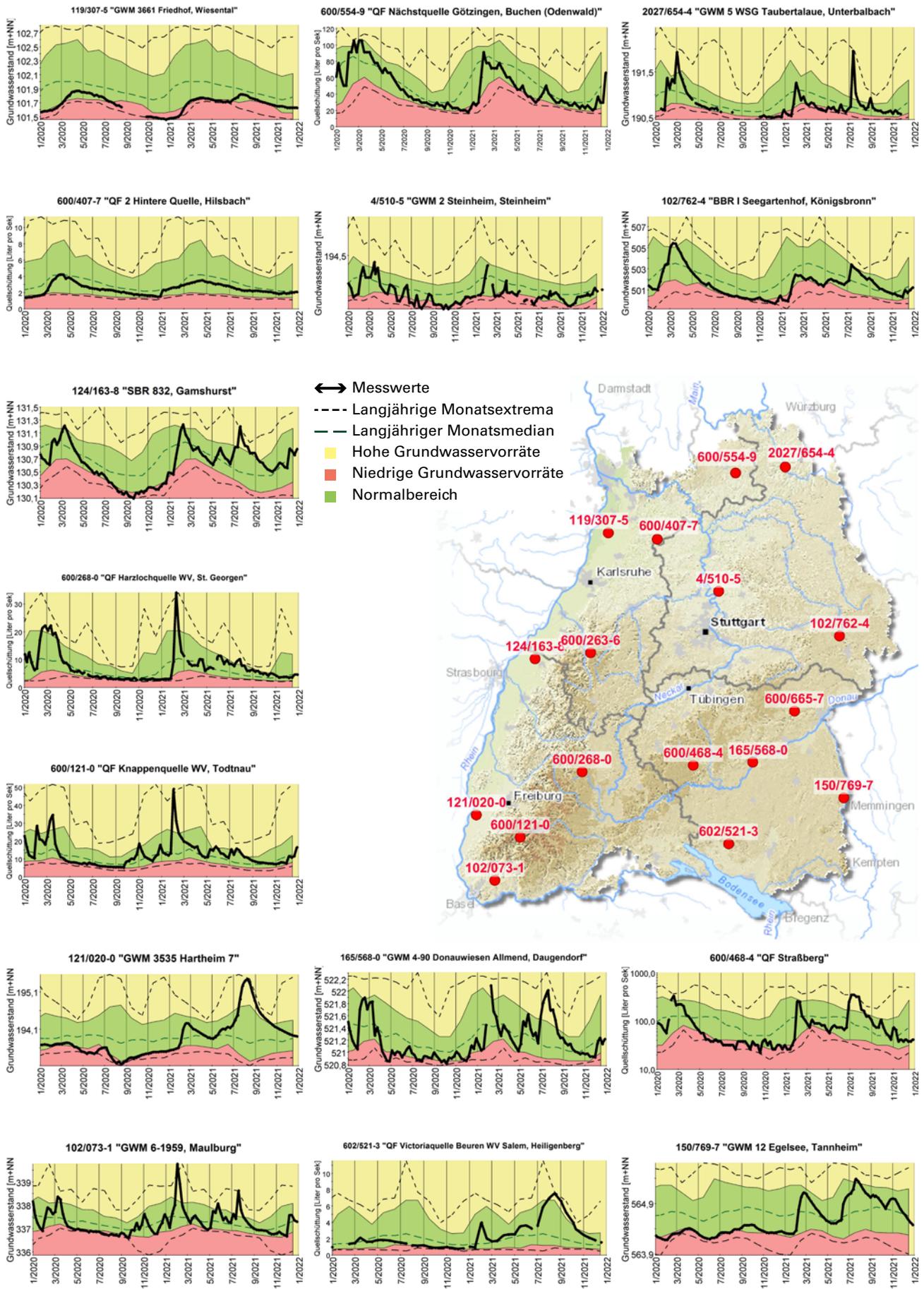


Abbildung 1.7: Grundwasserstand/Quellschüttung und zugehöriger Normalbereich aus 20 Beobachtungsjahren an ausgewählten Grundwassermessstellen im Zeitraum Januar 2020 bis Dezember 2021 (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank)

jahr und Sommer haben wiederholte Regenschauer starke Schwankungen der Grundwasserstände innerhalb des Normalbereichs und darüber bewirkt. Nach den herbstlichen Rückgängen auf ein unterdurchschnittliches Niveau wird das Jahresende durch markante Anstiege charakterisiert (Messstelle 165/568-0 in Abbildung 1.7). Die 20-jährigen Trends sind überwiegend leicht rückläufig.

Nach markanten Anstiegen auf ein überdurchschnittliches Niveau zum Jahresbeginn 2021 bewegten sich die Grundwasserstände im **Illertal und im Bereich der Leutkircher Heide** im weiteren Jahresverlauf überwiegend im oberen Normalbereich. Die untypischen niederschlagsbedingten Anstiege im Juli haben den Grundwasserverhältnissen neue Impulse gegeben, so dass in diesem Bereich keine Niedrigwassersituation im weiteren Jahresverlauf entstand (Messstelle 150/769-7 in Abbildung 1.7). Die 20-jährigen Trends sind überwiegend leicht rückläufig.

Die Grundwasserstände und Quellschüttungen im Karst-aquifer der **Schwäbischen Alb** reagieren zeitnah auf Niederschlagsereignisse. Dies spiegelt sich in der Grundwasser-dynamik wider, wobei ausgeprägte Rückgangsphasen und steile Anstiegsphasen alternieren. Die starken Niederschläge zum Jahresbeginn 2021 hatten kurzfristige Anstiege auf überdurchschnittliche Grundwasserstände zur Folge. Die überdurchschnittlichen Verhältnisse waren nicht von Dauer. Die 2. Jahreshälfte verlief gleichermaßen, wobei dauerhafte Rückgänge auf die steilen Anstiege im Juli folgten. Zum Jahresende bewegten sich die Grundwasserverhältnisse auf unterdurchschnittlichem Niveau jedoch noch innerhalb des Normalbereichs (Messstelle 600/468-4 in Abbildung 1.7). Der 20-jährige Trend ist unauffällig bis leicht rückläufig.

Im Bereich der **Ostalb** fallen zwei Grundwasseranstiege im Januar und im Juli 2021 auf. Grundwasserstände und Quellschüttungen schwankten ansonsten im gesamten Jahresverlauf unauffällig innerhalb des Normalbereichs (Messstelle 102/762-4 in Abbildung 1.7 und Messstelle 600/665-7 in Abbildung 1.8). Die 20-jährigen Trends sind – bereichsweise signifikant – rückläufig.

Sowohl die Grundwasserstände im **Neckarbecken** als auch die Quellschüttungen in den Schwäbisch-Fränkischen Waldbergen spiegeln im Jahr 2021 das Niederschlagsge-

schehen wider. Die anhaltend unterdurchschnittlichen Grundwasserverhältnisse haben sich im Jahresverlauf immer wieder kurz erholt. Zum Jahresende entsprechen die Grundwasserverhältnisse den langjährigen Erfahrungswerten (Messstelle 4/510-5 in Abbildung 1.7). Die 20-jährige Entwicklungstendenz der Grundwasserstände sind überwiegend leicht rückläufig und die Quellen sind trendfrei.

Die Entwicklung der Grundwasserstände im Bereich der Flusstäler von **Tauber, Kocher und Jagst** ist von den Abflussbedingungen der benachbarten Fließgewässer geprägt. Signifikante Anstiege zum Jahresbeginn von 2021 hatten lediglich kurzzeitige Auswirkungen und die Grundwasserverhältnisse bewegten sich nach wenigen Wochen wieder auf niedrigem Niveau. Diese ungünstige Situation entspannte sich sehr rasch und unerwartet in der zweiten Jahreshälfte, nachdem starke Sommerniederschläge steile Grundwasseranstiege, z. T. bis auf langjährige Höchstwerte bewirkten. Die Nachwirkungen der Anstiege waren dauerhafter als in der ersten Jahreshälfte, wobei sich der Grundwasserspiegel im weiteren Jahresverlauf innerhalb des Normalbereichs mit rückläufiger Tendenz entwickelte. Zum Jahresende bewegten sich die Grundwasserstände überwiegend auf mittlerem Niveau (Messstelle 2027/654-4 in Abbildung 1.7). Die 20-jährigen Entwicklungstendenzen sind leicht rückläufig.

Abgesehen von den kurzzeitigen niederschlagsbedingten Anstiegen zu Jahresbeginn und im Sommer bewegten sich die Grundwasserstände und die Quellschüttungen in den Festgesteinen von **Nord-Württemberg und Odenwald** im Jahr 2021 im unteren Normalbereich auf unterdurchschnittlichem Niveau. Ende 2021 waren erneut signifikante Zunahmen zu verzeichnen (Messstelle 600/554-9 in Abbildung 1.7). Die langjährige Entwicklungstendenz ist ausgewogen.

Die Grundwasserverhältnisse sind im **Kraichgau** seit einigen Jahren angespannt. Die in den anderen Landesteilen wirksamen Niederschlagsepisoden hatten vergleichsweise mäßige Auswirkungen auf die Grundwasserstände und Quellschüttungen im Kraichgau. Das Jahr 2021 verlief daher bis zum Jahresende permanent unterdurchschnittlich innerhalb des unteren Normalbereichs (Messstelle 600/407-7 in Abbildung 1.7). Im Kraichgau nimmt die Anzahl der Messstellen mit rückläufigen 20-jährigen Trends weiter zu.

Die Quellen im **Schwarzwald** haben überwiegend kleinräumige Einzugsgebiete und weisen ausgeprägte, niederschlagsbedingte Schüttungsschwankungen auf. Nach den landesweit üblichen Anstiegen zu Jahresbeginn entwickelten sich die Schüttungen bis in den Herbst 2021 rückläufig. Die Auswirkungen der Sommerniederschläge waren örtlich sehr unterschiedlich und konnten Schüttungsrückgänge auf niedrige Verhältnisse verhindern. Die gemessenen Anstiege ab November haben zum Jahresende entscheidend dazu beigetragen, dass die berechneten Jahresmittelwerte in diesem Bereich durchschnittlich ausgefallen sind (Messstellen 600/121-0 und 600/268-0 in Abbildung 1.7 sowie 600/263-6 in Abbildung 1.8). Die 20-jährigen Trends sind ausgeglichen oder leicht rückläufig.

Eine Gesamtschau auf die quantitativen Grundwasserhältnisse 2021 lässt sich auf der Grundlage 20-jähriger Beobachtungsreihen durchführen. In Abbildung 1.9 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. Das Berichtsjahr 2021 wird als Linie dargestellt.

Die Abbildung 1.10 zeigt die messstellenbezogene Beurteilung der quantitativen Grundwasserhältnisse auf der Grundlage der Mittelwerte im Jahr 2021 im 20-jährigen Vergleich. Darüber hinaus wurden zur Beurteilung der Entwicklungstendenzen die linearen 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 Grundwasserhältnissen. Die Symbole stehen für den zunehmenden, gleichbleibenden bzw. abnehmenden Trend.

1.3.3 Quantitative Entwicklung

Im Jahr 2021 waren mehrere Grundwasseranstiegsphasen zu verzeichnen, im Einzelnen zu Jahresbeginn, im Sommer sowie zu Jahresende. Im hydrologischen Sommerhalbjahr sind Grundwasseranstiege selten und im Regelfall unerheblich. Markenzeichen des grundwasserhydrologischen Jahrs waren deshalb die unerwarteten und steilen Grundwasseranstiege, örtlich bis auf vieljährige Höchstwerte, im Juli und teilweise im August. Die Zunahmen waren an den gewässernahen Grundwasserstandsmessstellen besonders eindrucksvoll, wobei die Quellen und die tiefen Messstellen gedämpfter und zeitverzögert auf die Sommerniederschläge angesprochen haben. Die Grundwasserstände und Quellschüttungen waren zwischen den einzelnen Anstiegsphasen aufgrund unterdurchschnittlicher Niederschläge rückläufig, erreichten jedoch zu keinem Zeitpunkt das extrem niedrige Niveau aus den vorangegangenen Jahren.

Nachdem die geringen Frühjahrsniederschläge den zum Jahresbeginn wirksamen Versickerungsprozess innerhalb weniger Wochen unterbunden hatten, wurde binnen weniger Wochen verbreitet ein unterdurchschnittliches Niveau erreicht (Abbildung 1.9). Dank der neuen Impulse durch die starken Sommerniederschläge konnten sich die Grundwasservorräte jedoch kurzfristig erholen und bewegten sich im weiteren Jahresverlauf überwiegend innerhalb

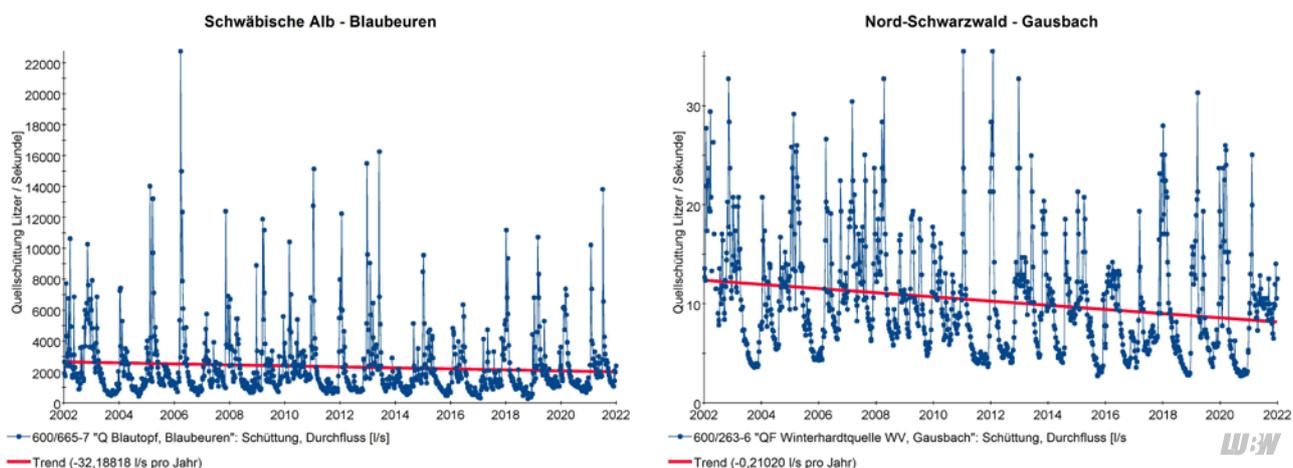


Abbildung 1.8: Ganglinien ausgewählter Grundwassermessstellen mit Trendbetrachtung 2002 – 2021; die Lage der Messstellen geht aus Abbildung 1.7 hervor (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank)

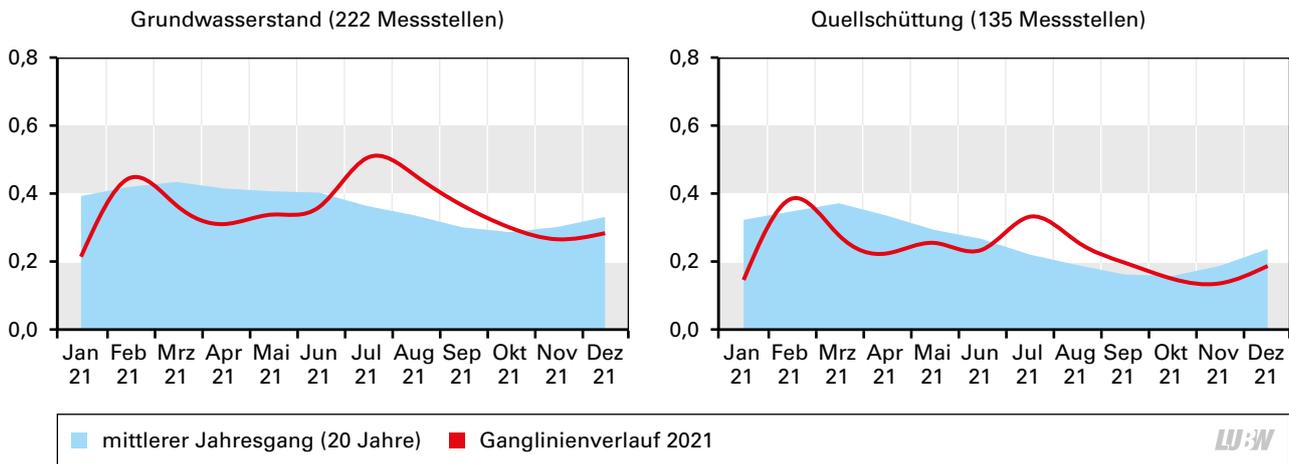


Abbildung 1.9: Mittlerer normierter Jahresverlauf von Quellschüttung und Grundwasserstand im vieljährigen Mittel (2002 – 2021) und im Jahr 2021 (schematisch) (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank)

des Normalbereichs. Die Dezemberriederschläge haben für eine weitere Entspannung der quantitativen Grundwassersituation gesorgt. Die Grundwasservorräte entsprachen zum Jahresende dadurch etwa langjährig mittleren Verhältnissen. 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 2021 auf höherem Niveau als im vorangegangenen Jahr. Die Grundwasservorräte haben in diesem Jahr auf unterdurchschnittlichem Niveau zu steigen begonnen und sich nach kurzzeitigen mittleren Verhältnissen in der ers-

ten Jahreshälfte überwiegend im unteren Normalbereich bewegt. Infolge der starken Sommerniederschläge hat sich die Situation in der zweiten Jahreshälfte entspannter weiterentwickelt. Im jährlichen Landesmittel waren die Grundwasservorräte etwa durchschnittlich, wobei sich ein deutliches Süd-Nord-Gefälle herauskristallisierte. In der südlichen Landeshälfte und im Oberrheingraben waren 2021 leicht überdurchschnittliche, hingegen in der nördlichen Landeshälfte nach wie vor unterdurchschnittliche Grundwasservorräte zu verzeichnen (Abbildung 1.10). Die Messstellen zeigten bei den Quellen und den meisten Grundwasserständen einen ausgeglichenen 20-jährigen Trend, wobei die Anzahl der Messstellen mit rückläufiger Tendenz wächst.

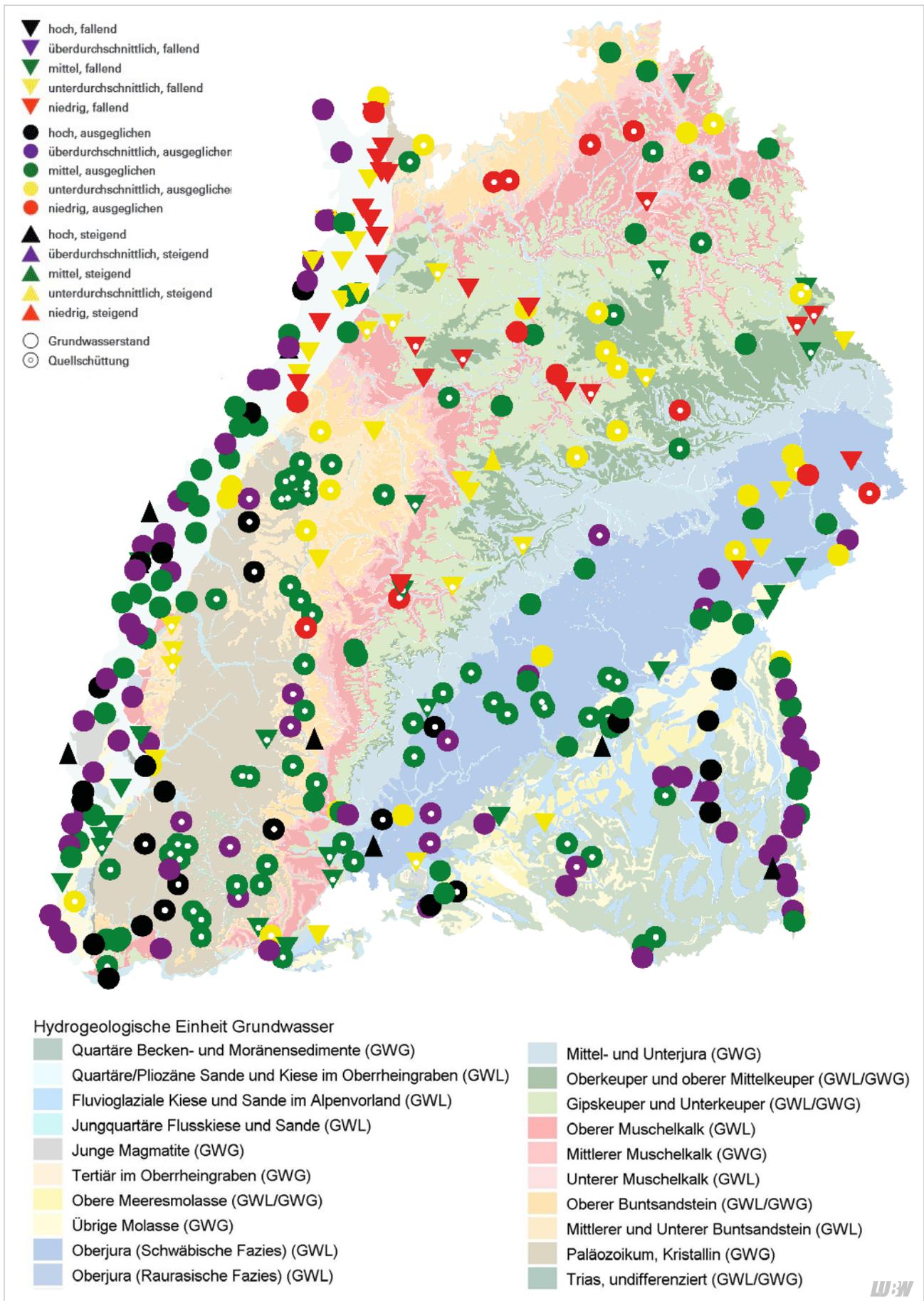


Abbildung 1.10: Zustand und Trendverhalten der Grundwasserverhältnisse 2021 (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank; GWG = Grundwassergeringleiter, GWL = Grundwasserleiter)

2 Grundwasserbeschaffenheit

Das qualitative Grundwassermessnetz (Landesmessnetz Beschaffenheit) 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, unterschiedlich genutzten Brunnen wie Beregnungsbrunnen und Brauchwasserbrunnen von privaten Nutzern sowie Rohwasserbrunnen für die Trinkwassergewinnung von Wasserversorgungsunternehmen. Für eine Verursacher-bezogene Auswertung der Messdaten sind die Messstellen des Landesmessnetz Beschaffenheit seit Ende 2020 in ein Teilmessnetz Geogener Hintergrund (früher Basismessnetz) und vier Emittenten-orientierte Teilmessnetze aufgeteilt (Tabelle 2.1). In der LUBW-Publikation „Grundwassermessnetze: Rahmen und Definitionen“ werden die genannten Messnetze näher beschrieben.

In den nachstehenden Kapiteln werden folgende Ergebnisse aus dem gesamten Landesmessnetz Beschaffenheit dargestellt:

- Nitrat von 2021; teilweise wurden auch Messdaten aus dem Kooperationsmessnetz Wasserversorgung ausgewertet.
- Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (LHKW) von 2019 bis 2020
- BTEX-Aromaten von 2019 bis 2020
- Benzinzusatzstoffe MTBE/ETBE von 2019 bis 2020
- metallische Spurenstoffe von 2019 bis 2020

2.1 Nitrat 2021

2.1.1 Hintergrund

Nitrat ist ein grundlegender Nährstoff für die Pflanzenernährung und -produktion. Grundwasser enthält von Natur aus wenig Nitrat, da in Gesteinen und in naturbelassenen Bö-

den nur wenig leicht verfügbarer Stickstoff enthalten ist. Erst durch den Einsatz großer Mengen stickstoffhaltiger Dünger in Landwirtschaft und Gartenbau reichert sich Nitrat im Boden an. Dabei werden anorganische Dünger/Mineraldünger und organische Dünger – wie Gülle, Jauche, Mist – verwendet. Weitere stickstoffhaltige Düngemittel sind Gärreste und Komposte, welche aus der Verwertung organischer Abfälle in Biogas- und Kompostanlagen stammen.

Der Großteil der Nitratreinträge 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 von untergeordneter Bedeutung – stellt in fließgewässernahem Grundwasser das in Fließgewässer eingeleitete gereinigte Abwasser dar. In 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: Bei sauerstoffarmen und sauerstofffreien Bedingungen kann Nitrat zu Nitrit, Ammonium und Stickstoffgasen reduziert werden.

Tabelle 2.1: Teilmessnetze des Landesmessnetz Beschaffenheit (Stand 03/2022)

Abkürzung	Bezeichnung	Zielsetzung	Messstellen Anzahl
ALLE	Landesmessnetz Beschaffenheit	landesweiter Überblick	1 893
GEO	Geogener Hintergrund	anthropogen kaum beeinflusste Beschaffenheit	213
EI	Emittenten Industrie	Beschaffenheit im Einflussbereich von Industriestandorten	266
EL	Emittenten Landwirtschaft	Beschaffenheit im Einflussbereich von landwirtschaftlicher Nutzung	926
ES	Emittenten Siedlung	Beschaffenheit im Einflussbereich von Siedlungen	306
SE	Sonstige Emittenten	Beschaffenheit bei weiteren bzw. gemischten anthropogenen Einflüssen	182

2.1.2 Bewertungsgrundlagen

Für Nitrat besteht eine Reihe von rechtlichen Regelungen (Tabelle 4.4). Für die Auswertung wurden der Schwellenwert (SW) der Grundwasserverordnung (GrwV) von 50 mg/l (entspricht dem Grenzwert (GW) der Trinkwasserverordnung (TrinkwV)) sowie der Warnwert (WW) des Grundwasser-Überwachungsprogramms von 37,5 mg/l (entspricht 75 % des Schwellenwertes) herangezogen.

2.1.3 Ergebnisse und Bewertung

In 2021 wurde Nitrat im gesamten Landesmessnetz Beschaffenheit (rund 1 900 Messstellen) untersucht. Der Schwellenwert für Grundwasser wurde an 157 (8,4 %) und der Warnwert an 343 (18 %) der Messstellen überschritten (Tabelle 2.2). Der Höchstwert betrug 199 mg/l Nitrat. 90 % der Messstellen lagen unter 47,4 mg/l Nitrat. Die verschiedenen Teilmessnetze zeigten dabei sehr unterschiedliche Belastungsniveaus (Tabelle 2.2, Abbildung 2.1): Das Teil-

messnetz Geogener Hintergrund, welches aus anthropogen möglichst wenig beeinflussten Messstellen besteht, hatte das niedrigste Belastungsniveau mit einem Mittelwert von 6,4 mg/l und keiner Schwellen- /Warnwertüberschreitung. Das Teilmessnetz Landwirtschaft wies mit einem Mittelwert von 31 mg/l das höchste Belastungsniveau aller Teilmessnetze auf; der Schwellenwert wurde in 2021 an 15 % der Messstellen überschritten, der Warnwert an 31 %.

Die großräumige regionale Verteilung der Nitratbelastung hinsichtlich der Belastungsschwerpunkte stellt sich in 2021 im Vergleich zu den Vorjahren nahezu unverändert dar (Abbildung 2.2). 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

Tabelle 2.2: Ergebnisse der Nitrat-Untersuchungen 2021 im Landesmessnetz Beschaffenheit sowie seinen Teilmessnetzen

	ALLE	Geogen	Industrie	Landwirtschaft	Siedlung	Sonstige
Anzahl der ausgewerteten Messstellen	1863	211	260	917	297	178
Mittelwert in mg/l	23	6,4	16	31	17	22
Medianwert in mg/l	19	5,4	16	28	16	19
Überschreitungen des Warnwertes (37,5 mg/l) in % der Messstellen	18	0	4,2	31	5,4	16
Überschreitungen des Schwellenwertes (50 mg/l) in % der Messstellen	8,4	0	0,4	15	2,0	7,9

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 08/2022

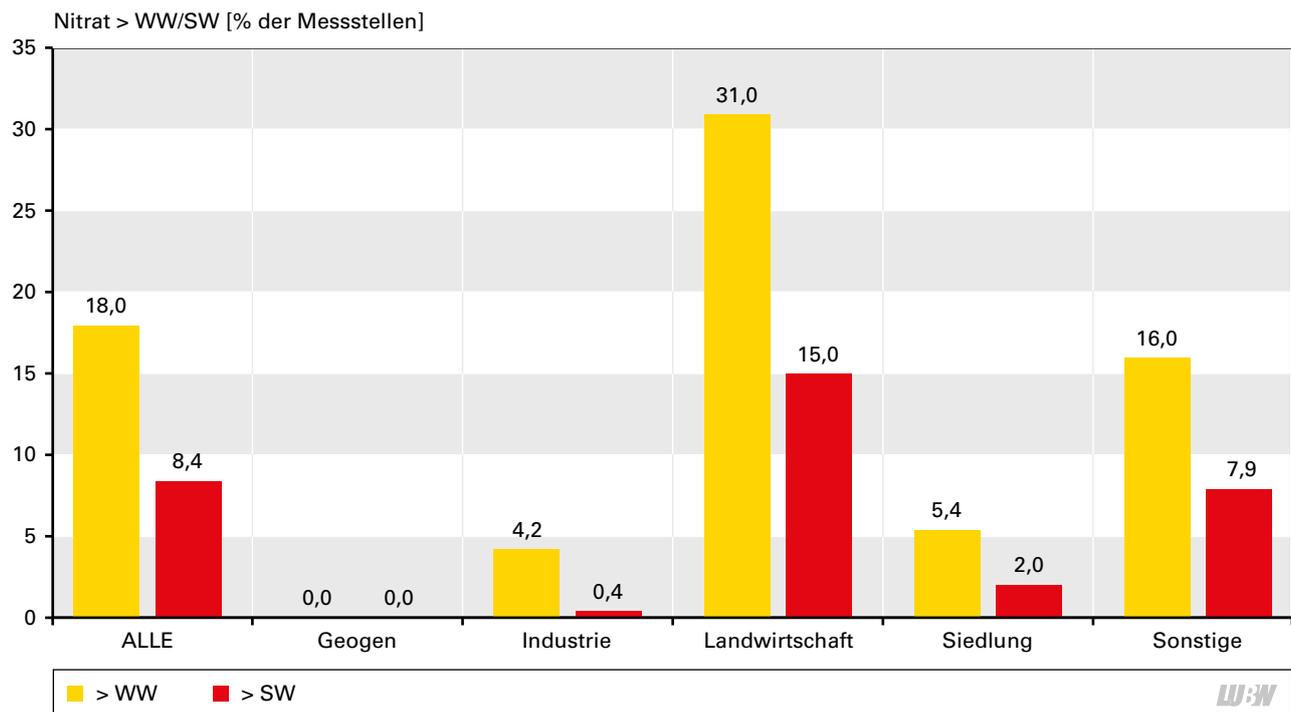


Abbildung 2.1: Prozentualer Anteil der Messstellen mit Überschreitung von Warnwert (WW: 37,5 mg/l) und Schwellenwert (SW: 50 mg/l) für Nitrat im Landesmessnetz Beschaffenheit mit den Teilmessnetzen im Jahr 2021 (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 08/2022)

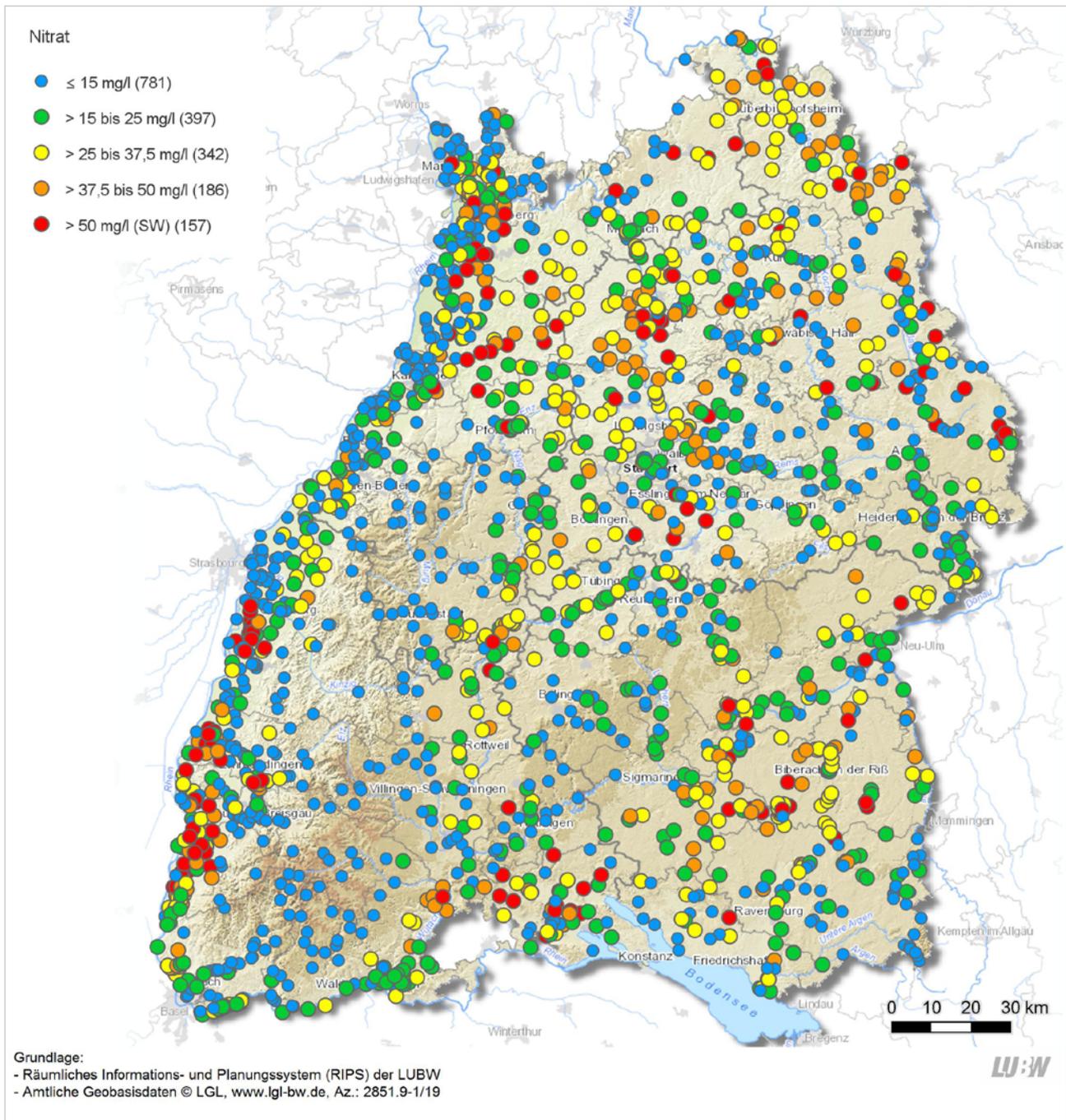


Abbildung 2.2: Nitratgehalte im Landesmessnetz Beschaffenheit 2021; die Zahlen in Klammern geben die Anzahl der Messstellen in der jeweiligen Konzentrationsklasse an (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 08/2022)

erhöhten Nitratkonzentrationen wie das Singener Becken, das mittlere 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.

2.1.4 Zeitliche Entwicklungen

In 2021 zeigten die statistischen Kennwerte Mittelwert, Median sowie Überschreitungshäufigkeit von Schwellenwert und Warnwert einen leichten Anstieg im Vergleich zum Vorjahr (Tabelle 2.3, Abbildung 2.3). Mittelwert und Me-

dian stagnieren somit seit 2013, während die Überschreitungshäufigkeit des Schwellenwertes seit 2013 zurückgeht. Die Überschreitungshäufigkeit des Warnwertes zeigte in 2013 einen deutlichen Anstieg sowie in 2017 eine deutliche Abnahme; in 2021 liegt sie wieder auf dem Niveau von 2017. Die vergleichsweise niedrigen Kennwerte im Jahre 2012 bzw. der Anstieg im Jahr 2013 wurden mit dem Trockenjahr 2011 erklärt, welches die Nitratverlagerung in das Grundwasser zeitlich verzögerte: Das im Trockenjahr 2011 im Boden gespeicherte Nitrat gelangte erst in den nasserer Folgejahren ins Grundwasser (siehe auch den Bericht zu den Ergebnissen 2013).

Tabelle 2.3: Statistische Kennzahlen Nitrat 2012 bis 2021 im Landesmessnetz Beschaffenheit (ab 2018: Median aus allen Messwerten pro Messstelle pro Jahr; bis 2017: ein Wert pro Messstelle)

	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Anzahl der ausgewerteten Messstellen	1 747	1 776	1 758	1 718	1 755	1 764	1 795	1 766	1 851	1 863
Mittelwert in mg/l	22,5	23,6	23,2	22,5	22,8	22,6	22,6	22,3	22,3	23,0
Medianwert in mg/l	17,0	18,8	18,4	18,0	18,2	18,2	18,5	18,0	18,1	18,9
Überschreitungen des Warnwertes (37,5 mg/l) in % der Messstellen	19,1	20,7	19,9	20,1	20,2	18,4	18,9	17,8	17,8	18,4
Überschreitungen des Schwellenwertes (50 mg/l) in % der Messstellen	10,0	10,2	10,0	9,7	9,4	9,8	9,0	8,8	8,3	8,4

Datengrundlage 2021: Grundwasserdatenbank 08/2022; bis 2020: Veröffentlichte Berichte zum Grundwasser-Überwachungsprogramm

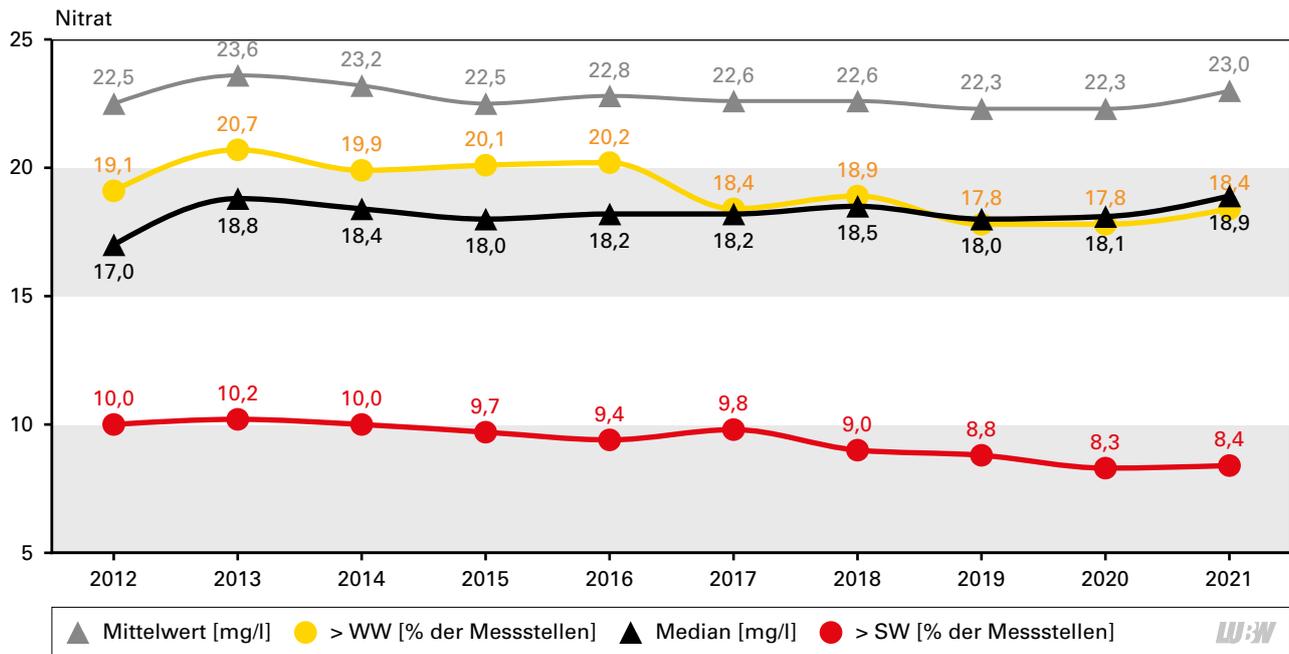


Abbildung 2.3: Statistische Kennzahlen Nitrat 2012 bis 2021 im Landesmessnetz Beschaffenheit (ab 2018: Median aus allen Messwerten pro Messstelle pro Jahr; bis 2017: ein Wert pro Messstelle; Datengrundlage 2021: Grundwasserdatenbank 08/2022; bis 2020: Veröffentlichte Berichte zum Grundwasser-Überwachungsprogramm)

Durch technische Ausfälle einzelner Messstellen und die Herausnahme von Messstellen aus dem Messnetz gibt es immer weniger konsistente Messstellen, d. h. identische Messstellen, die über einen langen Zeitraum regelmäßig untersucht wurden. Da die Analyse von zeitlichen Trends bei konsistenten Messstellen belastbarer ist, wurde für den Zeitraum 1994 – 2021 mit konsistenten Messstellen ausgewertet. Auch diese Auswertung zeigt einen Anstieg der Nitrat-Mittelwerte in 2021 im Vergleich zum Vorjahr (Abbildung 2.4).

Dieser Anstieg kann auf den schon seit vielen Jahren beobachteten Zusammenhang der Nitratgehalte mit Niederschlagsmenge und Witterungsverlauf zurückgeführt werden. In 2018 und 2020 waren die mittleren Jahresniederschläge in Baden-Württemberg besonders niedrig, während 2021 das erste Jahr seit 2013 mit durchschnittlichen Jahresniederschlägen war (Abbildung 1.1). Zwischenzeitli-

che Anstiege wurden auch in 1999, 2005 – 2007 sowie 2013 beobachtet. Diesen gingen in der Regel relativ trockene Jahre (1997, 2003, 2011) voraus. In trockenen Jahren mit wenig Sickerwasserbildung und niedrigen Grundwasserständen wird vergleichsweise mehr Stickstoff im Boden gespeichert. In darauffolgenden Jahren mit normalen oder erhöhten Niederschlagsmengen mit mehr Sickerwasserbildung wird das im Boden gespeicherte Nitrat in das Grundwasser gelöst. Durch steigende Grundwasserspiegel wird außerdem Nitrat aus der in den trockenen Jahren ungesättigten Aquiferzone rückgelöst.

Zwischen 1994 und 2021 hat die mittlere Nitratkonzentration im gesamten Landesmessnetz Beschaffenheit um 6,3 mg/l (22 %) abgenommen. Zwischen 2001 und 2021 betrug die Abnahme 3,4 mg/l (13 %). Im Teilmessnetz Geogener Hintergrund ist das Niveau gegenüber dem Beginn

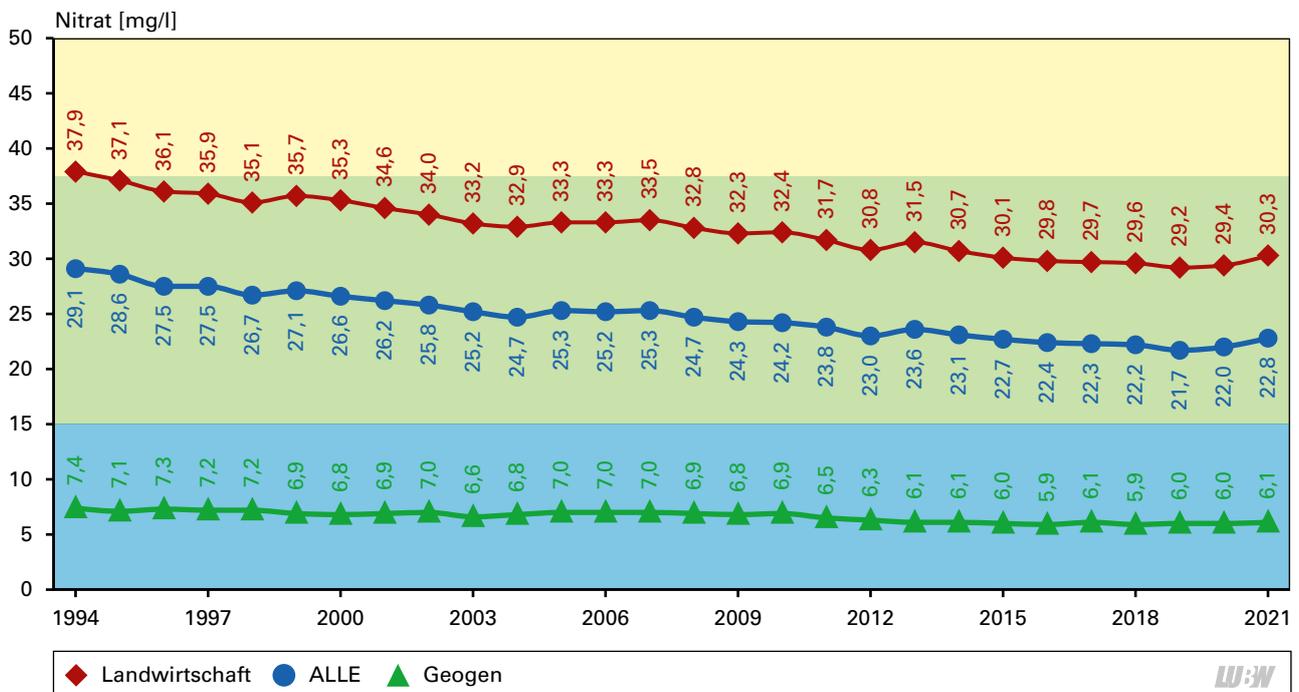


Abbildung 2.4: Entwicklung der Nitratmittelwerte pro Jahr von 1994 bis 2021 bei konsistenten Messstellengruppen (zwei Datenlücken von je bis zu zwei Jahren Dauer zugelassen) des Landesmessnetz Beschaffenheit (ALLE, 1 468 Messstellen) sowie der Teilmessnetze Landwirtschaft (738 Messstellen) und Geogener Hintergrund (182 Messstellen). 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. (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 08/2022)

der Datenreihe um 1,3 mg/l (18 %) gesunken. Seit 2001 betrug die Abnahme 0,8 mg/l (12 %). Im Teilmessnetz Landwirtschaft ist die durchschnittliche Belastung seit 1994 um 7,6 mg/l (20 %) zurückgegangen. Seit 2001 betrug die Abnahme 4,3 mg/l (12 %).

2.1.5 Nitrat in Wasserschutzgebieten

Maßnahmen zur Reduzierung der Nitratreinträge ins Grundwasser resultieren in Baden-Württemberg neben der Düngeverordnung (DüV) 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). Die SchALVO dient dem Schutz des Grundwassers in 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) alle WSG anhand der Nitratge-

halte, gemittelt über die vergangenen zwei Jahre, wie folgt ein (Abbildung 2.6):

- 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 ≥ 0,1 µg/l liegt. Stand 01.01.2022 gibt es kein PSM-Sanierungsgebiet.

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 WSG durch die unteren Verwaltungsbehörden fortgeschrieben. Seit 2011 wird die Deklaratorische Liste jährlich auf der Internetseite der LUBW veröffentlicht: www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/wasserschutzgebiete.

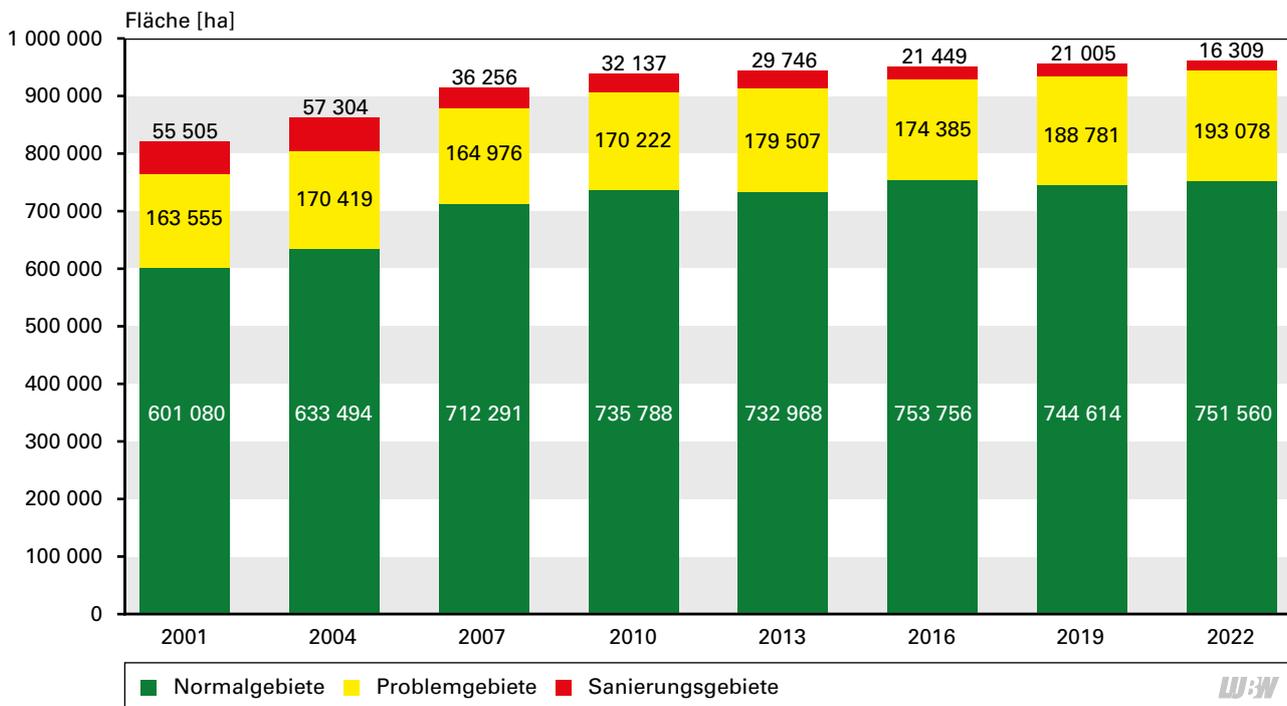


Abbildung 2.5: Flächenentwicklung der Normal-, Problem- und Sanierungsgebiete gemäß SchALVO einschließlich Teileinzugsgebiete (Datengrundlage 2022: Grundwasserdatenbank 12/2021; bis 2019: Veröffentlichte Berichte zum Grundwasser-Überwachungsprogramm)

Tabelle 2.4: Anzahl der Problem- und Sanierungsgebiete gemäß SchALVO einschließlich Teileinzugsgebiete 2013 bis 2022

Jahr	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Problemgebiete	269	270	260	240	230	219	223	224	229	242
Sanierungsgebiete	95	84	80	81	83	84	79	75	66	65
PSM-Sanierungsgebiete	2	2	2	4	3	2	2	2	0	0

Datengrundlage: deklaratorische Liste gemäß www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/wasserschutzgebiete, 01/2022



Durch Aufhebung, Zusammenlegung und Erweiterung von WSG ändern sich die Gesamtanzahlen von Jahr zu Jahr. Landesweit hat die Gesamtfläche von 2001 bis 2022 um etwa 141 000 ha auf etwa 961 000 ha zugenommen. Dies entspricht rund 27 % der Landesfläche. Zum Stichtag 01.01.2022 sind rund 78 % der WSG-Flächen als Normalgebiet eingestuft, etwa 20 % als Problemgebiet und rund 1,7 % als Sanierungsgebiet (Abbildung 2.6). Seit 2001 haben sowohl die absoluten Flächen als auch der prozentuale Anteil der Sanierungsgebiete an der gesamt WSG-Fläche deutlich abgenommen (Abbildung 2.5 und Tabelle 2.4).

In 2021 sind die mittleren Nitrat-Konzentrationen der konsistenten Messstellen in den Sanierungsgebieten im Vergleich zum Vorjahr leicht gestiegen, während sie in den Problemgebieten und Normalgebieten im Vergleich zum

Vorjahr leicht gesunken sind (Abbildung 2.7, WSG gemäß SchALVO-Ersteinstufung von 2001). In den Sanierungsgebieten liegen die mittleren Nitrat-Konzentrationen seit 2015 auf einem Niveau von $43,7 \pm 0,5$ mg/l. Seit 2001 sind sie um insgesamt 8,2 mg/l (16 %) zurückgegangen. In den Problemgebieten sind die Nitrat-Konzentrationen seit 2001 um 4,3 mg/l (12 %) gesunken, wobei immer wieder Stagnationsphasen auftraten. In den Normalgebieten sanken die mittleren Nitratwerte in den letzten 20 Jahren um 0,8 mg/l (5,3 %). Für diese Auswertung wurden neben den Nitratdaten aus dem Landesmessnetz Beschaffenheit auch Nitratdaten der Wasserversorger verwendet. Für das Jahr 2021 wurden der LUBW bis zum 10.08.2022 durch die Grundwasserdatenbank Wasserversorgung insgesamt 3 419 Nitratwerte von 1 452 Messstellen übermittelt.

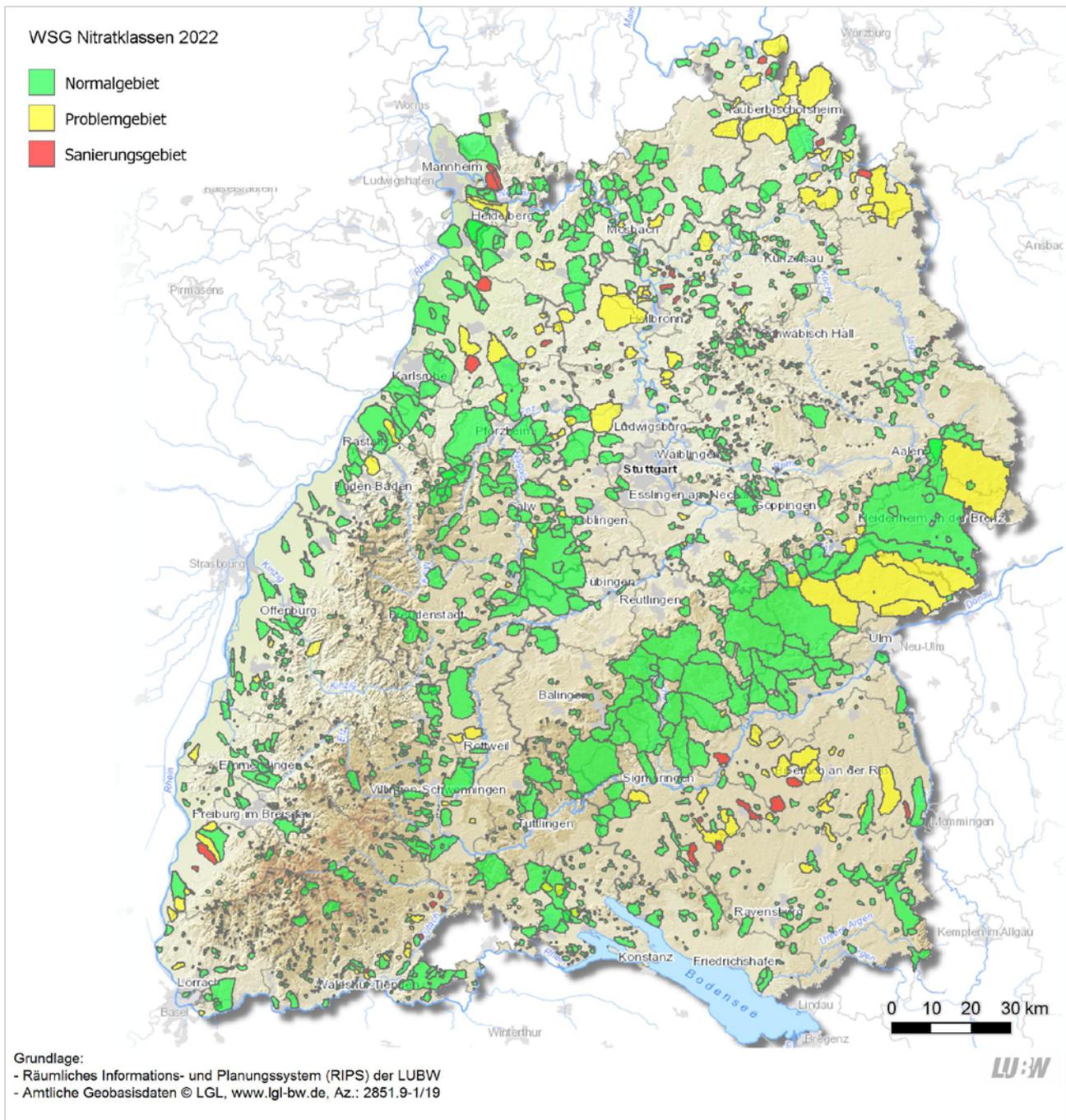


Abbildung 2.6: SchALVO-Einstufung 2022 der Wasserschutzgebiete (WSG) in drei Nitratklassen (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 12/2021)

Weitere Auswertungen der Nitrat-Konzentrationen erfolgen für den Zeitraum

- 2013 – 2018 im Rahmen der Wasserrahmenrichtlinie: Veröffentlichung zur Einstufung der Grundwasserkörper in chemisch guten bzw. schlechten Zustand sowie der gefährdeten Grundwasserkörper in Vorbereitung
- 2013 – 2018 im Rahmen der Düngeverordnung gemäß der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung

von mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten (AVV GeA) vom 03.11.2020: Ausweisung der „roten“ und „gelben“ Gebiete in Baden-Württemberg, BWagr 11.2021, 14 – 19.

- 2016 – 2021 im Rahmen der Düngeverordnung gemäß der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten (AVV GeA) vom 10.08.2022: Diese Arbeiten waren zum Zeitpunkt der Berichterstellung noch nicht abgeschlossen.

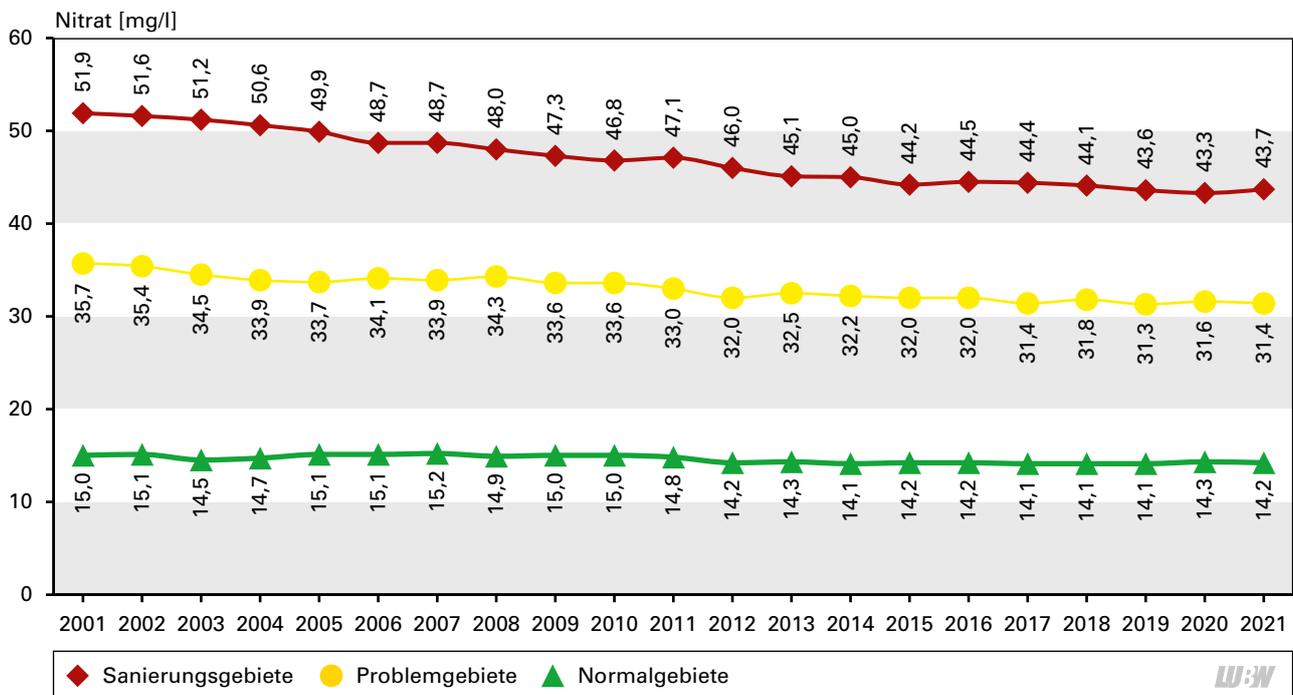


Abbildung 2.7: Entwicklung der Nitratmittelwerte pro Jahr von 2001 bis 2020 für konsistente Messstellen (Datenlücken zugelassen, Landesmessnetz Beschaffenheit und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung) und konsistente Wasserschutzgebiete gemäß SchALVO-Einstufungsbasis von 2001; Sanierungsgebiete: 100 Messstellen in 70 Wasserschutzgebieten, Problemgebiete: 170 Messstellen in 123 Wasserschutzgebieten, Normalgebiete: 469 Messstellen in 396 Wasserschutzgebieten (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 08/2022)

2.2 Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe 2019 – 2020

2.2.1 Hintergrund

Die LHKW werden seit den 1920er Jahren vielfach als Lösungsmittel in Industrie, Gewerbe, Medizin und Haushalt verwendet. Grundwasser-Schadensfälle/Altlasten treten hauptsächlich durch unsachgemäßen Umgang bei metallverarbeitenden Betrieben (Trichlorethen) und bei chemischen Reinigungen (Tetrachlorethen) 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/cm³. 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 Phasenkörper 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.

2.2.2 Bewertungsgrundlagen

Vertreter der LHKW sind giftig (Wassergefährdungsklasse 2 – 3 je nach Einzelstoff), so dass eine Reihe von rechtlichen Regelungen (Tabelle 4.5) besteht. Für die Auswertung wird der Schwellenwert der Grundwasserverordnung für die „Summe aus Tri- und Tetrachlorethen“ von 10 µg/l herangezogen (Tabelle 2.5).

2.2.3 Ergebnisse und Bewertung

Bisherige Untersuchungen

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

Ergebnisse 2019 – 2020

In 2019 und 2020 wurden die LHKW an rund 1 900 Messstellen (gesamtes Landesmessnetz Beschaffenheit) unter-

sucht. Tetrachlorethen und Trichlorethen wurden dabei mit Abstand am häufigsten nachgewiesen: Tetrachlorethen an knapp einem Viertel der untersuchten Messstellen (Tabelle 2.5). Der Schwellenwert für Grundwasser für die Summe aus Tri- und Tetrachlorethen wurde an 65 (3,5 %) der untersuchten Messstellen überschritten. Es wurden Höchstwerte bis in den mg/l-Bereich gemessen (maximal 3,6 mg/l für Tetrachlorethen). Für alle Substanzen (außer Tetrachlorethen) waren jedoch mehr als 90 % der Messwerte kleiner oder gleich der Bestimmungsgrenze (Tabelle 2.5).

Die LHKW-Belastungen stammen überwiegend von Industriebetrieben. Im Teilmessnetz Industrie (266 Messstellen) lag die Summe aus Tri- und Tetrachlorethen an mehr als der Hälfte der untersuchten Messstellen über der Bestimmungsgrenze; der Schwellenwert für Grundwasser wurde an 32 Messstellen (13 % des Teilmessnetzes) überschritten. Dass die Hauptbelastung mit LHKW im Teilmessnetz Industrie liegt, wird auch bei Betrachtung der 90. Perzentile deutlich (Abbildung 2.8).

Die höheren Konzentrationen lassen sich meist eindeutig ihren Verursachern zuordnen (Tabelle 2.6). 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/Hei-

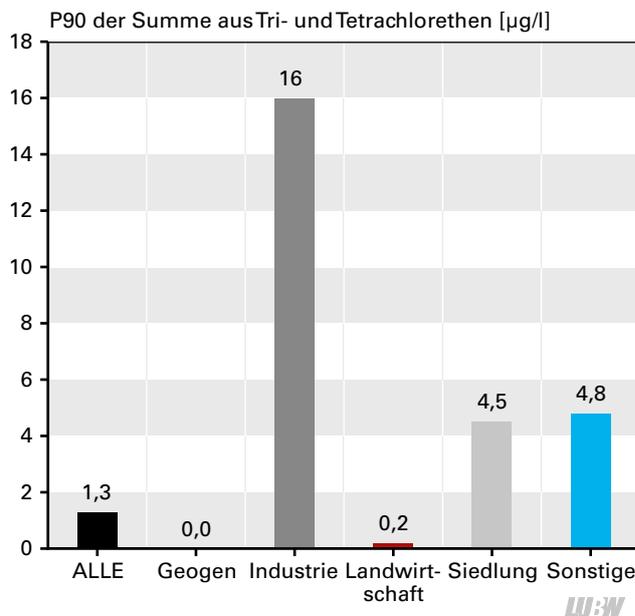


Abbildung 2.8: 90. Perzentile (P90) der Summe aus Tri- und Tetrachlorethen 2019 – 2020 im Landesmessnetz Beschaffenheit (ALLE) sowie in seinen fünf Teilmessnetzen (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 03/2022)

delberg sowie in Städten, in denen die metallverarbeitende Industrie eine lange Tradition hat. Dies sind beispielsweise Reutlingen, Villingen-Schwenningen, Heidenheim, Schwäbisch Gmünd und Lahr (Abbildung 2.9).

Die LHKW-Nachweisquoten sind im Landesmessnetz Beschaffenheit seit vielen Jahren rückläufig und haben auch gegenüber der letzten Beprobungsrunde von 2016 – 2018 weiter abgenommen; der prozentuale Anteil von Messstellen mit Schwellenwert-Überschreitung hat sich seit 1994 halbiert (Abbildung 2.10).

Tabelle 2.5: Ergebnisse der LHKW-Untersuchungen 2019 – 2020 im Landesmessnetz Beschaffenheit (BG = Bestimmungsgrenze, SW = Schwellenwert, P90 = 90. Perzentil, – = es liegt keine Bewertungsgrundlage vor, 0 = die Bewertungsgrundlage wurde nicht überschritten)

Parameter	BG mg/l	SW mg/l	ausgewertete Messstellen	> BG Anzahl	> BG %	> SW Anzahl	> SW %	P90 mg/l	Max mg/l
Dichlormethan	0,005	–	1890	0	0	–	–	< 0,005	–
Trichlormethan	0,0001	–	1894	79	4,2	–	–	< 0,0001	0,0093
Tetrachlormethan	0,0001	–	1899	15	0,8	–	–	< 0,0001	0,0027
1,1,1-Trichlorethan	0,0001	–	1897	42	2,2	–	–	< 0,0001	0,038
cis-1,2-Dichlorethen	0,001	–	1897	41	2,2	–	–	< 0,005	1,2
Trichlorethen	0,0001	–	1890	226	12	–	–	0,0001	0,32
Tetrachlorethen	0,0001	–	1855	427	23	–	–	0,001	3,6
Summe aus Tri- und Tetrachlorethen	0,0001	0,01	1848	464	25	65	3,5	0,0013	3,6

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 03/2022



Tabelle 2.6: Messstellen mit Summe Tri- und Tetrachlorethen > 0,2 mg/l 2019 – 2020 im Landesmessnetz Beschaffenheit

Messstelle	Mögliche Ursache für die gemessene Grundwasser-Belastung	cis-1,2-Dichlorethen mg/l	Trichlorethen mg/l	Tetrachlorethen mg/l	Summe aus Tri- und Tetrachlorethen mg/l
10/361-5	Altlasten im Einzugsgebiet	0,0011	0,0011	3,6	3,6
34/861-2	Messstelle liegt in Schadensfall	< 0,005	0,018	1,0	1,0
184/515-0	Altlasten im Einzugsgebiet	1,2	0,16	0,66	0,82
8/362-5	Messstelle liegt in Altlast (Textilindustrie)	0,31	0,075	0,58	0,65
32/461-3	Altlasten im Einzugsgebiet (Metallindustrie)	0,63	0,12	0,21	0,34
3/265-1	Messstelle liegt in Industriegebiet mit Altlasten	0,081	0,32	0,0016	0,32
2000/611-0	Messstelle liegt in Industriegebiet mit Altlasten	< 0,0005	0,0004	0,30	0,30
4440/069-4	Messstelle liegt in Schadensfall (Autozulieferer)	0,0037	0,0019	0,27	0,27

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 03/2022

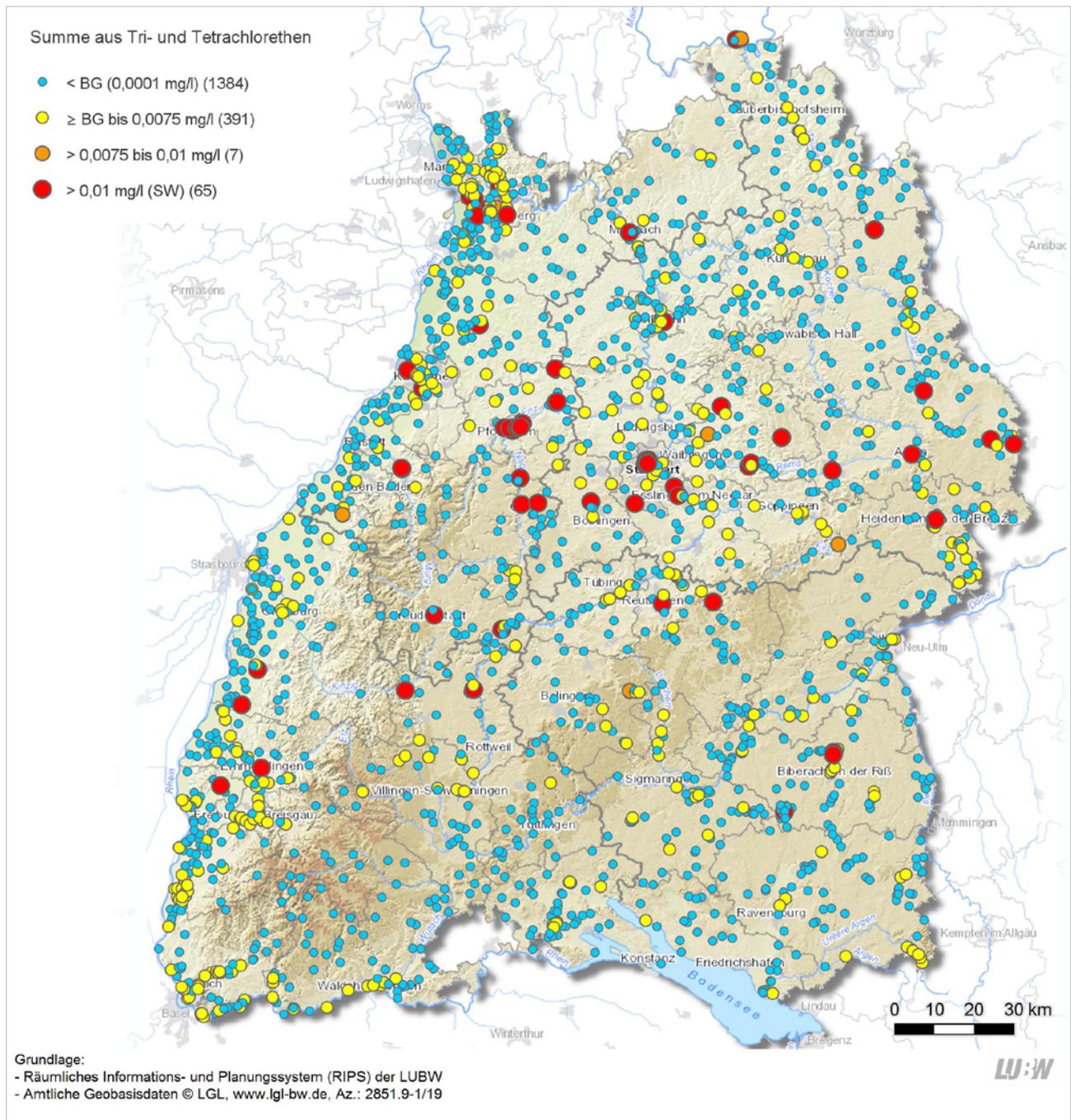


Abbildung 2.9: Konzentrationsverteilung der Summe aus Tri- und Tetrachlorethen 2019 – 2020 im Landesmessnetz Beschaffenheit; die Zahlen in Klammern geben die Anzahl der Messstellen in der jeweiligen Konzentrationsklasse an (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 08/2022)

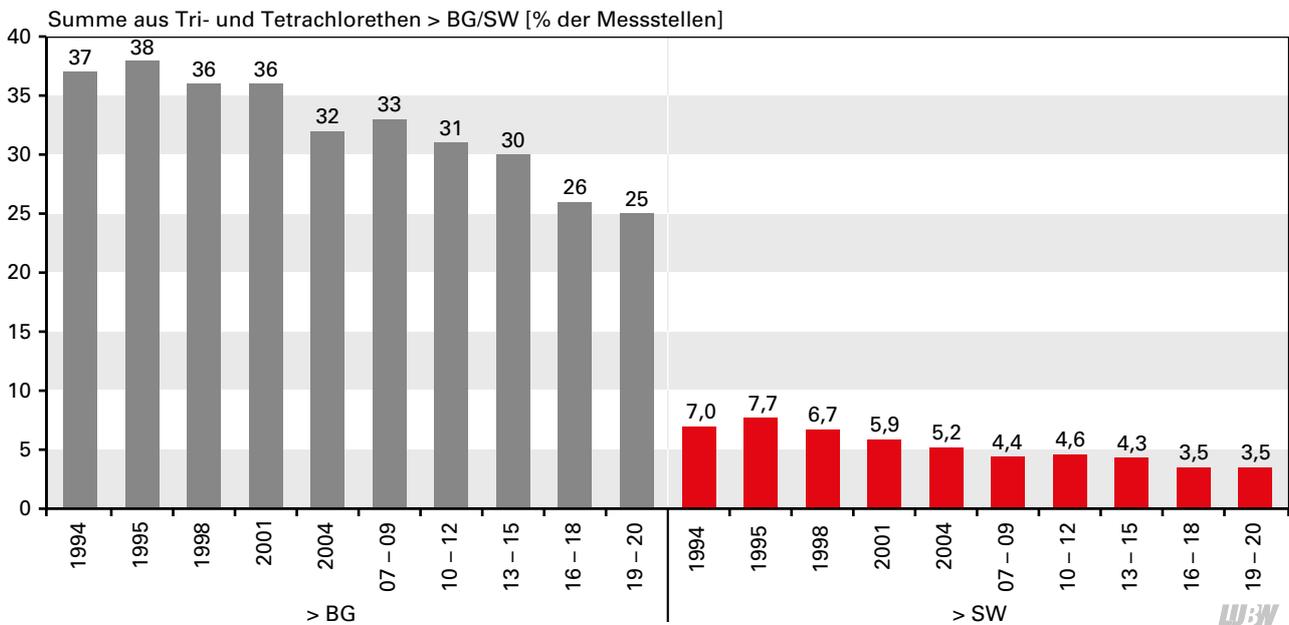


Abbildung 2.10: Zeitlicher Verlauf der LHKW-Belastung: Prozentualer Anteil der Messstellen mit Überschreitung der Bestimmungsgrenze (BG) sowie des Schwellenwertes (SW) für die Summe aus Tri- und Tetrachlorethen im Landesmessnetz Beschaffenheit (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 03-04/2022)

2.3 Einkernige Aromaten (BTEX) 2019 – 2020

2.3.1 Hintergrund

Die leichtflüchtigen 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 Ablagerungen 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 Randbedingungen 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.

2.3.2 Bewertungsgrundlagen

Vertreter der BTEX sind krebserregend (Wassergefährdungsklasse 1 – 3 je nach Einzelstoff), so dass rechtliche Regelungen (Tabelle 4.6) bestehen. Für die Auswertung wurden die Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS) für Grundwasser von 1 µg/l für Benzol (entspricht dem Grenzwert der TrinkwV) und 20 µg/l für die Summe alkylierte Benzole herangezogen (Tabelle 2.7).

2.3.3 Ergebnisse und Bewertung

Bisherige Untersuchungen

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

Ergebnisse 2019 – 2020

In 2019 und 2020 wurden die BTEX an rund 1 900 Messstellen (gesamtes Landesmessnetz Beschaffenheit) untersucht und lediglich an einzelnen Messstellen nachgewiesen (Tabelle 2.7). Der Geringfügigkeitsschwellenwert für Benzol wurde an einer (0,1 %) Messstelle überschritten. Für die Summe BTEX lag keine Überschreitung des Geringfügigkeitsschwellenwertes vor. Der Höchstwert betrug 6,1 µg/l für Benzol an einer Messstelle direkt neben einer Tankstelle im Teilmessnetz Emittenten Industrie.

Tabelle 2.7: Ergebnisse der BTEX-Untersuchungen 2019 – 2020 im Landesmessnetz Beschaffenheit (BG = Bestimmungsgrenze, GFS = Geringfügigkeitsschwellenwert, P90 = 90. Perzentil, – = es liegt keine Bewertungsgrundlage vor, 0 = die Bewertungsgrundlage wurde nicht überschritten)

Parameter	BG µg/l	GFS µg/l	ausgewertete Messstellen	> BG Anzahl	> BG %	> GFS Anzahl	> GFS %	P90 µg/l	Max µg/l
Benzol	0,5	1	1 899	2	0,1	1	0,1	< 0,5	6,1
Toluol	0,5	–	1 833	13	0,7	–	–	< 0,5	2,7
Ethylbenzol	0,5	–	1 887	1	0,1	–	–	< 0,5	0,6
o-Xylol	0,5	–	1 893	5	0,3	–	–	< 0,5	1,2
m- und p-Xylol	0,5	–	1 867	14	0,7	–	–	< 0,5	2,8
Summe BTEX	0,5	20	1 824	19	1,0	0	0	< 0,5	7,3

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 03/2 022



Tabelle 2.8: Messstellen mit Summe BTEX > 1 µg/l 2019 – 2020 im Landesmessnetz Beschaffenheit

Messstelle	Mögliche Ursache für die gemessene Grundwasser-Belastung	Benzol µg/l	Toluol µg/l	Ethylbenzol µg/l	o-Xylol µg/l	m- und p-Xylol µg/l	Summe BTEX µg/l	MTBE/ETBE nachgewiesen
24/407-2	Messstelle liegt auf Lastwagen-Parkplatz	< 0,5	2,7	0,6	1,2	2,8	7,3	ja
32/461-3	Messstelle liegt neben Tankstelle, Altlasten im Einzugsgebiet	6,1	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	6,1	ja
928/260-7	Altlasten im Einzugsgebiet	< 0,5	2,4	< 0,5	0,8	2,1	5,3	ja
306/511-4	Industrie und Altlasten im Einzugsgebiet	< 0,5	1,4	< 0,5	< 0,5	1,0	2,4	ja
215/064-1	Altlasten (u. a. Tankstelle) im Einzugsgebiet	< 0,1	1,9	< 0,1	< 0,1	0,2	2,1	ja
248/210-7	Messstelle liegt auf landwirtschaftlichem Betrieb	< 0,5	0,8	< 0,5	< 0,5	1,0	1,8	nein
66/358-5	Messstelle liegt neben Altlast (Tankstelle)	< 0,5	1,1	< 0,5	< 0,5	0,6	1,7	ja
197/211-9	Altlasten (u. a. Tankstelle) im Einzugsgebiet	< 0,5	0,8	< 0,5	< 0,5	0,7	1,5	ja
9/757-9	Altlast (Tankstelle) 170 m entfernt	< 0,3	0,6	< 0,5	< 0,5	0,6	1,2	ja
71/257-5	Industrie im Einzugsgebiet	< 0,5	0,6	< 0,5	< 0,5	0,6	1,2	ja
27/758-3	Altlast (Tankstelle) 170 m entfernt	< 0,5	< 0,5	< 0,5	0,6	0,5	1,1	nein

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 03/2022



Auch die weiteren BTEX-Befunde mit Summe BTEX > 1 µg/l sind den jeweiligen Verursachern gut zuzuordnen (Tabelle 2.8). In den meisten Fällen handelt sich dabei um Grundwasserschadensfälle sowie um Messstellen in Altlasten bzw. altlastenverdächtigen Standorten. Meistens werden an diesen Messstellen auch die Benzinzusatzstoffe MTBE und ETBE nachgewiesen, was auf Grundwasserschadensfälle mit Kraftstoffen hindeutet. 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 %.

2.4 Benzinzusatzstoffe MTBE und ETBE 2019 – 2020

2.4.1 Hintergrund

In Deutschland wird MTBE (Methyl-tertiär-butylether) seit den 1980er Jahren als Kraftstoffzusatz eingesetzt. Aufgrund zahlreicher MTBE-Funde im Grundwasser wird in Deutschland inzwischen nur noch ETBE (Ethyl-tertiär-butylether) als Ersatzstoff für MTBE verwendet. Zudem wird

MTBE auch in der Industrie als Lösemittel 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 Straßenverkehr.

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.

2.4.2 Bewertungsgrundlagen

Sowohl MTBE als auch ETBE sind als schwach wassergefährdend (Wassergefährdungsklasse 1) eingestuft. 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 Etheroxygenate von 5 µg/l abgeleitet (Tabelle 2.9). Aus Sicht des Grundwasserschutzes ist der Einsatz von ETBE als Ersatzstoff von MTBE kaum eine Verbesserung.

2.4.3 Ergebnisse und Bewertung

Bisherige Untersuchungen

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

Ergebnisse 2019 – 2020

In 2019 und 2020 wurden MTBE und ETBE an rund 1 900 Messstellen (gesamtes Landesmessnetz Beschaffenheit) untersucht. An 46 Messstellen (2,4 %) bzw. 36 Messstellen (2,0 %) wurden MTBE bzw. ETBE nachgewiesen

Tabelle 2.9: Ergebnisse der MTBE-/ETBE-Untersuchungen 2019 – 2020 im Landesmessnetz Beschaffenheit (BG = Bestimmungsgrenze, GFS = Geringfügigkeitsschwellenwert, P90 = 90. Perzentil, – = es liegt keine Bewertungsgrundlage vor, 0 = die Bewertungsgrundlage wurde nicht überschritten)

Parameter	BG µg/l	GFS µg/l	ausgewertete Messstellen	> BG Anzahl	> BG %	> GFS Anzahl	> GFS %	P90 µg/l	Max µg/l
MTBE (Methyl-tertiär-butylether)	0,05	–	1 890	46	2,4	–	–	< 0,05	2,5
ETBE (Ethyl-tertiär-butylether)	0,05	2,5	1 826	36	2,0	2	0,1	< 0,05	9,0
Summe Etheroxygenate (MTBE+ETBE)	0,05	5,0	1 821	67	3,7	2	0,1	< 0,05	11

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 03/2022



Tabelle 2.10: Messstellen mit Summe MTBE + ETBE > 1 µg/l 2019 – 2020 im Landesmessnetz Beschaffenheit

Messstelle	Mögliche Ursache für die gemessene Grundwasser-Belastung	MTBE µg/l	ETBE µg/l	Summe MTBE + ETBE µg/l	BTEX nachgewiesen
174/306-4	Industriegebiet mit Altlasten (Tankanlagenbau) im Einzugsgebiet	2,5	9,0	11	nein
9951/707-8	Messstelle liegt auf Parkplatz in Industriegebiet mit Altlasten	1,1	4,0	5,1	nein
296/508-0	Mineralölgroßhandel im Einzugsgebiet	1,9	< 0,05	1,9	nein
75/217-4	Messstelle liegt in Altlast (Mineralölhandel)	1,4	0,14	1,5	ja
133/304-6	Altlast (Tankstelle) im Einzugsgebiet	1,1	< 0,05	1,1	ja
9/757-9	Messstelle liegt 45 m von Tankstelle entfernt	0,8	0,26	1,1	ja
8/757-3	Landmaschinenhandel am Rand des Einzugsgebiet	0,43	0,58	1,0	nein

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 03/2022

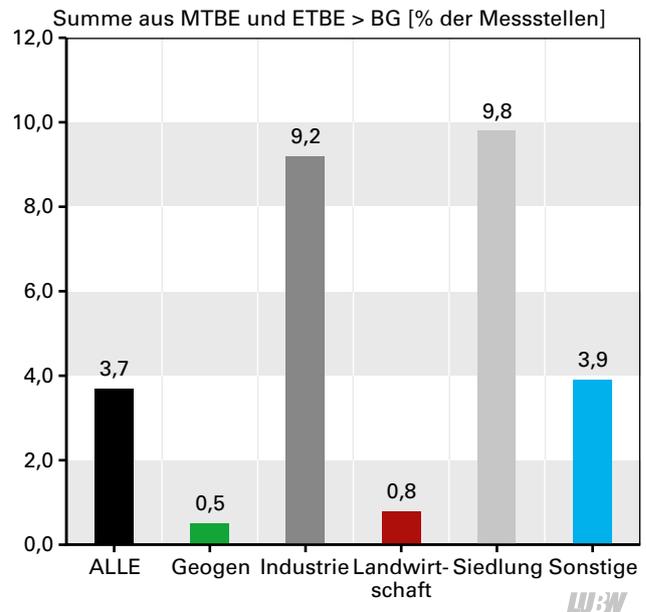


Abbildung 2.11: Nachweis von MTBE und ETBE 2019 – 2020 im Landesmessnetz Beschaffenheit (ALLE) sowie in seinen fünf Teilmessnetzen (BG = Bestimmungsgrenze; Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 03/2022)

(Tabelle 2.9). Die Höchstkonzentrationen betragen 2,5 bzw. 9,0 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 an zwei Messstellen (0,1 %) überschritten.

Sowohl MTBE als auch ETBE wurden hauptsächlich an durch Industrie bzw. Siedlungen beeinflussten Messstel-

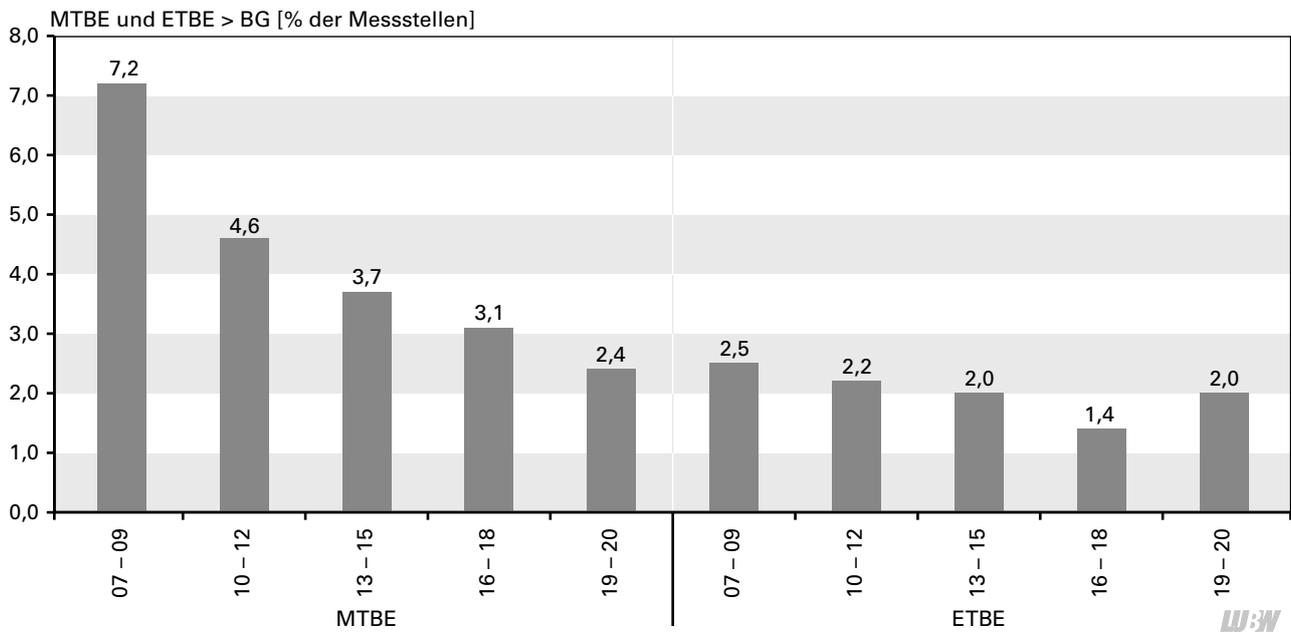


Abbildung 2.12: Zeitlicher Verlauf der Belastung mit MTBE und ETBE im Landesmessnetz Beschaffenheit für fünf Beprobungsrunden seit 2007 (BG = Bestimmungsgrenze; Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 03/2022)

len gemessen (Abbildung 2.11). Insbesondere die erhöhten MTBE-/ETBE-Befunde lassen sich meist eindeutig Verursachern zuordnen (Tabelle 2.10). Meistens befinden sich im Einzugsgebiet der betroffenen Messstellen Kraftstoff-Lager (Mineralölhandel, Tankstellen). Teilweise existieren diese Betriebe heute nicht mehr, sind jedoch als altlastenverdächtige Flächen bekannt. Diese Fälle werden von den Vollzugsbehörden nach Bundesbodenschutzgesetz bearbeitet.

Die Nachweisquoten für MTBE sind im Landesmessnetz Beschaffenheit seit vielen Jahren rückläufig mit dem deutlichsten Rückgang zwischen den Beprobungsrunden 2007 – 2009 und 2010 – 2012 (Abbildung 2.12). Zwischen 2007 – 2009 und 2016 – 2018 waren die Nachweisquoten auch für ETBE kontinuierlich rückläufig; allerdings wurde ETBE in 2019/2020 wieder an mehr Messstellen nachgewiesen als 2016 – 2018. Dies kann zum Einen mit dem Ersatz von MTBE durch ETBE bei der Produktion von Kraftstoffen erklärt werden („Herkunft und Bilanzierung des Eintrags des Benzinzusatzes Methyl-tert-butylether (MTBE) und seinen Abbauprodukten in Grundwasser mittels multikompartimenteller Modellierung“, <https://pd.lubw.de/87207>). Zum Anderen schwanken die ETBE-Gehalte an einigen Messstellen um die Bestimmungsgrenze, wodurch es zu Schwankungen in der Nachweisquote je Beprobungsrunde kommen kann.

2.5 Metallische Spurenstoffe 2019 – 2020

2.5.1 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 essentiell für den Stoffwechsel, können aber auch toxisch sein. Dies spiegelt sich in den sehr unterschiedlichen Bewertungsgrundlagen für die einzelnen Stoffe (Tabelle 2.11) wider.

Alle hier untersuchten metallischen Spurenstoffe kommen als Bestandteile von Gesteinen natürlicherweise in der Umwelt vor (siehe auch Bericht zu den Ergebnissen 2018 – 2019) und sind somit als geogener Hintergrund im Grundwasser enthalten. Außerdem werden sie durch den Menschen in großem Umfang in Industrie und Haushalt verwendet, so dass 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 2.12 aufgeführt.

2.5.2 Bewertungsgrundlagen

Für 14 der 24 untersuchten metallischen Spurenstoffe sind Schwellenwerte für Grundwasser bzw. Grenzwerte für Trinkwasser und für weitere sechs Geringfügigkeits-

schwollenwerte für Grundwasser festgelegt (Tabelle 2.11). Für Beryllium, Lithium, Silikat und Strontium gibt es keine Bewertungsgrundlagen.

2.5.3 Ergebnisse und Bewertung

Bisherige Untersuchungen

Untersuchungen auf metallische Spurenstoffe wurden 1985 begonnen und werden seit 1994 im Landesmessnetz Beschaffenheit 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 2019 – 2020

Zwischen 2019 und 2020 wurden bis zu 24 metallische Spurenstoffe an rund 1 900 Messstellen (gesamtes Landesmessnetz Beschaffenheit) untersucht. Metallische Spurenstoffe sind weitverbreitet und in unterschiedlich hohen Konzent-

rationen zu finden (Tabelle 2.11). Diese Gehalte sind in den meisten Fällen natürlichen Ursprungs und stammen aus der jeweiligen geologischen Formation (Tabelle 2.12). Insgesamt sind die gemessenen Konzentrationen der metallischen Spurenstoffe für die Grundwasserqualität nicht problematisch.

Bei sieben Metallen (Aluminium, Blei, Bor, Cadmium, Chrom, Nickel, Selen) wurden vereinzelte (d. h. an maximal 0,5 % der Messstellen) Überschreitungen der jeweiligen Schwellen- bzw. Grenzwerte festgestellt (Tabelle 2.11). Arsen bzw. Uran überschreiten die entsprechenden Werte an 31 (1,6 %) bzw. 27 (1,4 %) Messstellen. Für Eisen bzw. Mangan wurden die meisten Grenzwert-Überschreitungen an 155 (8,4 %) bzw. 251 (14 %) Messstellen nachgewiesen. Für diese beiden Metalle wurden die Grenzwerte allerdings im Hinblick auf die Trinkwasseraufbereitung und nicht aufgrund ihrer Toxizität festgesetzt.

Tabelle 2.11: Ergebnisse der Untersuchungen auf metallische Spurenstoffe 2019 – 2020 im Landesmessnetz Beschaffenheit (BG = Bestimmungsgrenze, SW = Schwellenwert, GW = Grenzwert, GFS = Geringfügigkeitsschwellenwert, P90 = 90. Perzentil, – = es liegt keine Bewertungsgrundlage vor, 0 = die Bewertungsgrundlage wurde nicht überschritten)

Parameter	BG	SW	GW	GFS	ausgewertete Messstellen	> BG		> SW		> GW		> GFS		P90	Max
	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l		Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%	mg/l	mg/l
Aluminium	0,005	–	0,2	–	1 869	495	27	–	–	2	0,1	–	–	0,006	1,7
Antimon	0,001	–	0,005	0,005	1 900	10	0,5	–	–	0	0	0	0	< 0,001	0,002
Arsen	0,0005	0,01	0,01	0,0032	1 888	725	38	31	1,6	31	1,6	105	5,6	0,0021	0,093
Barium	0,01	–	–	0,175	1 870	1 854	99	–	–	–	–	346	19	0,27	1,3
Beryllium	0,0005	–	–	–	1 901	19	1	–	–	–	–	–	–	< 0,0005	0,0017
Blei	0,0002	0,01	0,01	0,0012	1 883	205	11	2	0,1	2	0,1	47	2,5	< 0,001	0,045
Bor	0,02	–	1	0,18	1 900	1 226	65	–	–	9	0,5	54	2,8	0,08	6,5
Cadmium	0,0001	0,0005	0,003	0,0003	1 882	215	11	5	0,3	1	0,1	10	0,5	< 0,0001	0,0034
Chrom	0,001	–	0,05	0,0034	1 860	863	46	–	–	1	0,1	22	1,2	0,001	1,2
Cobalt	0,001	–	–	0,002	1 871	45	2,4	–	–	–	–	4	0,2	< 0,001	0,0056
Eisen	0,01	–	0,2	–	1 840	751	41	–	–	155	8,4	–	–	0,11	19
Kupfer	0,001	–	2	0,0054	1 791	1 217	68	–	–	0	0	57	3,2	0,003	0,21
Lithium	0,001	–	–	–	1 806	1 635	91	–	–	–	–	–	–	0,022	1,8
Mangan	0,01	–	0,05	–	1 855	454	25	–	–	251	14	–	–	0,13	3,4
Molybdän	0,0005	–	–	0,035	1 860	396	21	–	–	–	–	1	0,1	< 0,001	0,19
Nickel	0,001	–	0,02	0,007	1 846	600	33	–	–	2	0,1	9	0,5	0,002	0,16
Quecksilber	0,0001	0,0002	0,001	0,0001	997	0	0	0	0	0	0	0	0	< 0,0001	–
Selen	0,0005	–	0,01	0,003	1 888	207	11	–	–	3	0,2	13	0,7	< 0,001	0,017
Silikat	1	–	–	–	1 878	1 878	100	–	–	–	–	–	–	15	37
Strontium	0,05	–	–	–	1 857	1 813	98	–	–	–	–	–	–	0,88	14
Thallium	0,0002	–	–	0,0002	1 901	9	0,5	–	–	–	–	9	0,5	< 0,002	0,0009
Uran	0,0005	–	0,01	–	1 875	1 364	73	–	–	27	1,4	–	–	0,0028	0,1
Vanadium	0,0005	–	–	0,004	1 788	366	21	–	–	–	–	14	0,8	0,0008	0,022
Zink	0,01	–	–	0,06	1 791	541	30	–	–	–	–	100	5,6	0,03	1,9

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 03/2022



Die erhöhten Konzentrationen bei Bor, Chrom, Cobalt, Molybdän, Nickel und Thallium haben überwiegend anthropogene Ursachen (Tabelle 2.12). Diese Belastungen entstehen meist durch Schadensfälle bei Industriebetrieben bzw. Altlasten oder durch Abwässer, die aus undichter Kanalisation ins Grundwasser infiltrieren. Aluminium, Cadmium und Cobalt zeigen vereinzelt versauerungsbedingt erhöhte Werte.

Die Grenzwert-Überschreitungen für Arsen, Eisen, Mangan und Uran zeigen langjährig eine rückläufige Tendenz (Abbildung 2.14). D. h. heute werden weniger Grenzwert-Überschreitungen gemessen als in den 90er Jahren, was den anthropogenen Anteil an der Belastung verdeutlicht. Allerdings stagnieren die Belastungen meist bei einem bestimmten Prozentsatz an Grenzwert-Überschreitungen, was auf erhöhte Konzentrationen geogenen Ursprungs zurückgeführt wird (Abbildung 2.13).

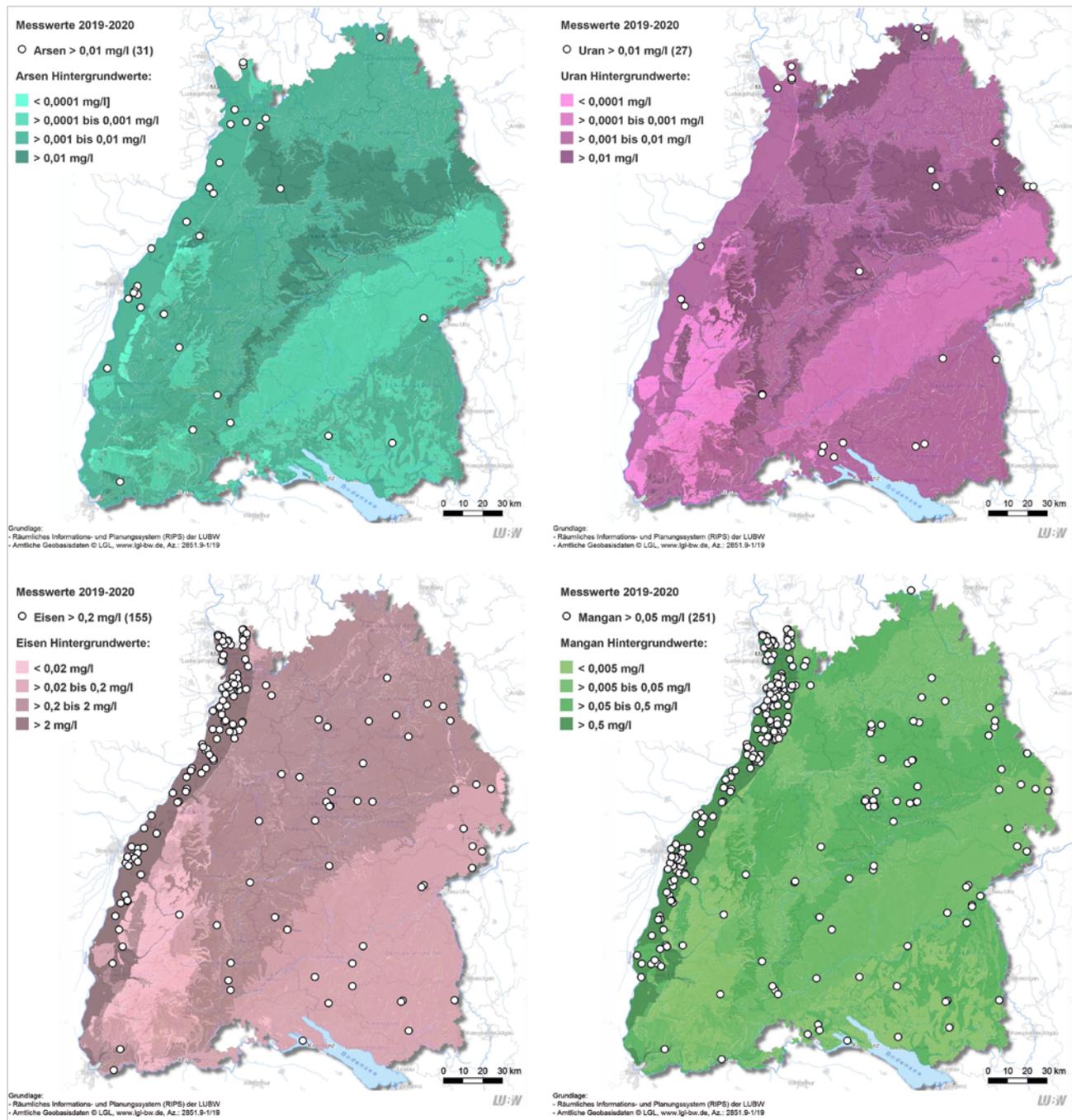


Abbildung 2.13: Überschreitungen der Grenzwerte durch ausgewählte metallische Spurenstoffe 2019 – 2020 im Landesmessnetz Beschaffenheit mit Angabe der jeweiligen Hintergrundwerte für Grundwasser (Datenquelle: https://www.bgr.bund.de/DE/Themen/Wasser/Projekte/abgeschlossen/Beratung/Hintergrundwerte/hgw_projektbeschr.html); die Zahlen in Klammern geben die Anzahl der Messstellen mit Grenzwert-Überschreitung an (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 04/2022)

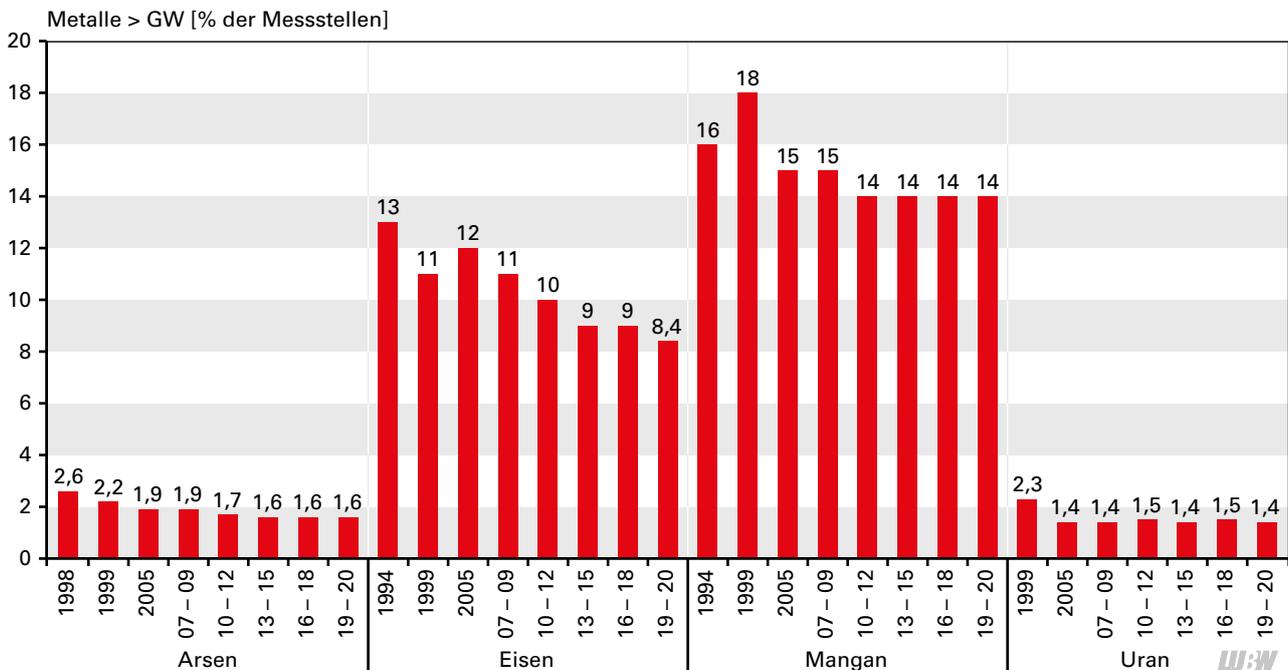


Abbildung 2.14: Zeitlicher Verlauf der Grenzwert (GW)-Überschreitungen ausgewählter Metalle im Landesmessnetz Beschaffenheit (Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 04/2022)

Tabelle 2.12: Charakterisierung der metallischen Spurenstoffe und Ergebnisse 2019 – 2020 im Landesmessnetz Beschaffenheit. 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 und exemplarisch für die Messstelle mit der jeweils höchsten Konzentration erläutert.

Parameter	Charakterisierung	Messstelle	Messwert (mg/l)	Mögliche Ursache für die gemessene Grundwasser-Belastung 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	1,7	geogene Ursache: Quelle erschließt Buntsandstein und hat niedrigen pH von 4,5
		9902/265-5	0,26	geogene Ursache: Quelle erschließt Buntsandstein und hat niedrigen 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 10/0,5 % 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, Altlasten 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 31/1,6 % 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, als Witherit sowie in Ton und Sandgesteinen vor. Industriell wird Barium beispielsweise bei der Glas- und Emaille-Herstellung verwendet.	2002/112-1	0,093 (Maximum)	geogene Ursache: tiefes Grundwasser
		An 346/19 % 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 19/1,0 % der untersuchten Messstellen nachgewiesen mit einem Höchstwert von 0,0017 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	0,045	geogene/anthropogene Ursache: Quelle erschließt ehemaligen Erzbergbau
		2/610-2	0,025	geogene Ursache: Quelle erschließt höheren Keuper

Parameter	Charakterisierung	Messstelle	Messwert (mg/l)	Mögliche Ursache für die gemessene Grundwasser-Belastung
bzw. zusammenfassende Beschreibung der Ergebnisse				
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	6,5	anthropogene Ursache: Kläranlage und Altlasten im Einzugsgebiet
		2001/320-3	3,7	geogene Ursache: stark mineralisiertes, tiefes Grundwasser
		2079/319-2	2,6	anthropogene Ursache: Messstelle in Altlast
		164/514-5	2,0	anthropogene Ursache: Messstelle in der Nähe von Altlasten
		9901/115-7	1,7	anthropogene Ursache: Messstelle in Altlast
		56/465-9	1,2	anthropogene Ursache: Messstelle in Altlast
		6/658-0	1,2	anthropogene Ursache: Altlasten im Einzugsgebiet
		21/316-2	1,1	geogene Ursache: Gipskeuper; ggf. anthropogen verstärkt durch Gipsbruch im Einzugsgebiet
		2002/112-1	1,1	geogene/anthropogene Ursache: tiefes Grundwasser/Kläranlage 100 m entfernt
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	0,0034	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	0,0011	anthropogene Ursache: Messstelle auf dem Gelände eines Galvanik-Unternehmens
		4401/355-3	0,00066	geogene Ursache: Quelle erschließt Buntsandstein und hat niedrigen pH von 4,5
		9/362-0	0,00053	anthropogene Ursache: Messstelle in Altlast
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	1,2	anthropogene Ursache: Messstelle auf dem Gelände eines ehemaligen Metallverarbeitenden Betriebs (Altlast)
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 4/0,2 % der untersuchten Messstellen lagen die Cobalt-Konzentrationen über dem Geringfügigkeitsschwellenwert von 0,002 mg/l. Die Überschreitungen finden sich 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.		
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.	117/320-4	19 (Maximum)	anthropogene Ursache: Baustoff-Recycling und Altlast im Einzugsgebiet; reduzierende Verhältnisse
		Der Grenzwert von 2 mg/l Kupfer wurde an keiner Messstelle überschritten. An 57/3,2 % 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 1 635/91 % der untersuchten Messstellen nachgewiesen mit einem Maximalbefund von 1,8 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 251/14 % der Messstellen überschritten. Erhöhte Mangangehalte traten oft zusammen mit erhöhten Eisengehalten in reduzierenden, sauerstoffarmen Grundwässern auf.		
		32/461-3	3,4 (Maximum)	anthropogene Ursache: Messstelle liegt in Altlast

Parameter	Charakterisierung	Messstelle	Messwert (mg/l)	Mögliche Ursache für die gemessene Grundwasser-Belastung
bzw. zusammenfassende Beschreibung der Ergebnisse				
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 1/0,1 % der untersuchten Messstellen lag die Molybdänkonzentration über dem Geringfügigkeitsschwellenwert von 0,035 mg/l. Mögliche anthropogene Verursacher der Überschreitung sind Metall-verarbeiten-Industriebetriebe.		
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.	166/559-4	0,16	anthropogene Ursache: Messstelle ca. 200 m von Fahrzeugbaubetrieb entfernt
		34/458-8	0,022	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 wurde an keiner der untersuchten Messstellen bei einer Bestimmungsgrenze von 0,0001 mg/l nachgewiesen.		
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	0,017	anthropogene Ursache: Messstelle auf Industrie- und Gewerbefläche
		1/667-4	0,011	geogene Ursache: tiefes Grundwasser aus dem Malm, Alpenvorland
		1113/254-7	0,0103	anthropogene Ursache: Messstelle auf dem Gelände eines ehemaligen Metallverarbeitenden Betriebs (Altlast)
Silikat	Das Halbmetall Silizium ist zusammen mit Sauerstoff der Hauptbaustein der Erdkruste, da diese überwiegend aus Silikaten (wie z. B. Quarz = Siliziumdioxid (SiO ₂)) besteht. Der bekannteste Verwendungszweck für Silizium sind Solarzellen.	Silikat (SiO ₂) wurde an allen untersuchten Messstellen nachgewiesen. Die Befunde sind als geogen einzustufen und lagen bei 80 % Messstellen zwischen 6,0 und 15 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 0,061 und 0,88 mg/l und der Höchstwert bei 14 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 9/0,5 % 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 Porzellanglasuren 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. Teilweise sind auch Einflüsse von Altlasten/ Industriebetrieben nicht auszuschließen.		
		179/422-9	0,10 (Maximum)	geogene/anthropogene Ursache: Messstelle im Quartär mit möglichen Mobilisierungen durch Kiesabbau im Einzugsgebiet
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 14/0,8 % 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 100/5,6 % 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.		

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 03/2022



3 Glossar und Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bezeichnung
Abfluss (Q)	Wasservolumen, das innerhalb einer bestimmten Zeit einen Gewässerquerschnitt durchfließt, Angabe in m ³ /s oder l/s, je nach wissenschaftlicher Auslegung häufig synonym als Durchfluss oder Zufluss bezeichnet
AVV GeA	AVV Gebietsausweisung 2020 und 2022– Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Ausweisung von mit Nitrat belasteten und eutrophierten Gebieten
BG	Bestimmungsgrenze für die angewendeten Analysenmethoden; Konkretisierung in der Anlage 5 der (») GrwV
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
DüV	Düngerverordnung 2017 – Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen
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
GEO	Geogener Hintergrund – Teilmessnetz zur Erfassung der durch den Menschen kaum beeinflussten Grundwasserbeschaffenheit
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 unsicherer Datenlage – bei Einhaltung des GOW kann Trinkwasser ohne Bedenken lebenslang getrunken werden
LW	Leitwert für Trinkwasser bei sicherer Datenlage – bei Einhaltung des LW 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 und (») WRRL der 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)
LUBW	Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (2006 – 2017: Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg) – beobachtet die Umwelt in Baden-Württemberg, bewertet die Messergebnisse und berät
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

Abkürzung	Bezeichnung
PFC	Per- und polyfluorierte Chemikalien – Kohlenstoff-Verbindungen, bei denen alle bzw. viele Wasserstoff- durch Fluoratomer ersetzt sind; sehr stabile Chemikalien, die beispielsweise in Feuerlöschmitteln oder in Wasser- und Fett-abweisenden Beschichtungen eingesetzt werden. Werden auch als PFAS (Per- und Polyfluoralkylsubstanzen) bezeichnet.
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
rM	Relevanter Metabolit – Abbauprodukt eines (») PSM-Wirkstoffs, der pestizide Wirkung oder human- und ökotoxikologische Relevanz hat
Rohwasser	Für die Trinkwassergewinnung genutztes Wasser, hier Grundwasser
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 bzw. gemischten 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
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 in der Regel 75 % des (») SW der (») GrwV

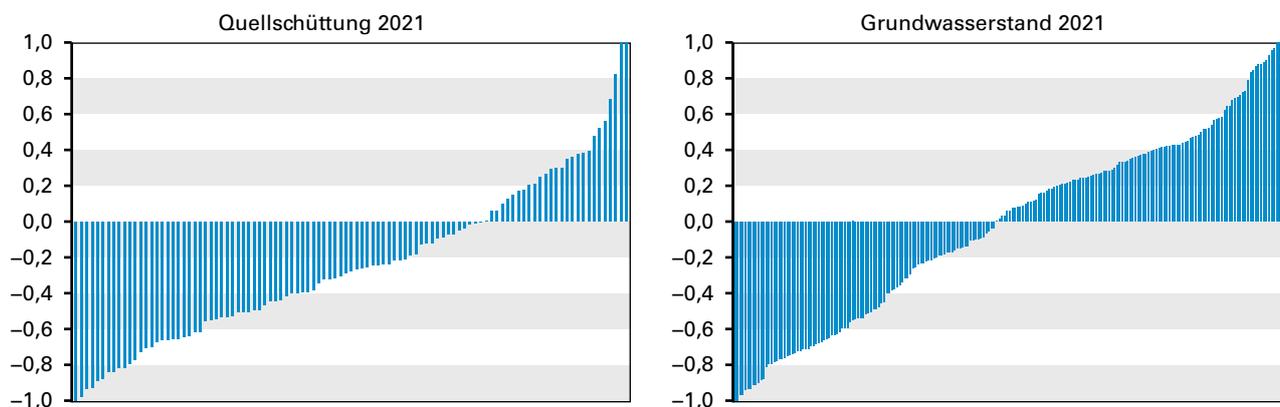
4 Weiterführende Informationen

4.1 Grundwassermenge

Im Jahr 2021 entsprachen die Quellschüttungen und Grundwasserstände insgesamt mittleren Verhältnissen im 50-jährigen Vergleich (Zeitspanne 1972 – 2021). Für die Darstellung in Abbildung 4.1 wurden 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 2021 wird als Säule im Diagramm aufgetragen. Dieses Verfahren wird auf alle Messstellen mit

25 Beobachtungsjahren und mehr angewandt. Die Ergebnisse an 213 Grundwasserstands-Messstellen und 103 Quellen 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 2021 die Quellschüttungen – im Gegensatz zu den Grundwasserständen – mehrheitlich unterdurchschnittlich waren.



LUBW

Abbildung 4.1: Normierte Jahresmittelwerte im langjährigen Vergleich 1972 – 2021: Dargestellt wird pro Messstelle der gegen den seit 1972 jeweils kleinsten (-1) bzw. größten (+1) Jahresmittelwert normierte Jahresdurchschnitt im Jahr 2021.

Tabelle 4.1: Ergebnisse 2021 im Trendmessnetz Quellschüttung

Ergebnisse 2021		Baden-Württemberg Trendmessnetz – Quellschüttung (Auswahl)								
Messstelle	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum 2021		Jahresmaximum 2021		Mittelwert 2021	Trend [l/s/Jahr]		
			[l/s]	Datum	[l/s]	Datum		[l/s]	10 Jahre	20 Jahre
600/071-1	Markgräfler Hügelland	Quartär Hangschutt	0,089	02.01.	0,94	31.07.	0,54	0	0	0
600/263-6	Nördlicher Talschwarzwald	Buntsandstein	6,5	08.11.	25,05	08.02.	10,581	-0,2	-0,2	-0,2
600/268-0	Südöstlicher Schwarzwald	Buntsandstein	2,98	04.01.	34,13	08.02.	7,614	-0,2	-0,1	0
600/309-4	Kraichgau	Lettenkeuper	0,4	19.01.	1,26	15.03.	0,932	-0,1	-0,1	0
602/320-8	Baar-Alb/Oberes Donautal	Malm Weißjura	0,77	29.11.	10	19.07.	3,574	-0,1	0	0
600/468-4	Baar-Alb/Oberes Donautal	Malm Weißjura	26	04.01.	350	05.07.	105,423	-3,8	-3	-0,3
602/521-3	Oberschwäb. Hügelland	Quartär Moränen	0,92	15.01.	7,55	15.08.	3,348	-0,1	0	0
600/554-9	Bauland	Muschelkalk	20,06	22.11.	91,32	01.02.	42,892	-1,2	-0,6	0
600/607-8	Hohenloher-Haller-Ebenen	Lettenkeuper	0,447	12.04.	3,548	27.12.	2,412	-0,1	-0,1	0
604/657-0	Kocher-Jagst-Ebenen	Lettenkeuper	0,217	28.06.	1,052	08.02.	0,437	0	0	0
600/665-7	Mittlere Flächenalb	Malm Weißjura	881	11.01.	13 831	12.07.	2 723,019	-15,5	-32,2	-2,9
601/759-1	Schwäb.-Fränk. Waldberge	Höherer Keuper	1,255	26.01.	3,614	12.07.	2,273	0	-0,1	0

LUBW

Tabelle 4.2: Ergebnisse 2021 im Trendmessnetz Grundwasserstand

Ergebnisse 2021		Baden-Württemberg Trendmessnetz – Grundwasserstand (Auswahl)								
Messstelle	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum 2021		Jahresmaximum 2021		Mittelwert 2021	Trend [cm/Jahr]		
			[m+NN]	Datum	[m+NN]	Datum		[m+NN]	10 Jahre	20 Jahre
110/018-1	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	172,05	03.05.	172,94	09.08.	172,35	-1,8	0,5	0
104/019-6	Markgräfler Rheinebene	Quart. Talfüllungen	190,28	04.01.	190,81	19.07.	190,5	-3,2	-0,8	0,1
115/019-6	Markgräfler Rheinebene	Quart. Talfüllungen	183,14	01.03.	183,8	19.07.	183,39	2,2	1,1	0,1
115/066-9	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	153,2	11.01.	154,76	19.07.	153,68	-5,6	-0,1	0,5
133/068-0	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	171,06	04.01.	171,96	19.07.	171,41	-4,9	-0,5	0,5
102/070-7	Freiburger Bucht	Quart. Talfüllungen	217,16	25.10.	218,42	01.02.	217,66	-7,4	-3,2	-0,5
104/071-8	Markgräfler Hügelland	Quart. Talfüllungen	251,7	11.01.	256,52	19.07.	254,65	-20,5	-8,5	-2,8
102/073-1	Hochschwarzwald	nicht bearbeitet	336,67	29.11.	339,77	01.02.	337,38	-2,7	-1,1	0,9
110/073-8	Dinkelberg	nicht bearbeitet	292,05	29.11.	293,66	08.02.	292,43	-0,8	0,7	0,1
103/115-2	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	144,77	29.11.	146,15	01.02.	145,14	-2,5	1,7	-1,4
100/119-1	Freiburger Bucht	Quart. Talfüllungen	206,23	21.11.	207,6	07.02.	206,7	-2,4	-0,3	-0,2
124/123-1	Dinkelberg	Quart. Talfüllungen	329,21	29.11.	331,48	01.02.	329,74	-1,7	-0,1	-0,2
143/161-2	Nördl. Oberrhein-Niederung	Quart. Talfüllungen	115,05	26.04.	115,57	19.07.	115,24	-0,2	0,6	0,5
120/162-0	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	121,08	11.01.	121,48	08.02.	121,29	-2,7	-0,1	0,2
157/162-8	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	121,91	04.01.	122,79	15.02.	122,36	-3	-0,3	0
120/163-1	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	129,55	04.01.	130,66	23.08.	130,24	-16,2	-3,9	-0,3
113/210-4	Nördl. Oberrhein-Niederung	Quart. Talfüllungen	105,98	29.11.	108,57	19.07.	106,85	-4,3	-0,1	-0,2
115/211-5	Nördl. Oberrhein-Niederung	Quart. Talfüllungen	110,08	18.10.	111,41	08.02.	110,44	-0,8	0,4	0,1
124/211-6	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	115,89	11.10.	116,3	08.02.	116,02	-2,4	-0,7	0,2
160/223-0	Hochrheintal	Quart. Talfüllungen	317	29.11.	318,82	19.07.	317,68	-3,3	-0,2	-
227/259-1	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	108,58	04.01.	108,8	26.07.	108,74	-6,6	-1,6	1
173/260-0	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	111,75	04.01.	112,3	29.03.	112	-7,4	-3,1	-
119/304-2	Hessische Rheinebene	Quart. Talfüllungen	94,08	27.12.	94,36	08.03.	94,23	-11,9	-4,5	2,3
102/305-7	Neckar-Rheinebene	Quart. Talfüllungen	86,78	29.11.	91,49	19.07.	88,24	-4,4	-0,3	-0,1
104/307-0	Hardtebenen	Quart. Hangschutt	99,92	04.01.	100,18	02.08.	100,08	-5,9	-2,6	0
108/308-7	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	106,33	04.01.	106,64	19.07.	106,45	-1,9	0,1	-0,2
101/320-1	Baar	Quart. Talfüllungen	674,66	29.11.	675,54	01.02.	674,89	-2	-0,1	-0,3
100/321-9	Hegau-Alb	Muschelkalk	683,61	29.11.	685,35	15.02.	684,55	1,3	2,7	0,3
100/355-1	Bergstraße	Quart. Talfüllungen	96,07	18.01.	96,69	19.07.	96,43	-3,1	-3,6	2,8
105/370-3	Hegau-Alb	Quart. Talfüllungen	651,96	19.10.	656,45	21.06.	652,43	2,3	0,7	3,3
132/422-5	Hegau	Quart. Talfüllungen	418,3	04.01.	419,64	02.08.	418,97	-3,5	-0,4	-
105/470-3	Donau-Ablach-Platten	nicht bearbeitet	614,59	27.09.	615,24	02.08.	614,9	-2,5	-1,4	-0,9
167/508-9	Neckarbecken	Quart. Talfüllungen	153,46	25.01.	154,09	03.08.	153,67	-5,6	-2,9	-
100/516-6	Mittlere Kuppenalb	Malm Weißjura	688,99	18.01.	692,33	16.08.	690,66	-19,6	-8,7	-
100/517-0	Hohe Schwabenalb	Malm Weißjura	680,24	18.01.	688,79	26.07.	683,23	-23,9	-9,4	-3,2
20/520-3	Oberschwäb. Hügelland	nicht bearbeitet	617,53	11.01.	618,96	30.08.	618,43	-15,9	-7,3	-
3/568-8	Donau-Ablach-Platten	nicht bearbeitet	524,64	22.11.	526,92	01.02.	524,95	-0,4	-0,1	-
110/623-5	Oberschwäb. Hügelland	nicht bearbeitet	411,81	11.01.	412,87	23.08.	412,46	-3,9	0,3	0
130/623-6	Bodenseebecken	Quart. Talfüllungen	399,01	05.07.	400,29	08.02.	399,44	-1,2	-0,3	0
107/666-2	Mittlere Flächenalb	nicht bearbeitet	516,82	25.01.	523,71	02.08.	520,4	-14,9	-8,4	-
004/709-9	Schwäb.-Fränk. Waldberge	Lettenkeuper	476,63	04.01.	480,22	08.03.	478,96	-4,2	-0,2	-
148/717-0	Flachland der unteren Riss	nicht bearbeitet	492,73	29.11.	493,86	12.07.	493	-0,5	0,5	-
125/721-3	Riss-Aitrach-Platten	Quart. Talfüllungen	651,84	04.01.	652,78	22.02.	652,35	-1	0,2	-
102/762-4	Albuch und Härtsfeld	Quart. Talfüllungen	499,93	18.01.	503,41	12.07.	501,55	-10,1	-9	-1,8

Ergebnisse 2021		Baden-Württemberg Trendmessnetz – Grundwasserstand (Auswahl)								
Messstelle	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum 2021		Jahresmaximum 2021		Mittelwert 2021	Trend [cm/Jahr]		
			[m+NN]	Datum	[m+NN]	Datum		[m+NN]	10 Jahre	20 Jahre
154/767-1	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	507,12	13.12.	509,15	12.07.	507,57	-1,6	-0,3	0,4
109/768-9	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	530,25	18.01.	531,46	12.07.	530,6	-0,3	0,1	-0,1
132/768-3	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	516,54	13.12.	518,08	12.07.	517,01	-2,5	1,3	0,4
111/769-0	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	552,16	13.12.	552,8	19.07.	552,47	-1,4	-0,2	-0,5
104/770-4	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	572,56	25.01.	573,38	21.06.	572,93	-4,3	-0,2	0,2
177/770-1	Riss-Aitrach-Platten	Quart. Talfüllungen	593,47	06.12.	594,79	15.02.	593,96	-1,5	-1	-
110/773-2	Westallgäuer Hügelland	Quart. Talfüllungen	713,22	18.01.	715,44	08.02.	714	-2,2	-1,1	-
102/814-8	Donauried	Quart. Talfüllungen	443,36	04.01.	444,68	30.08.	444,24	-10,3	-3,1	-0,5

LUBW

4.2 Grundwasserbeschaffenheit

4.2.1 Bewertungsgrundlagen

Für die Ergebnisbewertung werden primär die in der GrwV festgesetzten Schwellenwerte (SW) herangezogen. Für Parameter ohne Schwellenwert gemäß GrwV werden hilfsweise die Grenzwerte (GW) der TrinkwV verwendet. Bei einigen Parametern wird auch auf die Geringfügigkeitsschwellenwerte

(GFS) der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) zurückgegriffen. Des Weiteren werden hilfsweise auch die Leitwerte (LW) und die Gesundheitlichen Orientierungswerte (GOW) des Umweltbundesamtes für Trinkwasser herangezogen. Bei Nitrat wird außerdem auch der Warnwert (WW) des Grundwasser-Überwachungsprogramms, der 75 % des Schwellenwert der GrwV entspricht, betrachtet.

Tabelle 4.3: 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
Leitwert	LW	unterhalb der LW besteht auch bei lebenslanger Aufnahme von Trinkwasser kein Anlass zur Besorgnis für die menschliche Gesundheit bei vollständiger toxikologischer Datenlage abgeleitet	UBA
Gesundheitliche Orientierungswerte	GOW	unterhalb der GOW besteht auch bei lebenslanger Aufnahme von Trinkwasser kein Anlass zur Besorgnis für die menschliche Gesundheit bei nicht vollständiger toxikologischer Datenlage vorsorgebasiert abgeleitet	UBA
Qualitätsnormen	-	unterhalb der Qualitätsnormen gilt der chemische Grundwasserzustand als gut entsprechen den SW für Nitrat und Pflanzenschutzmittel	GWRL

LUBW

Tabelle 4.4: 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
AVV GeA	oberhalb gilt ein Gebiet als Nitratgebiet (immissionsbasierte Abgrenzung)	Nitrat \geq 50 mg/L oder Nitrat \geq 37,5 mg/L mit ansteigendem Trend

Stand: 03/2022

LUBW

Tabelle 4.5: Bewertungsgrundlagen für LHKW

Regelwerk	Parameter	Bezeichnung	Wert in µg/l
GrwV	Summe aus Tri- und Tetrachlorethen	Schwellenwert	10
TrinkwV	Tetrachlorethen und Trichlorethen	Grenzwert	10
	1,2-Dichlorethan		3,0
	Trihalogenmethane		50
	Vinylchlorid		0,5
LAWA 2017a	LHKW gesamt (Summe der halogenierten C1- und C2-Kohlenwasserstoffe einschließlich Trihalogenmethane)	Geringfügigkeits-schwellenwert	20
	Tri- und Tetrachlorethen, Summe		10
	1,2-Dibromethan		0,02
	1,2-Dichlorethan		3,0
	Trichlormethan		2,5
	Chlorethen (Vinylchlorid)		0,5

Stand: 03/2022



Tabelle 4.6: Bewertungsgrundlagen für BTEX

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

Stand: 03/2022



4.2.2 Qualitätssicherung, Werteplausibilisierung und Datenauswertung

Jährlich werden im Landesmessnetz Beschaffenheit der LUBW rund 120 000 bis 160 000 chemisch-physikalische Messwerte erhoben. Alle Messergebnisse werden auf Plausibilität geprüft und nur plausible Messwerte für die Auswertungen verwendet (Abbildung 4.2). Deswegen ist die Anzahl der Messwerte bzw. die Anzahl ausgewerteter Messstellen meistens niedriger als die Anzahl der untersuchten Messstellen. Auch für die Einzelstoffe einer Stoffgruppe können dadurch unterschiedliche Anzahlen von Messwerten vorliegen. Der Aufwand für die Qualitätskontrolle und Plausibilisierung ist unverzichtbar, um für Berichtspflichten und Datenanfragen belastbare Werte zur Verfügung stellen zu können.

Die Messdaten werden von den beauftragten Probennahmestellen und Laboratorien im einheitlichen Datenformat LABDÜS an die LUBW geliefert. Beim Einlesen in die Grundwasserdatenbank werden sie zunächst weitgehend automatisiert z. B. auf Vollständigkeit des Auftrags, Datenformate oder korrekte Verknüpfung zwischen Parameter und Dimension geprüft. Des Weiteren wird an der LUBW per Sichtprüfung anhand der vom Probennahmestellenbüro für

jede Messstelle zu liefernden Fotodokumentation überprüft, ob es sich um die richtige Probennahmestelle handelt oder eine Verwechslung vorliegt.

Danach werden alle Messergebnisse auf inhaltliche Plausibilität geprüft. Zur ersten inhaltlichen Prüfung stehen in der Grundwasserdatenbank z. B. Zeitreihentests mit Differenzen- und Standardabweichungsverfahren zur Verfügung. Hiermit können einerseits auffällig hohe und sehr kleine Messwerte identifiziert werden, andererseits werden auch auffällige Werte erkannt, die aus der üblichen Streuung an einer Messstelle herausfallen und/oder die einen plötzlichen Konzentrationssprung in der Ganglinie markieren. Zur Unterstützung berechnet die GWDB automatisiert die Ionenbilanz, die weiterführende Hinweise auf Mess- oder Datenübertragungsfehler zumindest für die Hauptionen gibt. Ein außerhalb der festgelegten Toleranzgrenzen liegender Messwert muss nicht per se falsch sein, er kann auch besondere aktuelle Belastungseinflüsse/ Umstände wie z. B. verstärkten Streusalzeinsatz im Winter anzeigen. Nicht nur die bei der statistischen Prüfung als auffällig identifizierten Messwerte werden an der LUBW per Einzelsichtprüfung der Zeitreihe geprüft, sondern auch jeder statistisch plausible Wert.

Auffällige Messwerte werden bei den Probennahmebüros oder Messlaboren angefragt. Das Messlabor prüft die Analyse und Datenausgabe und führt gegebenenfalls eine erneute Messung an einer Rückstellprobe durch. Beim Datenrücklauf an die LUBW werden die ursprünglichen Messwerte von den Laboren entweder bestätigt oder korrigiert. Die Datenrückläufe werden bei der LUBW erneut kontrolliert. Auch wird geprüft, ob eine Verwechslung der Messstelle vorliegt. Bei der anschließenden fachlichen Prüfung wird entschieden, ob der auffällige Messwert in der Zusammenschau mit anderen Analyseparametern und im Hinblick auf die Lage der Messstelle zu möglichen Belastungsquellen im Anströmbereich/Einzugsgebiet plausibel oder nicht plausibel ist. Auch das Heranziehen von Daten benachbarter Messstellen kann zur Aufklärung beitragen. Weitere Beurteilungskriterien sind in Einzelfällen beispielsweise – wenn bekannt – auch die Charakteristika der Messstelle, naturräumliche/geologische Besonderheiten im Einzugsgebiet und gegebenenfalls vorangegangene außergewöhnliche meteorologische und hydrologische Verhältnisse. Veränderungen des Grundwasserstandes oder der Quellschüttung durch nasse oder trockene Monate können die Messwerte beeinflussen. Bei Bedarf werden Nachbeprobungen mit anonymisierten Vergleichsanalysen mit mehreren Laboren veranlasst.

Die Sicherung der Qualität der Probennahmen, der Vor-Ort-Messungen und der Analysenergebnisse im Labor

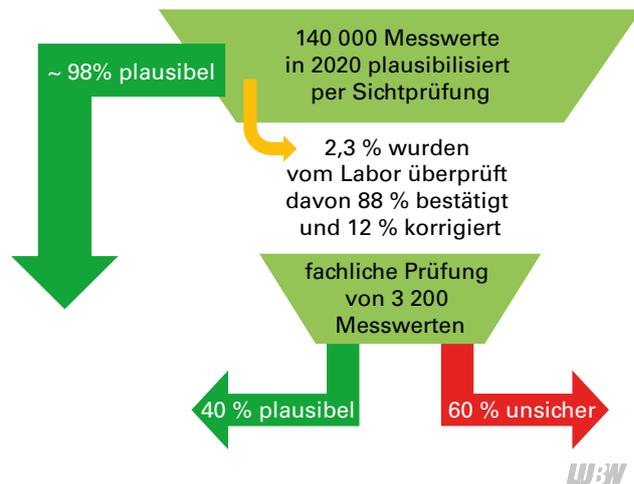


Abbildung 4.2: Ablauf und Ergebnisse der Daten-Plausibilisierung im Messjahr 2020.

basiert auf mehreren Säulen. Voraussetzung für einen Probennahmeauftrag von der LUBW ist die erfolgreiche Teilnahme an zwei ganztägigen Kursen an der Universität Stuttgart, die gemeinsam von LUBW und VEGAS (Versuchseinrichtung zur Grundwasser- und Altlastensanierung) veranstaltet werden. Voraussetzung für einen externen Labor-Untersuchungsauftrag ist, dass das chemische Laboratorium nach DIN EN ISO/IEC 17 025 akkreditiert ist und regelmäßig erfolgreich an Ringversuchen teilnimmt. Als weitere qualitätssichernde Maßnahmen werden durch die LUBW unangemeldete Probennahmenkontrollen und Labor-Vergleichsuntersuchungen teilweise mit anonymisierten Proben durchgeführt.

Tabelle 4.7: Erläuterungen zur Datenauswertung und zu den verwendeten statistischen Kennzahlen

Datenauswertung	
verwendete Messstellen	Das Landesmessnetz Beschaffenheit unterliegt ständigen Veränderungen, da einzelne Messstellen entfernt oder neu aufgenommen werden. Für die Auswertung von Beprobungsrounden, die sich über mehrere Jahre erstrecken, werden daher sowohl aktuelle als auch ehemalige Landes-Messstellen herangezogen.
verwendete Messwerte	Nitrat: Wenn an einer Messstelle mehrere Messwerte im Auswertungszeitraum (meistens ein Jahr) vorliegen, wird für die Auswertungen der Median daraus verwendet. Weitere Parameter: Wenn an einer Messstelle mehrere Messwerte für einen Parameter im Auswertungszeitraum (meistens mehrere Jahre) vorliegen, wird der jeweils neueste Messwert für die Auswertungen herangezogen.
Konsistenz	Durch technische Ausfälle einzelner Messstellen und die Herausnahme von Messstellen aus dem Messnetz werden die konsistenten Datenkollektive mit zunehmend längerem Betrachtungszeitraum immer kleiner. Um auch bei längeren Datenreihen genügend Messstellen auswerten zu können, werden bei Auswertungen seit 2017 Datenlücken akzeptiert. Die Datenlücken werden durch lineare Interpolation der benachbarten Messwerte aufgefüllt. Pro abgeschlossenes Jahrzehnt der Datenreihe wird eine Lücke von maximal zwei Jahren zugelassen.
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.
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 einhalten. Innerhalb eines Datenkollektivs können für einen Parameter unterschiedliche BGs vorliegen. Angegeben wird in der Regel die am häufigsten angewandte BG (bezogen auf alle Messwerte < BG).
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-Wert
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-Wert. 80 % der Messwert liegen demzufolge zwischen P10 und P90.
Maximum	Der höchste Messwert eines Datenkollektivs



4.2.3 Weiterführende Literatur

UBA (2019):

Umweltbundesamt: Liste der nach GOW bewerteten Stoffe, Stand: Juli 2020 https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/5620/dokumente/listegowstoff-eohnepsm-20200728-homepage_kopie_0.pdf (Abruf am 24.08.2022)

LAWA (2017):

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser: Ableitung von Geringfügigkeitsschwellenwerten für das Grundwasser. Aktualisierte und überarbeitete Fassung 2016, https://www.lawa.de/documents/geringfuegigkeits_bericht_seite_001-028_1552302313.pdf (Abruf am 24.08.2022)

Die Veröffentlichungen der LUBW/LfU zum Thema Grundwasserschutz sind im Internet unter <https://pudi.lubw.de/>

[lubw.de/](https://www.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: <https://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/wasser/grundwasserueberwachungsprogramm>

Leitfaden Grundwasserprobennahme (2013), LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Reihe Grundwasserschutz: Nr. 46: <https://pd.lubw.de/83875>

4.2.4 Ergebnisübersicht Vor-Ort-Parameter und hydrochemische Parameter

Tabelle 4.8: Ergebnisse 2021 – Landesmessnetz Beschaffenheit: Vor-Ort-Parameter, Nitrit, Ammonium und hydrochemische Parameter (BG = Bestimmungsgrenze, SW = Schwellenwert, GW = Grenzwert, – = es liegt keine Bewertungsgrundlage vor, 0 = die Bewertungsgrundlage wurde nicht überschritten)

Parameter	Dimension	BG	SW	GW	Messstellen											
					ausgewertet		≥ BG		> SW		> GW		Minimum	P10	Median/P50	P90
					Anzahl	Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%					
Temperatur	°C	–	–	–	1 873	1 873	100	–	–	–	–	5,3	9,0	12	14	43
Elektrische Leitfähigkeit bei 20 °C	µS/cm	–	–	2 500	1 853	1 853	100	–	–	7	0,4	21	270	650	980	14 000
pH-Wert	–	–	–	≥ 6,5; ≤ 9,5*	1 870	1 870	100	–	–	120	6,4	4,5	6,7	7,2	7,4	9,0
Sauerstoff	mg/l	0,5	–	–	1 857	1 802	97	–	–	–	–	0,1	0,6	6,2	9,8	12
Sauerstoffsättigungsindex	%	1,0	–	–	1 813	1 805	100	–	–	–	–	0,1	9,0	60	92	104
Nitrit	mg/l	0,01	0,5	0,5	1 877	186	9,9	3	0,2	3	0,2	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,65
Ammonium	mg/l	0,01	0,5	0,5	1 878	406	22	39	2,1	39	2,1	0,01	< 0,01	< 0,01	0,036	31
DOC (gelöster organischer Kohlenstoff)	mg/l	0,2	–	–	1 855	1 835	99	–	–	–	–	0,1	0,36	0,73	1,7	32
Calcium	mg/l	1,0	–	–	1 816	1 815	100	–	–	–	–	1,4	29	110	160	700
Magnesium	mg/l	0,5	–	–	1 825	1 822	100	–	–	–	–	0,4	3,4	17	37	160
Natrium	mg/l	0,5	–	200	1 849	1 849	100	–	–	8	0,4	0,7	3,7	11	37	2 900
Kalium	mg/l	0,5	–	–	1 858	1 793	97	–	–	–	–	0,2	0,66	1,8	5,9	67
Summe Erdalkalien (Gesamthärte)	mmol/l	–	–	–	1 806	1 805	100	–	–	–	–	0,05	1,0	3,5	5,2	21
Chlorid	mg/l	0,5	250	250	1 854	1 852	100	19	1,0	19	1,0	0,5	5,8	26	74	5 400
Fluorid	mg/l	0,05	–	1,5	1 786	1 567	88	–	–	3	0,2	0,01	< 0,05	0,11	0,23	3,1
Cyanid, gesamt	mg/l	0,01	–	0,05	1 869	16	0,9	–	–	1	0,1	0,005	< 0,005	< 0,01	< 0,01	0,1
Sulfat	mg/l	1,0	250	250	1 865	1 864	100	68	3,6	68	3,6	0,3	8,0	32	130	1 700
Ortho-Phosphat	mg/l	0,03	0,5	–	1 836	1 127	61	37	2,0	–	–	0,005	< 0,03	0,035	0,17	7,1
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/l	0,1	–	–	1 842	1 840	100	–	–	–	–	0,07	1,8	5,6	7,2	14
Basekapazität bis pH 8,2	mmol/l	0,05	–	–	1 794	1 784	99	–	–	–	–	0,02	0,3	0,82	1,5	6,0

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank 10/2022

* 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.



