




Grundwasserschutz 56

Grundwasser- überwachungsprogramm

 Ergebnisse der Beprobung 2016



Baden-Württemberg

Grundwasser- überwachungsprogramm

 Ergebnisse der Beprobung 2016



Baden-Württemberg

HERAUSGEBER	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe www.lubw.baden-wuerttemberg.de
BEARBEITUNG	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Referat 42 - Grundwasser
REDAKTION	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Referat 42 - Grundwasser
BEZUG	Diese Broschüre ist gedruckt für 15,- Euro oder kostenlos als Download im pdf-Format erhältlich bei der LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe unter: http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/6638/
ISSN	1437-0131 (Reihe Grundwasserschutz Bd. 56, 2017)
BILDNACHWEIS	Titelbild: LUBW
STAND	November 2017, 2. Auflage
DRUCK	medialogik GmbH, 76187 Karlsruhe Gedruckt auf Recyclingpapier



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

ZUSAMMENFASSUNG

9

1	GRUNDWASSERMESSNETZ BADEN-WÜRTTEMBERG	13
1.2	Organisation des Landesmessnetzes	13
1.3	Organisation des Kooperationsmessnetzes	15
1.4	Qualitätssicherung im Rahmen des Messnetzbetriebes	15
1.4.1	Qualitätssicherung Stammdaten	15
1.4.2	Qualitätssicherung Probennahme	16
1.4.3	Qualitätssicherung Analytik	16
1.5	Datenverarbeitung mit der Grundwasserdatenbank	17
2	DAS GRUNDWASSER 2016 IN BADEN-WÜRTTEMBERG	18
2.1.	Hydrologische Situation	18
2.2.	Grundwasserneubildung aus Niederschlag	20
2.3	Die Grundwasservorräte 2016	22
2.3.1	Datengrundlage und allgemeine Zustandsbeschreibung	22
2.3.2	Regionale Grundwasserverhältnisse	24
2.3.3	Fazit der quantitativen Entwicklung	26
2.4	Nitrat	28
2.4.1	Nitrat im Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz der LUBW (Landesmessnetz)	28
2.4.1.1	Statistische Kennzahlen für die verschiedenen Emittentengruppen	28
2.4.1.2	Räumliche Verteilung und Regionalisierung	29
2.4.1.3	Kurzfristige Veränderungen/Vergleich zu den Vorjahren	31
2.4.1.4	Längerfristige Veränderungen (Konsistente Messstellen Entwicklung seit 1994)	34
2.4.2	Nitrat in Wasserschutzgebieten (SchALVO-Auswertungen)	35
2.5	Pflanzenschutzmittel (PSM)	38
2.5.1	Zulassung, Verwendung, Klassifizierung	38
2.5.2	Umweltrelevanz, Berichtspflichten, Fundaufklärung	39
2.5.3	Probennahme und Analytik	39
2.5.4	Bisher untersuchte Wirkstoffe	41
2.5.5	Nachmessungen auf PSM-Wirkstoffe sowie auf relevante und „nichtrelevante“ Metabolite im Jahr 2016 (Messnetz LUBW)	42
2.5.6	Bewertung der Gesamtsituation der PSM-Wirkstoffe und der nichtrelevanten Metaboliten 2012-2016 (Messnetze LUBW und Kooperation)	43
2.5.6.1	PSM-Wirkstoffe 2012-2016	43
2.5.6.2	Nicht relevante Metaboliten 2012-2016	45
2.5.6.3	Gesamtbewertung	47
2.5.7	PSM-Anwendung in Wasserschutzgebieten	47

2.6	Süßstoffe	50
2.6.1	Verwendung, Stoffeigenschaften, Eintragspfade	50
2.6.2	Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken	50
2.6.3	Probennahme und Analytik	50
2.6.4	Bisherige Untersuchungen auf Süßstoffe	50
2.6.5	Ergebnisse der Untersuchungen 2016	51
2.6.6	Bewertung	51
2.7	Benzotriazole	52
2.7.1	Stoffeigenschaften, Verwendung, Eintragspfade	52
2.7.2	Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken	52
2.7.3	Probennahme und Analytik	52
2.7.4	Bisherige Untersuchungen auf Benzotriazole	53
2.7.5	Ergebnisse der Untersuchungen 2016	53
2.7.6	Bewertung	53
2.8	Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC)	54
2.8.1	Verwendung, Stoffeigenschaften, Eintragspfade	54
2.8.2	Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken	54
2.8.3	Probennahme und Analytik	55
2.8.4	Bisherige Untersuchungen auf PFC	55
2.8.5	Ergebnisse der Beprobungen 2016	56
2.8.6	Bewertung	59
2.9	Metallische Spurenstoffe	59
2.9.1	Vorkommen, Verwendung, Stoffeigenschaften, Eintragspfade	59
2.9.2	Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken	59
2.9.3	Probennahme und Analytik	59
2.9.4	Bisherige Untersuchungen auf metallische Spurenstoffe	61
2.9.5	Ergebnisse der Untersuchungen 2013 bis 2015	61
2.9.6	Bewertung	68
2.10	Berichtspflichten	69
2.10.1	EU-Nitratmessnetz (Teilmessnetz Landwirtschaft des EUA-Messnetzes)	69
2.10.2	EUA-Messnetz	69
2.10.3	Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI) und Faltblatt des Statistischen Landesamtes	70
2.10.4	PSM-Meldung an UBA	72
2.10.5	WRRL	73
3	STATISTISCHE ÜBERSICHTEN	76
3.2	Gesamtmessnetz - Beschaffenheit	78

4	AUSBLICK UND BERICHTSWESEN	81
4.2	Qualitätsverbesserung	81
4.3	Datenverarbeitung	81
4.4	Berichtswesen - Internet - weitere Projekte	81
4.5	Hydrogeologische Karte (HGK) und Hydrogeologische Erkundung (HGE) Baden-Württemberg	82
5	LITERATURVERZEICHNIS	83
5.2	Fachspezifische EDV-Anwendungen	84
6	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	86
	ANHANG	87
A 2	Messprogramme Beprobungskampagne Herbst 2016 (ohne Sonderprogramme)	87
A 3	Statistische Verfahren	87
A 3.1	Rangstatistik	87
A 3.2	Rangstatistik und Boxplot	88
A 3.3	Zeitreihenstatistik: Trends an konsistenten und periodisch konsistenten Messstellengruppen	88
A 4	Bestimmungsgrenzen, Rechenvorschriften, Grenzwerte, Warnwerte, Schwellenwerte	89



Zusammenfassung

Die Situation hinsichtlich der Grundwassermenge wurde anhand der Daten von 383 Trendmessstellen ermittelt. Insgesamt waren die Grundwasservorräte im Jahr 2016 im Mittel höher als im vorangegangenen Jahr. Im langjährigen Vergleich waren zunächst außergewöhnliche Anstiege in der 1. Jahreshälfte auf ein hohes Niveau zu beobachten. In der 2. Jahreshälfte waren anschließend rückläufige Verhältnisse, die mit den Entwicklungen in den trockenen Jahren 2003 und 2015 vergleichbar sind, festzustellen. Dieser außergewöhnliche Rückgang war außer in Oberschwaben und dem Rhein-Neckar-Raum in allen Landesteilen vorhanden und kennzeichnet das Jahr 2016. Bis zum Jahresende wurde keine Stabilisierung der Grundwasservorräte beobachtet.

Die Grundwasserbeschaffenheit wurde im Herbst 2015 an insgesamt 1.774 Messstellen des von der LUBW betriebenen Landesmessnetzes untersucht. Die Wasserversorgungswirtschaft Baden-Württembergs stellte auf der Grundlage einer Kooperationsvereinbarung aus dem Jahre 2003 die Nitrat-Daten von 2.353 Messstellen in Wasserschutzgebieten bis zum Stichtag 31.03.2017 zur Verfügung. Weiterhin wurden von etwa 500 Kooperationsmessstellen Analysen für Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und deren Abbauprodukte sowie die Messwerte von etwa 80 Messstellen zu Süßstoffen und Benzotriazolen übermittelt.

Die Maßnahmen zur Reduzierung der Nitratreinträge ins Grundwasser haben zu einer Abnahme der Nitratbelastung geführt. Zu diesen Maßnahmen zählen in Baden-Württemberg neben der Düngeverordnung insbesondere die Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) und das Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleichsprogramm (MEKA), das 2015 durch das Förderprogramm für Agrarumwelt, Klimaschutz und Tierwohl (FAKT) abgelöst wurde. Seit 1994 hat die landesweite Nitratbelastung um 22 %, seit 2001 um 13 % abgenommen. Trotzdem stellt Nitrat die Hauptbelastung des Grundwassers in der Fläche dar. Der Schwellenwert der Grundwasserverordnung bzw. der Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 50 mg/l wird nur noch an jeder elften Landesmessstelle, der Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms von 37,5 mg/l an jeder fünften Messstelle überschritten.

Die mittelfristige Nitratentwicklung seit 1994 zeigt, dass sich 2016 der seit rund 20 Jahren festgestellte fallende Trend weiter fortsetzt. Die Nitratbelastung ist 2014 und 2015 wieder gesunken und zwar auf das gemeinsam mit 2012 niedrigste Niveau seit 1994, nachdem es im Jahr 2013 mit einem deutlichen Belastungsanstieg eine Unterbrechung gegeben hatte. Deutliche Belastungsanstiege gab es auch schon in den Jahren 2005 bis 2007. Eine Ursache kann in zwischenzeitlich aufgetretenen Trockenjahren liegen. Der in Trockenjahren im Boden gespeicherte Stickstoff gelangt erst in den nachfolgenden regenreicheren Jahren mit dem Sickerwasser in Bereichen mit geringem Flurabstand und durch einen steigenden Grundwasserspiegel ins Grundwasser. Damit ist in den kommenden Jahren auch wieder zu rechnen, da auch 2015/2016 trockene Jahre waren. Die verschiedenen Auswertungen der LUBW zur Grundwasserbeprobung 2016 zeigen gegenüber dem Vorjahr in allen Fällen eine nahezu unveränderte Situation bzw. eine leichte Zunahme der mittleren Nitrat-

konzentration - bei Berücksichtigung aller Messstellen um 0,3 mg/l auf 22,8 mg/l. Betrachtet man die konsistenten Messstellen, ergibt sich eine leichte Zunahme von 0,1 mg/l auf 21,2 mg/l.

In den hoch belasteten Nitratsanierungsgebieten hat sich der seit 2001 fallende Trend fortgesetzt. Auch hier treten in der Datenreihe zwischenzeitlich Unterbrechungen mit kleinen Belastungsanstiegen auf. Seit 2001 hat sich die mittlere Nitratkonzentration um etwa 15 % verringert. In den Problemgebieten sind in diesem Zeitraum Verbesserungen von etwa 11 % erkennbar. Die mittlere Nitratkonzentration ist 2016 in allen drei Nitratklassen gegenüber 2015 nahezu unverändert. Es gibt in den Normalgebieten Abnahmen um 0,2 mg/l, in den Problemgebieten eine Zunahme von 0,1 mg/l. In den Sanierungsgebieten liegt die mittlere Konzentration bei unveränderten 44,5 mg/l. In den Normalgebieten sind seit 2001 Verbesserungen mit Abnahmen von etwa 6 % erkennbar.

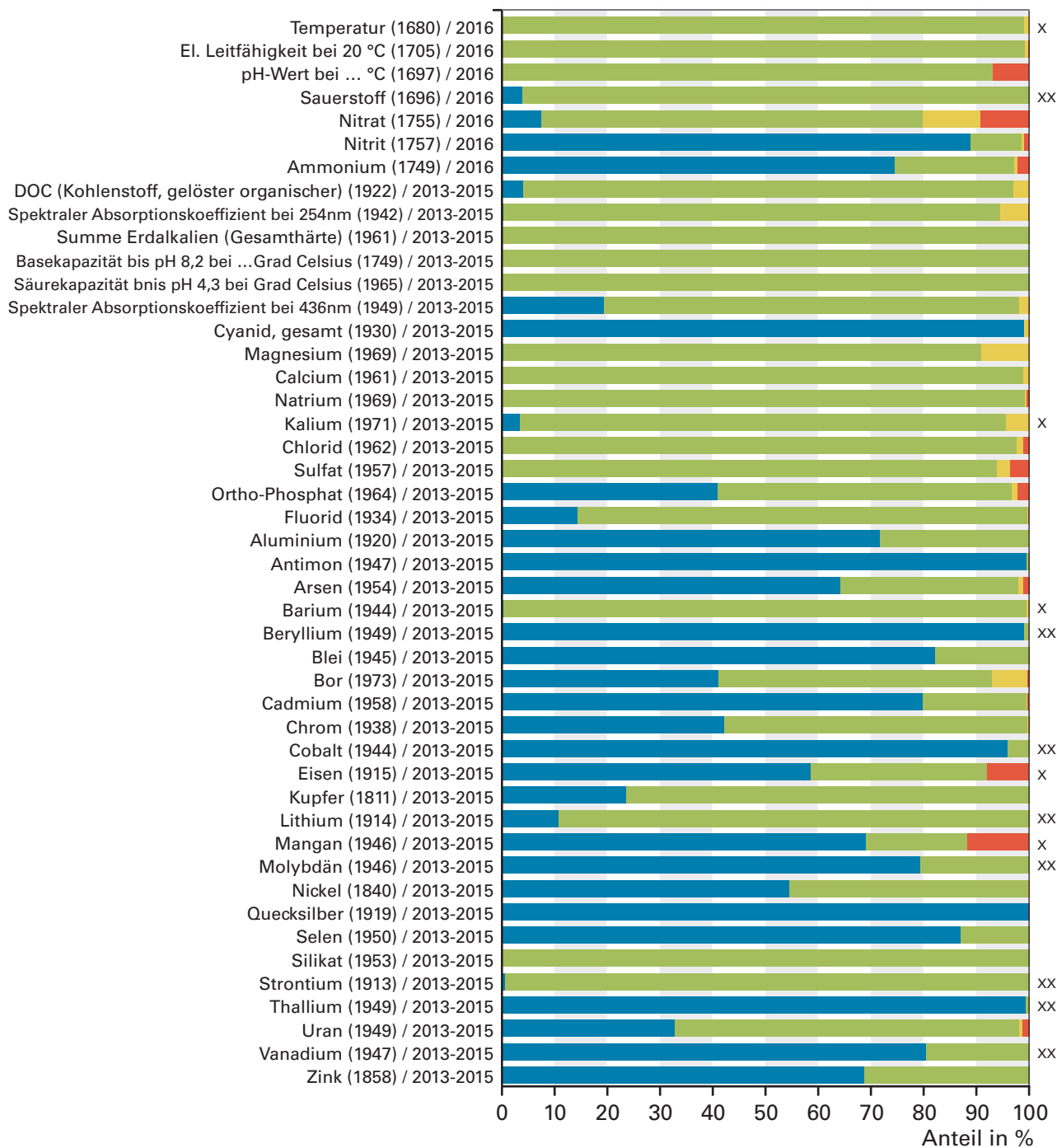
Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und deren Abbauprodukte wurden 2016 im Landesmessnetz an etwa 300 Messstellen untersucht, an denen in den letzten Jahren erhöhte Befunde aufgetreten waren. Dies betrifft meist Wirkstoffe und Abbauprodukte wie Atrazin und Desethylatrazin, Bromacil sowie Hexazinon, die schon seit mehr als 20 Jahren verboten sind, sich aber immer noch im Boden befinden und erst langsam ausgewaschen werden. Überwiegend sind die Konzentrationen gleich geblieben oder haben abgenommen. In Einzelfällen sind auch Zunahmen zu beobachten. Messstellen mit erhöhten Befunden werden weiter beobachtet.

Im Jahr 2015 wurde begonnen, das gesamte Messnetz auf Süßstoffe, Benzotriazole und PFC (per- und polyfluorierte Chemikalien) zu untersuchen. Bei der zweiten Beprobungsrunde 2016 wurden etwa 690 Messstellen auf Süßstoffe und Benzotriazole untersucht. An rund der Hälfte der Messstellen wurden Süßstoffe und an fast einem Drittel der Messstellen wurden Benzotriazole gefunden. Die Konzentrationen sind zwar überwiegend sehr gering, deuten aber darauf hin, dass eine Abwasserbeeinflussung vorliegt. Süßstoffe selbst sind in den angetroffenen Konzentrationen für den Menschen unbedenklich. Bei den PFC konnten eine oder mehrere Verbindungen an teilweise bis zu 60 % der rund 560 untersuchten Messstellen nachgewiesen werden, davon in rund der Hälfte der Fälle in niedrigen Konzentrationsbereichen. Betrachtet man nur die 32 Rohwasserbrunnen- und -quellen für die öffentliche Wasserversorgung, so wurde die sogenannte Quotientensumme von 1,0 an allen Messstellen bei weitem nicht erreicht.

In allen Grundwässern sind metallische Spurenstoffe in unterschiedlich hohen Konzentrationen zu finden. Diese Stoffgehalte sind in den meisten Fällen natürlichen Ursprungs und je nach umgebender geologischer Formation in ihrer Zusammensetzung verschieden. Darüber hinaus können weitere Belastungen auch durch anthropogene Einträge entstehen, sei es durch Abwässer, die aus undichter Kanalisation ins Grundwasser infiltrieren, oder infolge von Schadensfällen. Auf die Fläche bezogen stellen metallische Spurenstoffe in Baden-Württemberg für das Grundwasser kein Problem dar.

Auf der Grundlage von rechtlichen Regelungen oder von Vereinbarungen bestehen zahlreiche Berichtspflichten für Grundwasserdaten an das Land, den Bund und die EU. Dies können die Messwerte selbst sein, aggregierte Daten, Karten oder Texte, wobei die Datenformate und die Struktur des Inhalts meist vorgegeben sind. Für die Berichtspflichten ist eine hohe Datenqualität unabdingbar.

Trotz einer Verbesserung der Grundwasserqualität in den letzten Jahren erlaubt das erreichte Niveau noch nicht, die bisherigen Anstrengungen zu verringern. Daher sind die bereits eingeleiteten Schutzmaßnahmen weiter zu verfolgen bzw. zu verbessern.



■ < BG	■ ≥ BG und ≤ WW	■ > WW und ≤ SW bzw. GW	■ > SW bzw. GW	LUBW
BG = Bestimmungsgrenze	WW = Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogrammes			
GW = Grenzwert der Trinkwasserverordnung	SW = Schwellenwert der Grundwasserverordnung			
X = kein Warn- <u>oder</u> kein Schwellenwert bzw. Grenzwert festgelegt	XX = kein Warn- <u>und</u> kein Schwellenwert bzw. Grenzwert festgelegt			
Klammerwerte: Anzahl der Messwerte / Beprobungsjahr bzw. -zeitraum				

Abbildung 0-1: Übersicht über die Ergebnisse der Beprobung 2016 bzw. der Beprobungen 2013-2015, Messnetz LUBW - Prozentuale Verteilung der Messwerte

1 Grundwassermessnetz Baden-Württemberg

1.1 Zielsetzung

Im Rahmen des Grundwasserüberwachungsprogramms Baden-Württemberg werden von der LUBW flächenhaft repräsentative Daten erhoben, erfasst, aufbereitet, ausgewertet und bereitgestellt. Die Ergebnisse aus den Grundwasserbeprobungen und -messungen sollen

- die qualitative (Grundwasserbeschaffenheit) und quantitative (Grundwasserstand und Quellschüttung) Situation und Entwicklung dokumentieren und die Einflussfaktoren, d. h. Auswirkungen von Nutzungen auf das Grundwasser aufzeigen und
- dazu beitragen, Verbesserungs-, Eingriffs- und Lenkungsmöglichkeiten abzuleiten.

Im Dezember 2006 wurden mit der EU-Grundwasserrichtlinie¹⁾, der „Tochtrichtlinie Grundwasser“ der EU-Wasserrahmenrichtlinie²⁾ (WRRL), erstmals auch für das Grundwasser Qualitätsnormen für Nitrat und Pflanzenschutzmittel festgelegt. Mit der Grundwasserverordnung³⁾ (GrwV) vom 9. November 2010 wurden die EU-Grundwasserrichtlinie in nationales Recht umgesetzt und darüber hinaus für weitere Stoffe und Parameter „Schwellenwerte“ festgelegt. Im vorliegenden Bericht werden zur Ergebnissbewertung zunächst die in der GrwV festgesetzten Schwellenwerte herangezogen. Für Parameter, für die es keine Schwellenwerte gibt, werden hilfsweise die in der Trinkwasserverordnung⁴⁾ (TrinkwV) genannten Grenzwerte als Vergleichsmaßstab verwendet. In einigen Fällen wird auf die Geringfügigkeitsschwellen der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) zurückgegriffen.

Ein repräsentatives Grundwassermessnetz mit den zugehörigen Untersuchungsprogrammen, aktuellen Datendienstes und Bewertungen ist zugleich ein Frühwarnsystem für großräumige natürlich und anthropogen verursachte Ver-

änderungen des Grundwassers, wie beispielsweise Versauerung, Klimaveränderungen oder Übernutzungen. Die Bestandteile des Grundwasserüberwachungsprogramms sind in der unveränderten Neuauflage „Rahmenkonzept Grundwassermessnetz“ [LfU 2000] beschrieben.

1.2 Organisation des Landesmessnetzes

Das von der LUBW betriebene Landesmessnetz Grundwasser besteht aus:

- dem Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz
 - mit rund 2.100 Messstellen, davon ca. 540 Quellen, 600 Beobachtungsrohre und 960 Brunnen, gegliedert in Teilmessnetze nach Beeinflussungen im Einzugsgebiet und der Nutzung der Messstellen. Die Beauftragung zu Probennahme und Analytik bei diesen Messstellen erfolgt zentral durch die LUBW.
 - mit mindestens einer Voll-Untersuchung aller Messstellen alle zwei oder drei Jahre auf natürliche und anthropogene Stoffe und Parameter
 - mit jährlicher Untersuchung zur langfristigen Kontrolle der landesweiten Entwicklung der Nitratbelastung. Im Herbst 2016 waren das 1.366 Messstellen in und außerhalb von Wasserschutzgebieten
 - mit Untersuchung von 48 Messstellen alle drei Monate auf die Stickstoffparameter in Wasserschutzgebieten, in denen die besonderen Schutzbestimmungen nach § 5 SchALVO gelten (Problem- und Sanierungsgebiete)
 - mit Untersuchung von 150 Messstellen in Wasserschutzgebieten zweimal im Jahr
 - mit halbjährlicher Untersuchung von 636 Messstellen in den gefährdeten Grundwasserkörpern

1) Richtlinie 2006/118/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 12. Dezember 2006 zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung, ABl. L 372 vom 27.12.2006, S.17
2) Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, ABl. L 327 vom 22.12.2000, S.1

3) Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung – GrwV) vom 9. November 2010, BGBl. I 2010 S.1513, Erste Verordnung zur Änderung der Grundwasserverordnung vom 4. Mai 2017, BGBl. I 2017 S.1044
4) Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV) vom 21.05.2001, BGBl. I 2001 S. 959, Neufassung vom 10.03.2016, BGBl. I 2016 S.459

- mit halbjährlicher Untersuchung von 360 Messstellen für das qualitative Überblicksmessnetz WRRL und das operative Messnetz WRRL
- mit Untersuchung von etwa 50 Messstellen an Quellen alle drei Monate auf versauerungs- und schütungsabhängige Parameter.

Anmerkung: die o. g. Messstellengruppen überschneiden sich teilweise.

■ dem Grundwasserstandsmessnetz

mit 233 Trendmessstellen mit wöchentlicher Wasserstandsmessung. Der größere Teil der rund 2.370 Grundwasserstands-Landesmessstellen ist nicht Gegenstand der Auswertungen dieses Berichts, da diese von den Regierungspräsidien und Landratsämtern hinsichtlich regionaler Fragestellungen verwaltet und ausgewertet werden.

■ dem Quellschüttungsmessnetz

mit rund 160 Messstellen, wobei derzeit an rund 115 Messstellen wöchentlich die Quellschüttung gemessen

wird. Ferner werden hydrochemische Untersuchungen mit mindestens einer Voll-Untersuchung alle vier Jahre auf natürliche und anthropogene Parameter und Stoffe und z. T. mit jährlicher Untersuchung im Herbst zur langfristigen Kontrolle der landesweiten Entwicklung der Nitratbelastung durchgeführt.

■ dem Lysimetermessnetz

mit 32 Messstellen und täglicher bis wöchentlicher Messung der Sickerwassermenge

Die Teilmessnetze und die zugehörige Messstellenanzahl sind im Kapitel „Statistische Übersicht“ zusammengestellt. Die Organisation der Beprobung der Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen und der Messung von Grundwasserstands- bzw. Quellschüttungsmessstellen ist unterschiedlich (Tabelle 1.2-1).

Tabelle 1.2-1: Organisation der vom Land betriebenen Teilmessnetze.

	Grundwasserbeschaffenheit	Grundwasserstand/Quellschüttung
Messturnus	Alle drei bis vier Jahre einmal Vollanalyse, zusätzlich z. T. jährlich im Herbst (Herbstbeprobung). Für besondere Fragestellungen wie z. B. SchALVO oder Versauerung teilweise in dreimonatlichem Rhythmus. Für EU-Berichterstattung und Kontrolle der gefährdeten Grundwasserkörper z. T. zweimal im Jahr. Zusätzlich gezielte Nachuntersuchungen im Rahmen der Fundaufklärung bei hohen Pflanzenschutzmittelbefunden.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Grundwasserstand: an jedem Montag (Regelfall) ■ Grundwasserstand: zunehmend kontinuierlich mit Datenloggern (z. T. mit Datenfernübertragung) ■ Quellschüttung: wöchentlich bis monatlich (Regelfall) ■ Quellschüttung: vereinzelt kontinuierlich ■ Lysimeter: täglich bis mehrmals wöchentlich
Organisation	LUBW und Regieunternehmen (Vergabe)	LUBW, Regierungspräsidien und Regieunternehmen
Datenbeschaffung durch Auftragnehmer (Messung, Probennahme, Analytik), Auftragsvoraussetzungen, Qualitätssicherung	Probennahme und Analytik: Vergabe an Probennahmebüros und chemische Labors. Nachweis der Qualifikation u. a. durch: <ul style="list-style-type: none"> ■ Akkreditierung nach DIN EN ISO 17025 ■ Regelmäßige erfolgreiche Teilnahme an der Analytischen Qualitätssicherung (AQS) mit Ringversuchen und Laborvergleichsuntersuchungen ■ auftragsspezifische Qualitätssicherungsmaßnahmen ■ Teilnahme an Probennahmer-Lehrgängen I und II von VEGAS/LUBW ■ unangekündigte Probennahmekontrollen 	Mengenummessung durch freiwillige oder vom Land beauftragte Beobachter. Datenlogger mit Datenfernübertragung werden verstärkt eingesetzt. Unterschiedlicher Datenfluss bei den Internet-Messstellen für die zeitnahe Berichterstattung, den „Trendmessstellen“ für die landesweite Zustandsbeschreibung und den „Regionalmessstellen“ für den übergeordneten Grundwasserschutz.
Messstelleneigentümer	Größtenteils wird auf Messstellen zurückgegriffen, die nicht in Landesbesitz sind. Private, gewerbliche und kommunale Betreiber stellen sie für die Probennahme bzw. Beobachtung zur Verfügung.	
Kosten	Die Kosten für Probennahme und Analytik bzw. Beobachtung trägt das Land.	
Datenerfassung und Übermittlung	Die im LABDÜS-Format (LABorDatenÜbertragungsSystem) von den chemischen Laboratorien erfassten Analysen werden dem Regieunternehmen per E-Mail übermittelt.	Die Beobachter übersenden Belege mit den eingetragenen Messdaten. Die Erfassung erfolgt durch die LUBW oder durch Vergabe an Büros.
Datenhaltung	WIBAS - Grundwasserdatenbank (GWDB)	
Datenplausibilisierung und Qualitätssicherung	Statistische und visuelle Plausibilisierungen beim Einlesen der Messwerte, ggf. Gegenmessung von Rückstellproben oder Nachbeprobungen. Weiterhin: Mehrfachbestimmungen, vergleichende Untersuchungen und Probennahmekontrollen vor Ort, Zeitreihentestverfahren der GWDB.	Visuelle Belegprüfungen, Plausibilitätsprüfung beim Einlesen, Kontrolle der Ganglinien, Zeitreihenanalysen



Abbildung 1.2-1: Grundwassermessstelle



Abbildung 1.2-2: Rohwassermessstelle im Wasserwerk



Abbildung 1.2-3: Quelle



Abbildung 1.2-4: Lysimeter
Fotos: LUBW

1.3 Organisation des Kooperationsmessnetzes

Das Anfang der achtziger Jahre entwickelte Kooperationsmodell zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit in Baden-Württemberg konnte bisher im Wesentlichen mit den Wasserversorgungsunternehmen (WVU) realisiert werden. Grundlage für den Betrieb des Kooperationsmessnetzes ist eine Vereinbarung zwischen VGW, DVGW-Landesgruppe, VKU, Städtetag und Gemeindetag. Die genannten Trägerorganisationen gründeten 1992 eine eigene „Grundwasserdatenbank Wasserversorgung (GWD-WV)“, in der die von den Wasserversorgungsunternehmen beauftragten Analysen gesammelt und ausgewertet werden. Die Ergebnisse der Wasserversorgungsunternehmen werden in jedem Jahr parallel in einem eigenständigen Bericht dargestellt.

Im Jahr 2003 wurde ein weiterer Kooperationsvertrag zwischen dem Land und der Wasserversorgungswirtschaft abgeschlossen, der beinhaltet, dass die Wasserversorgungswirtschaft für jedes Wasserschutzgebiet Konzentrationswerte zu Nitrat und Pflanzenschutzmitteln (PSM) für die im Rahmen der SchALVO notwendigen Wasserschutzgebiets-Einstufungen bestimmen lässt und diese Ergebnisse den Landratsämtern übermittelt. Die Landratsämter ihrerseits stufen die Wasserschutzgebiete ein und übermitteln die Nitrat- und PSM-Werte der LUBW.

Über diesen Weg stellte die Wasserversorgungswirtschaft Baden-Württembergs zum Stichtag 31.03.2017 Ergebnisse von 4.739 Nitratanalysen zu 2.353 Messstellen in Trinkwasserschutzgebieten als Kooperationsbeitrag zur Verfügung. Davon sind 233 Messstellen „Überschneidermessstellen“, d. h. für diese Messstellen liegen ebenfalls Nitratdaten aus dem Landesmessnetz vor. Die Nitratdaten der 2.353 Messstellen gehen im vorliegenden Bericht ausschließlich in die Auswertungen des Teilkapitels „Nitrat in Wasserschutzgebieten“ ein.

Als weiteren Kooperationsbeitrag der WVU erhielt die LUBW Analysen von einzelnen Pflanzenschutzmittelwirkstoffen und deren Metaboliten von etwa 500 Messstellen in Trinkwasserschutzgebieten. Diese PSM-Daten gehen im vorliegenden Bericht in einige Auswertungen über die PSM-Gesamtsituation im Lande ein. Wie die Nitratdaten dienen sie vorrangig zur Beurteilung der Situation in den Wasserschutzgebieten. Für die Messstellen mit PSM-Analysen liegt nicht immer auch eine Nitratanalyse vor und umgekehrt. Mit „Überschneidern“ erreichten die LUBW die Nitrat- und PSM-Daten zu insgesamt 2.370 Messstellen in Trinkwasserschutzgebieten.

Letztlich konnte in die Grundwasserdatenbank der LUBW für das Jahr 2016 zusätzlich zu den von der LUBW betriebenen Landesmessstellen, d. h. ohne Überschneidermessstellen, die PSM- und Nitratanalysen von 2.134 WVU-Messstellen übernommen werden. Zu etwa 80 Kooperationsmessstellen wurden ferner Ergebnisse von Süßstoffen und Benzotriazolen übermittelt.

1.4 Qualitätssicherung im Rahmen des Messnetzbetriebes

1.4.1 Qualitätssicherung Stammdaten

Die Stammdaten der rund 2.100 von der LUBW beprobten Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen werden im Rahmen des laufenden Messbetriebes fortgeschrieben. Gepflegt werden Angaben zu Bauform, Ausbau, Koordinaten, Probennahmestellen, Betreiberadressen, Ansprechpartnern und den Nutzungen der Aufschlüsse. Nach jeder Beprobungskampagne werden die von den Probennehmern zu den einzelnen Messstellen zurückgesandten Beprobungsunterlagen zur Überprüfung und Aktualisierung der Stammdaten aufgearbeitet. Diese Aktualisierung muss zeitnah erfolgen, damit bei der folgenden Kampagne verlässliche Angaben für die Probennahme in Form von automa-

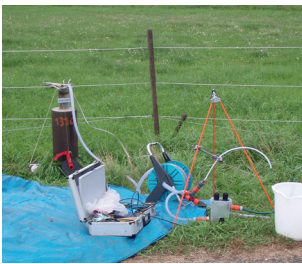


Abbildung 1.2-5: Probennahme an einer Grundwassermessstelle



Abbildung 1.2-6: Messung der Vor-Ort-Parameter



Abbildung 1.2-7: Abfüllen der Grundwasserprobe



Abbildung 1.2-8: Probentransport in der Kühlbox

Fotos: LUBW

tisch aus der Grundwasserdatenbank erzeugten Messstellen-Informationen vorliegen.

1.4.2 Qualitätssicherung Probennahme

Die sachgerechte Probennahme an der richtigen Messstelle wird sichergestellt, indem den Probennehmern detaillierte Unterlagen und Informationen zu Probennahme und Messstelle als „Messstellen-Info“ [Beispiel in LUBW 2013] bereitgestellt werden. Mittlerweile gibt es in der Grundwasserdatenbank der LUBW Fotodokumentationen zu sämtlichen Landesmessstellen. Messstellenverwechslungen bei der Probennahme werden durch den systematischen Vergleich der Messstellenfotos der aktuellen Probennahme mit älteren Fotos nahezu ausgeschlossen. Informationen von Probennehmern zur Messstelle oder zur Probennahme werden gesichtet und gegebenenfalls auftretende Unstimmigkeiten mit den Probennehmern, den Messstellenbetreibern oder über die zuständigen Vor-Ort-Behörden geklärt. Im Zweifelsfall erfolgen Vor-Ort-Überprüfungen.

Für einen Auftrag zur Probennahme ist als Mindestqualifikation die erfolgreiche Teilnahme an den Lehrgängen I und II für Probennehmer beim Grundwassermessnetz, durchgeführt bei VEGAS an der Universität Stuttgart, erforderlich.

Die Qualität der Probennahme an Grundwassermessstellen wird zusätzlich durch folgende Maßnahmen sichergestellt:

- Der „Leitfaden Grundwasserprobennahme“ [LUBW 2013] ist Vertragsbestandteil und bei jeder Probennahme einzuhalten.
- Die Einhaltung der allgemeinen und messstellenspezifischen Vorgaben zur Probennahme wird stichprobenartig durch unangekündigte Probennahmekontrollen vor Ort überprüft.

1.4.3 Qualitätssicherung Analytik

Für einen Auftrag zur Analytik muss das Untersuchungslaboratorium seit dem Jahr 2004 als Mindestqualifikation eine gültige, vollständige und für die Grundwasseruntersuchung anwendbare Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025 vorlegen. Die Qualität der Analysenwerte wurde im Rahmen der Beprobungen 2015 durch folgende Maßnahmen sichergestellt:

- verdeckte vergleichende Untersuchungen ausgewählter Parameter mit Originalgrundwasser
- Absicherung von Positivbefunden und Grenzwertüberschreitungen bei PSM und nicht relevanten Metaboliten (nrM) durch Nachmessungen bzw. durch Rückstellproben.



Abbildung 1.2-9: Konzentrate verschiedener PSM-„Cocktails“ für die synthetischen Proben



Abbildung 1.2-10: Verdünnen der Konzentrate auf Probenkonzentration



Abbildung 1.2-11: Abfüllen der synthetischen Proben



Abbildung 1.2-12: ...fertig zur Verteilung an die chemischen Laboratorien

Fotos: LUBW

1.5 Datenverarbeitung mit der Grundwasserdatenbank

Die Grundwasserdatenbank (GWDB) wird in Baden-Württemberg routinemäßig bei den Stadt- und Landkreisen, den Regierungspräsidien, der LUBW und als Erweiterung GWDB+D bei den Abfallwirtschaftsbetrieben eingesetzt.

Die Datenbank umfasst:

- Stammdaten zu Brunnen, Quellen und Grundwassermessstellen (ca. 92.000 Objekte)
- Stammdaten zu geothermischen Anlagen (ca. 26.000 Objekte)
- Chemisch-physikalische Messwerte, Grundwasserstände und Quellschüttungen (Landesmessnetz: ca. 150.000 Analysen mit etwa 3,5 Millionen Einzelwerten sowie 20 Millionen Mengemesswerte)
- Deponiespezifische Messwerte, wie Deponiegas, Sickerwassermenge, Setzungen, etc. für ca. 40 Deponien.

Anwendungsschwerpunkt bilden die flexiblen Auswertemöglichkeiten: Zahlreiche Diagrammart, Listen und Berichte sowie tiefgehende kartografische Darstellungen können erstellt werden.

Im Jahr 2016 lag der Entwicklungsschwerpunkt hauptsächlich auf neuen Berichten und Karten sowie dem Ausbau des Erfassungsprogramms „GWDB-Editor“ für Ingenieurbüros, Labore und Probenehmer. Zahlreiche Verbesserungen gewährleisten die komfortable Nutzung der GWDB.

Als Beispiel stehen hierfür:

- Abschluss der Anpassungen „Verknüpfung mit dem Bohrchiv des Geologischen Landesamtes“
- Tabellenbericht über Temperaturfelder
- Verarbeitung von Mischwassermessstellen mit dem Editor
- Dokumentenerfassung und Dokumentenimport über den Editor
- Konsequente Überarbeitung des Workflows bei Schnellselektionen von Messwerten
- Darstellung der verwendeten und möglichen Einzelparameter bei Summenparametern
- Driftkorrektur bei Datenloggern
- Konfigurierbarer Stammdatenbericht
- Schnellauskunft Grundwasserstand
- Neue Karte zur Darstellung von Wasserentnahmetgelt-Zuordnungen
- Neue Karte zur Darstellung von Grundwasserstandsdaten

Die aktuelle Parameterliste, neue Parameter und Ergänzungen sowie die aktuelle Laborliste können seit November 2016 im Internet unter <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/38495/> abgerufen werden. Dort steht auch die aktuelle Version des GWDB-Editors zum Download bereit.

2 Das Grundwasser 2016 in Baden-Württemberg

2.1. Hydrologische Situation

Die Niederschläge im Jahr 2016 entsprachen im langjährigen Vergleich etwa mittleren Verhältnissen. Das Flächenmittel der Niederschlagshöhe in Baden-Württemberg betrug 962 mm, das sind 97 % des Niederschlagsmittelwertes der Normalperiode 1981-2010 (Abbildung 2.1-1). Das Jahr 2016 folgt auf zwei Jahre mit stark defizitären Niederschlägen. Seit 2003 war lediglich das Jahr 2007 überdurchschnittlich regenreich. Die südliche Landeshälfte war nasser als die nördliche. Die landesweit höchsten Niederschlagsmengen werden in den Höhenlagen des Schwarzwalds gemessen. Der Jahreshöchstwert wurde am Feldberg im Schwarzwald mit 2.041 mm gemessen (Abbildung 2.1-2).

Innerhalb des Jahres 2016 war der Monat Juni mit 152 mm bzw. 162 % des vieljährigen Mittels am feuchtesten. In der ersten Jahreshälfte waren mit kumulierten 652 mm im Landesmittel starke Niederschlagsüberschüsse festzustellen, wobei die Trockenheit in der zweiten Jahreshälfte in allen Landesteilen sehr ausgeprägt war (Abbildung 2.1-3). Die mit Abstand geringsten Niederschlagsmengen wurden mit 6 mm im Landesmittel im Dezember registriert. In diesem Monat

wurden z. B. lediglich 3 mm Niederschlag an den Stationen Ulm-Mähringen und Konstanz gemessen, das sind jeweils 4 % des vieljährigen Mittelwerts. Niederschlagsdefizite und -überschüsse halten sich in der Jahressumme 2016 in etwa die Waage.

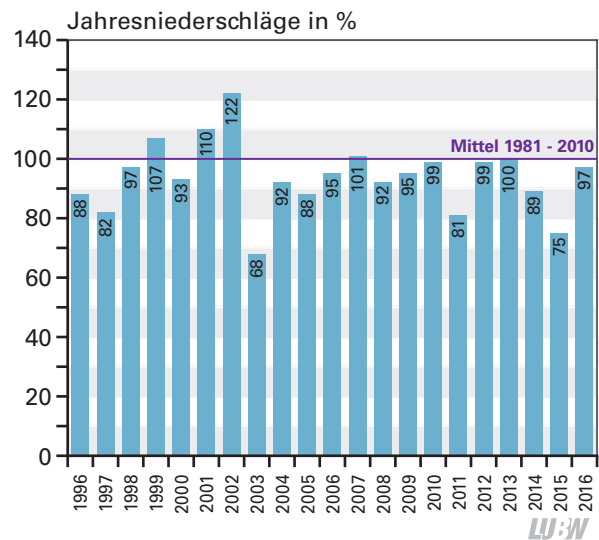


Abbildung 2.1-1: Mittlere Jahresniederschläge in Baden-Württemberg 1996 bis 2016 (Quelle: DWD)

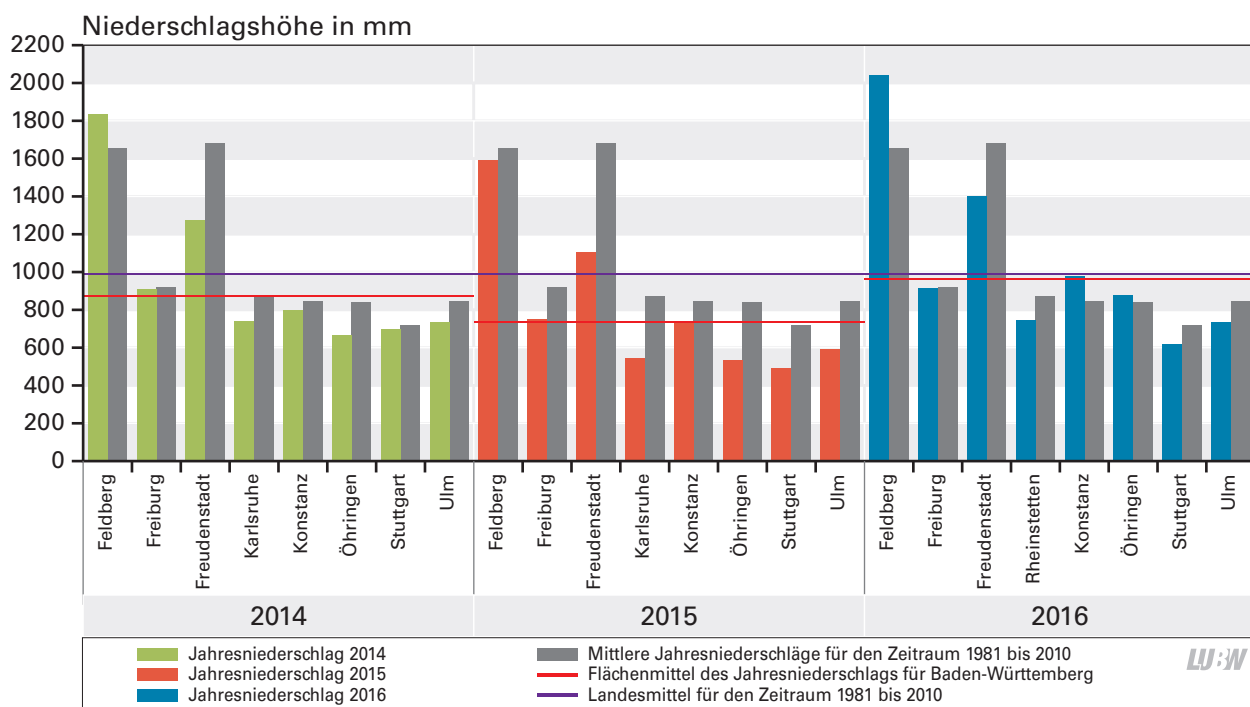


Abbildung 2.1-2: Jahresniederschläge an ausgewählten DWD-Stationen in Baden-Württemberg in den Jahren 2014, 2015 und 2016 im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten 1981-2010 (Quelle: DWD)

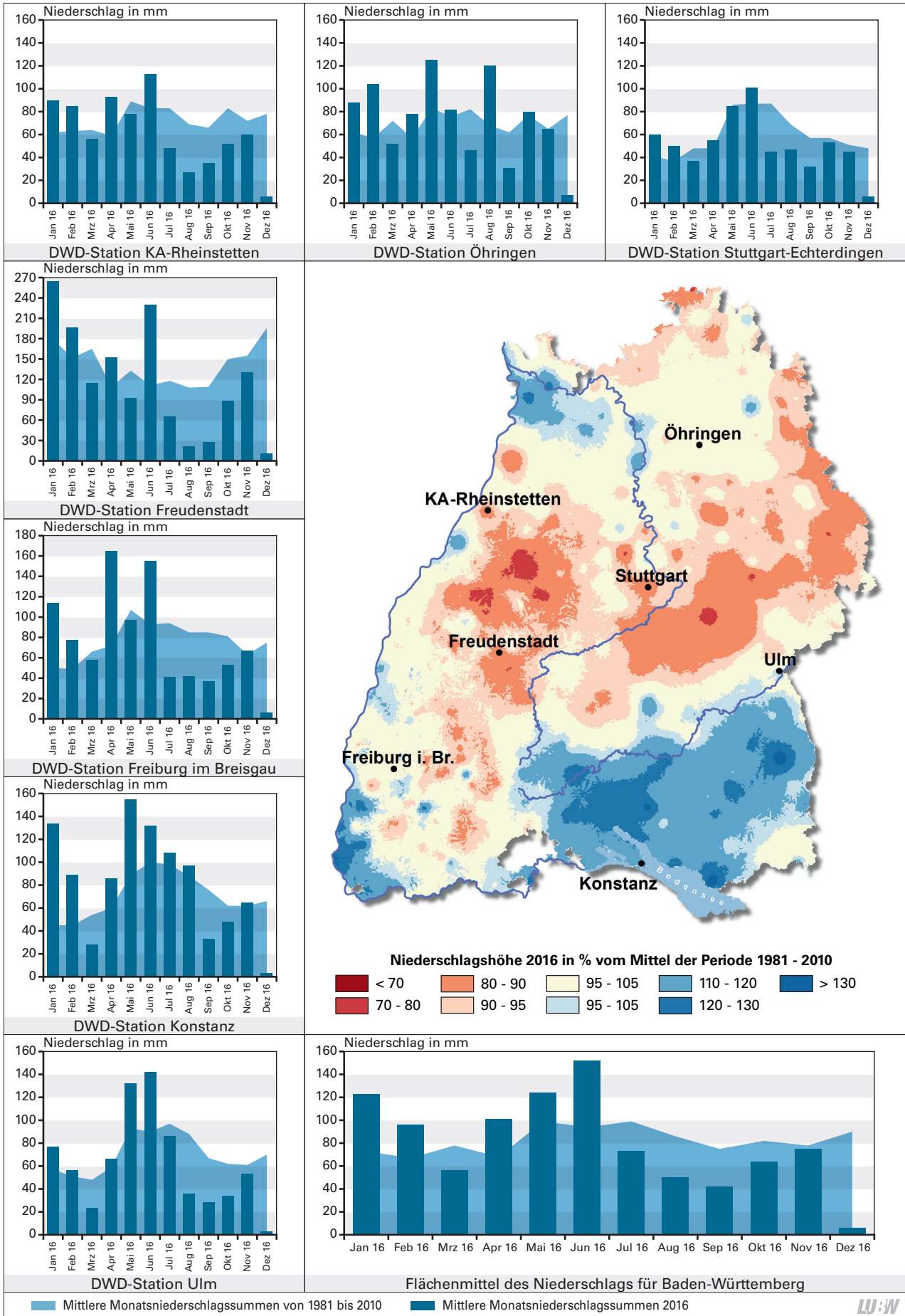


Abbildung 2.1-3: Monatliche Niederschlagshöhe an ausgewählten DWD-Stationen im Jahr 2016 (Quelle: DWD) und Jahresniederschlagshöhe 2016 in % vom Mittel der Periode 1981-2010

2.2. Grundwasserneubildung aus Niederschlag

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. Niederschläge unterliegen sowohl jahreszeitlichen als auch längerfristigen und räumlichen Schwankungen.

Die Grundwasserneubildung aus Niederschlag unterliegt normalerweise einem ausgeprägten Jahresgang, wobei der versickernde Anteil des Winterniederschlags erheblich höher ist als der des Sommerniederschlags (Abbildung 2.2-1). Dies liegt unter anderem an der im Winter geringeren Verdunstung infolge der niedrigeren Lufttemperatur. Die Niederschlagsmenge im Sommerhalbjahr ist mengenmäßig mit der im Winter zwar vergleichbar, der Niederschlag im Sommer verdunstet jedoch zum größten Teil. Der Vergleich der Niederschlags- und Sickerwassermengen der Lysimeter Aitrach-Oberhausen, Büchig IV und Steißlingen mit dem Grundwasserstand an benachbarten Messstellen zeigt, dass ein Zufluss zum Grundwasser und ein Anstieg des Grundwasserstands in erster Linie vom Winterniederschlag abhängen (Abbildung 2.2-2). Im Jahr 2016 fand im zweiten Jahr in Folge im zweiten Halbjahr eine nur mäßige Grundwasserneubildung statt.

Man erkennt an zahlreichen Grundwasserstandsganglinien den synchronen Verlauf mit dem für das Grundwasser ausschlaggebenden Niederschlag im Winterhalbjahr. Der im Wesentlichen vom Niederschlag bestimmte oberflächennahe Grundwasserstand steigt im Allgemeinen von November bis März an und fällt dann bis zum Ende des hydrologischen Jahres in den Monaten September/Okttober wieder ab. Die Analyse langer Beobachtungsreihen von Niederschlag und Grundwasserstand deutet darauf hin, dass besonders die niederschlagsarmen Winterhalbjahre 1963, 1971, 1972, 1977, 1989 bis 1991 sowie 2003/04 und 2011 einen deutlich spürbaren Einfluss auf die Grundwasserstände (Niedrigwasserperioden im Grundwasser) hatten.

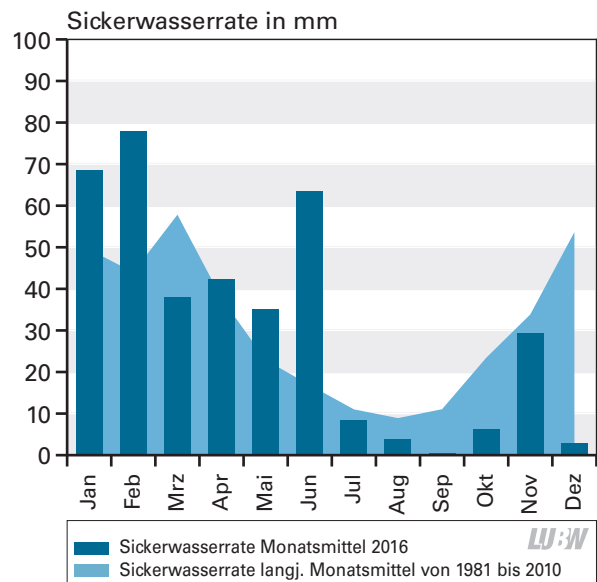
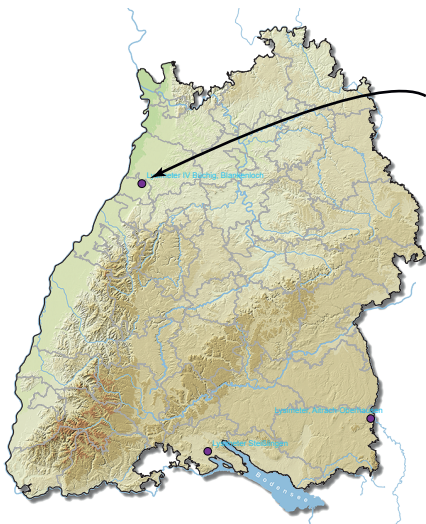


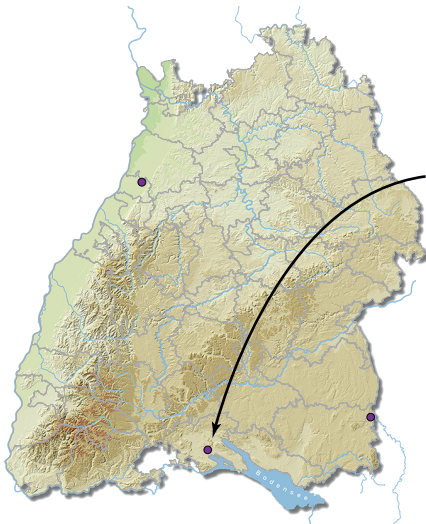
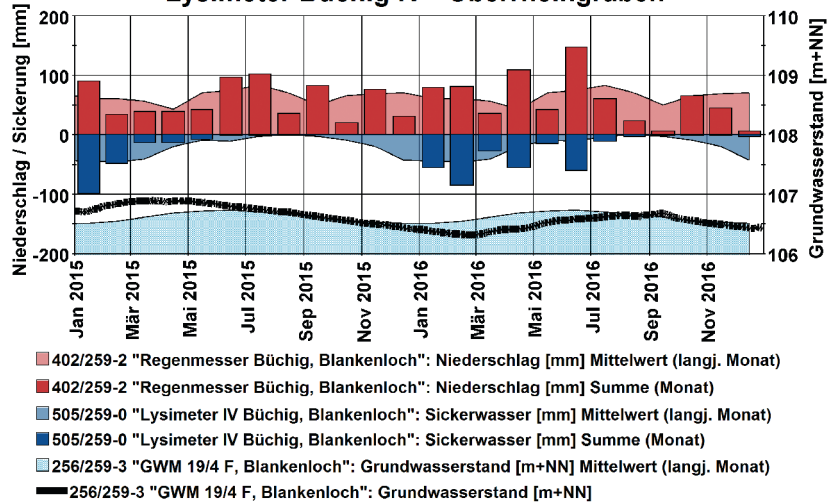
Abbildung 2.2-1: Jahresgang 2016 der Sickerwasserrate im Landesmittel (Säulen) im Vergleich zum mittleren Jahresgang der Periode 1981-2010 (hellblaue Fläche)

Zur Charakterisierung der Grundwasserneubildungsverhältnisse sind die Monatssummen der Niederschläge und die Versickerungsmengen der Jahre 2015 und 2016 an ausgewählten amtlichen Lysimeterstationen mit den zugehörigen Grundwasserständen an Referenzmessstellen im Vergleich zu 20-jährigen Monatsmittelwerten dargestellt (Abbildung 2.2-2).

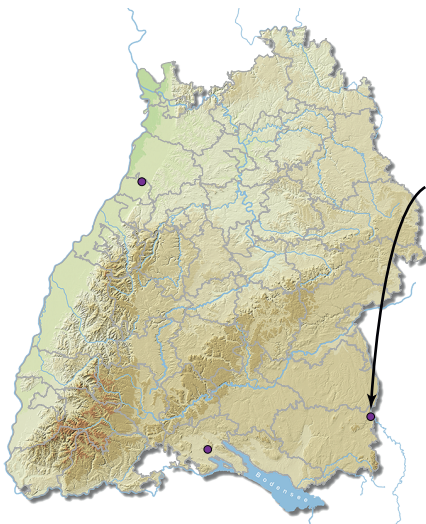
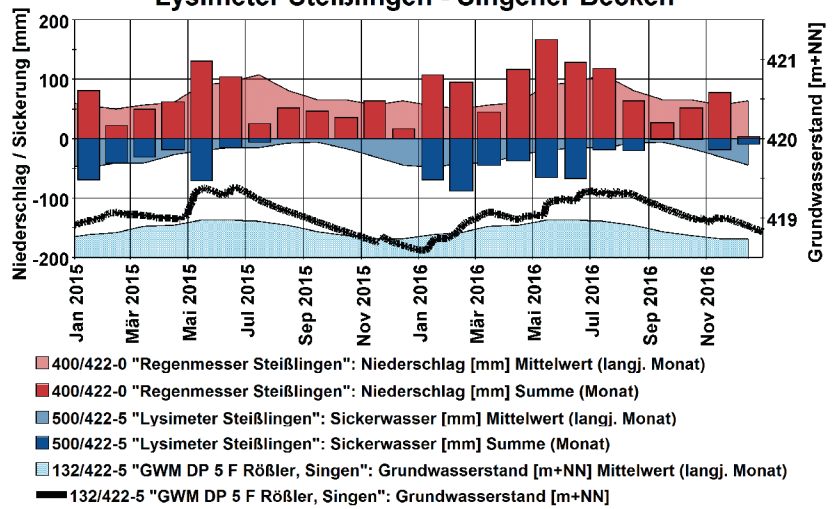
Die vorliegenden Lysimeterbeobachtungen dokumentieren die hohe Grundwasserneubildung aus Niederschlag ab Jahresbeginn bis einschließlich Juli 2016 im Oberrheingraben, im Iller-Riß-Gebiet sowie im Singener Becken. Der Bodenspeicher war im gesamten 1. Halbjahr von 2016 nahezu voll gefüllt, wodurch durchweg günstige Bedingungen für die Grundwasserneubildung gegeben waren: Die Versickerung war bis etwa Juli 2016 in allen Landesteilen und trotz beginnender Vegetationszeit signifikant überdurchschnittlich. Die unterdurchschnittlichen Niederschläge in Kombination mit der starken Verdunstung und dem hohen Wasserbedarf der Pflanzen haben im weiteren Jahresverlauf jedoch das Grundwasserneubildungsgeschehen gehemmt. Die meisten Lysimeteranlagen fielen ab September 2016 trocken, also zu einem verhältnismäßig späten Zeitpunkt gegen Ende des hydrologischen Sommerhalbjahrs. Unter üblichen Niederschlagsbedingungen hätte der Versickerungsprozess innerhalb weniger Wochen im Herbst wieder eingesetzt. Die tatsächlichen geringen Niederschläge konnten hingegen das Leerlaufen des Bodenspeichers nicht verhindern. Überdurch-



Lysimeter Büchig IV - Oberrheingraben



Lysimeter Steißlingen - Singener Becken



Lysimeter Aitrach-Oberhausen - Illertal

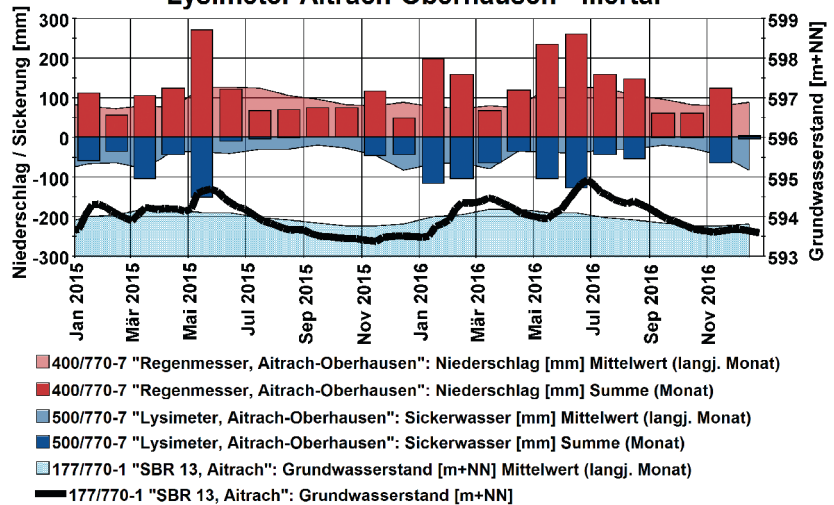


Abbildung 2.2-2: Niederschlag, Sickerung und Grundwasserstand an ausgewählten Lysimeteranlagen in den Jahren 2015 und 2016

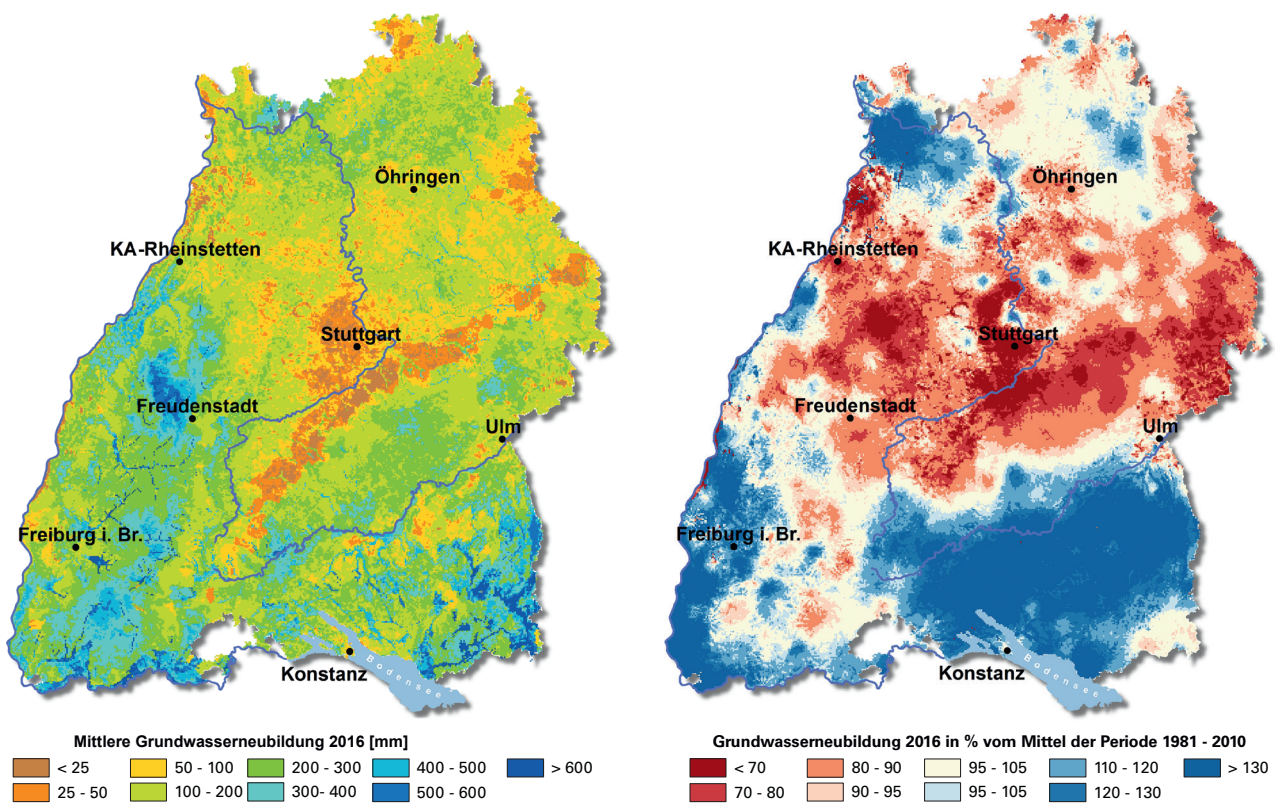


Abbildung 2.2-3: Verteilung der Grundwasserneubildung im Jahr 2016 in mm/Jahr (linke Seite) und in % vom Mittel der Periode 1981-2010 (rechte Seite)

schnittliche Niederschläge im November haben die Neubildung – insbesondere südlich der Donau – angeregt und günstige Randbedingungen für das Neubildungsgeschehen wiederhergestellt. Der Neubildungsprozess wurde bis zum Jahresende 2016 aufgrund des extrem trockenen Dezembers allerdings nicht in Gang gesetzt, weshalb in allen Landesteilen die Lysimeter weitgehend trocken blieben.

Die landesweite Berechnung der Sickerwasserrate mit dem Bodenwasserhaushaltsmodell ergibt bezogen auf das 30-jährige Mittel von 1981-2010 für die erste Jahreshälfte überdurchschnittliche und für die zweite Jahreshälfte unterdurchschnittliche Sickerwasserraten (Abbildung 2.2-1). Im Unterschied zum Trockenjahr 2015 (~70 %) war 2016 mit rund 100 % insgesamt ein Jahr mit durchschnittlicher Grundwasserneubildung. Von August bis Oktober sowie im Dezember 2016 erfolgte eine weitgehende Entleerung des Bodenwasserspeichers in Verbindung mit sehr geringer Sickerwasserbildung. Dies führte im weiteren Verlauf zu Beginn des Jahres 2017 zu außergewöhnlich niedrigen Grundwasserständen mit weiter fallender Tendenz.

Die räumliche Verteilung der jährlichen Grundwasserneubildung aus Niederschlag in Baden-Württemberg zeigt Ab-

bildung 2.2-3. Das Landesmittel des Jahresniederschlags lag im Jahr 2016 bei rund 970 mm und die Sickerwasserrate summierte sich auf gut 370 mm. Daraus resultierte eine Grundwasserneubildung von fast 200 mm/a. Sickerwasserrate und Grundwasserneubildung aus Niederschlag erreichten im Jahr 2016 damit etwa 100 % der Mittelwerte der Periode 1981-2010. Die Verteilung von über- und unterdurchschnittlicher Grundwasserneubildung über die Landesfläche war dabei jedoch recht unterschiedlich. Im Süden des Landes waren überdurchschnittliche Neubildungsraten festzustellen, im mittleren Teil dagegen überwiegend unterdurchschnittliche Werte.

2.3 Die Grundwasservorräte 2016

2.3.1 Datengrundlage und allgemeine Zustandsbeschreibung

In Baden-Württemberg werden über 70 % des Trinkwassers aus Grund- und Quellwasser gewonnen. Wesentliche Aufgabe der Wasserwirtschaftsverwaltung ist es, eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung sicherzustellen und Grundwasserressourcen in qualitativer wie quantitativer Hinsicht für künftige Generationen zu erhalten. Hierzu wird ein Überblick über die aktuelle Zustandsentwicklung

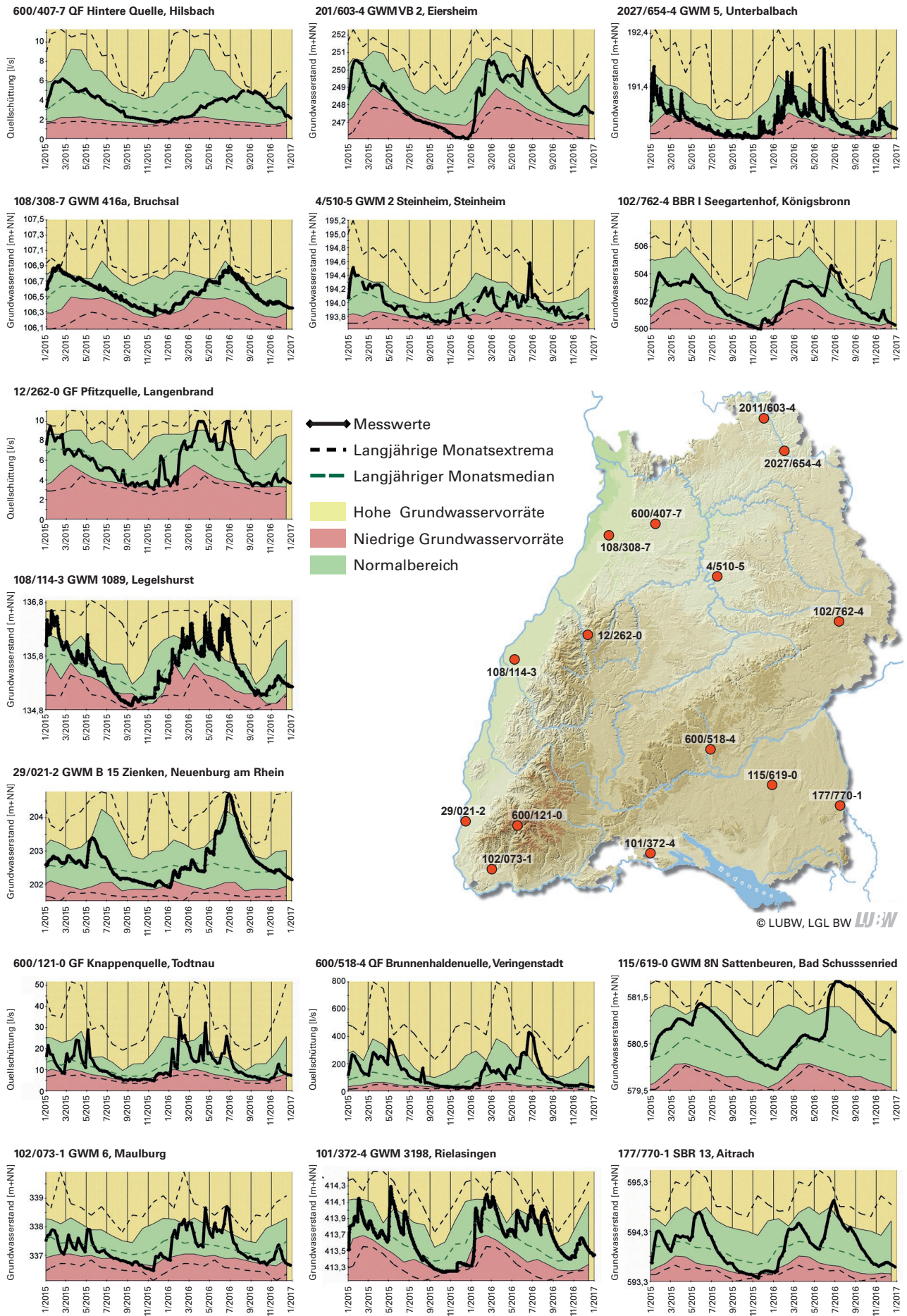


Abbildung 2.3-1: Grundwasserstand / Quellschüttung und zugehöriger Normalbereich aus 20 Beobachtungsjahren an ausgewählten Grundwassermessstellen im Zeitraum Januar 2015 bis Dezember 2016

der landesweiten Grundwasservorräte gegeben und die im Jahr 2016 beobachteten Tendenzen dargestellt.

Das quantitative Grundwassermessnetz von Baden-Württemberg wird seit 1913 betrieben. Es ist für die regionale Beobachtung der Grundwasserverhältnisse ausgelegt. Die landesweite Charakterisierung sowie Aussagen über den aktuellen Zustand und kurzfristige Entwicklungstendenzen der quantitativen Grundwasserverhältnisse werden anhand ausgewählter, für die Gesamtheit möglichst repräsentativer „Trendmessstellen“ durchgeführt.

In Abbildung 2.3-1 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) sind als schwarz gestrichelte Linien dargestellt.

2.3.2 Regionale Grundwasserverhältnisse

Die Grundwasserstände und Quellschüttungen im Hochrheintal, Wiesental und Klettgau unterlagen im ersten Halbjahr 2016 starken Schwankungen mit ansteigender Tendenz. Ab Juli wurden anschließend rückläufige Grundwasservorräte bis in den unteren Normalbereich zum Jahresende 2016 beobachtet. Im November waren bereichsweise niederschlagsbedingte Anstiege in den Flusstälern zu verzeichnen (Messstelle 0102/073-1 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährigen Trends sind ausgeglichen.

Die Grundwasservorräte im südlichen Oberrheingraben und in der Freiburger Bucht sind im ersten Halbjahr sehr steil angestiegen und erreichten vieljährige Höchstwerte im Sommer 2016. Der weitere Jahresverlauf war permanent rückläufig bis auf ein unterdurchschnittliches Niveau (Messstelle 0029/021-2 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist unauffällig.

Der Grundwasserstand im Bereich des mittleren Oberrheins wurde im Jahr 2016 vom Niederschlag geprägt. Nach

den kontinuierlichen Anstiegen auf ein sehr hohes Niveau im Sommer entwickelten sich die Grundwasservorräte rückläufig bis zum Jahresende. Die bedeutenden Novemberrückläufe konnten die Grundwasserstände im unteren Normalbereich stabilisieren (Messstelle 0108/114-3 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist nach wie vor ausgeglichen.

Der Grundwasserstand im nördlichen Oberrhein lag im gesamten Jahresverlauf 2016 relativ unauffällig im Normalbereich. Nach dem anhaltenden Rückgang im Jahr 2015 haben sich die Grundwasserstände im 1. Halbjahr erholt und stiegen dabei bis an die Obergrenze des Normalbereichs und oft darüber. Trotz der deutlich unterdurchschnittlichen Niederschlägen in der 2. Jahreshälfte waren zum Jahresende leicht überdurchschnittliche Verhältnisse festzustellen (Messstelle 0108/308-7 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist insgesamt ausgewogen, wobei vereinzelt sowohl ansteigende als auch rückläufige Verhältnisse zu beobachten sind.

Die Grundwasservorräte im Singener Becken und Bodenseebecken sowie im Argendelta sind im ersten Halbjahr 2016 sehr stark angestiegen. Nachdem zu Jahresbeginn extreme Niedrigwasserverhältnisse vorlagen, stiegen die Grundwasserstände im Sommer bis oberhalb des Normalbereichs. In der zweiten Jahreshälfte wurden die anhaltend rückläufigen Verhältnisse lediglich durch kräftige Junierniederschläge unterbrochen. Zum Jahresende sind unterdurchschnittliche Verhältnisse innerhalb des Normalbereichs festzustellen (Messstellen 0101/372-4 in Abbildung 2.3-1 und 0110/623-5 in Abbildung 2.3-2). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

Die Grundwasserstandsentwicklung in den quartären Talfüllungen des Donautals spiegelt das Niederschlagsgeschehen wider. Die Grundwasserstände schwankten im 1. Halbjahr 2016 innerhalb bis leicht außerhalb des Normalbereichs. Der trockene Sommer hatte eine unmittelbare Beruhigung der Grundwasserdynamik und Rückgänge zur Folge. Zum Jahresende sind trotz eines kurzfristigen Anstiegs im November unterdurchschnittliche Verhältnisse zu verzeichnen (Messstelle 0165/568-0 in Abbildung 2.3-2). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

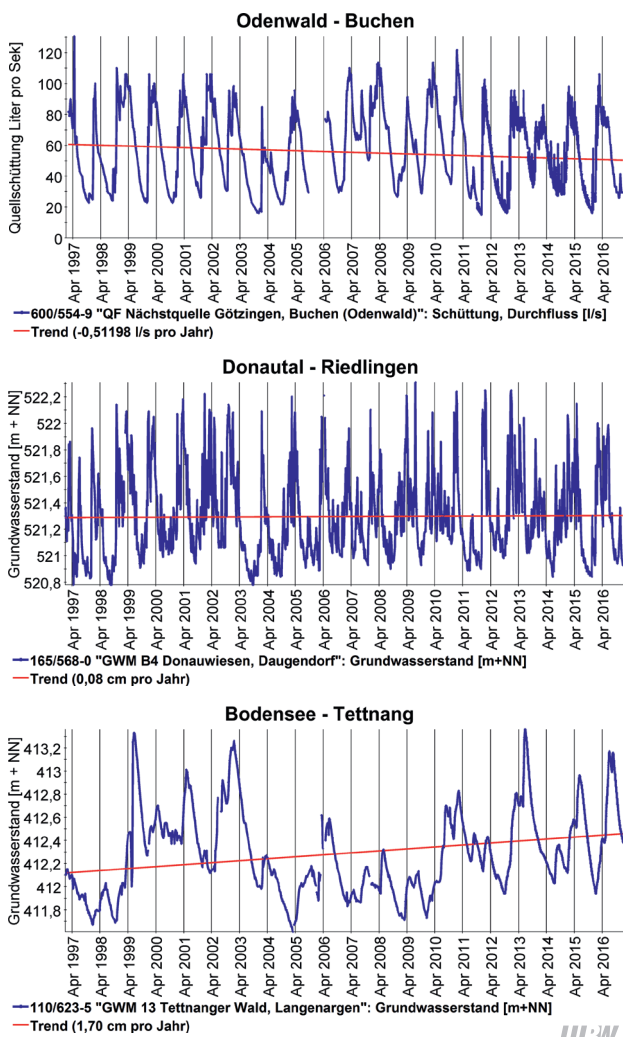


Abbildung 2.3-2: Ganglinien ausgewählter Grundwassermessstellen mit Trendbetrachtung 1997-2016

Die Grundwasserstände im Illertal und im Bereich der Leutkircher Heide schwankten 2016 sehr stark innerhalb und zeitweise auch außerhalb des Normalbereichs. Nach steilen Anstiegen bis in den Sommer und den darauffolgenden starken Rückgängen bewegten sich die Grundwasservorräte zum Jahresende auf etwa mittlerem Niveau. (Messstelle 0177/770-1 in Abbildung 2.3-1). Der 20-jährige Trend ist überwiegend ausgeglichen.

Die Grundwasserverhältnisse im Rißtal und in Oberschwaben bewegten sich im gesamten Jahresverlauf von 2016 im oberen Normalbereich und darüber und stellen insofern eine Besonderheit im landesweiten Grundwassergeschehen dar. Die Grundwasserstände übertrafen im Sommer die 30-jährigen Höchstwerte und lagen zum Jahresende meist auf hohem Niveau (Messstelle 0115/619-0 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist mit wenigen Ausnahmen (steigend) weitgehend unauffällig.

Die Grundwasserstände und Quellschüttungen im Karst-aquifer der Schwäbischen Alb waren in der 1. Jahreshälfte 2016 stetig ansteigend und erreichten im Juli die 20-jährigen Monatshöchstwerte. Infolge der ausgeprägten Trockenheit entspricht der Kurvenverlauf im 2. Halbjahr weitgehend der Trockenwetterfalllinie – wie es 2015 bereits der Fall war -, wobei zum Jahresende niedrige Verhältnisse vorherrschen (Messstelle 0600/518-4 in Abbildung 2.3-1). Im Bereich der Ostalb werden vergleichbare Verhältnisse beobachtet (Messstelle 0102/762-4 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährigen Trends sind ausgeglichen.

Abgesehen von den plötzlichen, niederschlagsbedingten Anstiegen im Juni verlief die Entwicklung der Grundwasserstände im Neckarbecken sowie der Quellschüttungen in den Schwäbisch-Fränkischen Waldbergen verlief im gesamten Jahresverlauf 2016 unauffällig innerhalb des Normalbereichs. Zum Jahresende werden unterdurchschnittliche Verhältnisse beobachtet (Messstelle 0004/510-5 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist in diesem relativ heterogenen Gebiet insgesamt ausgewogen.

Die Grundwasserstandsentwicklung im Bereich der Flusstäler von Tauber, Kocher und Jagst ist vom Abflussregime der benachbarten Fließgewässer geprägt. Nach anfänglich niedrigem Niveau zu Jahresbeginn sind die Grundwasserspiegel innerhalb weniger Wochen rasch angestiegen und haben im Juli teilweise langjährige Höchstwerte erreicht. Danach wurden die andauernden Rückgänge lediglich durch die Novemberrückgänge unterbrochen. Zum Jahresende 2016 war ein niedriges Niveau zu verzeichnen (Messstelle 2027/654-4 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährigen Entwicklungstendenzen sind weiterhin unauffällig.

Nach dem extremen Niedrigwasser zu Jahresbeginn sind die Quellschüttungen in den Festgesteinen von Nordwürttemberg und Odenwald dank der starken Niederschläge im 1. Halbjahr rasch angestiegen und bewegten sich von März bis Juli beständig auf einem überdurchschnittlich bis zeitweise sehr hohem Niveau. Der weitere Jahresverlauf war rückläufig bis auf ein leicht unterdurchschnittliches Niveau zum Jahresende (Messstellen 2011/603-4 in Abbildung 2.3-1 und 0600/554-9 in Abbildung 2.3-2). Die langjährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

Der Jahresgang der Quellschüttungen und Grundwasserstände im Kraichgau war 2016 infolge der ungewöhnlichen innerjährlichen Niederschlagsverteilung um ein halbes Jahr verschoben; die Jahresmaxima wurden dabei im Spätsommer erreicht, regulär wäre April. Zum Jahresende waren die Verhältnisse rückläufig auf unterdurchschnittlichem Niveau (Messstelle 0600/407-7 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährigen Trends sind ausgeglichen.

Die Schwarzwaldquellen haben über kleinräumige Einzugsgebiete und weisen ausgeprägte, niederschlagsbedingte Schüttungsschwankungen auf. Die Schüttungen schwankten in der 1. Jahreshälfte häufig oberhalb des Normalbereichs auf deutlich überdurchschnittlichem Niveau. Mit dem Nachlassen der Niederschläge wurden im weiteren Verlauf stark rückläufige Entwicklungen bis in den unteren Normalbereich beobachtet. Zum Jahresende haben die Novemberniederschläge für nennenswerte, jedoch nur kurzzeitige Schüttungssteigerungen gesorgt. Sowohl im Nord- als auch im Hochschwarzwald hielten die generell niedrigen Verhältnisse bis zum Jahresende an (Messstellen 0012/262-0 und 0600/121-0 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährigen Trends sind ausgeglichen.

Eine gesamtschauliche Beurteilung der quantitativen Grundwasserhältnisse im Jahr 2016 lässt sich vor dem Hintergrund von mehrjährigen (20 Jahre) Beobachtungsreihen durchführen. In Abbildung 2.3-3 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 2016 wird als Linie dargestellt.

Abbildung 2.3-4 zeigt die messstellenbezogene Beurteilung der aktuellen quantitativen Grundwasserhältnisse ebenfalls auf der Grundlage der Mittelwerte des Jahres 2016 im mehrjährigen Vergleich (20 Jahre). Darüber hinaus wurden die jeweiligen Entwicklungstendenzen (lineare Trends aus 20 Beobachtungsjahren) ausgewertet. Die aufgeführten Standorte sind für die zugehörigen Grundwasserlandschaften repräsentativ. Die verwendeten Farben veranschaulichen den standortspezifischen Zustand des Grundwasserdargebots im Vergleich zu den langjährigen Grundwasserhältnissen. Die Symbole stehen für den zunehmenden, gleichbleibenden bzw. abnehmenden Trend.

2.3.3 Fazit der quantitativen Entwicklung

Das Jahr 2016 wird durch zwei deutlich unterschiedlich geprägte Halbjahre gekennzeichnet. Im langjährigen Vergleich sind zunächst starke Anstiege auf ein überdurchschnittliches Niveau zum Jahresbeginn zu beobachten. Nach einer relativen Stabilisierung auf mittlerem Niveau haben die Grundwasserstände und Quellschüttungen im Laufe des besonders regenreichen Frühjahrs einen weiteren Schub erfahren und erreichten im Sommer außergewöhnlich hohe Werte. Die darauffolgende 2. Jahreshälfte war sehr trocken. Ab etwa Juli 2016 sind daher dauerhafte Rückgänge bis auf ein niedriges Niveau zu beobachten (Abbildungen 2.3-3). Nach einer kurzzeitigen Erholungsphase im November ist der nahezu regenfreie Dezember verantwortlich für die weiter rückläufigen Verhältnisse auf ein unterdurchschnittliches Niveau zum Jahresende. Die auf Niederschläge ausgeprägter reagierenden Quellschüttungen unterliegen grundsätzlich etwas ausgeprägteren innerjährlichen Schwankungen und bewegen sich zum Jahresende auf extrem niedrigem Niveau. Die berechneten,

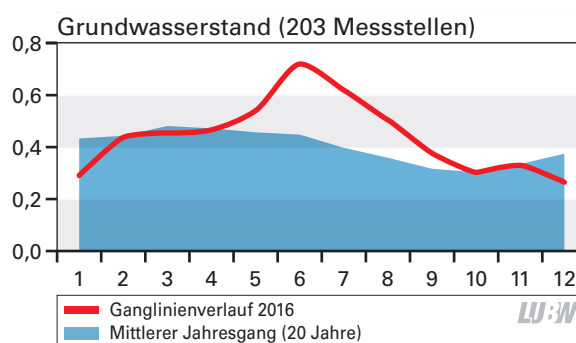
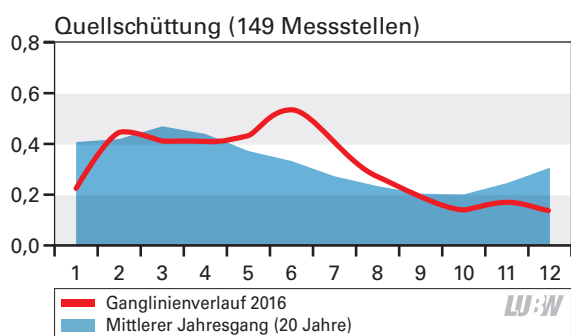


Abbildung 2.3-3: Mittlerer Jahresverlauf von Quellschüttung und Grundwasserstand im vieljährigen Mittel (1997-2016) und im Jahr 2016 (schematisch)

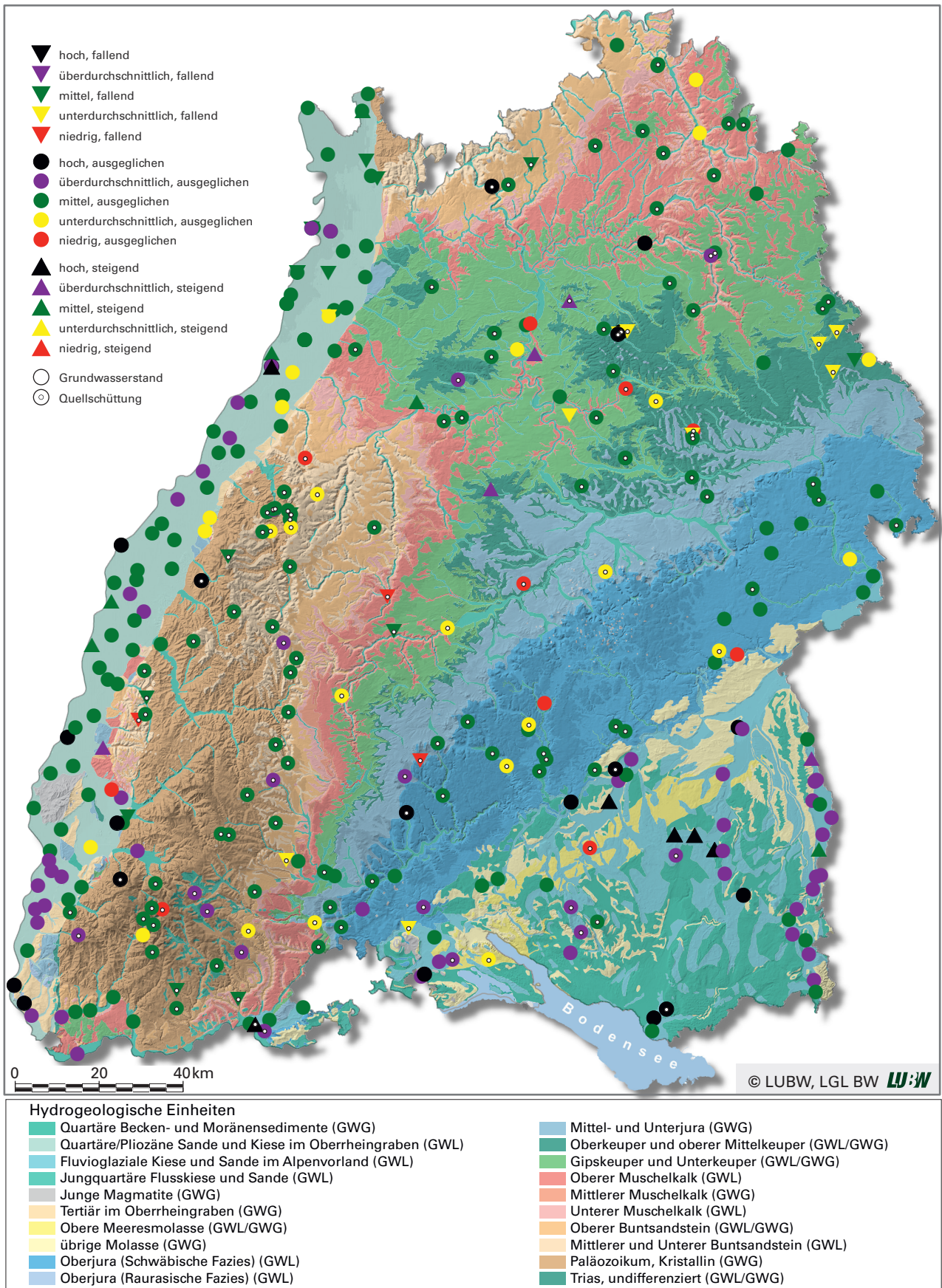


Abbildung 2.3-4: Charakterisierung der mittleren Grundwasserverhältnisse im Jahr 2016 und des Trendverhaltens im Zeitraum 1997 - 2016

insgesamt durchschnittlichen Jahreswerte spiegeln diese ausgeprägte Niedrigwassersituation ab Herbst 2016 nicht wider. Landesweit werden 2016 im Mittel überwiegend durchschnittliche Verhältnisse beobachtet, während im südlichen Oberrheingraben / Hochrhein und im Iller-Riß-Gebiet sogar eine hohe quantitative Grundwassersituation vorherrscht. Unterdurchschnittliche Verhältnisse sind lediglich lokal an einzelnen Messstellen zu beobachten (Abbildung 2.3-4).

Insgesamt sind die mittleren Grundwasservorräte im Jahr 2016 höher als im vorangegangenen Jahr. Nachdem die Grundwasserstände und Quellschüttungen in der 1. Jahreshälfte überdurchschnittlich waren, sind in der 2. Jahreshälfte stark rückläufige Verhältnisse, die mit den Entwicklungen in den trockenen Jahren 2003 und 2015 vergleichbar sind, festzustellen. Dieser außergewöhnliche Rückgang ähnelt einer Trockenwetterfalllinie und kennzeichnet das Jahr 2015. Zum Jahresende ist noch keine Stabilisierung der Grundwasservorräte erkennbar. Die Situation ist zum Jahresende deutlich niedriger als zu Jahresbeginn. Der 20-jährige Trend ist bei den meisten Grundwasserstandsmessstellen und den Quellen ausgeglichen (Abbildung 2.3-4).

2.4 Nitrat

2.4.1 Nitrat im Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz der LUBW (Landesmessnetz)

Das von der LUBW betriebene landesweite Messnetz setzt sich zusammen aus Grundwassermessstellen für reine Beobachtungszwecke wie Beobachtungsrohre oder Quellen sowie aus Messstellen mit unterschiedlichen Nutzungen (Beregnungsbrunnen, Brauchwasserbrunnen, Rohwasser für Trinkwassergewinnung von Wasserversorgungsunternehmen und privaten Nutzern, etc.). Im Herbst 2016 wurde das

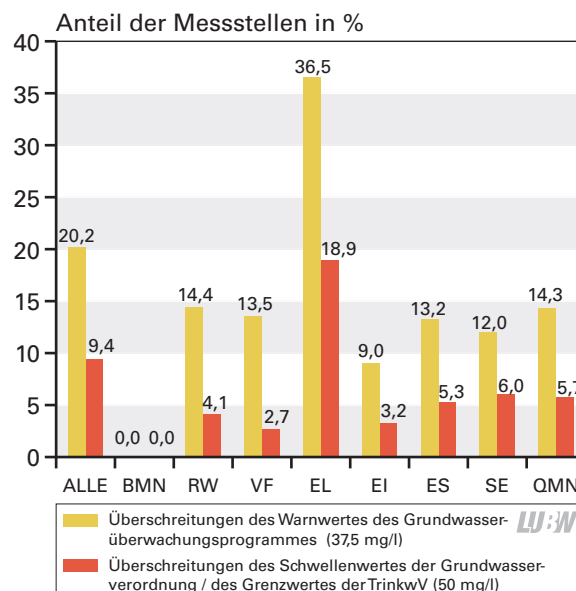


Abbildung 2.4-1: Prozentualer Anteil der Messstellen mit Überschreitungen des Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms und des Schwellenwertes der Grundwasserverordnung bzw. des Grenzwertes der TrinkwV im Gesamtmessnetz und in den Teilmessnetzen 2016 (Datenbasis: nur Landesmessstellen LUBW, Abkürzungen siehe Anhang A1)

Grundwasser von 1.755 Messstellen im Auftrag der LUBW auf Nitrat untersucht.

2.4.1.1 Statistische Kennzahlen für die verschiedenen Emittentengruppen

Die statistischen Auswertungen der Daten des gesamten Landesmessnetzes sowie der einzelnen Teilmessnetze zeigen Abbildung 2.4-1 und Tabelle 2.4-1. Im Herbst 2016 lag die Überschreitungshäufigkeit des Warnwertes (75 % des Schwellenwertes der GrwV) bei 20,2 % und des Schwellenwertes der GrwV / des Grenzwertes der TrinkwV von 50 mg/l bei 9,4 % der Messstellen des Landesmessnetzes (Abbildung 2.4-1). Das Maximum betrug 224 mg/l.

Die Anteile der verschiedenen Messstellengruppen an der Gesamtbelastung sind wie in den Vorjahren sehr unter-

Tabelle 2.4-1: Statistische Kennzahlen Nitrat 2016, Landesmessnetz LUBW

	Landesmessnetz	EL	ES	RW	BMN
Anzahl der Messstellen	1.755	625	342	146	101
Mittelwert in mg/l	22,8	31,6	20,6	19,9	6,1
Medianwert in mg/l	18,2	28,3	16,9	17,9	6,1
Überschreitungen des Warnwertes (375 mg/l) in % der Messstellen	20,2	36,5	13,2	14,4	0,0
Überschreitungen des Schwellenwertes der Grundwasserverordnung bzw. des Grenzwertes der TrinkwV (50 mg/l) in % der Messstellen	9,4	18,9	5,3	4,1	0,0

EL = Emittentenmessnetz Landwirtschaft ES = Emittentenmessnetz Siedlung RW = Rohwassermessnetz BMN = Basismessnetz

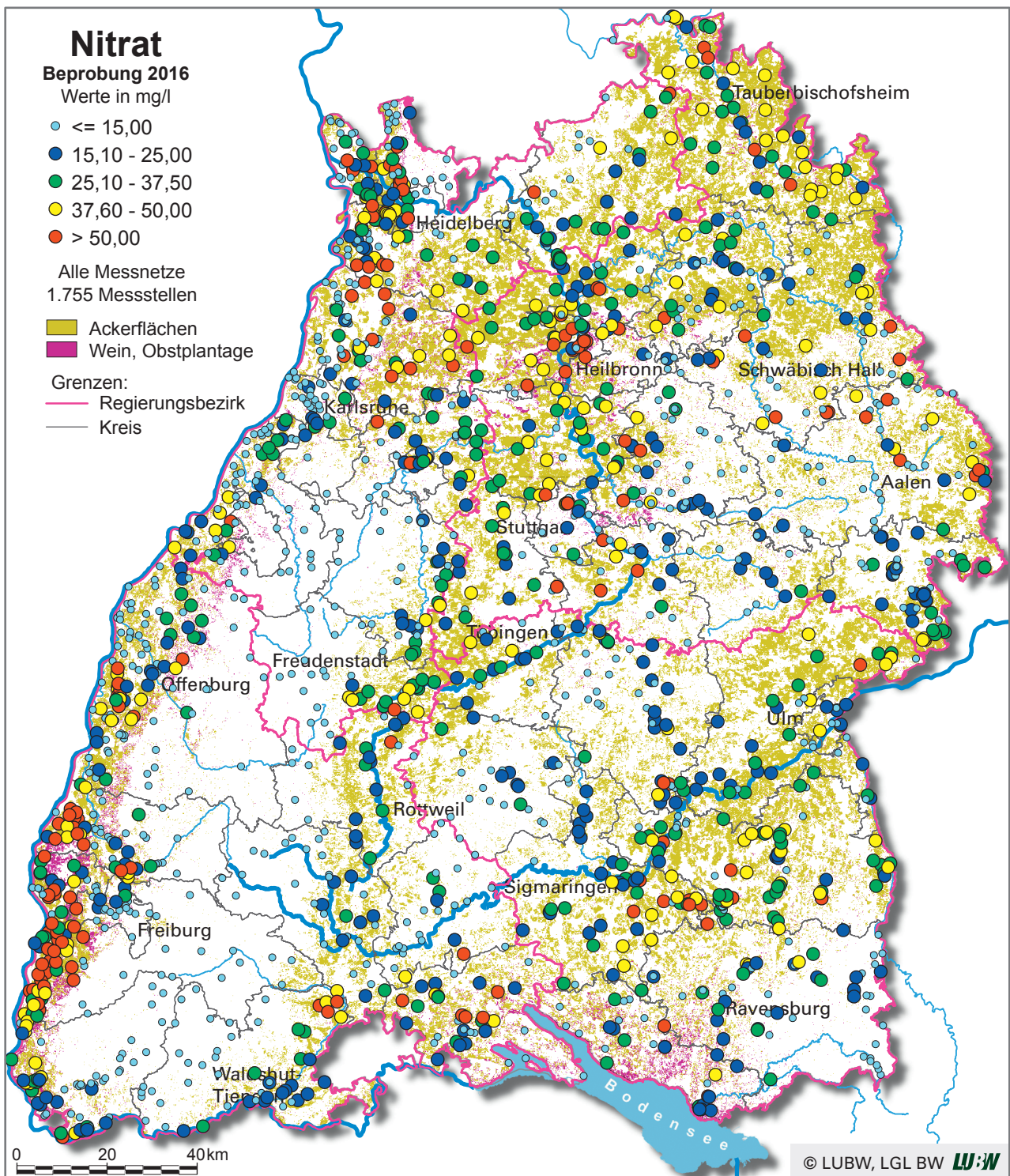


Abbildung 2.4-2: Nitratgehalte 2016 im Landesmessnetz LUBW

schiedlich, wobei die Rangfolge der Teilmessnetze nach ihrer Überschreitungshäufigkeit unverändert ist. So ergibt sich beispielsweise für das anthropogen möglichst wenig beeinflusste Basismessnetz (BMN) ein unterdurchschnittliches Belastungsniveau, während das Teilmessnetz Landwirtschaft (EL) mit einem vergleichsweise hohen Anteil an Messstellen mit hohen Nitratkonzentrationen ein überdurchschnittliches Belastungsniveau aufweist. Die statistischen Kennzah-

len des Gesamtmessnetzes sowie der Teilmessnetze Landwirtschaft (EL), Siedlungen (ES), Rohwasser (RW) und des Basismessnetzes (BMN) zeigt Tabelle 2.4-1.

2.4.1.2 Räumliche Verteilung und Regionalisierung

Die großräumige regionale Verteilung der Nitratbelastung stellt sich im Vergleich zu den Vorjahren hinsichtlich der Belastungsschwerpunkte nahezu unverändert dar (Abbil-

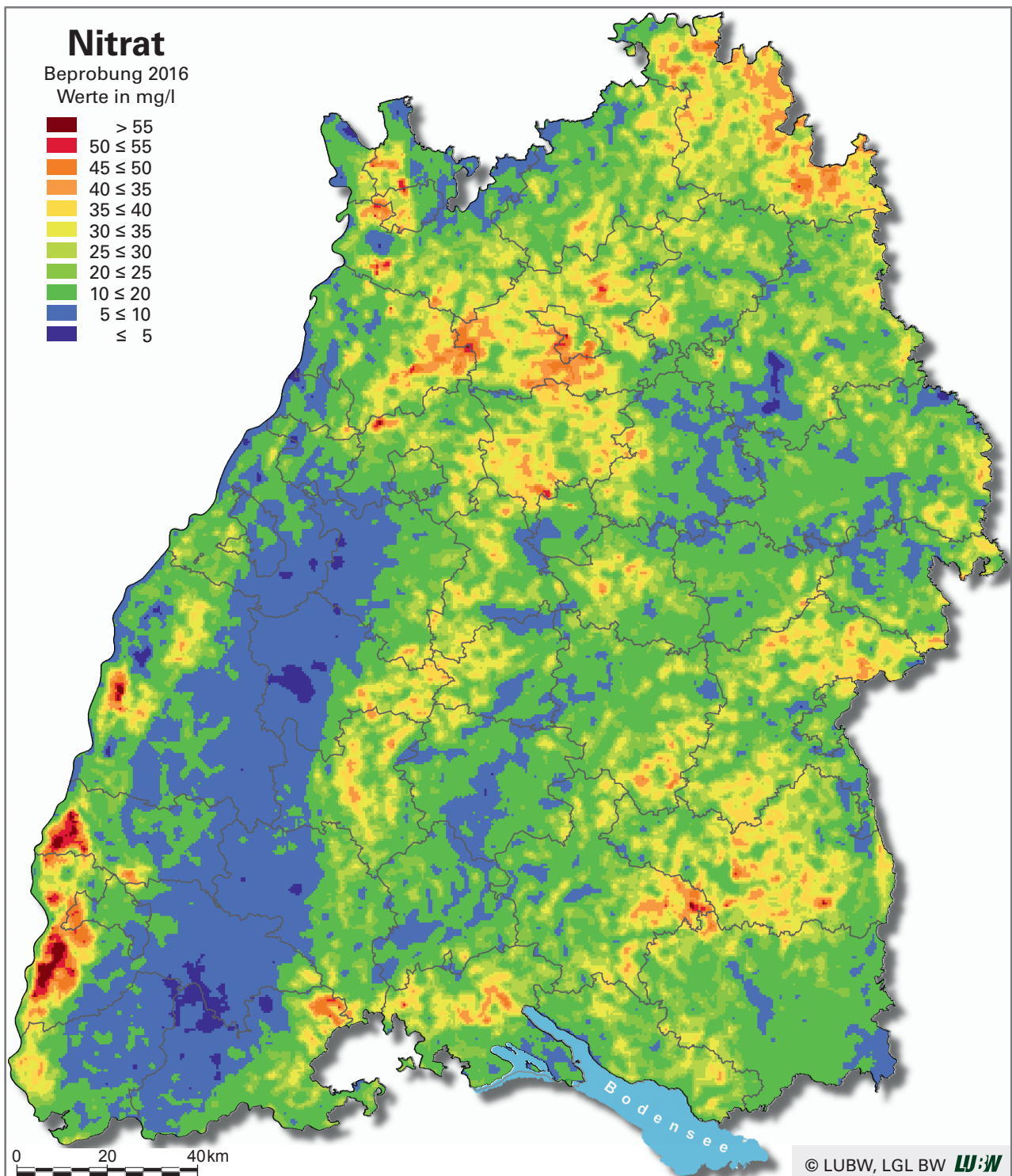


Abbildung 2.4-3: Verteilung der Nitratgehalte 2016 im oberflächennahen Grundwasser, mit SIMCOP-BW (Beta-Version) regionalisierte Darstellung nur oberflächennaher Messstellen mit Messungen von September bis Oktober 2016 (Datengrundlage: 1.697 von insgesamt 1.755 Landesmessstellen, da ein Teil der Messstellen in tiefen Aquiferen verfiltert ist)

dungen 2.4-2 und 2.4-3). Wiederum sind 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 stark belastet. In diesen Gebieten liegen in der Regel auch die meisten nach der Wasserrahmenrichtlinie hinsichtlich Nitrat als in „schlechtem Zu-

stand“ eingestuftem Grundwasserkörper. Neben diesen Hauptbelastungsregionen gibt es noch einige kleinere Gebiete mit teilweise erhöhten Nitratkonzentrationen wie das Singener Becken, das obere Wutachgebiet zwischen den Orten Blumberg und Stühlingen, die Region um Forchheim und Weisweil nördlich des Kaiserstuhls, das Gebiet um Neuried im Ortenaukreis sowie Teile des östli-

chen Ostalbkreises und der Landkreise Schwäbisch Hall und Hohenlohe (Abbildung 2.4-2).

Die Beschaffenheit des Grundwassers kann kleinräumig sehr unterschiedlich sein. So können bei den Nitratbelastungen schon in wenigen 100 m Abstand deutliche Konzentrationsunterschiede beobachtet werden. Trotzdem ist es gerechtfertigt, für einen Überblick über das gesamte Land die punktuellen Messungen zu regionalisieren und eine flächendeckende Belastungskarte zu erstellen (Abbildung 2.4-3), um das großräumige Belastungsniveau zu beschreiben. Keinesfalls darf dies jedoch dazu verleiten, aus dieser Darstellung lokale Einzelmesswerte ablesen zu wollen. Dies ist in der Datenverarbeitung technisch möglich, kann aber die tatsächlichen kleinräumigen Belastungszustände nicht richtig wiedergeben. Ein in der Regel noch akzeptabler Darstellungsmaßstab ist etwa 1:100.000.

Für die Regionalisierung wurde das vom Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart und der LUBW speziell entwickelte Interpolationsverfahren SIMCOP-GW auf der Basis von Copulas verwendet (<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2007WR006115/epdf> - Abruf 26.05.2017). Dabei wird für Nitrat die Landnutzung als Haupteinflussfaktor in 6 Klassen berücksichtigt. Tiefe Messstellen wurden ausgeschlossen (Abbildung 2.4-3). Dieses derzeit in einer Beta-version vorliegende Verfahren löst das bisherige Kriging-Verfahren SIMIK+ ab.

2.4.1.3 Kurzfristige Veränderungen/Vergleich zu den Vorjahren

Tabelle 2.4-2 zeigt die Entwicklung der statistischen Kennwerte von 2005 bis 2016 im gesamten Landesmessnetz mit

der Anzahl der im jeweiligen Jahr beprobten Messstellen. Nachdem 2013 die mittlere Belastung deutlich um mehr als 1 mg/l gestiegen war, zeigen die Kennwerte der Jahre 2014 und 2015 wieder einen Belastungsrückgang. Die Zunahme 2013 war offenbar mitverursacht durch das relativ trockene Jahr 2011 mit wenig Sickerwasserbildung und niedrigen Grundwasserständen sowie durch die darauf folgenden beiden Jahre 2012 und 2013 mit normalen Niederschlagsmengen und z. T. steigenden Grundwasserständen. Das 2012 und 2013 wieder vorhandene Sickerwasser konnte dem Grundwasser das seit 2011 im Boden- und Aquifermaterial gespeicherte Nitrat zuführen wie auch der stark steigende Grundwasserspiegel zusätzlich Nitrat aus der im Jahr 2011 ungesättigten Boden- und Aquiferzone rüchlösen konnte. Der zeitweise zu beobachtende Zusammenhang der Zu- und Abnahmen der Nitratgehalte zur Niederschlagsmenge und zum Witterungsverlauf wurde schon bei den Belastungsabnahmen 2003/2004 und den darauf folgenden Zunahmen in den nasser Jahren 2005/2006/2007 beobachtet. Damals war die extreme Trockenheit 2003 mit die Ursache. 2016 sind der Mittelwert und der Medianwert gegenüber dem Vorjahr um 0,3 bzw. 0,2 mg/l gestiegen und betragen nun 22,8 mg/l bzw. 18,2 mg/l.

Die Überschreitungshäufigkeit des Wertes von 50 mg/l im gesamten Landesmessnetz hat gegenüber dem Vorjahr um 0,3 Prozentpunkte von 9,7 % auf 9,4 % abgenommen. Damit liegt die Überschreitungshäufigkeit zum zweiten Mal seit dem Beginn der Datenreihe in 1994 unter 10,0 %. Der Schwellenwert der Grundwasserverordnung bzw. der Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 50 mg/l wird 2016 somit nur noch an jeder elften Landesmessstelle überschritten. Der Wert von 37,5 mg/l entspricht 75 % des Schwellenwertes

Tabelle 2.4-2: Statistische Kennzahlen der Nitratdaten vom Herbst 2016 im Vergleich zu den Vorjahren (Originalwerte aus den Jahresberichten, jeweilige Messstellenanzahl pro Jahr, nicht konsistente Messstellen, Nitratwert aus September/Okttober)

Landesmessnetz	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Anzahl der Messstellen	2.081	2.032	1.843	1.874	1.905	1.848	1.776	1.747	1.776	1.758	1.718	1.755
Mittelwert in mg/l	24,3	24,7	25,1	24,0	23,5	23,9	23,2	22,5	23,6	23,2	22,5	22,8
Medianwert in mg/l	19,5	19,6	19,7	19,0	18,6	19,0	18,4	17,0	18,8	18,4	18,0	18,2
Überschreitungen des Warnwertes in % der Messstellen (bis 2010: 40 mg/l, ab 2011: 37,5 mg/l)	17,3	18,4	18,9	18,0	16,9	18,5	19,9*	19,1*	20,7*	19,9*	20,1*	20,2*
Überschreitungen des Schwellenwertes der Grundwasserverordnung bzw. des Grenzwertes der TrinkwV (50 mg/l) in % der Messstellen	10,9	11,3	12,2	11,5	10,6	10,8	10,4	10,0	10,2	10,0	9,7	9,4

* Bei einem Warnwert von 40 mg/l wäre die Überschreitungsquote 17,6 % (2011), 16,8 % (2012), und 18,9 % (2013), 17,2 % (2014), 17,4 % (2015) und 17,5 % (2016)

Tabelle 2.4-3: Statistische Kennzahlen der Nitratdaten vom Herbst 2016 im Vergleich zu den Vorjahren (1.350 konsistente Messstellen mit einem jährlichen Wert im September/Oktober)

Landesmessnetz	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Anzahl der Messstellen	1.350									
Mittelwert in mg/l	24,6	23,9	23,3	23,4	22,8	22,2	23,0	22,4	21,8	22,0
Medianwert in mg/l	19,2	18,8	18,5	18,5	18,2	17,0	18,3	17,2	17,4	17,5
Überschreitungen des Warnwertes (37,5 mg/l) in % der Messstellen	21,2	20,7	19,9	19,9	19,0	18,1	19,6	18,5	18,6	18,7
Überschreitungen des Schwellenwertes der Grundwasserverordnung bzw. des Grenzwertes der TrinkwV (50 mg/l) in % der Messstellen	11,9	11,3	10,5	10,1	9,6	9,6	9,8	9,0	8,6	8,7

LUBW

der GrwV. Dieser wird 2016 an 20,2 % der Messstellen, d. h. an jeder fünften Messstelle überschritten. Dies sind 0,1 % mehr als 2015.

Der Warnwert des Grundwasserprogramms wurde zur Anpassung an die Grundwasserverordnung (GrwV) ab dem Berichtszeitraum 2011 von 40,0 mg/l auf 37,5 mg/l abgesenkt, was in der Folge zu einer höheren Überschreitungsquote als in den Vorjahren führt. Die Zahl der Überschreitungen des alten Warnwertes von 40 mg/l als Maßstab liegt 2016 mit 17,5 % etwa auf dem gleichen niedrigen Niveau der Jahre 2005 und 2011, 2014 und 2015. Die bisher geringste Überschreitungsquote in der Datenreihe der letzten Jahre war in 2012 mit 16,8 %, dies ist wohl auch mit auf die Trockenheit im Jahr 2011 zurückzuführen.

Im Teilmessnetz „Landwirtschaft“ (EL) nimmt der Anteil der Grenzwertüberschreitungen von 2015 auf 2016 um 0,4 Prozentpunkte von 19,3 auf 18,9 % ab. Die Anzahl der Warnwertüberschreitungen steigt von 36,2 % auf nun 36,5 % im

Jahr 2016. Der Mittelwert steigt in diesem Jahr um 0,2 mg/l von 21,8 mg/l auf 22,0 mg/l, der Medianwert veränderte sich um 0,1 mg/l von 17,4 mg/l auf 17,5 mg/l. Die Maximalkonzentration liegt bei 131 mg/l.

Konsistente Messstellen 2007 bis 2016

Seit Herbst 2007 werden aus verschiedenen Gründen etwa 100 - 300 Messstellen weniger als in den Jahren davor beprobt (Tabelle 2.4-2). Zur Erreichung einer einheitlichen Beurteilungsgrundlage für die letzten zehn Jahre wurden daher die konsistenten Messstellen (Erläuterung siehe Kapitel 2.4.1.4) – von 2007 an bis 2016 - ermittelt und hierfür die statistischen Kennwerte der Vorjahre neu berechnet. Für den Zeitraum 2007 bis 2016 ergeben sich 1.350 konsistente Messstellen. In Tabelle 2.4-3 sind die Jahre 2007 bis 2016 dargestellt.

Bei allen Kennwerten ist im Jahr 2016 gegenüber 2015 eine leichte Zunahme festzustellen. Der Mittelwert der Nitratbelastung des Grundwassers ist von 21,8 mg/l im Jahr 2015 um 0,2 mg/l auf 22,0 mg/l im Jahr 2016 gestiegen, der Medianwert um 0,1 mg/l auf 17,5 mg/l. Auch die Überschreitungsquoten des Warnwertes und des Schwellenwertes von 50 mg/l sind um je 0,1 Prozentpunkte gestiegen. Die Überschreitungsquote des Schwellenwertes von 50 mg/l ist im Jahr 2015 mit 8,7 % der zweitniedrigste Wert in der gesamten Datenreihe. Dies gilt auch für den Mittelwert von 22,0 mg/l.

Konsistente Messstellen 2015 und 2016

An 1.592 Messstellen des Landesmessnetzes liegen Nitratmesswerte sowohl für Herbst 2015 als auch für Herbst 2016 vor. Der direkte Vergleich der einzelnen Messstellen zeigt, dass 675 Messstellen mit Zunahmen des Nitratwertes 761 Messstellen mit Abnahmen gegenüberstehen. Damit überwiegen die Abnahmen mit 48 % gegenüber den Zunahmen

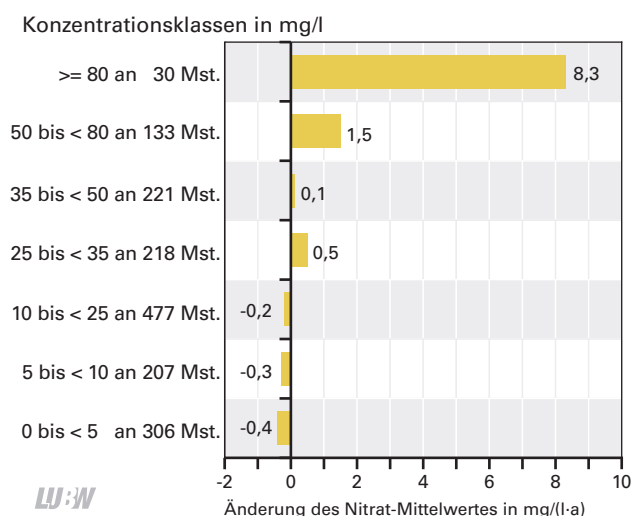


Abbildung 2.4-4: Änderung des Nitratmittelwertes 2016 gegenüber 2015 in verschiedenen Konzentrationsklassen (Basis 2016)

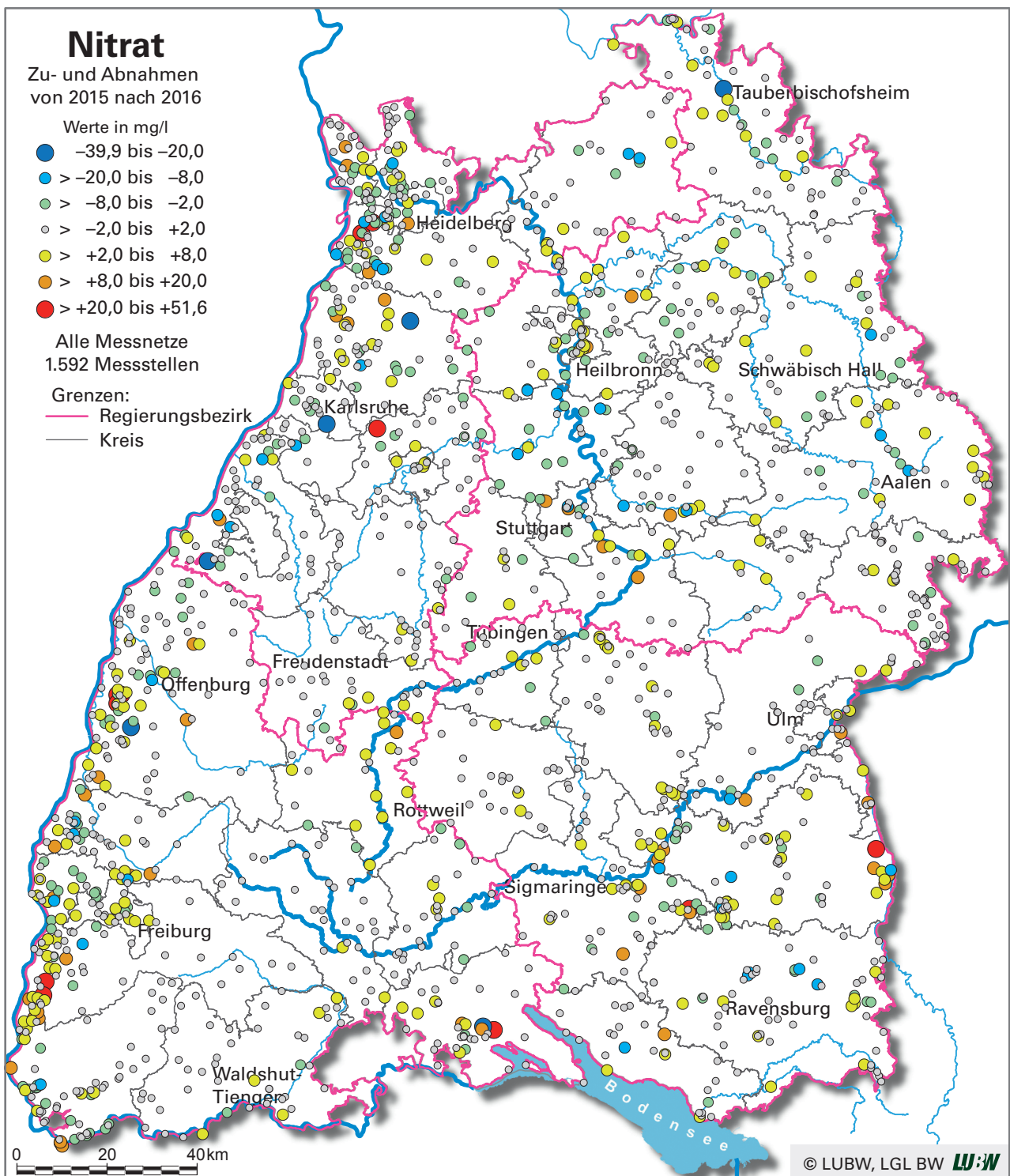


Abbildung 2.4-5: Räumliche Verteilung der kurzfristigen Änderungen der Nitratgehalte 2015-2016, Landesmessnetz LUBW

mit 42 %. Bei den restlichen 156 Messstellen bzw. 10 % sind die Nitratwerte im Vergleich zum Vorjahr unverändert.

Teilt man die 1.592 Messwerte aus dem Jahr 2016 in sieben Konzentrationsklassen ein und bildet für jede Klasse den Mittelwert der sich aus den Veränderungen von 2016 im Vergleich zu 2015 ergebenden Differenzen, so erhält man das in Abbildung 2.4-4 dargestellte Balkendiagramm. In den vier oberen Klassen mit Konzentrationen größer 25 mg/l steigen

die Belastungen, in den drei unteren Klassen mit Konzentrationen kleiner 25 mg/l sinken die Belastungen um 0,2 mg/l bis 0,4 mg/l. In der Klasse größer 80 mg/l mit insgesamt 30 nitratbelasteten Messstellen ist mit 8,3 mg/l die größte durchschnittliche Zunahme festzustellen.

Die regionale Verteilung der Messstellen mit zu- bzw. abnehmenden Nitratgehalten zwischen 2015 und 2014 zeigt Abbildung 2.4-5. Gebiete mit einer Häufung starker Zu-

nahmen von größer 8 mg/l sind das Markgräfler Land, der Landkreis Emmendingen, die Ortenau, das Gebiet westlich und nördlich von Heidelberg, Stuttgart und der Landkreis Esslingen, die Landkreise Sigmaringen und Biberach (Oberschwaben), das Singener Becken. Vereinzelt starke Abnahmen finden sich im ganzen Land. An einigen Stellen findet sich ein relativ dichtes Nebeneinander von starken Zu- und Abnahmen von größer 8 mg/l wie z. B. in Oberschwaben, in der Ortenau, im Gebiet um Heidelberg-Mannheim sowie südlich davon bis Hockenheim.

2.4.1.4 Längerfristige Veränderungen (Konsistente Messstellen Entwicklung seit 1994)

Mindestanforderung für eine zeitliche Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist die Konsistenz der Messreihen. Messstellenkonsistenz bedeutet, dass für jede Messstelle aus jedem Jahr des betrachteten Zeitabschnitts ein Messwert vorliegen muss. Zur bestmöglichen Begrenzung jahreszeitlicher Einflüsse werden nur solche Messwerte verwendet, die aus der jährlich von der LUBW beauftragten „Herbstbeprobung“, d. h. aus dem Zeitraum zwischen Anfang September und Ende Oktober stammen. Durch dieses Vorgehen wird auch sichergestellt, dass für jede zur Auswertung herangezogene Messstelle nur jeweils ein geprüfter Nitratmesswert vorliegt.

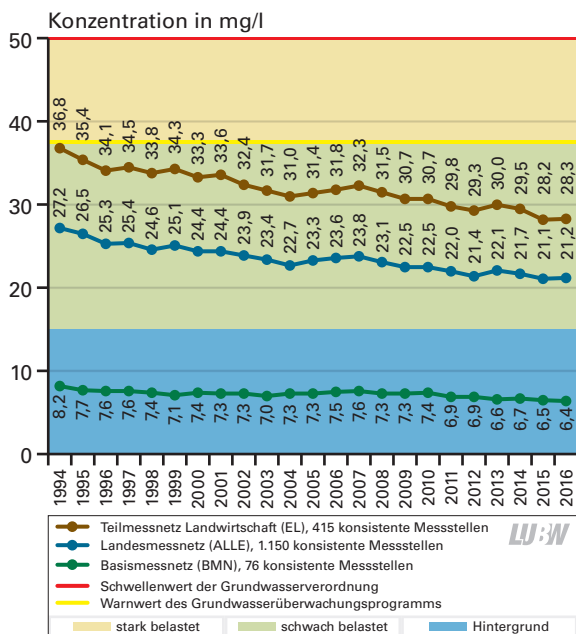


Abbildung 2.4-6: Entwicklung der Nitratmittelwerte von 1994 bis 2016 bei konsistenten Messstellengruppen des Landesmessnetzes und in den Teilmessnetzen Landwirtschaft und Basismessnetz und im Beprobungszeitraum jeweils zwischen Anfang September und Ende Oktober

Unter Einhaltung dieser Bedingungen lassen sich im Landesmessnetz, das einen repräsentativen Überblick für das gesamte Land ermöglicht, fundierte Aussagen in Bezug auf längerfristige Entwicklungen treffen. Durch unvermeidbare Ausfälle einzelner Messstellen und die Herausnahme von eng nebeneinander liegenden und ähnlich belasteten Messstellen aus dem Messnetz werden die „konsistenten“ Datenkollektive mit zunehmendem Betrachtungszeitraum immer kleiner. Für den Zeitraum 1994 bis 2016 liegen für insgesamt 1.150 Messstellen konsistente Nitratdatenreihen vor. Das entspricht 66 % aller im Herbst 2016 auf Nitrat untersuchten Messstellen.

In Abbildung 2.4-6 sind die Zeitreihen für das gesamte Landesmessnetz (ALLE) und für die Teilmessnetze Landwirtschaft (EL) und Basismessnetz (BMN) dargestellt. Im Gegensatz zum Messnetz ALLE gibt das BMN als Teilmessnetz den Zustand des durch anthropogene Einflüsse möglichst wenig beeinflussten Grundwassers wieder.

Die unterschiedlichen Belastungsniveaus werden auch durch die Hintergrundfarben veranschaulicht. Hellblau ist die Konzentrationsklasse 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 ist der Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms von 37,5 mg/l.

Betrachtet man in Abbildung 2.4-6 die Zeitreihe ALLE mit 1.150 konsistenten Messstellen, so lässt sich feststellen, dass auch bei diesem Kollektiv der Mittelwert des Jahres 2016 gegenüber dem Vorjahr nahezu unverändert bzw. um 0,1 mg/l auf 21,2 mg/l gestiegen ist. Die Nitratbelastung 2016 ist mit dem Vorjahr 2015 und 2012 auf dem niedrigsten Niveau seit 1994, was auch durch Trockenheit mitverursacht ist. Im gesamten Landesmessnetz hat die mittlere Nitratkonzentration von 1994 bis 2016 um 6,0 mg/l abgenommen, das sind rund 22 %, seit 2001 um 13 %

Im Basismessnetz ist der mittlere Nitratgehalt der 76 landesweit verteilten Messstellen gegenüber den beiden Vorjahren nahezu gleichgeblieben. Das Niveau ist mit 6,4 mg/l

das niedrigste seit Beginn der Datenreihe 1994 und gegenüber 1994 um 1,8 mg/l gesunken, das sind rund 22 %. Gegenüber 2001 sind es 12 %

Auch im Teilmessnetz Landwirtschaft (EL) steigt die mittlere Nitratkonzentration von 2015 auf 2016 um unwesentliche 0,1 mg/l. Im Jahr 2016 liegt der Nitratmittelwert der 415 konsistenten Messstellen bei 28,3 mg/l. Dies ist in der Datenreihe die zweitgeringste Belastung nach 2015. Seit 1994 ist die durchschnittliche Belastung im Landwirtschaftsmessnetz um 8,5 mg/l gesunken, was einer Abnahme um etwa 23 % entspricht.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass der seit 1994 zu beobachtende Trend sinkender Nitratbelastungen im Jahr 2016 etwas stagniert, trotz der leichten Zunahme der mittleren Nitratkonzentration um 0,1 mg/l. Von 2013/2014 auf 2015/2016 ist die Belastung wieder soweit gesunken, so dass 2016 das zweitniedrigste Belastungsniveau der gesamten Datenreihe erreicht wird. Der insgesamt abnehmende Trend wird nur zeitweise von ein- bis vierjährigen Anstiegen unterbrochen. Offenbar sind Trockenjahre die Ursache. Der in den trockenen Jahren im Boden gespeicherte Stickstoff gelangt erst in den folgenden regenreicheren Jahren mit dem Sickerwasser und durch einen steigenden Grundwasserspiegel ins Grundwasser. So hatte sich die von 2004 bis 2007 aufgrund des extremen Trockenjahres 2003 angestiegene Nitratbelastung bis 2011/2012 in allen Teilmessnetzen durchweg erheblich verringert, so dass 2011/2012 die niedrigsten Belastungen seit den 1990er Jahren aufgetreten waren. 2013 war die Belastung wieder gestiegen. Eine Ursache dafür kann im Trockenjahr 2011 liegen, das aber nicht so extrem trocken war wie 2003 mit sommerlichen Ernteschäden. Mit trockenheitsbedingten Belastungszunahmen ist in den kommenden Jahren auch wieder zu rechnen, da auch 2015 und 2016 trockene Jahre waren. 2015 ist seit 1994 das zweittrockenste Jahr nach 2003 und auch das Jahr mit der niedrigsten mittleren Nitratbelastung.

2.4.2 Nitrat in Wasserschutzgebieten (SchALVO-Auswertungen)

Im nachfolgenden Abschnitt wird die Nitratsituation in den nach SchALVO in drei Nitratklassen eingestuftem Wasserschutzgebieten näher betrachtet. In diesen Teil fließen neben den Landesmessnetzdaten der LUBW auch die Nit-

ratdaten der Messstellen in Wasserschutzgebieten (WSG) aus der Kooperation mit den Wasserversorgungsunternehmen (WVU) ein. Im Rahmen einer Kooperationsvereinbarung aus dem Jahre 2003 zwischen dem Land und den baden-württembergischen WVU erhält die LUBW die im Auftrag der WVU untersuchten Nitrat- und Pflanzenschutzmitteldaten über die „Grundwasserdatenbank Wasserversorgung“. Die Landratsämter verwenden die Daten zur Einstufung von Wasserschutzgebieten in Normal-, Problem- und Sanierungsgebiete hinsichtlich der Nitratbelastung und zur Ausweisung von Pflanzenschutzmittelsanierungsgebieten.

Der LUBW wurden durch die WVU bis zum Stichtag 31.03.2017 insgesamt 4.739 Nitratwerte von 2.353 Messstellen in Wasserschutzgebieten übermittelt, davon befinden sich 233 Messstellen auch im Landesmessnetz (Überschneidermessstellen). Somit wird die Gesamtdatenbasis des Landesmessnetzes zu Nitrat durch den Kooperationsbeitrag durch zusätzlich 2.120 Messstellen ergänzt. 2015 waren es 1.369 Messstellen. Dies sind 2016 wesentlich mehr als 2015 und 2014, aber etwa soviel wie 2013 mit 1.967 Messstellen. Die unterschiedlichen Messstellenzahlen erklären sich daraus, dass bei gering nitratbelasteten Messstellen in Wasserschutzgebieten der Nitratklasse 1 nur alle drei Jahre die Nitratkonzentrationen zu ermitteln sind und dies zuletzt in den Jahren 2007, 2010, 2013 und nun auch 2016 der Fall war.

In Baden-Württemberg stufen die unteren Verwaltungsbehörden gemäß der im Februar 2001 novellierten Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) die Wasserschutzgebiete (WSG) in drei Nitratklassen (NK 1 - 3) ein:

- Wasserschutzgebiete mit Nitratklasse 1
 - Normalgebiete - NK 1
- Wasserschutzgebiete mit Nitratklasse 2
 - Problemgebiete - NK 2
- Wasserschutzgebiete mit Nitratklasse 3
 - Sanierungsgebiete - NK 3

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 Wasserbehörden fortgeschrieben.

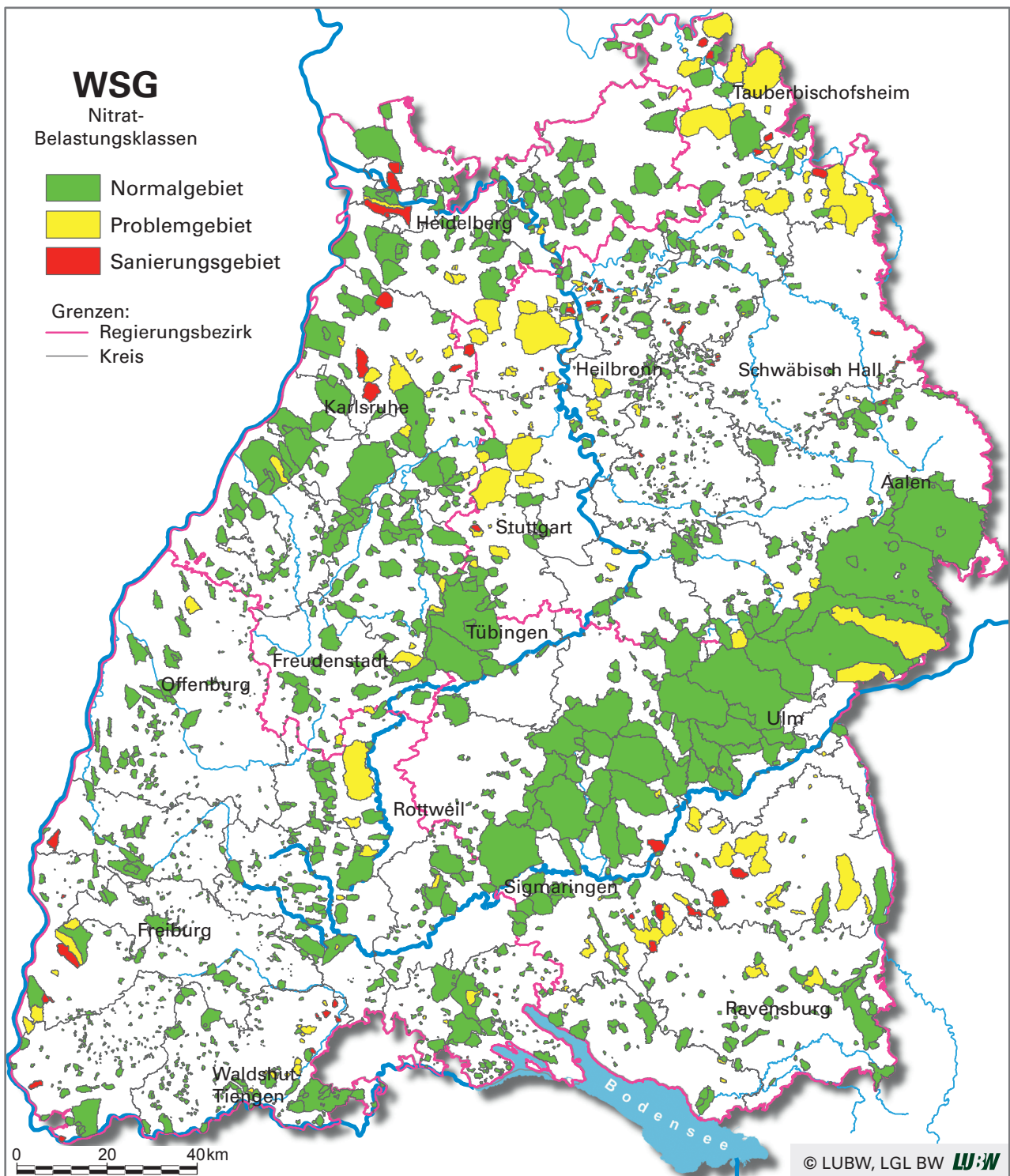


Abbildung 2.4-7: Lage der nach SchALVO in drei Nitratklassen eingeteilten Wasserschutzgebiete in Baden-Württemberg - einschließlich Teileinzugsgebiete (Stand: Januar 2017)

Tabelle 2.4-4: Anzahl und Verteilung der Wasserschutzgebiete nach der SchALVO - Ersteinstufung 2001 und in den Folgejahren bis 2017

Jahr	2001	2002	2004	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Normalgebiete *	2.156	2.091	2.051	2.049	2.027	2.018	1.981	1.983	1.971	1.990	1.986	1.998	1.994	2.020	1.994
Problemgebiete *	319	344	323	297	295	292	303	294	291	282	264	270	256	243	229
Sanierungsgebiete *	182	177	155	140	111	112	106	105	98	93	94	83	79	81	81
Gesamt **	2.657	2.612	2.529	2.498	2.433	2.422	2.362	2.356	2.338	2.341	2.321	2.294	2.304	2.287	2.281
PSM-Sanierungsgebiete	0	0	2	4	4	5	5	4	5	2	2	2	2	4	3

* = einschließlich Teileinzugsgebiete

** = ohne Teileinzugsgebiete

LUBW

Tabelle 2.4-5: Gesamtfläche der baden-württembergischen Wasserschutzgebiete zwischen 2001 und 2017 und Flächenanteile der Nitrat-Normal-, -Problem- und -Sanierungsgebiete sowie der PSM-Sanierungsgebiete nach SchALVO

	Stichtag 15.02.01		Stichtag 31.01.04		Stichtag 31.01.07		Stichtag 31.01.17	
	Fläche [ha]	Anteil [%]	Fläche [ha]	Anteil [%]	Fläche [ha]	Anteil [%]	Fläche [ha]	Anteil [%]
Normalgebiete *	601.080	73,3	633.494	73,6	712.291	78,0	787.789	82,8
Problemgebiete *	163.555	19,9	170.419	19,8	164.976	18,1	142.818	15,0
Sanierungsgebiete *	55.505	6,8	57.304	6,7	36.256	4,0	21.215	2,2
Gesamtfläche *	820.140	100,0	861.217	100,0	913.523	100,0	951.821	100,0
PSM-Sanierungsgebiete	0	0	856	0,1	1.702	0,2	1.086	0,1

* = einschließlich Teileinzugsgebiete

LUBW

Beurteilungskriterien sind das mittlere Nitratkonzentrationsniveau im jeweiligen Jahr und das Trendverhalten. Durch Aufhebung, Zusammenlegung und Erweiterung von Wasserschutzgebieten ändern sich die Gesamtanzahlen von Jahr zu Jahr (Tabelle 2.4-4). Seit 2011 wird die Deklaratorische Liste jährlich auf der Internetseite der LUBW veröffentlicht:

<http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/216710/>

Landesweit hat die Wasserschutzgebietsgesamtfläche von 2001 bis Januar 2017 um etwa 132.000 ha zugenommen (Tabelle 2.4-5). Zum Stichtag 31.01.2017 sind etwa 83 % der WSG-Flächen als Normalgebiet eingestuft, rund 15 % als Problemgebiet und 2 % als Sanierungsgebiet. In der Tabelle sind auch die PSM-Sanierungsgebiete aufgenommen. Die

Lage der Wasserschutzgebiete mit der Einstufung hinsichtlich Nitrat zeigt Abbildung 2.4-7.

Gegenüber dem Vorjahr sind die mittleren Konzentrationen sowohl in den Sanierungsgebieten wie auch in den Problemgebieten und Normalgebieten nahezu unverändert. Es ist aber festzustellen, dass an einigen Messstellen der Nitratgehalt auf sehr hohem Niveau stagniert. In den Normalgebieten ist eine geringfügige Abnahme von 0,2 mg/l zu erkennen, in den Problemgebieten eine Zunahme von 0,1 mg/l. In den Sanierungsgebieten liegt die mittlere Konzentration bei unveränderten 44,5 mg/l (Abbildung 2.4-8).

Die Auswertung über die konsistenten Messstellen in den verschiedenen Nitratklassen auf Grundlage der SchALVO-Ersteinstufung 2001 zeigt für die Problem- und Sanierungsgebiete für 2016 gegenüber 2001 eindeutige Abnahmen von rund 3,9 bzw. 8,1 mg/l, das sind rund 11 bzw. 15 %. In den Normalgebieten sinkt die Konzentration seit 2001 von 14,3 mg/l auf 13,5 mg/l, das sind rund 6 %.

Der Rückgang der Belastung zeigt sich auch bei Betrachtung der Flächen, die sowohl 2001 als auch Ende 2016 als Wasserschutzgebiete ausgewiesen waren (konsistente WSG-Flächen). So ging die Fläche der Sanierungsgebiete um 66 % zurück, die Fläche der Problemgebiete um etwa 23 %. Durch diese Umstufungen nahm die Fläche der Normalgebiete um 9 % zu (Abbildung 2.4-9).

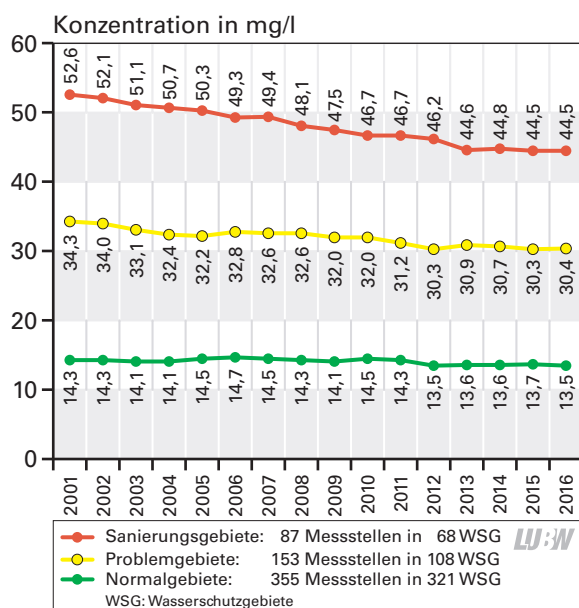


Abbildung 2.4-8: Entwicklung der jährlichen Mittelwerte für Nitrat von 2001 bis 2016 für konsistente Messstellen und konsistente Wasserschutzgebiete nach SchALVO-Einstufung über alle zur Verfügung stehenden Nitratwerte (SchALVO-Einstufungsbasis: 2001), Datenquelle: alle Landesmessstellen und alle für die WSG-Einstufung maßgeblichen Kooperationsmessstellen der Wasserversorgungsunternehmen

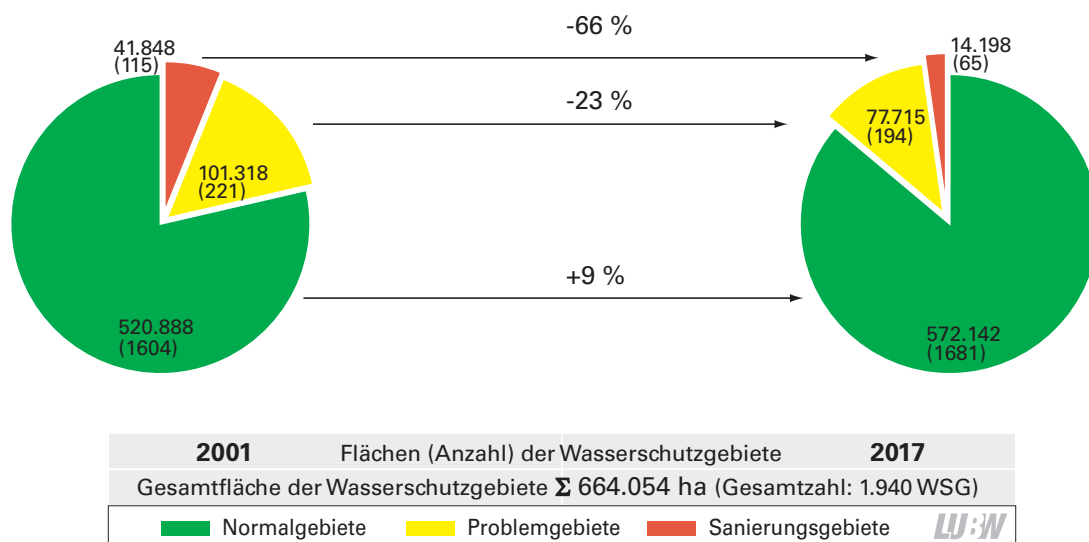


Abbildung 2.4-9: Veränderung der Flächen von konsistenten Normal-, Problem- und Sanierungsgebieten an der gesamten Wasserschutzgebietsfläche von 2001 bis Anfang 2017, in Klammern: Anzahl der Wasserschutzgebiete, Einstufung gemäß SchALVO (Stand: 01/2017)

2.5 Pflanzenschutzmittel (PSM)

2.5.1 Zulassung, Verwendung, Klassifizierung

Die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln (PSM) erfolgt in Deutschland durch das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL). Einzelheiten zum Verfahren sind im Bericht „Ergebnisse der Beprobung 2008“ [LUBW 2009F] zusammengefasst. Seit dem 14. Juni 2011 gilt die „Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln und zur Aufhebung der Richtlinien 79/117/EWG und 91/414/EWG des Rates“. Diese Verordnung hat unmittelbare Gesetzeskraft in den Mitgliedsstaaten und musste somit nicht gesondert in nationales Recht umgesetzt werden.

Derzeit (Stand April 2017) sind in der Bundesrepublik Deutschland 273 PSM-Wirkstoffe in rund 1.420 Handelsprodukten auf dem Markt. Im Jahr 2015 entfiel mit 48,4 % der mengenmäßig größte Anteil auf die Herbizide, gefolgt

von den Fungiziden mit 36,1 % und den Insektiziden mit 2,9 % (Tabelle 2.5-1). Gegenüber 2014 stieg der Gesamtinlandsabsatz an Wirkstoffen nur geringfügig um rund 0,7 %. Die meisten PSM werden in der Landwirtschaft eingesetzt. Nur etwa 1 % der abgesetzten Wirkstoffmenge entfällt auf den Bereich Haus und Garten.

PSM dürfen gemäß Pflanzenschutzgesetz nur auf Freilandflächen angewendet werden, die landwirtschaftlich, gärtnerisch oder forstwirtschaftlich genutzt werden. Insbesondere Herbizide werden aber auch auf Nichtkulturland, wie auf und an Böschungen, gepflasterten oder nicht versiegelten Brach- und Betriebsflächen, Flugplätzen, Gleisanlagen, Straßen sowie auf Parkplätzen angewendet, um diese Flächen z. B. zur Wahrung der Verkehrs- und Betriebssicherheit oder aus optischen Gründen von Pflanzenbewuchs freizuhalten. Diese Anwendungen bedürfen nach Pflanzenschutzgesetz jeweils einer Ausnahmegenehmigung durch das zuständige Landratsamt oder Regierungspräsidium.

Tabelle 2.5-1: Inlandsabsatz an Wirkstoffen 2004-2015 in Tonnen; Quelle: „Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland 2015“ – Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, www.bvl.bund.de

Wirkstoffklasse	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2015 Anteil in %
Herbizide	15.923	14.698	17.015	17.147	18.626	14.619	16.675	17.955	19.907	17.896	17.887	16.815	48,4
Fungizide	8.176	10.184	10.251	10.942	11.505	10.922	10.431	10.474	9.066	10.387	12.669	12.539	36,1
Insektizide	1.082	827	813	1.092	909	1.030	941	883	1.117	940	1.061	1.026	2,9
Sonstige	3.704	3.803	3.740	3.502	3.624	3.591	3.378	3.755	3.724	3.328	2.898	4.372	12,6
Summe	28.885	29.512	31.819	32.683	34.664	30.162	31.425	33.067	33.814	32.551	34.515	34.752	100

Tabelle 2.5-2: PSM-Wirkstoffe und deren Metaboliten in den verschiedenen Rechtsvorschriften

Rechtsvorschrift	Parameterbezeichnung	Begriff	Einzelwert Summe
EU-Grundwasserrichtlinie 2006/118/EG vom 12. Dezember 2006	Wirkstoffe in Pestiziden, einschließlich relevanter Stoffwechselprodukte, Abbau- und Reaktionsprodukte	Qualitätsnorm	0,1 µg/l 0,5 µg/l
Erste Verordnung zur Änderung der Grundwasserverordnung vom 4. Mai 2017	Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten einschließlich relevanter Stoffwechsel- Abbau- und Reaktionsprodukte	Schwellenwert	0,1 µg/l 0,5 µg/l
Neufassung der Trinkwasserverordnung vom 10. März 2016	Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte und die relevanten Metaboliten, Abbau- und Reaktionsprodukte. Aldrin, Dieldrin, Heptachlor und Heptachlorepoxid	Grenzwert	0,1 µg/l 0,5 µg/l 0,03 µg/l
Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung - SchALVO vom 20. Februar 2001	Pflanzenschutzmittelwirkstoffe oder Pflanzenstärkungsmittel oder deren Abbauprodukte und deren Anwendung pflanzenschutzrechtlich zulässig ist.	Schwellenwert	0,1 µg/l

LU:W

Neben der Klassifizierung der PSM nach ihrer Wirkung ist es auch gebräuchlich, sie nach Stoffklassen einzuteilen, zu denen sie aufgrund ihrer chemischen Struktur gehören. Damit eng verbunden ist auch die analytische Bestimmungsmethode. Die Stoffklassen, zu denen die wichtigsten synthetisch-organischen PSM-Wirkstoffe gehören, sind in „Ergebnisse der Beprobung 2008“ [LUBW 2009F] mit beispielhaften Vertretern angegeben.

2.5.2 Umweltrelevanz, Berichtspflichten, Fundaufklärung

In der EU-Grundwasserrichtlinie, in deren Umsetzung in nationales Recht durch die Grundwasserverordnung (GrwV) sowie in der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) sind einheitliche Höchstkonzentrationen für PSM-Wirkstoffe und deren relevante Metaboliten sowohl für die Einzelstoffe als auch deren Summe festgelegt (Tabelle 2.5-2). Die genannten Höchstwerte sind nicht toxikologisch abgeleitet, sondern dienen der Gesundheitsvorsorge. Darüber hinaus wird in der TrinkwV für die vier Organochlorverbindungen Aldrin, Dieldrin, Heptachlor und Heptachlorepoxid aus toxikologischen Erwägungen heraus ein niedrigerer Grenzwert von je 0,03 µg/l festgelegt.

In der Grundwasserverordnung wird ferner 75 % des Schwellenwertes als Ausgangskonzentration für Maßnahmen zur Trendumkehr genannt. Dies entspräche 0,075 µg/l für PSM-Wirkstoffe und relevante Metaboliten. Da PSM-Daten in der Grundwasserdatenbank in der Regel mit zwei Nachkommastellen abgespeichert werden, wird gerundet ein Wert von 0,08 µg/l zugrunde gelegt. Dieser wiederum entspricht dem Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms, der ebenfalls zur Bewertung herangezogen wird.

Die Ergebnisse der PSM-Untersuchungen aus den Landesmessnetzen (Grundwassermessnetz der LUBW und Kooperationsmessnetz der WVU) werden regelmäßig an das Umweltbundesamt übermittelt, das diese Daten in aggregierter Form veröffentlicht. Werte über 0,1 µg/l werden zudem an das BVL weitergeleitet, das auf dieser Grundlage als Zulassungsbehörde den Zulassungsinhaber mit der Fundaufklärung beauftragen kann. Gegebenenfalls führen diese Ergebnisse zu Anpassungen bei der Zulassung.

2.5.3 Probennahme und Analytik

Die Konzentrationen der PSM-Wirkstoffe sowie der relevanten und der nicht relevanten Metaboliten im Grundwasser liegen üblicherweise im sehr niedrigen Bereich von ng/l bis µg/l. Daher muss bereits die Probennahme mit entsprechender Sorgfalt durchgeführt werden. Die Vorgehensweise sowie die zu verwendenden Probennahmegeräte, Aufbewahrungsbedingungen und Analysenmethoden sind im „Leitfaden Grundwasserprobennahme“ [LUBW 2013] beschrieben. Zu den Analysenverfahren und den Ergebnissen von Ringversuchen wird auf den Ergebnisbericht für das Jahr 2014 verwiesen (LUBW 2015F).

An den Landesmessstellen wurden alle PSM-Befunde über dem Schwellenwert der Grundwasserverordnung durch Paralleluntersuchungen, Analysen von Rückstellproben oder durch Nachbeprobungen mit mindestens dreifacher Parallelbestimmung in verschiedenen Laboratorien abgesichert. Dieser hohe finanzielle und logistische Aufwand für die Qualitätssicherung ist erforderlich, um für die Berichtspflichten gegenüber Bund und Land sowie für die Fundaufklärung durch die Zulassungsinhaber über belastbare Daten zu verfügen.

Tabelle 2.5-3: Gesamtzahl der auf PSM untersuchten Messstellen im Landesmessnetz LUBW 2001-2016. Es sind nur Wirkstoffe und Metaboliten genannt, die an mindestens 100 Messstellen untersucht wurden

Wirkstoff / Metabolit	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
2,4-Dichlorphenoxy-essigsäure (2,4D)		2155		2730	910	489	787	728	865	2023	233					
Alachlor	314					1604										
Aldicarb	310															
Aldrin			2197	105												
Atrazin	2687	1246	933	577	3691	709	1039	1041	1035	1086	2066	393	1058	2647	678	614
Bentazon		2134		2724	951	500	803	738	870	2030	948	307	1019	2642	688	604
Bifenox							549	581	539	710						
Bromacil	2369	918	771	413	3634	636	975	973	1001	1060	2036	370	1044	2643	669	607
Chloridazon						1591		298	1782	654	295	219	172	1424	565	236
Chlorpyrifos		2132														
Chlorthalonil								238	233							
Chlortoluron		2191		108	248	3167	269	723	659	768						
Cyanazin	675	260			206	1709	105		100		172					
Desethylatrazin	2681	1250	933	578	3686	708	1041	1027	1038	1088	2067	394	1057	2646	677	614
Desethylterbuthylazin	2607	1173	895	543	3677	700	1032	1021	1029	1085	2066	391	1055	2618	675	608
Desisopropylatrazin	2608	1177	902	545	3679	694	1024	1020	1028	1082	2066	390	1056	2645	676	610
Diazinon	106	2218														
Dicamba		2131		2704	910	482	780	729	841	2004	215					
Dichlobenil	305	203		170	219	169		101	112		147			108		
Dichlordiphenyldichlor-ethen (p,p') / p,p'-DDE			2180													
Dichlordiphenyltrichlor-ethan (o,p') / o,p'-DDT			2175													
Dichlordiphenyltrichlor-ethan (p,p') / p,p'-DDT			2180													
Dichlorprop (2,4-DP)		2160		2732	908	494	787	724	861	1986	227					
Dieldrin			2195													
Diflufenican						1581										
Dimefuron		197														
Dimethachlor								238	233							
Dimethenamid						1584		238	233							
Dimethoat	106	2218														
Dimoxystrobin								238	233							
Disulfoton		2132														
Diuron		2193		109	247	3179	269	723	662	770	752	229	954	1228	351	322
Disulfoton			2161													
Diuron			2161													
Endosulfan, -α			2155													
Endosulfan, -β						1584										
Endrin						1584										
Epoxiconazol		2184														
Ethofumesat						1584		238	233							
Fenitrothion	311															
Flufenacet								238	233							
Flufenoxuron								573	533	713	743	195	916	1177	311	317
Flurtamone		195														
Flusilazol			2197													
Glyphosat			2156													
Heptachlor			2154													
Heptachlorepoxyd, cis-			2155													
Heptachlorepoxyd, trans-	313		2156													
Hexachlorbenzol	312		2159													
Hexachlorcyclohexan, -α	313		2158													
Hexachlorcyclohexan, -β	316		2160													
Hexachlorcyclohexan, -δ	313		2158													
Hexachlorcyclohexan, -γ (Lindan)	316		2160													

Fettdruck: Wirkstoffe und Metaboliten, die vorwiegend im Auftrag der LUBW untersucht wurden.

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 03/2017, Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung

Tabelle 2.5-3 : Fortsetzung

Wirkstoff / Metabolit	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Hexazinon	2396	965	780	428	3647	661	1007	965	1033	1068	2051	387	1045	2645	669	607
Isodrin			2179													
Isoproturon		2196		111	249	3175	268	723	666	768	752	230	954	1217	350	322
Lenacil																
Linuron		2163			237	3158	264	715	653	752						
Malathion		2189														
MCPA		2157		2736	938	490	793	731	867	2027	922	277	971	1219	326	302
Mecoprop (MCPP)		2164		2738	935	496	789	727	864	2024	920	274	969	1220	326	304
Mercaptodimethur (Methiocarb)		311														
Metalaxyl	2311	866	700	336	3614	580	933	1070	1176	1064	2040	380	1047	2640	671	607
Metamitron						1585										
Metazachlor	2635	1209	908	559	3681	700	1095	1180	1223	1082	1970	390	1058	2648	676	610
Methabenzthiazuron		2163			238	3173	265	716	677	768						
Metolachlor	2618	1184	908	560	3684	691	1080	1182	1224	1081	2062	391	1057	2648	675	611
Metribuzin		192				1605										
Parathion-ethyl (E 605)		184	2225													
Penconazol						1584										
Pendimethalin		274	2202				586	628	612	747						
Pentachlornitrobenzol (Quintocen)				2155												
Pethoxamid								238	233							
Propazin	2555	1131	875	525	3673	689	1024	1014	1022	1081	2064	388	1051	2645	674	610
Propiconazol						1584										
Quinmerac								238	233							
Sebutylazin		250	2284	120	131	190	185		111	160	102	149				
Simazin	2658	1225	908	559	3680	703	1034	1022	1029	1086	2066	392	1058	2646	676	612
Terbazil		226	114		136						103					
Terbutylazin	2660	1223	912	565	3684	703	1033	1015	1024	1082	2061	386	1054	2647	676	606
Tetrachlordiphenylethan (p,p'-) / p,p'-TDE			2180													
Thiacloprid								238	233							
Tolyfluanid								253	238							
Topramezone								238	233							
Triallat		301	183		118	186	1666									
Trifloxystrobin								238	233							
Trifluralin		129	2175													
Tritosulfuron								238	233							
Vinclozolin		123														

Fettdruck: Wirkstoffe und Metaboliten, die vorwiegend im Auftrag der LUBW untersucht wurden.

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 03/2017, Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung



2.5.4 Bisher untersuchte Wirkstoffe

Tabelle 2.5-3 gibt einen Überblick über die Zahl der Messstellen, die seit dem Jahr 2001 auf PSM-Wirkstoffe und Metaboliten untersucht wurden. Aus Kostengründen und aufgrund der sehr breiten Palette überwachungsrelevanter PSM-Parameter war und ist es nicht möglich, jeden Wirkstoff in jedem Jahr zu analysieren. Häufig wurden daher bestimmte Stoffe zunächst pilotmäßig an ausgewählten Messstellen und dann je nach Bedeutung auch im gesamten Messnetz untersucht.

Die Aufstellung beinhaltet sowohl die vorwiegend vom Land beauftragten Analysen (in Fettschrift dargestellt) als auch die von den WVU im Rahmen der Kooperationsvereinbarungen an die Grundwasserdatenbank übermittelten Analysen. Im Jahr 2005 stieg bei zahlreichen Wirkstoffen die Zahl der Messstellen gegenüber den Vorjahren auf weit über 3.000 Messstellen an. Dies war insbesondere auf die Kooperationsvereinbarung aus dem Jahre 2003 zurückzuführen, die die Übermittlung von PSM-Analysen für die im Rahmen der SchALVO (siehe Kapitel 2.5.7) notwendigen Wasserschutzgebiets-Einstufungen vorsieht. Damit steht in Baden-Württemberg für sehr viele Wirkstoffe und Metabo-

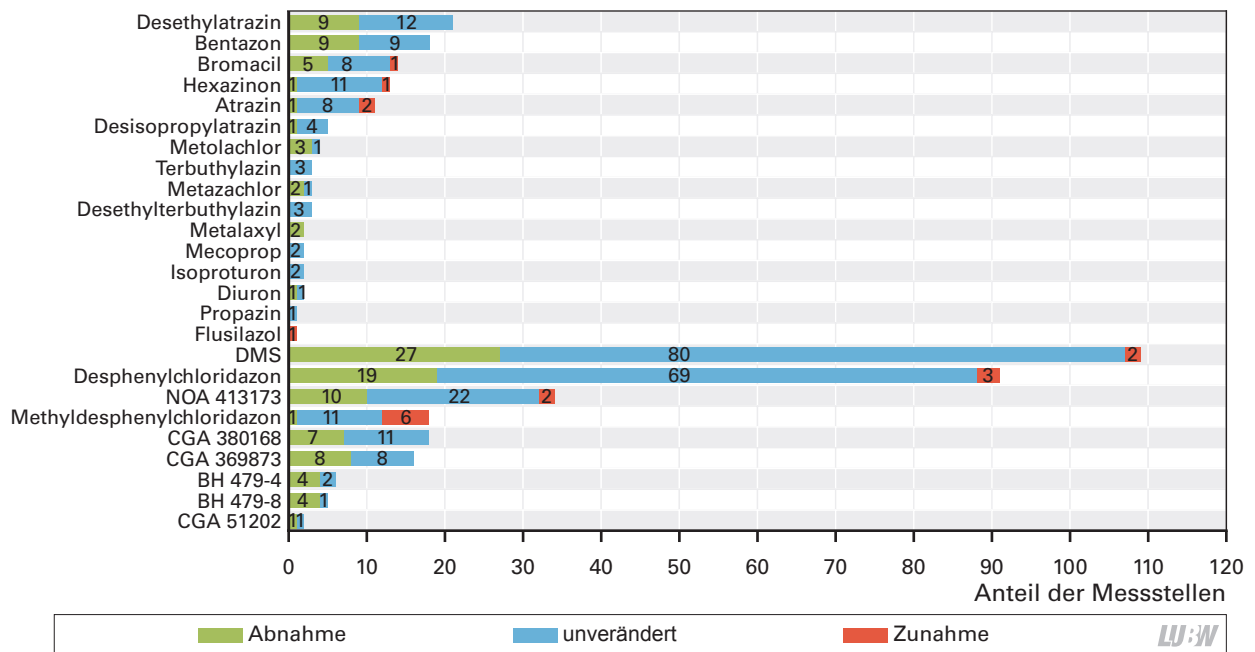


Abbildung 2.5-1: Nachmessungen PSM und nrM: Kurzfristige Veränderungen zwischen 2014/2015 und 2016, Landesmessnetz LUBW, Datenbankabfrage 03/2017

liten eine große und statistisch verlässliche Datenbasis zur Verfügung. Der Wiederholungsturnus landesweiter Messungen macht dabei auch Aussagen zu Trendentwicklungen möglich.

2.5.5 Nachmessungen auf PSM-Wirkstoffe sowie auf relevante und „nichtrelevante“ Metabolite im Jahr 2016 (Messnetz LUBW)

Die letzte Untersuchung in dem von der LUBW betriebenen Grundwassermessnetz auf PSM-Wirkstoffe und nichtrelevante Metaboliten erfolgte 2013-2014. In den Jahren 2015 und 2016 lag der Schwerpunkt des Monitorings im LUBW-Messnetz auf Spurenstoffen wie per- und polyfluorierte Chemikalien, Benzotriazole und Süßstoffe. Aus diesem Grund wurden in diesen beiden Jahren hinsichtlich der PSM nur Messstellen mit „auffälligen“ Konzentrationen von PSM-Wirkstoffen und nicht relevanten Metaboliten untersucht. Unter „auffälligen“ Konzentrationen ist zu verstehen:

- zugelassene Wirkstoffe: Mindestens ein Messwert aus zwei Vorjahren lag über der Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l
- nicht mehr zugelassene Wirkstoffe: Mindestens ein Messwert aus zwei Vorjahren lag über dem Schwellenwert der GrwV von 0,1 µg/l

- nichtrelevante Metaboliten (nrM): Mindestens ein Messwert aus zwei Vorjahren lag über dem halben Gesundheitlichen Orientierungswert (GOW)

Im Jahr 2016 wurden die Kriterien an insgesamt 290 Messstellen erfüllt, 16 Wirkstoffe/relevante Metaboliten und neun nichtrelevante Metaboliten waren betroffen. Zur Bewertung der Entwicklung wurden die Ergebnisse 2014/2015 mit den Ergebnissen 2016 verglichen. Lag das „neue“ Messergebnis 2016 innerhalb einer Schwankungsbreite von ± 30 % des vorherigen Messwerts, so wurde der Wert als „unverändert“ eingestuft. Anderenfalls wurden die Differenzen als „Zu-“ bzw. „Abnahme“ bewertet.

Abbildung 2.5-1 zeigt, dass die Konzentrationen gegenüber den Vorjahren überwiegend unverändert geblieben sind oder abgenommen haben. Konzentrationsanstiege treten deutlich seltener auf. Überraschend ist, dass bei Atrazin, Bromacil und Hexazinon noch Zunahmen festzustellen sind, obwohl diese Wirkstoffe schon seit mehr als 20 Jahren verboten sind. In allen vier Einzelfällen handelt es sich um Messstellen im Bereich von Gleisanlagen, wo offensichtlich immer noch eine langsame Auswaschung aus dem Boden stattfindet. Bei den nichtrelevanten Metaboliten sind in einige Fällen Zunahmen bei den beiden Abbauprodukten des Rübenherbizids Chloridazon (Desphenylchloridazon und Methyl-desphenylchloridazon), dem Abbaupro-

dukt DMS des inzwischen nicht mehr zugelassenen Fungizids Tolyfluanid und dem Abbauprodukt NOA 413173 des Herbizids Metolachlor festzustellen. Diese Messstellen werden weiter beobachtet.

2.5.6 Bewertung der Gesamtsituation der PSM-Wirkstoffe und der nichtrelevanten Metaboliten 2012-2016 (Messnetze LUBW und Kooperation)

2.5.6.1 PSM-Wirkstoffe 2012-2016

Für einen Überblick über die Gesamtbelastung mit PSM und deren Metaboliten im Zeitraum der letzten fünf Jahren 2012 bis 2016 werden nur Wirkstoffe und Metaboliten betrachtet, für die der Schwellenwert der Grundwasserverordnung von 0,1 µg/l gilt, d. h. die nrM werden nicht berücksichtigt. Die Zahl der untersuchten Messstellen schwankt dabei zwischen 1 und 3.817. Am seltensten wurden beispielsweise Dichlorvos Dimefuron, Dinoseb, Diniterb, Fenuron und Tolyfluanid, am häufigsten Desethylatrazin und Metazachlor gemessen. Es wird jeweils der neueste Messwert für die Auswertung herangezogen.

Damit die Zusammenstellung (Tabelle 2.5-4) nicht zu umfangreich wird, werden nur Stoffe berücksichtigt, die in diesem Zeitraum an mehr als 100 Messstellen untersucht wurden. Dadurch entfallen 72 Stoffe, wobei sämtliche Be-

funde unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen. Damit kommen zusammen mit den Untersuchungen des Kooperationsmessnetzes Wasserversorgung insgesamt 25 Wirkstoffe und 3 Metaboliten in die Auswertung. Die Zulassung für Isoproturon wurde zum 30.09.2016 widerrufen, es war aber somit innerhalb des Auswertungszeitraums noch zugelassen. 11 der 25 Wirkstoffe sind inzwischen verboten bzw. nicht mehr zugelassen, 14 Wirkstoffe haben derzeit eine Zulassung. Die Wirkstoffe und ihre Metaboliten werden je nach Häufigkeit der Nachweise bzw. Überschreitungen des Werts von 0,1 µg/l klassifiziert. Die Gesamtsituation der 28 untersuchten Substanzen stellt sich wie folgt dar:

- 11 Substanzen werden an keiner einzigen Messstelle gefunden, darunter sieben zugelassene und vier nicht mehr zugelassene Wirkstoffe.
- Positive Befunde in Konzentrationen unter dem Wert 0,1 µg/l liegen von fünf Stoffen vor, darunter drei mit und zwei ohne Zulassung.
- Überschreitungen des Werts 0,1 µg/l an bis zu 1 % der Messstellen werden durch 12 Stoffe verursacht (vier zugelassene, fünf nicht mehr zugelassene Wirkstoffe und drei Metaboliten).

Tabelle 2.5-4: Belastung der Messstellen mit PSM-Wirkstoffen und ihren Metaboliten in den letzten fünf Jahren. Es sind nur Wirkstoffe und Metaboliten aufgeführt, die im Zeitraum 2012-2016 an mindestens 100 Messstellen untersucht wurden

negative Befunde an allen Messstellen		positive Befunde			
		in Konzentrationen ≤ 0,1 µg/l		in Konzentrationen > 0,1 µg/l	
2,4-D	(178)	Diuron	(2025/12)	Atrazin	(3816/11)
Beflubutamid	(239)	Isoproturon*	(2014/3)	Bentazon	(3807/8)
Cyanazin	(157)	Metalaxyl	(3809/3)	Bromacil	(3814/11)
Chloridazon	(1931)	Metazachlor	(3817/1)	<i>Desethylatrazin</i>	(3817/18)
Chlortoluron	(118)	Simazin	(3815/32)	<i>Desethylterbuthylazin</i>	(3791/2)
Dicamba	(175)			<i>Desisopropylatrazin</i>	(3815/5)
Dichlobenil	(207)			Flusilazol	(1922/1)
Dichlorprop (2,4-DP)	(176)			Hexazinon	(3814/10)
MCPA	(2072)			Mecoprop (MCPP)	(2071/2)
Sebutylazin	(120)			Metolachlor	(3816/2)
Terbazil	(104)			Propazin	(3816/1)
				Terbuthylazin	(3816/3)

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 03/2017 jeweils neuester Messwert 2012-2016, Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung

Fettdruck: Wirkstoff hat eine Zulassung (Stand: April 2017)

Normalschrift: Wirkstoff ist nicht mehr zugelassen

Kursivschrift: Metabolit (Abbauprodukt)

Klammerwerte: Gesamtzahl der Messstellen / Anzahl der Messstellen > 0,1 µg/l zwischen BG und 0,1 µg/l bzw. > BG

* Die Zulassung wurde zum 30.09.2016 widerrufen, d. h. im Auswertungszeitraum war Isoproturon noch zugelassen



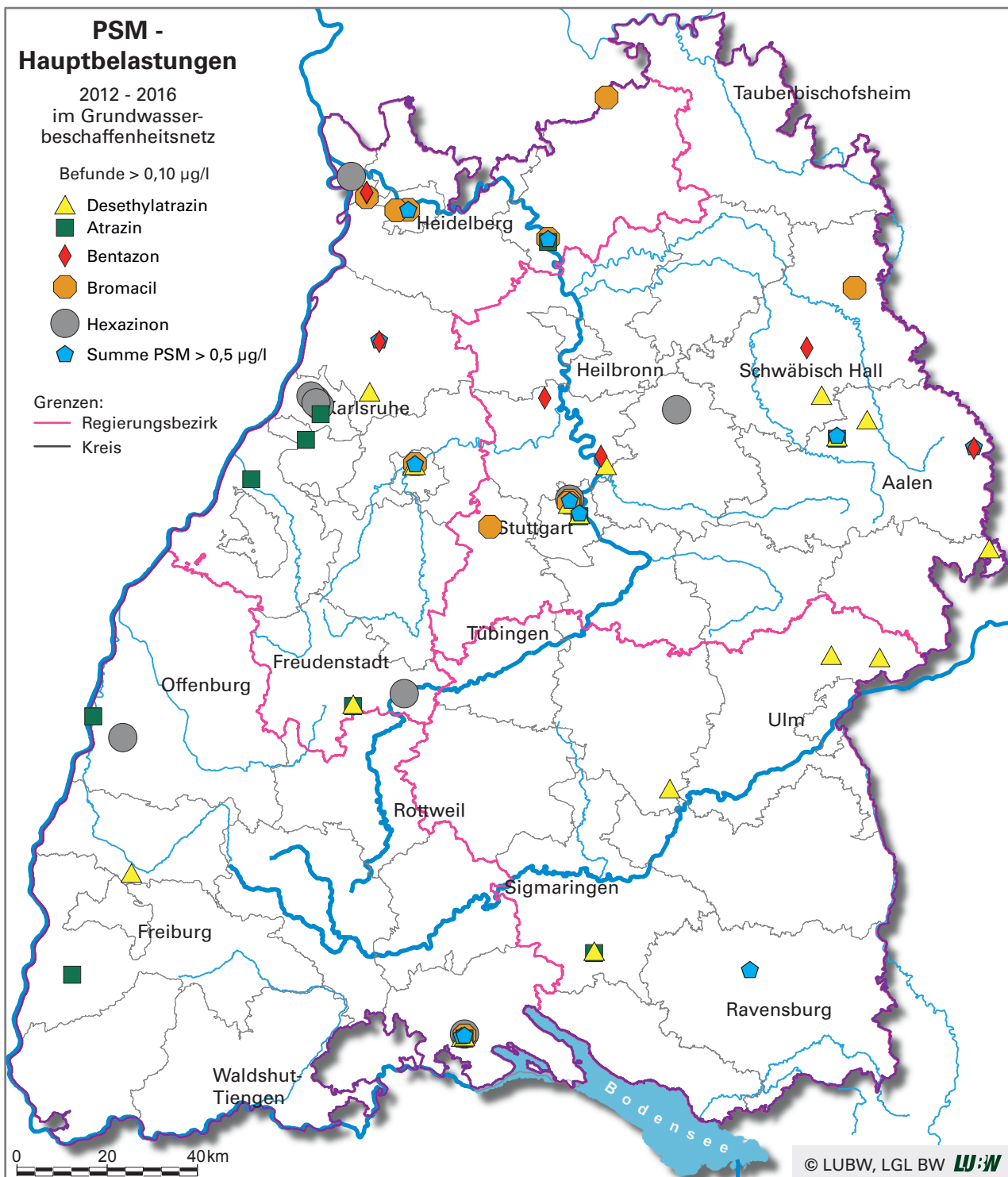


Abbildung 2.5-2: PSM-Hauptbelastungen: 4 PSM-Wirkstoffe und 1 Metabolit mit Befunden über dem Schwellenwert der Grundwasserordnung von 0,1 µg/l bzw. über der Summe PSM über Schwellenwert von 0,5 µg/l
 Datengrundlage: Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung; pro Messstelle jeweils der neueste Wert aus dem Zeitraum 2012 bis 2016 (Datenbankabfrage 03/2017)

Die meisten Überschreitungen treten bei Desethylatrazin (rund 0,5 %) auf, es folgen Atrazin, Bromacil und Hexazinon (je rund 0,3 %). Bei den anderen Substanzen wird der Schwellenwert nur in Einzelfällen überschritten. Die regionale Verteilung der Messstellen mit den Hauptbelastungsstoffen Desethylatrazin, Atrazin, Bentazon, Bromacil und

Hexazinon zeigt Abbildung 2.5-2. Die Summe PSM wurde gebildet aus allen gemessenen Substanzen, wobei Werte < Bestimmungsgrenze Null gesetzt wurden.

Desethylatrazin stellt somit noch immer die Hauptbelastung dar, obwohl der Ausgangsstoff Atrazin bereits seit

1991 in der Bundesrepublik verboten ist. In Baden-Württemberg war dessen Anwendung in Wasserschutzgebieten schon ab 1988 nicht mehr erlaubt. Die Nachweishäufigkeit ist in den letzten Jahren deutlich rückläufig. Atrazin wurde vor seinem Verbot hauptsächlich als Maisherbizid verwendet, aber auch auf Nichtkulturland und auf Bahngleisen eingesetzt. Bromacil und Hexazinon wurden in der Vergangenheit als Totalherbizide insbesondere auf Nichtkulturland wie Gleisanlagen eingesetzt. So befinden sich fast alle Messstellen mit auffälligen Bromacil- und Hexazinon-Befunden in der Nähe von Bahnlinien oder Bahnhöfen. Beide Wirkstoffe sind seit Anfang der 1990er Jahre wegen ihrer Persistenz verboten. Die Belastung geht deutlich zurück.

Von den zugelassenen Wirkstoffen wird Bentazon am häufigsten gefunden, wengleich auf einem deutlich niedrigeren Belastungsniveau als z. B. Atrazin oder Desethylatrazin. Die zahlreichen Positivbefunde in den letzten Jahren führten zu verschiedenen Anwendungsbeschränkungen. Aufgrund seiner hohen Mobilität im Untergrund wurde beispielsweise der Einsatz von Bentazon auf besonders durchlässigen Böden verboten. In Einzelfällen ist auch ein Anstieg der Bentazonkonzentration festzustellen.

2.5.6.2 Nicht relevante Metaboliten 2012-2016

Seit 2006 untersucht die LUBW nicht relevante Metaboliten (nrM) im Grundwasser [LUBW 2007F bis 2016F], zunächst an risikobasiert ausgewählten Messstellen, in den Jahren 2013/2014 dann im Gesamtmessnetz. Im Kooperationsmessnetz Wasserversorgung wurde ab dem Jahr 2009 mit flächendeckenden Untersuchungen auf nrM begonnen. Für die nachfolgenden Auswertungen wurden Daten aus dem Zeitraum 2012 bis 2016 herangezogen.

Unter nrM versteht man die Abbauprodukte von PSM-Wirkstoffen, die keine pestizide Wirkung und kein human- und ökotoxikologisches Potenzial mehr haben. „Nicht relevant“ bedeutet jedoch nicht, dass diese Stoffe für das Grundwasser ohne Bedeutung sind. Es handelt sich dabei um grundwasserfremde Stoffe, deren Eintrag ins Grundwasser aus Gründen eines nachhaltigen Ressourcenschutzes so weit wie möglich zu vermeiden ist.

Bisher gab das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) insgesamt über 50 nichtrele-

vante Metaboliten bekannt, die in Lysimeterstudien im Rahmen des Zulassungsverfahrens in Konzentrationen von mehr als 10 µg/l bzw. in Konzentrationen von 1 bis 10 µg/l im Sickerwasser aufgetreten waren. Das Umweltbundesamt hat ferner zusammen mit dem Bundesinstitut für Risikobewertung zahlreiche Metaboliten bewertet und sogenannte GOW (Gesundheitliche Orientierungswerte) für Trinkwasser abgeleitet. Diese GOW werden in den nachfolgenden Auswertungen hilfsweise als Vergleichsmaßstab für die Bewertung der Grundwasserbelastung herangezogen.

Aus den Jahren 2012 bis 2016 liegen Messwerte aus dem LUBW-Messnetz und dem Kooperationsmessnetz Wasserversorgung von insgesamt 25 Metaboliten vor. Die Zahl der untersuchten Messstellen liegt zwischen 185 und 3.812. Für die Beschreibung der Gesamtsituation werden jeweils die neuesten Messwerte aus diesem Zeitraum herangezogen. In Tabelle 2.5-5 sind alle nrM zunächst absteigend nach der Überschreitungquote der GOW und dann der Positivbefunde aufgelistet.

Bei den untersuchten nicht relevanten Metaboliten erhält man hinsichtlich der Abstufung der Belastung ein ähnliches Bild wie in den vergangenen Jahren. Die mit Abstand höchste Belastung stammt von den Metaboliten N,N-Dimethylsulfamid (DMS) mit 2,08 % und Desphenylchloridazon mit 1,18 % GOW-Überschreitungen. Es folgen der Metolachlor-Metabolit NOA 413173 mit 0,42 % und die Metolachlorsulfonsäure mit 0,21 % Überschreitungen des GOW. Bei Methyl-desphenylchloridazon und Metazachlorsulfonsäure sind die GOW nur an einzelnen Messstellen überschritten.

Weitere elf Metaboliten konnten zwar im Grundwasser nachgewiesen werden, in einigen Fällen sogar in Konzentrationen bis über 1 µg/l, die GOW wurden jedoch nicht erreicht. Dennoch ist auch bei diesen Substanzen aus Vorsorgegründen eine weitere Verringerung der Konzentrationen im Grundwasser anzustreben. Weitere sechs Metaboliten, davon drei für die bisher noch kein GOW abgeleitet wurde, konnten in den letzten fünf Jahren nicht nachgewiesen werden. Insgesamt haben die Überschreitungsquoten gegenüber dem Vorjahr abgenommen.

Tabelle 2.5-5: Überschreitungen der Bestimmungsgrenze und der Gesundheitlichen Orientierungswerte (GOW) an allen Messstellen von Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung 2012 – 2016, jeweils neuester Wert (Datenbankabfrage 03/2017); Bewertungsstand der GOW: Januar 2017 unter:

<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/gowpsm20170111.pdf>

Metabolit	GOW in µg/l	Anzahl Mst.	> BG		> GOW		Maximalwert in µg/l
			Anzahl Mst.	% Mst.	Anzahl Mst.	% Mst.	
DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	1,0	3798	1369	36,0	79	2,08	18,0
Desphenylchloridazon (Metabolit B)	3,0	3804	1670	43,9	45	1,18	14,0
Metabolit NOA 413173 von S-Metolachlor	1,0	1890	181	9,6	8	0,42	7,92
Metabolit CGA 380168/CGA 354743 von S-Metolachlor (Metolachlorsulfonsäure)	3,0	1891	203	10,7	4	0,21	6,14
Methyl-desphenylchloridazon (Metabolit B1)	3,0	3795	1042	27,5	3	0,08	4,0
Metabolit BH 479-8 von Metazachlor (Metazachlorsulfonsäure)	3,0	1900	207	10,9	1	0,05	3,56
Metabolit BH 479-4 von Metazachlor (Metazachlorsäure)	3,0*	1894	66	3,5	0	0,00	1,4
Metabolit CGA 369873 von Dimethachlor	1,0	1886	354	18,8	0	0,0	0,88
Metabolit R 417888/Vis-01 von Chlorthalonil (Chlorthalonilsulfonsäure)	3,0	239	21	8,8	0	0,0	1,10
Metabolit M23 von Dimethenamid-P und Dimethenamid	3,0	239	13	5,4	0	0,0	0,82
Metabolit M27 von Dimethenamid-P und Dimethenamid	3,0	239	19	7,9	0	0,0	2,30
Metabolit CGA 357704 von S-Metolachlor	1,0	239	12	5,0	0	0,0	0,78
Metabolit CGA 51202/CGA 351916 von S-Metolachlor (Metolachlorsäure)	3,0	1891	65	3,4	0	0,0	1,74
2,6-Dichlorbenzamid	3,0	3812	108	2,8	0	0,0	0,8
Metabolit CGA 354742 von Dimethachlor (Dimethachlorsulfonsäure)	3,0	1905	24	1,3	0	0,0	0,9
Metabolit CGA 62826/NOA 409045 von Metalaxyl	1,0	239	3	1,3	0	0,0	0,20
Metabolit M2 von Flufenacet	1,0	239	2	0,8	0	0,0	0,20
Metabolit R 234886 / ICIA5504/021 von Azoxystrobin	1,0	185	1	0,5	0	0,0	0,1
Metabolit CGA 108906 von Metalaxyl	1,0	239	1	0,4	0	0,0	0,16
Metabolit CGA 50266 von Dimethachlor (Dimethachlorsäure)	3,0	255	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit M1 von Benalaxyl-M	3,0	185	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit M2 von Benalaxyl-M	3,0	185	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit F4 von Benalaxyl-M	-	185	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit F8 von Benalaxyl-M	-	185	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit 3 / R 403814 von Picoxystrobin	-	185	0	0,0	0	0,0	-

* = Im Juni 2017 vom Umweltbundesamt aktualisiert (noch nicht veröffentlicht)

LU:W

Die Eintragsquelle für DMS ist seit spätestens Ende 2008 gestoppt, als die Zulassung von Tolyfluanid-haltigen Mitteln widerrufen wurde. Durch die SchALVO wurde Tolyfluanid schon ab April 2007 verboten. Die Konzentrationen werden weiterhin beobachtet.

Bei Chloridazon wurde als Maßnahme zur Verringerung der Einträge bereits im Frühjahr 2007 eine freiwillige Vereinbarung mit den Herstellern abgeschlossen, die im Rahmen der Beratung durch die Hersteller, die Verbände und die Verwaltung umgesetzt wird. Laut Broschüre der Landwirtschaftsverwaltung „Integrierter Pflanzenschutz 2016 - Ackerbau und Grünland, Sortenratgeber und Pflanzenschutzempfehlungen“ beispielsweise „gelten für die Anwendung von Chloridazon-haltigen Mitteln aus Gründen

des Grundwasserschutzes folgende Einschränkungen: Botoxon 65 WDG, Pyramin WG, Rebell und Rebell ultra, Terlin DF und Terlin WG werden nicht mehr empfohlen. Innerhalb von Wasserschutzgebieten (Normal- bzw. ogL-, Problem- und Sanierungsgebiete) ist auf deren Einsatz völlig zu verzichten.“ Anfang April 2015 hat das BVL „neue Anwendungsbestimmungen für chloridazonhaltige Pflanzenschutzmittel zum Schutz des Grundwassers“ bekanntgegeben. Das bisherige Anwendungsverbot betraf die Bodenarten reiner Sand, schwach schluffiger Sand und schwach toniger Sand und wurde jetzt auf weitere sandige Bodenarten ausgeweitet [bvl.bund.de, Fachmitteilung 02.04.2015]. Die Konzentrationen der Chloridazon-Metaboliten im Grundwasser werden auch weiterhin beobachtet. Die Landwirtschaftsverwaltung entnimmt ferner Bo-

denproben, um die Einhaltung dieser freiwilligen Vereinbarung zu überprüfen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass der Rückgang der Konzentrationen im Grundwasser wegen der teilweise langen mittleren Verweilzeiten im Untergrund erst in einigen Jahren feststellbar sein wird.

Im Jahr 2015 „hat das BVL die Möglichkeit geschaffen, einzelne Trinkwassergewinnungsgebiete von der Anwendung bestimmter zugelassener Pflanzenschutzmittel auszunehmen, wenn das Grundwasser in diesen Gebieten mit nicht-relevanten Metaboliten belastet ist. Nach der Pilotphase gibt das BVL Wasserversorgungsunternehmen bundesweit die Möglichkeit, auffällige Befunde nichtrelevanter Metaboliten im Grund- und Rohwasser von Wasserschutzgebieten und Trinkwassergewinnungsgebieten zu melden.“ Die Kriterien hierfür hat das BVL den Wasserversorgern und Verbänden in einem Schreiben im Februar 2016 mitgeteilt. Als einzigem nrM sind diese Bedingungen für Desphenylchloridazon in acht festgesetzten Wasserschutzgebieten erfüllt (Stand 03/2017). Eine Meldung an das BVL ist jedoch erst in einem Fall erfolgt.

Die regionale Verteilung der GOW-Überschreitungen zeigt Abbildung 2.5-3. Die auffälligen DMS-Werte sind in der Vorbergzone der Oberrheinebene, dem mittleren Neckarraum, im Bodenseegebiet und in Oberschwaben zu finden, überall dort, wo Weinbau, Obstbau und Hopfenanbau in größerem Umfang betrieben werden. Erhöhte Befunde an Desphenylchloridazon (Metabolit B) sind insbesondere im Raum Heilbronn konzentriert, wo das Zentrum des baden-württembergischen Rübenanbaus liegt. Die GOW-Überschreitungen im Falle des Metolachlor-Metaboliten NOA 413173, CGA 380168 und CGA 51202 sind in Maisanbaugebieten zu beobachten. Die Messstellen mit der GOW-Überschreitung des Metazachlor-Metaboliten BH 479-8 liegen in Rapsanbaugebieten.

2.5.6.3 Gesamtbewertung

Das Monitoring auf PSM-Wirkstoffe und deren Metaboliten ist im Landesmessnetz seit 25 Jahren etabliert. Dabei konnten diejenigen Stoffe identifiziert werden, die für das Grundwasser und die Trinkwasserversorgung ein Problem darstellen können. Insbesondere die Triazine erwiesen sich als sehr langlebig. Nur durch ein Totalverbot Anfang der 1990er Jahre, d. h. durch Beseitigen der Eintragsquelle,

konnte die Belastung mit diesen Stoffen und deren Metaboliten im Laufe der Jahre reduziert werden.

Insgesamt gesehen ist die Belastung mit PSM in Baden-Württemberg in den letzten Jahren deutlich zurückgegangen, was jedoch in erster Linie auf den Rückgang der nicht mehr zugelassenen Wirkstoffe zurückzuführen ist. Dies belegt eindrucksvoll, dass das Wirkstoffverbot nach wie vor die wirksamste Maßnahme zur Sanierung erhöhter PSM-Belastungen im Grundwasser darstellt. Dennoch stellen diese Stoffe noch immer den Hauptanteil der Belastung. Bei den zugelassenen Wirkstoffen ist hauptsächlich Bentazon auffällig. Zwar geht auch hier die Belastung insgesamt zurück, in Einzelfällen sind jedoch auch Zunahmen zu beobachten.

Bei den nichtrelevanten Metaboliten dominiert DMS, der Metabolit von Tolyfluanid, dessen Zulassung Ende 2008 widerrufen wurde. Bei Desphenylchloridazon wurde von Seiten des Landes eine Vereinbarung zum freiwilligen Verzicht getroffen, während die Zulassungsbehörde inzwischen auch die Möglichkeit eröffnet hat, in hoch belasteten Wasserschutzgebieten ein Chloridazon-Verbot auszusprechen.

Erfahrungsgemäß werden sich jedoch alle jetzt ergriffenen Maßnahmen zur Verringerung des PSM-Eintrags aufgrund der mittleren Verweilzeiten in Boden und Grundwasser erst in einigen Jahren auswirken.

2.5.7 PSM-Anwendung in Wasserschutzgebieten

In der Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) vom 20.02.2001 sind zum Schutz des Grundwassers vor Beeinträchtigungen durch Stoffeinträge aus der Landwirtschaft neben Nitrat die Pflanzenschutzmittel genannt. So ist in Wasserschutzgebieten die Anwendung von PSM, die Terbutylazin oder Tolyfluanid enthalten, verboten. Weiterhin können Wasserschutzgebiete als PSM-Sanierungsgebiete ausgewiesen werden, wenn das zu Zwecken der öffentlichen Wasserversorgung aus diesen Gebieten gewonnene Rohwasser eine Konzentration an PSM-Wirkstoffen oder deren Abbauprodukten von 0,1 µg/l überschreitet. Die Anwendung dieser Mittel, die den betreffenden Wirkstoff enthalten oder aus deren Wirkstoffen Abbauprodukte entstehen und die den Schwellenwert überschreiten, ist verboten. Die PSM-Sanierungsgebiete werden jedes Jahr aufgrund der Analysenergebnisse neu

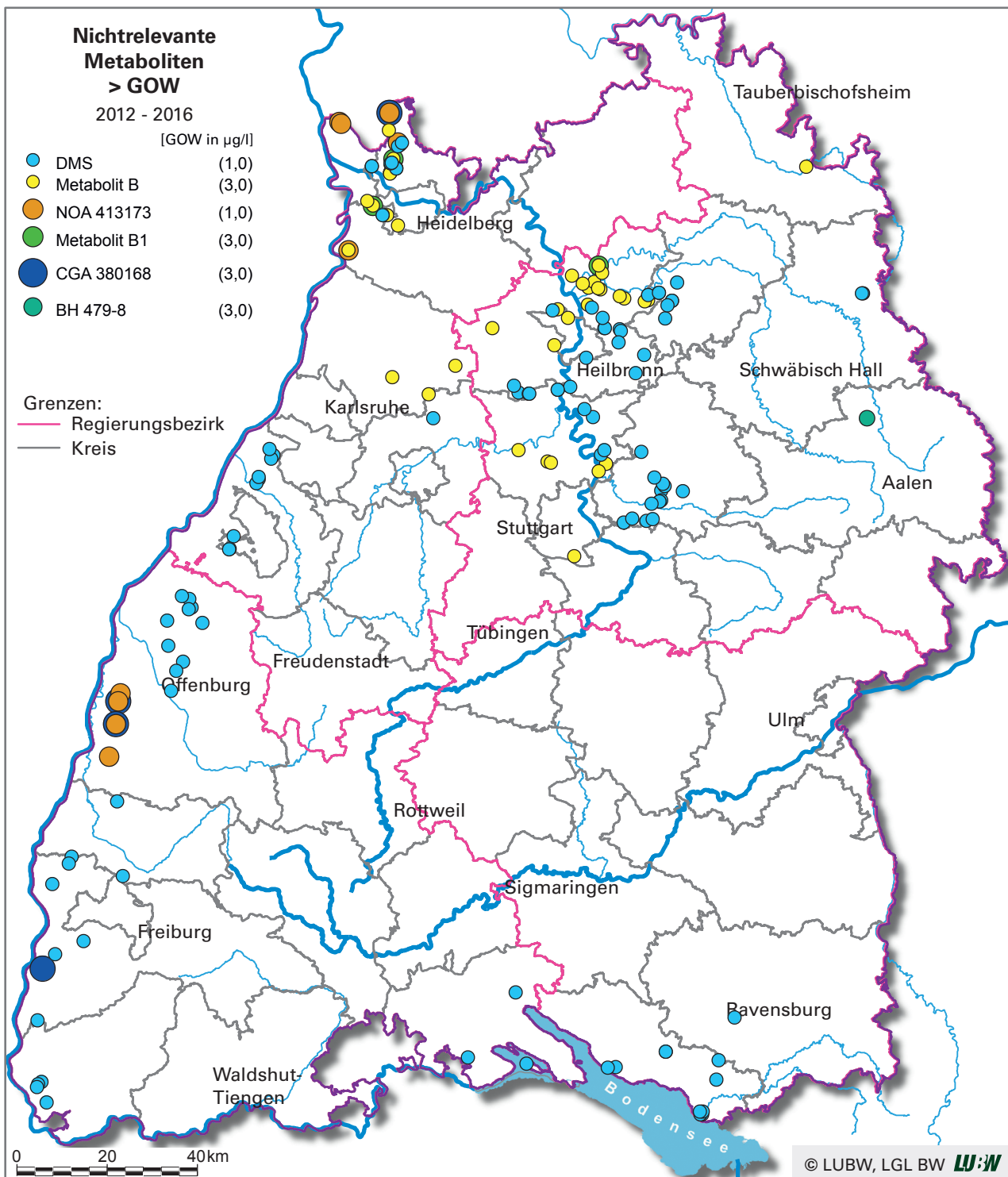


Abbildung 2.5-3: Konzentrationsverteilung der nichtrelevanten Metaboliten mit Überschreitungen des Gesundheitlichen Orientierungswertes (GOW); Datengrundlage: Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung; pro Messstelle jeweils neuester Wert aus dem Zeitraum 2012 bis 2016 (Datenbankabfrage 03/2017), Bewertungsstand der GOW: Januar 2017 unter: <https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/gowpsm20170111.pdf>

eingestuft und in der sogenannten Deklaratorischen Liste der SchALVO veröffentlicht. Diese ist seit 2011 im Internet der LUBW abrufbar.

Derzeit sind die mit Stand 01.01.2017 in Tabelle 2.5-6 zusammengestellten drei Wasserschutzgebiete als PSM-Sa-

nierungsgebiete ausgewiesen. In allen drei Fällen ist Benta-zon der Wirkstoff, der diese Einstufung verursachte. Die Konzentrationsverläufe in den maßgeblichen Messstellen sind in den Abbildungen 2.5-4 bis 2.5-6 dargestellt.

Tabelle 2.5-6: Pflanzenschutzmittel-Sanierungsgebiete (Stand 01.01.2017), Deklaratorische Liste:
<http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/216710/>

Landkreis	WSG-Nummer	WSG-Bezeichnung	Gemeinde	Wirkstoff	Einstufung besteht seit	Fläche in ha
Ostalbkreis	136042	Egental- und Hornbergquellen	Schwäbisch Gmünd	Bentazon	01.01.2011	133,3
Mannheim	222031 A	Brunnen 49-61, Brunnen Seckenheim 1-3	Mannheim	Bentazon	01.01.2016	916,5
Hohenlohekreis	126180	WSG Zobel, Dörzbach	Dörzbach	Bentazon	01.01.2016	35,8

LUBW

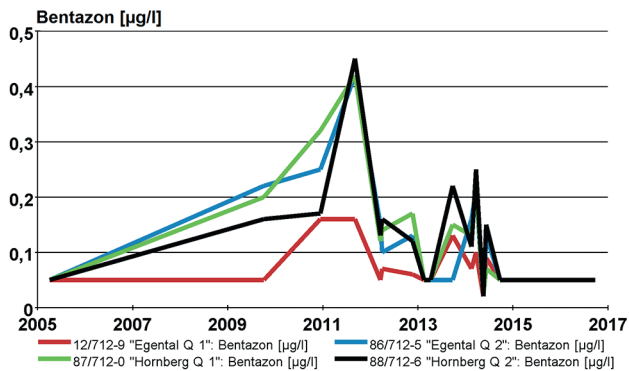


Abbildung 2.5-4: Konzentrationsverlauf Bentazon an den Egental- und Hornberg-Quellen im WSG 136042

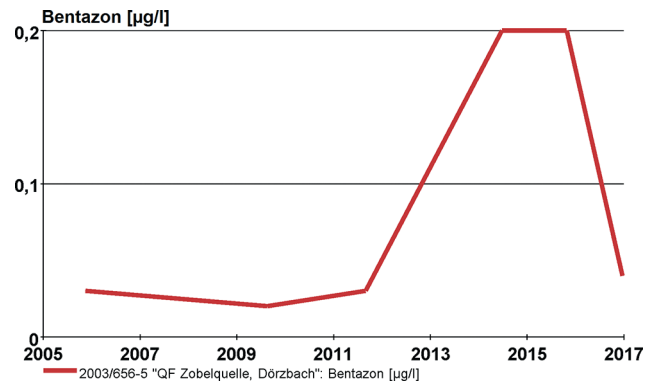


Abbildung 2.5-6: Konzentrationsverlauf Bentazon in der Zobelquelle im WSG 126180

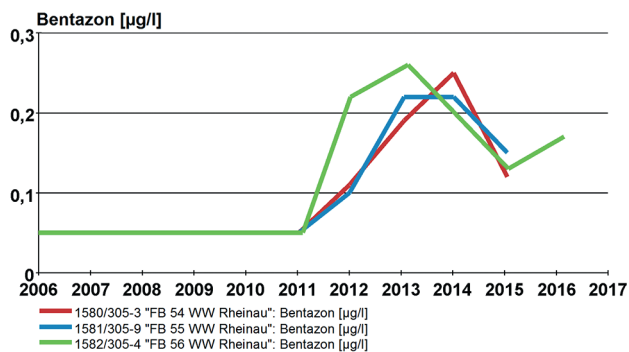


Abbildung 2.5-5: Konzentrationsverlauf Bentazon in den Brunnen 54, 55 und 56 im WSG 222031 A

Das Wasserschutzgebiet Degenfeld“ unter www.grundwasserdatenbank.de zu finden.

Im WSG 136042 stiegen die Bentazonkonzentrationen Ende 2009 auf Werte deutlich über dem Schwellenwert. Im Jahr 2011 erfolgte die Einstufung als PSM-Sanierungsgebiet. Seit Sommer / Herbst 2014 sind die Bentazonkonzentrationen wieder unter den Schwellenwert gefallen (Abbildung 2.5-4). Die unter allen Beteiligten wie Wasserversorger, Behörden, Landwirten, PSM-Hersteller, etc. abgestimmten Maßnahmen scheinen den gewünschten Erfolg gehabt zu haben. Bleibt die Bentazonbelastung weiterhin unter dem Schwellenwert, kann die Einstufung als PSM-Sanierungsgebiet nach Einhaltung der 3-Jahres-Frist 2018 beendet werden. Nähere Informationen sind im Sonderbeitrag zum 22. Jahresbericht der GWD-WV: „Bentazon-Regionalbericht:

Im Teilbereich A des WSG 222031 wurden erstmals im Jahr 2012 Bentazonkonzentrationen über dem Grenzwert gemessen. In den Folgejahren wurden die Bentazonbelastungen an drei Brunnen im Teilbereich bestätigt. In allen drei Brunnen gingen die Konzentrationen nach 2013/2014 zurück, in einem davon nahm sie 2016 wieder zu (Abbildung 2.5-5). Der Teilbereich A des Wasserschutzgebietes wurde deshalb ab 01.01.2016 als PSM-Sanierungsgebiet eingestuft. Alle betroffenen Landwirte wurden seitens der Landwirtschaftsverwaltung schriftlich informiert. Eine Begehung der Förderbrunnen sowie Bodenproben brachten keine neuen Erkenntnisse. Da an mindestens einem Brunnen der Schwellenwert noch immer überschritten ist, bleibt der Teilbereich A weiterhin PSM-Sanierungsgebiet.

Im WSG 126180 stiegen die Bentazonkonzentrationen in der Zobelquelle Anfang 2014 auf den doppelten Schwellenwert. Als sich dieser Einzelbefund 2015 bestätigte (Abbildung 2.5-6), erfolgte die Einstufung zum PSM-Sanierungsgebiet ab 2016. Das Landwirtschaftsamt koordinierte einen runden Tisch mit den betroffenen Landwirten, Vertretern des Herstellers, dem Wasserversorger NOW und

der unteren Wasserbehörde. Ferner wurde ein Sickerloch beseitigt, das zur Ableitung des von den in Zone II und III liegenden Äckern abfließenden Oberflächenwassers diente und somit eine potentielle Beeinträchtigung der Quellsfassung Dobel darstellte. Ende 2016 war die Bentazonkonzentration wieder auf deutlich unter den Schwellenwert gefallen.

2.6 Süßstoffe

2.6.1 Verwendung, Stoffeigenschaften, Eintragspfade

Folgende Süßstoffe wurden im Grundwasser untersucht:

- Acesulfam
- Cyclamat
- Saccharin
- Sucralose

Eine Kurzinformation zu diesen Substanzen ist in [LUBW 2014F] zusammengestellt. Künstliche Süßstoffe werden heutzutage in großen Mengen als Zusatzstoffe in Getränken, Lebensmitteln und Körperpflegeprodukten eingesetzt. Ihre Süßkraft beträgt ein Vielfaches der Süßkraft von Tafelzucker, dabei liefern sie aber keine oder vergleichsweise wenige Kalorien, so dass sie in kalorienreduzierten Getränken und Lebensmitteln breite Verwendung finden. Meist werden Süßstoffe in Form von Mischungen zugesetzt, um negative Geschmacksnoten gegenseitig zu kompensieren. Süßstoffe werden aufgrund der besseren Wasserlöslichkeit meist in Form ihrer Natrium- oder Kaliumsalze verwendet und sind humantoxikologisch unbedenklich. Die vier untersuchten Süßstoffe sind recht hitzestabil und lange lagerfähig. Sie werden im Körper nicht verstoffwechselt, sondern unverändert über den Urin ausgeschieden. Damit gelangen sie über den Abwasserpfad in die Umwelt. Süßstoffe sind in den bisher im Grundwasser auftretenden Konzentrationen für den Menschen völlig unbedenklich. Die Datenlage zur deren

Ökotoxizität ist noch lückenhaft, die Zahl der entsprechenden Studien nimmt derzeit jedoch deutlich zu. Die Abbaubarkeit in einer kommunalen Kläranlage ist von Stoff zu Stoff unterschiedlich. Cyclamat und Saccharin werden gut abgebaut, Acesulfam und Sucralose werden kaum entfernt und sind daher als Tracer für Abwasser bzw. Abwasseranteile gut geeignet.

2.6.2 Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken

Süßstoffe sind humantoxikologisch unbedenklich, daher sind keine Trinkwassergrenzwerte festgelegt. Auch andere Informationen zu Qualitätsnormen sind nicht bekannt.

2.6.3 Probennahme und Analytik

Bei der Probennahme ist die für Spurenstoffe übliche Vorgehensweise zu beachten [LUBW 2013]. Die Proben sind bis zur Analyse gekühlt und in Braunglasflaschen zu transportieren und darin bis zur Analyse aufzubewahren. Die Messmethode der Wahl für die Süßstoffe ist die LC-MS/MS. Ein erster Ringversuch Süßstoffe wurde 2013 von der AQS-Baden-Württemberg durchgeführt. Damals war mit einer erweiterten Messunsicherheit von 30 bis 38 % zu rechnen [LUBW 2014F]. Beim neuesten Ringversuch im Jahr 2016 lag die erweiterte Messunsicherheit mit 31 bis 42 % in der gleichen Größenordnung.

2.6.4 Bisherige Untersuchungen auf Süßstoffe

Die ersten Untersuchungen auf Süßstoffe erfolgten im Grundwassermessnetz 2013 im Rahmen einer Sonderuntersuchung auf Spurenstoffe in abwasserbeeinflussten Messstellen [LUBW 2014F]. Im Kooperationsmessnetz Wasserversorgung wurden die Süßstoffe erstmals 2014 als neue Parametergruppe E zusammen mit den Benzotriazolen untersucht (Tabelle 2.6-1). Im Jahr 2015 wurde begonnen, die Süßstoffe im LUBW-Gesamtmessnetz über einen Zeitraum

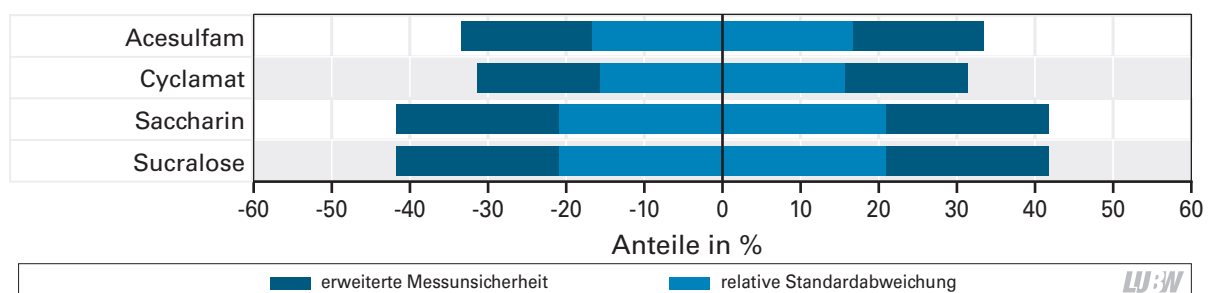


Abbildung 2.6.1: Ringversuchskenndaten Süßstoffe der AQS Baden-Württemberg, Ringversuch 2/2016 TW S1
Quelle: AQS-Baden-Württemberg: <http://www.isva.uni-stuttgart.de/ch/aqs/pdf/ausw216.pdf>

Tabelle 2.6-1: Gesamtzahl der auf Süßstoffe untersuchten Messstellen im Grundwassermessnetz

Substanz	2013	2014	2015	2016
Acesulfam	76	1.637	788	689
Cyclamat	76	1.637	791	688
Saccharin	76	1.637	791	688
Sucralose	76	1.637	791	689

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 03/2017, Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung



von drei Jahren zu untersuchen. In der ersten Runde 2015 wurden 537 Messstellen beprobt. Hinzu kamen noch 234 Messstellen des Kooperationsmessnetzes, in dem die Untersuchungen der Parametergruppe E fortgesetzt wurden.

2.6.5 Ergebnisse der Untersuchungen 2016

In der zweiten Runde der Beprobung des Gesamtmessnetzes LUBW 2016 wurden 609 Messstellen beprobt. Hinzu kamen noch 80 Messstellen des Kooperationsmessnetzes Parametergruppe E, also insgesamt 689 Messstellen. Abzüglich der Messstellen, die im Rahmen dieser Messkampagne schon 2015 beprobt wurden, blieben für die gemeinsame Auswertung 615 erstmals im Jahr 2016 beprobte Messstellen (Tabelle 2.6-2).

An 336 der insgesamt 615 untersuchten Messstellen konnten Süßstoffe über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden (54,6 %). Die häufigsten Positivbefunde traten mit 49,6 % bei Acesulfam auf, die meisten davon im niedrigen Konzentrationsbereich unter 0,1 µg/l. Hohe Acesulfamwerte über 1 µg/l waren an sieben Messstellen zu beobachten. Diese sind u. a. in Tabelle 2.6-3 aufgelistet. Die Belastung mit den anderen drei gemessenen Süßstoffen ist deutlich geringer und ebenfalls mit den meisten Positivbefunden in den unteren Konzentrationsbereichen. Damit bestätigen sich die Ergebnisse der Vorjahresuntersuchungen [LUBW

2015F]. Insgesamt war die Belastung bei dieser zweiten Beprobungsrunde deutlich höher, sicherlich der Tatsache geschuldet, dass diesmal ein deutlich höherer Anteil an Messstellen durch Abwasserkanäle beeinflusst war.

In Tabelle 2.6-3 sind die Messstellen mit mehr als 1 µg/l „Summe der vier untersuchten Süßstoffe“ zusammengestellt. Cyclamat und Saccharin werden in einer konventionellen Kläranlage zu etwa 90 bis 99 %, Sucralose und Acesulfam nur zu etwa 20 bis 30 % entfernt. Daher deuten Positivbefunde von Cyclamat und Saccharin auf ungereinigtes Rohabwasser hin, wie es z. B. aus undichter Kanalisation ins Grundwasser gelangen kann. In Uferfiltrat sind Cyclamat und Saccharin weitgehend abgereinigt und nur noch die schwer entfernbaren Verbindungen Acesulfam und Sucralose zu finden. So zeigen in den vorliegenden Fällen Messstellen in Nachbarschaft zu Abwasserkanälen häufig Anteile von Cyclamat.

2.6.6 Bewertung

Süßstoffe und hierbei insbesondere Acesulfam sind gut als Tracer für den Einfluss von kommunalem Abwasser geeignet [LUBW 2014F]. Die Untersuchungen 2016 im Landesmessnetz und im Kooperationsmessnetz Wasserversorgung bestätigen den im Vorjahr festgestellten Sachverhalt, dass in überraschend vielen Grundwassermessstellen Acesulfam zu finden ist. Die Konzentrationen sind zwar überwiegend sehr gering, deuten aber darauf hin, dass eine Abwasserbeeinflussung vorliegt. Die Verteilung der Süßstoffe gibt Hinweise darauf, ob es sich um Rohabwasser aus Kanalleckagen oder um mit Kläranlagenablauf belastetes Uferfiltrat handelt. Es wird dabei empfohlen, erstmals gefundene erhöhte Konzentrationen durch Nachmessungen abzusichern. Süßstoffe selbst sind in den angetroffenen Konzentrationen für den Menschen unbedenklich.

Tabelle 2.6-2: Ergebnisse Süßstoffe 2016 - Anzahl der 2016 erstmals beprobten Messstellen je Konzentrationsklasse

Substanz	BG µg/l	Anzahl Messstellen						Positivbefunde %	Maxwert µg/l
		gesamt	< BG	≥ BG bis 0,1 µg/l	≥ 0,1 bis 0,5 µg/l	> 0,5 bis 1,0 µg/l	> 1,0 µg/l		
Acesulfam	0,01	615	310	214	72	12	7	49,6	9,1
Cyclamat	0,01	614	547	64	2	1	0	10,9	0,65
Saccharin	0,01	614	565	43	4	0	2	8	2,7
Sucralose	0,05	615	596	14	4	1	0	3,1	0,76
Summe Süßstoffe	-	615	279	230	84	10	12	54,6	9,2

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 03/2017, Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung
BG = Bestimmungsgrenze



Tabelle 2.6-3: Messstellen mit erhöhten Konzentrationen an Süßstoffen 2016 (Summe Süßstoffe > 1 µg/l) im Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung

Grundwasser-Nummer	Lage der Messstelle / Einfluss	Acesulfam µg/l	Cyclamat µg/l	Saccharin µg/l	Sucralose µg/l	Summe Süßstoffe µg/l
914/306-4	Abwasserkanal (ca. 800 m entfernt), Altlast	9,10	<0,01	<0,01	0,10	9,20
912/306-5	Abwasserkanal (ca. 1200 m entfernt), Altlast	7,10	<0,01	<0,01	0,05	7,15
244/307-5	Abwasserkanal (ca. 3 m entfernt)	5,40	0,04	<0,01	<0,05	5,44
1004/306-0	Aussiedlerhof, Abwasserkanal (ca. 370 m entfernt)	3,60	<0,01	<0,01	<0,05	3,60
30/309-8	Uferfiltrat (Regenüberlaufbecken oberstromig)	3,20	0,10	<0,01	<0,05	3,30
374/066-7	Stadtgebiet, industrielle Abwasseranlagen (50 und 60 m entfernt)	0,05	0,05	2,70	<0,05	2,80
2000/411-1	Uferfiltrat (Kläranlage 350 m oberstromig)	<0,01	<0,01	2,07	<0,05	2,07
15/414-7	Abwasserkanal (<17 m) und Uferfiltrat (Kläranlage 4 km oberstromig)	1,00	0,01	0,01	0,76	1,78
78/308-4	ehemaliger Schluckbrunnen, Abwasserkanal (ca.100 m entfernt)	0,96	0,33	<0,01	0,07	1,36
218/306-5	Innenstadtbereich, Uferfiltrat Kraichbach (ca. 350 m entfernt)	1,10	0,10	<0,01	<0,05	1,20
238/306-8	Uferfiltrat Hardtbach (ca. 500 m entfernt)	1,20	<0,01	<0,01	<0,05	1,20
48/308-5	Abwasserkanal (ca. 45 m entfernt)	0,35	0,65	0,01	<0,05	1,01

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 03/2017



2.7 Benzotriazole

2.7.1 Stoffeigenschaften, Verwendung, Eintragspfade

Folgende Vertreter der Benzotriazole wurden untersucht:

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

Eine Kurzinformation zu diesen Substanzen ist in [LUBW 2014F] zusammengestellt. Benzotriazole finden breite Verwendung als Korrosionsschutz in Enteisungsmitteln und in Kühlflüssigkeiten sowie in Schmierstoffen von Motoren. Eine wichtige Quelle für ihren Eintrag in die aquatische Umwelt sind Geschirrspülmittel, die diese Substanzen als Silberschutz für Besteck enthalten. Somit stammen Benzotriazole sowohl aus gewerblichen als auch aus häuslichen Abwässern. Etwa 70 t/a gelangen allein in Deutschland aus Geschirrspülmittel tabs in das Abwasser (www.lfu.bayern.de/analytik_stoffe/arszneimittelwirkstoffe/doc/glossar_polare_stoffe_uferfiltrat.pdf, Abfrage 30.04.2014). Benzotriazole sind gut wasserlöslich, die Konzentrationen im kommunalen Abwasser liegen im Bereich von 2 bis 13 µg/l. Die Angaben zu Eliminationsraten in Kläranlagen schwanken stark, in der Tendenz wird 5-Methylbenzotriazol am besten

entfernt, dann folgen 1H-Benzotriazol und 4-Methylbenzotriazol.

2.7.2 Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken

Für Benzotriazole sind in der Grundwasserverordnung und in der Trinkwasserverordnung keine Schwellenwerte bzw. Grenzwerte festgelegt. Vom Umweltbundesamt wurde für Trinkwasser ein GOW (Gesundheitlicher Orientierungswert bei lebenslanger Aufnahme) für Benzotriazol von 3 µg/l abgeleitet (Quelle: 20160520_liste_der_nach_gow_bewertbaren_stoffe.pdf unter www.umweltbundesamt.de).

2.7.3 Probennahme und Analytik

Bei der Probennahme ist die für Spurenstoffe übliche Vorgehensweise zu beachten [LUBW 2013]. Die Proben sind bis zur Analyse gekühlt und in Braunglasflaschen zu transportieren und darin bis zur Analyse aufzubewahren. Die Messmethode der Wahl für die Süßstoffe ist die LC-MS/MS. Ein erster Ringversuch Süßstoffe wurde 2013 von der AQS-Baden-Württemberg durchgeführt. Damals war mit einer erweiterten Messunsicherheit von 20 bis 33 % zu rechnen [LUBW 2014F]. Beim neuesten Ringversuch im Jahr 2016 lag die erweiterte Messunsicherheit mit 24 bis 30 % in der gleichen Größenordnung.

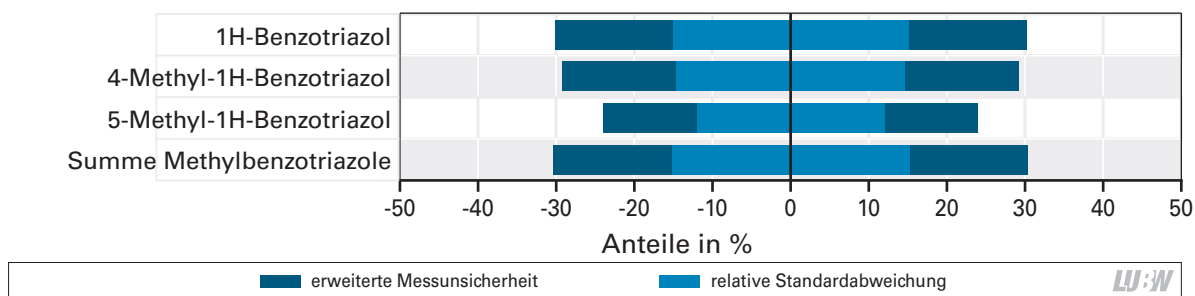


Abbildung 2.7.1: Ringversuchskennndaten Süßstoffe der AQS Baden-Württemberg, Ringversuch 2/2016 TW S1
Quelle: AQS-Baden-Württemberg: <http://www.iswa.uni-stuttgart.de/ch/aqs/pdf/ausw216.pdf>

Tabelle 2.7-1: Gesamtzahl der auf Benzotriazole untersuchten Messstellen im Grundwassermessnetz

Substanz	2013	2014	2015	2016
Benzotriazol	62	1.639	772	688
4-Methylbenzotriazol	62	1.639	769	689
5-Methylbenzotriazol	62	1.639	769	689

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 03/2017, Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung

LUBW

2.7.4 Bisherige Untersuchungen auf Benzotriazole

Die ersten Untersuchungen auf Benzotriazole erfolgten im Grundwassermessnetz 2013 im Rahmen einer Sonderuntersuchung auf Spurenstoffe in abwasserbeeinflussten Messstellen [LUBW 2014F]. Im Kooperationsmessnetz Wasserversorgung wurden die Benzotriazole erstmals 2014 als neue Parametergruppe E zusammen mit den Süßstoffen untersucht (Tabelle 2.7-1). Im Jahr 2015 wurde begonnen, die Benzotriazole im LUBW-Gesamtmessnetz über einen Zeitraum von drei Jahren zu untersuchen. In der ersten Runde 2015 wurden 537 Messstellen beprobt. Hinzu kamen noch 210 Messstellen des Kooperationsmessnetzes, in dem die Untersuchungen der Parametergruppe E fortgesetzt wurden.

2.7.5 Ergebnisse der Untersuchungen 2016

In der zweiten Runde der Beprobung des Gesamtmessnetzes LUBW 2016 wurden 609 Messstellen beprobt. Hinzu

kamen noch 80 Messstellen des Kooperationsmessnetzes Parametergruppe E, also insgesamt 689 Messstellen. Abzüglich der Messstellen, die im Rahmen dieser Messkampagne schon 2015 beprobt wurden, blieben für die gemeinsame Auswertung 615 erstmals im Jahr 2016 beprobte Messstellen (Tabelle 2.7-2).

An 156 der insgesamt 615 untersuchten Messstellen (28,6 %) konnten ein bis drei Benzotriazole in Konzentrationen über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden. Die häufigsten Positivbefunde traten mit 24,8 % bei Benzotriazol auf, die meisten davon in den niedrigen Konzentrationsbereichen. In Tabelle 2.7-3 sind diejenigen 10 Messstellen mit den höchsten Werten für die „Summe Benzotriazole“ aufgelistet. Die Belastung mit 4-Methyl- und 5-Methylbenzotriazol ist zumeist deutlich geringer und ebenfalls mit den meisten Positivbefunden in den unteren Konzentrationsbereichen. Damit bestätigen sich die Ergebnisse der Vorjahresuntersuchungen [LUBW 2016F].

2.7.6 Bewertung

Für Benzotriazole gibt es keine Schwellenwerte für Grundwasser oder Grenzwerte für Trinkwasser. Der für Trinkwasser abgeleitete GOW für Benzotriazol von 3,0 µg/l wird bei den vorliegenden Messungen in allen Fällen unterschritten, der Maximalwert betrug 2,6 µg/l. Funde von Benzotria-

Tabelle 2.7-2: Ergebnisse Benzotriazole 2016 - Anzahl der Messstellen je Konzentrationsklasse

Substanz	BG µg/l	GOW µg/l	Anzahl Messstellen						Positivbefunde %	Maxwert µg/l
			gesamt	< BG	≥ BG bis 0,1 µg/l	≥ 0,1 bis 0,5 µg/l	> 0,5 bis 1,0 µg/l	> 1,0 µg/l		
Benzotriazol	0,01	3,0	614	462	128	17	4	3	24,8	2,6
4-Methylbenzotriazol	0,01	-	615	547	61	5	0	2	11,1	1,2
5-Methylbenzotriazol	0,01	-	615	586	28	0	1	0	4,7	0,54
Summe Benzotriazole	-	-	615	439	140	26	5	5	28,6	2,69

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 03/2017, Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung
BG = Bestimmungsgrenze GOW = Gesundheitlicher Orientierungswert bei lebenslanger Aufnahme

LUBW

Tabelle 2.7-3: Messstellen mit erhöhten Konzentrationen an Benzotriazolen 2016 im Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung (Kriterium: 10 höchste Wert der Summe Benzotriazole)

Grundwasser-Nummer	Lage der Messstelle / Einfluss	Benzotriazol µg/l	4-Methylbenzotriazol µg/l	5-Methylbenzotriazol µg/l	Summe Benzotriazole µg/l
59/118-1	Werksgelände	2,6	0,05	0,04	2,69
1691/305-2	Abwasserkanal (< 50 m)	2,1	<0,01	<0,01	2,10
15/414-7	Abwasserkanal (<17 m) und Uferfiltrat (Kläranlage 4 km oberstromig)	0,39	1,2	0,03	1,62
54/465-8	Werksgelände Textilindustrie	1,6	<0,01	<0,01	1,60
238/260-9	Abwasserkanal (ca. 30 m entfernt)	0,07	1,2	0,01	1,28
27/514-9	Autowerkstatt	1	<0,01	<0,01	1,00
104/071-8	Abwasserkanal (ca. 270 m entfernt)	0,74	<0,01	<0,01	0,74
36/021-2	Abwasserkanal und Wohngebiet (ca. 150 m entfernt)	0,61	<0,01	<0,01	0,61
914/306-4	Abwasserkanal (ca. 800 m entfernt), Altlast	0,04	<0,01	0,54	0,58
761/069-1	Kleinkläranlage (ca. 100 m entfernt)	0,54	<0,01	<0,01	0,54

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 03/2017

LUBW

zolen sind ein Hinweis auf kommunales Abwasser. Die Anwesenheit anderer abwasserbürtiger Verbindungen wie Süßstoffe kann vermutet werden und muss im Einzelfall untersucht werden.

2.8 Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC)

2.8.1 Verwendung, Stoffeigenschaften, Eintragspfade

Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC) sind synthetische, organische Verbindungen, bei denen die Wasserstoffatome im Kohlenstoffgerüst vollständig oder überwiegend durch Fluoratome ersetzt sind. PFC werden etwa seit 60 Jahren hergestellt und sind als Xenobiotika sehr persistent in der Umwelt. Sie sind hitze- und chemikalienbeständig und werden oder wurden in der Oberflächenveredelung, als Imprägniermittel für Papier, Leder und Textilien, als Hochleistungstenside in der Galvanik und in Feuerlöschschäumen verwendet. Die langkettigen Vertreter sind bioakkumulierbar, toxisch und stehen im Verdacht, krebserregend zu sein. Die bekanntesten Vertreter sind PFOA (Perfluoroktanoat) und PFOS (Perfluoroktansulfonat).

In der Chemikalien-Verbotsverordnung und der Gefahrstoffverordnung vom 12.10.2007 wurde die Richtlinie 2006/122/EG über das Inverkehrbringen und die Verwendung von PFOS in nationales Recht umgesetzt und die Verwendung und das Inverkehrbringen von PFOS und dessen Derivaten seit dem 27.06.2008 verboten. Vor dem

27.12.2006 erworbene Feuerlöschschäume durften noch bis zum 27.06.2011 verwendet werden. Für bestimmte Anwendungen gibt es Ausnahmeregelungen, falls keine Alternativen zur Verfügung stehen. Als PFOS-frei gelten nach der EU-Verordnung 757/2010 Löschschäume mit Gehalten an PFOS oder PFOS-Derivaten unter 0,001 Gew.-%. Dies sind maximal rund 10.000 µg/l oder bei einem 3%igen Ansatz etwa 300 µg/l im einsatzbereiten Löschschaum. Als Ersatzstoffe kommen u. a. polyfluorierte Tenside aus der Stoffklasse der Fluortelomerverbindungen zum Einsatz. Dabei handelt es sich um Verbindungen, bei denen nicht alle H-Atome durch Fluor-Atome ersetzt sind, ein typischer Vertreter ist das 1H,1H,2H,2H-Perfluoroktansulfonat (H4PFOS oder auch 6:2-Fluortelomersulfonat).

2.8.2 Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken

Für PFC sind in der Grundwasserverordnung und in der Trinkwasserverordnung keine Schwellenwerte bzw. Grenzwerte festgelegt. Vom Umweltbundesamt wurden für Trinkwasser Leitwerte (LW) sowie Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) bei lebenslanger Aufnahme für einige Substanzen abgeleitet. Bei einem LW ist die Datenlage ausreichend, um einen wissenschaftlich begründbaren Wert abzuleiten, bei dessen Überschreitung eine Besorgnis für die Gesundheit vorliegt. Bei den GOW hingegen liegen keine ausreichenden Daten für eine abschließende humantoxikologische Bewertung vor. Bei Einhalten der Werte ist aber ebenfalls davon auszugehen, dass bei lebenslanger Aufnah-

me über das Trinkwasser keine Besorgnis für die Gesundheit besteht. Die GOW liegen deutlich im Vorsorgebereich. Die Werte sind in Tabelle 2.8-1 zusammengestellt. Die LW sollen nach derzeitigem Sachstand als Geringfügigkeitsschwellenwerte (GFS) der LAWA verwendet werden. Zur toxikologischen Bewertung des gemeinsamen Auftretens mehrerer PFC-Komponenten ist die Quotientensumme anhand der Additionsregel analog den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 402) heranzuziehen. Das Umweltbundesamt empfiehlt hierbei, eine getrennte Betrachtung der Summenbewertung vorzunehmen, zunächst mit den LW und wenn dann noch kein eindeutiges Ergebnis vorliegt, in einem zweiten Schritt mit den semiquantitativ abgeleiteten GOW. Die Additionsregel besagt, dass Quotienten aus gemessener Konzentration und zugehörigem, stoffspezifischem LW bzw. GOW gebildet werden. Wenn die Summe aller Quotienten (Bewertungsindex) „kleiner oder gleich 1“ ist, liegt für das betreffende Grundwasser hinsichtlich des gesundheitlichen Schutzes aller Bevölkerungsgruppen auch bei lebenslanger Exposition keine Gefährdung vor.

$$\text{Quotientensumme} = \frac{\text{PFC}_1}{\text{LW}_1} + \frac{\text{PFC}_2}{\text{LW}_2} + \frac{\text{PFC}_3}{\text{LW}_3} + \frac{\text{PFC}_4}{\text{LW}_4} + \dots + \frac{\text{PFC}_n}{\text{LW}_n}$$

Der früher empfohlene Summenwert für Gesamt-PFC mit 1,0 µg/l (ohne PFBA), der toxikologisch nicht begründbar ist, kann laut aktueller Bewertung des UBA nicht mehr herangezogen werden.

2.8.3 Probennahme und Analytik

Bei der Probennahme ist die für Spurenstoffe übliche Vorgehensweise zu beachten [LUBW 2013F]. Die Proben sind in Braunglasflaschen abzufüllen und darin bis zur Analyse gekühlt zu transportieren und aufzubewahren. Die Messmethode der Wahl für die PFC ist die LC-MS/MS. Ringversuche zu PFC wurden 2014 von der AQS-Baden-Württemberg durchgeführt. Demnach ist mit einer erweiterten Messunsicherheit von 28 bis 47 % zu rechnen [LUBW 2016F].

2.8.4 Bisherige Untersuchungen auf PFC

Nachdem 2006 in Nordrhein-Westfalen erhöhte Konzentrationen an PFC infolge illegaler Ausbringung PFC-haltiger Abfälle als Dünger auf Ackerflächen festgestellt worden waren, erfolgten im November 2006 die ersten Untersuchungen an 41 Messstellen im Landesmessnetz, die direkt oder indirekt durch Abwasser, Deponien, Brände, Brand-

Tabelle 2.8-1: Leitwerte (LW) und Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) für per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC), Stand 03/2017

Substanz	LW in µg/l	GOW in µg/l
Perfluorbutanoat (PFBA)	10	-
Perfluorpentanoat (PFPeA)	-	3
Perfluorhexanoat (PFHxA)	6	-
Perfluorheptanoat (PFHpA)	-	0,3
Perfluoroctanoat (PFOA)	0,1	-
Perfluornonanoat (PFNA)	0,06	-
Perfluordecanoat (PFDA)	-	0,1
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	6	-
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)	0,1	-
Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	-	0,3
Perfluoroctansulfonat (PFOS)	0,1	-
Perfluoroktansulfonsäureamid (PFOSA)	-	0,1
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonat (H4PFOS)	-	0,1

Quelle: Fortschreibung der vorläufigen Bewertung von per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC) im Trinkwasser - Empfehlung des Umweltbundesamtes nach Anhörung der Trinkwasserkommission:
http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/fortschreibung_der_uba-pfc-bewertungen_bundesgesundheitsbl_2017-60_s_350-352.pdf

LUBW

übungsflächen oder Galvaniken beeinflusst waren [LUBW 2007F]. Höher belastete Messstellen wurden 2007 und 2010 weiter verfolgt [LUBW 2008F, LUBW 2011F] (Tabelle 2.8-2).

Im Jahr 2013 wurden die PFC im Rahmen einer Untersuchung auf Spurenstoffe landesweit an 57 Messstellen mit Verdacht auf Einfluss von Abwasser und/oder Uferfiltrat untersucht [LUBW 2014]. Die längerkettigen Verbindungen mit neun oder mehr C-Atomen sowie H4PFOS wurden nur in Einzelfällen gefunden. Die meisten Positivbefunde traten bei PFOA, PFOS und PFBS auf, hierbei PFOA und PFOS auch in höheren Konzentrationen. Die Positivbefunde der anderen Verbindungen lagen überwiegend im Konzentrationsbereich zwischen 1 ng/l (Bestimmungsgrenze) und 10 ng/l. Die höchsten Summenwerte mit rund 300 ng/l traten an zwei Messstellen im jeweils innerstädtischen Bereich auf. Während in einem Fall PFOS dominierte, waren im anderen Fall PFPeA und PFHxA die Hauptbestandteile. Die GOW wurden in keinem Fall überschritten.

Die PFC-Messkampagne 2014 hatte eine andere Zielsetzung: Nachdem seit 2013 im Landkreis Rastatt und Stadtkreis Baden-Baden vermehrt PFC im Grundwasser in Konzentrationen bis zu einigen µg/l gefunden worden waren

Tabelle 2.8-2: Gesamtzahl der auf PFC untersuchten Messstellen im Grundwassermessnetz; Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung

Substanz	2006	2007	2010	2013	2014	2015	2016
Perfluorbutanoat (PFBA)		1	26	100	229	565	626
Perfluorpentanoat (PFPeA)		1	26	96	232	565	627
Perfluorhexanoat (PFHxA)	46	11	26	103	232	567	627
Perfluorheptanoat (PFHpA)	46	11	26	104	232	566	628
Perfluoroctanoat (PFOA)	46	11	26	104	239	562	628
Perfluoronanoat (PFNA)	46	11	26	104	231	567	628
Perfluordecanoat (PFDA)	46	10	24	104	232	562	628
Perfluorundecanoat (PFUnA)	46	9	26	96	229	564	628
Perfluordodecanoat (PFDoA)	46	10	26	103	232	567	628
Perfluoroctansulfonat (PFOS)	46	10	26	104	238	566	626
Perfluortetradecanoat (PFTA)	46	8	-	-	-	-	239
Perfluor-3,7-Dimethyloctanoat /PF-3-7-DMOA)	46	8	-	-	-	-	-
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	46	11	26	103	231	566	627
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)	46	11	26	104	232	565	628
Perfluordecansulfonat (PFDS)	46	9	26	96	229	567	517
Perfluoroctansulfonsäureamid (PFOSA)	46	11	-	37	59	25	250
7H-Dodecafluorheptanoat (HPFHpA)	46	9	-	29	47	22	17
2H,2H-Perfluordecanoat (H2PFDA)	46	9	-	29	47	22	17
2H,2H,3H,3H-Perfluorundecanoat (H4PFUnA)	46	9	-	29	47	22	17
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonat (H4PFOS)	46	9	-	89	220	562	627
Summe PFC-Komponenten	42	8	24	104	235	554	639

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 03/2017

LUBW

und als Ursache wahrscheinlich die ackerbauliche Aufbringung von verunreinigten Komposten anzusehen war, startete die LUBW im März 2014 Pilotuntersuchungen auf PFC im Grundwasser im Hinblick auf mögliche Belastungen infolge landwirtschaftlicher Anwendungen. Die Auswahl der 139 Messstellen erstreckte sich auf Rohwassermessstellen des von der LUBW betriebenen Messnetzes, bei denen der Ackeranteil im Wasserschutzgebiet (WSG) mindestens 30 % betrug. Die Ergebnisse zeigten, dass wegen der teilweise großen Wasserschutzgebiete Einflüsse von Abwasser oder Uferfiltrat nicht auszuschließen waren, was auch die nachträgliche Messung auf Süßstoffe und Benzotriazole an den höher mit PFC belasteten Messstellen nahelegte [LUBW 2015F].

Im Jahr 2015 wurde begonnen, die PFC in dem von der LUBW betriebenen Gesamtmessnetz über einen Zeitraum von drei Jahren zu untersuchen. In der ersten Runde wurden 524 Messstellen beprobt, die überwiegend zur Einstufung nach der SchALVO herangezogen werden und bei denen es sich zu 76 % um Rohwassermessstellen handelte [LUBW 2016F].

2.8.5 Ergebnisse der Beprobungen 2016

In der zweiten Runde der Gesamtbeprobung des LUBW-Messnetzes im Jahr 2016 wurden 644 Messstellen beprobt. Hierin enthalten sind 88 Messstellen, die schon 2015 untersucht wurden. Diese wurden nicht betrachtet und die nachfolgende Auswertung nur mit den 556 Messstellen durchgeführt, für die im Jahr 2016 eine erstmalige Beprobung erfolgte (Tabelle 2.8-3). Von diesen 556 Messstellen lagen rund 75 % in der Oberrheinebene, da 2016 die vierte grenzüberschreitende Bestandsaufnahme der Grundwasserbeschaffenheit im Oberrheingraben von Basel bis Mainz im Rahmen des INTERREG V-Projektes ERMES durchgeführt wurde.

Die meisten Positivbefunde und die höchsten Werte wurden bei den Verbindungen mit vier bis acht C-Atomen festgestellt. Hierbei lag der Anteil an Positivbefunden mit Ausnahme des PFHpS (5 %) zwischen 21,6 und 36,8 %. PFC mit mehr als acht Kohlenstoffatomen fand man hingegen weniger. Dies ist plausibel, da insbesondere die kurzkettigen PFC mobil sind und aus dem Boden in das Grundwasser verlagert werden. Die häufigsten Positivbefunde lagen im

Tabelle 2.8-3: Ergebnisse für die per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC) 2016 - Anzahl der Messstellen je Konzentrationsklasse im Landesmessnetz LUBW

Substanz	BG ng/l	Anzahl Messstellen						Positiv- befunde %	Max- wert ng/l
		gesamt	< BG	≥ BG bis 10 ng/l	≥ 10 bis 100 ng/l	> 100 bis 1000 ng/l	> 1000 ng/l		
Perfluorbutanoat (PFBA)	1	554	370	162	22	0	0	33,2	85
Perfluorpentanoat (PFPeA)	1	555	405	117	24	9	0	27,0	320
Perfluorhexanoat (PFHxA)	1	555	369	154	23	9	0	33,5	331
Perfluorheptanoat (PFHpA)	1	556	436	101	18	1	0	21,6	130
Perfluoroctanoat (PFOA)	1	556	377	143	29	7	0	32,2	1000
Perfluorononanoat (PFNA)	1	556	538	16	2	0	0	3,2	14
Perfluordecanoat (PFDA)	1	556	549	6	1	0	0	1,3	21
Perfluorundecanoat (PFUnA)	1	556	552	4	0	0	0	0,7	2
Perfluordodecanoat (PFDoA)	1	556	552	4	0	0	0	0,7	3
Perfluortetradecanoat (PFTA)	1	207	207	0	0	0	0	0,0	
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	1	555	351	191	13	0	0	36,8	100
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)	1	556	417	117	18	4	0	25,0	260
Perfluorheptansulfonat (PFHpS)		556	528	26	1	1	0	5,0	1000
Perfluoroctansulfonat (PFOS)	1	555	380	144	27	4	0	31,5	530
Perfluordecansulfonat (PFDS)	1	441	440	1	0	0	0	0,2	2
Perfluoroktansulfonsäureamid (PFOSA)	1	208	207	0	1	0	0	0,5	78
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonat (H4PFOS)	1	556	523	26	4	3	0	5,9	237
Summe PFC-Komponenten	-	556	217	178	134	21	6	61,0	1641

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 03/2017, Landesmessnetz LUBW
BG = Bestimmungsgrenze

LUBW

Konzentrationsbereich unter 10 ng/l. Bei diesen niedrigen Konzentrationen ist allerdings analytisch mit einer großen Messunsicherheit und dem Risiko von falsch positiven Befunden zu rechnen.

Die gemessenen Verbindungen sind bereits als stabile Abbauprodukte von Vorläufersubstanzen (precursor) aus technischen Anwendungen anzusehen. Derzeit ist jedoch für diese Vorläufersubstanzen keine entsprechende Analytik etabliert, auch weil die Referenzsubstanzen noch nicht verfügbar sind. Hier erhofft man sich weitere Erkenntnisse durch den neu entwickelten Summenparameter AOF (adsorbierbares, organisch gebundenes Fluor).

Für die Bewertung der Schädlichkeit von PFC-Gemischen ist die Quotientensumme heranzuziehen (Kap. 2.8.2). In 97,5 % der Fälle wurde die Quotientensumme von 1,0 nicht überschritten, bei 14 der 556 Messstellen war eine Überschreitung festzustellen (Tabelle 2.8-4). Der Maximalwert lag bei 10,07.

In Tabelle 2.8-5 sind diejenigen Messstellen zusammengestellt, bei denen die Quotientensumme über einem gewählten Wert von 0,75 lag. Sechs Messstellen lagen hierbei in der Gebietskulisse des PFC-Schadensfalls Rastatt / Baden-Baden. Die Summe PFC lag dort überwiegend im Bereich von über 1000 ng/l, es wurden fast nur die Carboxylate ge-

Tabelle 2.8-4: Quotientensumme* der per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC) 2016 – Landesmessnetz LUBW

PFC	gesamt	Quotientensumme*						Max- wert	
		0 bis 0,25	> 0,25 bis 0,5	> 0,5 bis 0,75	> 0,75 bis 1,0	> 1,0 bis 5,0	> 5,0 bis 10,0		> 10,0
Anzahl Messstellen	556	506	26	6	4	10	3	1	10,07
% der Messstellen	100	91,0	4,7	1,1	0,7	1,8	0,5	0,2	-

* nach Empfehlung des Umweltbundesamtes nur mit Substanzen, für die LW abgeleitet wurden (siehe Tabelle 2.8-1).

LUBW

Tabelle 2.8-5: Messstellen mit erhöhten Werten an per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC) 2016 im Landesmessnetz LUBW, rot = für Berechnung der Quotientensumme herangezogene Einzelsubstanzen

Grundwasser-Nummer	Lage der Messstelle / Einfluss	PFBA ng/l	PFPeA ng/l	PFHxA ng/l	PFHpA ng/l	PFOA ng/l	PFNA ng/l	PFDA ng/l	PFBS ng/l	PFPeS ng/l	PFHxS ng/l	PFHPS ng/l	PFOA ng/l	PFOSA ng/l	H4PFOS mg/l	Summe PFC-Komponenten ng/l	Quotientensumme PFC	Summe Süßstoffe µg/l	Summe Triazole µg/l
81/211-2	PFC-Schadensfall Rastatt / Baden-Baden	78	210	220	130	1000	<1	<1	1	<1	2	<1	<1	<1	<1	1641	10,07	0,02	<BG
123/124-0	Brandereignis	44	190	158	25	32	<1	<1	26	28	260	62	460	-	237	1522	7,59	<BG	0,1
765/211-2	Sonderabfallzwischenlager und -behandlungsanlage, Altlast	46	210	130	63	170	11	6	23	2	20	4	530	78	170	1463	7,45	0,11	0,12
8/162-9	PFC-Schadensfall Rastatt / Baden-Baden	85	191	245	99	636	10	5	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1271	6,58	0,01	0,01
1315/305-1	Feuerlöschübungsplatz	5	9	32	5	75	<1	<1	8	10	170	<1	170	-	1	485	4,17	0,05	0,04
368/211-0	PFC-Schadensfall Rastatt / Baden-Baden	62	210	210	100	350	<1	<1	1	1	7	<1	5	-	2	948	3,66	<BG	<BG
380/211-9	PFC-Schadensfall Rastatt / Baden-Baden	70	320	250	76	320	1	<1	<1	<1	<1	<1	3	<1	<1	1040	3,30	0,07	<BG
228/066-0	Hersteller Armaturen	12	17	12	6	7	<1	<1	100	3	18	10	220	-	5	410	2,62	0,17	<BG
171/306-2	Müllumschlagplatz, Brandübungsplatz auf ehem. Militärlughafen?	4	10	28	3	7	<1	<1	9	11	210	<1	5	<1	<1	287	2,24	0,28	0,04
1344/304-2	Mehrere Altstandorte, Abwasserkanal	11	35	76	14	11	<1	<1	15	15	130	4	71	<1	<1	382	2,16	0,06	<BG
37/164-5	Abwasserkanal in 25 m Entfernung	12	16	25	62	150	14	3	2	<1	3	<1	5	<1	<1	292	1,82	0,12	<BG
59/161-0	PFC-Schadensfall Rastatt / Baden-Baden	77	285	331	76	120	4	<1	3	<1	3	<1	<1	-	<1	899	1,36	0,04	<BG
9902/507-2	Werksgelände Autohersteller	10	19	14	7	11	<1	<1	4	1	5	3	98	-	<1	172	1,15	-	-
166/257-5	Brand auf Gelände Reifenhersteller	26	119	132	27	21	<1	<1	7	13	72	2	10	<1	<1	429	1,07	0,07	0,26
1/162-8	PFC-Schadensfall Rastatt / Baden-Baden	19	25	35	31	90	1	2	<1	<1	1	<1	6	<1	<1	210	0,99	0,03	0,03
115/161-5	Abwasserkanal in 6 m Entfernung	<1	6	10	5	6	<1	<1	4	<1	33	<1	48	<1	<1	113	0,88	0,31	<BG
112/303-9	Abwasserkanal in 75 m Entfernung	2	3	4	4	21	6	21	<1	<1	<1	<1	53	-	<1	118	0,84	0,08	0,28
110/116-6	mehrere Altstandorte	6	9	10	9	42	<1	<1	6	4	21	1	16	<1	<1	124	0,80	0,10	0,05

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 03/2017

funden, die Konzentrationen der Sulfonate lagen immer unter 10 ng/l. Erhöhte Belastungen mit Sulfonaten wurden überwiegend in Zusammenhang mit Abwassereinfluss festgestellt, sei es direkt durch undichte Kanalisation oder durch Uferfiltrat. In diesen Fällen waren auch die abwassertypischen Süßstoffe und Benzotriazole zu finden.

2.8.6 Bewertung

Die Untersuchungen 2016 zeigen, dass an bis zu rund 60 % der Messstellen ein oder mehrere PFC gefunden werden, jedoch meist in einem Drittel der Fälle im niedrigen Konzentrationsbereich zwischen 1 und 10 ng/l. Ob es sich hierbei schon um eine mehr oder weniger vorhandene Grundbelastung handelt, kann erst beurteilt werden, wenn das gesamte Messnetz durchgemessen ist. Die im Jahr 2016 beprobten Messstellen wurden nicht flächenrepräsentativ ausgesucht, vielmehr lag der Schwerpunkt der Untersuchungen wegen der gemeinsamen Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben in der Oberreinebene. Betrachtet man von den 556 Messstellen nur die 32 Rohwasserbrunnen und -quellen für die öffentliche Wasserversorgung, so wird die Quotientensumme von 1,0 an keiner Messstelle überschritten, so dass hinsichtlich des gesundheitlichen Schutzes der Bevölkerung auch bei lebenslanger Exposition keine Gefährdung vorliegt.

2.9 Metallische Spurenstoffe

2.9.1 Vorkommen, Verwendung, Stoffeigenschaften, Eintragspfade

Unter dem Begriff „Metallische Spurenstoffe“ werden nachfolgend Schwermetalle und Halbmetalle in Spurenbereich, d. h. in der Regel in Konzentrationen unter 0,1 mg/l verstanden. Geogen gelangen Schwermetalle in erster Linie durch Löseprozesse aus Gesteinen ins Grundwasser. Anthropogene Quellen sind beispielsweise Industrieemissionen, Sickerwässer aus Deponien oder Abwasseranlagen, Auswaschung von Verbrennungsprodukten fossiler Energieträger aus der Atmosphäre oder aus Abraummateriale des historischen Bergbaus. Auch als Folge der Bodenversauerung können Schwermetalle mobilisiert werden. Weiterhin finden sich Schwermetalle auch in Düngern und Pflanzenstärkungsmitteln in Landwirtschaft und Gartenbau. Schwermetalle und Halbmetalle werden vielfältig im industriellen Bereich eingesetzt, z. B. in der Metallurgie,

Elektrotechnik, Chemischen Industrie und bei der Herstellung zahlreicher Produkte. Viele Schwermetalle sind essenziell für den Stoffwechsel, können aber in höherer Konzentration auch toxisch sein. Einige charakteristische Merkmale der Stoffe sind in Tabelle 2.9-2 zusammengefasst.

2.9.2 Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken

In der ersten Trinkwasserverordnung (TrinkwV) von 1975 wurden erstmals Grenzwerte für Schwermetalle humantoxikologisch abgeleitet. Im Rahmen von mehreren Novellierungen wurden für weitere metallische Spurenstoffe Grenzwerte festgesetzt, aber auch wieder aufgehoben. Auch hinsichtlich der Höhe der Grenzwerte gab es immer wieder Veränderungen. So wurde z. B. der Grenzwert der TrinkwV für Cadmium 2011 von 0,005 auf 0,003 mg/l herabgesetzt.

Die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung wurden weitgehend als Schwellenwerte in die Grundwasserverordnung übernommen. Ausnahmen sind Cadmium und Quecksilber, deren Werte ökotoxikologisch abgeleitet wurden. Für zahlreiche metallische Spurenstoffe sind keine Grenz- oder Schwellenwerte festgesetzt (Tabelle 2.9-1 und Tabelle A7 im Anhang). Die Warnwerte des Grundwasserüberwachungsprogramms entsprechen meist 75 % der Schwellenwerte der Grundwasserverordnung oder, falls es dort keine Schwellenwerte gibt, 80 % des Trinkwassergrenzwerts. Die Geringfügigkeitsschwelle (GFS) „wird definiert als Konzentration, bei der trotz einer Erhöhung der Stoffgehalte gegenüber regionalen Hintergrundwerten keine relevanten ökotoxikologischen Wirkungen auftreten können und die Anforderungen der Trinkwasserverordnung oder entsprechender Werte eingehalten werden“¹⁾. Die GFS entsprechen teilweise den Werten der TrinkwV, meist sind sie jedoch niedriger, wenn sie ökotoxikologisch abgeleitet wurden

2.9.3 Probennahme und Analytik

Bei der Probennahme ist die für Spurenstoffe übliche Vorgehensweise zu beachten [LUBW 2013]. Die Proben werden vor Ort membranfiltriert (Porenweite 0,45 µm) und mit Salpetersäure angesäuert. Als analytische Methode

¹⁾ Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA): Ableitung von Geringfügigkeitsschwellen für das Grundwasser, aktualisierte und überarbeitete Fassung 2016

wurde bei 74 % der Messungen die ICP-MS (Induktiv-gekoppeltes Plasma mit Massenspektrometrie) eingesetzt, bei rund 20 % die AES (Atomemissionsspektrometrie). Die klassische AAS (Atomabsorptionsspektrometrie) war nur noch mit einem Anteil von 4,3 % vertreten.

Der Begriff „Metallische Spurenstoffe“ umfasst bei den nachfolgenden Darstellungen auch die Halbmetalle Bor, Silicium bzw. Silikat sowie Arsen; Selen wird in einigen Periodensystemen auch den Nichtmetallen zugeordnet. Welche Parameter 2013 bis 2015 untersucht wurden, zeigt Abbildung 2.9-1.

Zur Abschätzung der Messunsicherheit werden die neuesten Ringversuchskennzahlen der AQS-Baden-Württemberg / Universität Stuttgart und des Instituts für Hygiene und Umwelt der Stadt Hamburg herangezogen. Von den 24 untersuchten Parametern liegen Ergebnisse von 16 Parametern vor. In Abbildung 2.9-2 sind die Vergleichsstandardabweichung und die „erweiterte Messunsicherheit“ dargestellt. Die erweiterte Messunsicherheit erhält man durch Multiplikation der Vergleichsstandardabweichung mit einem Erweiterungsfaktor, der in der Regel 2 beträgt, und gelangt so zu einem Vertrauensniveau von etwa 95 %. Die Vergleichsstandardabweichungen liegen für die meisten metallischen Spurenstoffe im Bereich von 5 bis 9 %, die erweiterte Messunsicherheit dementsprechend von 10 bis 18 %. Nur bei Antimon und Selen sind diese Spannen größer.

Tabelle 2.9-1: Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken

Parameter	SW GrwV mg/l	GW TrinkwV mg/l	WW GÜP mg/l	GFS mg/l
Al	-	0,2	0,16	-
Sb	-	0,005	0,004	0,005
As	0,01	0,01	0,0075	0,0032
Ba	-	-	0,8	0,0175
Pb	0,01	0,01	0,0075	0,0012
B	-	1	0,1	0,180
Cd	0,0005	0,003	0,00038	0,0003
Cr	-	0,050	0,010	0,0034
Co	-	-	-	0,002
Fe	-	0,2	-	-
Cu	-	2	-	0,0054
Mn	-	0,05	-	-
Mo	-	-	-	0,035
Ni	-	0,02	0,016	0,007
Hg	0,0002	0,001	-	0,0001
Se	-	0,010	0,008	0,003
Tl	-	-	-	0,0002
U	-	0,010	0,008	-
V	-	-	-	0,004
Zn	-	-	-	0,06

SW = Schwellenwert der Grundwasserverordnung
 GW = Grenzwert der Trinkwasserverordnung
 WW = Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms BW (GÜP)
 GFS = Geringfügigkeitsschwelle der LAWA (Bund-/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser)

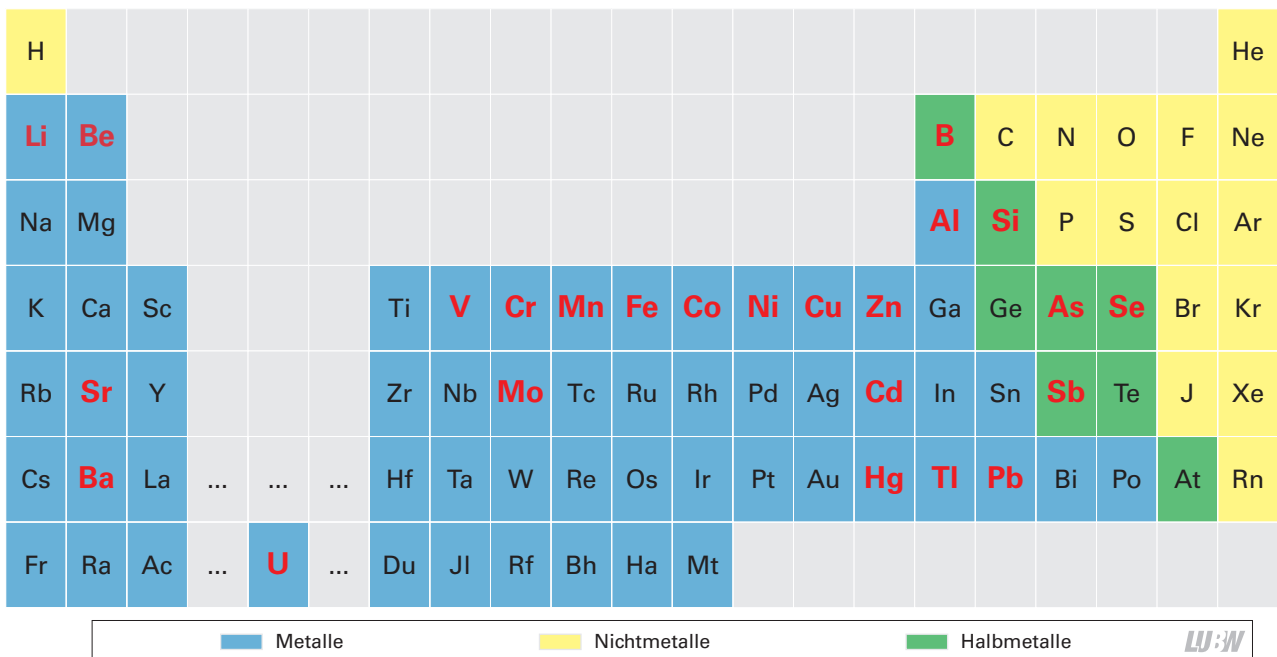


Abbildung 2.9-1: Untersuchungsumfang „Metallische Spurenstoffe“ 2013 bis 2015 in roter Schrift

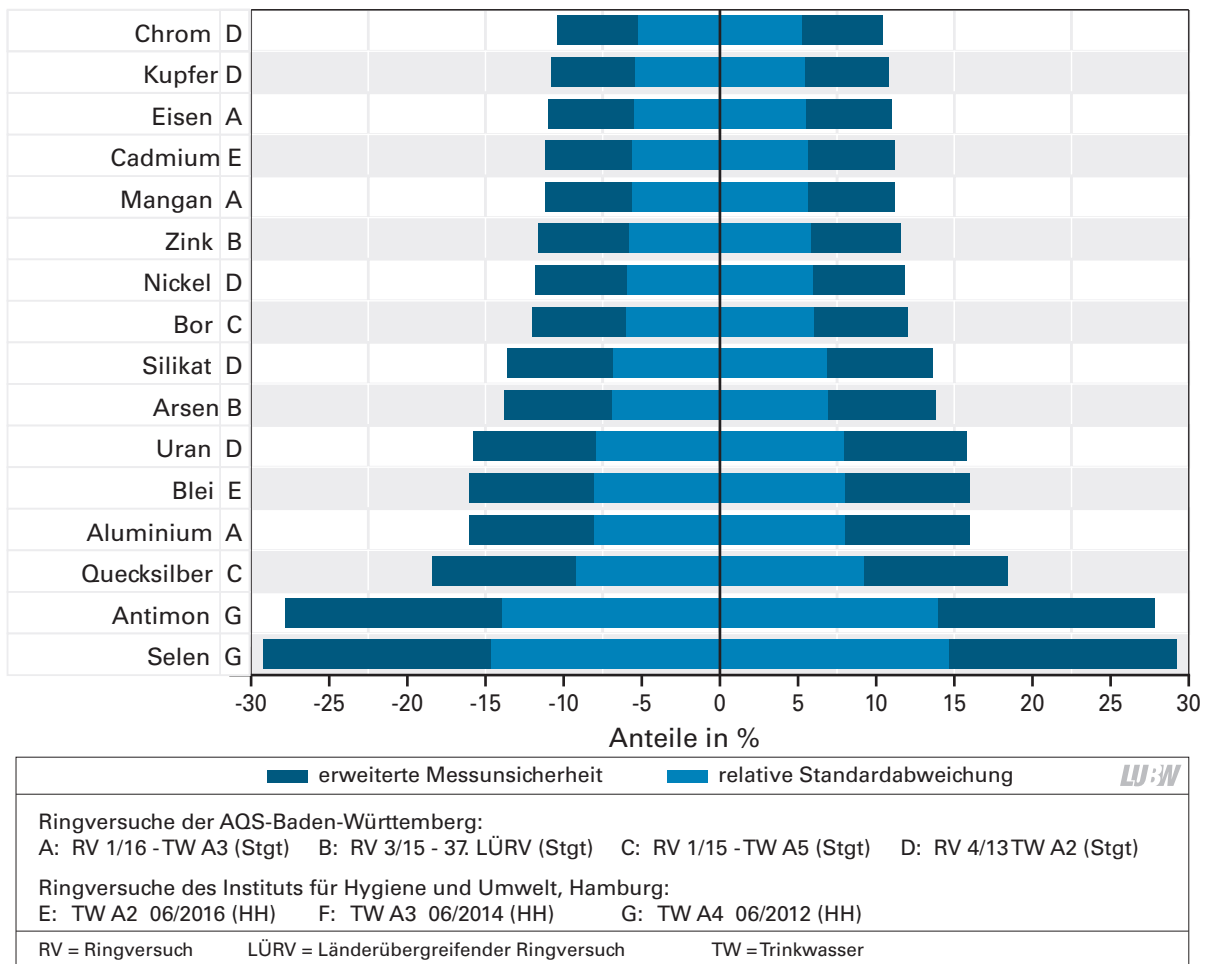


Abbildung 2.9-2 Ringversuchsdaten Schwermetalle und Halbmetalle

2.9.4 Bisherige Untersuchungen auf metallische Spurenstoffe

Die erste umfangreiche Untersuchung in dem von der LUBW betriebenen Messnetz erfolgte im Jahr 1999. Dabei wurde auf 22 metallische Spurenstoffe untersucht. Danach wurden diese Messstellen in den Jahren 2007 bis 2009 sowie 2010 bis 2012 im Rahmen von zwei Messkampagnen ebenfalls auf 22 bzw. 23 Parameter untersucht. Die neueste Kampagne, deren Ergebnisse nachfolgend vorgestellt werden, folgte in den Jahren 2013 bis 2015 mit 24 Parametern.

2.9.5 Ergebnisse der Untersuchungen 2013 bis 2015

Zur Bewertung der Ergebnisse 2013-2015 (Tabelle 2.9-1) werden für die betreffenden Parameter zunächst die Schwellenwerte der Ersten Verordnung zur Änderung der Grundwasserverordnung vom 04.05.2017 herangezogen. Sind dort keine Schwellenwerte festgelegt, wird ersatzweise mit den Grenzwerten der Trinkwasserverordnung vom 21.05.2001 in der Neufassung vom 10.03.2016 verglichen. Gibt es auch in der TrinkwV keine Grenzwerte, werden die

Geringfügigkeitsschwellen (GFS) der LAWA (Stand 2016) als Maßstab berücksichtigt. Positive Befunde werden als Überschreitung der Mindestbestimmungsgrenze (MBG) charakterisiert.

Tabelle 2.9-2: Charakterisierung der metallischen Spurenstoffe und Ergebnisse der Untersuchung 2013 bis 2015



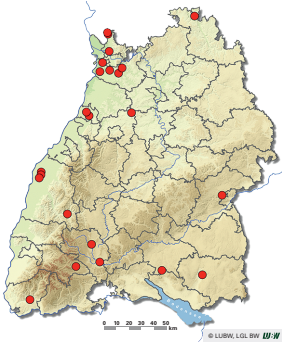
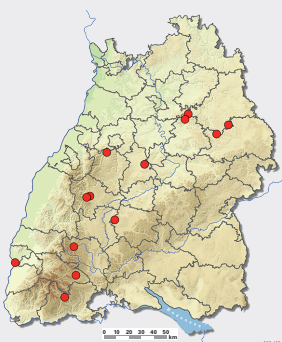
Parameter	Charakterisierung	Ergebnisse der Beprobung 2013 - 2015	Lage der auffälligen Messstellen
Aluminium Al	<p>Aluminium zählt zu den Leichtmetallen und ist das dritthäufigste Element in der Erdkruste. Es tritt meist dreiwertig auf und bildet zusammen mit den Oxiden anderer Elemente Silikate. In das Grundwasser gelangt Aluminium über die Einschwemmung von Tonmineralen und über die Freisetzung aus Gesteinen. Im Boden adsorbiertes sowie in Feldspäten vorhandenes Aluminium kann durch zunehmend saure Verhältnisse („saurer Regen“) wieder in Lösung gehen, insbesondere in gering mineralisierten, schlecht gepufferten Wässern. Aluminium ist in hohen Konzentrationen phytotoxisch.</p>	<p>An 3 der 1.920 untersuchten Messstellen (0,15 %) wurden Überschreitungen des Trinkwassergrenzwertes von 0,2 mg/l festgestellt. Alle drei Messstellen liegen im Buntsandstein von Schwarzwald bzw. Odenwald und sind Quellen mit meist niedrigen pH-Werten. Dort sind saure Verhältnisse mit erhöhten Al-Werten geogen bedingt typisch, möglicherweise aber auch durch „saurer Regen“ in den 1980er Jahren verstärkt.</p>	 <p>Mst. über GW der TrinkwV</p>
Antimon Sb	<p>Antimon ist in der Erdkruste nur in geringen Anteilen anzutreffen. Im Grundwasser treten erhöhte Antimonkonzentrationen meist in bergbaulich beeinflussten Gebieten oder in Gebieten mit reduzierendem Grundwasser auf.</p>	<p>An 99,5 % der 1.947 untersuchten Messstellen lagen die Antimonkonzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,001 mg/l. Es traten lediglich 9 Positivbefunde im Bereich von 0,001 bis 0,003 mg/l auf. In einem Fall war an einer Messstelle im innerstädtischen Bereich von Stuttgart mit einer Antimonkonzentration von 0,007 mg/l der Grenzwert der TrinkwV von 0,005 mg/l überschritten.</p>	 <p>Mst. über GW der TrinkwV</p>
Arsen As	<p>Das Halbmetall Arsen ist in Spuren fast überall in der Umwelt vorhanden. In eisenhaltigen Tonen, Mergeln und Sandsteinen sowie in Mineral- oder Ölfeldwässern ist Arsen natürlicherweise, meist sulfidisch gebunden. Bis Anfang der 1980er Jahre fand Arsenitrioxid als Pflanzen- und Holzschutzmittel Verwendung. In Weinbaugebieten findet man teils noch erhöhte Gehalte im Boden. Arsenverbindungen gelangen bei der Verhüttung von Metallen, durch Kohlekraftwerke und die glasverarbeitende Industrie in die Atmosphäre und über trockene und nasse Deposition in den Boden. In das Grundwasser gelangt Arsen auch über industrielle Abwässer, durch die Auslaugung von Abraumhalden aus dem Bergbau oder von Deponien.</p>	<p>An rund 36 % der 1.954 untersuchten Messstellen war Arsen in Konzentrationen oberhalb der MBG von 0,0005 mg/l nachzuweisen. Der Schwellenwert der GrwV von 0,01 mg/l wurde an 23 Messstellen (= 1,2 %) überschritten. Davon befinden sich 17 in Grundwässern mit reduzierenden Verhältnissen, teilweise in tieferen Grundwasserstockwerken und geografisch gesehen insbesondere in der nördlichen Oberrheinebene. In den meisten Fällen sind die erhöhten Konzentrationen geogen verursacht, teilweise auch erhöht durch Altablagerungen oder Ablagerungen aus dem historischen Bergbau. Die Spitzenwerte gehen bis 0,0808 mg/l.</p>	 <p>Mst. über SW der GrwV</p>
Barium Ba	<p>Das Erdalkalimetall Barium kommt in der Natur u. a. als Schwerspat (Baryt, BaSO₄) oder Witherit (BaCO₃) vor und ist Bestandteil der Gesamthärte. In vielen Mineralen (Feldspäte, Glimmer) kann Barium Stellvertreter für Kalium sein. Im Schwarzwald vorhandene Barytgänge und deren bergmännischer Abbau erklären die Bariumgehalte der Bachsedimente im Schwarzwald. Erzvorkommen enthalten oft als Gangart Schwerspat. Ton- und Sandgesteine enthalten auch höhere Bariummengen.</p>	<p>Es wurden 1.944 Messstellen untersucht. Bariumkonzentrationen über der Mindestbestimmungsgrenze von 0,01 mg/l wurden an 99,7 % der Messstellen gemessen. Diese Befunde sind in der Regel geogen bedingt. Anthropogen verursachte Bariumbelastungen findet man selten. Der Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms von 0,8 mg/l wird an 13 Messstellen (0,7 %) überschritten. Erhöhte Bariumwerte treten meist in den Gebieten des höheren Keupers und des Gipskeupers sowie im Buntsandstein von Schwarzwald und Odenwald auf.</p>	 <p>Mst. über WW-Wert</p>

Tabelle 2.9-2: Charakterisierung der metallischen Spurenstoffe und Ergebnisse der Untersuchung 2013 bis 2015, Fortsetzung


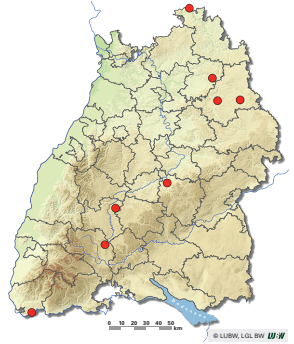
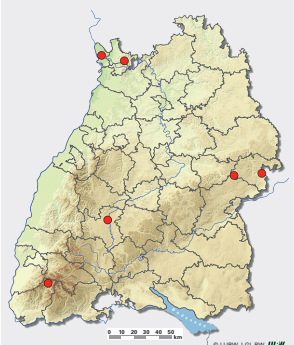
Parameter	Charakterisierung	Ergebnisse der Beprobung 2013 - 2015	Lage der auffälligen Messstellen
Beryllium Be	Beryllium ist das Metall mit dem geringsten Atomgewicht. Es kommt in rund 30 verschiedenen Mineralien vor, beispielsweise in Basalten und Graniten. Beryllium wird als Legierungsbestandteil im Flugzeugbau und z. B. bei Uhrenfedern verwendet.	Beryllium wurde an 1.949 Messstellen untersucht. Es gibt keinen Schwellenwert, Grenzwert oder GFS-Wert. In 99 % der Fall lagen die Konzentrationen unter der Bestimmungsgrenze von 0,0005 mg/l. Die 18 Messstellen mit positiven Befunden bis 0,0022 mg/l erschließen alle den Buntsandstein von Schwarzwald und Odenwald bzw. das Kristallin des Schwarzwalds. Diese Wässer haben überwiegend pH-Werte zwischen 4,3 und 6,0. Dies ist plausibel, da Beryllium zu den Versauerungselementen gerechnet wird.	Entfällt
Blei Pb	Blei ist ein verbreitetes Spurenelement. In Silikaten, Feldspäten und phosphathaltigen Mineralen kann es Stellvertreter für Kalium sein. Der Atmosphäre wird Blei über Stäube, Vulkanausbrüche und Brände zugeführt. Bleiverbindungen sind nur wenig löslich. Blei besitzt eine nur geringe Beweglichkeit und ist deshalb im Grundwasser meist nicht nachweisbar. Hohe Konzentrationen im Wasser sind i. d. R. nicht geologischen Ursprungs. Höhere Gehalte treten im Bereich von Erz- und Öllagerstätten auf.	Der Schwellenwert der GrwV bzw. der Grenzwert der TrinkwV von 0,01 mg/l wurde an zwei von 1.945 Messstellen (0,1 %) überschritten. In einem Fall betrifft es eine Quelle im Murratal mit 0,0278 mg/l Pb, wo das Blei geogen in einem schwach mineralisierten Keupersandsteinwasser vorkommt und in der Vergangenheit schon Spitzenwerte bis 0,05 mg/l gemessen wurden. Im anderen Fall mit 0,042 mg/l ebenfalls natürlich vorkommend in einer Kristallin-Quelle im Hochschwarzwald.	 Mst. über SW der GrwV
Bor B	Das Halbmetall Bor kommt nur in einzelnen Mineralen in subvulkanischen Gesteinen, Tongesteinen (Keuper), kalk- oder dolomithaltigen Gesteinen vor. Bor ist auch in Ölfeldwässern und vulkanischen Thermalwässern anzutreffen. Nach Schätzungen stammen etwa zwei Drittel des in der Umwelt vorhandenen Bors aus anthropogenen Quellen. In der Industrie wird Bor z. B. in der Glas- und Porzellanproduktion eingesetzt. In Wasch- und Reinigungsmitteln wird es in Form von Perboraten für Desinfektion und Bleichung verwendet. Außerdem ist es Bestandteil von Düngemitteln. Aufgrund der vielseitigen Verwendung ist Bor häufig in Abwässern zu finden und eignet sich daher auch als Indikator für anthropogene Verunreinigungen. Im Grundwasser ist es sehr mobil. Die Toxizität von Bor ist eher gering.	An rund 53 % der Messstellen der 1.973 untersuchten Messstellen lagen die Borkonzentrationen unter der Bestimmungsgrenze von 0,02 mg/l. Borkonzentrationen über 0,05 mg/l sind meist ein Hinweis auf eine anthropogene Beeinflussung. Dies war bei 345 Messstellen (17,5 %) der Fall. Diese Messstellen liegen meist im Einflussbereich undichter Kanalisation oder Uferfitrat. Bei der Abwasserreinigung in Kläranlagen wird Bor kaum zurückgehalten. An acht Messstellen wurde der Grenzwert der TrinkwV von 1 mg/l überschritten. Der Spitzenwert von 3,4 mg/l wurde im Abstrom einer Deponie gemessen. Bei den anderen Befunden zwischen 1,158 bis 2,447 mg/l handelt es sich um Firmenbrunnen (5 Fälle), Messstellen im Einflussbereich von Altablagerungen (2 Fälle) oder geogen belastetes Grundwasser (1 Fall).	 Mst. über GW der TrinkwV
Cadmium Cd	Cadmium kommt in der Erdkruste selten vor. Höhere Gehalte finden sich in Kalksteinen und Posidonienschiefer des Jura. Als Nebenprodukt bei der Zinkgewinnung ist es Bestandteil des Abraums. Manche Bachsedimente sind durch den früheren Bergbau im Südschwarzwald mit Cadmium belastet. Anthropogene Einträge erfolgen durch die Auto-, Metall-, und Kunststoffindustrie. Cadmium ist in Batterien enthalten und wird durch die Verbrennung von fossilen Brennstoffen und Müll in die Atmosphäre eingetragen. In Ballungsräumen ist die Belastung der Umwelt mit Cadmium in der Regel höher. Durch Abwässer oder atmosphärische Depositionen kann Cadmium ins Grundwasser ausgewaschen werden.	Die Untersuchung an 1.958 Messstellen zeigte Positivbefunde über der MBG von 0,0001 mg/l an 69 Messstellen (3,5 %). Der Schwellenwert der GrwV von 0,0005 mg/l war an sechs Messstellen (0,3 %) überschritten. Davon liegen zwei auf dem Betriebsgelände metallverarbeitender Unternehmen, bei den anderen vier sind die hohen Befunde geogen verursacht.	 Mst. über SW der GrwV

Tabelle 2.9-2: Charakterisierung der metallischen Spurenstoffe und Ergebnisse der Untersuchung 2013 bis 2015, Fortsetzung


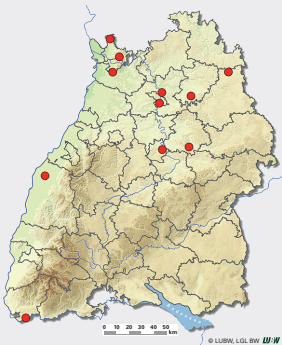
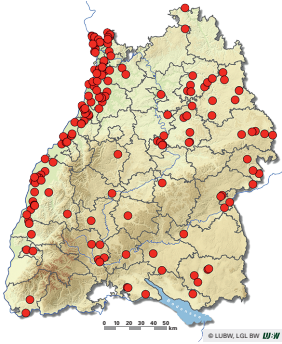
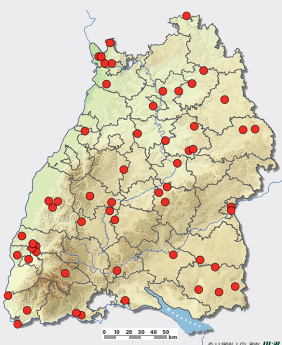
Parameter	Charakterisierung	Ergebnisse der Beprobung 2013 - 2015	Lage der auffälligen Messstellen
Chrom Cr	Chrom ist natürlicherweise in Magmatiten, Kalk- und Tonablagerungen vorhanden. Vor allem aus Erzgängen kann Chrom ins Grundwasser eingetragen werden. Es wird in erster Linie in der Metallindustrie zur Verchromung oder als Legierungsbestandteil in Edelstählen verwendet. Daneben ist Chrom in Farbpigmenten, Gerbstoffen und Holzimprägniermitteln enthalten. Es kann über industrielle Abwässer der chromverarbeitenden Industrie, über chromhaltige Stäube oder aus Deponien in die Umwelt gelangen. In Spuren ist Chrom relativ weit verbreitet. Chrom ist in der sechswertigen Form besonders toxisch und wird als krebserregend eingestuft.	An rund 58 % der 1.938 untersuchten Messstellen wurde Chrom-gesamt gefunden. An zwei Messstellen wurde der Trinkwassergrenzwert von 0,05 mg/l überschritten. Dort und auch an den anderen Messstellen mit erhöhten Chrom-Konzentrationen handelt es sich in allen Fällen um anthropogene Einflüsse, d. h. Schadensfall in Galvanikbetrieben, Versickerungen oder undichte Kanalisation auf Betriebsgelände von metallverarbeitenden Firmen.	 Mst. über GW der TrinkwV
Cobalt Co	Cobalt tritt in der Erdkruste eher selten und häufig in Verbindung mit Nickel auf. Cobalt ist für Lebewesen essentiell, das erst ab einer ca. 100-fachen Überhöhung der üblichen Tagesdosis toxisch wirkt. Es wird in hochwarmfesten Legierungen und in Farbpigmenten verwendet. Bei pH-Werten über 6 wird Cobalt im Boden stark sorbiert, so dass es im Sicker- und Grundwasser nur in Grundwässern mit pH-Werten unter 5 eine gewisse Mobilität aufweist.	An 81 der 1.999 untersuchten Messstellen (4,2 %) wurden Positivbefunde über der MBG von 0,001 mg/l festgestellt, davon lagen 90 % der Werte unter 0,0018 mg/l. Da es für Cobalt keinen Trinkwassergrenzwert oder Schwellenwert in der GrwV gibt, wird der GFS-Wert von 0,002 mg/l als Vergleich herangezogen. Konzentrationen über diesem Wert wurden an elf Messstellen beobachtet. Diese befinden sich hauptsächlich im Industrie- und Siedlungsbereich. Das Maximum von 0,0067 mg/l wird an der landesweit sauersten Quelle gefunden. In einem Fall ergibt sich ein Zusammenhang zum historischen Bergbau.	 Mst. über GFS
Eisen Fe	Eisen ist in vielen Mineralen enthalten und ist neben Aluminium das häufigste Element in der Umwelt. Im Grundwasserleiter liegt es meist als wenig lösliches Eisenoxid oder Eisenoxidhydrat vor. Die Löslichkeit von Eisen hängt vom Redoxpotenzial und vom pH-Wert ab. In sauerstoffarmen Grundwässern liegt Eisen in zweiwertiger, sonst in dreiwertiger Form vor. Anthropogene Verunreinigungen können insbesondere durch Industrieabwässer oder Altlasten bedingt sein. Erhöhte Eisengehalte sind ein Indikator für reduzierende Verhältnisse und weisen auch auf eventuelle anthropogen bedingte organische Verunreinigungen hin.	Von 1.915 untersuchten Messstellen wurden in rund 36 % der Fälle Werte über der Bestimmungsgrenze gemessen. Der Grenzwert der TrinkwV von 0,2 mg/l wird an 169 Messstellen (8,8 %) überschritten. Die meisten Grundwässer mit hohen Eisengehalten liegen im Oberrheingraben zwischen der nördlichen Landesgrenze und dem Kaiserstuhl. In diesem Gebietsstreifen herrschen häufig reduzierende Verhältnisse im Grundwasser, und dementsprechend liegt das Eisen gelöst in zweiwertiger Form vor.	 Mst. über GW der TrinkwV
Kupfer Cu	Kupfer (Cu) kommt relativ häufig z. B. als Kupferglanz oder Kupferkies in Erzen vor. Es ist das am häufigsten verwendete Nichteisenmetall und ist in zahlreichen Legierungen enthalten (Messing, Bronze). Es findet in der Elektroindustrie, bei der Galvanisierung, bei der Herstellung von Rohren und Leitungen und als Beizmittel Verwendung. Außerdem wird Kupfer zur Algenbekämpfung in Seen und als Fungizid im Garten-, Obst- und Weinbau eingesetzt. So werden Hopfen und Gemüse (z. B. Kartoffeln, Kraut) vor Fäulnisbefall und Obst vor dem Schorfbefall geschützt. Im Weinbau dient es in der „Bordeauxbrühe“ zur Bekämpfung des falschen Mehltaus. Auch im Ökolandbau wird es eingesetzt.	Von den 1.811 untersuchten Messstellen lagen 90 % der Kupferkonzentrationen unter 0,0028 mg/l (P90). Höhere Konzentrationen bis 0,005 mg/l liegen an 102 Messstellen vor. Die Befunde sind z.T. geogen bedingt, betreffen sowohl den Siedlungs- und Industriebereich wie auch landwirtschaftliche Flächen. Der GFS-Wert von 0,0054 mg/l wird an 57 Messstellen (3,1 %) überschritten. Der Grenzwert der TrinkwV von 2 mg/l wird bei weitem nicht erreicht. Zusammenhänge zum historischen Bergbau, zu Gärtnereien, undichten Abwasseranlagen (u. a. ehemaliges Rieselfeld, Abwassergruben) und Industriebetrieben sind in nur sehr wenigen Fällen zu erkennen.	 Mst. über GFS

Tabelle 2.9-2: Charakterisierung der metallischen Spurenstoffe und Ergebnisse der Untersuchung 2013 bis 2015, Fortsetzung

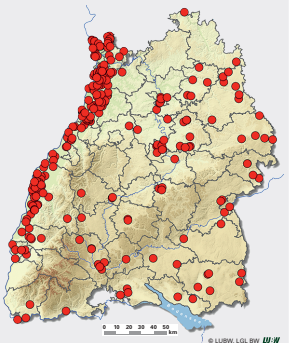


Parameter	Charakterisierung	Ergebnisse der Beprobung 2013 - 2015	Lage der auffälligen Messstellen
Lithium Li	Lithium zählt zu den Alkalimetallen und zeigt ähnliche chemische Eigenschaften wie die anderen Alkalimetalle Natrium und Kalium. In der Natur ist Lithium nur in geringen Konzentrationen zu finden. Die höchsten Werte findet man in glimmerreichen Gesteinen oder auch in Thermalwasservorkommen. Lithium wird u. a. in der Kerntechnik als Reaktorkühlmittel und für die Herstellung von Tritium eingesetzt. Es findet Verwendung als Legierungszusatz und zunehmend auch für die Herstellung von Batterien und Akkumulatoren. Lithium wird in der Medizin auch als Stimmungsstabilisierer eingesetzt.	Es wurden 1.914 Messstellen auf Lithium untersucht. Für Lithium sind keine gesetzlichen Grenz- oder Schwellenwerte festgesetzt. 80 % der Messwerte lagen im Bereich von 0,001 und 0,021 mg/l (zwischen P10 und P90). Höhere Befunde wurden insbesondere bei Messstellen gefunden, die hoch mineralisierte Tiefengrundwässer erschließen. Hier finden sich z. T. auch sehr hohe Strontium-, Calcium- und / oder Natriumgehalte. Die gefundenen Lithium-Gehalte sind überwiegend geogenen Ursprungs, z. B. in den Keuperlandschaften und bei aufsteigenden Tiefenwässern im Oberrheingraben.	Entfällt
Mangan Mn	Mangan ist ein ubiquitäres und essentielles Metall, meist als Begleiter von Eisenerzen. Manganhaltige Minerale sind z. B. Braunstein (MnO ₂), Braunmanganerz (MnO(OH)), Braunit (3Mn ₂ O ₃ •MnSiO ₃), Hausmannit (Mn ₃ O ₄), Manganspat (MnCO ₃). Die Verwitterung und die redoxchemischen Reaktionen des Mangans verlaufen ähnlich wie beim Eisen. Gewöhnlich ist der Mangangehalt in Grundwässern geringer als der Eisen-gehalt. Mangan wird aber in sauerstoffarmen Gewässern bereits bei schon weit höheren Sauerstoffgehalten bzw. höheren Redoxpotenzialen gelöst als Eisen.	Von den untersuchten 1.946 Messstellen wurden in rund 22 % der Fälle Werte über der Bestimmungsgrenze gemessen. Der Grenzwert der TrinkwV von 0,05 mg/l wurde an 262 Messstellen (13,5 %) überschritten. Die meisten Grundwässer mit hohen Mangangehalten liegen im Oberrheingraben in einem Gebietsstreifen zwischen der nördlichen Landesgrenze und dem Kaiserstuhl. Dort herrschen häufig reduzierende Verhältnisse im Grundwasser, und dementsprechend liegt das Mangan gelöst in zweiwertiger Form vor.	 Mst. über GW der TrinkwV
Molybdän Mo	Molybdän ist in der Erdkruste nur in geringen Anteilen in sulfidischen Lagerstätten zu finden. Es ist ein Bestandteil von Erdöl. In magmatischen Gesteinen tritt es nur selten auf. Molybdän wird für die Herstellung von Stählen und Legierungen sowie als Farbpigment, als Schmiermittel und auch in Düngemitteln verwendet. Im Boden und im Wasser liegt Molybdän unter reduzierenden Bedingungen vierwertig und unter oxidierenden Bedingungen sechswertig vor. Molybdän hat eine gute Löslichkeit und Mobilität im Wasser, was allerdings durch die häufige Bildung von Metallmolybdaten begrenzt wird.	Es wurden 1.946 Messstellen auf Molybdän untersucht. An 20,8 % der Messstellen war Molybdän über der Bestimmungsgrenze 0,0005 mg/l zu finden. Es gibt keine gesetzlichen Grenz- oder Schwellenwerte für Molybdän, von der LAWA wurde ein GFS-Wert von 0,035 mg/l festgelegt. Dieser Wert wurde mit 0,36 mg/l nur an einer einzigen Messstelle im Firmenbrunnen eines molybdänverarbeitenden Betriebs überschritten. Die zweithöchste Konzentration war 0,016 mg/l in einem metallverarbeitenden Betrieb. An allen anderen Messstellen lagen die Molybdänkonzentrationen unter 0,01 mg/l.	 Mst. über GFS
Nickel Ni	Als natürlicher Bestandteil ist das meist zweiwertige Nickel vor allem in sulfidischen Erzen enthalten. Niedrige pH-Werte, das Vorhandensein organischer Verbindungen und reduzierende Verhältnisse erhöhen die Löslichkeit von Nickelverbindungen, was z. B. zu erhöhten Konzentrationen in moorigen Bachwässern führt. Nickel wird häufig als Legierungsbestandteil sowie in nahezu allen Technikbereichen verwendet.	Von den 1.926 auf Nickel untersuchten Messstellen wurde an einer Messstelle mit einer Nickelkonzentration im Grundwasser von 0,0202 mg/l der Grenzwert der TrinkwV von 0,02 mg/l überschritten. Ursache sind hier offenbar Abwasser-einflüsse aus einem benachbarten Abwasserkanal und / oder aus einem Regenüberlaufbecken. Bei mehreren weiteren Fällen mit erhöhten Nickelkonzentrationen liegen die Messstellen auf dem Betriebsgelände metallverarbeitender Unternehmen.	 Mst. über GW der TrinkwV

Tabelle 2.9-2: Charakterisierung der metallischen Spurenstoffe und Ergebnisse der Untersuchung 2013 bis 2015, Fortsetzung



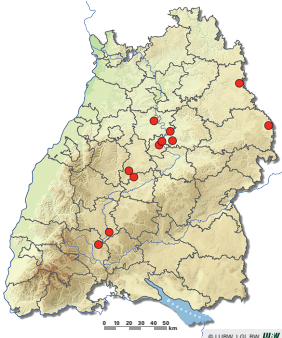
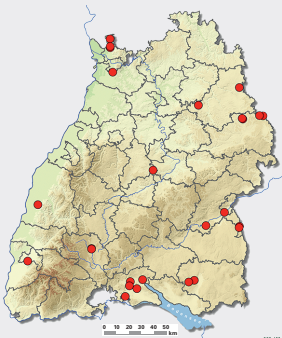
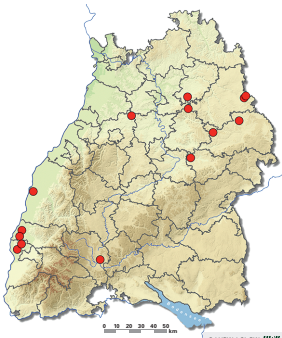
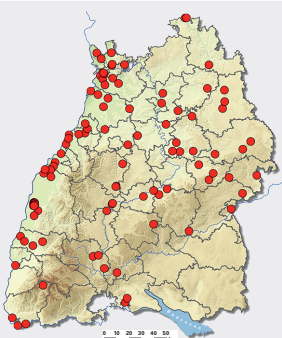
Parameter	Charakterisierung	Ergebnisse der Beprobung 2013 - 2015	Lage der auffälligen Messstellen
Quecksilber Hg	Quecksilber und seine Verbindungen kommen in der Natur in zahlreichen Formen vor. Am häufigsten tritt es als Zinnober (HgS) auf. Nur selten findet man es gediegen als elementares Quecksilber, das als einziges Metall unter Normalbedingungen flüssig ist. Verwendet wird Quecksilber beispielsweise für Thermometer, Batterien und zahlreiche andere elektrotechnische Bauteile, als Katalysator für technische Prozesse und früher auch als Fungizid in der Landwirtschaft sowie zum Imprägnieren von Holzpfählen für Telegrafmasten und Hopfenstangen. Quecksilber ist bei inhalativer Einnahme hochtoxisch.	An insgesamt 1.919 Messstellen wurde Quecksilber untersucht. Es wurden drei Positivbefunde und zwei Überschreitungen des Schwellenwerts der GrwV von 0,0002 mg/l festgestellt. Bei diesen Messstellen handelt es sich u. a. um Standorte an einer Deponie und an traditionsreichen Industriestandorten, an denen früher und heute im Rahmen der Edelmetallverarbeitung Galvanotechnik betrieben wurde. Die Standorte sind auch als Altstandorte mit Belastungen durch Chlorierte Kohlenwasserstoffe bekannt.	 Mst. über SW der GrwV
Selen Se	Selen kommt in mehreren Modifikationen vor, wobei die metallische die stabilste ist. Selen wird als Nebenprodukt bei der elektrolytischen Kupfer- und Nickelherstellung gewonnen. Selen ist essentieller Bestandteil der Aminosäure Selenocystein und wird als Nahrungsergänzungsmittel angeboten.	An 13 % der 1.950 Messstellen wurde Selen nachgewiesen. An zwei Messstellen war der Grenzwert der TrinkwV von 0,01 mg/l überschritten, dabei handelt es sich in einem Fall um ein Tiefenwasser, im anderen Fall um den Beregnungsbrunnen einer Gärtnerei.	 Mst. über GW der TrinkwV
Silikat SiO ₂	Silizium kommt in Gesteinen in Verbindungen mit den Elementen Kalium, Natrium, Calcium, Magnesium, Aluminium und Eisen als Oxid und Silikat vor. Diese Verbindungen bilden die mineralogische Hauptmasse der Gesteine und deren Verwitterungsprodukte. Die Erdkruste besteht zu 90% aus Silikaten. Freies Silizium kommt in der Natur nicht vor, sondern nur als Siliziumdioxid (SiO ₂ , Quarz), das den Hauptbestandteil von Granit, Gneisen und Sandstein bildet. In Organismen kommt SiO ₂ als Stützsubstanz vor, z. B. in Gräsern, Getreide, Röhricht, Kieselschwämmen und Kieselalgen. Silikat im Wasser ist vorwiegend geogen. Natürliche Wässer enthalten meist zwischen 1 und 30 mg/l SiO ₂ . Höhere Silikatgehalte werden in Thermalwässern und in Grundwässern mit hohen pH-Werten gemessen.	Als am häufigsten in der Erdkruste vorkommendes Spurenmetall wurde Silikat im Grundwasser in allen 1.953 Messstellen gefunden. Die Silikat-Konzentrationen lagen bei 80 % der 1.953 untersuchten Messstellen zwischen 6,0 und 14,0 mg/l. Die Spitzenwerte gingen bis 38,2 mg/l. Es gibt keine Qualitätsnormen.	Entfällt
Strontium Sr	Strontium gehört zu den Erdalkalimetallen und kommt in Sedimenten häufig als Carbonat und als Sulfat vor. In Magmatiten ersetzt es teilweise Calcium und Kalium in den Silikatmineralen. Allgemein findet man erhöhte Konzentrationen in Feldspäten, Evaporiten und Carbonaten. Neben drei stabilen Isotopen (Sr-84, Sr-86, Sr-88) gibt es eine Reihe radioaktiver Isotope, wobei die größte Halbwertszeit bei Sr-90 mit 29 Jahren liegt. Strontium-Verbindungen gelten als ungiftig, falls keine radioaktiven Isotope beteiligt sind. Die Gehalte im Grundwasser sind meist geogen bedingt.	Bei einer Bestimmungsgrenze von 0,05 mg/l wurde an fast allen der 1.913 Messstellen Strontium gefunden, dabei liegen 80 % der Befunde zwischen 0,068 und 0,9 mg/l. Die Spitzenwerte gehen bis 12,7 mg/l. Es gibt keine gesetzlichen Grenz- oder Schwellenwerte. Erhöhte Gehalte findet man insbesondere im Keuperbergland und im Muschelkalk.	Entfällt

Tabelle 2.9-2: Charakterisierung der metallischen Spurenstoffe und Ergebnisse der Untersuchung 2013 bis 2015, Fortsetzung

Parameter	Charakterisierung	Ergebnisse der Beprobung 2013 - 2015	Lage der auffälligen Messstellen
Thallium TI	Thallium (TI) tritt in der Erdkruste nur in geringen Mengen als Begleitelement von kaliumhaltigen Gesteinen auf. Es fällt bei der Verhüttung von Kupfer-, Blei- und Zinkerzen an. Die technische und wirtschaftliche Bedeutung ist eher gering. Im Grundwasser kommt es überwiegend in der einwertigen Form vor. Thallium und seine Verbindungen sind hochtoxisch.	Von den 1.949 untersuchten Messstellen wurden an 14 Messstellen Positivbefunde von 0,0002 bis 0,0008 mg/l festgestellt. Es gibt keine gesetzlichen Grenz- oder Schwellenwerte. Der GFS-Wert der LAWA wurde von 0,0008 mg/l auf 0,0002 mg/l abgesenkt, nunmehr liegen elf Messstellen darüber.	 Mst. über GFS
Uran U	Uran ist ein ubiquitäres, in geringen Konzentrationen auftretendes Schwermetall. Besonders in sauerstoffreichen Oberflächengewässern oder oberflächennahen Grundwässern geht sechswertiges Uran sehr stabile Komplexe (z. B. $UO_2(CO_3)_3^{4-}$) ein. Uran tritt natürlich in drei Isotopen auf, wovon U-238 mit einer Halbwertszeit von 4,5 Mrd. Jahren das häufigste und das beständigste ist. Neben der energie- und wafentechnischen Nutzung wird abgereichertes Uran (U-238) als Werkstoff in der Flugzeugindustrie sowie als Zuschlagstoff für Katalysatoren und Stähle verwendet. Eine weitere Nutzung ist die Färbung von Gläsern und Porzellan glasuren. Da in letzter Zeit vermehrt auf Phosphatvorkommen mit höheren Urangelhalten zurückgegriffen werden muss, besteht die Gefahr, dass Uran über mineralische Phosphatdünger in die Umwelt gelangt. Erhöhte Urangelhalte treten beispielsweise im Buntsandstein und im Gipskeuper auf. Das chemisch-toxische Potenzial zur Schädigung der Niere ist etwa fünfmal so hoch wie das radiologische.	Uran wurde an 1.949 Messstellen untersucht. An fast zwei Drittel der Messstellen wurde Uran in Konzentrationen über der Mindestbestimmungsgrenze von 0,0005 mg/l gefunden. Dabei lagen 80 % der Messwerte zwischen der Mindestbestimmungsgrenze und rund 0,003 mg/l. Für Grundwasser gibt es keinen Schwellenwert in der GrwV, für Trinkwasser wurde ein Grenzwert von 0,01 mg/l festgesetzt. Wendet man diesen Wert hilfsweise auf das Grundwasser an, wäre dieser an 26 Messstellen (= 1,3 %) überschritten. Uranbefunde im Grundwasser sind in erster Linie geogenen Ursprungs und damit regional unterschiedlich. Geologische Formationen mit erhöhten Urangelhalten sind beispielsweise die quartären Kiese und Sande und der Oberkeuper.	 Mst. über GW der TrinkwV
Vanadium V	Vanadium ist nur zu einem geringen Teil am Aufbau der Erdkruste beteiligt und kommt ähnlich häufig wie Chrom vor. In Eisenerzen tritt es zusammen mit Titan und Phosphor auf. Vanadium ist für Pflanzen und Tiere essentiell, seine Funktion noch nicht genau geklärt ist. Es wird überwiegend in der Metallindustrie als Legierungszusatz verwendet. Vanadiumsalze werden auch zur Herstellung von Farbpigmenten eingesetzt. Das Vorkommen erhöhter Vanadiumgehalte in Gewässern ist meist anthropogen bedingt.	Es wurden 1.947 Messstellen untersucht. An rund 80 % der Messstellen wurde bei einer MBG von 0,0005 mg/l kein Vanadium gefunden. Die Maximalwerte gehen bis 0,0206 mg/l. Es gibt keine gesetzlichen Grenz- oder Schwellenwerte. Der von der LAWA genannte GFS-Wert von 0,004 mg/l wird an 14 Messstellen überschritten. Die meisten Vanadiumkonzentrationen über 0,001 mg/l sind geogenen Ursprungs und in Grundwässern im höheren Keuper und in Gipskeuper zu finden.	 Mst. über GFS
Zink Zn	Zink kommt in der Natur relativ häufig vor. Hauptsächlich als Zinkblende (ZnS) bildet es Erzlagerstätten. Zink kann Fe und Mg in den Silikatgittern von Mineralen ersetzen. Zinkblende kommt vielfach in Erguss- und metamorphen Gesteinen vor und ist häufig mit Blei und Cadmium vergesellschaftet. Kohle, Bitumen und Öl enthalten höhere Mengen an Zink. Der Zinkgehalt des Grundwassers wird überwiegend von der Verfügbarkeit im Untergrund bestimmt und ist z. B. im Bereich von Erzgängen oft erhöht. Zink wird als Werkstoff oder als Korrosionsschutz verwendet und kann daher im Wasser auch anthropogenen Ursprungs sein.	Bei etwa einem Drittel der 1.858 untersuchten Messstellen wurde Zink in Konzentrationen über der MBG von 0,01 mg/l gefunden. Es gibt keine gesetzlichen Grenz- oder Schwellenwerte für Zink. Der von der LAWA genannte GFS-Wert von 0,06 mg/l wird an 5,2 % der Messstellen überschritten. Darunter sind zahlreiche metallverarbeitende Betriebe.	 Mst. über GFS

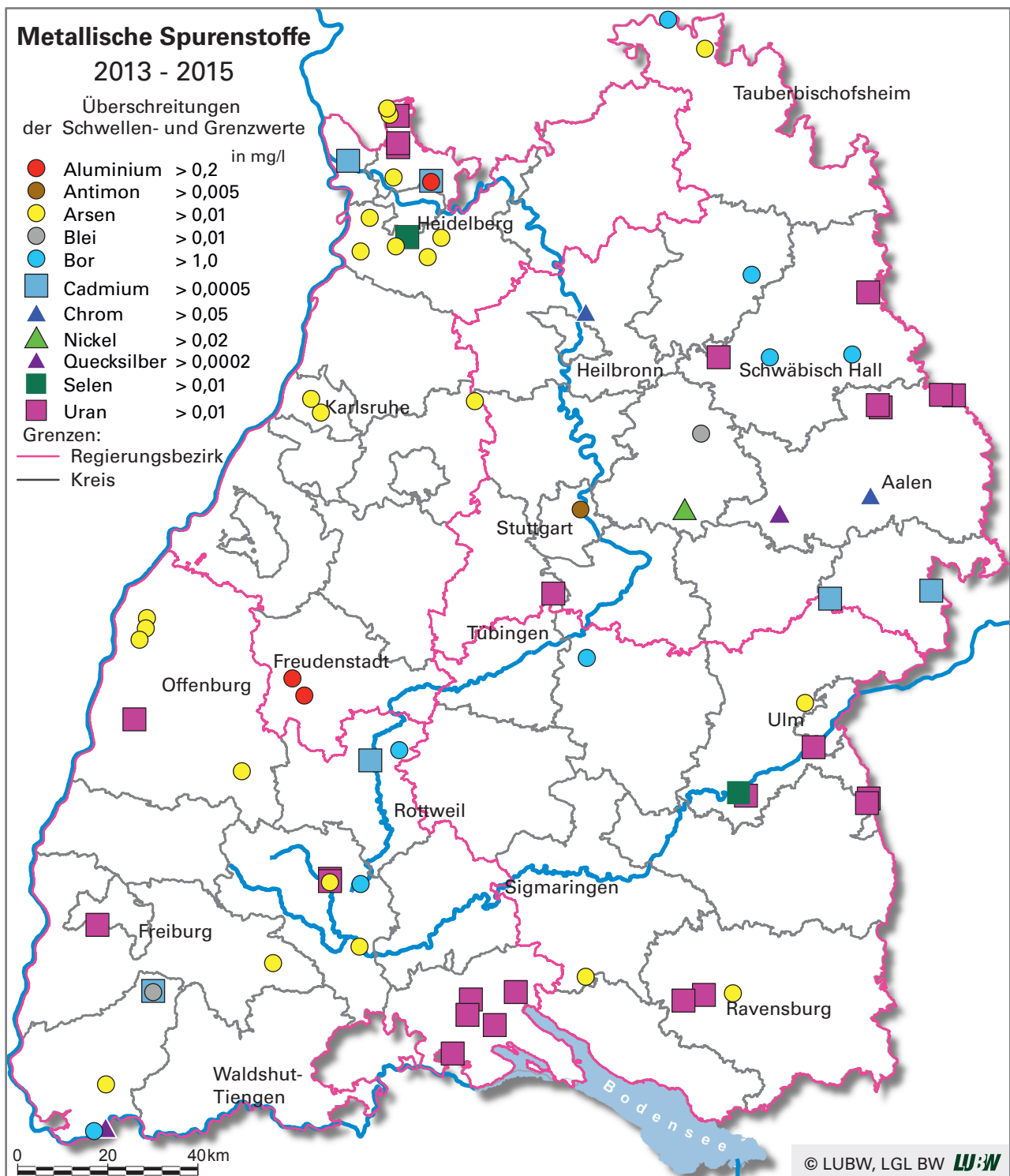


Abbildung 2.9-2: Überschreitungen von Schwellenwerten der GrwV / Grenzwerten der TrinkwV durch ausgewählte metallische Spurenstoffe, Beprobungskampagne 2013 bis 2015; Datengrundlage: Landesmessnetz LUBW, Grundwasserdatenbank, Abfrage 02/2017

2.9.6 Bewertung

In allen Grundwässern sind metallische Spurenstoffe in unterschiedlich hohen Konzentrationen zu finden. Diese Stoffgehalte sind in den meisten Fällen natürlichen Ursprungs und je nach umgebender geologischer Formation in ihrer Zusammensetzung verschieden. Darüber hinaus können weitere Belastungen auch durch anthropogene

Einträge entstehen, sei es durch Abwässer, die aus undichter Kanalisation ins Grundwasser infiltrieren, oder auch durch Schadensfälle. Von solchen Kontaminationen sind in erster Linie Messstellen betroffen, in deren Einzugsbereichen sich Siedlungen oder Gewerbegebiete mit Firmen befinden, die im weitesten Sinne mit Metallver- und -bearbeitung oder mit der Farbpigmentherstellung zu tun haben.

Versauerungsbedingt werden die Grenzwerte von Al, Co und Cd an ein bis drei Quellen überschritten.

Hinsichtlich des zeitlichen Trends ist tendenziell festzustellen, dass die anthropogen verursachten Belastungen über die Jahre zurückgegangen sind. Bei den geogen verursachten Stoffgehalten sind erwartungsgemäß keine Veränderungen zu beobachten.

Von den insgesamt 24 untersuchten metallischen Spurenstoffen sind für 14 aufgrund ihrer Toxizität Schwellen- oder Grenzwerte festgelegt. Zusammenfassend sind die Überschreitungen von 11 Stoffen in Abbildung 2.9-3 dargestellt, die jeweiligen Ursachen sind in Tabelle 2.9-2 beschrieben. Bei Kupfer trat keine Überschreitung auf. Bei Eisen und Mangan wurden die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung aus technischen Gründen festgesetzt, auf eine Darstellung der Überschreitungen wird daher an dieser Stelle verzichtet. Hinsichtlich der geographischen Verteilung der metallischen Spurenstoffe sei auf den „Atlas des Grundwasserzustands in Baden-Württemberg“ [LfU 2001] verwiesen.

Als Fazit lässt sich feststellen, dass die Belastung des Grundwassers mit metallischen Spurenstoffen überwiegend natürlicherweise durch die Untergrundbeschaffenheit oder durch Schadensfall bedingt ist und in der Fläche für das Grundwasser kein Problem darstellt.

2.10 Berichtspflichten

2.10.1 EU-Nitratmessnetz (Teilmessnetz Landwirtschaft des EUA-Messnetzes)

Gemäß Artikel 10 der Richtlinie 91/676/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen ist die Bundesrepublik Deutschland verpflichtet, am Ende jedes Vierjahreszeitraums einen Bericht vorzulegen, der die im Anhang V der Richtlinie geforderten Informationen enthält. Dazu waren Mitte der 1990er Jahre in der gesamten Bundesrepublik etwa 200 Messstellen und für Baden-Württemberg flächenproportional dementsprechend 20 Messstellen danach auszuwählen, dass die Wirksamkeit von Aktionsprogrammen gemäß EG-Nitratrichtlinie systematisch erkennbar ist. Es handelte sich hierbei um ein nicht flächenrepräsentatives Belastungsmessnetz, d. h. es

umfasste nur landwirtschaftliche beeinflusste Messstellen, die eine höhere Belastung aufwiesen.

Die 1. Mitteilung der Bundesrepublik Deutschland an die Europäische Kommission („EU-Nitratbericht“) erfolgte 1996, inzwischen wurde 2016 der 6. Bericht vorgelegt (www.bmub.bund.de/fileadmin/Daten_BMU/Download_PDF/Binnengewasser/nitratbericht_2016_bf.pdf). Der Bericht wird gemeinsam von Bundesumweltministerium und Bundeslandwirtschaftsministerium erstellt, wobei der wasserwirtschaftliche Teil mit den von den Ländern gemeldeten Nitratdaten von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) erarbeitet wird. Binnen sechs Monate nach Erhalt der Berichte der Mitgliedsstaaten muss die Kommission einen zusammenfassenden Bericht erstellen und ihn dem Europäischen Parlament und dem Rat übermitteln.

Das Messnetz wurde 2014/2015 durch die LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) überarbeitet, u. a. weil sich die Zahl der Messstellen zwischenzeitlich durch zahlreiche Ausfälle auf 162 verringert hatte und somit erheblich niedriger lag als in den meisten anderen Mitgliedsstaaten. Dies hatte auch die Kommission in ihrem Bericht über die Nitratberichterstattung 2012 kritisch festgestellt. Daher waren das Messnetz zu erweitern und die Einträge der Landwirtschaft repräsentativ abzubilden, d. h. es umfasst landwirtschaftlich beeinflusste Messstellen aller Belastungsklassen. Gleichzeitig sollte auch eine Kohärenz zu dem für die gesamte Bundesrepublik repräsentativen EUA-Messnetz (Kap. 2.10.2) hergestellt werden.

2.10.2 EUA-Messnetz

Seit 1997 sind ausgewählte Daten einer repräsentativen Auswahl von Grundwassermessstellen an die Europäische Umweltagentur (EUA) in Kopenhagen zu melden. Für die Bundesrepublik wurden damals rund 800 Messstellen zu benannt, Baden-Württemberg war mit einem Zehntel der Fläche mit 80 Messstellen vertreten. Ende 1999 wurde der „Austausch von Grundwasserdaten“ im Rahmen der „Verwaltungsvereinbarung über den Datenaustausch im Umweltbereich zwischen Bund und Ländern – Anhang II.12.04“ detailliert geregelt. Neben Messstellennummer und Bezeichnung sind seitdem die Koordinaten sowie Angaben zu Filterstrecke, Messstellenart, vorrangige Landnutzung und einige weitere Stammdaten für jede Messstelle bereitzustellen.

len. Einmal jährlich sind die Messwerte an das Umweltbundesamt zu übermitteln, das seinerseits die Daten an die EUA meldet. Die Messwerte umfassen ein Grundprogramm mit den wichtigsten physikalisch-chemischen und chemischen Parametern sowie die Sonderprogramme LHKW, PSM und Spurenmetalle. Die Daten werden direkt aus der Grundwasserdatenbank im vorgegebenen Datenformat ausgelesen.

Wie bereits erwähnt, wurde das EUA-Messnetz zusammen mit dem EU-Nitratmessgesetz 2014/2015 nach folgenden Kriterien neu konzipiert:

- Die ausgewählten Messstellen sollen die Verteilung der Landnutzungen (Siedlung, Wald, Grünland, Acker und Sonderkulturen) in den Bundesländern und somit auch in Deutschland repräsentativ abbilden. Die Anzahl der Messstellen in den einzelnen Bundesländern ergibt sich aus ihrer Flächengröße.
- Messstellen sollen möglichst im oberflächennahen Grundwasserleiter ausgebaut, gleichmäßig über das Land verteilt sein, und die regionale Verteilung der Nitratbelastung im Grundwasser soll repräsentativ wiedergegeben werden.

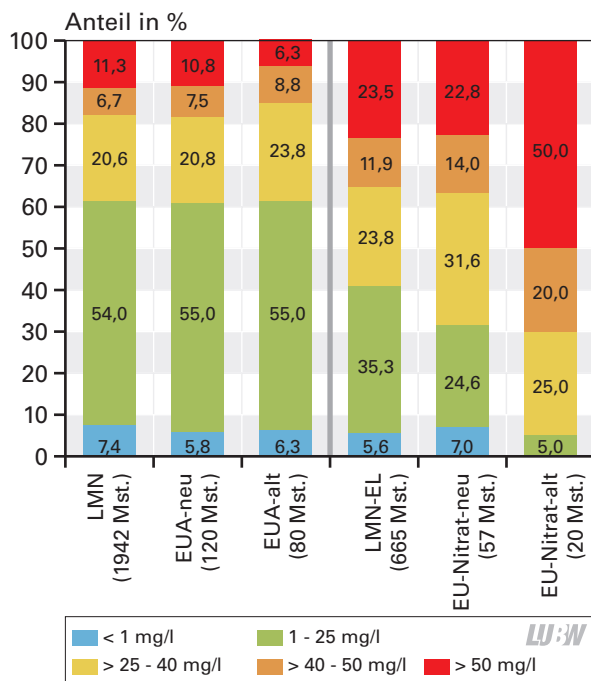


Abbildung 2.10-1: Vergleich der Konzentrationsverteilungen des gesamten Landesmessnetzes (LMN) mit den neuen und alten EUA-Messnetzen sowie des Emittentenmessnetzes Landwirtschaft LMN-EL mit den alten und neuen EU-Nitratmessnetze; Datenbasis: Mittelwerte Nitrat 2008-2011, Konzentrationsklassen nach Vorgabe EU.

- Soweit möglich sollten die alten EUA- und EU-Nitratmessstellen in das neue Messnetz übernommen werden. Bei neu hinzugekommenen Messstellen sollten die Messreihen mindestens bis ins Jahr 2008 zurück reichen.

Aus diesen Vorgaben und den zur Verfügung stehenden Messstellen ergab sich für Deutschland eine Anzahl von rund 1.200 Messstellen und eine Messnetzdichte von ca. 3,5 Messstellen/1000 km². Das neue EUA-Messnetz gibt damit einen repräsentativen Überblick über die Belastung des Grundwassers mit Nitrat in Deutschland über alle Landnutzungen. Bezogen auf Baden-Württemberg umfasst das EUA-Messnetz 120 Messstellen und davon der Teil EU-Nitratmessnetz 57 Messstellen. In Abbildung 2.10-1 sind altes und neues EUA-Messnetz sowie altes und neues EU-Nitratmessnetz dem von der LUBW betriebenen Gesamtmessnetz und dem landesweiten Emittentenmessnetz Landwirtschaft gegenübergestellt.

2.10.3 Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI) und Faltblatt des Statistischen Landesamtes

Die Länderinitiative Kernindikatoren (LIKI), eine Arbeitsgemeinschaft von Umweltbehörden der Länder sowie dem Umweltbundesamt und dem Bundesamt für Naturschutz,

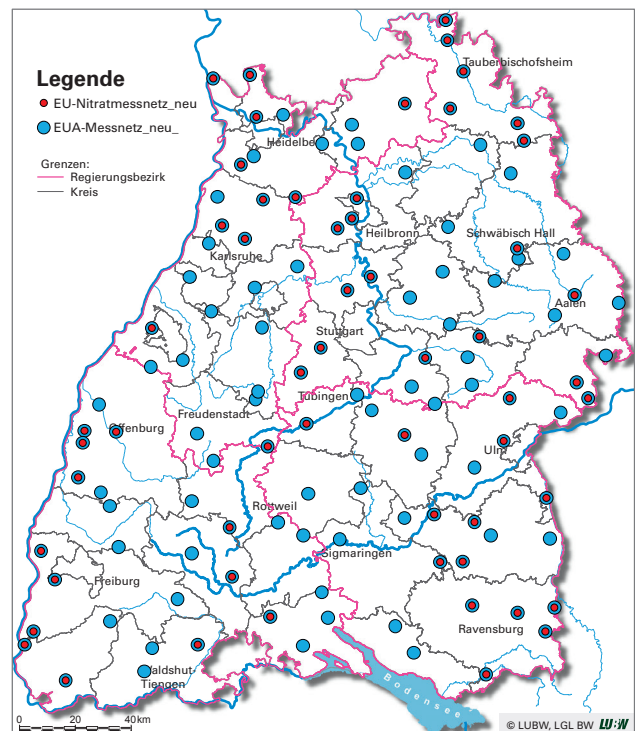


Abb. 2.10-2: Räumliche Verteilung der Messstellen von EU-Nitratmessnetz und EUA-Messnetz

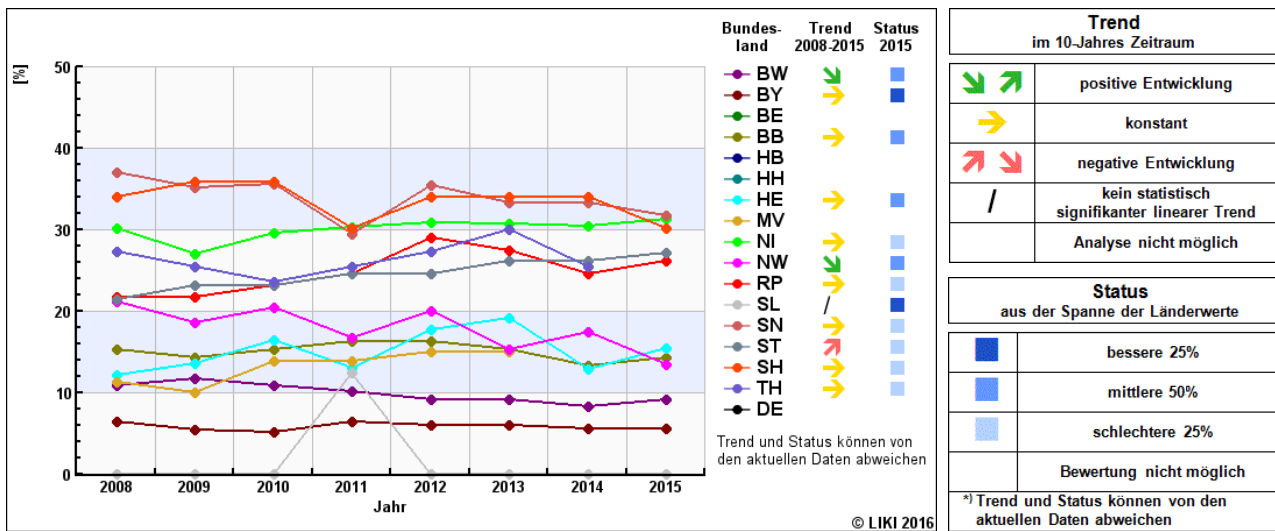


Abbildung 2.10-3: Anteil der Messstellen mit Nitratgehalten über 50 mg/l; (Quelle: <http://www.lanuv.nrw.de/liki/index.php?indikator=25&aufzu=0&mode=indi>)

hat 24 Umweltindikatoren entwickelt, um den Zustand der Umwelt zu beschreiben und zu verfolgen, das notwendige gemeinsame Verständnis über Nachhaltigkeit zu fördern und die Kommunikation zu verbessern. Die Länderdaten werden zentral in einer Datenbank gepflegt. Der Vorsitz von LIKI wechselt alle drei Jahre innerhalb der Bundesländer. Bis Oktober 2017 ist das Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen federführend (<http://www.lanuv.nrw.de/liki>).

Für Grundwasser wird der Indikator C5 „Nitratgehalt des Grundwassers“ verwendet, bei dem der Anteil der Messstellen mit Überschreitung des Schwellenwerts der Grundwasserverordnung von 50 mg/l und eines „Frühwarnwerts“ von 25 mg/l dargestellt werden. Datengrundlage bis 2015 waren die Daten des „alten“, ab 2016 sind es die Daten des „neuen“ EUA-Messnetzes, die von den Ländern rückwirkend bis 2008 zur Verfügung gestellt wurden.

Der Indikator „Nitratgehalt des Grundwassers“ wird auch in dem jährlich erscheinenden Faltblatt „Daten zu Umwelt – Umweltindikatoren in Baden-Württemberg“ (Abbildung 2.10-4) dargestellt, das die LUBW gemeinsam mit dem Statistischen Landesamt veröffentlicht. Dort sind zusätzlich zu den Überschreitungsquoten von 50 und 25 mg/l noch die Jahresmittelwerte Nitrat eingetragen (Abbildung 2.10-5).



Abbildung 2.10-4: Faltblatt des Statistischen Landesamtes 2016 (Quelle: <http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/265838/> und <https://www.statistik-bw.de/Presse/Pressemitteilungen/2017036>)

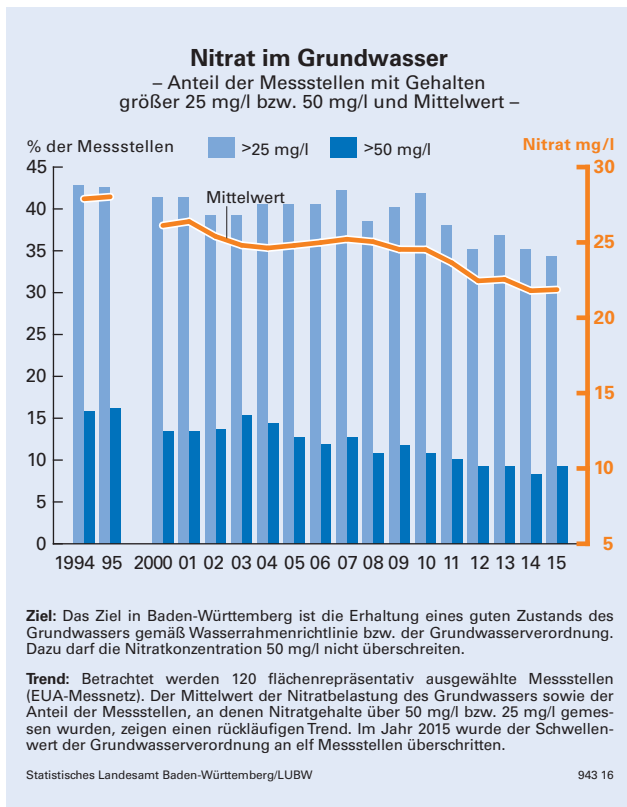


Abbildung 2.10-5: Indikator „Nitrat im Grundwasser“
 (Quelle: <http://www4.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/265838/> und <https://www.statistik-bw.de/Presse/Pressemitteilungen/2017036>)

2.10.4 PSM-Meldung an UBA

Pflanzenschutzmittel (PSM) dürfen in der Bundesrepublik Deutschland nur in Verkehr gebracht werden, wenn sie vom Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) im Einvernehmen mit dem Umweltbundesamt (UBA) und dem Bundesinstitut für Risikobewertung

(BfR) zugelassen sind. Im Rahmen des Zulassungsverfahrens sind zahlreiche Fragen zu Stoffeigenschaften, Anwendungsbedingungen, potenzieller Wassergefährdung etc. zu klären sowie durch Modellrechnungen und Freilanduntersuchungen zu ergänzen.

Andererseits liefern die PSM-Daten der Länder aus dem Grundwassermonitoring wichtige Erkenntnisse aus der Praxis. Dazu werden die Länderbefunde in aggregierter Form an das UBA und die Einvernehmensstelle Pflanzenschutz im UBA gemeldet. Ein Meldeverfahren wurde bereits 1989 zwischen dem UBA und der LAWA vereinbart, dann Mitte der 1990er Jahre methodisch überarbeitet und 1998 bundesweit eingeführt. Im Jahr 2010 wurden die Konzentrationsklassen modifiziert, um auch die Ergebnisse der nichtrelevanten Metaboliten sachgerecht darstellen zu können. Anhand dieser jährlichen Meldungen an das UBA und die Einvernehmensstelle Pflanzenschutz werden zunächst die auffälligen PSM-Wirkstoffe identifiziert. In einer zweiten Stufe werden bei den Ländern weitere für das Zulassungsverfahren wichtige Informationen zu den auffälligen Befunden nachgefragt. Der Hersteller wird ggf. aufgefordert, ein Fundaufklärungsverfahren durchzuführen. Die Erkenntnisse aus diesen Fundaufklärungsverfahren fließen in die Risikobewertung und das Risikomanagement im Rahmen des PSM-Zulassungsverfahrens ein. Im Ergebnis kann dies z. B. zu Anwendungsbeschränkungen bis hin zum Widerruf der Zulassung eines Wirkstoffs führen.

Tabelle 2.10-1: Auszug aus der Meldung der Befunde aus dem Landesmessnetz Grundwasser an das UBA und die Einvernehmensstelle Pflanzenschutzmittel am UBA

Wirkstoff bzw. Metabolit	Parameter-Nr. der LAWA	insgesamt untersucht	Anzahl der Messstellen								Gewässertyp	Jahr	Land
			höchster Messwert an der Messstelle										
			< Bestimmungsgrenze	nachgewiesen < 0,05 µg/l	nachgewiesen > 0,05 bis 0,1 µg/l	nachgewiesen > 0,1 bis 1,0 µg/l	nachgewiesen > 1,0 bis 3,0 µg/l	nachgewiesen > 3,0 bis 10,0 µg/l	nachgewiesen > 10,0 µg/l				
2,4,5-T (2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure)	22561	5	5	0	0	0	0	0	0	1	2014	BW	
2,4-DB (4-(2,4-Dichlorphenoxy)buttersäure)	22571	5	5	0	0	0	0	0	0	1	2014	BW	
2,4-D (2,4-Dichlorphenoxyessigsäure)	22521	9	9	0	0	0	0	0	0	1	2014	BW	
2,6-Dichlorbenzamid	23391	1194	1157	7	15	15	0	0	0	1	2014	BW	
p,p'-DDT (p,p'-Dichlordiphenyltrichlorethan)	22141	5	5	0	0	0	0	0	0	1	2014	BW	
alpha-HCH	21101	5	5	0	0	0	0	0	0	1	2014	BW	
Alachlor	21231	5	5	0	0	0	0	0	0	1	2014	BW	
Aldrin	22011	5	5	0	0	0	0	0	0	1	2014	BW	
AMPA (Aminomethylphosphonsäure)	21381	2	2	0	0	0	0	0	0	1	2014	BW	
Atrazin	22311	1197	1140	31	14	12	0	0	0	1	2014	BW	
Azinphos-ethyl	27261	5	5	0	0	0	0	0	0	1	2014	BW	
Azinphos-methyl	27251	5	5	0	0	0	0	0	0	1	2014	BW	
Bentazon	22901	1187	1167	6	5	9	0	0	0	1	2014	BW	
beta-HCH	21151	5	5	0	0	0	0	0	0	1	2014	BW	
Bromacil	22891	1198	1177	4	5	12	0	0	0	1	2014	BW	
Carbofuran	21261	5	5	0	0	0	0	0	0	1	2014	BW	

Tabelle 2.10-2: Datenschemata für Grundwasser

lfd. Nr.	Schablonenname	Kurzname Inhalt	Inhalt
1	GroundwaterBodyGeom	GWBODYGEOM	Grundwasserkörpergeometrie
2	WFD_GroundwaterBodyCharacteristics	WFD_GWBODYCHARACTER	Grundwasserkörper Beschreibung
3	WFD_GroundwaterBodyStatus	WFD_GWBODYSTATUS	Grundwasserkörper Zustand
4	WFD_GroundwaterMonitoringStation	WFD_GWSTN	Messstellen des Grundwassermonitorings
5	WFD_Chemical_Status_GW	WFD_CHEMSTGW	Zustand und Monitoring Chemie GW
17	ChemicalMonitoring	CHEM_MON	Monitoring Oberflächengewässern und Grundwasser - Chemie
18	WFD_WaterBodyExemption	WFD_WBEXEMPT	Fristverlängerungen
19	Impact Driver	IMPDRIVER	Auswirkungen der Belastungen
20	Indicator Gap	INDICATORGAP	Quantitative Indikatoren zur Zielerreichung
21	WFD-Maßnahmenprogramm	WFD_MSRPROG	Maßnahmenprogramm

LUBW

Weiterhin bilden diese Daten die Grundlage für die „Berichte zur Grundwasserbeschaffenheit – Pflanzenschutzmittel“ der LAWA, von denen seit 1997 vier Ausgaben für verschiedene Betrachtungszeiträume erschienen sind. Der neueste Bericht von 2015 umfasst den Zeitraum 2009 bis 2012.

2.10.5 WRRL

Die Dokumentation und Berichterstattung an die EU-Kommission (KOM) zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) erfolgt einerseits schriftlich in Form der Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme¹⁾. Diese werden für die sechs Bearbeitungsgebiete in Baden-Württemberg von den jeweiligen Flussgebietsbehörden nach den Vorgaben eines Redaktionsteams aus Mitarbeitern des Umweltministeriums, der vier Regierungspräsidien und der LUBW erarbeitet. Die Berichterstattung 2015 umfasste für die Oberflächengewässer und das Grundwasser 2.617 Seiten zzgl. der Anhänge mit 1.052 Seiten. Auf weiteren 834 Seiten erfolgte die Berichterstattung mit anderen Ländern im Rahmen von IKSr und IKSD (Internationale Kommission zum Schutz des Rheins bzw. der Donau). Ergänzend zu den Bewirtschaftungsplänen wurden Begleitdokumentationen auf Ebene der 30 Teilbearbeitungsgebiete erstellt, die die einzelnen Maßnahmen detailliert auf

weiteren 2.625 Seiten auflisten. Alle Dokumente zusammen auf Papier hätten ein Gewicht von etwa 35,6 kg.

Andererseits sind die Daten in ihrem Informationsgehalt elektronisch in Form von Datenschemata (templates) und Formularen abzubilden. Die Grundlagen, nach denen die Mitgliedsstaaten die Daten an die KOM zu liefern haben, sind in den CIS-Guidances N°. 21 „WFD Reporting Guidance 2016“²⁾ und N°. 22 „WISE GIS Guidance - Guidance on the reporting of spatial data to WISE“²⁾ festgelegt. In beiden Fällen folgt man dem DPSIR-Ansatz. Die Abkürzung DPSIR steht für die Kausalkette der Einflussgrößen „Driving forces – Pressures – State – Impact – Response“, auf Deutsch „Treibende Kräfte – Belastungen – Zustand – Wirkungen/Auswirkung – Reaktion/Maßnahmen“.

Die nationale Umsetzung der elektronischen Berichterstattung in Deutschland erfolgt über die bei der Bundesanstalt für Gewässerkunde (BfG) angesiedelte Plattform WasserBLICK (Bund-Länder-Informations- und Kommunikationsplattform – <http://www.wasserblick.net>). Datenschemata erfassen hierbei detaillierte Informationen auf Wasserkörperebene, während Formulare die grundlegenden, methodischen Ansätze abbilden oder verlinken. Insgesamt wurden für baden-württembergische Berichterstattung über 1.000.000 Zellen befüllt. Für Grundwasser waren 2016 im Rahmen der Aktualisierung 2015 die in Tabelle 2.10-2 gelisteten Datenschemata von den Ländern an WasserBLICK zu übermitteln.

¹⁾ <http://www4.um.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/123831/> (Abruf 12.06.2017)

²⁾ Übersicht über die CIS-Guidances-Dokumente: http://ec.europa.eu/environment/water/water-framework/facts_figures/guidance_docs_en.htm

WFD Template Definition

Template short name: WFD_Gwbodystatus, Name: WFD_GroundwaterBodyStatus, Geometry type: None

No.	Attribute	Attribute short name	Definition	Type	Obligation	Attribute values	Origin
0.0	TemplateName	TEMPLATE	Name der Schablone. Darf nicht verändert werden	string (24)	Mandatory		Kat.I
1.0	EuropeanCode_GB	EU_CD_GB	Internationaler Schlüssel für den GroundwaterBody. Der Schlüssel setzt sich zusammen aus dem MemberStateCode, dem FeatureClassCode und dem nationalen Schlüssel . Generell: <MemberStateCode>_<FeatureClassCode>_<LAND_CD>_<ID>	string (42)	Mandatory, primary key	WFD-Codelist: MemberStateCode	Kat.I
2.0	RiverBasinDistrictCode	RBD_CD	4-digit code fuer die Flussgebietseinheit.	string (24)	Mandatory	WFD-Codelist: RiverBasinDistrictCode	Kat.I
2.1	WorkAreaCode	WA_CD	4-digit code für die Working Area.	string (24)	Mandatory	WFD-Codelist: WorkAreaCode	Kat.I
2.2	CountryStateCode	LAND_CD	Der CountryStateCode wird in Anlehnung an die Regelungen der DIN EN ISO 3166-1 und DIN ISO 3166-2 aus zwei Alpha-2 Schlüsseln zusammen gesetzt. Der erste Teil des Schlüssels entspricht dem CountryCode, der zweite Schlüsselbestandteil steht für die Verwaltungseinheiten (Bundesland). Für Deutschland sind diese Verwaltungseinheiten vorgegeben. Für andere Länder ist der Alpha-2 Schlüssel (XX) frei wählbar.	string (4)	Mandatory	WFD-Codelist: CountryStateCode	Kat.I
2.4	InsertedWhen	INS_WHEN	Erstellungsdatum des Datensatzes	date (8)	Mandatory	YYMMDD	Kat.I
2.5	InsertedBy	INS_BY	Ansprechpartner	string (15)	Mandatory		Kat.I
2.6	Metadata	METADATA	Der Name der Metadatenfile ist abhängig vom hier erfassten Gebiet. Er kann auf vier verschiedene Arten gebildet werden. Er setzt sich zusammen aus der Kurzbezeichnung für die Schablone, dem CountryStateCode, dem WorkAreaCode oder dem RiverBasinDistrictCode und wird um die Dateinamenserweiterung XML ergänzt. Alle Angaben sind in Grossbuchstaben auszuführen.Schema: <TemplateShortName>_<CountryStateCode><WorkAreaCode>XML or <TemplateShortName><CountryStateCode>_<RiverBasinDistrictCode>.XML or <TemplateShortName>_<CountryStateCode>.XML or <TemplateShortName>_<WorkAreaCode>.XML Beispiel: für Nordrhein-Westfalen für den Niederrhein: COMPATH_DENW_2800.XML für Nordrhein-Westfalen für den Rhein COMPATH_DENW_2000.XML für Nordrhein-Westfalen: COMPATH_DENW.XML für das Gesamtgebiet Niederrhein: COMPATH_2800.XML	string (255)	Mandatory		Kat.I
3.5	QuantitativeStatus	QUANT_STAT	Mengenmäßiger Zustand, GET Elemente	string (1)	Mandatory	WFD-Codelist: StatusCode	Kat.I
3.7	ChemicalStatus	CHEM_STAT	Chemischer Zustand	string (1)	Mandatory	WFD-Codelist: StatusCode	Kat.I

Beispielhaft zeigt Tabelle 2.10-2 die erste Seite der Satzbeschreibung der Datenschaablone „WFD_Gwbodystatus“. Meist besteht eine Beschreibung aus mehreren Seiten. Die überwiegende Zahl der Informationen ist verschlüsselt, die Zusammenstellung der Schlüssellisten umfasst 103 Seiten. Als wichtiges Instrument innerhalb der Länderabstimmung wurde ein „Schablonen-WIKI“ unter Federführung der Stadt Hamburg und von Niedersachsen eingeführt, über das Schablonen-Änderungen der BfG zeitnah angepasst und aktuell gehalten werden können.

3 Statistische Übersichten

3.1 Trendmessnetz (TMN) – Menge - Grundwasser und Quellen (GuQ)

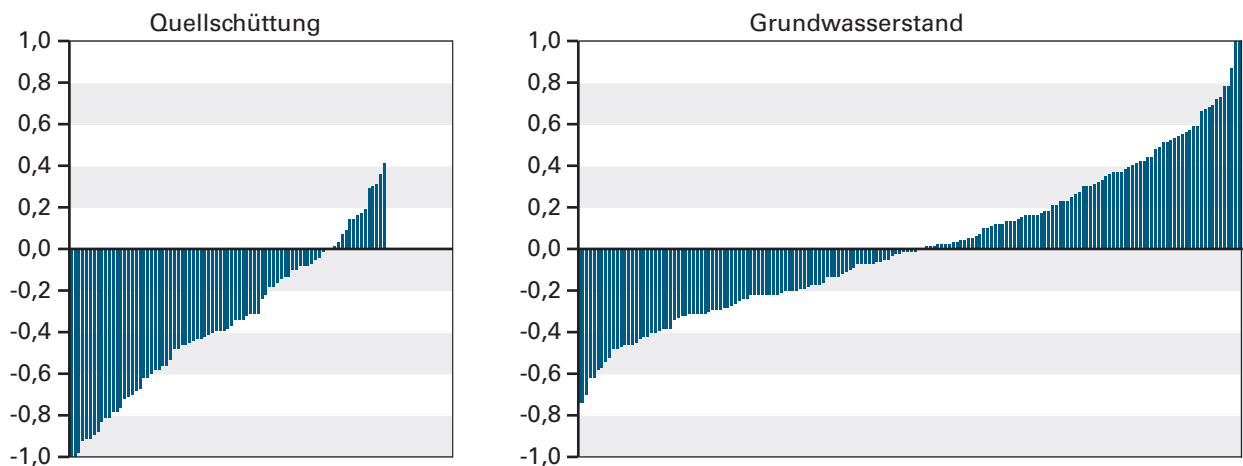
Messnetzziel
Landesweiter Überblick über Zustand und Entwicklungstendenzen der Grundwasservorräte an repräsentativen Grundwasserstands-, Quellschüttungs- und Lysimetermessstellen.

Datengrundlage
Auswahl von 383 repräsentativen und funktionsfähigen Messstellen mit beschleunigter Datenübermittlung: 202 Grundwasserstandsmessstellen (wöchentliche Beobachtung), 149 Quellen (wöchentliche bis monatliche Messung) und 32 Lysimeter (täglicher bis wöchentlicher Turnus).

Normierte Jahresmittelwerte 2016 im langjährigen Vergleich (Zeitraum 1967-2016)

- Die Darstellungen geben einen optischen Eindruck der insgesamt unterdurchschnittlichen Quellschüttungen sowie des demgegenüber ausgeglichenen bzw. mittleren Niveaus der Grundwasserstände des Jahres 2016 im 50-jährigen Vergleich (Zeitspanne 1967-2016). Dazu werden pro Messstelle die 50 Jahresmittelwerte 1967 bis 2016 aufsteigend sortiert. Dem größten Wert wird die Zahl +1, dem kleinsten Wert die Zahl -1 zugeordnet. Der auf dieser Skala „normierte“ Mittelwert von 2016 wird als Säule im Diagramm aufgetragen. Dieses Verfahren wird auf alle Messstellen mit 30 Beobachtungsjahren und mehr angewandt. Die Ergebnisse 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 2016 an Quelle die niedrigste Schüttung und an keiner einzigen Quelle die Höchstschüttung der letzten 50 Jahre zu beobachten war.

Normierte Jahresmittelwerte 2016 im langjährigen Vergleich (seit 1967)



LU:W

Erläuterung: Dargestellt wird pro Messstelle der - gegen den seit 1967 jeweils kleinsten (-1) bzw. größten (+1) Jahresmittelwert - normierte Jahresdurchschnitt im Jahr 2016

Ergebnisse 2016		Baden-Württemberg Trendmessnetz - Grundwasserstand (Auswahl)								
Messstelle	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum 2016		Jahresmaximum 2016		Mittelwert 2016	Trend [cm/Jahr]		
			[m+NN]	Datum	[m+NN]	Datum		[m+NN]	10 Jahre	20 Jahre
110/018-1	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	171,89	04.01.	172,91	11.07.	172,25	1,6	0,7	-0,3
104/019-6	Markgräfler Rheinebene	Quart. Talfüllungen	190,23	17.10.	191	20.06.	190,52	0,9	-0,2	0,2
115/019-6	Markgräfler Rheinebene	Quart. Talfüllungen	182,99	25.01.	183,38	20.06.	183,14	0,1	0,6	-0,3
115/066-9	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	153,09	17.10.	154,69	20.06.	153,65	1,2	0,1	0,7
133/068-0	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	170,92	04.01.	172,23	27.06.	171,43	0,3	0,6	0,3
102/070-7	Freiburger Bucht	Quart. Talfüllungen	216,91	17.10.	218,57	18.04.	217,71	-2,3	-1,2	0,0
104/071-8	Markgräfler Hügelland	Quart. Talfüllungen	252,93	01.02.	256,62	20.06.	254,75	1,1	-1,5	-
102/073-1	Hochschwarzwald	nicht bearbeitet	336,65	26.12.	338,71	20.06.	337,43	-0,5	-0,9	0,9
110/073-8	Dinkelberg	nicht bearbeitet	291,81	04.01.	293,45	20.06.	292,4	1,9	-0,1	-0,3
103/115-2	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	144,63	17.10.	146,07	01.02.	145,16	-0,1	1,2	-1,2
100/119-1	Freiburger Bucht	Quart. Talfüllungen	206,09	19.12.	207,49	20.06.	206,74	1,0	-0,7	-0,4
124/123-1	Dinkelberg	Quart. Talfüllungen	329,36	26.12.	330,26	15.02.	329,69	0,2	-0,1	-0,1
143/161-2	Nördliche Oberrhein-Niederung	Quart. Talfüllungen	114,93	19.12.	115,72	27.06.	115,19	-1,1	0,6	0,6
120/162-0	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	121,02	17.10.	121,75	13.06.	121,36	-0,2	0,2	0,2
157/162-8	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	121,89	04.01.	123,05	20.06.	122,52	-0,3	-0,2	0,1
120/163-1	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	130,44	15.02.	131,2	08.08.	130,85	2,4	-1,0	0,0
113/210-4	Nördliche Oberrhein-Niederung	Quart. Talfüllungen	105,94	04.01.	108,49	20.06.	106,88	1,6	0,1	-0,1
115/211-5	Nördliche Oberrhein-Niederung	Quart. Talfüllungen	109,98	03.10.	111,5	20.06.	110,41	-0,2	0,2	0,1
124/211-6	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	115,71	26.12.	116,49	24.11.	115,96	-1,5	0,0	0,3
160/223-0	Hochrheintal	Quart. Talfüllungen	316,93	04.01.	318,61	20.06.	317,58	0,0	-0,7	-
227/259-1	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	108,78	11.01.	109,14	05.07.	108,97	0,7	-0,1	1,4
150/260-6	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	112,61	04.01.	113,22	27.06.	112,93	-0,5	-0,4	-
119/304-2	Hessische Rheinebene	Quart. Talfüllungen	94,5	25.01.	95,06	27.06.	94,78	2,3	2,3	-
102/305-7	Neckar-Rheinebene	Quart. Talfüllungen	86,78	04.01.	91,09	20.06.	88,34	0,4	-1,3	0,2
104/307-0	Hardtebenen	Quart. Hangschutt	100,21	25.01.	100,78	08.08.	100,5	3,1	-1,0	-0,8
108/308-7	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	106,29	04.01.	106,88	27.06.	106,55	2,2	-0,2	-0,5
101/320-1	Baar	Quart. Talfüllungen	674,61	17.10.	675,58	01.02.	674,91	0,7	-0,1	-0,7
100/321-9	Hegau-Alb	Muschelkalk	683,66	24.10.	685,11	15.02.	684,32	1,2	1,4	-0,1
100/355-1	Bergstraße	Quart. Talfüllungen	96,55	04.01.	97,35	27.06.	96,87	1,7	-3,3	2,4
105/370-3	Hegau-Alb	Quart. Talfüllungen	651,98	04.04.	654,46	30.05.	652,63	-2,5	1,3	3,6
132/422-5	Hegau	Quart. Talfüllungen	418,57	04.01.	419,36	04.07.	419,05	3,0	0,9	-
105/470-3	Donau-Ablach-Platten	nicht bearbeitet	614,64	12.09.	615,3	20.06.	614,97	-2,0	-0,7	-
167/508-9	Neckarbecken	Quart. Talfüllungen	153,72	11.04.	154,25	13.06.	153,9	-2,5	-1,5	-
100/516-6	Mittlere Kuppenalb	Malm Weißjura	689,43	11.01.	692,49	04.07.	690,61	3,8	-4,1	-
100/517-0	Hohe Schwabenalb	Malm Weißjura	680,43	11.01.	688,84	04.07.	683,53	6,6	-6,3	-
20/520-3	Oberschwäbisches Hügelland	nicht bearbeitet	619,5	26.12.	619,62	20.10.	619,57	1,3	-1,9	-
3/568-8	Donau-Ablach-Platten	nicht bearbeitet	524,63	04.10.	525,4	01.02.	524,88	0,2	0,0	-
110/623-5	Oberschwäbisches Hügelland	nicht bearbeitet	411,94	11.01.	413,17	04.07.	412,6	7,0	1,1	-
130/623-6	Bodenseebcken	Quart. Talfüllungen	398,93	04.01.	400,22	20.06.	399,45	2,5	-0,7	-
107/666-2	Mittlere Flächenalb	nicht bearbeitet	517,7	25.01.	525,12	04.07.	521,39	1,2	-0,7	-
148/717-0	Flachland der unteren Riss	nicht bearbeitet	492,56	04.01.	494,39	06.06.	492,94	1,6	0,8	-
125/721-3	Riss-Aitrach-Platten	Quart. Talfüllungen	651,53	04.01.	653,11	27.06.	652,4	3,8	0,2	-
102/762-4	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	500,23	26.12.	504,64	20.06.	502,16	-9,9	-4,3	-0,8
154/767-1	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	507,03	04.01.	508,83	20.06.	507,55	1,0	0,0	-
109/768-9	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	530,29	04.01.	531,32	20.06.	530,62	2,1	-0,1	-0,1
132/768-3	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	517,02	26.12.	517,63	20.06.	517,17	2,9	2,2	0,2
111/769-0	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	552,23	07.11.	553,17	27.06.	552,55	1,3	-0,2	-0,2
104/770-4	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	572,76	12.12.	573,61	27.06.	573,08	2,5	1,6	0,4
177/770-1	Riss-Aitrach-Platten	Quart. Talfüllungen	593,48	04.01.	594,93	27.06.	594,09	0,6	-1,3	-
110/773-2	Westallgäuer Hügelland	Quart. Talfüllungen	713,07	26.12.	715,08	20.06.	714,13	0,7	-0,9	-
102/814-8	Donauried	Quart. Talfüllungen	443,7	04.01.	445,58	30.05.	444,56	1,0	-1,5	-0,8
100/863-0	Ries-Alb	Malm / tief	450,09	27.04.	450,09	27.04.	450,09	4,8	3,0	0,4

Ergebnisse 2016		Baden-Württemberg Trendmessnetz - Quellschüttung (Auswahl)								
Messstelle	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum 2016		Jahresmaximum 2016		Mittelwert 2016	Trend [l/s/Jahr]		
			[l/s]	Datum	[l/s]	Datum		[l/s]	10 Jahre	20 Jahre
600/071-1	Markgräfler Hügelland	Quartär Hangschutt	0,202	09.01.	1,25	04.06.	0,61	0,0	0,0	0,0
600/171-5	Hochschwarzwald	Kristallin	0,02	15.10.	1,25	02.02.	0,392	0,0	0,0	0,0
601/212-5	Nördlicher Talschwarzwald	Buntsandstein	0,534	17.10.	6,571	01.02.	2,593	-0,1	-0,1	0,0
600/263-6	Nördlicher Talschwarzwald	Buntsandstein	3,61	17.10.	14,2	04.04.	8,646	-0,5	-0,4	-0,2
600/268-0	Südöstlicher Schwarzwald	Buntsandstein	2,44	04.01.	23,28	20.06.	9,29	0,1	0,0	0,0
602/320-8	Baar-Alb und Oberes Donautal	Malm Weißjura	0,96	26.12.	6,66	20.06.	3,107	0,0	0,0	0,0
600/407-7	Kraichgau	Höherer Keuper	1,705	04.01.	4,95	08.08.	3,458	-0,2	-0,1	0,0
600/468-4	Baar-Alb und Oberes Donautal	Malm Weißjura	25,5	26.12.	285	27.06.	102,902	-1,3	-3,2	-
602/521-3	Oberschwäbisches Hügelland	Quartär Moränen	0,96	01.01.	11,56	01.07.	3,914	0,1	0,0	0,0
600/554-9	Bauland	Muschelkalk	26,1	31.10.	105,8	22.02.	58,695	-2,5	-0,1	0,0
600/607-8	Hohenloher-Haller-Ebenen	Lettenkeuper	2,191	10.10.	3,498	06.06.	2,839	0,0	0,0	0,0
604/657-0	Kocher-Jagst-Ebenen	Lettenkeuper	0,064	17.10.	1,621	01.02.	0,395	0,0	0,0	0,0
600/665-7	Mittlere Flächenalb	Malm Weißjura	215	17.10.	6361	20.06.	1912,1	-81,1	-47,1	-2,1
601/759-1	Schwäb.-Fränk. Waldberge	Höherer Keuper	1,419	25.01.	3,254	30.05.	2,193	-0,1	-0,1	0,0

3.2 Gesamtmessnetz - Beschaffenheit

Messnetzziel

Landesweiter Überblick über den Ist-Zustand und die Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit

Datengrundlage

Für das Jahr 2016 wurden folgende Daten ausgewertet (Messprogramme siehe Anhang A2):

- Vor-Ort-Parameter und Messprogramm N an 1.773 Landesmessstellen
- Nachmessungen ausgewählter PSM und nicht relevanter Metaboliten an rund 300 Messstellen
- Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC), Süßstoffe und Benzotriazole an rund 600 - 700 ausgewählten Messstellen

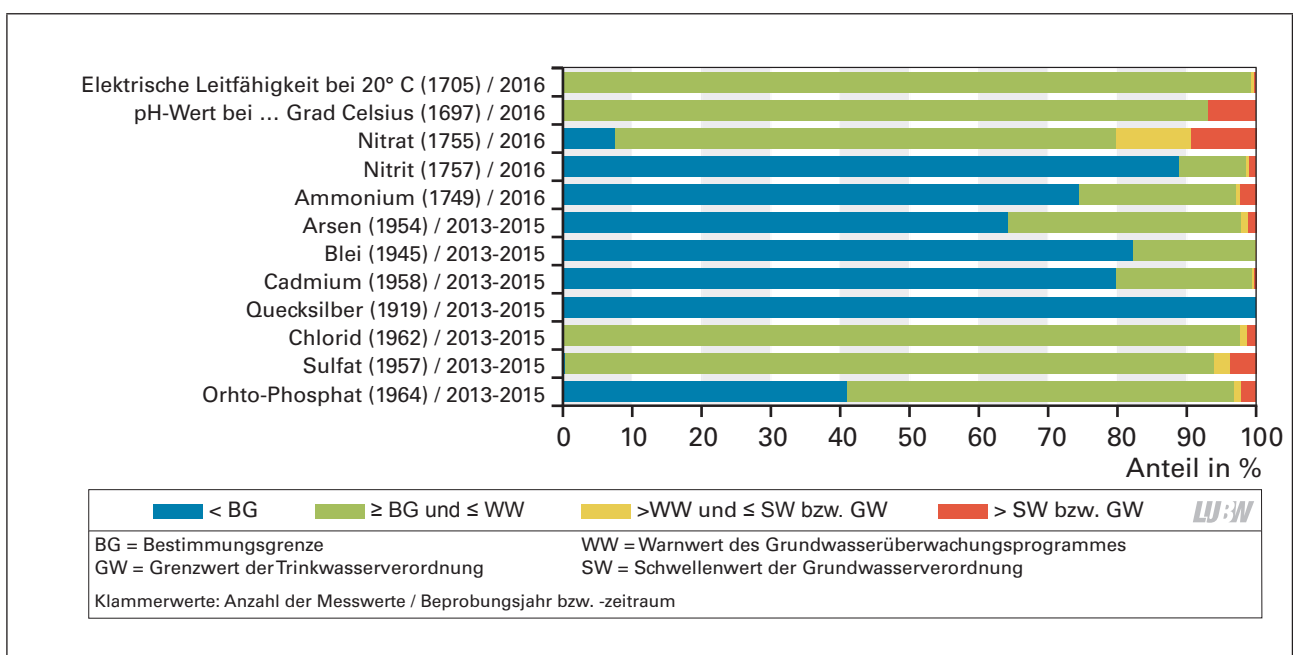
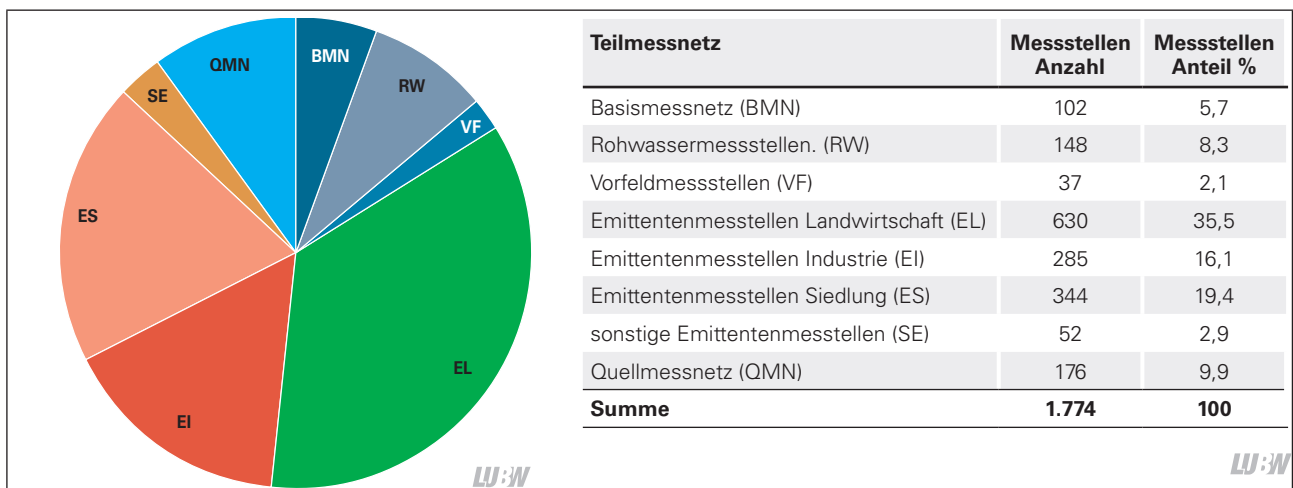


Tabelle 3.2-1: Ergebnisse 2016 – Landesmessnetz LUBW - ALLE: Vor-Ort-Parameter und Messprogramm N

Parameter	Dimension	Anzahl Messstellen	> BG Anzahl	> BG %	> WW Anzahl	> WW %	> GW Anzahl	> GW %	Mittelwert	Min	P10	P50	P90	Max
Temperatur	°C	1680	1680	100	17	1,0	-	-	12,5	6,5	9,8	12,4	15,3	46,1
El. Leitfähigkeit bei 20 °C	µS/cm	1705	1705	100	14	0,8	6	0,4	670	26	248	655	982	4080
pH-Wert bei ...°C	-	1697	1697	100	119	7,0	119	7,0	7,08	4,75	6,69	7,14	7,41	8,89
Sauerstoff	mg/l	1696	1630	96,1	-	-	-	-	5,5	0,1	<0,5	6,1	9,8	12,0
Sauerstoffsättigungsindex	%	1655	1638	99,0	-	-	-	-	54,9	0,3	5,7	60,0	94,0	112,0
Nitrat	mg/l	1755	1624	92,5	355	20,2	165	9,4	22,8	0,1	1,7	18,2	49,0	224,0
Nitrit	mg/l	1757	196	11,2	26	1,5	19	1,1	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,69
Ammonium	mg/l	1749	447	25,6	51	2,9	41	2,3	0,058	0,0100	<0,010	<0,010	0,040	5,490

LUBW

Tabelle 3.2-2: Ergebnisse 2016 Landesmessnetz LUBW: Süßstoffe

Parameter	Dimension	Anzahl Messstellen	> BG Anzahl	> BG %	> WW Anzahl	> WW %	> GW Anzahl	> GW %	Mittelwert	Min	P10	P50	P90	Max
Acesulfam	µg/l	541	290	53,6	-	-	-	-	0,12	0,01	<0,01	0,01	0,19	9,1
Cyclamat	µg/l	540	66	12,2	-	-	-	-	0,01	0,01	<0,01	<0,01	0,01	0,65
Saccharin	µg/l	541	39	7,2	-	-	-	-	0,02	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	2,7
Sucralose	µg/l	541	18	3,3	-	-	-	-	0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,76

LUBW

Tabelle 3.2-2: Ergebnisse 2016 Landesmessnetz LUBW: Benzotriazole

Parameter	Dimension	Anzahl Messstellen	> BG Anzahl	> BG %	> WW Anzahl	> WW %	> GW Anzahl	> GW %	Mittelwert	Min	P10	P50	P90	Max
Benzotriazol	µg/l	540	140	25,9	-	-	-	-	0,04	0,01	<0,01	<0,01	0,04	2,6
4-Methylbenzotriazol	µg/l	541	63	11,6	-	-	-	-	0,02	0,01	<0,01	<0,01	0,01	1,2
5-Methylbenzotriazol	µg/l	541	26	4,8	-	-	-	-	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,54

LUBW

Tabelle 3.2-4: Ergebnisse 2016 Landesmessnetz LUBW: Per- und polyfluorierte Chemikalien

Parameter	Dimension	Anzahl Messstellen	> BG Anzahl	> BG %	> WW Anzahl	> WW %	> GW Anzahl	> GW %	Mittelwert	Min	P10	P50	P90	Max
Perfluorbutanoat (PFBA)	ng/l	554	184	33,2	-	-	-	-	3	1	<1	<1	4	85
Perfluorpentanoat (PFPeA)	ng/l	555	150	27	-	-	-	-	6	1	<1	<1	5	320
Perfluorhexanoat (PFHxA)	ng/l	555	186	33,5	-	-	-	-	6	1	<1	<1	5	331
Perfluorheptanoat (PFHpA)	ng/l	556	120	21,6	-	-	-	-	3	1	<1	<1	2	130
Perfluoroctanoat (PFOA)	ng/l	556	179	32,2	-	-	-	-	8	1	<1	<1	6	1000
Perfluorononanoat (PFNA)	ng/l	556	18	3,2	-	-	-	-	1	1	<1	<1	<1	14
Perfluordecanoat (PFDA)	ng/l	556	7	1,3	-	-	-	-	1	2	<1	<1	<1	21
Perfluorundecanoat (PFUnA)	ng/l	556	4	0,7	-	-	-	-	1	1	<1	<1	<1	2
Perfluordodecanoat (PFDoA)	ng/l	556	4	0,7	-	-	-	-	1	1	<1	<1	<1	3
Perfluortetradecanoat (PFTA)	ng/l	207	0	0	-	-	-	-	1	-	<1	<1	<1	-
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	ng/l	555	204	36,8	-	-	-	-	2	1	<1	<1	4	100
Perfluorpentansulfonat (PFPeS)	ng/l	556	37	6,7	-	-	-	-	1	1	<1	<1	<1	28
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)	ng/l	556	139	25	-	-	-	-	4	1	<1	<1	3	260
Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	ng/l	556	28	5	-	-	-	-	3	1	<1	<1	<1	1000
Perfluoroctansulfonat (PFOS)	ng/l	555	175	31,5	-	-	-	-	5	1	<1	<1	6	530
Perfluordecansulfonat (PFDS)	ng/l	441	1	0,2	-	-	-	-	1	2	<1	<1	<1	2
Perfluoroctansulfonsäureamid (PFOSA)	ng/l	208	1	0,5	-	-	-	-	1	78	<1	<1	<1	78
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonat (H4PFOS) (6:2 Fluorotelomer Sulfonat)	ng/l	556	33	5,9	-	-	-	-	2	1	<1	<1	<1	237
Summe PFC-Komponenten	ng/l	552	318	57,6	-	-	-	-	34	1	<1	2	45	1641

LUBW

Tabelle 3.2-5: Ergebnisse 2013 bis 2015 – Baden-Württemberg: metallische Spurenstoff, Landesmessnetz LUBW

Parameter	Dimen- sion	Anzahl Mess- stellen	> BG		> WW		> SW/GW		Mittel- wert	Min	P10	P50	P90	Max
			Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%						
Aluminium	mg/l	1920	544	28,3	4	0,2	3	0,2	0,006	0,001	<0,002	<0,002	0,007	1,78
Antimon	mg/l	1947	10	0,5	1	0,1	1	0,1	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,007
Arsen	mg/l	1954	701	35,9	42	2,1	23	1,2	0,0012	0,0005	<0,0005	<0,0005	0,002	0,0808
Barium	mg/l	1944	1939	99,7	13	0,7	-	-	0,125	0,003	0,018	0,079	0,279	1,269
Beryllium	mg/l	1949	20	1	-	-	-	-	0,00051	0,0005	<0,00050	<0,00050	<0,00050	0,0022
Blei	mg/l	1945	348	17,9	3	0,2	2	0,1	0,0005	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0010	0,042
Bor	mg/l	1973	1163	58,9	141	7,1	8	0,4	0,047	0,005	<0,010	<0,020	0,08	3,447
Cadmium	mg/l	1958	397	20,3	12	0,6	6	0,3	0,00005	0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00010	0,00338
Chrom	mg/l	1938	1122	57,9	9	0,5	2	0,1	0,003	0,0002	<0,0002	0,0003	<0,0010	4,1192
Cobalt	mg/l	1944	81	4,2	-	-	-	-	0,0006	0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0010	0,0067
Eisen	mg/l	1915	696	36,3	-	-	169	8,8	0,259	0,001	<0,010	<0,010	0,114	17,9
Kupfer	mg/l	1811	1385	76,5	-	-	0	0	0,0016	0,0002	<0,0002	0,0009	0,0028	0,2847
Lithium	mg/l	1914	1708	89,2	-	-	-	-	0,0106	0,001	<0,0010	0,005	0,021	0,5197
Mangan	mg/l	1946	422	21,7	-	-	262	13,5	0,066	0,001	<0,005	<0,010	0,13	4,29
Molybdän	mg/l	1946	404	20,8	-	-	-	-	0,0008	0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0008	0,36
Nickel	mg/l	1840	839	45,6	3	0,2	1	0,1	0,0011	0,0005	<0,0005	0,0007	0,002	0,0202
Quecksilber	mg/l	1919	3	0,2	2	0,1	2	0,1	0,00003	0,00003	<0,00001	<0,00001	<0,00010	0,001
Selen	mg/l	1950	254	13	4	0,2	2	0,1	0,0007	0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0010	0,0116
Silikat	mg/l	1953	1953	100	-	-	-	-	10,1	2	6	10	14	38,2
Strontium	mg/l	1913	1904	99,5	-	-	-	-	0,521	0,006	0,068	0,342	0,9	12,747
Thallium	mg/l	1949	14	0,7	-	-	-	-	0,0004	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0020	0,0008
Uran	mg/l	1949	1310	67,2	38	1,9	26	1,3	0,0015	0,0001	<0,0005	0,0008	0,0028	0,0521
Vanadium	mg/l	1947	383	19,7	-	-	-	-	0,0007	0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0008	0,0206
Zink	mg/l	1858	582	31,3	-	-	-	-	0,028	0,002	<0,010	<0,010	0,035	2,596

LUBW

Tabelle 3.2-6: Ergebnisse 2013 bis 2015 – Baden-Württemberg: Hauptinhaltsstoffe und Summenparameter, Landesmessnetz LUBW

Parameter	Dimen- sion	Anzahl Mess- stellen	> BG		> WW		> SW/GW		Mit- tel- wert	Min	P10	P50	P90	Max
			Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%						
Spektraler Absorptions- koeffizient bei 436nm	1/m	1949	1574	80,8	39	2	32	1,6	0,094	0	0	0,05	0,2	8,3
Säurekapazität bis pH 4,3 bei ...Grad Celsius	mmol/l	1965	1964	99,9	-	-	-	-	5,42	0,08	2,2	5,8	7,4	14,35
Basekapazität bis pH 8,2 bei ...Grad Celsius	mmol/l	1749	1748	99,9	-	-	-	-	0,92	0,05	0,31	0,84	1,59	5,03
Summe Erdalkalien (Gesamthärte)	mmol/l	1961	1961	100	-	-	-	-	3,66	0,03	1,2	3,56	5,44	19,66
Spektraler Absorptions- koeffizient bei 254 nm	1/m	1942	1938	99,8	109	5,6	-	-	2,1	0	0,6	1,3	3,6	64,3
DOC (Kohlenstoff, gelöster organischer)	mg/l	1922	1844	95,9	58	3	-	-	0,9	0,2	0,3	0,6	1,6	19,5
Calcium	mg/l	1961	1960	99,9	24	1,2	-	-	113,8	1,5	37,6	113	166	665,1
Magnesium	mg/l	1969	1965	99,8	179	9,1	-	-	20	0,3	3,6	17,7	38,9	163,9
Natrium	mg/l	1969	1969	100	18	0,9	10	0,5	21	0,5	3,7	11	38,4	4000
Kalium	mg/l	1971	1905	96,7	87	4,4	-	-	3,08	0,2	0,7	1,8	5,9	95,1
Chlorid	mg/l	1962	1962	100	47	2,4	25	1,3	43,3	0,4	5,8	25,3	75,4	7110
Sulfat	mg/l	1957	1954	99,8	120	6,1	74	3,8	70,1	0,7	8	33,8	136	1700
Ortho-Phosphat	mg/l	1964	1162	59,2	65	3,3	44	2,2	0,098	0,005	<0,030	0,035	0,173	6,5
Cyanid, gesamt	mg/l	1930	20	1	19	1	3	0,2	0,01	0,007	<0,010	<0,010	<0,010	0,695
Fluorid	mg/l	1934	1658	85,7	8	0,4	6	0,3	0,133	0,05	<0,050	0,1	0,23	3,3

LUBW

4 Ausblick und Berichtswesen

4.1 Messnetzbetrieb

Im Jahr 2017 stehen bei der landesweiten Zustandserhebung des Grundwassers wieder landwirtschaftstypische Stoffe und Parameter auf dem Programm. Daneben werden die bisher durchgeführten Controllingprogramme für die SchALVO sowie die Untersuchungen im Rahmen verschiedener Berichtspflichten gegenüber dem Bund und der EU weitergeführt (u. a. Nitrit, Nitrat, Ammonium, PSM). An einigen Grundwassermessstellen werden die Langzeituntersuchungen im Hinblick auf die Versauerung fortgesetzt. Weiterhin werden Süßstoffe, Benzotriazole und per- und polyfluorierte Chemikalien untersucht.

4.2 Qualitätsverbesserung

Routinemäßige Qualitätsverbesserungen finden im Bereich der Messstellen-Dokumentation, der Vorgaben zur Probennahme und der Plausibilisierung der Messwerte statt. Dies ist Voraussetzung für eine sachgerechte Bewertung der Daten und damit eine Daueraufgabe.

4.3 Datenverarbeitung

Schwerpunkte für die Entwicklung 2017 werden neben zahlreichen informationstechnischen Infrastrukturmaßnahmen wiederum Erweiterungen und Verbesserungen sein. Für den Bereich Gütemesswerte werden für konsistente Auswertungen Lücken neu bewertet. Gesundheitliche Orientierungswerte, Werte nach Grundwasserverordnung und Geringfügigkeitsschwellenwerte werden eingeführt. Der Aufbau einer Lösung für die zentrale Nutzung der GWDB durch alle Dienststellen wird konsequent fortgeführt.

4.4 Berichtswesen - Internet - weitere Projekte

Auf den Internetseiten der LUBW <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de> sind u. a. unter „Themen - Wasser - Grundwasser“ die jährlichen Berichte „Ergebnisse der Beprobungen“ von 1991 bis 2015 eingestellt. In Papierform sind die Berichte bei der LUBW erhältlich (Adresse siehe Impressum). Daten zu Grundwasserqualität und -menge

der LUBW werden unter dem Titel „Jahresdatenkatalog Grundwasser“ im Internet bereitgestellt (<http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/68854/>). Die Daten lassen sich in Form von Tabellen und/oder Diagrammen darstellen und exportieren.

Im Internet wird seit Mai 2001 unter dem Stichwort **GuQ - Grundwasserstände und Quellschüttungen** über die aktuellen Grundwassermengenverhältnisse in Baden-Württemberg berichtet. Die Seite wird monatlich aktualisiert. Eine landesweite Übersichtskarte zeigt die regionalen Verhältnisse an ausgewählten Messstellen. Ganglinien belegen die kurzfristige Entwicklung, Trendlinien die langfristige Tendenz über die letzten 30 Jahre. Seit August 2006 werden mögliche Entwicklungen der Grundwasserstände und der Quellschüttungen im bevorstehenden Monat prognostiziert und als zusätzliche Ganglinie dargestellt. Im Dezember 2013 kam eine weitere Darstellung der Nass- und Trockenperioden der vergangenen 30 Jahre hinzu. Texte bewerten die Situation, technische Stammdaten und Fotos liefern weitere Informationen. Seit Herbst 2004 sind die Messergebnisse des wägbaren **Lysimeters Büchig-Blankenloch** bei Karlsruhe abrufbar. Dargestellt sind hier die Ganglinien der Parameter Niederschlag, Bodenwassergehalt, Versickerung, Lufttemperatur, Globalstrahlung und Verdunstung.

Das Projekt **Dauermonitoring der Grundwasserfauna** wird an 40 Messstellen weiter geführt. Die Fangkampagnen werden nur noch alle zwei Jahre durchgeführt.

Das grenzüberschreitende Projekt **„Länderübergreifende Organisation für Grundwasserschutz am Oberrhein“ (LOGAR)** wurde im Jahr 2013 in eine reguläre grenzüberschreitende Zusammenarbeit auf Grundlage einer zum Ende des Projektes abgeschlossenen Vereinbarung überführt. Lenkungs- und Fachausschuss haben ihre Arbeit aufgenommen. Im Lenkungsausschuss sind neben der LUBW, Région Grand Est (Vorsitz), BRGM, DREAL Alsace, Agence de l'Eau Rhin-Meuse und LTZ vertreten. Im Fachausschuss sind außerdem noch FREDON Alsace, AERM, APRONA, ARAA und LGRB vertreten. Im Jahr 2016 fanden zwei Sitzungen des LA und drei Sitzungen des FA statt.

Im Rahmen der regelmäßig durchgeführten **Länderübergreifenden Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberheingraben** wurde 2016 die vierte Beprobungskampagne seit 1998 durchgeführt. Gemeinsam mit den Projektpartnern aus der Schweiz, dem Elsass, aus Rheinland-Pfalz und Hessen werden im von der EU geförderten **INTERREG-Projekt „ERMES“** die internationalen Grundwasserdaten von diesmal etwa 150 Parametern und Stoffen zusammengeführt, analysiert und über die gesamte Oberrheinebene zwischen Wiesbaden und Basel dargestellt. Neben dem üblichen historisch traditionellen Untersuchungsumfang mit geogenen und anthropogenen Stoffen in der gesamten Fläche an allen flachen und tiefen Messstellen stehen diesmal die „neuartigen Spurenstoffe“ in einem Teilmessnetz an ausgesuchten Messstellen im Vordergrund. Neben EDTA, PFC, Süßstoffen, Benzotriazolen und PSM-Metaboliten, welche für die anderen Partner zum Teil neu sind, werden u. a. mit Perchlorat und Coffein auch für Baden-Württemberg neue Stoffe im Grundwasser untersucht. Gemeinsam mit den Daten aus dem landeseigenen Grundwasserüberwachungs-Programm liegen dann für einige Spurenstoffe erstmals Werte für die gesamte baden-württembergische Oberrheinebene vor.

4.5 Hydrogeologische Karte (HGK) und Hydrogeologische Erkundung (HGE) Baden-Württemberg

Künftige Konzeption der HGK und HGE

Ziel der Hydrogeologischen Kartierungen (HGK) und Erkundungen (HGE) ist die Bereitstellung hydrogeologischer und wasserwirtschaftlicher Daten für die wasserwirtschaftlich besonders bedeutsamen Regionen Baden-Württembergs. Durch die bisher erstellten HGK und HGE liegen für Baden-Württemberg bereichsweise Kartenwerke vor, für die die hydrogeologischen Verhältnisse bearbeitet sind. Die Informations- und Datengrundlage ist landesweit uneinheitlich und im Kartiermaßstab der HGK bzw. HGE (meist 1:25.000 bis 1:50.000) nicht lückenlos vorhanden. Durch das Vorhaben „Hydrogeologische Kartierung und Beschreibung der Wasserbilanz für die wichtigsten Aquifersysteme in Baden-Württemberg“ sollen landesweit einheitliche Grundlagen geschaffen werden. Ziel ist die Erstellung aquiferweiter Geometrien für die wichtigsten Aquifersysteme sowie deren Charakterisierung durch Systemparameter,

Zu- und Abflüsse, mittlere Wasserverweilzeiten und Potenzialverteilungen, um einheitliche regionale und landesweite Betrachtungen zu den Grundwasserverhältnissen der wichtigsten Aquifere Baden-Württembergs zu ermöglichen und lokale Untersuchungen in einen größeren Kontext einzubinden.

HGE Schussen-Riß

Derzeit wird unter Federführung des Regierungspräsidiums Tübingen eine geprüfte Bestandsaufnahme aller grundwasserrelevanten Aufschlüsse innerhalb des Projektgebietes HGE Schussen-Riß durchgeführt. Sie dient zur quantitativen und qualitativen Verbesserung des Datenbestandes der WIBAS-Grundwasserdatenbank und wird einerseits für die Erstellung der Hydrologischen Grundkarte und andererseits für die Einrichtung eines HGE-Messnetzes zur Durchführung von ein oder mehreren Stichtagsmessungen für die Darstellung der Grundwasseroberfläche benötigt.

5 Literaturverzeichnis

Die in den letzten fünf Jahren erschienenen Veröffentlichungen unter Beteiligung der LUBW bzw. LfU sind nachfolgend zusammengestellt. Weitere Veröffentlichungen - LUBW/LfU-Reihe-Grundwasserschutz sind im Internet unter <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de> unter den Rubriken „Angebote - Publikationen - Publikationen im Bestellshop der LUBW - Wasser - Grundwasser“ oder unter „Themen - Wasser - Grundwasser - Grundwasserüberwachungsprogramm Berichte“ zu finden.

5.1 Grundwasserüberwachungsprogramm Baden-Württemberg

LUBW (2016F)

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Beprobung 2015 - Fachbericht“ - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 54, Karlsruhe, 2016

LUBW (2016K)

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Beprobung 2016 - Kurzbericht“ - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 55, Karlsruhe, 2016

Gudera u. a. (2015)

Gudera, T. und Morhard, A.: Hoch aufgelöste Modellierung des Bodenwasserhaushalts und der Grundwasserneubildung mit GWN-BW. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, 59. Jahrgang, Heft 5, Oktober 2015, Bundesanstalt für Gewässerkunde, Koblenz.

LUBW (2015)

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Dem Grundwasser auf der Spur - 30 Jahre Monitoring der Grundwasserqualität“ - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 53, Karlsruhe, 2015

LUBW (2015F)

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Beprobung 2014 - Fachbericht“ - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 51, Karlsruhe, 2015

LUBW (2015K)

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Beprobung 2015 - Kurzbericht“ - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 52, Karlsruhe, 2015

Feuerstein (2014a)

Feuerstein, W.: „Pflanzenschutz- und Arzneimittel im Grundwasser Baden-Württembergs“, Tagungsunterlagen zur Fachveranstaltung des Altlastenforums Baden-Württemberg am 16.05.2014: Umweltrisiken durch organische Spurenstoffe - Pestizide und Arzneimittelrückstände im Wasserkreislauf

Feuerstein (2014b)

Feuerstein, W.: „Pflanzenschutz- und Arzneimittel im Grundwasser Baden-Württembergs“, Tagungsunterlagen zum 14. Karlsruher Altlastenseminar: „Alte und neue Gefahren in der Altlastenbearbeitung - von der Altlastensanierung zum vorsorgenden Boden- und Umweltschutz“, ICP-Eigenverlag Bauen und Umwelt, Band 25, 2014, ISBN 978-3-939662-14-3

Feuerstein (2014c)

Feuerstein, W.: „Nicht relevante Metaboliten im Grundwasser“, Terratech 4/2014, 10 - 13

LUBW (2014F)

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Beprobung 2013 - Fachbericht“ - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 49, Karlsruhe, 2014

LUBW (2014K)

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Beprobung 2013 - Kurzbericht“ - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 50, Karlsruhe, 2014

Gudera u. a. (2013)

Gudera, T.: „Fallstudie Donauried - Auswirkungen des Klimawandels auf die Entwicklung der Nitratbelastung im Grundwasser“. - KLIWA-Berichte Heft 19 - 5. KLIWA-Symposium, S. 210 - 226

LUBW (2013F)

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Beprobung 2012 – Fachbericht“ - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 47, Karlsruhe, 2013

LUBW (2013K)

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Beprobung 2012 – Kurzbericht“ - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 48, Karlsruhe, 2013

LUBW (2013)

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Leitfaden Grundwasserprobennahme“ Grundwasserüberwachungsprogramm Baden-Württemberg - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 46, Karlsruhe, 2013 – nur online verfügbar

KLIWA (2012)

LUBW - Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Karlsruhe, Bayerisches Landesamt für Umwelt (BLfU), Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht Rheinland-Pfalz (LUWG): „Auswirkungen des Klimawandels auf Bodenwasserhaushalt und Grundwasserneubildung in Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz“ – KLIWA-Berichte, Heft 17, 112 Seiten, 70 Abbildungen, 15 Tabellen, 1 CD-ROM, Karlsruhe, Hof, Mainz, 2012

LUBW (2012F)

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Beprobung 2011 – Fachbericht“ - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 44, Karlsruhe, 2012

LUBW (2012K)

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Beprobung 2011 – Kurzbericht“ - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 45, Karlsruhe, 2012

LfU (2001)

Landesanstalt für Umweltschutz Baden - Württemberg: „Atlas der Grundwasserbeschaffenheit in Baden-Württemberg“ - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 19, Karlsruhe, 2001

LfU (2000)

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm - Rahmenkonzept Grundwassermessnetz“. - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 10, 2. unveränderte Auflage, Karlsruhe, 2000

5.2 Fachspezifische EDV-Anwendungen

LUBW (2016)

Schumann, D.: „Handbuch Grundwasserdatenbank Version 4.2.0“, Ergänzte Neuauflage November 2016, LUBW-Fachdokumentation (zum Download), Karlsruhe, 2016

LUBW (2016)

Schumann, D.: „Grundwasserdatenbank - Ein flexibles Werkzeug zur Auswertung von Grundwasserdaten“, LUBW-Produktflyer, Karlsruhe, 2016

LUBW (2016)

Schumann, D.: „Der GWDB-Editor Erfassungsprogramm für die Grundwasserdatenbank“, LUBW-Produktflyer, Karlsruhe, 2016

LUBW (2016)

Schumann, D.: „Grundwasserdaten im Internet – Datenabruf UDO, GuQ und JDK“, LUBW-Produktflyer, Karlsruhe, 2016

IOSB (2016)

Martin Schmieder, Jürgen Moßgraber: „Komplexe Auswertung von Fachinformationen am Beispiel der Fachanwendung Grundwasser Baden-Württemberg“, Tagungsband des 23. Workshops „Umweltinformationssysteme 2016 - Umweltbeobachtung: Nah und Fern“ (UIS 2016) des Arbeitskreises „Umweltinformationssysteme“ der Fachgruppe „Informatik im Umweltschutz“ der Gesellschaft für Informatik (GI), Leipzig, Deutschland, 1.-2. Juni 2016

IOSB (2014)

Schmieder, Martin; Eisenla, M.; Stumpp, Jörg; Usländer, Thomas; Hildenbrand, E.; Schneider, B.; Schuhmann, D.; Spandl, H.; Westrich, J.: „GWDB – Neue Entwicklungen in der WIBAS-Fachanwendung Grundwasser“. In: Weissenbach, K. (Hrsg.): Umweltinformationssystem Baden-Württemberg F+E-Vorhaben MAF-UIS : Moderne anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung für Umweltinformationssysteme; Phase II 2012/14, Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, 2014 (KIT Scientific Reports 7665) ISBN: 978-3-7315-0218-0, pp.141-148.

IOSB (2012)

Schmieder, Martin; Eisenla, M.; Stumpp, Jörg; Usländer, Thomas; Hildenbrand, E.; Schneider, B.; Schuhmann, D.; Spandl, H.; Westrich, J.: „GWDB - Einsatz der Fachanwendung Grundwasser Baden-Württemberg für Umweltbehörden“. In: Weissenbach, K. (Hrsg.): Umweltinformationssystem Baden-Württemberg F+E-Vorhaben MAF-UIS : Moderne anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung für Umweltinformationssysteme; Phase I 2011/12, Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, 2012 (KIT Scientific Reports 7616) ISBN: 978-3-86644-884-1, pp.123-128.

IOSB (2012)

Batz, Thomas et al.: „WIBAS 5.0 - Optimierung durch stärkere Integration der Datenstrukturen, Wasserrechte & Arbeits-/Betriebsstätten in WIBAS 5.0“. In: Weissenbach, K. (Hrsg.): Umweltinformationssystem Baden-Württemberg F+E-Vorhaben MAF-UIS : Moderne anwendungsorientierte Forschung und Entwicklung für Umweltinformationssysteme; Phase I 2011/12, Karlsruhe: KIT Scientific Publishing, 2012 (KIT Scientific Reports 7616) ISBN: 978-3-86644-884-1, pp.117-122.

6 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bezeichnung
AQS	Analytische Qualitätssicherung
BG	Bestimmungsgrenze
BMN	Basismessnetz
BVL	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
CVUA	Chemisches und Veterinäruntersuchungsamt
DVGW	Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.
DWD	Deutscher Wetterdienst
EI	Emittentenmessstellen Industrie
EL	Emittentenmessstellen Landwirtschaft
ES	Emittentenmessstellen Siedlung
GFS	Geringfügigkeitsschwellenwert der LAWA
GIS	Geografisches Informationssystem
GOW	Gesundheitlicher Orientierungswert für Trinkwasser
GrwV	Grundwasserverordnung
GÜP	Grundwasser-Überwachungs-Programm
GW	Grenzwert
GWDB	Grundwasserdatenbank der Wasserwirtschaftsverwaltung
GWD-WV	Grundwasserdatenbank Wasserversorgung
LABDÜS	Labordatenübertragungssystem
LAWA	Bund-/ Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LfU	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (1975-2005)
LUBW	Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (ab 2006)
LGRB	Regierungspräsidium Freiburg, Abteilung 9 - Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau
MBG	Mindestbestimmungsgrenze
Mst.	Messstelle
Mw	Messwert
QMN	Quellmessnetz
QN	Qualitätsnorm der EU-Grundwasserrichtlinie 2006
RW	Rohwassermessstellen
RW-öVV	Rohwasser für öffentliche Wasserversorgung
SchALVO	Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung
SE	sonstige Emittentenmessstellen
StaLa	Statistisches Landesamt
SW	Schwellenwert der GrwV 2010
TMN	Trendmessnetz Grundwassermenge, Grundwasserstand, Quellschüttung, Lysimeter
TrinkwV	Trinkwasserverordnung
UVB	Untere Verwaltungsbehörden
VF	Vorfeldmessstellen
VGW	Verband der Gas- und Wasserwerke Baden-Württemberg e.V.
VKU	Verband kommunaler Unternehmen
WIBAS	Informationssystem Wasser, Immissionsschutz, Boden, Abfall, Arbeitsschutz
WRRL	EU-Wasserrahmenrichtlinie
WVU	Wasserversorgungsunternehmen
WW	Warnwert des Grundwasserbeschaffenheitsmessnetzes
Chemische Parameter:	
DEA	Desethylatrazin (Metabolit des Pflanzenschutzmittelwirkstoffs Atrazin)
DMS	N,N-Dimethylsulfamid (Metabolit des Pflanzenschutzmittelwirkstoffs Tolyfluanid)
Met B	Desphenylchloridazon (Metabolit des Pflanzenschutzmittelwirkstoffs Chloridazon)
nrM	nicht relevanter Metabolit
PSM	Pflanzenschutzmittel
PFC	Per- und polyfluorierte Chemikalien

Anhang

A 1 Messstellenarten

Für die Auswertung werden die Messstellen nach Nutzung bzw. potentiellen Emittenten im Einzugsgebiet zusammengefasst. Damit ergeben sich folgende Messstellenarten (Tabelle A1):

Tabelle A1: Messstellenarten

Abkürzung	Bezeichnung
ALLE	Alle Messstellen aus allen Teilmessnetzen
BMN	Messstellen des Basismessnetzes
RW	Messstellen des repräsentativen Rohwassermessnetzes
VF	Messstellen des repräsentativen Vorfeldmessnetzes
EL	Emittentenmessstellen Landwirtschaft
EI	Emittentenmessstellen Industrie
ES	Emittentenmessstellen Siedlung
SE	Sonstige Emittentenmessstellen
QMN	Messstellen des Quellmessnetzes



A 2 Messprogramme Beprobungskampagne Herbst 2016 (ohne Sonderprogramme)

Messprogramm „Vor-Ort-Parameter“ :

Grundwasserstand und Pumpenförderstrom/Quellschüttung, Farbe-qualitativ, Trübung-qualitativ, Bodensatz-qualitativ, Geruch-qualitativ, Temperatur, Elektrische Leitfähigkeit (bei 20°C), pH-Wert (bei ...°C), Sauerstoffkonzentration, Sauerstoffsättigungsindex.

Messprogramm „N“ :

Nitrat, Nitrit, Ammonium

Messprogramm „Ausgewählte Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe und Nichtrelevante Metaboliten“:

PSM-Wirkstoffe:

Atrazin, Bentazon, Bromacil, Desethylatrazin, Desethylterbuthylazin, Desisopropylatrazin, Diuron, Flusilazol, Hexazinon, Isoproturon, MCPA, Mecoprop (MCP), Metalaxyl, Metazachlor, Metolachlor, Propazin, Simazin, Terbuthylazin

Nichtrelevante Metaboliten:

DMS (N,N-Dimethylsulfamid), Desphenylchloridazon (Metabolit B), Methyldesphenylchloridazon (Metabolit B1), Metolachlorsulfonsäure CGA 380168, Metabolit CGA 51202/ CGA 351916 von S-Metolachlor (Metolachlorsäure), Metabolit NOA 413173 von S-Metolachlor, Metabolit BH 479-8 von Metazachlor (Metazachlorsulfonsäure), Metabolit BH 479-4 von Metazachlor (Metazachlorsäure), Metabolit CGA 354742 von Dimethachlor (Dimethachlorsulfonsäure), Metabolit CGA 369873 von Dimethachlor, 2,6-Dichlorbenzamid

A 3 Statistische Verfahren

A 3.1 Rangstatistik

Wie in den Vorjahren werden im vorliegenden Bericht neben dem Mittelwert rangstatistische Maßzahlen verwendet. Die Gründe hierfür sind:

- Bei Datenkollektiven mit einem hohen Anteil an Messwerten „< BG“ - wobei diese auch unterschiedlich sein können - sind die Perzentile im Gegensatz zum arithmetischen Mittelwert exakte Maßzahlen. Der Mittelwert ist z. T. willkürlich, da der Wert, mit dem die Angabe „< BG“ in die Mittelwertberechnung eingehen soll (mit vollem Wert, mit halbem Wert, etc.), nicht definiert ist.
- Bei kleineren Teilkollektiven wirkt sich die hohe Variabilität der Extremwerte besonders stark auf die Mittelwerte aus. Medianwerte sind unempfindlicher.
- Die Vergleichbarkeit mit Angaben „% der Messstellen > WW oder > GW“ ist besser gegeben.
- Bei linksschiefen Verteilungen mit der kleinsten vorkommenden Bestimmungsgrenze als feste Grenze gibt es nur rangstatistische Tests zur Ermittlung der Signifikanz von Trends.

- Die Rangstatistik ist auch auf Parameter mit logarithmierter Konzentrationsangabe wie den pH-Wert anwendbar, da der Messwert selbst nicht in die Berechnung eingeht, sondern nur seine Position innerhalb der sortierten Reihe interessiert.
- Zur einheitlichen Verarbeitung der Daten wird die Rangstatistik nicht nur auf die Spurenstoffe, sondern auf alle Parameter angewendet.

A 3.2 Rangstatistik und Boxplot

Für rangstatistische Auswertungen werden die Daten zunächst aufsteigend und ohne Berücksichtigung des „<“-Zeichens sortiert. Das gesamte Datenkollektiv entspricht 100 %, der Messwert an der 50 %-Marke ist der Medianwert (50. Perzentil, P50), d. h. 50 % der Messwerte liegen über, 50 % der Messwerte unter dem Medianwert. Analog liegen unter dem 10. Perzentil 10 % der Messwerte, 90 % darüber (siehe Abbildung A1).

A 3.3 Zeitreihenstatistik: Trends an konsistenten und periodisch konsistenten Messstellengruppen

Soll der Trend nicht für einzelne Messstellen, sondern für ganze Gruppen von Messstellen beschrieben werden, muss es sich aus Gründen der Vergleichbarkeit hierbei um immer die gleichen Messstellen handeln (konsistente Messstellengruppen), und im betrachteten Zeitraum muss aus jedem Jahr mindestens ein Messwert vorliegen. Hinsichtlich der Namensgebung „konsistent“ und „periodisch konsistent“ werden folgende Vereinbarungen getroffen: Liegt

für jedes Jahr im betrachteten Zeitraum für jede Messstelle mindestens ein Wert vor - d. h. ohne Unterbrechungen in der Datenreihe -, so handelt es sich um eine „konsistente“ Messstellengruppe. Wenn im betrachteten Zeitraum aber nur Werte für mehrere einzelne Jahre vorhanden sind (Perioden) - d. h. mit einzelnen Unterbrechungen, so handelt es sich um eine „periodisch-konsistente“ Messstellengruppe. Sollen bei bestimmten Auswertungen mögliche jahreszeitliche Schwankungen weitgehend vermieden werden, werden nur die Messwerte der Herbstbeprobung oder der Monate September bis Oktober oder bis November herangezogen. Liegen innerhalb dieses Zeitfensters mehrere Analysen vor, wird der Medianwert für die betreffende Messstelle berechnet.

- Bei Parametern, die überwiegend positive Befunde, d. h. Werte „> Bestimmungsgrenze“ aufweisen wie Nitrat, Summe Erdalkalien etc., werden die statistischen Kennzahlen (z. B. Mittelwert, Medianwert, 90. Perzentil) ermittelt.
- Bei Spurenstoffen führt die Anwendung von Medianwerten häufig nicht zu einer Aussage über das mittlere Verhalten, weil die Zahl der positiven Befunde i. d. R. geringer ist als die Zahl der Messwerte „< BG“. Für diese Stoffe ist es daher sinnvoll, die Belastung anhand der Veränderung, z. B. des 90. Perzentils oder der Überschreitungshäufigkeit von Vergleichswerten (SW, GW, WW, BG) darzustellen.

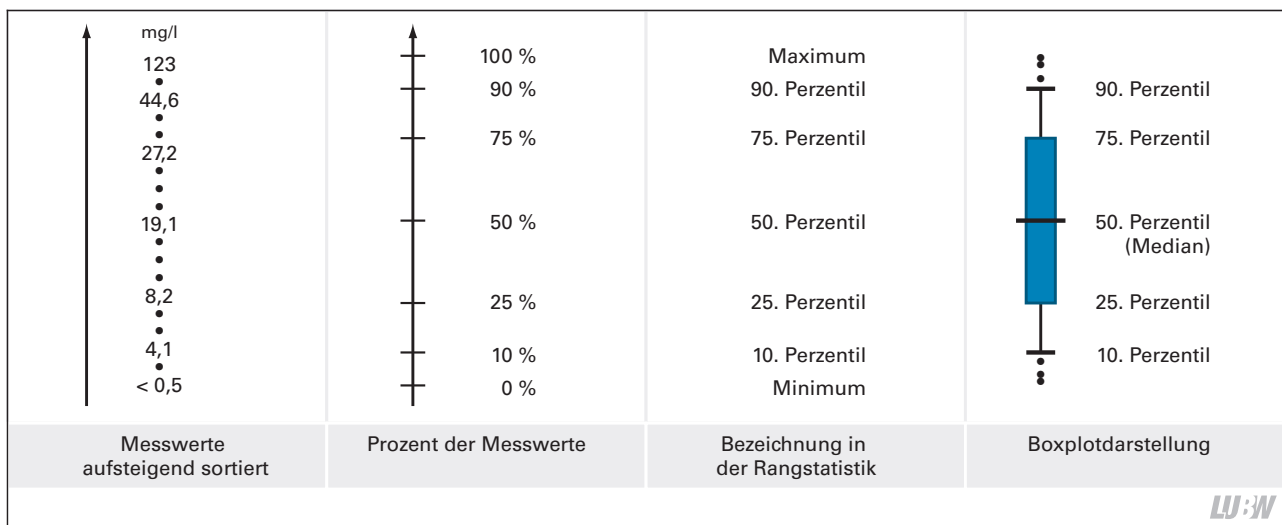


Abbildung A1: Beispiel für die Rangstatistik und die Boxplotdarstellung

A 4 Bestimmungsgrenzen, Rechenverfahren, Grenzwerte, Warnwerte, Schwellenwerte

- Bei der Angabe „Anzahl Messstellen mit Messwerten größer Bestimmungsgrenze“ ist zu berücksichtigen, dass die Bestimmungsgrenzen eines Parameters von Labor zu Labor teilweise unterschiedlich sind (Tabelle A2). Bei den Auswertungen führt dies dazu, dass z. B. ein kleinerer Konzentrationswert (z. B. „0,03 µg/l“) als positiver Befund bewertet wird, während der höhere Zahlenwert „< 0,05 µg/l“ als negativer Befund angesehen werden muss.
- Liegt von einer Messstelle mehr als eine Analyse im Berichtszeitraum vor, wird jeweils der Medianwert dieser Daten angesetzt. Bei der Ermittlung des Maximums wird auf die Einzelwerte zurückgegriffen.
- Rechenvorschrift zur Berechnung der Summenparameter: „Summe LHKW nach TrinkwV 2001“ als Beispiel für die Ermittlung von Werten von Summenparametern: Für die Ermittlung der „Summe LHKW nach TrinkwV 2001“ gibt es keine allgemeingültige Rechenvorschrift. Der Parameter „Summe LHKW nach TrinkwV 2001“ wird definitionsgemäß aus der Summe der beiden Stoffe Trichlorethen und Tetrachlorethen gebildet. Entsprechend Trinkwasserverordnung von 2001 beträgt der Grenzwert 0,010 mg/l. Die Bestimmungsgrenze für die beiden Stoffe beträgt 0,0001 bis 0,001 mg/l. Bei den vorliegenden und auch bei allen Auswertungen der vergangenen Jahre werden zunächst alle Summenwerte mit „<“-Zeichen ausgeschieden und dann erst gegen den Grenzwert geprüft. Bei der Verarbeitung der Daten in der Grundwasserdatenbank wird daher die in Tabelle A2 dargestellte Vorgehensweise praktiziert.

Tabelle A2: Rechenvorschrift für die LHKW-Summenbildung nach TrinkwV 2001 in der Grundwasserdatenbank

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
Trichlorethen (TRI)	< 0,0001	< 0,001	0,0038	0,0670
Tetrachlorethen (PER)	< 0,0001	< 0,001	< 0,0001	0,0055
Summe LHKW nach TrinkwV 2001	< 0,0001	< 0,001	0,0038	0,0725

LUBW

Fälle 1 + 2: Beide Befunde sind „< BG“, „< BG“ wird zum Summenwert.

Fälle 3 + 4: Werte „< BG“ und positive Befunde kommen vor, nur die positiven Befunde werden zur Addition verwendet, Werte „< BG“ bleiben außer Betracht.

In Tabelle A3 sind einige Kenngrößen für alle untersuchten Parameter zusammengestellt:

- Parameter mit Dimension und Anzahl der Messwerte < Bestimmungsgrenze
- bei den Messungen der Laboratorien häufig auftretende Bestimmungsgrenzen
- die geforderte Mindestbestimmungsgrenze (MBG),
- Warnwerte (WW), die im Rahmen des Grundwasserüberwachungsprogramms festgelegt wurden und keinen rechtlichen Charakter haben. Sie orientieren sich i. A. an gesetzlichen Grenz- und Richtwerten sowie an sonstigen Empfehlungen. Bei Parametern, für die in der Grundwasserverordnung Schwellenwerte angegeben sind, beträgt der Warnwert 75 % dieses Schwellenwerts. Bei weiteren Parametern, für die in der Trinkwasserverordnung Grenzwerte angegeben sind, beträgt der Warnwert 80 % dieses Grenzwerts. Die Warnwerte werden bei Bedarf neueren Erkenntnissen angepasst.
- Grenzwerte (GW) für chemische Stoffe und einzelne Parameter der Trinkwasserverordnung vom 21.05.2001 bzw. der Neufassung der TrinkwV vom 10.03.2016. Die Anwendung der Trinkwassergrenzwerte als Grenzwerte im rechtlichen Sinne auf nicht für Trinkwasserzwecke verwendetes Grundwasser ist nicht zulässig und geschieht im vorliegenden Bericht nur hilfsweise für Vergleichszwecke.
- Schwellenwerte (SW) der Ersten Verordnung zur Änderung der Grundwasserverordnung vom 04.05.2017
- Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) für Trinkwasser im Falle der Nichtrelevanten Metaboliten. Die Anwendung der GOW auf Grundwasser erfolgt im vorliegenden Bericht nur hilfsweise für Vergleichszwecke.

Tabelle A3: Bei der Beprobung 2016 häufig auftretende Bestimmungsgrenzen, Mindestbestimmungsgrenzen (MBG), Warnwerte (WW) des Grundwasserüberwachungsprogramms, Grenzwerte (GW) der Neufassung der Trinkwasserverordnung vom 10.03.2016 sowie Schwellenwerte (SW) der Ersten Verordnung zur Änderung der Grundwasserverordnung 04.05.2017, Landesmessnetz LUBW

Parameter	Dimension	Anzahl Messwerte < BG ¹⁾	Bestimmungsgrenzen ²⁾	MBG	WW	GW	SW
Beprobung Herbst 2016							
Temperatur	° C	0	entfällt	entfällt	20	-	-
Elektrische Leitfähigkeit bei 20 °C	µS/cm	0	entfällt	entfällt	200	250	-
pH-Wert bei ...°C	-	0	entfällt	entfällt	6,5/9,5	6,5/9,5	-
Sauerstoff	mg/l	66	0,1 / 0,2 / 0,5	0,5	-	-	-
Sauerstoffsättigungsindex	%	entfällt	entfällt	entfällt	-	-	-
Nitrat	mg/l	131	0,1 / 0,2 / 0,5	0,5	375	50	50
Nitrit	mg/l	1561	0,01	0,01	0,08	0,1 ³⁾	-
Ammonium	mg/l	1302	0,01	0,01	0,375	0,5	0,5

LUBW

- 1) Die Anzahl der vorkommenden Werte „> BG“ ergibt sich aus der statistischen Übersicht des Gesamtmessnetzes (Kapitel 3.2)
- 2) Bestimmungsgrenzen, die in weniger als 3 % der Fälle auftreten, sind nicht berücksichtigt.
- 3) Bestimmungsgrenzen, die in mehr als 30% der Fälle auftreten, sind fett gedruckt
- Nach TrinkwV gilt für Nitrit am Ausgang des Wasserwerks ein Grenzwert von 0,1 mg/l. Dieser Wert wurde bei den Auswertungen in diesem Bericht zugrunde gelegt

Tabelle A4: Bei den Nachmessungen 2016 auf Pflanzenschutzmittel und relevante Metaboliten häufig auftretende Bestimmungsgrenzen, Mindestbestimmungsgrenzen (MBG), Warnwerte (WW) des Grundwasserüberwachungsprogramms, Grenzwerte (GW) der Neufassung der Trinkwasserverordnung vom 10.03.2016 sowie Schwellenwerte (SW) der Ersten Verordnung zur Änderung der Grundwasserverordnung vom 04.05.2017, Landesmessnetz LUBW

Parameter	Dimension	Anzahl Messwerte < BG ¹⁾	Bestimmungsgrenzen ²⁾	MBG	WW	GW	SW
Beprobung 2016 – Nachmessungen Pflanzenschutzmittel und relevante Metaboliten							
Atrazin	µg/l	entfällt	0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Bentazon	µg/l	entfällt	0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Bromacil	µg/l	entfällt	0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Desethylatrazin	µg/l	entfällt	0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Desethylterbutylazin	µg/l	entfällt	0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Desisopropylatrazin	µg/l	entfällt	0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Diuron	µg/l	entfällt	0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Flusilazol	µg/l	entfällt	0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Hexazinon	µg/l	entfällt	0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Isoproturon	µg/l	entfällt	0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
MCPA	µg/l	entfällt	0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Mecoprop (MCPPE)	µg/l	entfällt	0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Metalaxyl	µg/l	entfällt	0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Metazachlor	µg/l	entfällt	0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Metolachlor	µg/l	entfällt	0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Propazin	µg/l	entfällt	0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Simazin	µg/l	entfällt	0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Terbutylazin	µg/l	entfällt	0,05	0,05	0,08	0,1	0,1

LUBW

- 1) Diese Angabe entfällt, da sie bei Nachmessungen zu falschen Schlüssen führt
- 2) Bestimmungsgrenzen, die in weniger als 3 % der Fälle auftreten, sind nicht berücksichtigt.
- Bestimmungsgrenzen, die in mehr als 30% der Fälle auftreten, sind fett gedruckt

Tabelle A 5: Bei den Nachmessungen 2016 auf nichtrelevante Metaboliten häufig auftretende Bestimmungsgrenzen, Mindestbestimmungsgrenzen (MBG) sowie Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW), Landesmessnetz LUBW

Parameter	Dimen- sion	Anzahl Mess- werte < BG ¹⁾	Bestimmungsgrenzen ²⁾	MBG	GOW ³⁾
Beprobung 2016 – Nachmessungen nicht relevante Metaboliten					
DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	µg/l	entfällt	0,05	0,05	1,0
Desphenylchloridazon (Metabolit B)	µg/l	entfällt	0,05	0,05	3,0
Methyl-desphenylchloridazon (Metabolit B1)	µg/l	entfällt	0,05	0,05	3,0
Metabolit CGA 380168/CGA 354743 von S-Metolachlor (Metolachlorsulfonsäure)	µg/l	entfällt	0,05	0,05	3,0
Metabolit CGA 51202/CGA 351916 von S-Metolachlor (Metolachlorsäure)	µg/l	entfällt	0,05	0,05	3,0
Metabolit NOA 413173 von S-Metolachlor	µg/l	entfällt	0,05	0,05	1,0
Metabolit BH 479-8 von Metazachlor (Metazachlorsulfonsäure)	µg/l	entfällt	0,05	0,05	3,0
Metabolit BH 479-4 von Metazachlor (Metazachlorsäure)	µg/l	entfällt	0,05	0,05	3,0 ⁴⁾
Metabolit CGA 354742 von Dimethachlor (Dimethachlorsulfonsäure)	µg/l	entfällt	0,05	0,05	3,0
Metabolit CGA 369873 von Dimethachlor	µg/l	entfällt	0,05	0,05	1,0
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	entfällt	0,05	0,05	3,0

- 1) Diese Angabe entfällt, da sie bei Nachmessungen zu falschen Schlüssen führt
- 2) Bestimmungsgrenzen, die in weniger als 3 % der Fälle auftreten, sind nicht berücksichtigt. Bestimmungsgrenzen, die in mehr als 30% der Fälle auftreten, sind fett gedruckt
- 3) „Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) für nicht relevante Metaboliten (nrM) von Wirkstoffen aus Pflanzenschutzmitteln“; Fortschreibungsstand Januar 2017 unter:
<https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/gowpsm20170111.pdf>
- 4) Im Juni 2017 vom Umweltbundesamt aktualisiert, noch nicht veröffentlicht

LUBW

Tabelle A 6: Bei der Beprobung 2016 häufig auftretende Bestimmungsgrenzen, Mindestbestimmungsgrenzen (MBG) sowie Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) bzw. Leitwerte (LW), Landesmessnetz LUBW

Parameter	Dimen- sion	Anzahl Mess- werte < BG ¹⁾	Bestimmungs- grenzen ²⁾	MBG	LW ³⁾	GOW ³⁾
Beprobung LUBW-Messnetz 2016 - Süßstoffe						
Acesulfam	µg/l	251	0,01	0,01	-	-
Cyclamat	µg/l	474	0,01	0,01	-	-
Saccharin	µg/l	502	0,01	0,01	-	-
Sucralose	µg/l	523	0,05	0,05	-	-
Beprobung LUBW-Messnetz 2016 - Benzotriazole						
Benzotriazol	µg/l	400	0,01	0,01	-	3,0
4-Methylbenzotriazol	µg/l	478	0,01	0,01	-	-
5-Methylbenzotriazol	µg/l	515	0,01	0,01	-	-
Beprobung LUBW-Messnetz 2016 – PFC (Per- und polyfluorierte Chemikalien)						
Perfluorbutanoat (PFBA)	ng/l	370	1	1	10.000	-
Perfluorpentanoat (PFPeA)	ng/l	405	1	1	-	3.000
Perfluorhexanoat (PFHxA)	ng/l	369	1	1	6.000	-
Perfluorheptanoat (PFHpA)	ng/l	436	1	1	-	300
Perfluoroctanoat (PFOA)	ng/l	377	1	1	100	-
Perfluornonanoat (PFNA)	ng/l	538	1	1	60	-
Perfluordecanoat (PFDA)	ng/l	549	1	1	-	100
Perfluorundecanoat (PFUnA)	ng/l	552	1	1	-	-
Perfluordodecanoat (PFDoA)	ng/l	552	1	1	-	-
Perfluortetradecanoat (PFTA)	ng/l	207	1	1	-	-
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	ng/l	351	1	1	6.000	-
Perfluorpentansulfonat (PFPeS)	ng/l	519	1	1	-	-
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)	ng/l	417	1	1	100	-
Perfluorheptansulfonat (PFHpS)	ng/l	528	1	1	-	300
Perfluoroctansulfonat (PFOS)	ng/l	380	1	1	100	-
Perfluordecansulfonat (PFDS)	ng/l	440	1	1	-	-
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonat (H4PFOS) (6:2 Fluorotelomer Sulfonat)	ng/l	523	1	1	-	100

1) Die Anzahl der vorkommenden Werte „> BG“ ergibt sich aus der statistischen Übersicht des Gesamtmessnetzes (Kapitel 3.2)

2) Bestimmungsgrenzen, die in weniger als 3 % der Fälle auftreten, sind nicht berücksichtigt.

Bestimmungsgrenzen, die in mehr als 30 % der Fälle auftreten, sind fett gedruckt

3) LW und GOW „Fortschreibung der vorläufigen Bewertung von Per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC) in Trinkwasser“ unter:

http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/fortschreibung_der_uba-pfc-bewertungen_bundesgesundheitsbl_2017-60_s_350-352.pdf (Abruf 12.06.2017)

Tabelle A7: Bei den Beprobungen 2013-2015 auf metallische Spurenstoffe häufig auftretende Bestimmungsgrenzen, Mindestbestimmungsgrenzen (MBG), Warnwerte (WW) des Grundwasserüberwachungsprogramms, Grenzwerte (GW) der Neufassung der Trinkwasserverordnung vom 10.03.2016, Schwellenwerte (SW) der Ersten Verordnung zur Änderung der Grundwasserverordnung vom 04.05.2017 sowie Geringfügigkeitsschwellen (GFS) der LAWA (Stand 2016)

Parameter	Dimension	Anzahl Messwerte < BG ¹⁾	Bestimmungsgrenzen ²⁾	MBG	WW	GW	SW	GFS
Aluminium	mg/l	1376	0,002 / 0,005	0,005	0,16	0,2	-	0,0032
Antimon	mg/l	1937	0,001	0,001	0,004	0,005	-	0,005
Arsen	mg/l	1253	0,0005 / 0,001	0,0005	0,0075	0,01	0,01	-
Barium	mg/l	5	0,002 / 0,01	0,01	0,8	-	-	0,0175
Beryllium	mg/l	1929	0,0005	0,0005	.	-	-	-
Blei	mg/l	1597	0,0002 / 0,001	0,001	0,0075	0,01	0,01	0,0012
Bor	mg/l	810	0,01 / 0,02	0,02	0,1	1,0	-	0,18
Cadmium	mg/l	1561	0,00002 / 0,0001	0,0001	0,00038	0,003	0,0005	0,0003
Chrom	mg/l	816	0,0002 / 0,001	0,001	0,01	0,05	-	0,034
Cobalt	mg/l	1863	0,0005 / 0,001	0,001	-	-	-	-
Eisen	mg/l	1219	0,005 / 0,01	0,01	-	0,2	-	-
Kupfer	mg/l	426	0,0002 / 0,001	0,001	-	2	-	0,0054
Lithium	mg/l	206	0,0005 / 0,001	0,001	-	-	-	-
Mangan	mg/l	1524	0,001 / 0,005 / 0,01	0,01	-	0,05	-	-
Molybdän	mg/l	1542	0,0005	0,0005	-	-	-	-
Nickel	mg/l	1001	0,0005 / 0,001	0,001	0,016	0,02	-	0,007
Quecksilber	mg/l	1916	0,0001 / 0,00001	0,0001	0,0008	0,001	0,0002	0,0001
Selen	mg/l	1696	0,0005 / 0,001	0,001	0,008	0,01	-	-
Silikat	mg/l	0	entfällt	1	-	-	-	-
Strontium	mg/l	9	0,05	0,05	-	-	-	-
Thallium	mg/l	1935	0,0002 / 0,002	0,002	-	-	-	-
Uran	mg/l	639	0,0005	0,0005	0,008	0,01	-	-
Vanadium	mg/l	1507	0,0005	0,0005	-	-	-	0,004
Zink	mg/l	1276	0,01	0,01	-	-	-	0,06

¹⁾ Die Anzahl der vorkommenden Werte „> BG“ ergibt sich aus der statistischen Übersicht des Gesamtmessnetzes (Kapitel 3.2)

²⁾ Bestimmungsgrenzen, die in weniger als 3 % der Fälle auftreten, sind nicht berücksichtigt.
Bestimmungsgrenzen, die in mehr als 30 % der Fälle auftreten, sind fett gedruckt

