




Grundwasserschutz 54

Grundwasser- überwachungsprogramm

 Ergebnisse der Beprobung 2015



Baden-Württemberg

Grundwasser- überwachungsprogramm

 Ergebnisse der Beprobung 2015



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. 54, 2016)
BILDNACHWEIS	Titelbild: LUBW
STAND	Juli 2016, 1. Auflage
DRUCK	SchwaGeDruck,76287 Rheinstetten 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 2015 IN BADEN-WÜRTTEMBERG	18
2.1.	Hydrologische Situation	18
2.2.	Grundwasserneubildung aus Niederschlag	20
2.3	Die Grundwasservorräte 2015	22
2.3.1	Datengrundlage und allgemeine Zustandsbeschreibung	22
2.3.2	Regionale Grundwasserverhältnisse	24
2.3.3	Fazit der quantitativen Entwicklung	27
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	28
2.4.1.3	Kurzfristige Veränderungen (Vergleich zu den Vorjahren)	31
2.4.1.4	Längerfristige Veränderungen (Konsistente Messstellen Entwicklung seit 1994)	33
2.4.2	Nitrat in Wasserschutzgebieten (SchALVO-Auswertungen)	35
2.4.2.1	Nitratklassengebiete: Veränderungen zum Vorjahr und im Zeitraum 2001 bis 2015	37
2.4.2.2	Trendverhalten in Problem- und Sanierungs- und Problemgebieten	37
2.5	Pflanzenschutzmittel	39
2.5.1	Zulassung, Verwendung, Klassifizierung	39
2.5.2	Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken, Berichtspflichten, Fundaufklärung	39
2.5.3	Probennahme und Analytik	40
2.5.4	Bisher untersuchte Wirkstoffe	40
2.5.5	Nachmessungen auf PSM-Wirkstoffe sowie auf relevante und „nichtrelevante“ Metabolite im Jahr 2015 (Messnetz LUBW)	42

2.5.6	Bewertung der Gesamtsituation der PSM-Wirkstoffe und der nichtrelevanten Metaboliten 2011-2015 (Messnetze LUBW und Kooperation)	43
2.5.6.1	PSM-Wirkstoffe 2011-2015	43
2.5.6.2	Nicht relevante Metaboliten 2011-2015	45
2.5.6.3	Gesamtbewertung	48
2.5.7	PSM-Anwendung in Wasserschutzgebieten	49
2.6	LHKW – Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe	51
2.6.1	Verwendung, Stoffeigenschaften, Eintragspfade	51
2.6.2	Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken	52
2.6.3	Probennahme und Analytik	52
2.6.4	Bisherige Untersuchungen auf LHKW	53
2.6.5	Ergebnisse der Untersuchungen 2013 – 2015	53
2.6.6	Tendenzen	56
2.6.7	Bewertung	58
2.7	BTEX-Aromaten	58
2.7.1	Stoffeigenschaften, Verwendung, Eintragspfade	58
2.7.2	Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken	59
2.7.3	Probennahme und Analytik	59
2.7.4	Bisherige Untersuchungen auf BTEX	60
2.7.5	Ergebnisse der Untersuchungen 2013-2015	60
2.7.6	Tendenzen	61
2.7.7	Bewertung	61
2.8	Benzinzusatzstoffe MTBE und ETBE	61
2.8.1	Verwendung, Stoffeigenschaften, Eintragspfade	61
2.8.2	Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken	62
2.8.3	Probennahme und Analytik	62
2.8.4	Bisherige Untersuchungen auf MTBE und ETBE	62
2.8.5	Ergebnisse der Beprobungen 2013– 2015	63
2.8.6	Tendenzen	63
2.8.7	Bewertung	65
2.9	Süßstoffe	65
2.9.1	Verwendung, Stoffeigenschaften, Eintragspfade	65
2.9.2	Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken	65
2.9.3	Probennahme und Analytik	65
2.9.4	Bisherige Untersuchungen auf Süßstoffe	66
2.9.5	Ergebnisse der Untersuchungen 2015	66
2.9.6	Bewertung	67

2.10	Benzotriazole	67
2.10.1	Stoffeigenschaften, Verwendung, Eintragspfade	67
2.10.2	Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken	67
2.10.3	Probennahme und Analytik	67
2.10.4	Bisherige Untersuchungen auf Benzotriazole	68
2.10.5	Ergebnisse der Untersuchungen 2015	68
2.10.6	Bewertung	69
2.11	Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC)	69
2.11.1	Verwendung, Stoffeigenschaften, Eintragspfade	69
2.11.2	Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken	70
2.11.3	Probennahme und Analytik	71
2.11.4	Bisherige Untersuchungen auf PFC	72
2.11.5	Ergebnisse der Beprobungen 2015	72
2.11.6	Bewertung	73
2.12	Sonderuntersuchung Gadolinium	74
2.12.1	Stoffeigenschaften, Verwendung, Eintragspfade	74
2.12.2	Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken	74
2.12.3	Probennahme und Analytik	74
2.12.4	Bisherige Untersuchungen	74
2.12.5	Ergebnisse der Gadolinium-Untersuchungen 2015	74
2.12.6	Bewertung	75
2.13	Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie im Bereich Grundwasser	76
2.13.1	Einführung und Hintergrund	76
2.13.2	Mengenmäßiger Zustand und Risikobewertung	76
2.13.3	Chemischer Zustand und Risikobewertung	77
2.13.4	Grundwasserabhängige Landökosysteme	78
2.13.5	Schutzgebiete nach Artikel 7 WRRL	79
3	STATISTISCHE ÜBERSICHTEN	80
3.2	Gesamtmessnetz - Beschaffenheit	82
4	AUSBLICK UND BERICHTSWESEN	85
4.2	Qualitätsverbesserung	85
4.3	Datenverarbeitung	85
4.4	Berichtswesen - Internet - weitere Projekte	85
4.5	Hydrogeologische Karte (HGK) und Hydrogeologische Erkundung (HGE) Baden-Württemberg	86

5	LITERATURVERZEICHNIS	87
5.1	Grundwasserüberwachungsprogramm Baden-Württemberg	87
5.2	Fachspezifische EDV-Anwendungen	89
6	ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	90
	ANHANG	91
A 1	Messstellenarten	91
A 2	Messprogramme Beprobungskampagne Herbst 2015 (ohne Sonderprogramme)	91
A 3	Statistische Verfahren	91
A 3.1	Rangstatistik	91
A 3.2	Rangstatistik und Boxplot	92
A 3.3	Zeitreihenstatistik: Trends an konsistenten und periodisch konsistenten Messstellengruppen	92
A 4	Bestimmungsgrenzen, Rechenvorschriften, Grenzwerte, Warnwerte, Schwellenwerte	93

Zusammenfassung

Die Situation hinsichtlich der Grundwassermenge wurde anhand der Daten von 356 Trendmessstellen ermittelt. Insgesamt sind die Grundwasservorräte im Jahr 2015 niedriger als im vorangegangenen Jahr mit Ausnahme des Gebiets südlich der Donau. Im langjährigen Vergleich sind zunächst außergewöhnliche Anstiege im Frühjahr nach einem trockenen Jahresbeginn zu verzeichnen. In der 2. Jahreshälfte sind anschließend rückläufige Verhältnisse, die mit den Entwicklungen im extrem trockenen Jahr 2003 vergleichbar sind, festzustellen. Dieser außergewöhnliche Rückgang ist in allen Landesteilen vorhanden und kennzeichnet das Jahr 2015.

Die Grundwasserbeschaffenheit wurde im Herbst 2015 an insgesamt 1.744 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 1.577 Messstellen in Wasserschutzgebieten bis zum Stichtag 17.03.2016 zur Verfügung. Weiterhin wurden von 675 Kooperationsmessstellen Analysen für Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und deren Abbauprodukte sowie die Messwerte von 234 Messstellen zu Süßstoffen und Benzotriazolen übermittelt.

Die Maßnahmen zur Reduzierung der Nitratbelastung haben in den letzten 25 Jahren 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 14 % 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 zehnten Landesmessstelle, der Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms von 37,5 mg/l an jeder fünften Messstelle überschritten.

Die mittelfristige Nitrat-Entwicklung seit 1994 zeigt, dass sich 2015 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 ein sehr trockenes Jahr war. 2015 ist seit 1994 das zweitrockenste Jahr nach 2003 und auch das Jahr mit der niedrigsten mittleren Nitratbelastung. Die verschiedenen Auswertungen der LUBW zur Grundwasserbeprobung 2015 zeigen gegenüber dem Vorjahr in allen Fällen eine Abnahme der mittleren Nitratkonzentration - bei Be-

rücksichtigung aller Messstellen um 0,7 mg/l auf 22,5 mg/l. Betrachtet man die konsistenten Messstellen, ergeben sich Abnahmen von 0,6 mg/l auf 21,1 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 2015 gegenüber 2014 um 0,3 mg/l gesunken. In den Normalgebieten sind seit 2001 Verbesserungen mit Abnahmen von etwa 4 % erkennbar, gegenüber dem Vorjahr nahm die mittlere Konzentration 2015 hier nur unwesentlich um 0,1 mg/l zu.

Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und deren Abbauprodukte wurden im Landesmessnetz 2015 an etwa 300 Messstellen untersucht, an denen in den letzten Jahren erhöhte Befunde aufgetreten waren. Überwiegend sind die Konzentrationen gleich geblieben oder haben abgenommen. 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. Konzentrationsanstiege treten deutlich seltener auf. Messstellen mit erhöhten Befunden werden weiter beobachtet.

Die Messungen der leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW) wurden von 2013 bis 2015 im Gesamtmessnetz der LUBW fortgesetzt. Beim Parameter „Summe aus Tri- und Tetrachlorethen“ lagen an 29,6 % der Messstellen positive Befunde über der Bestimmungsgrenze von 0,0001 mg/l vor, an 4,4 % der Messstellen wurde der Schwellenwert der Grundwasserverordnung von 0,01 mg/l überschritten. Die höchsten Belastungen sind an Messstellen im Einflussbereich von Siedlung und Industrie zu finden, wobei sich die Verursacher meist eindeutig zuordnen lassen. Dort liegen auch zahlreiche LHKW-Altlasten. Die Konzentrationen an diesen höher mit LHKW belasteten Messstellen sind landesweit in den letzten 25 Jahren zurückgegangen. Die am häufigsten gefundenen Einzelstoffe sind Tetrachlorethen (Per) und Trichlorethen (Tri). Rund 55 % der Tetrachlorethen-Befunde und 80 % der Trichlorethen-Befunde liegen hierbei im unteren Konzentrationsbereich von 0,0001 bis 0,001 mg/l und stellen somit mehr oder weniger die „diffuse“ Hintergrundbelastung dar, die sich auch über die Jahre nur wenig geändert hat. Deutlich geringer ist die Belastung mit den anderen LHKW.

Die Belastung des Grundwassers mit BTEX-Aromaten ist insgesamt gering. Bei den rund 1.900 im Zeitraum 2013 - 2015 untersuchten Messstellen wurden nur in wenigen Einzelfällen erhöhte positive Befunde gemessen.

Bei der Untersuchung auf die Benzinzusatzstoffe MTBE und ETBE im Grundwasser von 2013 - 2015 wurde MTBE an 3,5 % der Messstellen, ETBE an 1,3 % über der Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l festgestellt. Die meisten Positivbefunde traten hierbei in den unteren Konzentrationsbereichen auf. Bei keiner Probe lag der MTBE-Gehalt über dem Geringfügigkeitsschwellenwert der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser von 15 µg/l. Seit den letzten

beiden Beprobungskampagnen nahm die Belastung sowohl nach Messstellenanteil als auch nach Höhe der Konzentrationen weiterhin ab. Erhöhte Belastungen lassen sich nahezu immer eindeutig Verursachern zuordnen.

Im Jahr 2015 wurde begonnen, das gesamte Messnetz auf Süßstoffe, Benzotriazole und PFC (per- und polyfluorierte Chemikalien) zu untersuchen. Dabei wurden an rund einem Drittel der Messstellen Süßstoffe und an rund einem Sechstel der Messstellen 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 mehr als 40 % der Messstellen nachgewiesen werden, in rund drei Viertel der Fälle in niedrigen Konzentrationsbereichen. Betrachtet man nur die Rohwasserbrunnen- und -quellen für die öffentliche Wasserversorgung, so werden die gesundheitlichen Orientierungswerte GOW bzw. die Leitwerte LW für Trinkwasser in 99,5 % der Fälle unterschritten.

Das in der Magnetresonanztomografie (MRT) als Kontrastmittel verwendete Gadolinium konnte an zwei Dritteln der 36 risikobasiert ausgewählten Messstellen nachgewiesen werden. Fast das gesamte Gadolinium ist anthropogenen Ursprungs, der geogene Anteil spielt praktisch keine Rolle. Aufgrund der unterschiedlichen Einsatzgebiete bzw. der unterschiedlichen Herkunft lassen sich erwartungsgemäß keine Korrelationen zwischen den Gadolinium-Befunden und den Konzentrationen jodhaltiger organischer Röntgenkontrastmittel ableiten. An zwei Messstellen wurde der für Trinkwasser abgeleitete GOW für Gadolinium von 100 ng/l überschritten.

Im Rahmen der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie im Bereich Grundwasser für den 2. Bewirtschaftungsplan konnte festgestellt werden, dass alle Grundwasserkörper hinsichtlich der Menge 2015 in „gutem Zustand“ waren und dass dies auch wahrscheinlich 2021 der Fall sein wird. Im Jahr 2015 befanden sich 91 % der Landesfläche in „gutem chemischen Zustand“ und 9 % in „schlechtem chemischen Zustand“. Nach EU-Bewertung werden die Umweltziele 2021 auf 83 % der Landesfläche wahrscheinlich erreicht. Für 17 % der Landesfläche ist das Risiko vorhanden, dass die Umweltziele nicht erreicht werden.

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.

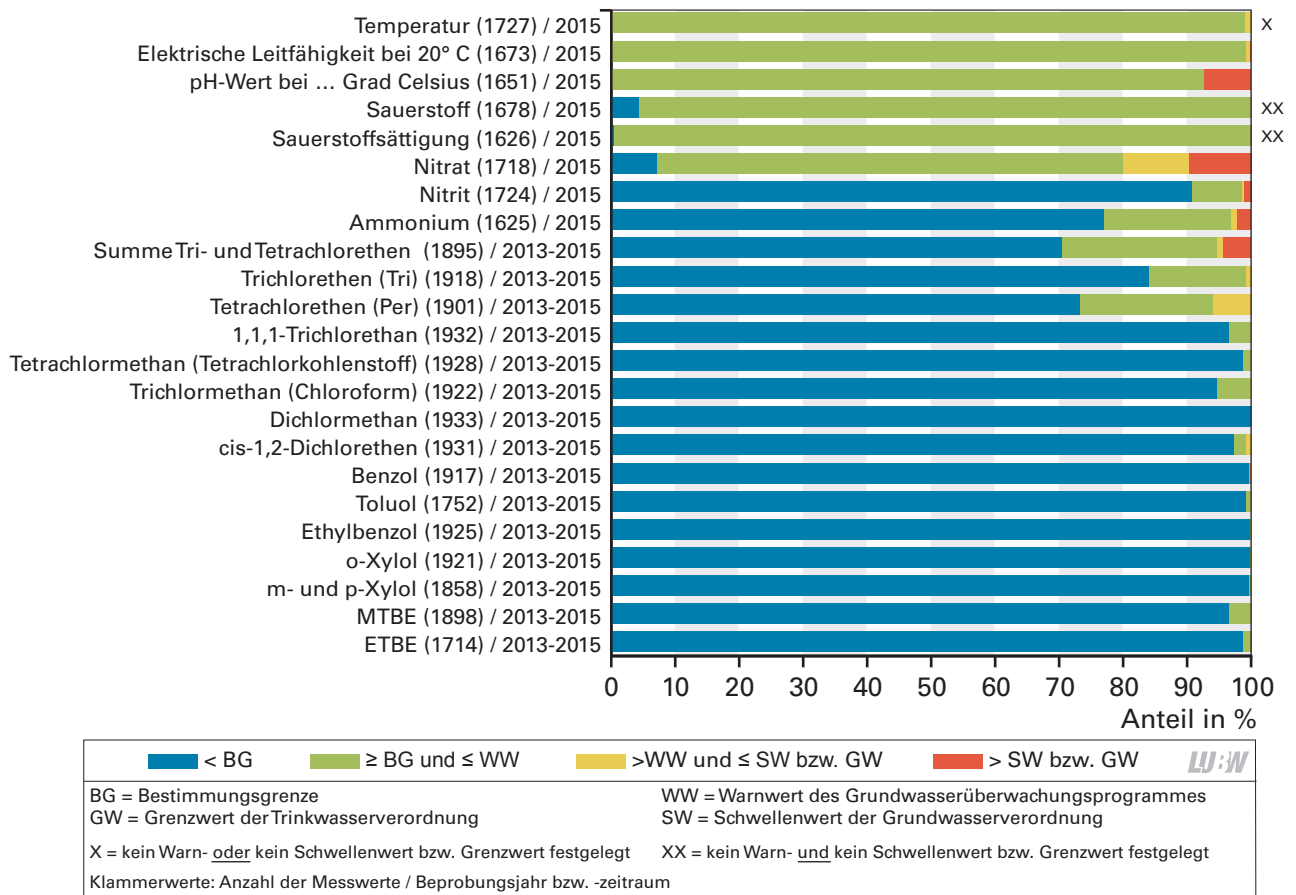


Abbildung 0-1: Übersicht über die Ergebnisse der Beprobung 2015 bzw. der Beprobungen 2013-2015, Messnetz LUBW - Prozentuale Verteilung der Messwerte

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 „Tochterraichtlinie 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 acht weitere Stoffe und Parameter „Schwellenwerte“ festgelegt. Im vorliegenden Bericht werden zur Ergebnisbewertung 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 2015 waren das 1366 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

4) Verordnung über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch (Trinkwasserverordnung – TrinkwV) vom 21.05.2001, BGBl. I 2001 S. 959, Neufassung vom 02.08.2013, BGBl. I 2013 S.2977

- 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 schüttungsabhängige Parameter.

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

■ dem **Grundwasserstandsmessnetz**

mit 233 Trend-Messstellen 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 **Quellmessnetz**

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 	Mengenumessung 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 übergebietsweiten 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 vor allem 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 17.03.2016 Ergebnisse von 3.938 Nitratanalysen zu 1.577 Messstellen in Trinkwasserschutzgebieten als Kooperationsbeitrag zur Verfügung. Davon sind 208 Messstellen „Überschneidermessstellen“, d. h. für diese Messstellen liegen ebenfalls Nitratdaten aus dem Landesmessnetz vor. Die Nitrat-Daten der 1.577 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 675 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 1.705 Messstellen in Trinkwasserschutzgebieten.

Letztlich konnte in die Grundwasserdatenbank der LUBW für das Jahr 2015 zusätzlich zu den von der LUBW betriebenen Landesmessstellen, d. h. ohne Überschneidermessstellen, die PSM- und Nitratanalysen von 1.496 WVU-Messstellen übernommen werden. Zu 234 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, Probenahmestellen, 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 Probenahme in Form von automatisch aus der Grundwasserdatenbank erzeugten Messstellen-Informationen vorliegen.



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

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 Mindest-Qualifikation 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 Original-Grundwasser
- Absicherung von Positiv-Befunden und Grenzwert-Überschreitungen 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)
- Alle relevanten Daten zum Deponiekörper selbst sowie deponiespezifische Messwerte, wie Deponiegas, Sickerwassermenge, Setzungen, etc. für ca. 40 Deponien.

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

Im Jahr 2015 lag der Entwicklungsschwerpunkt hauptsächlich auf der pilotmäßigen Anpassung der GWDB an die neue Fachanwendung Wasserrecht. Die Übernahme hydrogeologischer Kurzprofile wurde überarbeitet und neu strukturiert. Zahlreiche Verbesserungen gewährleisten die komfortable Nutzung der GWDB.

Als Beispiel stehen hierfür:

- Mehrspaltigkeit von Legenden in Diagrammen
- Ergänzung des Lastfalls „Kühlen“ bei Temperaturfeldern
- Automatische Erzeugung von Montagswerten beim Import von kontinuierlichen Datensammlerdaten
- Neue Reimportfunktion für bestätigte Laborwerte
- Messstellenscharfe PDF-Stammdatenberichte
- Erzeugung von Statistikberichten aus Schnellselektionen
- Anpassung der Attributtabelle und der GIS-Themen für „WRRL-Grundwasserkörper“
- Die aktuelle Parameterliste, neue Parameter und Ergänzungen sowie die aktuelle Laborliste können seit März 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 2015 in Baden-Württemberg

2.1. Hydrologische Situation

Die Niederschläge im Jahr 2015 entsprachen im langjährigen Vergleich deutlich unterdurchschnittlichen Verhältnissen. Das Flächenmittel der Niederschlagshöhe in Baden-Württemberg betrug 737 mm, das sind 75 % des Niederschlagsmittelwertes der Normalperiode 1981-2010 (Abbildung 2.1-1). Das Jahr 2015 ist nach 2014 das zweite Jahr in Folge mit stark defizitären Niederschlägen. In den vergangenen 20 Jahren war lediglich das Jahr 2003 noch trockener. In vielen Landesteilen lag die Niederschlagshöhe unter 70 % des langjährigen Mittels. Die höchste Niederschlagssumme wurde am Feldberg im Schwarzwald mit 1.593 mm gemessen (Abbildung 2.1-2).

Innerhalb des Jahres 2015 waren die Verhältnisse neben den nassen Monaten Januar und November ansonsten unterdurchschnittlich. In der ersten Jahreshälfte waren bereits Niederschlagsdefizite festzustellen, wobei die Trockenheit in der zweiten Jahreshälfte in allen Landesteilen wesentlich ausgeprägter war (Abbildung 2.1-3). Die geringsten Niederschlagsmengen wurden mit 30 mm im Landesmittel in den Monaten Februar und Dezember registriert. Im Februar wurden z. B. 15 mm Niederschlag an der Station Öhringen ge-

messen, das sind 26 % des vieljährigen Mittelwerts. Die nassen Monate Januar und November reichten bei weitem nicht aus, um die defizitären monatlichen Niederschlagsmengen auszugleichen.

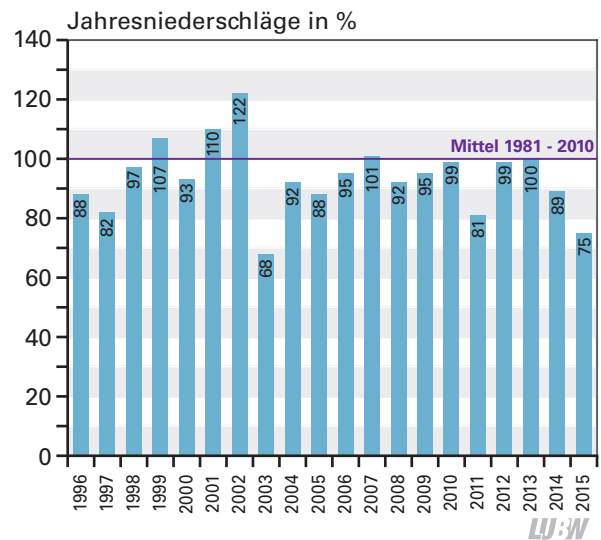


Abbildung 2.1-1: Einordnung der mittleren Jahresniederschläge in Baden-Württemberg seit 1997 in das langjährige Geschehen (Quelle: DWD)

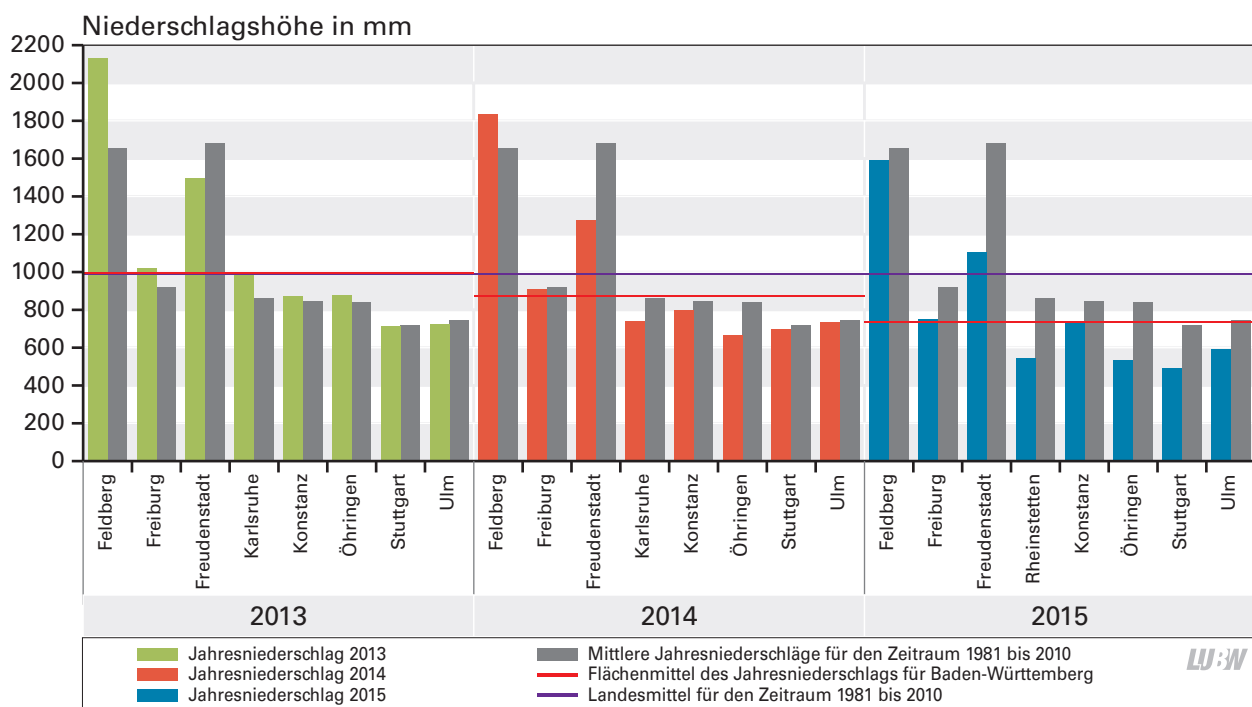


Abbildung 2.1-2: Jahresniederschläge an ausgewählten DWD-Stationen in Baden-Württemberg in den Jahren 2013, 2014 und 2015 im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten (Quelle: DWD)

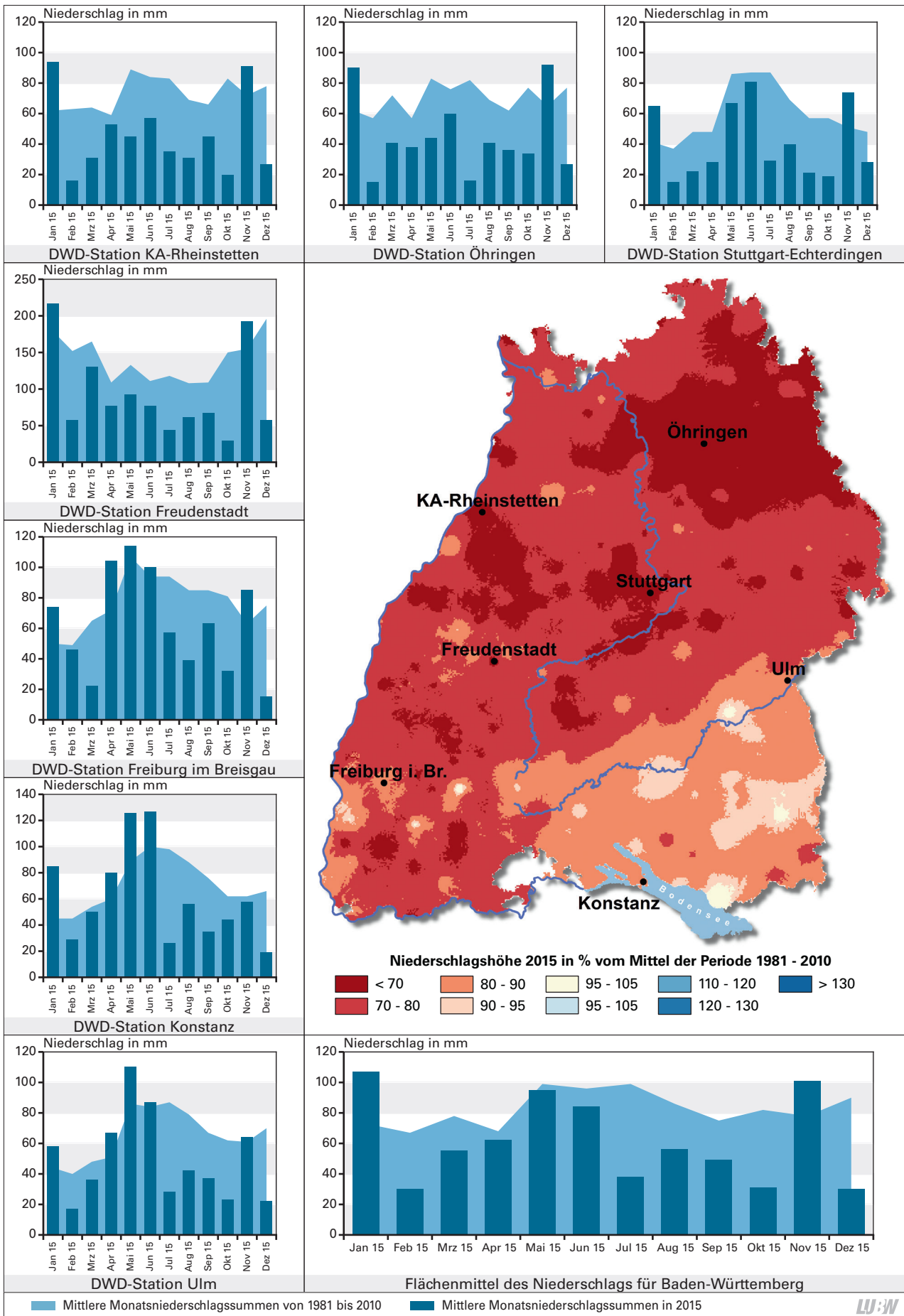


Abbildung 2.1-3: Monatliche Niederschlagshöhe an ausgewählten DWD-Stationen im Jahr 2015 (Quelle: DWD) und Jahresniederschlagshöhe 2015 in % vom Mittel der Periode 1981-2010

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 landesweit höchsten Niederschlagsmengen werden in den Höhenlagen des Schwarzwalds gemessen.

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 Egelsee, Graben-Neudorf 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 2015 fand außergewöhnlicherweise im gesamten zweiten Halbjahr keine nennenswerte 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.

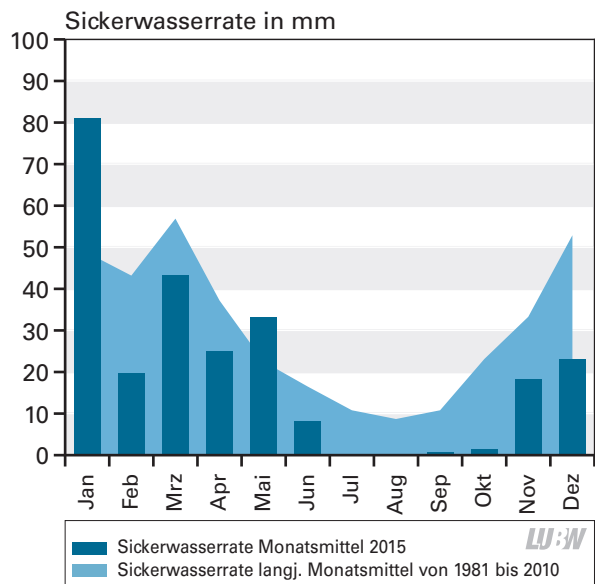


Abbildung 2.2-1: Jahresgang 2015 der Sickerwasserrate im Landesmittel (Säulen) im Vergleich zum mittleren Jahresgang der Periode 1981-2010 (hellgrüne Fläche)

Zur Charakterisierung der Grundwasserneubildungsverhältnisse sind die Monatssummen der Niederschläge und die Versickerungsmengen der Jahre 2014 und 2015 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 zum Jahresbeginn 2015 im Singener Becken, im Iller-Riß-Gebiet sowie im Oberrheingraben. Der Bodenwasserspeicher hat sich im 1. Quartal von 2015 nur mäßig entleert, wodurch zunächst günstige Bedingungen für die Grundwasserneubildung gegeben waren. Im Gegensatz zur nördlichen Landeshälfte waren die Versickerungen im Süden bis etwa Mai 2015 signifikant überdurchschnittlich. Die deutlich unterdurchschnittlichen Niederschläge in Kombination mit dem hohen Wasserbedarf der Pflanzen in der Vegetationszeit haben im weiteren Jahresverlauf jedoch auch südlich der Donau das Grundwasserneubildungsgeschehen gehemmt. Die gemessenen Sickerungen stammen dabei im Wesentlichen aus dem leerlaufenden Bodenwasserspeicher. Zahlreiche Lysimeteranlagen sind bereits ab dem Frühjahr 2015 für ein halbes Jahr weitgehend trocken gefallen. Erst die überdurchschnittlichen Niederschläge im November haben das Neubildungsgeschehen wieder in Gang gesetzt – zumindest im Iller-Riß-Gebiet. Sowohl im

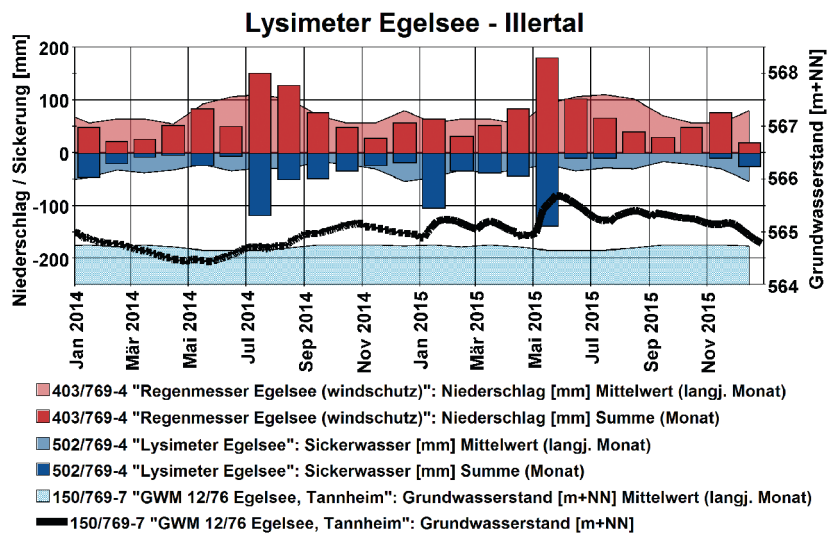
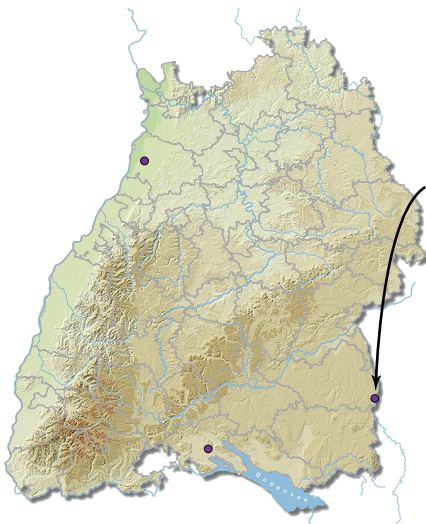
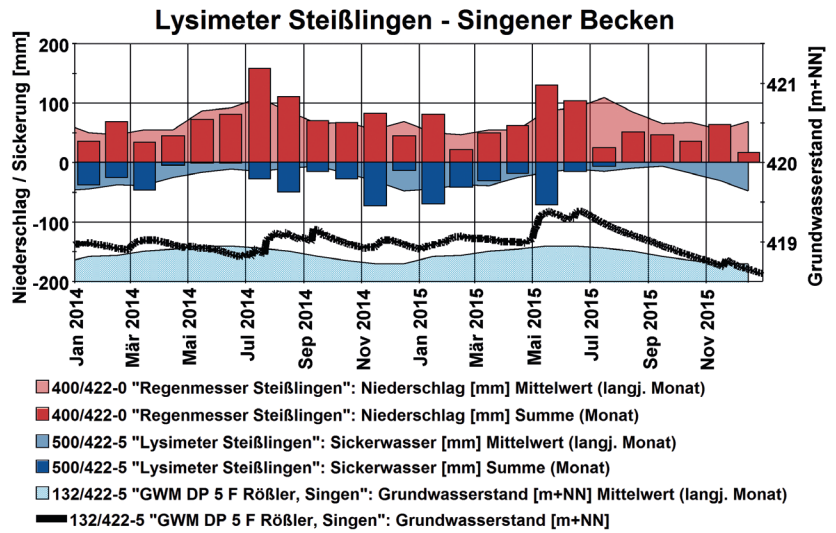
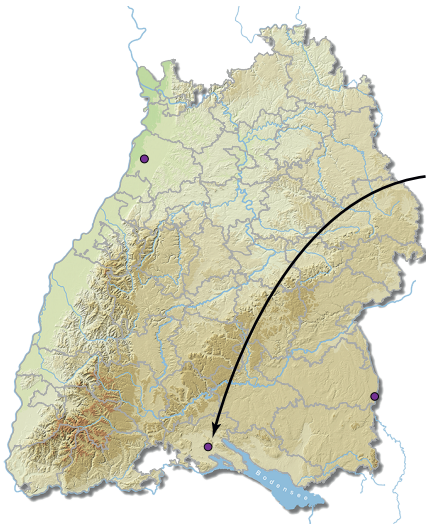
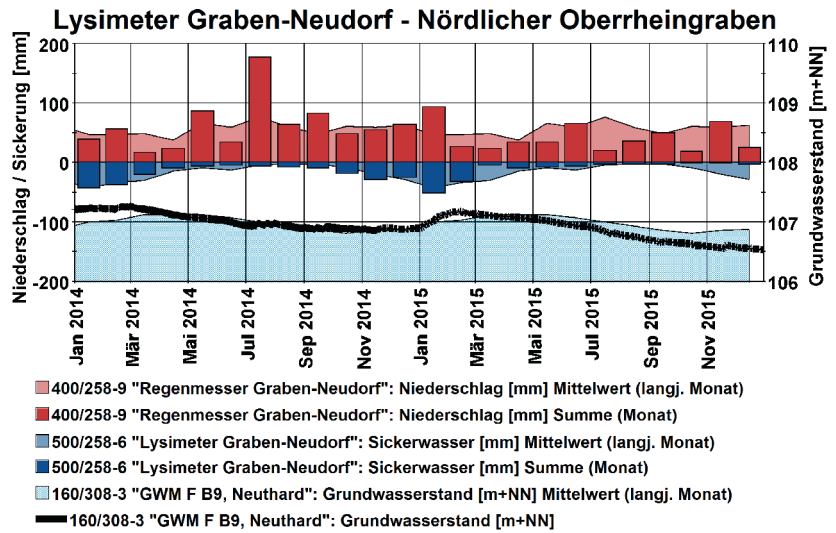
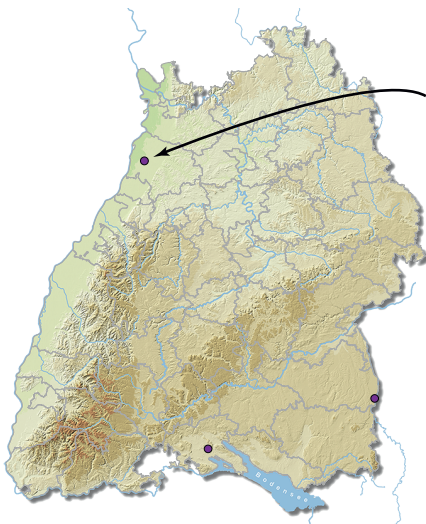


Abbildung 2.2-2: Niederschlag, Sickerung und Grundwasserstand an ausgewählten Lysimeteranlagen in den Jahren 2014 und 2015

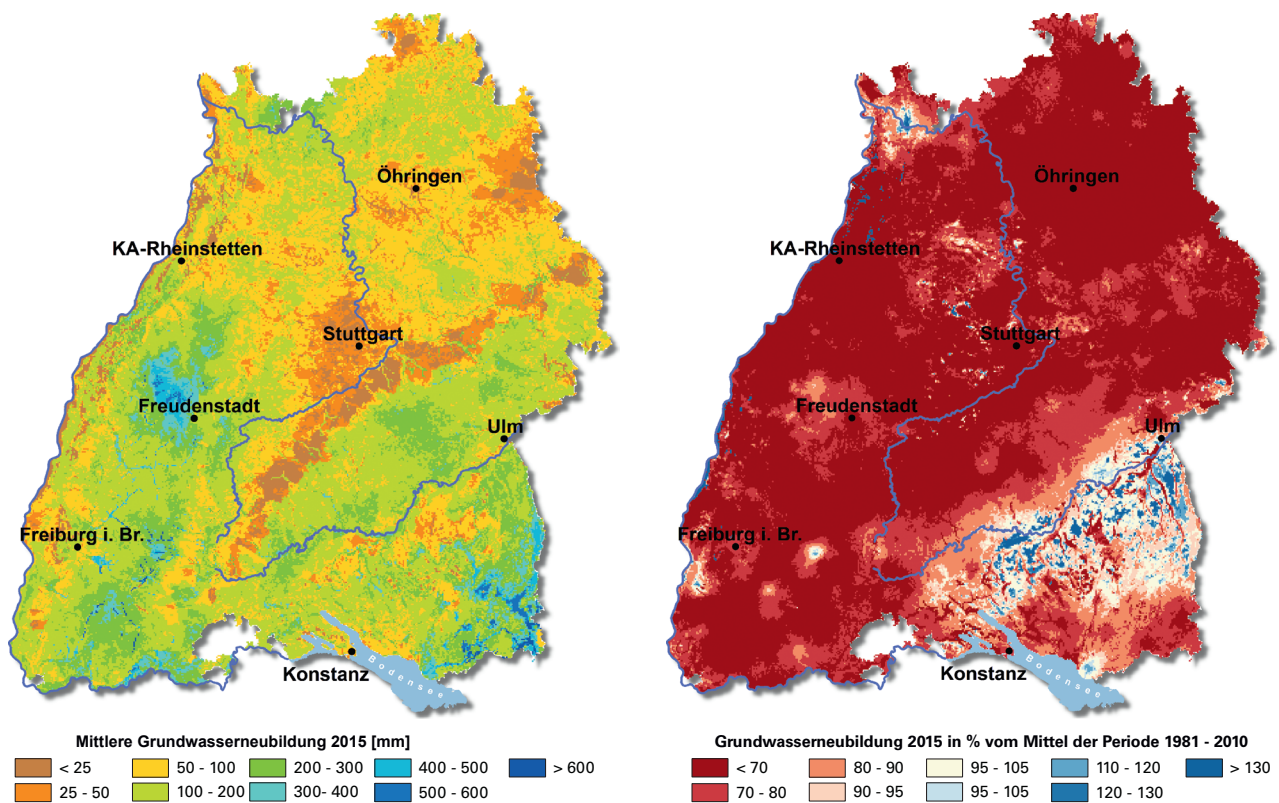


Abbildung 2.2-3: Verteilung der Grundwasserneubildung im Jahr 2015 in mm/Jahr (linke Seite) und in % vom Mittel der Periode 1981-2010 (rechte Seite)

Oberrhingraben als auch im Singener Becken sind die Ly-simeter bis zum Jahresende 2015 nahezu weitgehend trocken geblieben.

Die landesweite Berechnung der Sickerwasserrate mit dem Bodenwasserhaushaltsmodell ergibt für die zweite Jahreshälfte 2015 aufgrund des unterdurchschnittlichen Niederschlags bei weitem zu geringe Raten (Abbildung 2.2-1). Von Juli bis Oktober 2015 erfolgte praktisch keine Sickerwasserbildung. Erst der überdurchschnittlich hohe Niederschlag im November füllte den Bodenspeicher wieder auf und setzte die Sickerwasserbildung wieder in Gang.

Die räumliche Verteilung der jährlichen Grundwasserneubildung aus Niederschlag in Baden-Württemberg zeigt Abbildung 2.2-3. Das Landesmittel des Jahresniederschlags lag im Jahr 2015 bei rd. 740 mm und die Sickerwasserrate betrug etwa 250 mm. Daraus resultierte eine Grundwasserneubildung von etwa 140 mm/a. Sickerwasserrate und Grundwasserneubildung aus Niederschlag im Jahr 2015 erreichten damit weniger als 70 % der Mittelwerte der Periode 1981-1990.

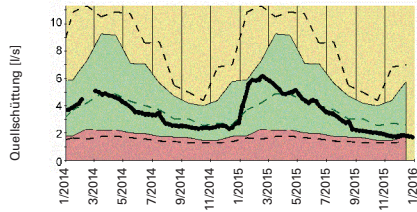
2.3 Die Grundwasservorräte 2015

2.3.1 Datengrundlage und allgemeine Zustandsbeschreibung

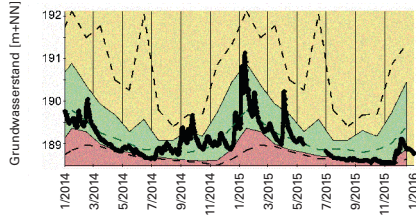
In Baden-Württemberg werden über 70 % des Trinkwassers aus Grund- und Quellwasser gewonnen. Wesentliche Aufgabe der Wasserwirtschaftsverwaltung ist es, eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung sicherzustellen und Grundwasserressourcen in qualitativer wie quantitativer Hinsicht für künftige Generationen zu erhalten. Hierzu werden ein Überblick über die aktuelle Zustandsentwicklung der landesweiten Grundwasservorräte gegeben und die im Jahr 2015 beobachteten Tendenzen dargestellt.

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

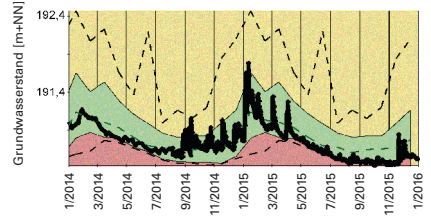
600/407-7 QF Hintere Quelle, Hilsbach



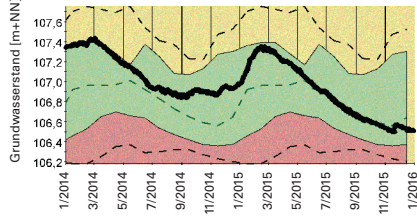
5003/607-4 GWM KB1 Erkundungsbohrung Wasserwerk



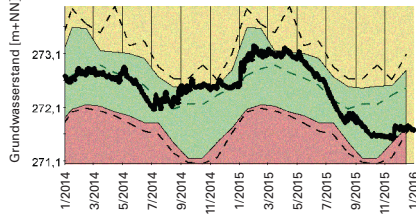
2027/654-4 GWM 5, Unterbalbach



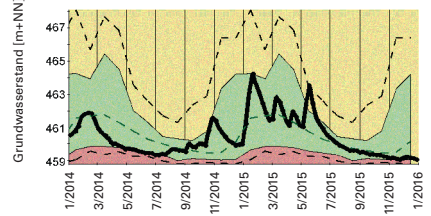
152/308-7 GWM 1 Flach, Forst



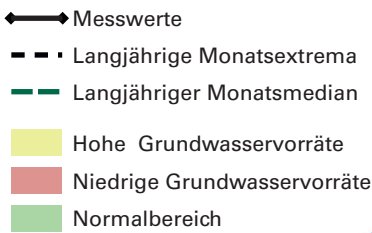
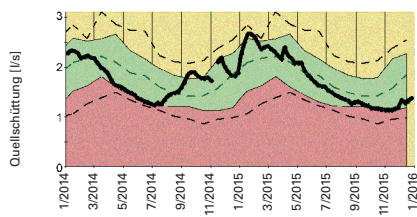
324/510-3 GWM PII Am Lemberg, Deponie Poppenweiler



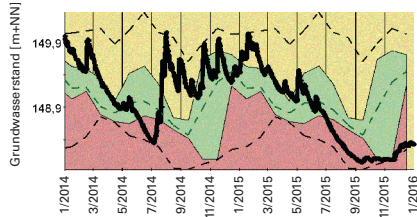
2010/813-1 GWM B 2/79, Heerstrasse 1, Gingen



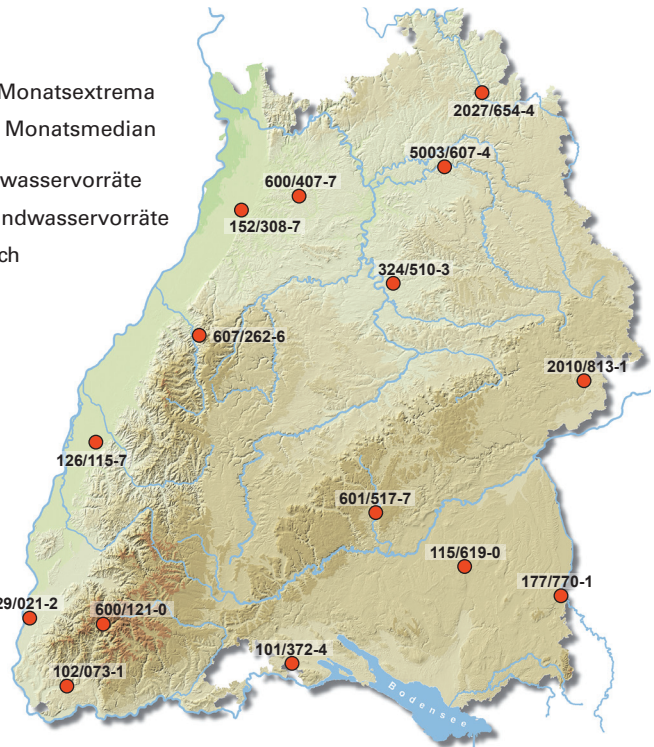
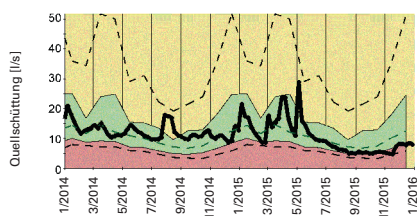
607/262-6 QSS I-II Mühlgrabenquelle, Lautenbach



126/115-7 GWM3 1031A Bahnhofstraße, Hohberg

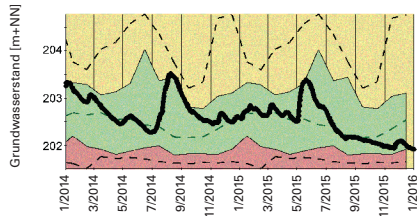


600/121-0 QF Knappenquelle, Todtnau

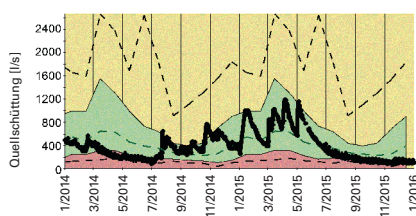


© LUBW, LGL BW **LUBW**

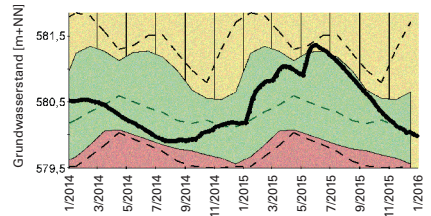
29/021-2 GWM B 15 Zienken, Neuenburg am Rhein



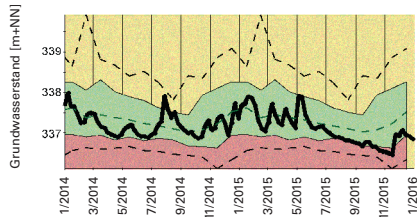
601/517-7 QF Gallusquelle Hermentingen, Veringenstadt



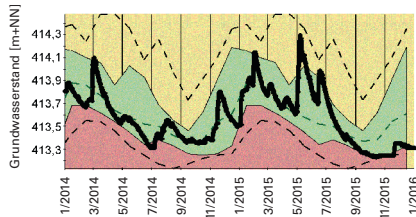
115/619-0 GWM 8N Sattenbeuren, Bad Schussenried



102/073-1 GWM 6, Maulburg



101/372-4 GWM 3198, Rielasingen



177/770-1 SBR 13, Aitrach

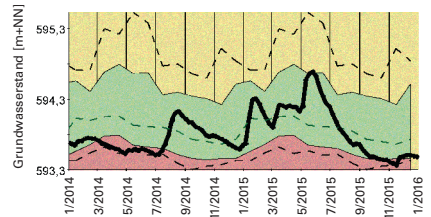


Abbildung 2.3-1: Grundwasserstand / Quellschüttung und zugehöriger Normalbereich aus 20 Beobachtungsjahren an ausgewählten Grundwassermessstellen im Zeitraum Januar 2014 bis Dezember 2015

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 2015 starken Schwankungen innerhalb des Normalbereichs. Ab Juli wurden ununterbrochen rückläufige Grundwasservorräte bis unterhalb des Normalbereichs zum Jahresende 2015 beobachtet. Im Dezember 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 Grundwasserstände im südlichen Oberrhein und in der Freiburger Bucht bewegten sich im Jahresverlauf 2015 meistens im oberen Normalbereich. Nach einem steilen Anstieg im Mai auf eine hohes Niveau waren die Grundwasservorräte bis zum Jahresende rückläufig, blieben jedoch innerhalb des Normalbereichs (Messstelle 0029/021-2 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist unauffällig.

Der Grundwasserstand im Bereich des mittleren Oberrheins hat sich im Jahr 2015 – abgesehen von kurzzeitigen Anstiegen im Frühjahr – ausschließlich rückläufig entwickelt. Nachdem langjährige Hochwerte im Januar gemessen wurden bewegten sich die Grundwasservorräte zum Jahresende im Bereich der langjährigen Niedrigwerte. In keinem anderen Landesteil waren diese „Talfahrt“ ausgeprägter (Messstelle 0126/115-7 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist nach wie vor ausgeglichen.

Der Grundwasserstand im nördlichen Oberrhein lag im gesamten Jahresverlauf 2015 unauffällig im Normalbereich.

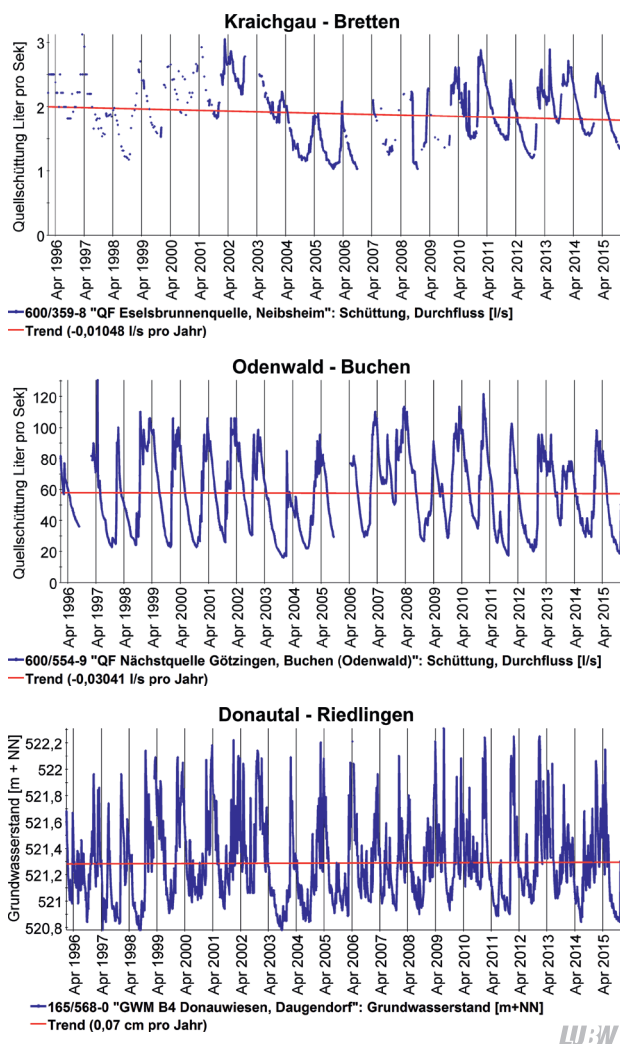


Abbildung 2.3-2: Ganglinien ausgewählter Grundwassermessstellen mit Trendbetrachtung 1996-2015

Der naturgemäße Rückgang hat frühzeitig ab März eingesetzt und dauerhaft bis zum Jahresende angehalten. Dank der deutlich überdurchschnittlichen Ausgangssituation zu Jahresbeginn bewegte er sich zum Jahresende auf mittlerem Niveau (Messstelle 0152/308-7 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist insgesamt ausgeglichen, wobei vereinzelt sowohl ansteigende als auch rückläufige Verhältnisse zu beobachten sind.

Die Grundwasservorräte im Singener- und Bodenseebcken sowie im Argendelta schwankten im Jahr 2015 sehr stark bis außerhalb des Normalbereichs. Kräftige Niederschläge in Mai und Juni haben zu einem Zeitpunkt, zu dem naturgemäß rückläufige Verhältnisse beobachtet werden, signifikante Anstiege der Grundwasservorräte bewirkt. Zum Jahresende sind unterdurchschnittliche Verhältnisse festzustellen, bereichsweise auch unterhalb des Normalbereichs (Messstelle 101/372-4 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

Die Grundwasserstandsentwicklung in den quartären Talfüllungen des Donautals spiegelt das Niederschlagsgeschehen wider. Die Grundwasserstände schwankten im 1. Halbjahr 2015 innerhalb und oberhalb 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 ausnahmslos ausgeglichen.

Die Grundwasserstände im Illertal und im Bereich der Leutkircher Heide haben vom regenreichen 1. Halbjahr 2015 südlich der Donau profitiert und bewegten sich zum Sommerbeginn auf überdurchschnittlichem Niveau. Der weitere Jahresverlauf war allerdings kontinuierlich rückläufig bis auf deutlich unterdurchschnittliche Verhältnisse – bereichsweise bis auf vieljährige Niedrigwerte. Zum Jahresende ist eine leichte Entspannung zu beobachten (Messstelle 0177/770-1 in Abbildung 2.3-1). Der 20-jährige Trend ist ausgeglichen.

Die Grundwasserstände im Rißtal und in Oberschwaben bewegten sich im gesamten Jahresverlauf im oberen Normalbereich. Nach dem erwartungsgemäßen Rückgang im hydrologischen Sommerhalbjahr sind zum Jahresende noch etwa mittlere Verhältnisse festzustellen (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 Karstaquifer der Schwäbischen Alb bewegten sich in der 1. Jahreshälfte 2015 permanent auf überdurchschnittlichem Niveau im Normalbereich. Infolge der ausgeprägten Trockenheit entspricht der Kurvenverlauf im 2. Halbjahr weitgehend der Trockenwetterfalllinie. Zum Jahresende werden geringe Schüttungen im Bereich der 20-jährigen Niedrigwerte erreicht (Messstelle 601/517-7 in Abbildung 2.3-1). Im Bereich der Ostalb werden vergleichbare Verhältnisse beobachtet (Messstelle 2010/813-1 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährigen Trends sind ausnahmslos ausgeglichen.

Die Entwicklung der Grundwasserstände im Neckarbecken sowie der Quellschüttungen in den Schwäbisch-Fränkischen Waldbergen war 2015 permanent rückläufig, verlief im gesamten Jahresverlauf jedoch relativ unauffällig inner-

halb des Normalbereichs (Messstelle 0324/510-3 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 hohem Niveau zu Jahresbeginn sind die Grundwasserspiegellagen innerhalb weniger Wochen rasch gefallen. Ab etwa Juli und bis einschließlich zum Jahresende 2015 war ein extrem niedriges Niveau im Bereich der vieljährigen Niedrigwerte zu verzeichnen (Messstelle 5003/607-4 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährigen Entwicklungstendenzen sind weiterhin unauffällig.

Aufgrund der geringen Niederschläge waren die Quellschüttungen in den Festgesteinen von Nord-Württemberg und Odenwald bis zum Jahresende 2015 rückläufig. Erst zum Jahresende war ein kurzzeitiger Wiederanstieg zu beobachten (Messstelle 600/554-9 in Abbildung 2.3-2). Die Ganglinien bewegten sich in der 2. Jahreshälfte vielerorts unterhalb des Normalbereichs auf niedrigem Niveau. Die langjährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

Die Quellschüttungen und Grundwasserstände im Kraichgau verliefen 2015 trotz unterdurchschnittlicher Niederschläge unauffällig auf mittlerem Niveau (Messstellen 600/359-8 in Abbildung 2.3-2 und 600/407-7 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährigen Trends sind ausgeglichen.

Die Schwarzwaldquellen verfügen über kleinräumige Einzugsgebiete und weisen ausgeprägte, niederschlagsbedingte Schüttungsschwankungen auf. Die Schüttungen schwankten in der 1. Jahreshälfte überwiegend im oberen Normalbereich. Im weiteren Verlauf waren stark rückläufige Entwicklungen ohne nennenswerte witterungsbedingte Schüttungsdynamik zu verzeichnen. Sowohl im Nord- als auch im Hochschwarzwald hielten die generell niedrigen Verhältnisse bis zum Jahresende an (Messstellen 0607/262-6 und 0600/121-0 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährigen Trends sind ausgeglichen.

Eine gesamtschauliche Beurteilung der quantitativen Grundwasserverhältnisse im Jahr 2015 lässt sich vor dem Hintergrund von mehrjährigen (20 Jahre) Beobachtungs-

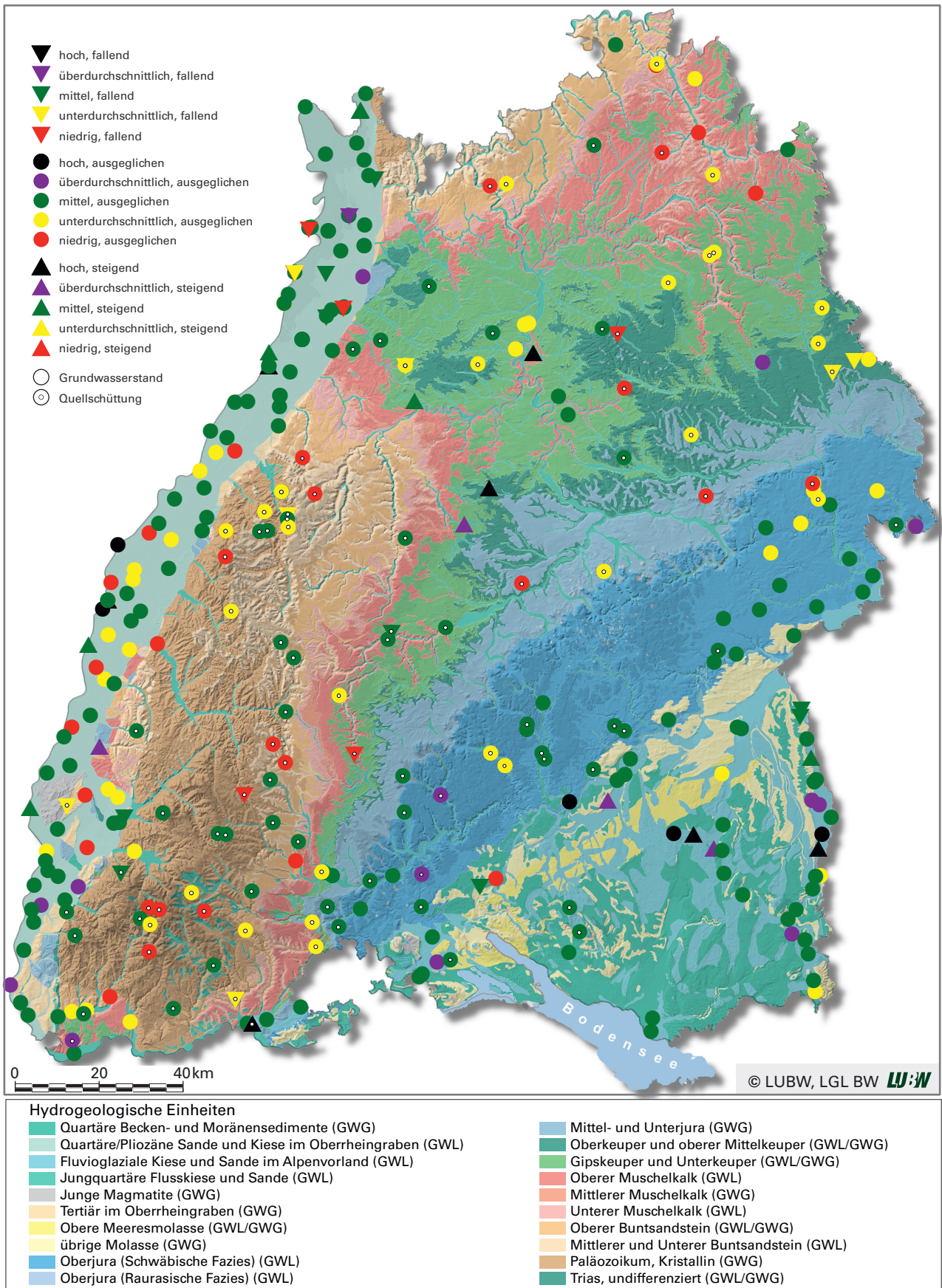


Abbildung 2.3-4: Charakterisierung der mittleren Grundwasserverhältnisse im Jahr 2015 und des Trendverhaltens im Zeitraum 1996 - 2015

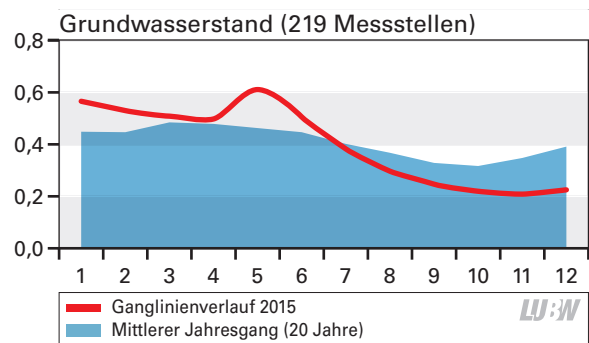
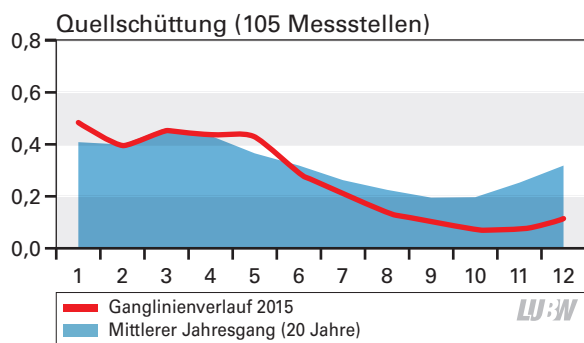


Abbildung 2.3-3: Mittlerer Jahresverlauf von Quellschüttung und Grundwasserstand im vieljährigen Mittel (1996-2015) und im Jahr 2015 (schematisch)

reihen 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 2015 wird als Linie dargestellt.

Abbildung 2.3-4 zeigt die messstellenbezogene Beurteilung der aktuellen quantitativen Grundwasserverhältnisse ebenfalls auf der Grundlage der Mittelwerte des Jahres 2015 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 Grundwasserverhältnissen. Die Symbole stehen für den zunehmenden, gleich bleibenden bzw. abnehmenden Trend.

2.3.3 Fazit der quantitativen Entwicklung

Im langjährigen Vergleich sind zunächst außergewöhnliche Anstiege im Frühjahr auf ein überdurchschnittliches Niveau zu verzeichnen. Nach dem trockenen Jahresbeginn haben die mittleren Regenmengen in Mai und teilweise Juni eine kurzfristige Erholung der Grundwasservorräte bewirkt. Die anschließenden wiederum geringen Niederschläge haben anhaltend rückläufige Verhältnisse ab dem Sommer verursacht. In der 2. Jahreshälfte sind daher Rückgänge bis auf ein niedriges Niveau zu beobachten (Abbildungen 2.3-3). Dank der allgemein hohen Ausgangssituation im Mai bewegen sich die quantitativen Grundwasserverhältnisse zum Jahresende trotz dieser Entwicklung auf einem für die Wasserversorgung akzeptablen Niveau. Die auf Niederschläge ausgeprägter reagierenden Quellschüt-

tungen unterliegen grundsätzlich etwas ausgeprägteren innerjährlichen Schwankungen und bewegen sich zum Jahresende auf extrem niedrigem Niveau. Die berechneten, insgesamt durchschnittlichen Jahreswerte spiegeln diese ausgeprägte Niedrigwassersituation ab Herbst 2015 nicht wider. Im mittleren Oberrheingraben und in der Freiburger Bucht werden 2015 überwiegend mittlere bis niedrige Verhältnisse beobachtet, während südlich der Donau und im Rhein-Neckar-Raum eine insgesamt mittlere bis überdurchschnittliche quantitative Grundwassersituation vorherrschte. Unterdurchschnittliche bis niedrige Werte weisen insbesondere die Quellen mit kleinen Einzugsgebieten in Schwarzwald und Nord-Württemberg auf. (Abbildung 2.3-4).

Insgesamt sind die mittleren Grundwasservorräte im Jahr 2015 südlich der Donau höher und in den übrigen Landesteilen etwas niedriger 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 im extrem trockenen Jahr 2003 vergleichbar sind, festzustellen. Dieser außergewöhnliche Rückgang ist in allen Landesteilen vorhanden und kennzeichnet das Jahr 2015. Erst zum Jahresende wird eine Stabilisierung der Grundwasservorräte auf einem niedrigen Niveau beobachtet. Die Grundwasservorräte sind zum Jahresende deutlich niedriger als zu Jahresbeginn. Der 20-jährige Trend ist bei den meisten Grundwasserstandsmessstellen und den Quellen nach wie vor 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). Im Herbst 2015 wurde das Grundwasser von 1.718 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 2015 lag die Überschreitungshäufigkeit des Warnwertes (75 % des Schwellenwertes der GrwV) bei 20,1 % und des Schwellenwertes der GrwV / des Grenzwertes der TrinkwV von 50 mg/l bei 9,7 % der Messstellen des Landesmessnetzes (Abbildung 2.4-1). Das Maximum betrug 124 mg/l.

Die Anteile der verschiedenen Messstellengruppen an der Gesamtbelastung sind wie in den Vorjahren sehr unterschiedlich, 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 Kennzahlen des Gesamtmessnetzes sowie der Teil-

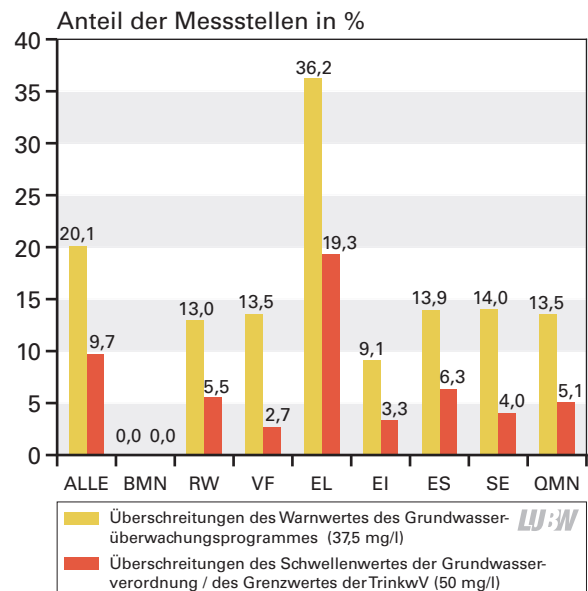


Abbildung 2.4-1: Prozentualer Anteil der Messstellen mit Überschreitungen des Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms und des Schwellenwertes der Grundwasserverordnung bzw. des Grenzwertes der TrinkwV im Gesamtmessnetz und in den Teilmessnetzen 2015 (Datenbasis: nur Landesmessstellen LUBW, Abkürzungen siehe Anhang A1)

messnetze 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 (Abbildungen 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 Zustand“ eingestuft Grundwasserkörper. Neben diesen Hauptbelastungsregionen gibt es noch einige kleinere Gebiete mit

Tabelle 2.4-1: Statistische Kennzahlen Nitrat 2015, Landesmessnetz LUBW

	Landes-Messnetz	EL	ES	RW	BMN
Anzahl der Messstellen	1.718	611	316	146	105
Mittelwert in mg/l	22,5	31,4	19,8	19,9	6,4
Medianwert in mg/l	18,0	28,2	16,1	17,9	6,2
Überschreitungen des Warnwertes (37,5 mg/l) in % der Messstellen	20,1	36,2	13,9	13,0	0,0
Überschreitungen des Schwellenwertes der Grundwasserverordnung bzw. des Grenzwertes der TrinkwV (50 mg/l) in % der Messstellen	9,7	19,3	6,3	5,5	0,0

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

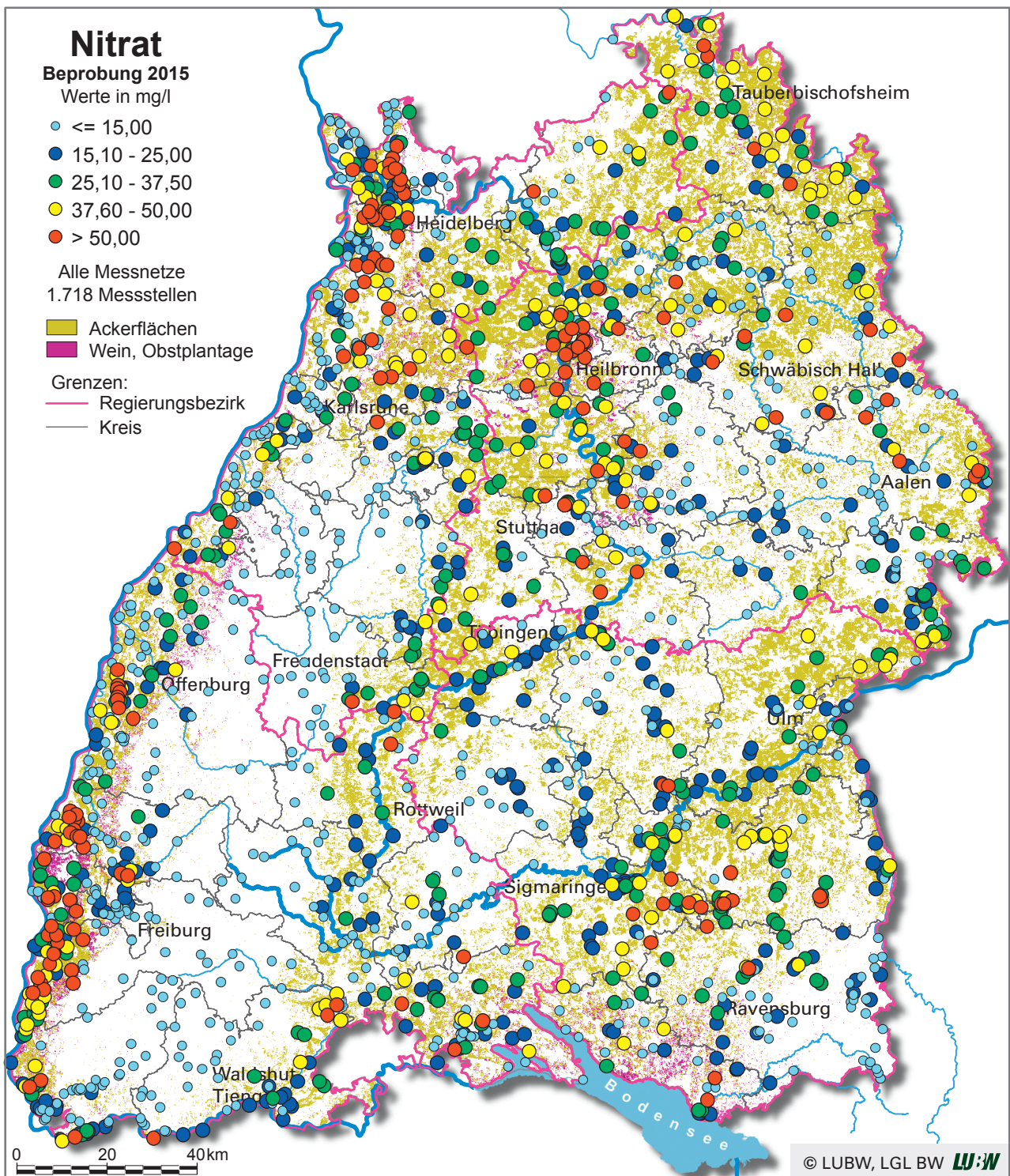


Abbildung 2.4-2: Nitratgehalte 2015 im Landesmessnetz LUBW

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 östlichen 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 be-

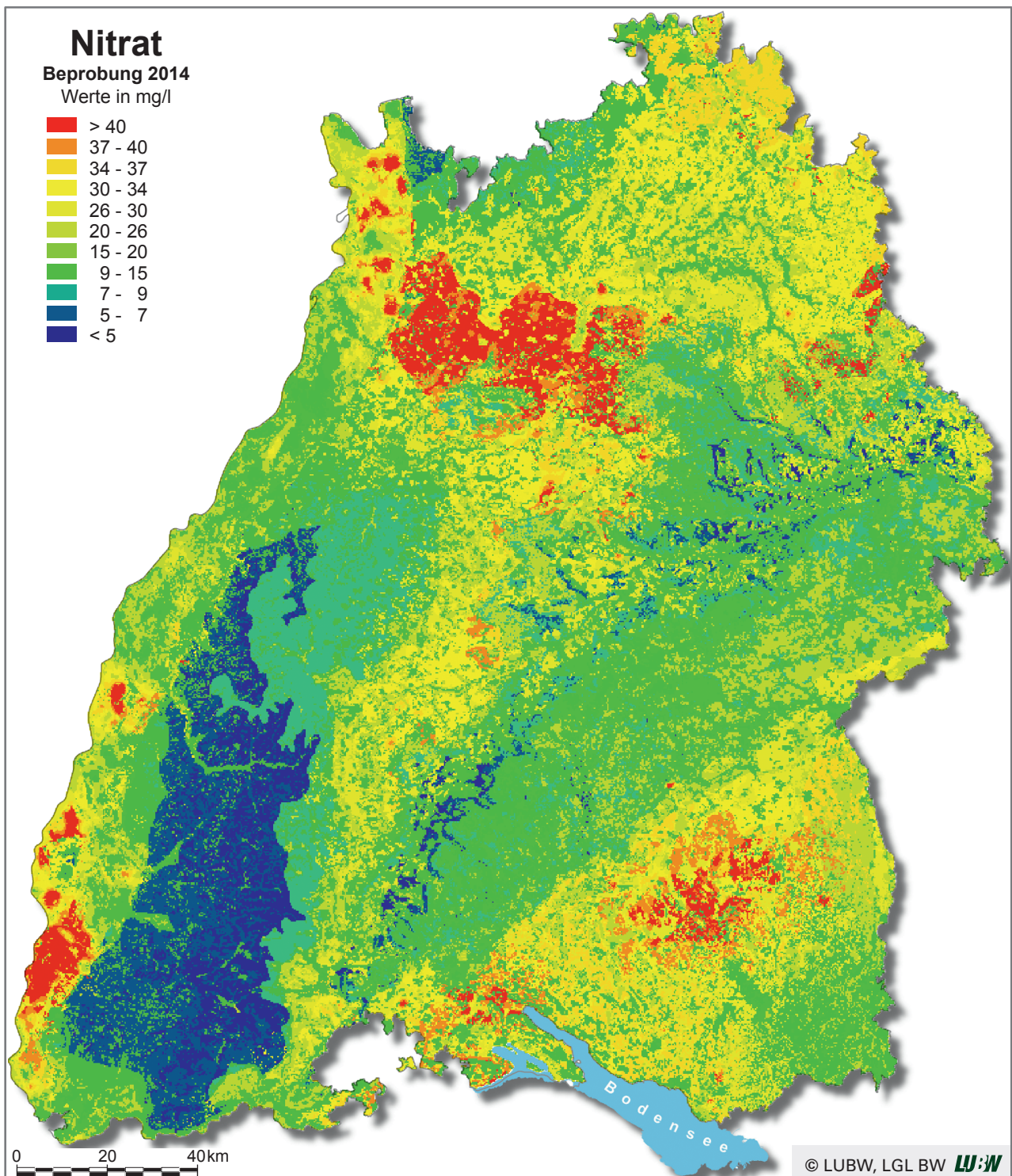


Abbildung 2.4-3: Verteilung der Nitratgehalte 2014 im oberflächennahen Grundwasser, regionalisierte Darstellung nur oberflächennaher Messstellen mit Messungen von September bis Oktober 2014 (Datengrundlage: 1.432 von insgesamt 1.758 Landesmessstellen, da ein Teil der Messstellen in tiefen Aquiferen verfiltert ist oder für Messstellen keine Aquifer- oder Landnutzungsbezeichnung vorliegt)

schreiben. 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 Kriging-Verfahren SIMIK+ verwendet, bei dem die beiden Haupteinflussfaktoren Landnutzung in 16 Klassen und Hydrogeologie („Oberflächennahe Aquifere“) in 21 Klassen berücksichtigt werden. Tiefe Messstellen wurden ausgeschlossen. Abbildung 2.4-3 zeigt die Hauptbelas-

tungsgebiete. Aus technischen Gründen ist in Abbildung 2.4-3 die Verteilung für die Nitratgehalte im Jahr 2014 dargestellt.

2.4.1.3 Kurzfristige Veränderungen (Vergleich zu den Vorjahren)

Tabelle 2.4-2 zeigt die Entwicklung der statistischen Kennwerte von 2003 bis 2015 im gesamten Landesmessnetz mit 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 in 2011 ungesättigten Boden- und Aquiferzone rüchlösen konnte. Der zeitweise existierende Zusammenhang der Zu- und Abnahmen der Nitratgehalte zu Niederschlagsmenge und zum Witterungsverlauf wurde schon bei den Belastungsabnahmen in 2003/2004 und den darauf folgenden Zunahmen in den nasser Jahren 2005/2006/2007 beobachtet. Damals war die extreme Trockenheit 2003 mit die Ursache. Der Mittelwert und der Medianwert sind 2015 gegenüber dem Vorjahr um 0,7 bzw. 0,4 mg/l gesunken und betragen nun 22,5 mg/l bzw. 18,0 mg/l. Offenbar sind diese Abnahmen der Nitratkonzentrationen durch die geringeren Niederschläge in 2014 und 2015 mitverursacht.

Die Überschreitungshäufigkeit des Wertes von 50 mg/l im gesamten Landesmessnetz hat gegenüber dem Vorjahr um 0,3 Prozentpunkte von 10,0 % auf 9,7 % abgenommen. Damit liegt die Überschreitungshäufigkeit erstmals seit dem Beginn der Datenreihe in 1994 unter 10,0 %. Der Schwellenwert der Grundwasserverordnung bzw. der Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 50 mg/l wird 2015 somit nur noch an knapp jeder zehnten Landesmessstelle überschritten.

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 Überschreitungquote als in den Vorjahren führt. Der Wert von 37,5 mg/l entspricht 75 % des Schwellenwertes der GrwV.

Überschreitungen des Warnwertes von 37,5 mg/l liegen an 20,1 % der Messstellen vor, d. h. an jeder fünften Messstelle wird der Warnwert überschritten. Die Zahl der Überschreitungen des alten Warnwertes von 40 mg/l als Maßstab liegt 2015 mit 17,4 % etwa auf dem gleichen niedrigen Niveau der Jahre 2004, 2005 und 2011, 2014. Die bisher geringste Überschreitungquote 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 2014 auf 2015 um 1,5 Prozentpunkte von 20,8 auf 19,3 % ab. Die Anzahl der Warnwertüberschreitungen sank von 37,2 % auf nun 36,2 % im Jahr 2015. Der Mittelwert sank auch in diesem Jahr und zwar um deutliche 1,4 mg/l von 32,8 mg/l auf 31,4 mg/l, der Medianwert veränderte sich um 1,2 mg/l von 29,4 mg/l auf

Tabelle 2.4-2: Statistische Kennzahlen der Nitratdaten vom Herbst 2015 im Vergleich zu den Vorjahren (Originalwerte aus den Jahresberichten, jeweilige Messstellenanzahl pro Jahr, nicht konsistente Messstellen, Nitratwert aus September/Oktober)

Landesmessnetz	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Anzahl der Messstellen	2.047	2.076	2.081	2.032	1.843	1.874	1.905	1.848	1.776	1.747	1.776	1.758	1.718
Mittelwert in mg/l	23,9	23,4	24,3	24,7	25,1	24,0	23,5	23,9	23,2	22,5	23,6	23,2	22,5
Medianwert in mg/l	18,0	18,2	19,5	19,6	19,7	19,0	18,6	19,0	18,4	17,0	18,8	18,4	18,0
Überschreitungen des Warnwertes in % der Messstellen (bis 2010: 40 mg/l, ab 2011: 37,5 mg/l)	18,6	17,2	17,3	18,4	18,9	18,0	16,9	18,5	19,9*	19,1*	20,7*	19,9*	20,1*
Überschreitungen des Schwellenwertes der Grundwasserverordnung bzw. des Grenzwertes der TrinkwV (50 mg/l) in % der Messstellen	11,0	10,3	10,9	11,3	12,2	11,5	10,6	10,8	10,4	10,0	10,2	10,0	9,7

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

Tabelle 2.4-3: Statistische Kennzahlen der Nitratdaten vom Herbst 2015 im Vergleich zu den Vorjahren (1.349 konsistente Messstellen mit einem jährlichen Wert im September/Oktober)

Landesmessnetz	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Anzahl der Messstellen	1.349									
Mittelwert in mg/l	24,2	24,5	23,7	23,1	23,1	22,6	21,9	22,8	22,3	21,6
Medianwert in mg/l	19,1	19,1	18,5	18,3	18,2	18,0	16,9	18,2	17,1	17,4
Überschreitungen des Warnwertes (37,5 mg/l) in % der Messstellen	20,8	20,7	20,2	19,3	19,6	18,5	17,6	19,1	18,1	17,9
Überschreitungen des Schwellenwertes der Grundwasserverordnung bzw. des Grenzwertes der TrinkwV (50 mg/l) in % der Messstellen	11,0	11,6	11,0	10,1	9,7	9,2	9,0	9,4	8,8	8,2



28,2 mg/l. Die Maximalkonzentration sank von 154 mg/l auf 124 mg/l.

Konsistente Messstellen 2003 bis 2015

Seit Herbst 2007 werden aus verschiedenen Gründen etwa 200 - 300 Messstellen weniger als in den Jahren davor beprobt (Tabelle 2.4-2). Zur Erreichung einer einheitlichen Beurteilungsgrundlage wurden daher die konsistenten Messstellen (Erläuterung siehe Kapitel 2.4.1.4) - vom Trockenjahr 2003 an bis 2015 - ermittelt und hierfür die statistischen Kennwerte der Vorjahre neu berechnet. Für den Zeitraum 2003 bis 2015 ergeben sich 1.349 konsistente Messstellen. In Tabelle 2.4-3 sind die Jahre 2006 bis 2015 dargestellt.

Bei allen Kennwerten – außer beim Medianwert - ist im Jahr 2015 gegenüber 2014 eine Abnahme festzustellen. Der Mittelwert der Nitratbelastung des Grundwassers ist von 22,3 mg/l im Jahr 2014 um 0,7 mg/l auf 21,6 mg/l im Jahr 2015 gesunken. Der Medianwert ist um 0,3 mg/l auf 17,0

mg/l gestiegen. Auch die Überschreitungsquoten des Warnwertes und des Schwellenwertes von 50 mg/l sind gesunken. Die Überschreitungsquote des Schwellenwertes von 50 mg/l ist im Jahr 2015 mit nur 8,2 % der niedrigste Wert in der gesamten Datenreihe, wie auch der Mittelwert mit 21,6 mg/l.

Konsistente Messstellen 2014 und 2015

An 1.612 Messstellen des Landesmessnetzes liegen Nitrat-Messwerte sowohl für Herbst 2014 als auch für Herbst 2015 vor. Der direkte Vergleich der einzelnen Messstellen zeigt, dass 720 Messstellen mit Zunahmen des Nitratwertes 763 Messstellen mit Abnahmen gegenüberstehen. Damit überwiegen die Abnahmen mit 47 % gegenüber 44 % Zunahmen. Bei den restlichen 129 Messstellen bzw. 8 % sind die Nitratwerte im Vergleich zum Vorjahr unverändert.

Teilt man die 1.612 Messwerte aus dem Jahr 2015 in sieben Konzentrationsklassen ein und bildet für jede Klasse den Mittelwert der sich aus den Veränderungen von 2015 im Vergleich zu 2014 ergebenden Differenzen, so erhält man das in Abbildung 2.4-4 dargestellte Balkendiagramm. In allen Konzentrationsklassen sind die Belastungen gesunken. In der Klasse größer 80 mg/l mit insgesamt 27 nitratbelasteten Messstellen ist mit 1,7 mg/l die größte durchschnittliche Abnahme festzustellen. In den anderen sechs Klassen nehmen die Konzentrationen um 0,2 mg/l bis 1,4 mg/l ab.

Die regionale Verteilung der Messstellen mit zu- bzw. abnehmenden Nitratgehalten zwischen 2015 und 2014 zeigt Abbildung 2.4-5. Gebiete mit einer Häufung starker Abnahmen von größer 8 mg/l sind das Markgräfler Land, die Ortenau, das Gebiet westlich und nördlich von Heidelberg, der Landkreis Tübingen, Oberschwaben, das Singe-

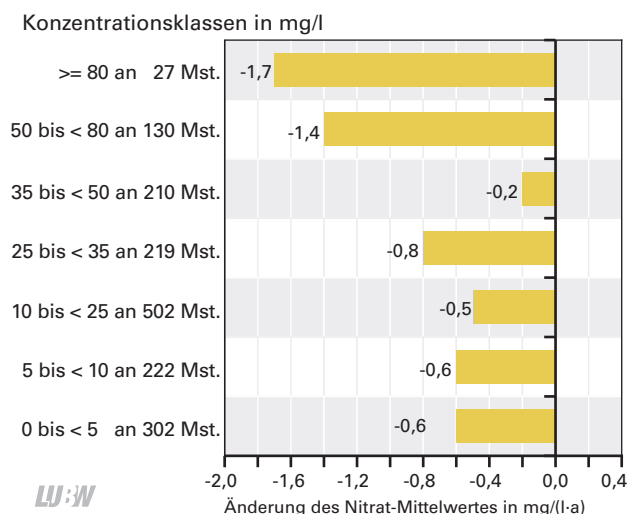


Abbildung 2.4-4: Änderung des Nitratmittelwertes 2015 gegenüber 2014 in verschiedenen Konzentrationsklassen (Basis 2015)

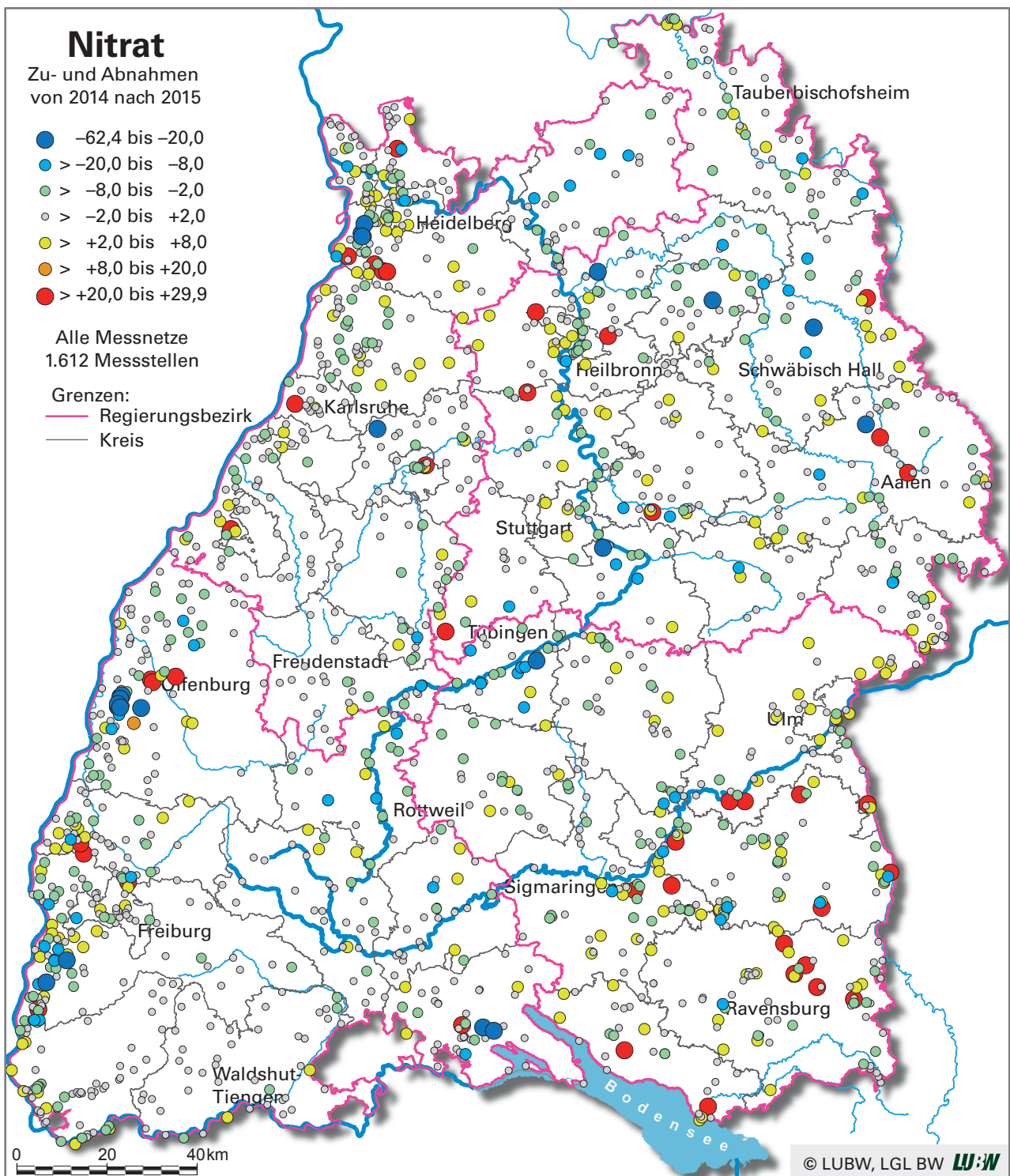


Abbildung 2.4-5: Räumliche Verteilung der kurzfristigen Änderungen der Nitratgehalte 2014-2015, Landesmessnetz LUBW

ner Becken. Weiterhin finden sich vereinzelt starke Abnahmen mehr in den östlichen Landesteilen als in den westlichen, so z. B. in den Kreisen: Neckar-Odenwald, Hohenlohe, Schwäbisch Hall und Esslingen. An einigen Stellen findet sich auch 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“,

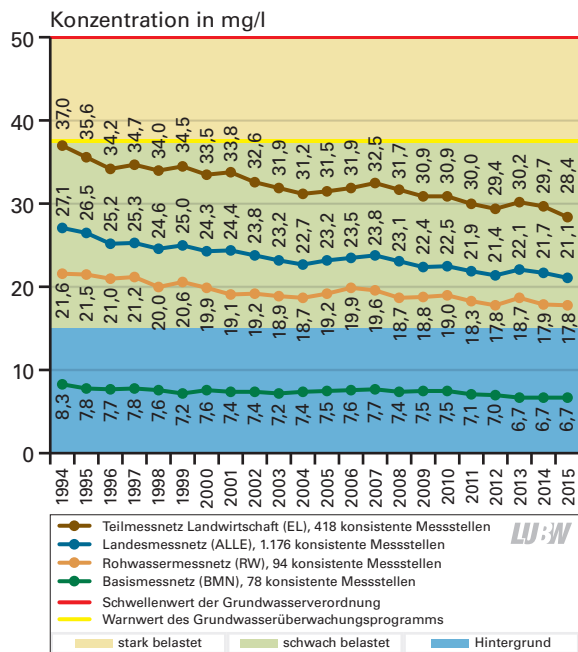


Abbildung 2.4-6: Entwicklung der Nitratmittelwerte von 1994 bis 2015 bei konsistenten Messstellengruppen des Landesmessnetzes und in den Teilmessnetzen Landwirtschaft, Basis- und Rohwassermessnetz im Beprobungszeitraum jeweils zwischen Anfang September und Ende Oktober

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.

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 2015 liegen für insgesamt 1.176 Messstellen konsistente Nitratdatenreihen vor. Das entspricht nahezu 70 % aller im Herbst 2015 auf Nitrat untersuchten Messstellen.

In Abbildung 2.4-6 sind die Zeitreihen für das gesamte Landesmessnetz (ALLE) und für die Teilmessnetze Landwirtschaft (EL), Rohwasser (RW) 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 1.176 konsistenten Messstellen, so lässt sich feststellen, dass auch bei diesem Kollektiv der Mittelwert des Jahres 2015 gegenüber dem Vorjahr gesunken ist und zwar um 0,6 mg/l auf 21,1 mg/l. Die erhebliche Abnahme ist aller Wahrscheinlichkeit nach mitverursacht durch den trockenen Witterungsverlauf im Jahr 2015. Die Nitratbelastung 2015 ist gemeinsam mit 2012 auf dem niedrigsten Niveau seit 1994, was auch 2012 durch Trockenheit (2011) mitverursacht war. Im gesamten Landesmessnetz hat die mittlere Nitratkonzentration von 1994 bis 2015 um 6,0 mg/l abgenommen, das sind rund 22 %.

Im Basismessnetz ist der mittlere Nitratgehalt der 78 landesweit verteilten Messstellen gegenüber den beiden Vorjahren gleichgeblieben. Das Niveau ist mit 6,7 mg/l das niedrigste seit Beginn der Datenreihe 1994 und gegenüber 1994 um 1,6 mg/l gesunken, das sind rund 19 %. Im Teilmessnetz Rohwasser ist der durchschnittliche Nitratgehalt gegenüber dem Vorjahr um 0,1 mg/l und gegenüber 2013 um 0,9 mg/l gesunken (Abbildung 2.4-6), nachdem er von 2012 auf 2013 um genau den gleichen Betrag gestiegen war. Die Nitratbelastung 2015 ist gemeinsam mit 2012 auf dem niedrigsten Niveau seit 1994. Im Rohwassermessnetz hat die mittlere Nitratkonzentration von 1994 bis 2015 um 3,8 mg/l abgenommen, das sind rund 18 %.

Im Teilmessnetz Landwirtschaft (EL) sinkt die mittlere Nitratkonzentration von 2014 auf 2015 um beachtliche 1,3 mg/l. Dies ist die zweitgrößte Abnahme seit 1994, 1995 und 1996. Im Jahr 2015 liegt der Nitrat-Mittelwert der 418 konsistenten Messstellen bei 28,4 mg/l. Dies ist in der Datenreihe die geringste Belastung. Seit 1994 ist die durchschnittliche Belastung im Landwirtschaftsmessnetz um 8,6 mg/l gesunken, was einer Abnahme um etwa 23 % entspricht. In den

anderen Teilmessnetzen wird nur im Quellmessnetz die gleiche Entwicklung beobachtet. Nur hier wird auch das niedrigste Belastungsniveau erreicht. In den Teilmessnetzen: Vorfeldmessstellen, Sonstige Emittenten, Emittenten-Messstellen Industrie und Siedlungen liegt das niedrigste Belastungsniveau in den Jahren 2011 oder 2012.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass sich der seit 1994 zu beobachtende Trend sinkender Nitratbelastungen im Jahr 2015 fortgesetzt hat. Von 2013/2014 auf 2015 ist die Belastung wieder soweit gesunken, so dass gemeinsam mit 2012 das niedrigste Belastungsniveau 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 ein sehr trockenes Jahr war. 2015 ist seit 1994 das zweit-trockenste 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 Nitratdaten 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 Pflanzenschutzmittel-Daten 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 17.03.2016 insgesamt 3.938 Nitratwerte von 1.577 Messstellen in Wasserschutzgebieten übermittelt, davon befinden sich 208 Messstellen auch im Landesmessnetz (Überschneidermessstellen). Somit wird die Gesamtdatenbasis des Landesmessnetzes zu Nitrat durch den Kooperationsbeitrag durch zusätzlich 1.369 Messstellen ergänzt. 2014 waren es 1.422 Messstellen. Dies sind wesentlich weniger als 2010 mit 1.636 Messstellen oder als 2013 mit 1.967 Messstellen, aber mit etwa 100 Messstellen etwas mehr als 2011 und 2012. 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 und 2013 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. 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/>

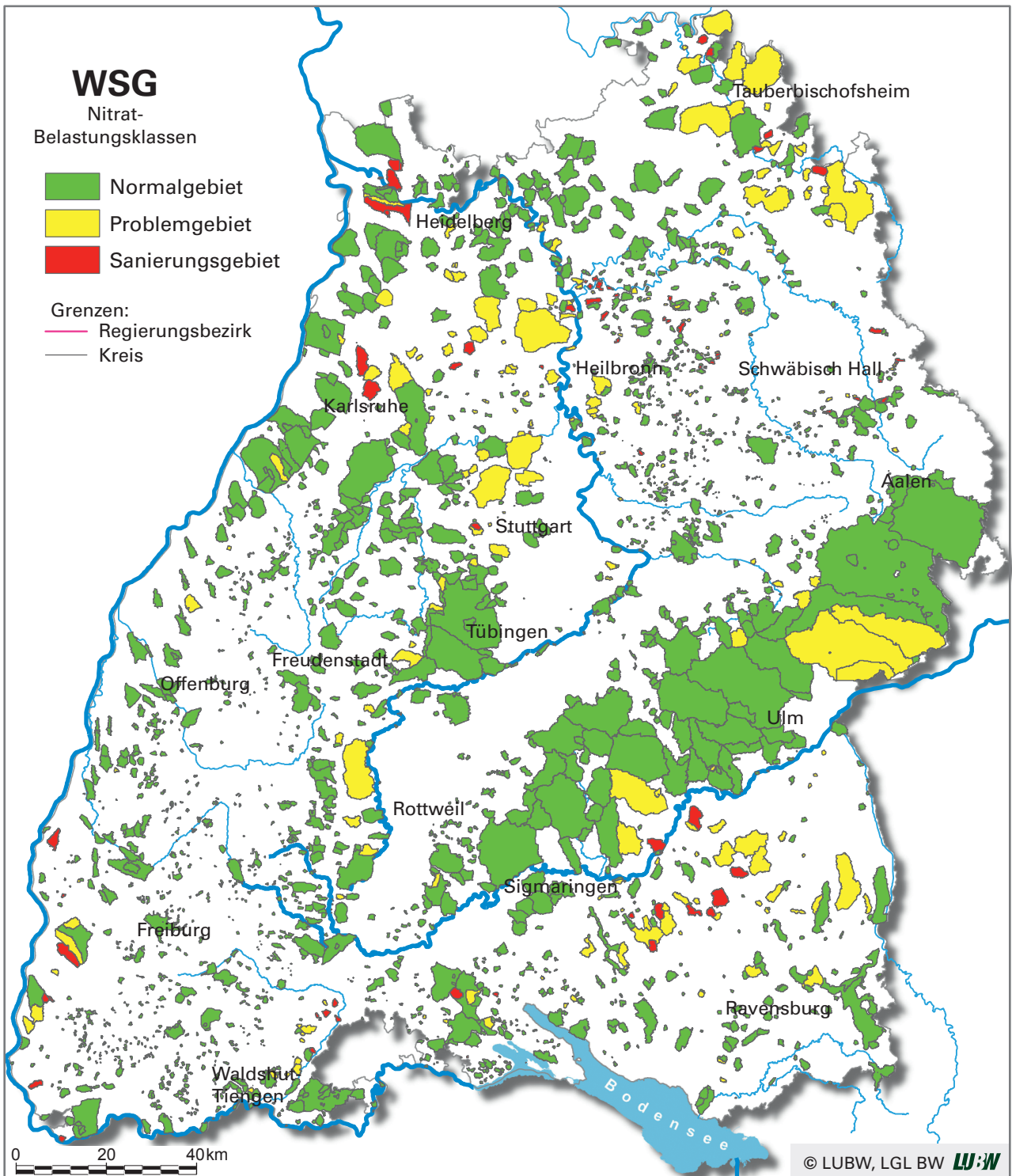


Abbildung 2.4-7: Lage der nach SchALVO in drei Nitratklassen eingeteilten Wasserschutzgebiete in Baden-Württemberg - einschließlich Teileinzugsgebiete (Stand: Januar 2016)

Tabelle 2.4-4: Anzahl und Verteilung der Wasserschutzgebiete nach der SchALVO - Ersteinstufung 2001 und in den Folgejahren bis 2016

Jahr	2001	2002	2004	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
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
Problemgebiete *	319	344	323	297	295	292	303	294	291	282	264	270	256	243
Sanierungsgebiete *	182	177	155	140	111	112	106	105	98	93	94	83	79	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
PSM-Sanierungsgebiete	0	0	2	4	4	5	5	4	5	2	2	2	2	4

* = einschließlich Teileinzugsgebiete

** = ohne Teileinzugsgebiete

LUBW

Tabelle 2.4-5: Gesamtfläche der baden-württembergischen Wasserschutzgebiete zwischen 2001 und 2016 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 31.01.16	
	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	753.756	79,4
Problemgebiete *	163.555	19,9	170.419	19,7	164.976	18,0	174.385	18,4
Sanierungsgebiete *	55.505	6,8	57.304	6,7	36.256	4,0	21.449	2,3
Gesamtfläche *	820.140	100,0	861.217	100,0	913.523	100,0	949.590	100,0
PSM-Sanierungsgebiete	0	0	856	0,1	1.702	0,2	2.083	0,2

* = einschließlich Teileinzugsgebiete

LUBW

Landesweit hat die Wasserschutzgebietsgesamtfläche von 2001 bis Januar 2016 um rund 130.000 ha zugenommen (Tabelle 2.4-5). Zum Stichtag 31.01.2016 sind nahezu 80 % der WSG-Flächen als Normalgebiet eingestuft, rund 18 % 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.

2.4.2.1 Nitratklassengebiete: Veränderungen zum Vorjahr und im Zeitraum 2001 bis 2015

Gegenüber dem Vorjahr haben die mittleren Konzentrationen sowohl in den Sanierungsgebieten wie auch in den Problemgebieten mit jeweils 0,3 mg/l etwas abgenommen. Es ist aber festzustellen, dass an einigen Messstellen der Nitratgehalt auf sehr hohem Niveau stagniert oder sogar steigt. In den Normalgebieten ist eine geringfügige Zunahme von 0,1 mg/l zu erkennen (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 2015 gegenüber 2001 eindeutige Abnahmen von rund 3,9 bzw. 7,9 mg/l, das sind rund 11 bzw. 15 %. In den Normalgebieten sinkt die Konzentration seit 2001 von 14,5 mg/l auf 13,9 mg/l, das sind rund 4 %.

Der Rückgang der Belastung zeigt sich auch bei Betrachtung der Flächen, die sowohl 2001 als auch Ende 2015 als Wasserschutzgebiete ausgewiesen waren (konsistente WSG-Flächen). So ging die Fläche der Sanierungsgebiete um 71 % zurück, die Fläche der Problemgebiete um etwa 10 %. Durch diese Umstufungen nahm die Fläche der Normalgebiete um 8 % zu (Abbildung 2.4-9).

2.4.2.2 Trendverhalten in Problem- und Sanierungs- und Problemgebieten

Für die nachfolgende Trendbetrachtung wurde für alle maßgeblichen Rohwassermessstellen in den 2016 als Problem- oder Sanierungsgebiet eingestuften Wasserschutzgebieten eine Trendberechnung durchgeführt. Methodisch entspricht diese den Vorgaben der Grundwasserrichtlinie: Nach Ausreißerelimination und Prüfung auf Normalverteilung wurde eine lineare Regression auf Signifikanzniveau 95 % durchgeführt, wenn mindestens fünf Messwerte vorlagen. Als Zeitraum wurden die letzten fünf Jahre von 2011 bis 2015 herangezogen, um nur die neuere Entwicklung zu erfassen. Als Ergebnis erhält man statistisch „signifikant fallende“ oder „signifikant steigende“ Trends. Die Kriterien dieser Rechenmethode sind recht ambitioniert, so dass beispielsweise nur für rund 55 % der Sanierungsgebietsflächen eine statistisch signifikante Aus-

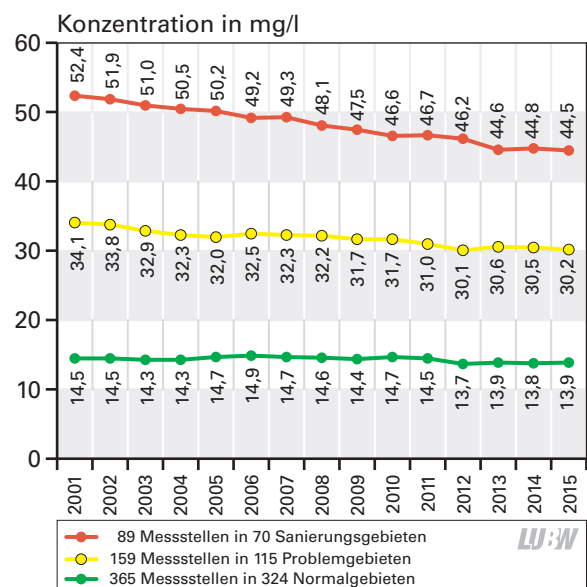
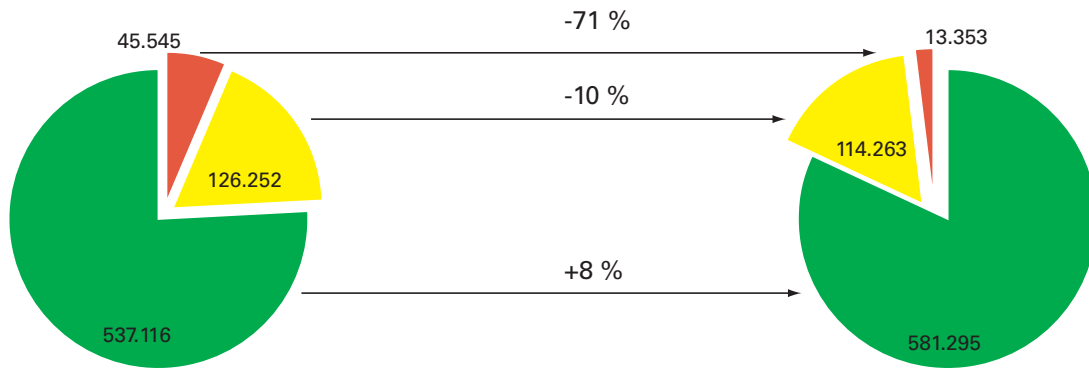


Abbildung 2.4-8: Entwicklung der jährlichen Mittelwerte für Nitrat von 2001 bis 2015 für konsistente Messstellen und konsistente Wasserschutzgebiete nach SchALVO-Einstufung über alle zur Verfügung stehenden Nitratwerte (SchALVO-Einstufungsbasis: 2001), Datenquelle: alle Landesmessstellen und alle für die WSG-Einstufung maßgeblichen Kooperationsmessstellen der Wasserversorgungsunternehmen



2001	Flächen der Wasserschutzgebiete		2016
Gesamtfläche der Wasserschutzgebiete Σ 729.004 ha			
■ Normalgebiete	■ Problemgebiete	■ Sanierungsgebiete	LUBW

Abbildung 2.4-9: Veränderung der Flächen von konsistenten Normal-, Problem- und Sanierungsgebieten an der gesamten Wasserschutzgebietsfläche von 2001 bis Ende 2015, Einstufung gemäß SchALVO (Stand: 01/2016)

sage möglich ist. Daher wurden auch diejenigen Trendergebnisse hinzugezogen, bei denen die Regressionsgerade eine positive bzw. negative Steigung hat, aber die genannten strengen Kriterien der statistischen Signifikanz nicht erfüllt sind. In den Abbildungen 2.4-10 und 2.4-11 ist dies durch unterschiedliche Farbtintensitäten dargestellt. Dadurch kann für rund 98 % der Problem- und 89 % der Sanierungsgebietsfläche eine Trendaussage vorgenommen werden. Bei mehreren Messstellen in einem Problem- oder Sanierungsgebiet wurde der vorherrschende Trend berücksichtigt.

Insgesamt sind auf 100.844 ha (58,3 %) der Problemgebietsflächen rückläufige Nitratkonzentrationen zu beobachten,

auf 68.604 ha (39,6 %) Zunahmen und für 3.621 ha (2,1 %) ist keine Trendaussage möglich (Abbildung 2.4-10). Bei den Sanierungsgebietsflächen sind insgesamt auf 13.839 ha (64,5 %) rückläufige Nitratkonzentrationen zu beobachten, auf 5.254 ha (24,5 %) Zunahmen und für 2.355 ha (11 %) ist keine Trendaussage möglich (Abbildung 2.4-11). Im Ergebnis überwiegen somit sowohl in den Sanierungs- als auch in den Problemgebieten die fallenden Tendenzen.

Sanierungsgebiete sind in der Regel kleiner als Problemgebiete (vgl. Abbildung 2.4-7). Einige Sanierungsgebiete haben eine recht kleine Fläche und es ist festzustellen, dass dort oft die größten steigenden Trends auftreten. Dies lässt ver-

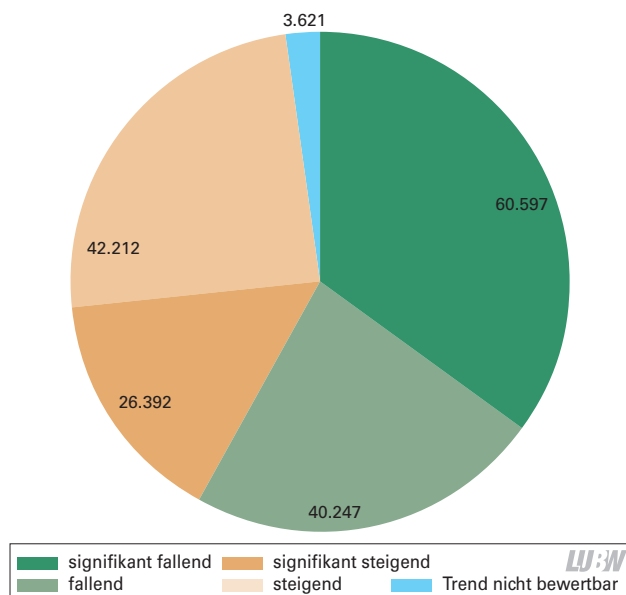


Abbildung 2.4-10: Trendentwicklung 2011-2016 in den Problemgebieten, Einstufung gemäß SchALVO (Stand: 01/2016)

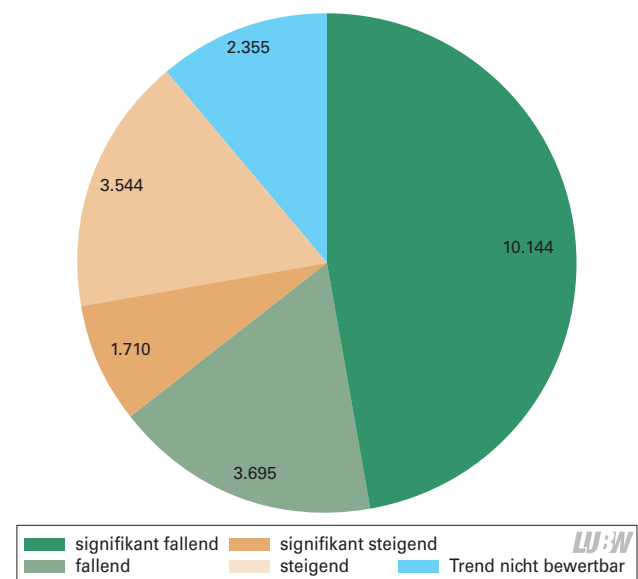


Abbildung 2.4-11: Trendentwicklung 2011-2016 in den Sanierungsgebieten, Einstufung gemäß SchALVO (Stand: 01/2016)

muten, dass in diesen Fällen die derzeitige Abgrenzung des WSG nicht dem tatsächlichen Einzugsgebiet entspricht und die Nitratbelastung hauptsächlich von außerhalb des festgesetzten Wasserschutzgebiets stammt. Daher laufen zum Teil bereits Verfahren zur Erweiterung des Schutzgebiets, damit die SchALVO-Maßnahmen im gesamten Einzugsgebiet angeordnet werden können. Aber auch dann ist aufgrund der teilweise langen Aufenthaltszeiten im Grundwasser erst nach einigen Jahren mit Erfolgen zu rechnen.

2.5 Pflanzenschutzmittel

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 2016) sind in der Bundesrepublik Deutschland 278 PSM-Wirkstoffe in rund 1.450 Handelsprodukten auf dem Markt. Im Jahr 2014 entfiel mit 51,8 % der mengenmäßig größte Anteil auf die Herbizide, gefolgt von den Fungiziden mit 36,7 % und den Insektiziden mit 3,1 % (Tabelle 2.5-1). Gegenüber 2013 stieg der Gesamtinlandsabsatz an Wirkstoffen um rund 6,0 %. Die meisten PSM werden überwiegend 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.

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 Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken, 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

Tabelle 2.5-1: Inlandsabsatz an Wirkstoffen 2003-2014 in Tonnen; Quelle: „Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland 2014“ – Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, www.bvl.bund.de

Wirkstoffklasse	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2014 Anteil in %
Herbizide	15.350	15.923	14.698	17.015	17.147	18.626	14.619	16.675	17.955	19.907	17.896	17.887	51,8
Fungizide	10.033	8.176	10.184	10.251	10.942	11.505	10.922	10.431	10.474	9.066	10.387	12.669	36,7
Insektizide	779	1.082	827	813	1.092	909	1.030	941	883	1.117	940	1.061	3,1
Sonstige	4.002	3.704	3.803	3.740	3.502	3.624	3.591	3.378	3.755	4.524	3.328	2.898	8,4
Summe	30.164	28.885	29.512	31.819	32.683	34.664	30.162	31.425	33.067	34.613	32.551	34.515	100,0

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
Grundwasserverordnung vom 9. November 2010	Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten einschließlich relevanter Stoffwechsel- Abbau- und Reaktionsprodukte	Schwellenwert	0,1 µg/l 0,5 µg/l
Neufassung der Trinkwasserverordnung vom 2. August 2013	Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte und die relevanten Metaboliten, Abbau- und Reaktionsprodukte.	Grenzwert	0,1 µg/l 0,5 µg/l
	Aldrin, Dieldrin, Heptachlor und Heptachlorepoxid		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

LUBW

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, 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 sei 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.

2.5.4 Bisher untersuchte Wirkstoffe

Tabelle 2.5-3 gibt einen Überblick über die Zahl der Messstellen, die seit dem Jahr 2000 auf PSM-Wirkstoffe und Metaboliten untersucht wurden. Aus Kostengründen und aufgrund der sehr breiten Palette überwachungsrelevanter PSM-Parameter war 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 Koope-

Tabelle 2.5-3 : Gesamtzahl der auf PSM untersuchten Messstellen im Landesmessnetz LUBW 2000-2015. Es sind nur Wirkstoffe und Metaboliten genannt, die an mindestens 100 Messstellen untersucht wurden

Wirkstoff / Metabolit	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
2,4-Dichlorphenoxy-essigsäure (2,4-D)	157		2155		2730	910	489	787	728	865	2023	235				
Alachlor		314					1604									
Aldicarb		310														
Aldrin				2197	105											
Atrazin	2701	2687	1246	933	577	3691	709	1039	1041	1035	1086	2083	403	1140	2708	654
Bentazon	2147		2134		2724	951	500	803	738	870	2030	960	316	1101	2706	669
Bifenox								549	581	539	710					
Bromacil	2385	2369	918	771	413	3634	636	975	973	1001	1060	2053	380	1126	2705	646
Carbofuran		129														
Chloridazon	159						1591		298	1782	654	295	219	172	1427	525
Chlorpyrifos			2132													
Chlorthalonil									238	233						
Chlortoluron	2214		2191		108	248	3167	269	723	659	768					
Cyanazin	480	675	260			206	1709	105		100		172				
Desethylatrazin	2698	2681	1250	933	578	3686	708	1041	1027	1038	1088	2084	404	1139	2707	654
Desethylterbuthylazin	2634	2607	1173	895	543	3677	700	1032	1021	1029	1085	2083	401	1137	2671	653
Desisopropylatrazin	2628	2608	1177	902	545	3679	694	1024	1020	1028	1082	2083	399	1138	2707	653
Desmetryn	138															
Diazinon		106	2218													
Dicamba			2131		2704	910	482	780	729	841	2004	217				
Dichlobenil	284	305	203		170	219	169		101	112		147			104	
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)	157		2160		2732	908	494	787	724	861	1986	229				
Dieldrin				2195												
Diflufenican							1581									
Dimefuron			197													
Dimethachlor									238	233						
Dimethenamid							1584		238	233						
Dimethoat	110	106	2218													
Dimoxystrobin									238	233						
Disulfoton			2132													
Diuron	2217		2193		109	247	3179	269	723	662	770	764	237	1033	1285	361
Endosulfan, -α				2161												
Endosulfan, -β				2161												
Endrin				2155												
Epoxiconazol							1584									
Ethofumesat							1584									
Fenitrothion			2184													
Flufenacet							1584		238	233						
Flufenoxuron		311														
Flurtamone									238	233						
Flusilazol									573	533	713	755	203	997	1234	321
Glyphosat			195													
Heptachlor				2197												
Heptachlorepoxyd, cis-				2156												
Heptachlorepoxyd, trans-				2154												
Hexachlorbenzol				2155												
Hexachlorcyclohexan, -α		313		2156												
Hexachlorcyclohexan, -β		312		2159												
Hexachlorcyclohexan, -δ		313		2158												
Hexachlorcyclohexan, -γ (Lindan)		316		2160												

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

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 04/2016, Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung

Tabelle 2.5-3 : Fortsetzung

Wirkstoff / Metabolit	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Hexazinon	2420	2396	965	780	428	3647	661	1007	965	1033	1068	2068	397	1127	2707	646
Isodrin				2179												
Isoproturon	2237		2196		111	249	3175	268	723	666	768	764	238	1035	1274	360
Lenacil	119															
Linuron	120		2163			237	3158	264	715	653	752					
Malathion			2189													
MCPA	156		2157		2736	938	490	793	731	867	2027	934	285	1052	1276	336
Mecoprop (MCPP)	163		2164		2738	935	496	789	727	864	2024	932	282	1049	1277	335
Mercaptodimethur (Methiocarb)			311													
Metalaxyl	2339	2311	866	700	336	3614	580	933	1070	1176	1064	2057	390	1129	2702	648
Metamitron	152							1585								
Metazachlor	2667	2635	1209	908	559	3681	700	1095	1180	1223	1082	1988	400	1139	2710	653
Methabenzthiazuron	166		2163			238	3173	265	716	677	768					
Metolachlor	2643	2618	1184	908	560	3684	691	1080	1182	1224	1081	2080	401	1139	2710	652
Metribuzin	197	192						1605								
Parathion-ethyl (E 605)	222	184	2225													
Parathion-methyl	126															
Penconazol							1584									
Pendimethalin	292	274	2202					586	628	612	747					
Pentachlornitrobenzol (Quintocen)				2155												
Pethoxamid									238	233						
Propazin	2582	2555	1131	875	525	3673	689	1024	1014	1022	1081	2081	398	1133	2707	651
Propiconazol							1584									
Quinmerac									238	233						
Sebutylazin	262	250	2284	120	131	190	185		111	160	102	150				
Simazin	2684	2658	1225	908	559	3680	703	1034	1022	1029	1086	2083	402	1140	2708	654
Terbazil	236	226	114			136						103				
Terbutylazin	2684	2660	1223	912	565	3684	703	1033	1015	1024	1082	2078	396	1136	2709	653
Tetrachlordiphenylethan (p,p'-) / p,p'-TDE				2180												
Thiacloprid									238	233						
Tolyfluanid									253	238						
Topramezone									238	233						
Triallat	359	301	183		118	186	1666									
Trifloxystrobin									238	233						
Trifluralin	144	129	2175													
Tritosulfuron									238	233						
Vinclozolin	123	123														

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

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 04/2016, Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung

LUBW

rationsvereinbarung 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 Metaboliten 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 2015 (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 bzw. liegt der Schwerpunkt des Monitorings im LUBW-Messnetz auf den Spurenstoffen. Aus diesem Grund wurden bzw. werden in diesen beiden Jahren nur Messstellen mit „auffälligen“ Konzentrationen von PSM-Wirkstoffen und nicht relevanten Metaboliten untersucht. Die nächste

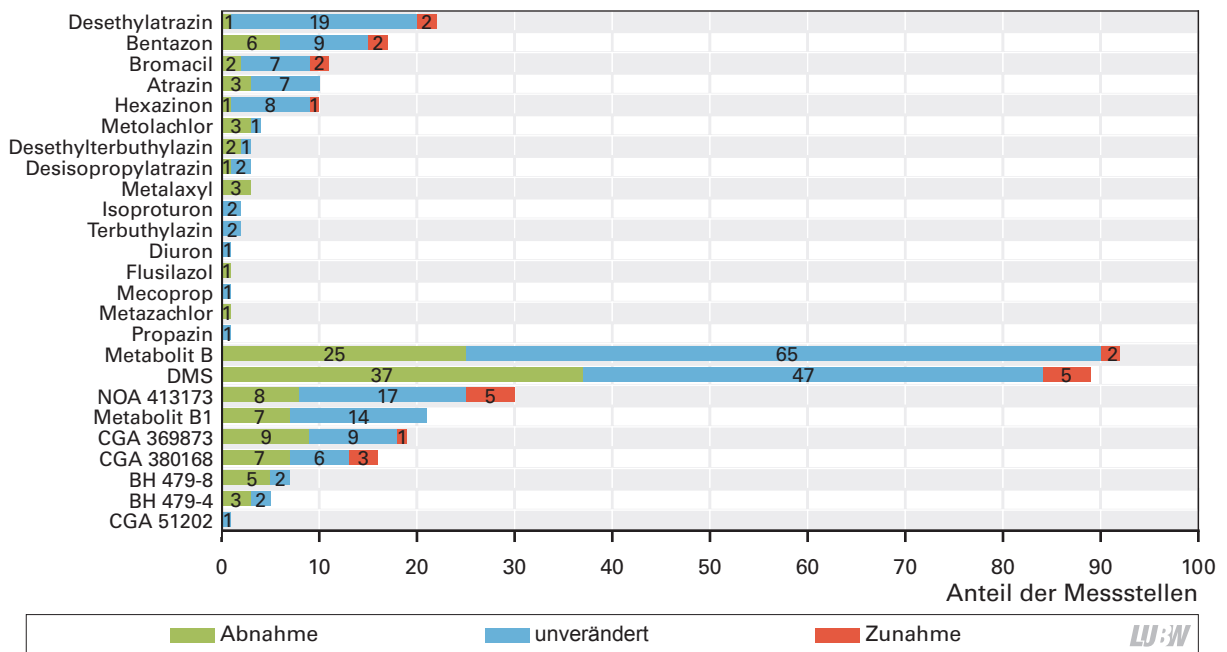


Abbildung 2.5-1: Nachmessungen PSM und nrM: Kurzfristige Veränderungen zwischen 2013/2014 und 2015, Landesmessnetz LUBW, Datenbankabfrage 03/2016;

Beprobungskampagne im Gesamtmessnetz folgt ab 2017. 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 2015 erfüllten insgesamt 305 Messstellen diese Kriterien, 16 Wirkstoffe/relevante Metaboliten und neun nichtrelevante Metaboliten waren betroffen. Zur Bewertung der Entwicklung wurden die Ergebnisse 2013/2014 mit den Ergebnissen 2015 verglichen. Lag das Messergebnis 2015 innerhalb einer Schwankungsbreite von ± 30 % des vorherigen Messwerts, so wird der Wert als „unverändert“ eingestuft. Anderenfalls werden die Differenzen als „Zunahme“ bzw. „Abnahme“ bewertet.

Abbildung 2.5-1 zeigt, dass die Konzentrationen gegenüber den Vorjahren überwiegend unverändert geblieben sind oder abgenommen haben. Dies betrifft meist Wirkstoffe und Abbauprodukte wie Atrazin und Desethylatrazin, Bromacil sowie Hexazinon, die schon seit mehr als 20

Jahren verboten sind und erst langsam ausgewaschen werden. Konzentrationsanstiege treten deutlich seltener auf. Diese Messstellen werden weiter beobachtet.

Abbildung 2.5-2 zeigt beispielhafte Konzentrationsverläufe über längere Zeiträume. Häufig sind trotz langfristiger Abnahmen auch kurzzeitig starke Zunahmen zu beobachten, abhängig z.B. vom Niederschlagsgeschehen der vorangegangenen Monate und Jahre. Andere Kurvenverläufe zeigen eine Trendumkehr, typisch für einen einmaligen Eintrag, dem ein Konzentrationsanstieg mit anschließender Abnahme folgt.

2.5.6 Bewertung der Gesamtsituation der PSM-Wirkstoffe und der nichtrelevanten Metaboliten 2011-2015 (Messnetze LUBW und Kooperation)

2.5.6.1 PSM-Wirkstoffe 2011-2015

Für einen Überblick über die Gesamtbelastung mit PSM und deren Metaboliten im Zeitraum der letzten fünf Jahren 2011 bis 2015 werden nur Wirkstoffe und Metaboliten betrachtet, für die der Schwellenwert der Grundwasserordnung von 0,1 µg/l gilt, d. h. die nrM werden nicht berücksichtigt. Die Zahl der untersuchten Messstellen schwankt dabei zwischen 1 und 3.972. Am seltensten wurden beispielsweise Chloroxuron, Dichlorvos Dinoseb, Diniterb, Fenuron und Tolyfluanid, am häufigsten Atrazin und Desethylatrazin 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 75 Stoffe, wobei mit Ausnahme eines Glyphosat-Befundes von 0,06 µg/l sämtliche Befunde unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen. Damit kommen zusammen mit den Untersuchungen des Kooperationsmessnetzes Wasserversorgung insgesamt 28 Wirkstoffe und 3 Metaboliten in die Auswertung. 14 Wirkstoffe davon, d. h. rund 50 %, 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 31 untersuchten Substanzen stellt sich wie folgt dar:

- 13 Substanzen werden an keiner einzigen Messstelle gefunden, darunter sechs zugelassene und sieben nicht mehr zugelassene Wirkstoffe.

- Positive Befunde in Konzentrationen unter dem Wert 0,1 µg/l liegen von fünf Stoffen vor, darunter vier mit und einer ohne Zulassung.
- Überschreitungen des Werts 0,1 µg/l an bis zu 1 % der Messstellen werden durch 13 Stoffe verursacht (vier zugelassene, sechs nicht mehr zugelassene Wirkstoffe und drei Metaboliten).

Die meisten Überschreitungen treten bei Desethylatrazin (0,5 %) auf, es folgen Atrazin, Bentazon und Hexazinon (je 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 2.5-3.

Desethylatrazin stellt somit noch immer die Hauptbelastung dar, obwohl der Ausgangsstoff Atrazin bereits seit 1991 in der Bundesrepublik verboten ist. In Baden-Würt-

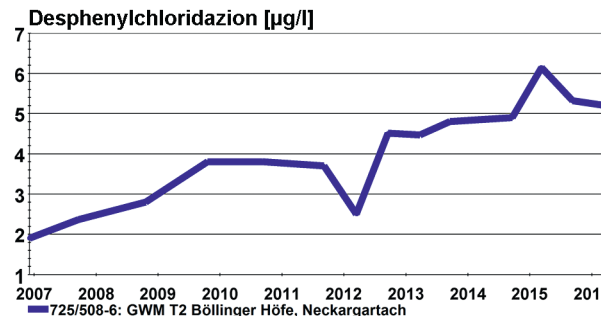
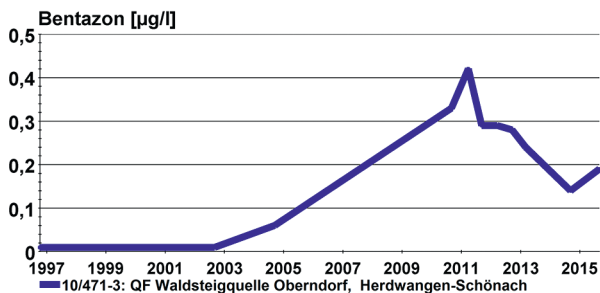
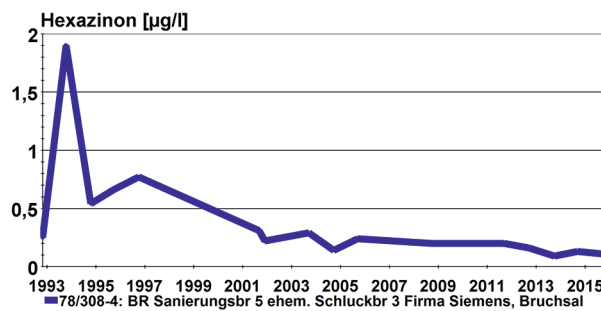
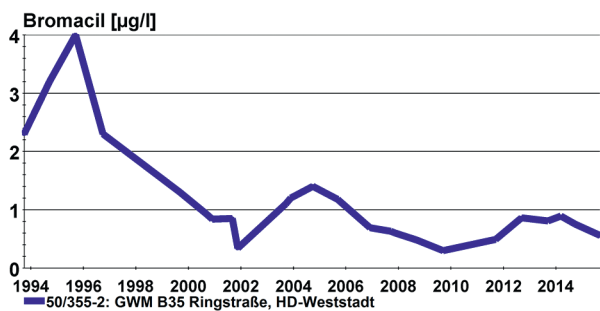
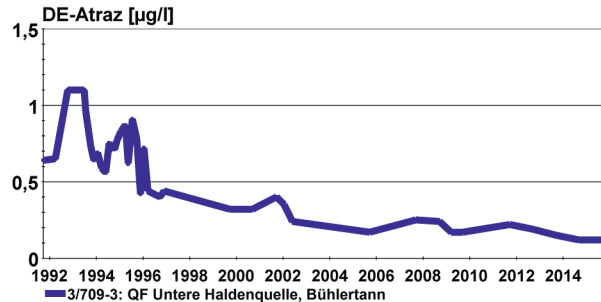
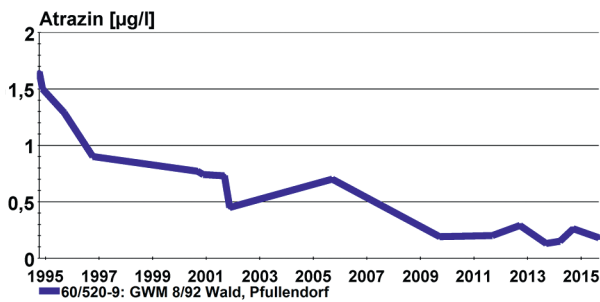


Abbildung 2.5-2: Beispielhafte Konzentrationsverläufe von Messstellen der Nachbeprobung 2015, Landesmessnetz LUBW

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 2011-2015 an mindestens 100 Messstellen untersucht wurden

negative Befunde an allen Messstellen		positive Befunde			
		in Konzentrationen ≤ 0,1 µg/l		in Konzentrationen über 0,1 µg/l	
2,4-D	(368)	Chloridazon	(1870/3)	Atrazin	(3971/10)
Cyanazin	(237)	Isoproturon	(2184/2)	Bentazon	(3779/12)
Chlortoluron	(181)	Metalaxyl	(3960/3)	Bromacil	(3965/9)
Dicamba	(347)	Metazachlor	(3967/2)	<i>Desethylatrazin</i>	(3972/20)
Dichlobenil	(270)	Simazin	(3970/34)	<i>Desethylterbuthylazin</i>	(3943/2)
Dichlorprop (2,4-DP)	(365)			<i>Desisopropylatrazin</i>	(3970/3)
Linuron	(151)			Diuron	(2194/1)
MCPA	(2380)			Flusilazol	(2094/1)
Metribuzin	(105)			Hexazinon	(3966/12)
Pendimethalin	(148)			Mecoprop (MCP)	(2380/1)
Sebutylazin	(226)			Metolachlor	(3970/1)
Terbazil	(135)			Propazin	(3971/1)
Trifluralin	(102)			Terbuthylazin	(3971/3)

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 04/2016 jeweils neuester Messwert 2011-2015, Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung
 Fettdruck: Wirkstoff hat eine Zulassung (Stand: April 2016)
 Normalschrift: Wirkstoff ist nicht mehr zugelassen
 Kursivschrift: Metabolit (Abbauprodukt)
 Klammerwerte: Gesamtzahl der Messstellen / Anzahl der Messstellen > 0,1 µg/l

LUBW

temberg war die 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. Geografisch gesehen liegen die meisten mit Desethylatrazin belasteten Messstellen entlang des Südrands der Schwäbischen Alb [LUBW 2011F], wo sich diese persistente Verbindung hartnäckig in den feinklüftigen Karstbereichen hält, die nur langsam entwässern, so dass es noch einige Jahre dauern wird, bis die Belastung unter die Bestimmungsgrenze gesunken sein wird. 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 bei-

spielsweise 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 2011-2015

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 2011 bis 2015 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 nichtrelevante Metaboliten bekannt, die in Lysimeterstudien im

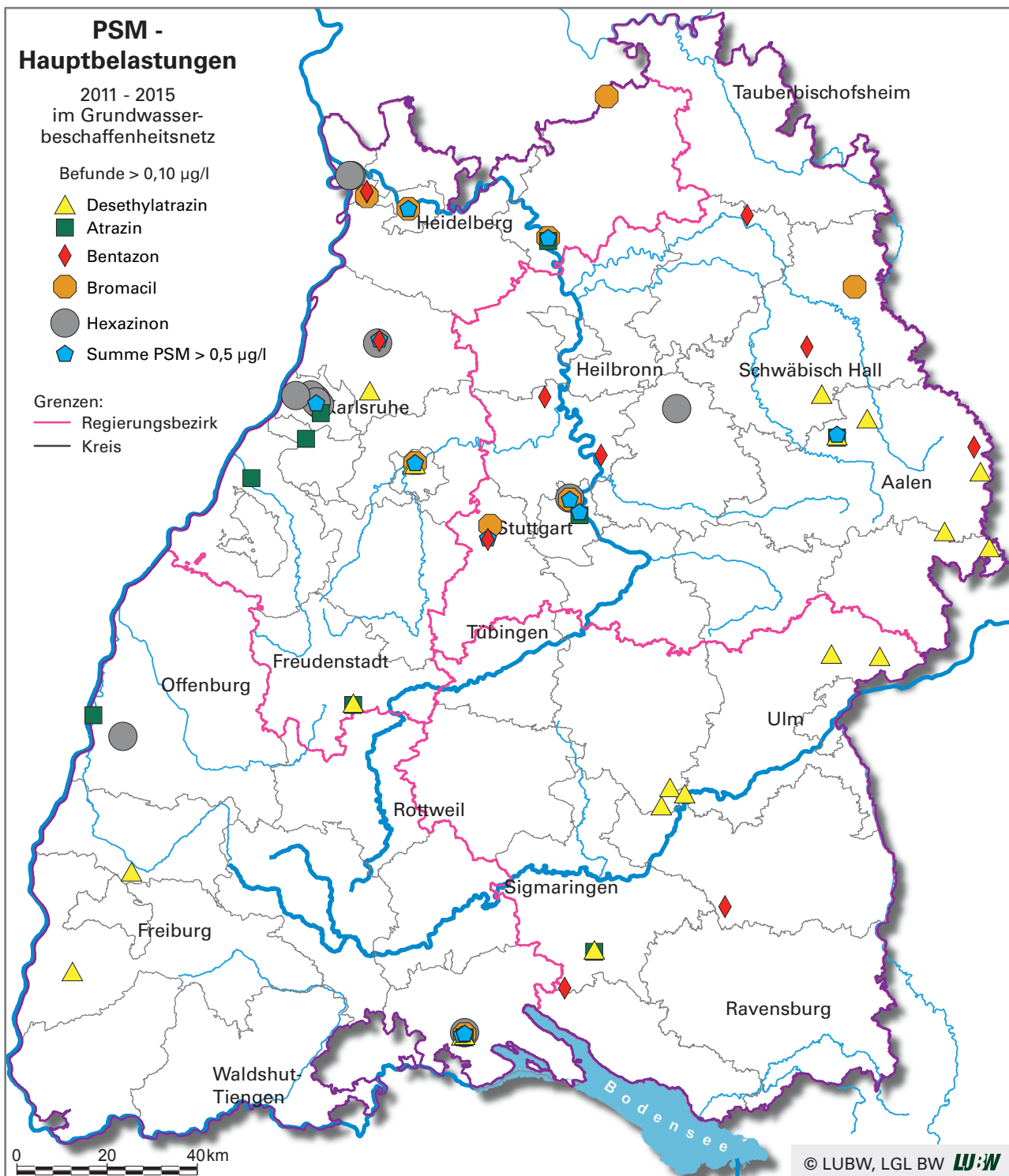


Abbildung 2.5-3: PSM-Hauptbelastungen: 1 Metabolit und 4 PSM-Wirkstoffe an 51 Messstellen mit Befunden über dem Schwellenwert der Grundwasserverordnung von 0,1 µg/l; Summe PSM über Schwellenwert von 0,5 µg/l
 Datengrundlage: Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung; pro Messstelle jeweils der neueste Wert aus dem Zeitraum 2011 bis 2015 (Datenbankabfrage 04/2016)

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 das Grundwasser herangezogen.

Aus den Jahren 2011 bis 2015 liegen Messwerte aus dem LUBW-Messnetz und dem Kooperationsmessnetz Wasser-

Tabelle 2.5-5: Überschreitungen der Bestimmungsgrenze und der Gesundheitlichen Orientierungswerte (GOW) an allen Messstellen von Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung 2011 – 2015, jeweils neuester Wert (Datenbankabfrage 04/2016); Bewertungsstand der GOW: 28.05.2015 unter http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/tabelle_gow_nrm2.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	3863	1389	36,0	92	2,38	13,0
Desphenylchloridazon (Metabolit B)	3,0	3872	1701	43,9	45	1,16	11,7
Metabolit NOA 413173 von S-Metolachlor	1,0	2036	181	8,9	9	0,44	14,35
Metabolit CGA 380168/CGA 354743 von S-Metolachlor (Metolachlorsulfonsäure)	3,0	2036	208	10,2	4	0,20	26,3
Methyl-desphenylchloridazon (Metabolit B1)	3,0	3863	1054	27,3	3	0,08	9,0
Metabolit BH 479-8 von Metazachlor (Metazachlorsulfonsäure)	3,0	2044	224	11,0	1	0,05	3,56
Metabolit BH 479-4 von Metazachlor (Metazachlorsäure)	1,0	2036	71	3,5	1	0,05	1,27
Metabolit CGA 51202/CGA 351916 von S-Metolachlor (Metolachlorsäure)	3,0	2036	71	3,5	1	0,05	4,26
Metabolit CGA 369873 von Dimethachlor	1,0	2033	377	18,5	0	0,0	0,94
2,6-Dichlorbenzamid	3,0	3962	114	2,9	0	0,0	0,8
Metabolit CGA 354742 von Dimethachlor (Dimethachlorsulfonsäure)	3,0	2049	32	1,6	0	0,0	0,9
Metabolit R 234886 / ICIA5504/021 von Azoxystrobin	1,0	324	1	0,3	0	0,0	0,1
Metabolit CGA 50266 von Dimethachlor (Dimethachlorsäure)	3,0	16	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit M1 von Benalaxyl-M	3,0	324	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit M2 von Benalaxyl-M	3,0	324	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit F4 von Benalaxyl-M	-	324	0	0,0	-	-	-
Metabolit F8 von Benalaxyl-M	-	324	0	0,0	-	-	-
Metabolit 3 / R 403814 von Picoxystrobin	-	324	0	0,0	-	-	-

LUBW

versorgung von insgesamt 18 Metaboliten vor. Die Zahl der untersuchten Messstellen liegt zwischen 16 und 3.962. Für die Beschreibung der Gesamtsituation werden jeweils die neuesten Messwerte aus diesem Zeitraum herangezogen. In Tabelle 2.5-5 sind alle nrM absteigend nach der Überschreitungsquote von GOW bzw. Positivbefunden 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 2,38 % und Desphenylchloridazon mit 1,16 % GOW-Überschreitungen. Es folgen der Metolachlor-Metabolit NOA 413173 mit 0,44 % und die Metolachlorsulfonsäure mit 0,2 % Überschreitungen des GOW. Bei Methyl-desphenylchloridazon, Metazachlorsulfonsäure, Metazachlorsäure und Metolachlorsäure sind die GOW nur an einzelnen Messstellen überschritten.

Weitere vier Metaboliten konnten zwar im Grundwasser nachgewiesen werden, in einigen Fällen sogar in Konzen-

trationen bis fast 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.

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 Bodenproben, um die Einhaltung dieser freiwilligen Vereinbarung zu überprüfen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass der Rückgang der Konzentrationen 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 Desphenylchloridation in 17 festgesetzten Wasserschutzgebieten erfüllt. Diese liegen vorwiegend im nördlichen Landesteil.

Die regionale Verteilung der GOW-Überschreitungen zeigt Abbildung 2.5-4. 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 der Metazachlor-Metaboliten BH 479-4 und 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.

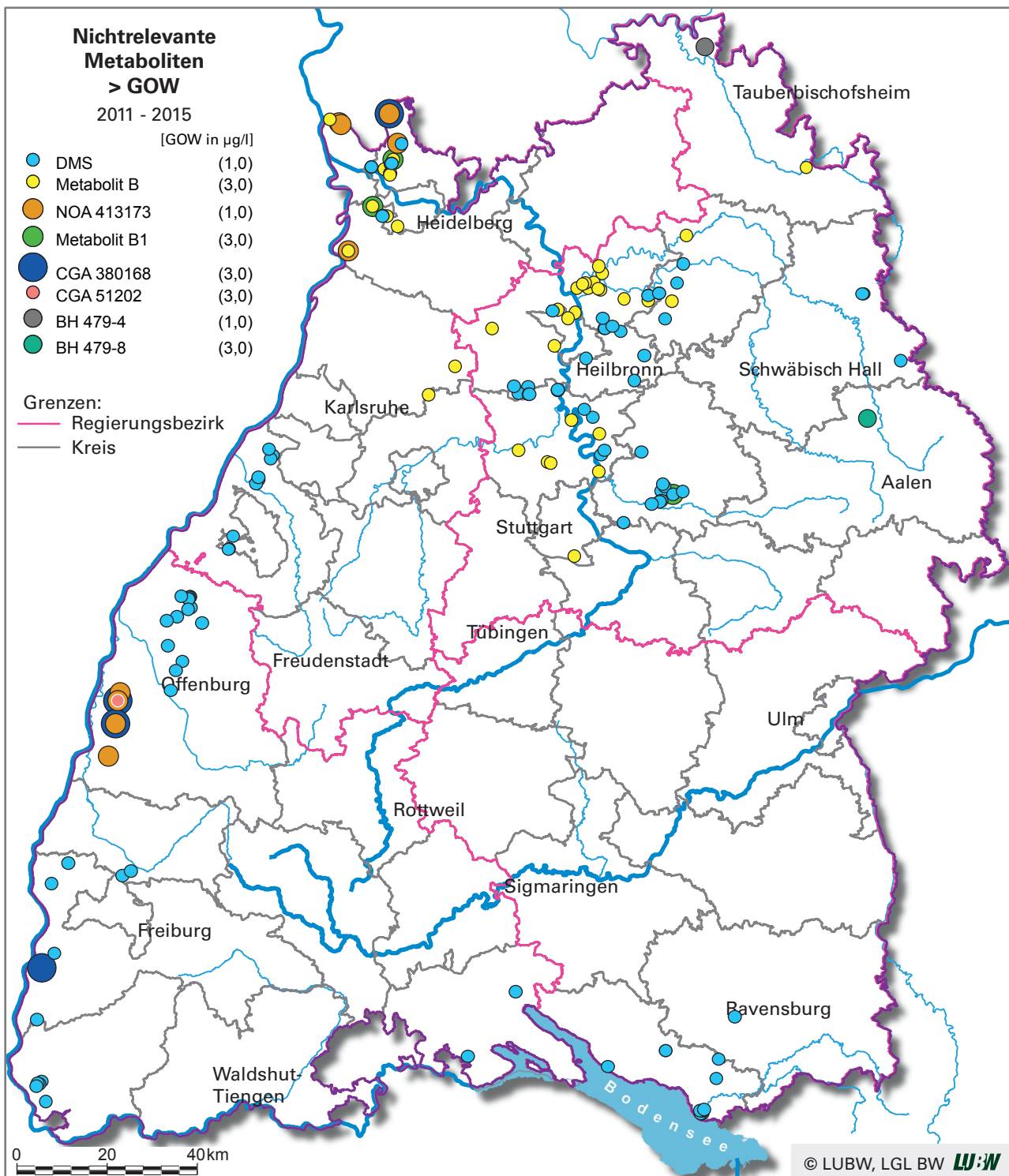


Abbildung 2.5-4: Konzentrationsverteilung der nichtrelevanten Metaboliten mit Überschreitungen des Gesundheitlichen Orientierungswertes (GOW)

Datengrundlage: Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung; pro Messstelle jeweils der neueste Wert aus dem Zeitraum 2011 bis 2015 (Datenbankabfrage 04/2016)

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. Weiter-

hin 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 $0,1 \mu\text{g/l}$ 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 eingestuft und in der sogenannten Deklaratorischen Liste der SchALVO veröffentlicht. Diese ist seit 2011 im Internet der LUBW abrufbar. Derzeit sind die mit Stand 01.01.2016 in Tabelle 2.5-6 zusammengestellten vier Wasserschutzgebiete als PSM-Sanierungsgebiete ausgewiesen. In drei Fällen ist Bentazon der Wirkstoff, der diese Einstufung verursachte, und in einem Fall Metalaxyl. In drei PSM-Sanierungsgebieten sind die Konzentrationen der betreffenden Wirkstoffe rückläufig, in einem ansteigend. Auffällig ist, dass im Gegensatz zu den Bentazon-Sanierungsgebieten früherer Jahre die aktuell betroffenen WSG bzw. Teilbereiche Nitratnormalgebiete sind.

Die Konzentrationsverläufe in den maßgeblichen Rohwasserfassungen der vier PSM-Sanierungsgebiete sind in den Abbildungen 2.5-5 bis 2.5-8 dargestellt.

Im WSG 216201 wird die Belastung durch das Fungizid Metalaxyl verursacht, das dort hauptsächlich im Erdbeeranbau eingesetzt wurde. Im Jahr 2005 erfolgte die Einstufung als PSM-Sanierungsgebiet. Durch zahlreiche zielgerichtete Maßnahmen seit 1999 ist es gelungen, die Konzentrationen nach Spitzenwerten in den Jahren 2004 bis 2006 in den letzten drei Jahren auf Werte unter 0,1 µg/l zu vermindern, so dass gute Chancen bestehen, in den nächsten Jahren die Einstufung als PSM-Sanierungsgebiet beenden zu können. Nähere Informationen sind im Sonderbeitrag zum 24. Jahresbericht der GWD-WV: „Metalaxyl-Regionalbericht: Das Wasserschutzgebiet Bietigheim“ 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. In einer Vor-Ort-Aktionsgruppe aller Beteiligten wie Wasserversorger, Behörden, Landwirte, PSM-Hersteller, etc. wurden einvernehmlich zahlreiche Maßnahmen ergriffen. Trotz einer berechneten mittleren Verweilzeit des Grundwassers von rund 2 Jahren dauerte es bis Sommer/Herbst 2014, bis die Bentazonkonzentrationen unter den Schwellenwert fielen. Bleibt dies weiterhin der Fall, kann die Einstufung als PSM-Sanierungsgebiet beendet werden. Nähere Informationen sind im Sonderbeitrag zum 22. Jahresbericht der GWD-WV: „Bentazon-Regionalbericht: Das Wasserschutzgebiet Degenfeld“ unter www.grundwasserdatenbank.de zu finden.

Im Teilbereich A des WSG 222031 wurden erstmals im Jahr 2012 Bentazon-Konzentrationen über dem Grenzwert gemessen. In den Folgejahren wurden die Bentazonbelastungen an drei Brunnen im Teilbereich bestätigt. Eine fachliche Begehung seitens der GWD-WV brachte keine Hinweise darauf, dass die Bentazoneinträge nicht aus der landwirtschaftlichen Nutzung stammen. Der Teilbereich A des Wasserschutzgebietes wurde deshalb ab 01.01.2016 als PSM-Sanierungsgebiet eingestuft. Inzwischen fand seitens der Landwirtschaftsverwaltung ein Klärungs- und Informationsgespräch mit den betroffenen Landwirten statt. Die Entnahme von Bodenproben wurde veranlasst.

Im WSG 126180 stiegen die Bentazonkonzentrationen in der Zobelquelle Anfang 2014 auf den doppelten Schwellenwert. Als sich dieser Einzelbefund 2015 bestätigte, erfolgte die Einstufung zum PSM-Sanierungsgebiet ab 2016. Inzwischen wurden zur Eingrenzung der Schadensquelle

Tabelle 2.5-6: Pflanzenschutzmittel-Sanierungsgebiete (Stand 01.01.2016), Deklaratorische Liste: <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/216710/>

Landkreis	WSG-Nummer	WSG-Bezeichnung	Gemeinde	Wirkstoff	Einstufung besteht seit	Fläche in ha
Rastatt	216201	Stadt Gaggenau, WWK Bietigheim	Bietigheim	Metalaxyl	01.01.2005	997,0
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

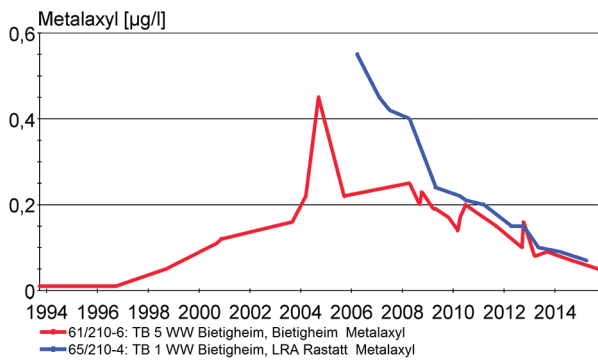


Abbildung 2.5-5: Konzentrationsverlauf Metalaxyl in den Brunnen TB 1 und TB 5 im WSG 216201

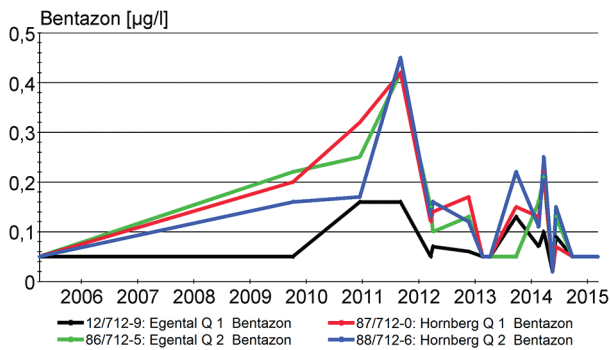


Abbildung 2.5-6: Konzentrationsverlauf Bentazon an den Egental- und Hornberg-Quellen im WSG 136042

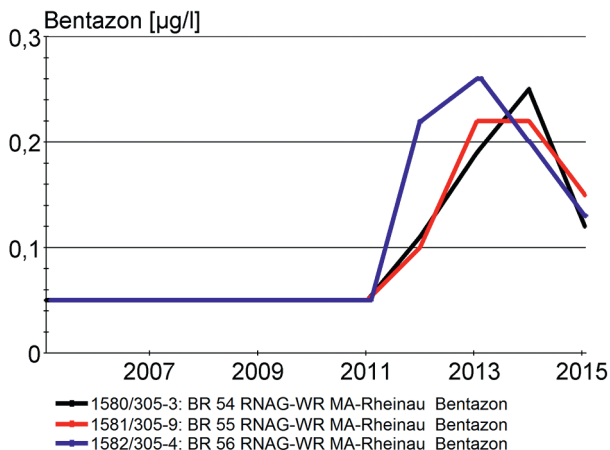


Abbildung 2.5-7: Konzentrationsverlauf Bentazon in den Brunnen 54, 55 und 56 im WSG 222031 A

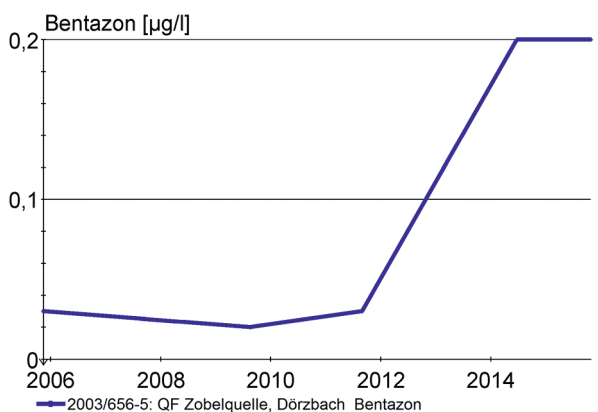


Abbildung 2.5-8: Konzentrationsverlauf Bentazon in der Zobelquelle im WSG 126180

Bodenproben genommen. Das Landwirtschaftsamt koordiniert in Dörzbach einen runden Tisch mit den betroffenen Landwirten, Vertretern des Herstellers, dem Wasserversorger NOW und der unteren Wasserbehörde. Eine erste Sitzung hat stattgefunden.

2.6 LHKW – Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe

2.6.1 Verwendung, Stoffeigenschaften, Eintragspfade

Die wichtigsten Vertreter der Leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW) im Hinblick auf mögliche Grundwassergefährdungen sind:

- Trichlorethen („Tri“)
- Tetrachlorethen („Per“)
- 1,1,1-Trichlorethan
- Dichlormethan
- cis-1,2-Dichlorethen
- Tetrachlormethan („Tetra“)
- Trichlormethan (Chloroform)
- Vinylchlorid (Chlorethen)

Eine Kurzinformation zu diesen Substanzen ist in [LUBW 2013F] zusammengestellt. LHKW finden z. T. seit den 1920er Jahren Verwendung in Industrie, Gewerbe, Medizin und Haushalt. Die Verbindungen cis-1,2-Dichlorethen und Vinylchlorid im Grundwasser sind meist nicht auf direkte Einträge zurückzuführen, sondern Produkte der Abbaureihe Tetrachlorethen, Trichlorethen, cis-1,2-Dichlorethen bis zum Vinylchlorid. Dieser Abbauprozess läuft in erster Linie bei sauerstofffreien und methanogenen Redoxbedingungen im Grundwasser ab. Trichlormethan (Chloroform) gehört zu den Trihalogenmethanen. Dies sind Desinfektionsmittel, die über direkte Emissionen ins Grundwasser oder über Desinfektionsmaßnahmen in Grundwasserfassungen und Rohrleitungen ins Trinkwasser gelangen können. Auch bei der Wasseraufbereitung durch Chlorung können Trihalogenmethane entstehen.

In den 1970er Jahren wurden die LHKW der breiteren Öffentlichkeit bekannt, als häufig Meldungen über entsprechende Grundwasserschadensfälle durch die Presse gingen. Hauptsächlich treten LHKW-Schadensfälle im Bereich von metallverarbeitenden Betrieben und bei Chemischen Reinigungen auf. Verursacht wurden und werden diese Kontaminationen in rund 80 % der Fälle durch unsachgemäßen

Umgang mit diesen Stoffen. Sicherlich spielte hierbei in der Vergangenheit auch die Unkenntnis über Eigenschaften und Wirkungen der LHKW eine maßgebliche Rolle. Weitere Belastungen entstehen durch Emissionen aus Alt-ablagerungen.

Die LHKW haben eine höhere Dichte als Wasser. Diese liegt zwischen 1,2 und 1,7 g/cm³. Zusammen mit ihrer geringen Wasserlöslichkeit sorgt diese Eigenschaft dafür, dass die LHKW als eigenständige Phase tief in den Aquifer eindringen und sich im Extremfall über mehrere Grundwasserstockwerke ausbreiten können. Die Phasenkörper sind stark strukturiert und weisen dadurch eine extrem große Oberfläche auf, was dem anströmenden Grundwasser gute Voraussetzungen zur Lösung dieser Stoffe bietet. Da die biologische Abbaubarkeit stark von den Eigenschaften der Umgebung abhängig ist und die meisten LHKW persistent sind, kommt es zur Ausbildung von Kontaminationsfahnen mit Längen von bis zu einigen Tausend Metern.

2.6.2 Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken

Für die vorliegenden Auswertungen wird in erster Linie der Schwellenwert der Grundwasserverordnung für die „Summe aus Tri- und Tetrachlorethen“ von 10 µg/l herangezogen. Diese und weitere ordnungspolitische Werte sowie die von der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) abgeleiteten Geringfügigkeitsschwellen sind in Tabelle 2.6-1 zusammengestellt.

2.6.3 Probennahme und Analytik

Aufgrund der hohen Flüchtigkeit der LHKW ist bereits die Probennahme mit entsprechender Sorgfalt durchzuführen. Insbesondere das Befüllen der Probenflaschen ist ein kritischer Schritt, bei dem nur durch eine entsprechende Befülltechnik das Ausgasen der LHKW minimiert werden kann. Bei Messstellen aus PVC-Rohren und bei Verwendung von Probennahmegegeräten, die PVC oder Polypropylen enthalten, muss damit gerechnet werden, dass diese Materialien LHKW adsorbieren und damit Minderbefunde verursachen. In die-

Tabelle 2.6-1 Qualitätsnormen für LHKW in verschiedenen Rechtsvorschriften und Regelwerken

Rechtsvorschrift/Regelwerk	Parameterbezeichnung	Bezeichnung	Wert in µg/l
Grundwasserverordnung (GrwV)	Summe aus Tri- und Tetrachlorethen	Schwellenwert	10
Trinkwasserverordnung (TrinkwV)	■ Tetrachlorethen und Trichlorethen	Grenzwert	10
	■ 1,2-Dichlorethan		3
	■ Vinylchlorid		0,5
Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)	Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe (Summe der halogenierten C1- und C2-Kohlenwasserstoffe)	Prüfwert	10
LAWA- Geringfügigkeitsschwelle	■ LHKW gesamt (Summe der halogenierten C1- und C2-Kohlenwasserstoffe einschließlich Trihalogenmethane)	Geringfügigkeitsschwellenwert (GFS-Wert)	20
	■ Tri- und Tetrachlorethen, Summe		10
	■ 1,2-Dibromethan		0,02
	■ 1,2-Dichlorethan		3,0
	■ Trichlormethan		2,5
	■ Chlorethen (Vinylchlorid)		0,5

LU:W

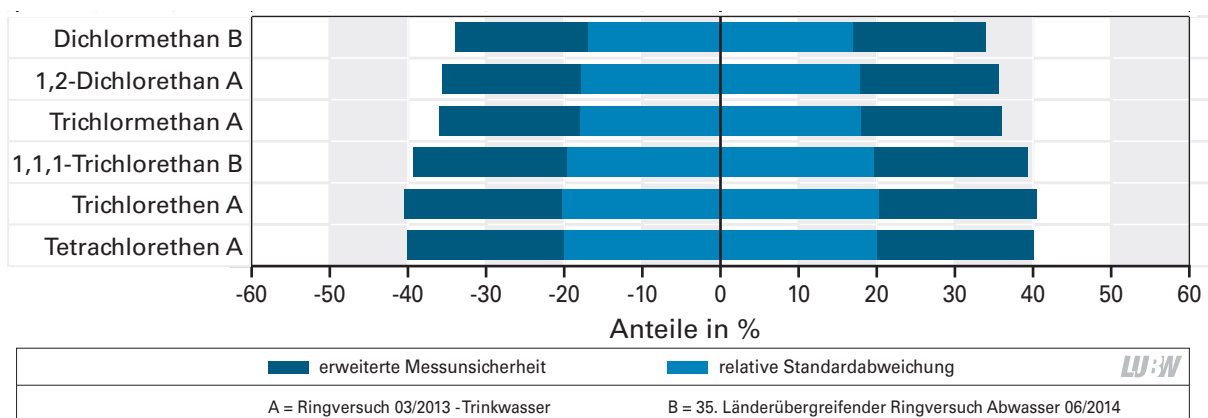


Abbildung 2.6-1: Ringversuchsdaten LHKW der AQS Baden-Württemberg
Quelle: AQS-Baden-Württemberg: <http://www.iswa.uni-stuttgart.de/ch/aqs/>

sen Fällen muss vor der Probennahme mindestens 30 min lang abgepumpt werden. Die Vorgehensweise ist im „Leitfaden für Probennahme und Analytik von Grundwasser“ [LUBW 2013] beschrieben. Die Proben sind bis zur Analyse gekühlt und in Braunglasflaschen zu transportieren und aufzubewahren. Für die Analytik liegen verschiedene DIN-Normen vor. Wie bei jeder Bestimmung im Spurenbereich muss man auch bei der Analyse von LHKW mit Ergebnisunsicherheiten rechnen. Zur Abschätzung der Messunsicherheit werden Ringversuchsdaten der AQS Baden-Württemberg herangezogen (Abbildung 2.6-1). Für Tri- und Tetrachlorethen, Trichlormethan und 1,2-Dichlorethan liegen Daten aus dem Trinkwasser-Ringversuch RV 03/2013 vor, für Dichlormethan und 1,1,1-Trichlorethan wurden in Ermangelung von Trinkwasser-Ringversuchsergebnissen die Kenndaten des 35. Ländereübergreifenden Abwasserringversuchs verwendet. Beim Abwasserringversuch wurden wesentlich höhere Sollkonzentrationen vorgelegt, die Vergleichsstandardabweichung ist daher geringer als bei niedrigeren Konzentrationen. In Abbildung 2.6-1 sind die Vergleichsstandardabweichung und die sogenannte „erweiterte Messunsicherheit“ dargestellt. Erweiterte Messunsicherheit bedeutet, man multipliziert die Vergleichsstandardabweichung des Ringversuchs mit einem Erweiterungsfaktor, der in der Regel 2 beträgt, und gelangt so zu einem Vertrauensniveau von ungefähr 95 %. Die Vergleichsstandardabweichungen für die LHKW bewegen sich im Bereich von 17 bis 20 %, die erweiterten Messunsicherheiten dementsprechend von 34 bis 40 %. Die Bestimmungsgrenzen der LHKW der Messkampagne 2013-2015 variieren je nach Substanz zwischen 0,0001 und 0,005 mg/l und sind bei den jeweiligen Auswertungen mit angegeben. Die Daten einiger weniger Messstellen konnten wegen zu hoher Bestimmungsgrenzen nicht berücksichtigt werden.

2.6.4 Bisherige Untersuchungen auf LHKW

Tabelle 2.6-2 gibt einen Überblick über die bisher durchgeführten LHKW-Untersuchungen im Grundwassermessnetz Baden-Württemberg. Ab Anfang der 1990er Jahre wurde das Messnetz schrittweise aufgebaut. 1994, 1995, 1998, 2001 und 2004 wurde jeweils das gesamte Messnetz beprobt. Die folgenden Gesamtbeprobungen erfolgten jeweils in drei Dreijahreskampagnen. Die Übersicht zeigt, dass in Baden-Württemberg für die Beurteilung der LHKW-Belastung eine große und statistisch verlässliche Datenbasis zur Verfügung steht.

2.6.5 Ergebnisse der Untersuchungen 2013 – 2015

Die neueste Messkampagne auf LHKW im gesamten von der LUBW betriebenen Messnetz umfasste den Zeitraum 2013-2015. Von einigen Messstellen lagen mehrere Messwerte aus diesem Zeitraum vor, in diesen Fällen wurden nur die neuesten Messungen für die Auswertungen herangezogen. Die meisten Substanzen wurden an rund 1.900 Messstellen untersucht. Die Übersicht über die Messergebnisse zeigt Abbildung 2.6-2. Die regionale Verteilung der Messwerte ist in Abbildung 2.6-3 dargestellt.

Auf die Summe aus Tri- und Tetrachlorethen (Tri + Per) wurde in diesem Dreijahreszeitraum an insgesamt 1.895 Messstellen untersucht. An 29,6 % Messstellen lagen positive Befunde über der Bestimmungsgrenze von 0,0001 mg/l vor. Davon liegt etwas mehr als die Hälfte der Messwerte im unteren Konzentrationsbereich zwischen 0,0001 und 0,001 mg/l. Der Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms von 0,008 mg/l wurde an 5,4 % der Messstellen überschritten, der Schwellenwert der Grundwasserverordnung von 0,01 mg/l an 4,4 %. Der Maximalwert beträgt 5,49 mg/l.

Die höchsten Belastungen sind an den Messstellen im Einflusssbereich von Siedlung und Industrie zu finden. So werden beispielsweise im Emittentenmessnetz Industrie an 63,2 % der Messstellen Positivbefunde für die „Summe Tri + Per“ festgestellt, der Schwellenwert von 0,01 mg/l wird an 12,3 % der Messstellen überschritten. Im anthropogen wenig beeinflussten Basismessnetz liegt ein Positivbefund mit 0,0003 mg/l vor. Im Teilmessnetz Rohwasser wird der Schwellenwert an zwei Messstellen knapp überschritten, rund 76 % der Positivbefunde liegen dort im unteren Konzentrationsbereich zwischen 0,0001 und 0,001 mg/l.

Die am häufigsten gefundenen Einzelstoffe sind Tetrachlorethen (Per) und Trichlorethen (Tri) mit jeweils zweistelligen Nachweisquoten von 26,7 bzw. 16,0 % bei einer Bestimmungsgrenze von 0,0001 mg/l. Mehr als die Hälfte der Tetrachlorethen-Befunde und 80 % der Trichlorethen-Befunde liegen im unteren Konzentrationsbereich von 0,0001 bis 0,001 mg/l, sie stellen also mehr oder weniger die „diffuse“ Hintergrundbelastung dar. Im höheren Konzentrationsbereich ist die Überschreitungsquote des Warnwerts von Tetrachlorethen fast siebenmal höher als von Trichlorethen. Die Maximalwerte sind 5,1 bzw. 0,39 mg/l.

Tabelle 2.6-2: Gesamtzahl der auf LHKW untersuchten Messstellen im Grundwassermessnetz

Substanz	1994	1995	1998	2001	2004	2007-2009	2010-2012	2013-2015
Summe Tri + Per	2.222	2.228	2.269	2.274	2.373	2.362	2.805	2.609
Tetrachlorethen (Per)	2.614	2.600	2.573	2.628	2.385	2.372	2.809	2.615
Trichlorethen (Tri)	2.613	2.601	2.572	2.627	2.401	2.379	2.826	2.632
Trichlormethan (Chloroform)	2.501	2.496	2.476	2.436	2.297	2.266	2.169	2.066
1,1,1-Trichlorethan	2.607	2.599	2.572	2.588	2.263	2.206	2.153	2.024
Tetrachlormethan	2.611	2.597	2.558	2.578	2.259	2.206	2.149	2.038
Dichlormethan	2.606	2.596	2.574	2.622	2.244	2.203	2.144	2.025
cis-1,2-Dichlorethen	2.363	2.347	2.347	2.298	2.265	2.200	2.148	2.015

„Summe Tri + Per“ entspricht dem Schwellenwert Grundwasserverordnung bzw. der „Summe LHKW nach TrinkwV“



Datengrundlage: Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung, Grundwasserdatenbank, Abfrage 03/2016,

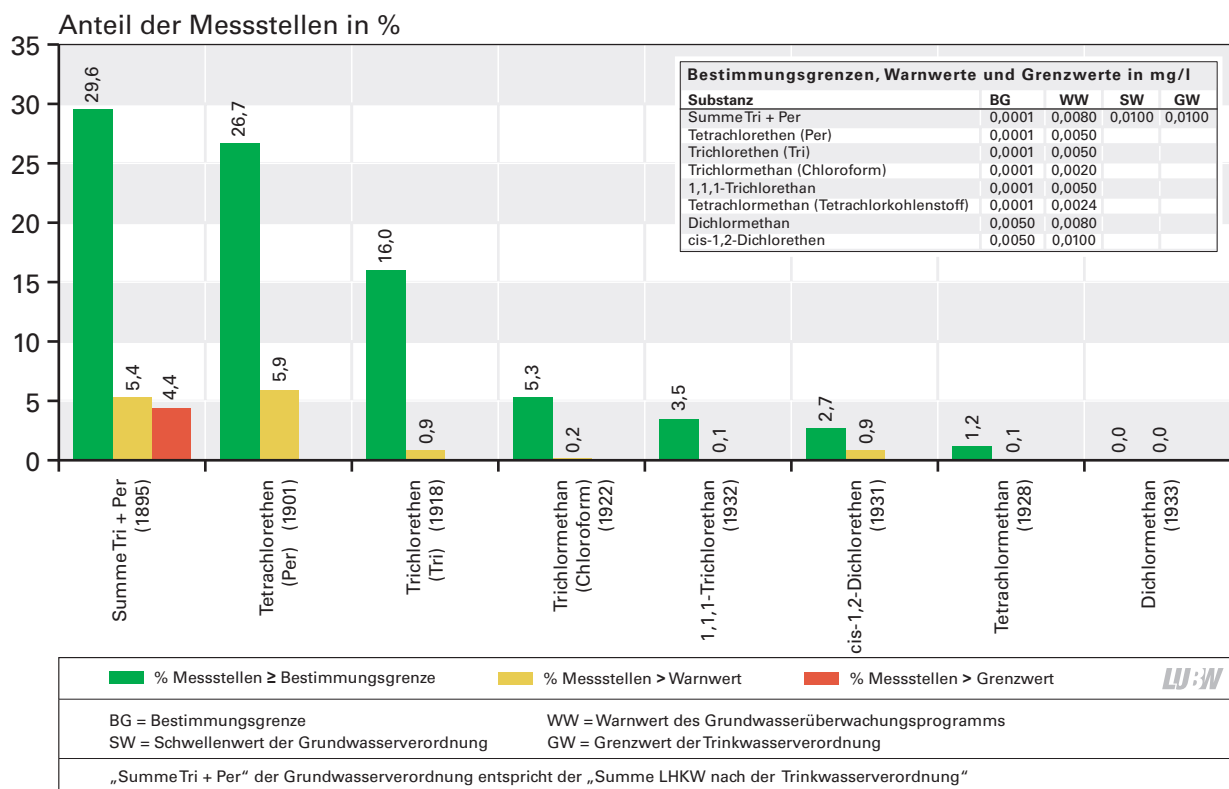


Abbildung 2.6-2: Überschreitungshäufigkeiten bei den LHKW-Untersuchungen 2013 – 2015, jeweils neuester Messwert, in Klammern jeweils die Zahl der untersuchten Messstellen, Datengrundlage: Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung, Grundwasserdatenbank, Abfrage 03/2016,

Die positiven Befunde, vor allem die höheren Konzentrationen, lassen sich meist eindeutig ihren Verursachern zuordnen. Dabei handelt es sich fast immer um Schadensfälle aufgrund von Leckagen und unsachgemäßem Umgang mit LHKW oder um Altlasten. Als Eintragsquelle kommen infrage: Produktionsstätten, an denen LHKW verwendet wurden oder werden, Abfüllanlagen, Lagertanks oder Altablagerungen. In Tabelle 2.6-3 sind beispielhaft diejenigen Messstellen aufgelistet, bei denen der Wert für die Summe aus Tri- und Tetrachlorethen den zehnfachen Schwellenwert der GrwV überschreitet. Ferner sind einige Beispiele für erhöhte Werte an cis-1,2-Dichlorethen aufgeführt.

Im Emittentenmessnetz Industrie liegen im Falle von Tetrachlorethen an 55,8 % der Messstellen Positivbefunde von 0,0001 mg/l und darüber vor, der Warnwert von 0,005 mg/l wird an 15,8 % der Messstellen überschritten. Die entsprechenden Überschreitungsquoten des Trichlorethens liegen mit 40,2 % bzw. 3,9 % deutlich niedriger.

Geringer als im Falle von Tri- und Tetrachlorethen ist die Belastung mit Trichlormethan (Chloroform) und 1,1,1-Trichlorethan, beide bei einer Bestimmungsgrenze von 0,0001 mg/l. Trichlormethan (Chloroform) wurde an 102 von 1.922 beprobten Messstellen (5,3 %) nachgewiesen.

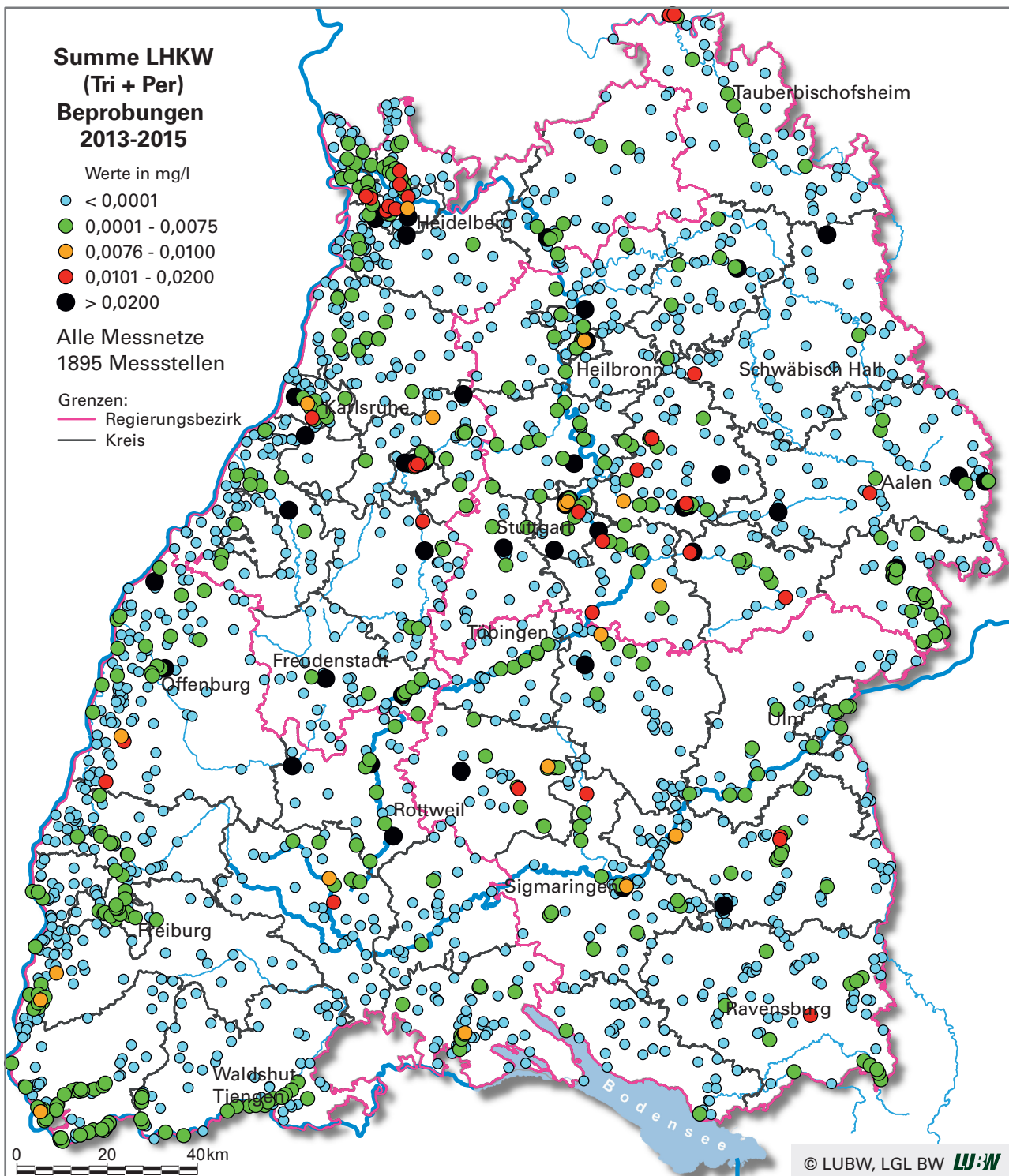


Abbildung 2.6-3: Konzentrationsverteilung der „Summe aus Tri- und Tetrachlorethen“ nach Grundwasserverordnung; Untersuchungen 2013–2015, Datengrundlage: Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung, Grundwasserdatenbank, Abfrage 03/2016,

Der Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms von 0,002 mg/l wird an 4 Messstellen (0,2 %) überschritten. Der Maximalwert beträgt 0,005 mg/l.

0,0001 und 0,001 mg/l. Der Warnwert von 0,005 mg/l wird an zwei Messstellen überschritten (0,1 %), der Höchstwert beträgt 0,050 mg/l.

Positive Befunde für 1,1,1-Trichlorethan findet man an 68 von 1.932 Messstellen (3,5 %). Dabei liegen an 89 % der Messstellen die Konzentrationen im unteren Bereich von

cis-1,2-Dichlorethen ist ein Zwischenprodukt in der Abbaukette Tetrachlorethen → Trichlorethen → cis-1,2-Dichlorethen → Chlorethen (Vinylchlorid). Über der Be-

Tabelle 2.6-3: Messstellen mit hoher LHKW-Belastung (> 10facher Schwellenwert für die „Summe aus Tri- und Tetrachlorethen“) sowie mit erhöhten Werten an cis-1,2-Dichlorethen, Landesmessnetz LUBW, Datenbankabfrage 03/2016;

Grundwasser- nummer	Lage der Messstelle	Summe Tri + Per mg/l	Trichlor- ethen (Tri) mg/l	Tetrachlor- ethen (Per) mg/l	cis-1,2-Di- chlorethen mg/l
0184/515-0	Schadensfall, Altlasten im EZG (u.a. Tankstellen, Textilindustrie, Reinigung)	5,4900	0,3900	5,1000	1,100
0034/861-2	Metallindustrie (mit Galvanik), Schadensfall, Altlast	1,0898	0,1188	0,971	0,019
0027/365-0	Schadensfall, Deponie, Altlast	0,6331	0,0004	0,6327	< 0,001
0008/362-5	Schadensfall, Textilindustrie	0,3654	0,0146	0,3508	0,459
0025/763-2	Siedlungsgebiet	0,3508	0,2132	0,1376	< 0,001
0003/318-6	Metallindustrie (mit Galvanik)	0,3196	0,0036	0,3160	0,002
2000/611-0	metallverarbeitende Industrie, Schadensfall	0,2446	0,00050	0,2441	< 0,001
0096/512-2	Schadensfall, Kfz-Industrie, Tankstelle	0,2368	0,0016	0,2352	0,002
0032/662-5	Metallindustrie (mit Galvanik)	0,2143	0,0068	0,2075	0,013
0767/211-3	Schadensfall, Metallindustrie (mit Galvanik)	0,1725	0,0003	0,1722	< 0,001
0058/461-9	Schadensfall, Elektroindustrie	0,165	0,0140	0,151	0,016
0003/265-1	Metallindustrie (mit Galvanik)	0,1538	0,1487	0,0051	0,0720
0012/361-6	Straßenrand Wohngebiet, Bahnanlage	0,1413	0,0020	0,1393	< 0,001
0051/356-9	Mittelstädtisches Wohngebiet, Deponie außer Betrieb	0,1176	0,0038	0,1138	0,007
0048/412-7	Industriegebiet	0,1172	0,0006	0,1166	< 0,001
0116/511-6	Schadensfall, Deponie außer Betrieb, Industrie, Bahnanlage	0,1014	0,0015	0,1	< 0,001
0043/861-3	Deponie, Altlast, chemische Industrie	0,0864	0,0864	<0,0001	1,826
0010/763-9	metallverarbeitende Industrie	0,083	0,0244	0,0586	0,040
0129/306-1	Spielwarenindustrie	0,0008	0,0002	0,0006	0,040
0316/066-0	metallverarbeitende Industrie, Altlast	0,0099	0,0077	0,0022	0,035
0123/511-6	Lackfabrik	0,0329	0,0051	0,0278	0,031
0228/066-0	metallverarbeitende Industrie	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,022

LUBW

stimmungsgrenze liegen die Grundwässer an 53 von 1.931 Messstellen (2,7 %), über dem Warnwert von 0,01 mg/l an 17 Messstellen (0,9 %). Der Maximalwert beträgt 1,8 mg/l an einer Messstelle, die auch hohe Trichlorethen-Konzentrationen aufweist. In den meisten Fällen korrelieren die positiven Nachweise von cis-1,2-Dichlorethen mit positiven Befunden der Ausgangsprodukte Tri- und/oder Tetrachlorethen (Tabelle 2.6-3, unterer Teil)

Tetrachlormethan (Tetrachlorkohlenstoff) wird an 24 von 1.928 Messstellen (1,2 %) in Konzentrationen über der Bestimmungsgrenze von 0,0001 mg/l gefunden. Die höchste Konzentration beträgt 0,003 mg/l.

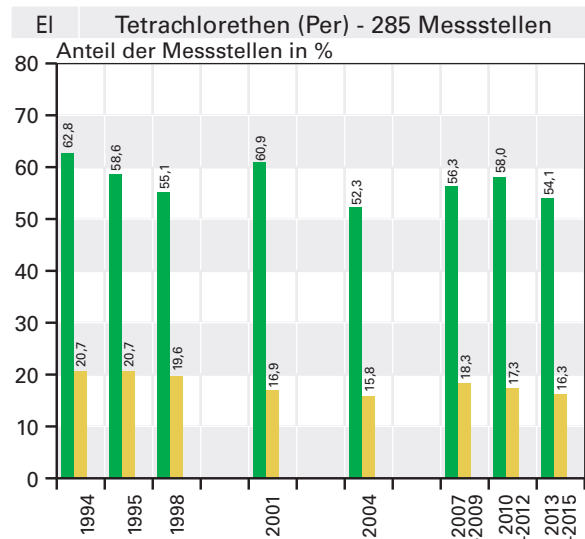
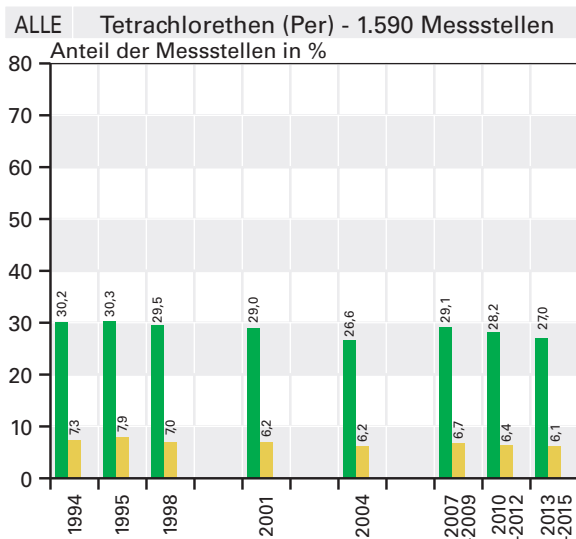
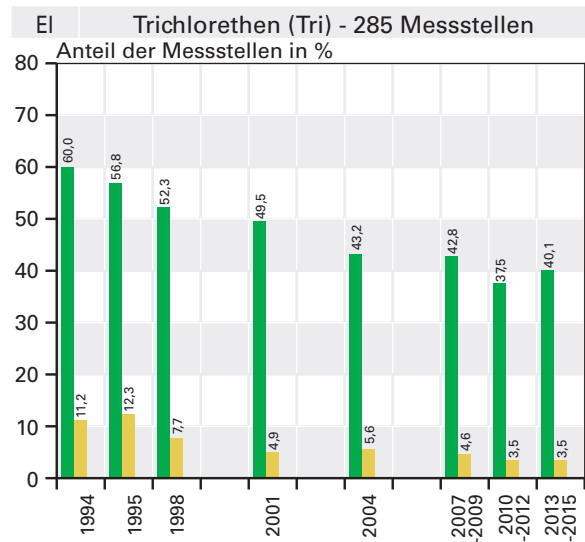
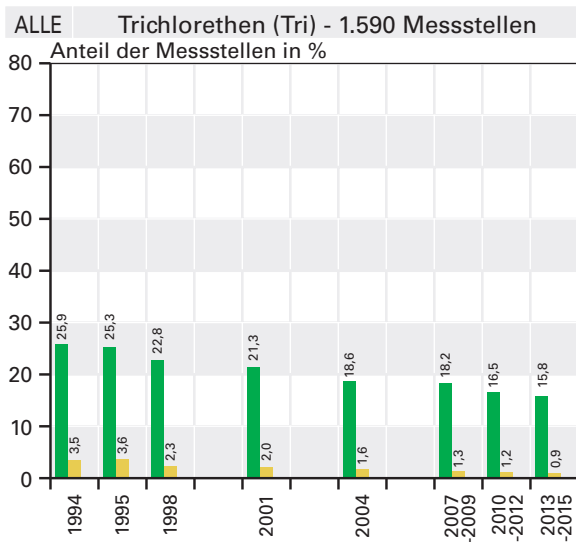
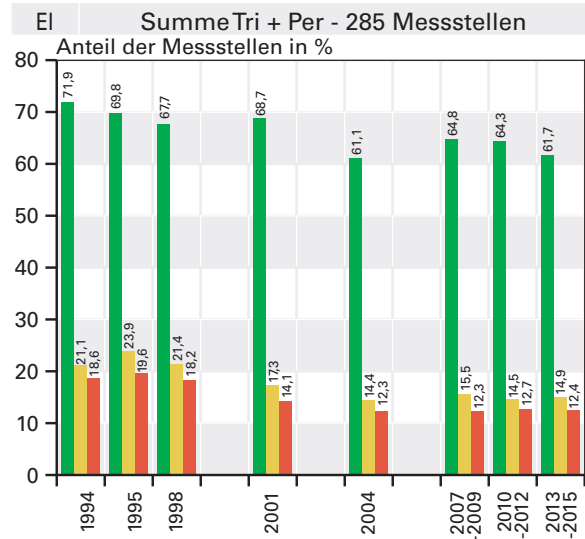
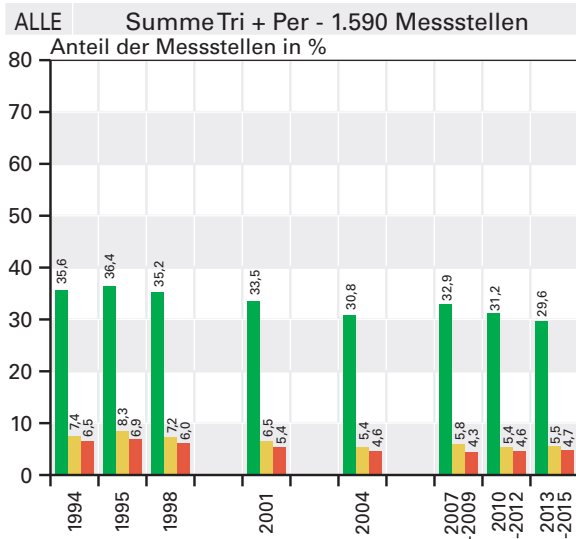
Die Schwerpunkte der LHKW-Belastung liegen in städtischen Ballungsräumen wie Stuttgart, Pforzheim, Raum Mannheim/Heidelberg sowie in Städten, in denen die Metall verarbeitende Industrie eine lange Tradition hat. Dies sind beispielsweise Reutlingen, Villingen-Schwenningen,

Heidenheim, Schwäbisch Gmünd und Lahr. Dort liegen auch zahlreiche LHKW-Altlasten (Abbildung 2.6-3).

2.6.6 Tendenzen

Der zeitliche Verlauf der LHKW-Belastungen ist anhand des Parameters „Summe aus Tri- und Tetrachlorethen“ der Grundwasserverordnung in Abbildung 2.6-4 dargestellt. Ferner wurden diese beiden Stoffe einzeln ausgewertet.

Verwendet wurden konsistente Datensätze der in Tabelle 2.6-2 genannten Beprobungskampagnen. Die Daten der Jahre 1994, 1995, 1998, 2001 und 2004 stammen immer aus den Herbstbeprobungen. Die neueren Daten umfassen jeweils die beschriebenen Dreijahreszeiträume 2007-2009, 2010-2012 und 2013-2015. Bei Vorliegen mehrerer Messwerte in den Dreijahreszeiträumen wurde immer der neueste Messwert für die Auswertung herangezogen. Betrachtet werden die Messstellen des gesamten LUBW-Messnetzes (ALLE) und der Messstellen im Einflussbereich der Industrie (EI).



■ % Messstellen ≥ Bestimmungsgrenze
 ■ % Messstellen > Warnwert
 ■ % Messstellen > Grenzwert

Trichlorethen und Tetrachlorethen: Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten von
 Warnwert = 0,008 bzw. 0,005 mg/l Bestimmungsgrenze = 0,0001 mg/l
 „Summe Tri- und Tetrachlorethen“ Schwellenwert = 0,01 mg/l Warnwert = Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogrammes
 „Summe Tri + Per“ der Grundwasserverordnung entspricht der „Summe LHKW nach der Trinkwasserverordnung“ Grenzwert = Grenzwert der Trinkwasserverordnung

LUBW

Abbildung 2.6-4: Zeitlicher Verlauf der LHKW-Belastung anhand der „Summe Tri- und Tetrachlorethen“, Trichlorethen und Tetrachlorethen: Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten von Bestimmungsgrenze = 0,0001 mg/l, Warnwert = 0,008 bzw. 0,005 mg/l und im Falle der „Summe Tri- und Tetrachlorethen“ Schwellenwert = 0,01 mg/l. Datengrundlage: Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung, Grundwasserdatenbank, Abfrage 03/2016,

Beim Parameter Summe aus Tri- und Tetrachlorethen nimmt der Anteil der Positivbefunde bei ALLE zwischen 1994 und 2004 zunächst von 35,6 % auf 30,8 % ab, steigt aber dann wieder im Zeitraum 2007-2009 um zwei Prozentpunkte an, danach fällt er 2013-2015 wieder auf 29,6 %. Bei den EI tritt dieser Verlauf noch deutlicher in Erscheinung. Bezüglich der Überschreitungsquote des Schwellenwerts von 0,01 mg/l ist bei ALLE von 1994 auf 2013-2015 ein kontinuierlicher Rückgang von 6,5 auf 4,7 % zu beobachten. Bei den EI ist diese Abnahme noch deutlicher: von 18,6 auf 12,4 %.

Bei Betrachtung der Einzelsubstanzen über 0,0001 mg/l ist bei Trichlorethen eine Abnahme um 10,1 (ALLE) bzw. bei den EI sogar um 19,9 Prozentpunkte im gesamten betrachteten Zeitraum festzustellen, während im Falle von Tetrachlorethen die Abnahme deutlich geringer ausfällt. Im höheren Konzentrationsbereich, d. h. bei der Überschreitungsquote des Warnwerts von 0,005 mg/l, sind bei Trichlorethen wesentlich größere Abnahmen festzustellen als bei Tetrachlorethen. Dies ist wahrscheinlich auf die höhere Flüchtigkeit des Trichlorethens zurückzuführen.

2.6.7 Bewertung

Die Konzentrationen an den höher mit LHKW belasteten Messstellen sind landesweit in den letzten 18 Jahren zurückgegangen. Dabei fällt die Abnahme bei Trichlorethen höher aus als bei Tetrachlorethen, das die Hauptbelastung mit LHKW ausmacht. Rund 55 % der Tetrachlorethen- und 80 % der Trichlorethen-Positivbefunde liegen allerdings im unteren Konzentrationsbereich von 0,0001 bis 0,001 mg/l, sie stellen also mehr oder weniger die ubiquitäre Hintergrundbelastung dar, die sich über die Jahre praktisch nicht verändert hat. Dies zeigt auch die letzte Beprobungskampagne. Bei den hohen Belastungen handelt es sich überwiegend um Grundwasserschadensfälle aus der Vergangenheit, denen ein Verursacher in den meisten Fällen zuzuordnen ist.

2.7 BTEX-Aromaten

2.7.1 Stoffeigenschaften, Verwendung, Eintragspfade

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

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

Eine Kurzinformation zu diesen Substanzen ist in [LUBW 2013F] zusammengestellt. BTEX-Aromaten werden hauptsächlich als Rohstoffe in der Petrochemie sowie in der Industrie als Löse-, Entfettungs- und Verdünnungsmittel eingesetzt.

BTEX sind relativ gut wasserlöslich und besitzen einen verhältnismäßig hohen Dampfdruck, was zu einer hohen Mobilität im Untergrund führt. Kontaminationen durch die Schadstoffgruppe BTEX stehen an zweiter Stelle der zu sanierenden Schadensfälle im Grundwasser (Altlastenstatistik 2014 der LUBW). Ursachen sind hauptsächlich punktuelle Einträge bei Austritt von Mineralölverbindungen infolge Leckagen und Unfällen sowie aus Altablagungen wie beispielsweise Gaswerken. Dabei lösen sich die BTEX aus der Mineralölphase und bilden Kontaminationsfahnen im Grundwasser. Benzol ist, gefolgt von Toluol, am besten wasserlöslich und somit am mobilsten. Die Mobilität von Ethylbenzol und der Xylole ist hingegen geringer. Diffuse Einträge sind bzw. waren vor allem Emissionen aus der Kraftstoffverbrennung, Lösemittelverwendung sowie Verdampfung bei Herstellung, Transport und Umfüllen von Kraftstoffen. Die Kontaminationsfahnen von BTEX können je nach Beschaffenheit des Untergrundes eine Länge von mehreren hundert Metern erreichen und sind damit länger als die von LHKW oder MTBE. Die mikrobielle Abbaubarkeit hängt stark von den Randbedingungen ab. Unter günstigen Verhältnissen erfolgt der Abbau in der Regel gut und schnell. Günstig bedeutet entweder unter aeroben Bedingungen oder unter anaeroben Bedingungen in Gegenwart von Sauerstofflieferanten wie Nitrat oder Sulfat. Unter aeroben Bedingungen nimmt die Abbaubarkeit in der Reihenfolge Toluol – Ethylbenzol – Benzol, Xylole ab.

BTEX sind gesundheitsschädlich. Im Falle des Benzols wird sowohl die toxische als auch die kanzerogene Wirkung nicht durch Benzol selbst, sondern durch die entstehenden Metaboliten hervorgerufen. Toluol wirkt neurotoxisch und kann zu Leber- und Nierenschädigungen führen. In den Untergrund eingetragene BTEX bergen somit großes Gefährdungspotenzial für Mensch und Umwelt. Benzol ist heute in nur geringen Mengen produktionsbedingt im Otto-Kraftstoff enthalten. Aufgrund der gesundheitsschädlichen Wirkung des Benzols ist der Gehalt in Benzin auf maximal 1 % begrenzt.

2.7.2 Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken

Die Trinkwasserverordnung nennt nur für Benzol einen Grenzwert und zwar in Höhe von 1 µg/l. Die Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) legt einen Prüfwert für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser von 20 µg/l für die Summe der BTEX und von 1 µg/l für Benzol als Einzelsubstanz fest (Tabelle 2.7-1). Diese beiden Werte gelten auch als Geringfügigkeitsschwellen der Ländereinigkeitsgemeinschaft Wasser (LAWA).

2.7.3 Probennahme und Analytik

BTEX treten im Grundwasser im Konzentrationsbereich von µg/l auf. Aufgrund ihrer Stoffeigenschaften sind bei der Probennahme die gleichen Maßstäbe anzulegen wie bei der Probennahme von LHKW. Sie werden auch analytisch zusammen mit den LHKW bestimmt. Für die Bewertung der Befunde sind Informationen zur Verlässlichkeit der Analysenergebnisse nötig. Dazu zieht man in der Regel die relativen Vergleichsstandardabweichungen bzw. die „erweiterte Messunsicherheit“ aus Ringversuchen heran. Unter der „erweiterten Messunsicherheit“ versteht man die etwa doppelte Vergleichsstandardabweichung. Ringversuche für BTEX-Aromaten wurden bisher nur für die Matrix Abwasser durchgeführt, Trinkwasser-Ringversuchsergebnisse gibt es nur für Benzol. Die neuesten Ringversuchskenndaten entstammen daher dem 35. länderübergreifenden Ringversuch 6/14 „LHKW/BTEX in Abwasser“, d. h. mit BTEX-Vorgabekonzentrationen im Bereich von 20 bis 500 µg/l (Abbildung 2.7-1). Dort liegen die erweiterten Messunsicherheiten zwischen 29 und 38 %. Zum Vergleich sind in Abbildung 2.7-1 Vergleichsstandardabweichung und erweiterte Messunsicherheit aus dem Trinkwasser-Ringversuch 3/13 mit deutlich niedrigeren Benzol-Vorgabekonzentrationen

Tabelle 2.7-1 Regelungen für BTEX in verschiedenen Rechtsvorschriften und Regelwerken

Rechtsvorschrift/Regelwerk	Parameterbezeichnung	Wertbezeichnung	Wert in µg/l
Trinkwasserverordnung (TrinkwV)	Benzol	Grenzwert	1
Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV)	<ul style="list-style-type: none"> ■ Benzol ■ BTEX (Leichtflüchtige aromatische Kohlenwasserstoffe (Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol, Styrol, Cumol)) 	Prüfwert für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser	1 20
LAWA- Geringfügigkeitsschwelle	<ul style="list-style-type: none"> ■ Benzol ■ Σ Alkylierte Benzole 	Geringfügigkeitsschwellenwert	1 20

LU:W

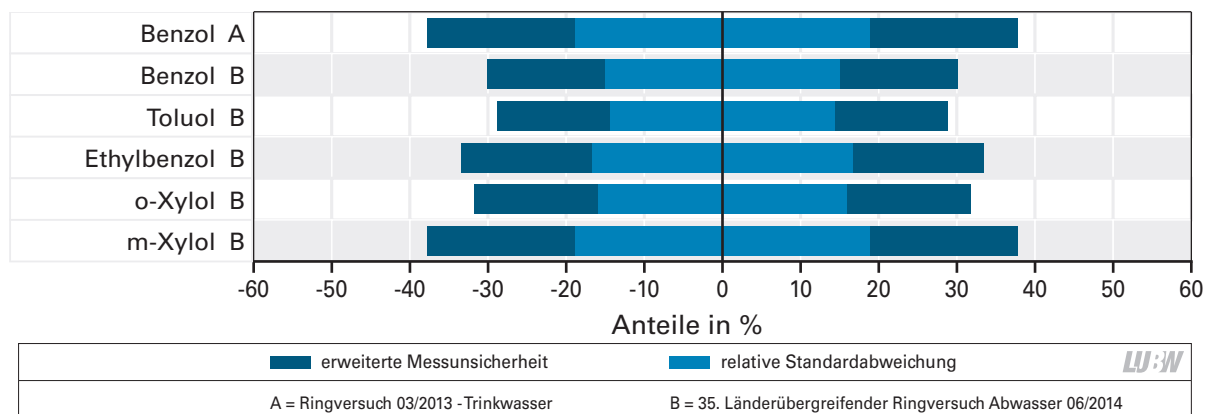


Abbildung 2.7-1: Ringversuchskenndaten BTEX der AQS Baden-Württemberg
Quelle: AQS-Baden-Württemberg: <http://www.iswa.uni-stuttgart.de/ch/aqs/>

nen im Bereich von 1 bis 8 µg/l dargestellt („Benzol A“). Diese sind aufgrund der niedrigeren Konzentrationen höher. So liegt die erweiterte Messunsicherheit beim Benzol bei trinkwassertypischen Konzentrationen bei ± 38 %. Für Toluol, Ethylbenzol und die Xylole stehen zwar keine Ringversuchsdaten in diesem Konzentrationsbereich zur Verfügung, die Kennzahlen dürften aber in der gleichen Größenordnung liegen.

2.7.4 Bisherige Untersuchungen auf BTEX

BTEX-Aromaten wurden 1994 erstmals im Grundwassermessnetz in größerem Umfang an insgesamt 976 Messstellen untersucht. Damals waren in sechs Einzelfällen (= 0,6 %) positive Befunde festzustellen (aus Bericht „Ergebnisse der Beprobung 1994“). Im Jahr 1998 hat sich diese niedrige Belastungsquote bestätigt, als 2.153 Messstellen auf BTEX untersucht wurden und dabei an 13 Messstellen (= 0,6 %) Positivbefunde auftraten. Fünf dieser Messstellen waren bereits 1994 auffällig (aus Bericht „Ergebnisse der Beprobung 1998“). Insbesondere bei den positiven Befunden mit höheren BTEX-Konzentrationen handelte es sich um bekannte Schadensfälle. Die nächsten Untersuchungen im gesamten von der LUBW betriebenen Messnetz erfolgten 2007 – 2009 und 2010- 2012 jeweils über Zeiträume von drei Jahren. Auch hier bestätigten sich die niedrigen Belastungsquoten von neun bzw. 10 Messstellen mit Positivbefunden. (Tabelle 2.7-2)

2.7.5 Ergebnisse der Untersuchungen 2013-2015

Die neueste Beprobungskampagne im Gesamtmessnetz fand 2013 bis 2015 statt. Bei Vorliegen von mehreren Messwerten in einem Dreijahreszeitraum wurden die neuesten Messungen für die Auswertungen herangezogen. Die Bestimmungsgrenzen variierten zwischen 0,1 bis 1,0 µg/l. Für

Tabelle 2.7-2: Gesamtzahl der auf BTEX untersuchten Messstellen im Grundwassermessnetz 1994-2015

Substanz	1994	1998	2007-2009	2010-2012	2013-2015
Benzol	922	2.196	2.277	2.157	2.056
Toluol	930	2.196	1.975	1.878	1.831
Ethylbenzol	922	2.196	2.129	2.104	2.005
o-Xylol	915	366	2.128	2.088	2.000
m-/p-Xylol	914	366	2.105	1.932	1.929

Die Untersuchungen erfolgten überwiegend im Auftrag der LUBW (Abfrage Grundwasserdatenbank 04/2016)



die Auswertungen wurden die von der LUBW geforderten Mindestbestimmungsgrenzen (MBG) von 0,5 µg/l für Benzol und 1,0 µg/l für die anderen Substanzen zugrunde gelegt. Die positiven Befunde unterhalb der MBG, d. h. in sehr niedrigen Konzentrationen, wurden immer der untersten Konzentrationsklasse zugeordnet.

Positive Benzolbefunde über 0,5 µg/l bzw. gleichzeitig über 1 µg/l liegen an drei der 1.917 untersuchten Messstellen vor. An diesen drei Messstellen ist gleichzeitig der Grenzwert der Trinkwasserverordnung überschritten. Der Maximalwert beträgt 65 µg/l an einer Messstelle auf dem Betriebsgelände eines Kraftwerks. Dieser hohe Wert ist dort 2014 erstmals aufgetreten, konnte aber durch Parallelmessungen bestätigt werden. Toluol, Ethylbenzol und m-/p-Xylol wird an je einer Messstelle im Bereich von 1 – 2 µg/l gefunden. Insgesamt sind an sechs Messstellen eine oder mehrere BTEX-Aromaten über der Mindestbestimmungsgrenze zu finden, der maximale Summenwert beträgt 65,6 µg/l (Tabelle 2.7-3). Die meisten Summenwerte liegen jedoch im einstelligen Bereich und unter dem Geringfügigkeitsschwellenwert der LAWA von 20 µg/l.

Tabelle 2.7-3: Ergebnisse der BTEX-Untersuchungen 2013-2015, Anzahl Messstellen in den verschiedenen Konzentrationsklassen

Substanz	MBG µg/l	GW bzw. GFS* µg/l	Anzahl Messstellen				Positivbefunde %	Maxwert µg/l	
			gesamt	< MBG	≥ 0,5 bis 1 µg/l	> 1,0 bis 2,0 µg/l			> 2,0 µg/l
Benzol	0,5	1	1.917	1.914	0	1	2	0,15	65,0
Toluol	1,0	-	1.752	1.751	-	1	0	0,05	1,8
Ethylbenzol	1,0	-	1.925	1.924	-	1	0	0,05	1,0
o-Xylol	1,0	-	1.921	1.921	-	0	0	0,00	-
m-/p-Xylol	1,0	-	1.858	1.857	-	1	0	0,05	1,4
Summe BTEX	-	20	1.933	1.924	4	2	3	0,46	65,6

MBG = Mindestbestimmungsgrenze

* GW = Grenzwert der Trinkwv GFS = Geringfügigkeitsschwelle der LAWA, Landesmessnetz LUBW, Grundwasserdatenbank Abfrage 03/2016



Tabelle 2.7-4: Messstellen mit Befunden der „Summe BTEX“ über 1 µg/l bei den Untersuchungen 2013-2015

Messstelle	Lage der Messstelle	Benzol µg/l	Toluol µg/l	Ethylbenzol µg/l	Summe Xylole µg/l	Summe BTEX 2013-2015 µg/l	Summe BTEX 2010-2012 µg/l
2011/512-0	Betriebsgelände Kraftwerk	65	< 0,5	0,6	< 0,5	65,6	< BG
0215/422-0	Betriebsgelände Gaswerk	11,9	1,8	< 0,1	0,6	14,3	6,3
0184/515-0	CKW-Altlastenstandorte im Einzugsgebiet	< 0,1	0,8	0,5	2,3	3,6	3,6
0374/066-7	Betriebsgelände kunststoffverarbeitende Firma	1,2	< 0,1	< 0,1	< 0,1	1,2	1,4
0075/217-4	Deponie außer Betrieb	< 0,1	0,2	< 0,1	0,9	1,1	1,2

Landesmessnetz LUBW, Grundwasserdatenbank Abfrage 03/2016

LUBW

Die positiven Befunde sind den Verursachern recht gut zuzuordnen (Tabelle 2.7-4). Es handelt sich dabei um Grundwasserschadensfälle sowie um Messstellen mit Altlasten bzw. altlastenverdächtigen Standorten im Einzugsgebiet. Bei drei von fünf Messstellen mit positiven BTEX-Befunden werden auch die Benzinzusatzstoffe MTBE und ETBE nachgewiesen, was auf Grundwasserschadensfälle mit Kraftstoffen hindeutet.

2.7.6 Tendenzen

Bei den beiden Spitzenreitern in Tabelle 2.7-4 sind gegenüber der letzten Beprobungskampagne deutliche Zunahmen festzustellen. Bei den drei anderen belasteten Messstellen beobachtet man gleichbleibende bzw. abnehmende Konzentrationen.

2.7.7 Bewertung

Bei den rund 1.900 Messstellen des Grundwasserüberwachungsprogramms, die in den Jahren 2013 bis 2015 auf BTEX-Aromaten untersucht wurden, liegen nur in wenigen Einzelfällen erhöhte oder stark erhöhte Konzentrationen. Dabei handelt es sich meist um Schadensfälle, deren Verursacher bekannt sind. Insgesamt ist somit die Belastung des Grundwassers mit BTEX-Aromaten als gering einzustufen.

2.8 Benzinzusatzstoffe MTBE und ETBE

2.8.1 Verwendung, Stoffeigenschaften, Eintragspfade

MTBE (Methyltertiärbutylether) wird in Deutschland seit den 1980er Jahren als Kraftstoffzusatz eingesetzt, in den USA bereits seit den 1970er Jahren. Seit einigen Jahren wird MTBE zunehmend durch ETBE (Ethyltertiärbutyl-

ether) ersetzt. Durch ihre hohe Oktanzahl und die gute Löslichkeit in Benzin eignen sich diese beiden Ether gut als Ersatz für die bleiorganischen Verbindungen, die früher zur Verbesserung der Klopfestigkeit des Benzins dienten. Weiterhin tragen sie als Sauerstofflieferanten beim Verbrennungsprozess zur Minderung des Schadstoffausstoßes, u. a. von Kohlenmonoxid und Stickoxiden, bei. Diesem Aspekt wird insbesondere in den USA große Bedeutung beigemessen, in Deutschland spielt er keine Rolle. MTBE wird auch in der Industrie als Lösemittel für die Produktion von Isobutylenen eingesetzt. MTBE ist eine farblose, leicht flüchtige Flüssigkeit mit auffälligem Geruch und Geschmack. Der Siedepunkt liegt mit 55 °C eher niedrig. Es löst sich mit 42 g/l relativ gut in Wasser und besser als die anderen Kohlenwasserstoffe des Benzins. MTBE wird aufgrund der geringen Adsorptionstendenz an Bodenteilchen schnell ins Grundwasser verlagert und ist dort sehr mobil. Bei Schadensfällen findet man es meist an der Spitze der Schadstofffahne und oft, ohne dass dort die anderen, weniger mobilen Kraftstoffbestandteile noch nachweisbar sind. Die Etherbindung ist relativ stabil und wird von Mikroorganismen nur schwer abgebaut. In Gegenwart von Sauerstoff wird es sehr langsam, im sauerstofffreien Milieu nahezu gar nicht abgebaut.

ETBE ist ein mit MTBE strukturverwandter Ether mit ähnlichen physikalisch-chemischen Eigenschaften. Er hat einen Siedepunkt von 71 °C, ist etwas weniger flüchtig als MTBE und besitzt eine geringere Löslichkeit in Wasser. Es ist ebenfalls sehr mobil im Untergrund und wird nur schwer von Mikroorganismen abgebaut. Eine Kurzinformation zu diesen Substanzen ist in [LUBW 2013F] zusammengestellt.

Gemäß EG-Kraftstoffqualitätsrichtlinie ist eine MTBE- bzw. ETBE-Zumischung bis 22 Vol.-% gestattet. In die Umwelt geraten MTBE und ETBE punktuell durch Leckagen oder Tropfverluste in Raffinerien, im Kraftstoffgroßhandel und an Tankstellen. Auch über undichte Kanalisationen können diese Stoffe ins Grundwasser eindringen. Diffuse Einträge entstehen vor allem durch den Kfz-Verkehr. Aufgrund zahlreicher MTBE-Funde im Grundwasser wurde unter anderem in Kalifornien und Dänemark der Zusatz von MTBE zum Otto-Kraftstoff verboten. Seither wird weltweit über Ersatzstoffe für MTBE nachgedacht. Besonders in den USA und in Brasilien haben sich Kraftstoffe mit hohem Ethanolanteil etabliert. In Deutschland wird dem Kraftstoff nur noch ETBE zugesetzt. So produziert die Mineralö Raffinerie Oberrhein (MiRO) in Karlsruhe auch seit 2005 nur noch ETBE und kein MTBE mehr. Im Jahr 2015 wurden dort rund 100.000 t ETBE hergestellt.

Nach bisherigem Kenntnisstand haben MTBE und ETBE eine geringe akute Toxizität. Beide sind in die Wassergefährdungsklasse (WGK) 1 eingestuft. Bei der Trinkwasseraufbereitung können die gut wasserlöslichen Ether nur mit unverhältnismäßig hohem Aufwand aus dem Rohwasser entfernt werden.

2.8.2 Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken

Bei mit MTBE oder ETBE belastetem Wasser ist bereits in geringen Konzentrationen ab etwa 5 µg/l ein unangenehmer Geruch und Geschmack feststellbar. Aufgrund der Kriterien Geruch und Geschmack hat die US-Umweltbehörde EPA Empfehlungen von 20 bis 40 µg/l als Höchstwerte für MTBE im Trinkwasser ausgesprochen. Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) hat für MTBE einen Geringfügigkeitsschwellenwert von 15 µg/l abgeleitet. Künftig wird es einen Wert für die „Etheroxygenate, gesamt“ geben. Die Diskussion läuft noch.

2.8.3 Probennahme und Analytik

Bei der Probennahme ist die für Spurenstoffe übliche Vorgehensweise zu beachten. Insbesondere ist darauf zu achten, dass Stromerzeuger zur Energieversorgung der Pumpe und der Messgeräte windabgewandt und mindestens 10 m vom Ort der Probennahme entfernt betrieben werden [LUBW 2013]. Die Proben sind bis zur Analyse gekühlt und in Braunglasflaschen zu transportieren und aufzubewahren. Die Messmethode der Wahl für MTBE/ETBE ist die Headspace GC/MS.

2.8.4 Bisherige Untersuchungen auf MTBE und ETBE

Erste Untersuchungen auf MTBE erfolgten im Grundwassermessnetz in den Jahren 1999 und 2000 an 26 risikobasiert ausgewählten Messstellen (Tabelle 2.8-1). An acht Messstellen lagen positive Befunde vor, davon drei im Bereich einer Raffinerie, zwei an einem Güterbahnhof und je einer an einer Tankstelle, auf dem Gelände eines Autoherstellers sowie neben einer Bundesstraße im Bereich eines Tanklastwagenunfalls. In den Jahren 2001 und 2002 wurden die Untersuchungen im Rahmen eines INTERREG-Projekts mit Frankreich auf bis zu 447 Messstellen ausgeweitet, ungeachtet des Vorliegens einer besonderen Gefährdung. Die Messstellen lagen in einem Streifen 40 – 60 km östlich des Rheins. Bei einer gegenüber den Vorjahren niedrigeren Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l sollten neben punktuellen Einträgen mit teilweise hohen Konzentrationen auch diffuse Grundwasserbelastungen mit niedrigen Konzentrationen erfasst werden. Die Nachweisquote war mit 15,5 % überraschend hoch. Jedoch zeigten nur zwei Analysen MTBE-Gehalte über 5 µg/l. Der Maximalwert betrug 18 µg/l. Die überwiegende Anzahl der positiven Befunde stand nahezu immer im Zusammenhang mit Betrieben und Einrichtungen, die Kraftstoff herstellen, lagern oder mit Kraftstoff handeln.

In den Jahren 2007 bis 2009 wurden erstmals alle Messstellen des von der LUBW betriebenen Messnetzes auf MTBE

Tabelle 2.8-1: Gesamtzahl der auf MTBE/ETBE untersuchten Messstellen im Grundwassermessnetz

Substanz	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2007-2009	2010-2012	2013-2015
MTBE	26	26	67	447	59	25	2.094	2.049	1.961
ETBE	-	-	-	-	-	-	1.696	1.921	1.772



Tabelle 2.8-2: Ergebnisse der MTBE/ETBE-Untersuchungen 2013 bis 2015, Anzahl der Messstellen in den verschiedenen Konzentrationsklassen, Landesmessnetz LUBW, Grundwasserdatenbank Abfrage 03/2016

Ether	BG µg/l	GFS* µg/l	Anzahl Messstellen							Positiv- befun- de %	Max- wert µg/l
			ge- samt	< BG	≥ 0,05 bis 0,1 µg/l	> 0,1 bis 1,0 µg/l	> 1,0 bis 5,0 µg/l	> 5,0 bis 15,0 µg/l	> 15,0 µg/l		
MTBE	0,05	15	1.898	1.831	31	33	1	2	0	3,5	11,18
ETBE	0,05	-	1.714	1.692	10	11	1	0	0	1,3	1,2

*GFS = Geringfügigkeitsschwellenwert der Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
BG = Bestimmungsgrenze

LUBW

und auch auf ETBE untersucht, um insbesondere die Grundwassergefährdung durch ETBE, das damals in Deutschland zunehmend das MTBE ersetzte, abschätzen zu können. Positive MTBE-Befunde lagen an 149 Messstellen (7,5 %) vor. Die meisten Messstellen mit positiven Befunden waren durch Industrie (57 Mst.) und Siedlung (60 Mst.) beeinflusst. Die höchste vorgefundene MTBE-Konzentration betrug 78 µg/l. Bei den ETBE-Untersuchungen wurden 46 Positivbefunde (2,9 %) festgestellt. Auch hier lag überwiegend eine Beeinflussung durch Industrie und Siedlung vor. Der maximale ETBE-Wert war 2,18 µg/l. Alle anderen positiven Befunde traten in Konzentrationen unter 1 µg/l auf, die meisten davon zwischen 0,05 und 0,1 µg/l.

In den Jahren 2010 bis 2012 wurde die Messkampagne der Jahre 2007 bis 2009 wiederholt. Positive MTBE-Befunde lagen an 89 Messstellen (4,5 %) vor, überwiegend durch Industrie (33 Mst.) und Siedlung (43 Mst.) beeinflusst. Die Maximalkonzentration MTBE war 49,4 µg/l. Zwei Befunde lagen über dem Geringfügigkeitsschwellenwert der LAWA von 15 µg/l. In einem Fall lag der Brunnen auf dem Gelände einer Mineralölgroßhandlung, im anderen Fall unmittelbar neben einer Tankstelle. Bei ETBE wurden 32 Positivbefunde (1,7 %) festgestellt, der Maximalwert betrug 10,94 µg/l im Bereich einer Autobahnraststätte. Die meisten positiven Befunde traten in Konzentrationen unter 1 µg/l auf, die meisten davon zwischen 0,11 und 1,0 µg/l.

2.8.5 Ergebnisse der Beprobungen 2013– 2015

In den Jahren 2013 bis 2015 folgte die dritte Messkampagne über drei Jahre, in der das Gesamtmessnetz untersucht wurde. Auch diesmal wurde bei Vorliegen mehrerer Messwerte im Auswertungszeitraum jeweils der neueste Wert für die Auswertungen herangezogen. Die Bestimmungsgrenze betrug 0,05 µg/l.

Tabelle 2.8-2 zeigt die Konzentrationsverteilung der MTBE-/ETBE-Messungen. Positive MTBE-Befunde lagen an 67 Messstellen (3,5 %) vor, meist durch Industrie (26 Mst.) und Siedlung (32 Mst.) beeinflusst. Die höchste vorgefundene MTBE-Konzentration betrug 11,18 µg/l. Der Geringfügigkeitsschwellenwert der LAWA von 15 µg/l wurde in keinem Fall überschritten. Bei den ETBE-Untersuchungen wurden 22 Positivbefunde (1,3 %) festgestellt. Auch hier liegt überwiegend eine Beeinflussung durch Industrie und Siedlung, insbesondere von Tankstellen vor. Der maximale ETBE-Wert war 1,2 µg/l. Die meisten positiven Befunde von MTBE und ETBE traten in Konzentrationen unter 1 µg/l auf, überwiegend zwischen 0,05 µg/l und 0,1 µg/l. Bei der vorangegangenen Beprobungskampagne lagen die meisten Positivbefunde noch im Konzentrationsbereich zwischen 0,11 und 1,0 µg/l. Besonders bei den höher belasteten Messstellen sind die Verursacher meist eindeutig zuzuordnen (Tabelle 2.8-3).

2.8.6 Tendenzen

MTBE und ETBE wurde in den drei Zeiträumen an 1.736 bzw. 1.180 konsistenten Messstellen untersucht. Die meisten Positivbefunde traten in den unteren Konzentrationsbereichen auf. Während die Positivbefunde von 2007-2009 auf 2010-2012 deutlich zurückgegangen sind, hat sich die Abnahme bei der Beprobungskampagne 2013-2015 verlangsamt (Abbildung 2.8-1). Bei MTBE ist dies in den unteren beiden Konzentrationsklassen mit positiven Befunden besonders ausgeprägt. Insgesamt haben die Positivbefunde bei MTBE von 7,4 % über 4,8 % auf 3,9 % abgenommen, im Falle des ETBE von 3 % über 2,2 % auf 1,4 %.

Tabelle 2.8-3: Die 20 Messstellen mit den höchsten der MTBE- und ETBE-Konzentrationen bei der Untersuchungskampagne 2013-2015 mit den zurückliegenden Messwerten, Landesmessnetz LUBW, Grundwasserdatenbank Abfrage 03/2016

Nr.	Grundwasser-Nummer	Lage der Messstelle	2007 bis 2009		2010 bis 2012		2013 bis 2015	
			MTBE	ETBE	MTBE	ETBE	MTBE	ETBE
			µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l
1	0296/508-0	Industriegelände, Mineralölgroßhandlung	41,00	2,18	27	0,79	11,18	0,14
2	0009/607-6	Brunnen zur öffentlichen Nahversorgung, Umgebung Bahngelände	2,30	< 0,05	1,36	<0,05	6,25	< 0,05
3	0765/211-2	Betriebsgelände Recyclingunternehmen	2,77	0,16	1,39	0,19	0,81	0,69
4	0110/116-6	Siedlungsgebiet	1,26	< 0,05	0,58	< 0,05	0,78	<0,05
5	0174/306-4	Naturschutzgebiet abstromig altlastenverdächtiger Fläche	2,76	-	0,22	< 0,05	0,74	1,2
6	2021/552-1	Deponie	0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	0,64	< 0,05
7	0004/211-8	ehemalige Autoverwertung	0,39	< 0,05	0,26	0,12	0,59	0,08
8	0009/757-9	Parkplatz	0,63	< 0,05	0,57	< 0,05	0,56	< 0,05
9	0075/217-4	Bauhof auf ehemaliger Mülldeponie	1,65	0,2	6,22	0,91	0,44	< 0,05
10	0173/260-0	Siedlung, Autobahn	0,10	< 0,05	0,75	< 0,05	0,44	< 0,05
11	1344/304-2	ehemalige Tankstelle, Altablagerung	< 0,05	-	<0,05	0,16	0,44	0,64
12	0061/716-6	Siedlung, Straße	0,22	-	0,10	< 0,05	0,32	0,37
13	0012/320-9	Bahnlinie, unbefestigter Parkplatz	0,10	< 0,05	0,06	< 0,05	0,28	< 0,05
14	0071/461-3	großstädtisches Wohngebiet	0,07	<0,05	0,35	<0,05	0,27	< 0,05
15	0983/259-5	mehrere ehemalige Tankstellen	0,20	<0,05	0,20	<0,05	0,26	-
16	0043/761-9	Wohngebiet	0,06	<0,05	0,14	<0,05	0,25	0,05
17	0306/511-4	Grünstreifen an einer Bundesstraße	2,07	0,09	2,54	< 0,05	0,22	0,07
18	0374/066-7	Bahnhofsgelände, ehemalige Tankstelle	0,29	<0,05	0,24	<0,05	0,22	0,39
19	0101/611-7	Bahnhofsgelände	0,30	<0,05	0,33	<0,05	0,22	< 0,05
20	0316/066-0	mehrere ehemalige Tankstellen	0,39	<0,05	0,19	<0,05	0,22	< 0,05

LUBW

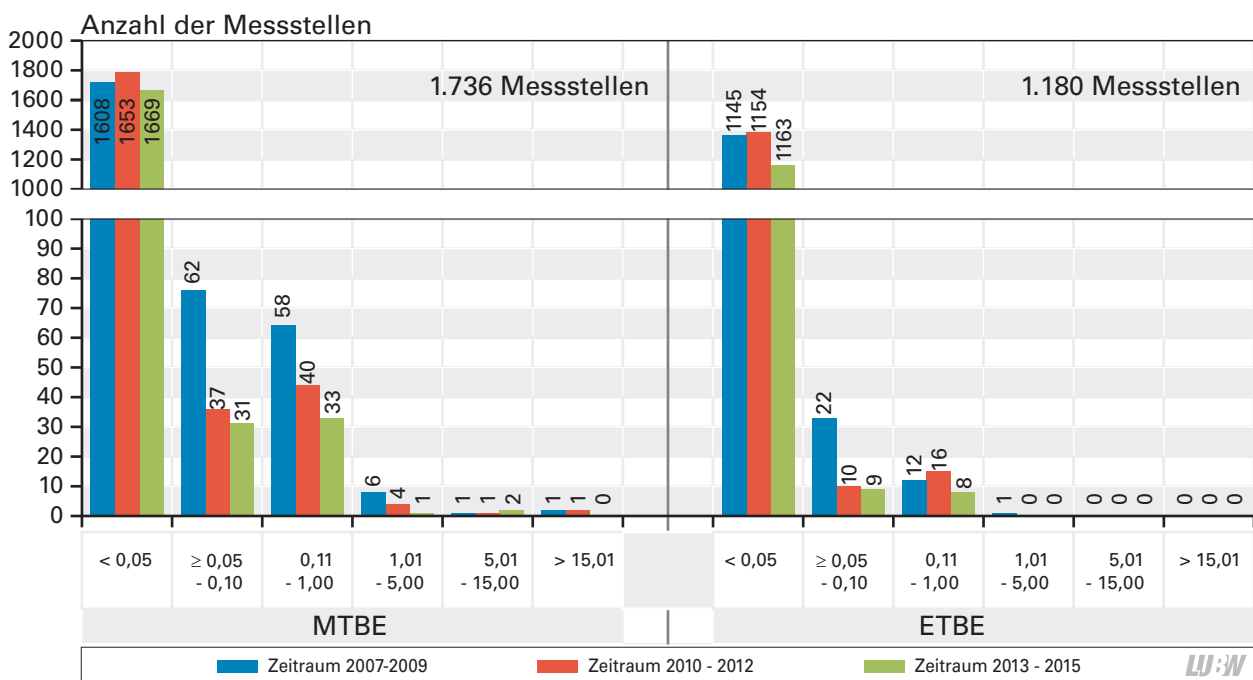


Abbildung 2.8-1: Zeitlicher Verlauf der Belastung mit den Benzinzusatzstoffen MTBE und ETBE, Landesmessnetz LUBW, Grundwasserdatenbank Abfrage 03/2016

2.8.7 Bewertung

Bei der Untersuchung auf die Benzinzusatzstoffe MTBE und ETBE im Grundwasser während der Beprobungskampagne 2013-2015 waren an 3,5 % der Messstellen MTBE-Befunde über der Bestimmungsgrenze festzustellen, im Falle des ETBE an 1,3 % der Messstellen. Über dem LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwert von 15 µg/l lag keine Probe. Die meisten Positivbefunde traten in den niedrigen Konzentrationsbereichen zwischen der Bestimmungsgrenze von 0,05 µg/l und 1,0 µg/l auf. Erhöhte Belastungen lassen sich nahezu immer eindeutig Verursachern zuordnen. Meist befinden sich im Einzugsgebiet dieser Messstellen Betriebe, die Kraftstoff herstellen, lagern oder verkaufen. Teilweise existieren diese Betriebe heute nicht mehr, sind jedoch als altlastenverdächtige Flächen bekannt. Diese Fälle werden dementsprechend nach Bundesbodenschutzgesetz bearbeitet. Die Einträge durch die Emittenten erfolgen meist punktuell, wobei MTBE und ETBE bis mehrere Hundert Meter lange Grundwasserfahnen ausbilden können. Gegenüber MTBE hat ETBE ein etwas geringeres Gefährdungspotenzial. Durch den unangenehmen Geruch und Geschmack sowie die schwere Abbaubarkeit stellt aber auch ETBE beim Eintrag in den Untergrund eine Gefährdung für Trinkwasservorräte dar. Die physikalisch-chemischen Eigenschaften unterscheiden sich aufgrund der ähnlichen Molekülstruktur nur wenig.

Aus Sicht des Grundwasserschutzes ist der Einsatz von ETBE als Ersatzstoff von MTBE nur eine geringfügige Verbesserung. Derzeit überwiegen die nachgewiesenen MTBE-Befunde noch die ETBE-Befunde. Dies ist zurückzuführen auf die schwere Abbaubarkeit und die langen Verweilzeiten im Untergrund, wodurch sich MTBE aus früheren Einträgen noch lange nachweisen lässt. Langfristig ist von einer weiteren Abnahme der MTBE-Belastung auszugehen, da dem Benzin inzwischen nur noch ETBE zugesetzt wird. An einigen Messstellen ist bereits ein Anstieg der ETBE-Belastung festzustellen (Tabelle 2.8-3). Ob die Zahl dieser Fälle zunimmt, bleibt abzuwarten und wird weiterhin verfolgt.

2.9 Süßstoffe

2.9.1 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.

2.9.2 Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken

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

2.9.3 Probennahme und Analytik

Bei der Probennahme ist die für Spurenstoffe übliche Vorgehensweise zu beachten [LUBW 2013F]. 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 entsprechender Ringversuch Süßstoffe wurde 2013 von der AQS-Baden-Württemberg durchgeführt. Die wichtigsten Ergebnisse sind in [LUBW 2014F] zusammengestellt. Demnach ist mit einer erweiterten Messunsicherheit von 30 – 38 % zu rechnen.

2.9.4 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 2.9-1).

2.9.5 Ergebnisse der Untersuchungen 2015

Im Jahr 2015 wurde begonnen, die Süßstoffe im Gesamtmessnetz über einen Zeitraum von drei Jahren zu untersuchen. In der ersten Runde wurden 537 Messstellen be-

Tabelle 2.9-1: Gesamtzahl der auf Süßstoffe untersuchten Messstellen im Grundwassermessnetz

Substanz	2013	2014	2015
Acesulfam	76	1.643	769
Cyclamat	76	1.643	771
Saccharin	76	1.643	771
Sucralose	76	1.643	770

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 04/2016, Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung



probt. Hinzu kommen noch 234 Messstellen des Kooperationsmessnetzes, in dem die Untersuchungen der Parametergruppe E fortgesetzt wurden. Diese Daten werden zusammen ausgewertet (Tabelle 2.9-2).

An 255 der insgesamt 771 untersuchten Messstellen konnten Süßstoffe über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden (33,1 %). Die häufigsten Positivbefunde traten mit 29 % bei Acesulfam auf, die meisten davon in den niedrigen Konzentrationsbereichen. Hohe Acesulfamwerte über 1 µg/l waren an vier Messstellen zu beobachten. Diese sind u.a. in Tabelle 2.9-3 aufgelistet. Die Belastung mit den anderen drei gemessenen Süßstoffen ist deutlich geringer

Tabelle 2.9-2: Ergebnisse Süßstoffe 2015 - Anzahl der 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	769	546	139	58	22	4	29,0	3,60
Cyclamat	0,01	771	741	24	4	1	1	3,9	2,06
Saccharin	0,01	771	721	48	1	0	1	6,5	1,08
Sucralose	0,01	770	742	12	14	2	0	3,6	0,80
	0,03								
	0,05								
Summe Süßstoffe	-	771	516	158	64	27	6	33,1	4,25

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 04/2016, Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung
BG = Bestimmungsgrenze



Tabelle 2.9-3: Messstellen mit erhöhten Konzentrationen an Süßstoffen 2015 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
82/861-3	Betriebsgelände Kläranlage	3,60	0,21	0,02	0,42	4,25
184/515-0	innerstädtischer Bereich zwischen zwei Abwasserkanälen	0,85	2,06	1,08	<0,05	3,99
1234/306-4	vermutlich Einfluss Uferfiltrat Hardtbach	2,50	<0,01	<0,01	0,21	2,71
129/306-1	Abwasserkanal (< 10 m entfernt)	1,76	0,11	<0,01	<0,05	1,87
13/566-4	vermutlich Uferfiltrat Große Lauter	1,43	<0,01	0,01	0,14	1,58
164/307-2	Abwasserkanal (ca. 45 m entfernt)	1,00	0,10	<0,01	<0,05	1,10



und ebenfalls mit den meisten Positivbefunden in den unteren Konzentrationsbereichen. Damit bestätigen sich die Ergebnisse der Vorjahresuntersuchungen [LUBW 2015F].

In Tabelle 2.9-3 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. Die Ergebnisse bestätigen diese Hypothese.

In der Messstelle auf dem Betriebsgelände der Kläranlage waren alle vier Substanzen nachweisbar. Messstellen in Nachbarschaft zu Abwasserkanälen zeigen eine deutliche Belastung mit Cyclamat und in etwas geringeren Ausmaß auch mit Saccharin. In vorwiegend durch Uferfiltrat beeinflussten Messstellen ist nur noch Acesulfam und Sucralose nachweisbar.

2.9.6 Bewertung

Süßstoffe und hierbei insbesondere Acesulfam sind gut als Tracer für den Einfluss von kommunalem Abwasser geeignet [LUBW 2014F]. Die Untersuchungen 2015 im Landesmessnetz und im Kooperationsmessnetz Wasserversorgung bestätigen den im Vorjahr festgestellten Sachverhalt, dass in überraschend vielen Rohwasserfassungen 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.

2.10 Benzotriazole

2.10.1 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 Geschirrspülmitteltabs in das Abwasser (http://www.lfu.bayern.de/analytik_stoffe/arzneimittelwirkstoffe/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.

2.10.2 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 die Summe der drei untersuchten Benzotriazole von 3 µg/l abgeleitet.

2.10.3 Probennahme und Analytik

Bei der Probennahme ist die für Spurenstoffe übliche Vorgehensweise zu beachten [LUBW 2013F]. 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 entsprechender Ringversuch Süßstoffe wurde 2013 von der AQS-Baden-Württemberg durchgeführt. Die wichtigsten Ergebnisse sind in [LUBW 2014F] zusammengestellt. Demnach ist mit einer erweiterten Messunsicherheit von 20 – 33 % zu rechnen.

2.10.4 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 2.10-1).

2.10.5 Ergebnisse der Untersuchungen 2015

Im Jahr 2015 wurde begonnen, die Benzotriazole im Messnetz der LUBW über einen Zeitraum von drei Jahren zu untersuchen. In der ersten Runde wurden 527 Messstellen beprobt. Hinzu kommen noch etwa 210 Messstellen des Kooperationsmessnetzes, in dem die Untersuchungen der Parametergruppe E fortgesetzt wurden. Die Daten werden zusammen ausgewertet (Tabelle 2.10-2).

An 128 der insgesamt 747 untersuchten Messstellen (17,1 %) konnten ein bis drei Benzotriazole in Konzentrationen über der Bestimmungsgrenze nachgewiesen werden. Die häufigsten Positivbefunde traten mit 14,7 % bei Benzotriazol auf, die meisten davon in den niedrigen Konzentra-

Tabelle 2.10-1: Gesamtzahl der auf Benzotriazole untersuchten Messstellen im Grundwassermessnetz

Substanz	2013	2014	2015
Benzotriazol	62	1.645	747
4-Methylbenzotriazol	62	1.645	744
5-Methylbenzotriazol	62	1.644	744

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 04/2016, Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung



tionsbereichen. In Tabelle 2.10-3 sind diejenigen acht Messstellen aufgelistet, bei denen die „Summe Benzotriazole“ am höchsten ist. Als Schwelle wurde 0,3 µg/l, entsprechend 10 % des GOW, gewählt. 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].

Benzotriazol und 5-Methylbenzotriazol werden in einer konventionellen Kläranlage bis zu 60 - 70 % entfernt, 4-Methylbenzotriazol nur bis zu etwa 35 %. Dies spiegelt sich in den Anteilen der Einzelsubstanzen an der „Summe Benzotriazole“ in Abbildung 2.10-1 wider. So liegt der Anteil an Benzo-

Tabelle 2.10-2: Ergebnisse Benzotriazole - 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	-	747	637	100	9	0	1	14,7	1,40
4-Methylbenzotriazol	0,01	-	744	688	44	11	1	0	7,5	0,52
5-Methylbenzotriazol	0,01	-	744	718	24	2	0	0	3,5	0,19
Summe Benzotriazole	-	3,0	747	619	102	23	2	1	17,1	1,93

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 04/2016, Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung
BG = Bestimmungsgrenze GOW = Gesundheitlicher Orientierungswert bei lebenslanger Aufnahme



Tabelle 2.10-3: Messstellen mit erhöhten Konzentrationen an Benzotriazolen 2015 im Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung

Grundwasser-Nummer	Lage der Messstelle / Einfluss	Benzotriazol µg/l	4-Methylbenzotriazol µg/l	5-Methylbenzotriazol µg/l	Summe Benzotriazole µg/l
82/861-3	Betriebsgelände Kläranlage	1,40	0,34	0,19	1,93
1458/305-0	Uferfiltrat Neckar	0,21	0,52	0,14	0,87
15/607-0	Uferfiltrat Kocher	0,07	0,43	0,02	0,52
1643/305-1	Uferfiltrat Neckar	0,05	0,39	0,04	0,48
30/306-0	Abwasserkanal und Uferfiltrat Leimbach	<0,01	0,41	0,03	0,44
1642/305-6	Uferfiltrat Neckar	0,05	0,35	0,03	0,43
184/515-0	innerstädtischer Bereich zwischen zwei Abwasserkanälen	0,25	0,04	0,03	0,32
13/566-4	vermutlich Uferfiltrat Große Lauter	0,04	0,25	0,02	0,31



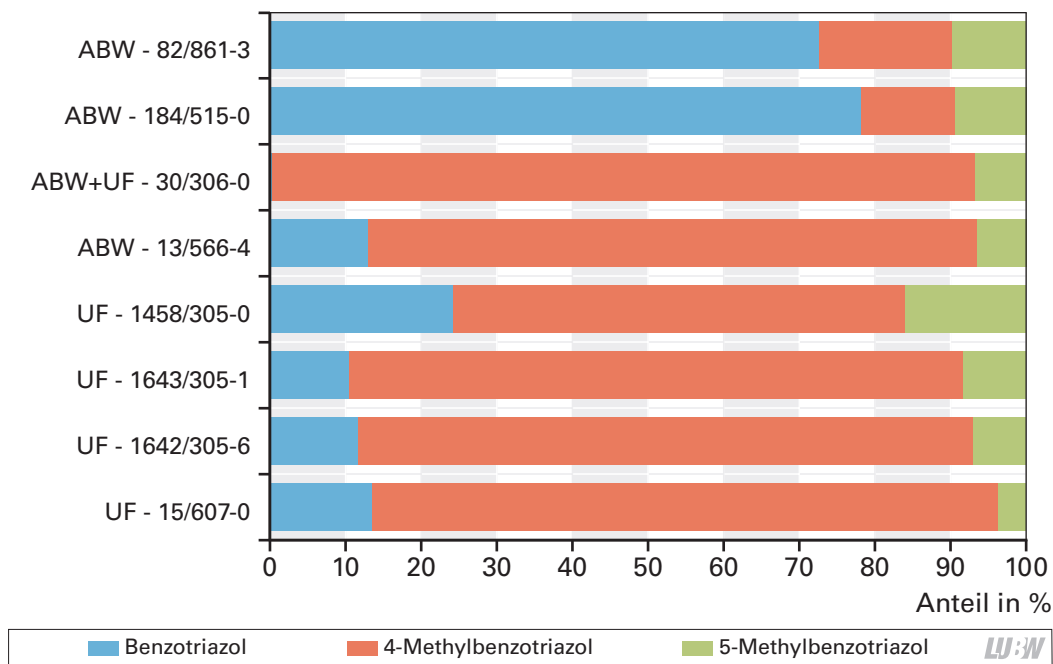


Abbildung 2.10-1: Konzentrationsverteilung der drei Benzotriazole in ausgewählten Messstellen, Daten 2015, Landesmessnetz LUBW

triazol in den beiden durch Rohabwasser beeinflussten Messstellen 82/861-3 und 184/515-0 bei 75 - 80 %, während dieser in den durch Uferfiltrat beeinflussten Messstellen durch die Kläranlagenpassage auf etwa 10 - 20 % angereichert wird. Da 4-Methylbenzotriazol relativ schlecht entfernt wird, ist der Anteil dieser Substanz im Uferfiltrat relativ hoch.

2.10.6 Bewertung

Für Benzotriazole gibt es keine Schwellenwerte für Grundwasser oder Grenzwerte für Trinkwasser. Der für Trinkwasser abgeleitete GOW für die „Summe Benzotriazole“ von $3,0 \mu\text{g/l}$ wird bei den vorliegenden Messungen nicht erreicht, der Maximalwert betrug $1,93 \mu\text{g/l}$. Funde von Benzotriazolen sind ein Hinweis auf kommunales Abwasser. Die Anwesenheit anderer abwasserbürtiger Verbindungen wie Süßstoffe kann vermutet werden und muss im Einzelfall untersucht werden.

2.11 Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC)

2.11.1 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. Im Grundwassermessnetz

Baden-Württemberg wurden hierbei die in Tabelle 2.11-1 aufgelisteten PFC untersucht. 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 Hochleistungstensiide 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 $10.000 \mu\text{g/l}$ oder bei einem 3%igen Ansatz etwa $300 \mu\text{g/l}$ im einsatzbereiten Löschschaum. Als Ersatzstoffe kommen u. a. polyfluorierte Tensiide aus der Stoff-

Tabelle 2.11-1 Gesamtzahl der auf PFC untersuchten Messstellen im Grundwassermessnetz; Landesmessnetz LUBW und Kooperationsmessnetz Wasserversorgung

Substanz	2006	2007	2010	2013	2014	2015
Perfluorbutanoat (PFBA)		1	25	68	161	525
Perfluorpentanoat (PFPeA)		1	25	67	161	524
Perfluorhexanoat (PFHxA)	41	8	25	71	163	524
Perfluorheptanoat (PFHpA)	41	8	25	71	162	525
Perfluoroctanoat (PFOA)	41	8	25	71	164	525
Perfluornonanoat (PFNA)	41	8	25	71	162	525
Perfluordecanoat (PFDA)	41	7	23	71	163	525
Perfluorundecanoat (PFUnA)	41	7	25	67	162	525
Perfluordodecanoat (PFDoA)	41	8	25	70	163	525
Perfluoroctansulfonat (PFOS)	41	8	25	71	163	524
Perfluortetradecanoat (PFTA)	41	7				
Perfluor-3,7-Dimethyloctanoat /PF-3-7-DMOA)	41	7				
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	41	8	25	71	163	524
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)	41	8	25	71	163	523
Perfluordecansulfonat (PFDS)	41	7	25	67	160	525
Perfluoroctansulfonsäureamid (PFOSA)	41	8		10	15	6
7H-Dodecafluorheptanoat /HPFHpA)	41	7		9	12	6
2H,2H-Perfluordecanoat (H2PFDA)	41	7		9	12	6
2H,2H,3H,3H-Perfluorundecanoat (H4PFUnA)	41	7		9	12	6
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonat (H4PFOS)	41	7		67	159	525
Summe PFC-Komponenten	41	8	23	71	158	519

LUBW

klasse 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-Perfluoroctansulfonat (H4PFOS oder auch 6:2-Fluortelomersulfonat).

2.11.2 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 Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) sowie Leitwerte (LW) bei lebenslanger Aufnahme für einige Substanzen abgeleitet. Diese sind in Tabelle 2.11-2 genannt. Die LW und GOW werden gleichzeitig als vorläufige Geringfügigkeitsschwellenwerte der LAWA verwendet. Zur toxikologischen Bewertung des gemeinsamen Auftretens mehrerer PFC-Komponenten ist die Quotientensumme anhand der Additionsregel analog den Technischen Regeln für Gefahrstoffe (TRGS 402) heranzuziehen. Die Additionsregel besagt, dass Quotienten aus gemessener Konzentration und zugehörigem, stoffspezifischem GOW

oder LW gebildet werden (Tabelle 2.11-2). 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*. Die Quotientensumme gibt somit an, in

$$\text{Quotientensumme} = \frac{\text{PFC}_1}{\text{GOW}_1} + \frac{\text{PFC}_2}{\text{GOW}_2} + \frac{\text{PFC}_3}{\text{GOW}_3} + \frac{\text{PFC}_4}{\text{GOW}_4} + \dots + \frac{\text{PFC}_n}{\text{GOW}_n} \quad [\text{Gl. 2.11-1}]$$

welcher Höhe die GOW-Werte „ausgeschöpft“ sind.

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, da die jeweiligen GOW-/ GFS-Einzelwerte der in Tabelle 2.11-2 genannten Parameter einzuhalten sind.

* Schreiben des Ministeriums für Umwelt, Klima und Energiewirtschaft Baden-Württemberg vom 17.06.2015: „Vorläufige GFS-Werte PFC für das Grundwasser und Sickerwasser aus schädlichen Bodenveränderungen und Altlasten“

Tabelle 2.11-2: Ergebnisse für die per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC) 2015 - Anzahl der Messstellen je Konzentrationsklasse; Landesmessnetz LUBW

Substanz	BG ng/l	GOW bzw. LW ng/l	Anzahl Messstellen					Positivbefunde %	Maxwert 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	LW 7.000	524	460	56	5	3	0	12,2	280
Perfluorpentanoat (PFPeA)	1	3.000	524	471	41	7	5	0	10,1	610
Perfluorhexanoat (PFHxA)	1	1.000	523	452	59	7	5	0	13,6	850
Perfluorheptanoat (PFHpA)	1	300	524	484	34	4	2	0	7,6	350
Perfluoroctanoat (PFOA)	1	300	524	412	101	8	1	2	21,4	2300
Perfluoronanoat (PFNA)	1	300	524	491	32	1	0	0	6,3	13
Perfluordecanoat (PFDA)	1	300	524	484	40	0	0	0	7,6	8
Perfluorundecanoat (PFUnA)	1	-	524	498	25	1	0	0	5,0	26
Perfluordodecanoat (PFDoA)	1	-	524	520	1	3	0	0	0,8	26
Perfluoroctansulfonat (PFOS)	1	300	524	429	79	14	2	0	18,1	841
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	1	3.000	522	440	72	8	2	0	15,7	175
Perfluorhexan-sulfonat (PFHxS)	1	300	524	478	39	5	2	0	8,8	621
Perfluordecansulfonat (PFDS)	1	-	524	522	2	0	0	0	0,4	2
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonat (H4PFOS)	1	300	524	487	31	6	0	0	7,1	80
Summe PFOA + PFOS	-	LW 300	524	469	33	48	2	0	15,8	891
Summe PFC-Komponenten	-	-	524	307	141	61	11	4	41,4	4393

BG = Bestimmungsgrenze GOW = Gesundheitlicher Orientierungswert bei lebenslanger Aufnahme
LW = Leitwert für wissenschaftlich begründbare Besorgnis, entspricht der Wirkungsschwelle

LUBW

2.11.3 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. Ringver-

suche zu PFC wurden 2014 von der AQS-Baden-Württemberg durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2.11-1 zusammengestellt. Demnach ist mit einer erweiterten Messunsicherheit von 28 – 47 % zu rechnen.

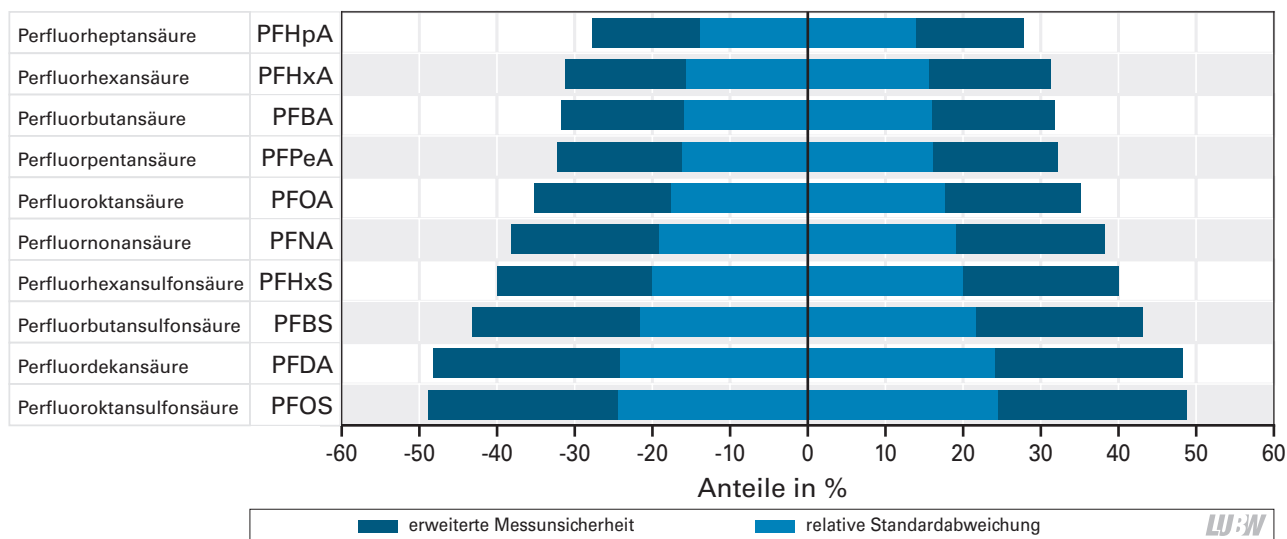


Abbildung 2.11-1: Ringversuchsdaten ausgewählter Per- und polyfluorierten Chemikalien der AQS Baden-Württemberg, Ringversuch 05/2014, Quelle: AQS-Baden-Württemberg: <http://www.iswa.uni-stuttgart.de/ch/aqs/>

2.11.4 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 im Landesmessnetz. Ausgewählt wurden 46 Messstellen, die direkt oder indirekt durch Abwasser, Deponien, Brände, Brandübungsflächen oder Galvaniken beeinflusst waren. Dabei wurden Konzentrationen für die Summe PFC bis in den Bereich $\mu\text{g/l}$ gemessen. Nach Häufigkeit und Konzentration waren PFOA und PFOS die Hauptkontaminanten. Höher belastete Messstellen wurden 2007 und 2010 weiter verfolgt und dabei überwiegend Konzentrationsrückgänge festgestellt.

Im Jahr 2013 wurden die PFC im Rahmen einer Untersuchung auf Spurenstoffe landesweit an 57 Messstellen mit Verdacht auf Abwasser-, Uferfiltrateinfluss untersucht. 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 hingegen eine andere Zielsetzung: Nachdem seit 2013 im Landkreis Rastatt und Stadtkreis Baden-Baden vermehrt PFC im Grundwasser in Konzentrationen bis zu einigen $\mu\text{g/l}$ gefunden worden waren 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].

2.11.5 Ergebnisse der Beprobungen 2015

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 handelt.

Die meisten Positivbefunde und die höchsten Werte wurden wie bei den bisherigen Untersuchungen bei PFOA (21,4 %) und PFOS (18,1 %) festgestellt. Aber auch die Carbonsäuren mit vier bis sechs Kohlenstoffatomen PFBA, PFPeA und PFHxA sowie das Sulfonat PFBS werden im zweistelligen Prozentbereich nachgewiesen. PFC mit mehr als acht Kohlenstoffatomen fand man hingegen weniger. Die häufigsten Positivbefunde lagen im Konzentrationsbereich unter 10 ng/l. Bei diesen niedrigen Konzentrationen ist allerdings analytisch mit einer großen Messunsicherheit und der Gefahr von falsch positiven Befunden zu rechnen.

Die gemessenen Verbindungen sind bereits als stabile Abbauprodukte von Vorläufersubstanzen aus technischen Anwendungen anzusehen. Derzeit ist jedoch für diese Vorläufersubstanzen keine entsprechende Analytik etabliert, weil die Referenzsubstanzen noch nicht verfügbar sind. Hier erhofft man sich weitere Erkenntnisse durch den neu ent-

Tabelle 2.11-3: Quotientensumme* der per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC) 2015 – Landesmessnetz LUBW

PFC	gesamt	Quotientensumme							Maxwert
		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	524	512	5	2	1	1	2	1	10,07
% der Messstellen	100	97,7	0,9	0,4	0,2	0,2	0,4	0,2	-

* Gemäß Schreiben des UM vom 17.06.2015 (siehe Fußnote Seite 72), ohne die nicht gemessenen Verbindungen Perfluorpentasulfonat (PFPeS) und Perfluorheptasulfonat (PFHpS)

Tabelle 2.11-4: Messstellen mit erhöhten Werten an per- und polyfluorierten Chemikalien (PFC) 2015 im Landesmessnetz LUBW

Grundwasser-Nummer	Lage der Messstelle / Einfluss	PFBA ng/l	PFPeA ng/l	PFHxA ng/l	PFHpA ng/l	PFOA ng/l	PFBS ng/l	PFHxS ng/l	PFOS ng/l	Summe PFC-Komponenten ng/l	Quotientensumme PFC	Summe Süßstoffe µg/l	Summe Triazole µg/l
5/162-5	PFC-Schadensfälle Rastatt / Baden-Baden	280	610	850	350	2300	<1	3	<1	4393	10,07	<BG	<BG
384/211-0	PFC-Schadensfälle Rastatt / Baden-Baden	210	610	550	310	1300	<1	<1	<1	2980	6,19	<BG	<BG
133/569-2	Brandfall Herbertingen	49	154	164	48	50	175	621	841	2106	5,51	<BG	<BG
80/162-3	PFC-Schadensfälle Rastatt / Baden-Baden	110	610	470	82	160	<1	<1	<1	1432	1,52	<BG	<BG
31/211-1	PFC-Schadensfälle Rastatt / Baden-Baden	34	120	120	39	90	<1	3	<1	406	0,62	<BG	<BG
184/515-0	Altlasten im EZG, undichte Kanalisation	9	12	1	3	12	<1	3	250	292	0,90	3,99	0,32
12/162-7	PFC-Schadensfälle Rastatt / Baden-Baden	25	87	87	39	27	<1	<1	<1	265	0,35	<BG	<BG
76/306-9	ehemal. Militärflughafen, diverse Altlasten, Uferfiltrat Neckar	5	8	14	3	6	14	167	34	251	0,72	0,47	<BG
2074/512-5	Einzugsgebiet Güterbahnhof	12	15	13	7	26	2	3	89	168	0,44	0,1	<BG
47/074-0	Uferfiltrat Rhein, diverse Altlasten	6	31	24	7	4	5	28	21	130	0,25	0,04	0,01
29/074-9	Uferfiltrat Rhein, diverse Altlasten	5	19	13	4	3	2	16	44	112	0,26	0,04	0,02

LUBW

wickelten Summenparameter AOF (adsorbierbares, organisch gebundenes Fluor).

Für die Bewertung der Schädlichkeit von PFC-Gemischen ist die Quotientensumme heranzuziehen (Kap. 2.11.2). In 99,2 % der Fälle wurde demnach die Quotientensumme von 1 nicht überschritten, bei vier von 524 Messstellen liegt eine Überschreitung vor (Tabelle 2.11-3). Drei dieser Messstellen befinden sich im Bereich der PFC-Schadensfälle Rastatt / Baden-Baden und eine im Bereich der Grundwasserfahne des Brandfalls Herbertingen aus dem Jahr 2007 (Tabelle 2.11-4).

In Tabelle 2.11-4 sind diejenigen Messstellen zusammengestellt, bei denen die „Summe der PFC-Komponenten“ eine Konzentration von 100 ng/l überschritten hatten. Fünf Messstellen liegen hierbei in der Gebietskulisse des PFC-Schadensfalls Rastatt / Baden-Baden. Die Summe PFC lag dort überwiegend im Bereich von µg/l, es wurden fast nur die Carboxylate gefunden. In zwei Fällen ist die erhöhte Belastung in der Verwendung von PFC-haltigen Löschschäumen bei Brandereignissen oder Löschübungen zu se-

hen. Dort findet man überwiegend die geradzahigen Sulfonate. In weiteren Fällen mit deutlich niedrigeren PFC-Konzentrationen ist die Belastung auf direkten Abwassereinfluss durch undichte Kanalisation oder durch den Einfluss von Uferfiltrat zurückzuführen. Dort findet man auch die abwassertypischen Süßstoffe und Benzotriazole.

2.11.6 Bewertung

Die Untersuchungen 2015 zeigen, dass an bis zu rund 40 % der Messstellen ein oder mehrere PFC gefunden werden, in rund drei Viertel der Fälle im niedrigen Konzentrationsbereich unter 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. Betrachtet man von den 524 Messstellen nur die Rohwasserbrunnen und -quellen für die öffentliche Wasserversorgung, so werden die gesundheitlichen Orientierungswerte GOW bzw. die Leitwerte LW für Trinkwasser in 99,5 % der Fälle unterschritten.

2.12 Sonderuntersuchung Gadolinium

2.12.1 Stoffeigenschaften, Verwendung, Eintragspfade

Gadolinium mit dem Elementsymbol Gd wird im Periodensystem der Gruppe der Lanthanoiden zugeordnet. Reines Gadolinium ist ein silberweißes oder schwach gelbliches, schmiedbares Metall. Es oxidiert an feuchter Luft, reagiert langsam mit Wasser und löst sich bereits in verdünnten Mineralsäuren auf. Die Salze des dreiwertigen Gadoliniums sind farblos. Wegen ihrer ferromagnetischen Eigenschaften werden Gadolinium-Verbindungen u. a. in der medizinischen Diagnostik verwendet. Sie dienen als intravenös verabreichte Kontrastmittel in der Magnetresonanztomografie (MRT). Als Dosierung sind etwa 16 mg Gd pro kg Körpergewicht üblich. Wegen der hohen Giftigkeit von freien Gadolinium-Ionen werden diese z. B. in Form ihrer stabilen DTPA-Komplexe eingesetzt. Durch die Verwendung von Gd/DTPA können erheblich verbesserte Kontrastunterschiede zwischen verschiedenen Geweben herausgearbeitet werden, z. B. zwischen Tumoren und entzündlichen Veränderungen. Schätzungen zufolge gelangen in Deutschland so jährlich 1.100 bis 1.600 kg Gadolinium in die Umwelt.

Freie Gadolinium-Ionen verhalten sich ähnlich wie Calcium-Ionen und werden hauptsächlich im Knochen eingebaut. Die Toxizität von freiem Gadolinium wird als hoch eingestuft. In komplexierter Form in den Kontrastmitteln ist es dagegen im Allgemeinen gut verträglich. In der Kläranlage findet keine Elimination der Gadolinium-Komplexe statt. Damit eignet sich Gd als Tracer für eine Beeinflussung des Grundwassers durch Abwasser.

2.12.2 Qualitätsnormen in Rechtsvorschriften und Regelwerken

Für Gadolinium gibt es in der Grundwasserverordnung keinen Schwellenwert und in der Trinkwasserverordnung keinen Grenzwert. Es gilt jedoch die allgemeine Anforderung des §4 TrinkwV: „Trinkwasser muss so beschaffen sein, dass durch seinen Genuss oder Gebrauch eine Schädigung

der menschlichen Gesundheit...nicht zu besorgen ist“. Zur Bewertung wird vielfach der allgemeine GOW (Gesundheitlicher Orientierungswert) von 0,1 µg/l herangezogen.

2.12.3 Probennahme und Analytik

Die Proben für Gd werden in gleicher Weise wie die für die anderen Schwermetalle gewonnen. Die analytische Bestimmung erfolgt mit der ICP/MS mit einer in bei Routine-messungen üblichen Bestimmungsgrenze von 100 bis 10 ng/l. Der interessierende Konzentrationsbereich für den Nachweis als MRT-Kontrastmittel liegt jedoch deutlich darunter, daher sollte sich die Bestimmungsgrenze für die Untersuchung von Grundwasserproben in der Größenordnung von 1 ng/l bewegen. Dies kann beispielsweise durch Anreicherung mit dem aus der Meerwasseranalytik bekannten sea-fast-Verfahren erreicht werden. Da Gadolinium auch natürlich vorkommen kann, muss der anthropogen bedingte Anteil - also z. B. aus der MRT-Anwendung - aus dem Vergleich mit den Konzentrationen anderer seltener Erden und deren natürlich vorkommender Konzentrationsmuster ermittelt werden.

2.12.4 Bisherige Untersuchungen

Gadolinium wurde erstmals im Grundwasserüberwachungsprogramm im Jahr 2003 an 22 abwasserbeeinflussten Messstellen untersucht. Dies waren die damaligen Verdachtsmessstellen für Arznei- und Röntgenkontrastmittel. Die Bestimmungsgrenze war mit 100 ng/l relativ hoch. Es wurden keine positiven Befunde festgestellt.

2.12.5 Ergebnisse der Gadolinium-Untersuchungen 2015

Aufgrund zahlreicher Mitteilungen in der Fachpresse und den Medien wurde im Herbst 2015 insgesamt 36 Messstellen, an denen in den letzten fünf Jahren organische Röntgenkontrastmittel (RKM) nachgewiesen wurden, auf Gd untersucht. Der anthropogene Anteil des Gd wurde hierbei rechnerisch ermittelt. Zusätzlich wurden zahlreiche organische jodhaltige Röntgenkontrastmittel gemessen.

Tabelle 2.12-1: Ergebnisse Gd-anthropogen 2015, risikobasiert ausgewählte Messstellen aus dem Landesmessnetz LUBW, Datenabfrage 03/2016

Substanz	BG ng/l	GOW ng/l	Anzahl der Messstellen							% Positiv- Befunde	Maxi- malwert ng/l
			gesamt	< BG	≥ BG bis 5 ng/l	>5 bis 10 ng/l	>10 bis 50 ng/l	>50 bis 100 ng/l	>100 ng/l		
Gd _{anthropogen}	1	100	36	8	14	7	4	1	2	66,7	181

LUBW

Tabelle 2.12-2: Messstellen mit Befunden „Gd anthropogen“ über 5 ng/l und parallele Messungen von jodhaltigen Röntgenkontrastmitteln, Summe Süßstoffe und Summe Benzotriazole, Landesmessnetz LUBW, Datenabfrage 03/2016

Messstelle	Lage der Messstelle	Gd _{gesamt}	Gd _{anthropogen}	Iopamidol	Iomeprol	Amidiotrizesäure	Summe RKM	Summe Süßstoffe	Summe Benzotriazole
		ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	ng/l	µg/l	µg/l
0962/258-3	Rohwasserbrunnen, Uferfiltrateinfluss Pfinz-Heglach	7	6	-*	-	15	15	0,05	-
0007/308-4	Abwasserhebewerk	8	6	-	-	73	73	0,9	0,08
0108/258-7	Siedlungsgebiet	9	7	-	-	23	23	0,01	-
0015/459-3	Uferfiltrat Neckar	7	7	38	-	93	131	0,34	0,12
0053/557-9	Gelände Kläranlage	8	7	55	11	11	77	0,09	0,05
0367/223-3	Uferfiltrateinfluss Rhein	10	9	50	-	-	50	0,53	0,11
0029/074-9	Rohwasserbrunnen, Uferfiltrateinfluss Rhein	11	10	120	-	21	141	0,04	0,02
0169/510-1	Rohwasserbrunnen, Uferfiltrat Neckar	14	12	120**	-	190**	310**	0,09	0,16
0120/209-4	Uferfiltrat Rhein	17	14	100	-	17	117	0,26	0,18
1150/512-0	Uferfiltrat Neckar	39	38	80	-	320	400	3,46	1,25
1141/306-7	Siedlungsgebiet	46	45	-	-	-	-	2,5	0,22
0082/861-3	Gelände Kläranlage	81	80	60	-	-	60	4,25	1,93
0184/515-0	Siedlungsgebiet	110	109	-	-	-	-	3,99	0,32
0030/306-0	Abwassersammler und Uferfiltrat Leimbach	181	181	69	-	220	289	3,4	0,44

* Strich bedeutet < BG, bei den jodhaltigen Kontrastmitteln sind dies 10 ng/l,

** Daten 2014

LUBW

An acht von den 36 untersuchten Messstellen lagen die Gehalte unter der Bestimmungsgrenze von 1 ng/l, d. h. an rund 67 % dieser risikobasiert ausgewählten Messstellen konnte Gadolinium nachgewiesen werden. Mehr als die Hälfte der Positivbefunde lagen im unteren Konzentrationsbereich bis 10 ng/l (Tabelle 2.12-1). An rund 20 % der Messstellen lagen die Werte über 10 ng/l. Der Maximalwert betrug 181 ng/l im Einflussbereich des Leimbachs und eines Abwassersammlers. An dieser Messstelle wurden in der Vergangenheit vielfach auch andere abwasserbürtige Substanzen wie beispielsweise Acesulfam (Süßstoff) und Amidotrizoesäure (Röntgenkontrastmittel) gefunden. Der gesundheitliche Orientierungswert von 100 ng/l wurde dort und noch an einer weiteren Messstelle im Stadtgebiet von Reutlingen überschritten.

2.12.6 Bewertung

Von den 36 risikobasiert ausgewählten Messstellen, die auf Gadolinium untersucht wurden, konnte an 24 Messstellen Gadolinium nachgewiesen werden. Die Ergebnisse zeigen, dass an diesen Messstellen fast die gesamte Menge an Gado-

linium auf anthropogene Quellen zurückzuführen ist, der geogene Anteil spielt praktisch keine Rolle. Dabei ist nach den bisherigen Erkenntnissen eindeutig, dass der anthropogene Anteil des Gadoliniums in allen Fällen auf dem Abwasserpfad ins Grundwasser gelangt war, entweder durch Leckagen in der Kanalisation oder auf dem Gelände von Kläranlagen oder über das Uferfiltrat, da es in der konventionellen Kläranlage nicht zurückgehalten wird. Dafür sprechen auch die teilweise hohen Befunde anderer Indikatoren für kommunales Abwasser wie jodhaltige Röntgenkontrastmittel, Süßstoffe und Benzotriazole (Tabelle 2.12-2). Aufgrund der unterschiedlichen Einsatzgebiete bzw. der unterschiedlichen Herkunft lassen sich erwartungsgemäß keine Korrelationen zwischen den Konzentrationen dieser Stoffen ableiten. An zwei Messstellen wurde der für Trinkwasser abgeleitete GOW für Gadolinium von 100 ng/l überschritten. Bei drei der 36 Messstellen handelte es sich um Rohwassermessstellen für die öffentliche Wasserversorgung. Die dort gefundenen Gadoliniumgehalte liegen zwischen 6 und 12 ng/l, d.h. der GOW ist bei weitem nicht erreicht und eine gesundheitliche Gefahr bei den dort gefundenen Konzentrationen nicht zu erwarten.

2.13 Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie im Bereich Grundwasser

2.13.1 Einführung und Hintergrund

Im Rahmen der am 22.12.2000 in Kraft getretenen europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) wurde im Jahr 2004 zunächst für die Gesamtfläche von Baden-Württemberg eine Abgrenzung und grundlegende Beschreibung der Grundwasserkörper (GWK) vorgenommen. Dabei wurden hydrogeologische Aspekte, Bilanzbetrachtungen, Standorteigenschaften sowie Daten zur Landnutzung (Emissionsbetrachtungen) und Messwerte im Grundwasser (Immissionsbetrachtung) berücksichtigt. Auf Grundlage dieser ersten Bestandsaufnahme konnte die Aussage getroffen werden, dass hinsichtlich der Menge die Wasserbilanz ausgeglichen war und eine mengenmäßige Gefährdung in keinem GWK vorlag. Hinsichtlich der chemischen Qualität wurden 24 GWK als „gefährdet“ eingestuft (gGWK), davon 23 im Hinblick auf die Belastung mit Nitrat und in einem Fall im Hinblick auf die Belastung durch Chlorid.

Diese gGWK wurden mit Hilfe von erweiterten Messprogrammen und Pilotstudien im Zeitraum von 2005 - 2006 detailliert untersucht, danach konnte für den gGWK 8.9 Obere Würm die Einstufung hinsichtlich Nitrat auf „nicht gefährdet“ zurückgesetzt werden.

Zu Beginn des 2. Bewirtschaftungszeitraums 2015 war eine Zustandsbewertung der GWK für die Jahre 2014 - 2015 sowie eine Risikoabschätzung bis 2021 vorgesehen. Die Zustandsbewertung blickt hierbei auf die bisherige Entwicklung zurück, während die Risikoabschätzung in die Zukunft blickt (Abbildung 2.13-1).

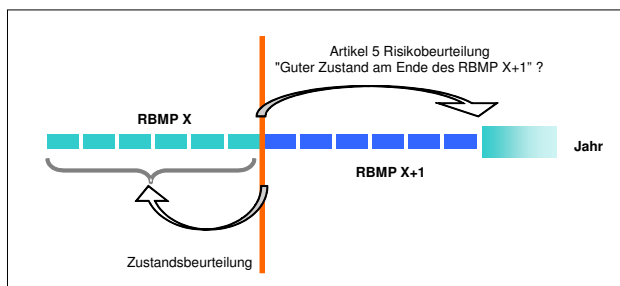


Abbildung 2.13-1: Definition von Zustandsbewertung und Risikoabschätzung [EU-Leitfaden Nr. 18]. RBMP = River Basin Management Plan, Bewirtschaftungsplan für Flusseinzugsgebiete. Für den aktuellen Bericht gilt $X = 1$, also Zustandsbewertung am Ende des 1. Bewirtschaftungszeitraums und Risikoabschätzung für den Zustand am Ende des 2. Bewirtschaftungszeitraums.

Für die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie im Bereich Grundwasser waren folgende Aufgabenpakete zu bearbeiten:

- Überprüfung der Einstufung und Prognose hinsichtlich der Menge:
 - Trendanalyse der GW-Stände und Quellschüttungen
 - Wasserbilanzbetrachtungen in den einzelnen GWK
 - Risikoanalyse hinsichtlich der Entwicklung bis 2021
- Überprüfung der Einstufung und Prognose hinsichtlich der chemischen Qualität:
 - Beprobung von zusätzlichen Messstellen zur Messnetzverdichtung 2012 (analog 2005/2006)
 - Feststellung von Schwellenwertüberschreitungen
 - Analyse der räumlichen Ausdehnung der Belastung
 - Zeitreihenanalysen, um steigende Trends sowie Trendumkehr festzustellen
 - Risikoanalyse hinsichtlich der Entwicklung bis 2021
- Beurteilung der Gefährdung grundwasserabhängiger Landökosysteme
- Zustand der Schutzgebiete für die Trinkwasserversorgung nach Artikel 7 der WRRL

Die Ergebnisse dieser Auswertungen und Bewertungen sind in die Bewirtschaftungspläne und Maßnahmenprogramme für den zweiten Bewirtschaftungszyklus eingeflossen.

2.13.2 Mengenmäßiger Zustand und Risikobewertung

Für die Einstufung und Risikoabschätzung des mengenmäßigen Zustands wurden sowohl langjährige Trends an repräsentativen Messstellen als auch Wasserbilanzen herangezogen [LUBW 2014 F]. Die Trendanalyse der 85 auswertbaren Messstellen ergab eindeutig eine gleichbleibende Entwicklungstendenz. Nach der überschlägigen Wasserbilanz lag bei allen Grundwasserkörpern außerhalb des Oberrheingraben die Entnahme unter 30 % der Grundwasserneubildung. Eine detaillierte Wasserbilanz für den Oberrheingraben kam zu dem Ergebnis, dass bei Einbeziehung der Infiltration aus Oberflächengewässern auch hier nur 11 % der jährlichen Grundwasserneubildungsmenge entnommen werden.

Im Ergebnis lässt sich feststellen, dass in Baden-Württemberg alle Grundwasserkörper hinsichtlich der Grundwas-

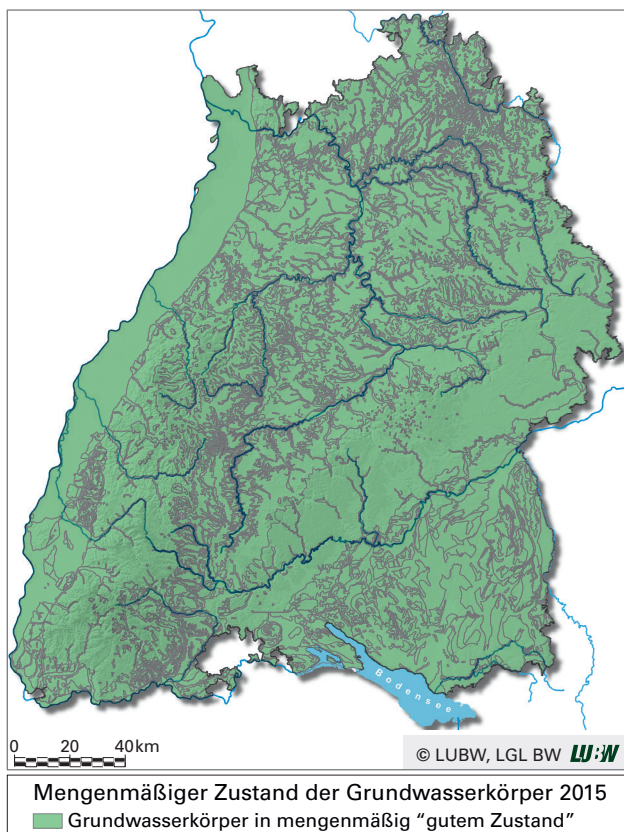


Abbildung 2.13-2: Aktuelle Bewertung und Prognose des mengenmäßigen Zustands der GWK

sermenge in gutem Zustand sind. Dies ist auch für das Jahr 2021 sehr wahrscheinlich der Fall (Abbildung 2.13-2).

2.13.3 Chemischer Zustand und Risikobewertung

Basierend auf Daten von rund 1.900 Messstellen aus dem Jahr 2012 wurde geprüft, ob die 2009 als „gefährdet“ eingestuft GWK zu Beginn des 2. Bewirtschaftungszeitraums im Jahr 2015 einen „guten Zustand“ erreichen werden und ob ein Risiko für 2021 besteht. Außerdem wurden auch bisher „nicht gefährdete“ GWK auf mögliche neue Belastungen untersucht. In keinem bisher als „nicht gefährdet“ eingestuften GWK wurden anthropogene Entwicklungen identifiziert, die eine Zielerreichung für das Jahr 2015 oder 2021 in Frage stellen würden. Als einzige Änderung der Gebietskulisse wurde der gGWK 6.2 um das Karst-Einzugsgebiet der Brunnen im Donauried erweitert (Abbildung 2.13-3).

Die flächenhafte Belastung wurde für jeden gGWK anhand der Acker- und Weinbauflächen in den Einzugsgebieten (EZG) bzw. Wasserschutzgebieten (WSG) der Messstellen berechnet und nach § 7 der GrwV in den „guten“ oder „schlechten“ Zustand eingestuft [LUBW 2014F].

Nach dieser Bewertung erreichen elf der 22 hinsichtlich Nitrat gefährdeten GWK im Jahr 2015 den „guten Zustand“. Somit sind insgesamt 91 % der Landesfläche im Jahr 2015 im „guten chemischen Zustand“ und 9 % in „schlechtem chemischen Zustand“ nach WRRL.

Hinsichtlich der Risikobeurteilung für 2021 wurde berücksichtigt, dass die Messwerte einem gewissen Schwankungsbereich unterliegen. Dieser kann natürliche Ursachen haben wie z.B. Trockenjahre, saisonale Niederschlagsverteilung oder auch anthropogen bedingt sein, wie sich ändernde Bewirtschaftungsweisen und Landnutzungsänderungen. Diese Einflüsse zeigen sich im Grundwasser meist erst nach mehreren Jahren. Liegen daher die aktuellen Messwerte nur knapp unter oder über dem Schwellenwert, ist künftig eine Änderung der derzeitigen Einstufung möglich und die Prognose somit unklar. Neben der Einstufung „unklar“ gibt es nach Vorgaben der LAWA noch die Einstufungen „wahrscheinlich“ und „unwahrscheinlich“.

Von den elf gGWK, die 2015 den „guten chemischen Zustand“ erreichten, zeigten zwei eine so geringe Belastung, dass sie mit hoher Wahrscheinlichkeit die Umweltziele auch 2021 erreichen werden. Für einen gGWK war die Da-

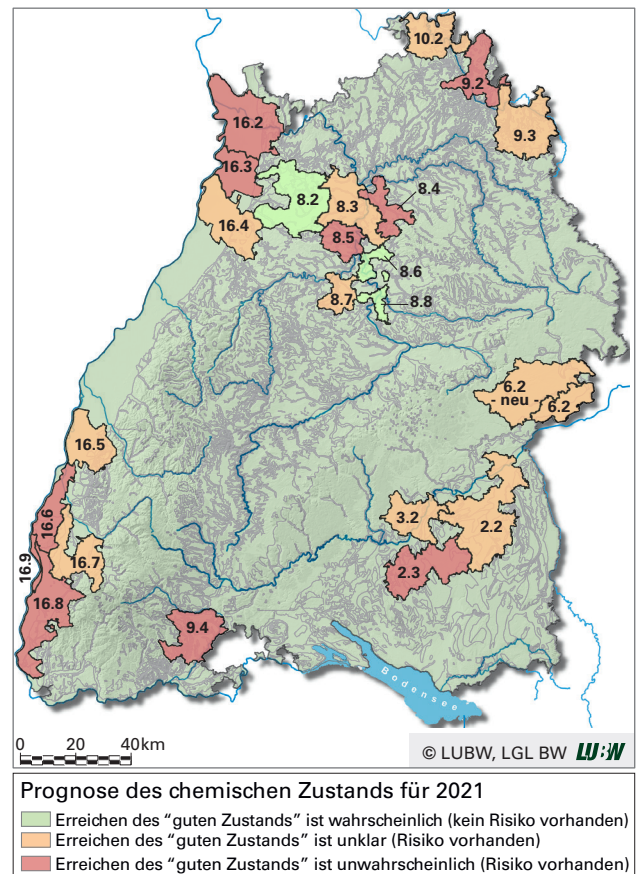
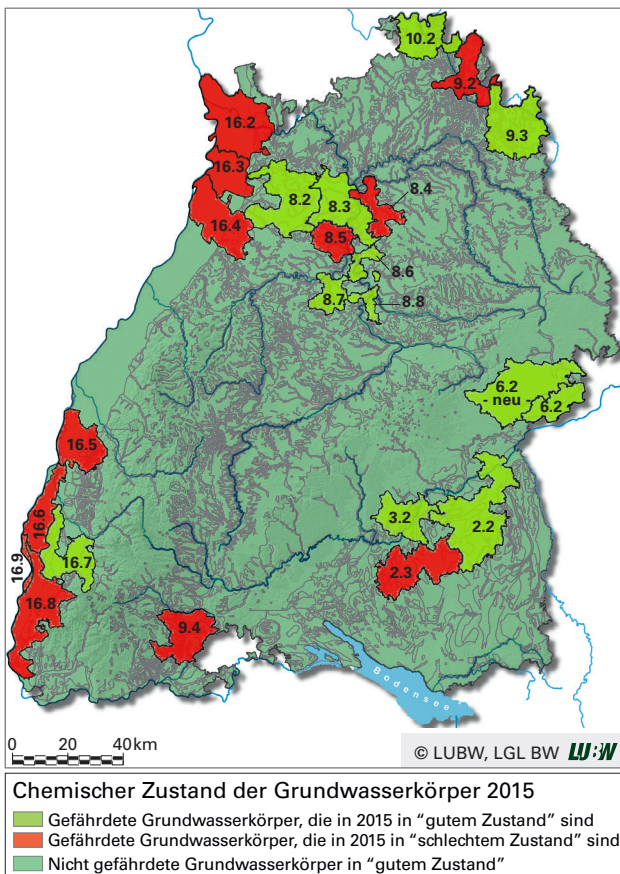


Abbildung 2.13-3: Aktuelle Bewertung und Prognose des chemischen Zustands der (g)GWK. Für die abschließende Risikobewertung wurden alle GWK, deren Zielerreichung für 2021 „unklar“ oder „unwahrscheinlich“ ist, mit der Einstufung „Risiko vorhanden“ (engl. „at risk“) versehen.

tenbasis für eine verlässliche Einstufung und Prognose zu gering. Bei acht gGWK lagen einige Messwerte nur knapp unter dem Schwellenwert, so dass die Zielerreichung 2021 unklar und weiterhin eine intensive Beobachtung notwendig ist.

Von den elf gGWK, die sich 2015 in „schlechtem chemischen Zustand“ befanden, lagen in drei Fällen einige Messwerte nur knapp über dem Schwellenwert, so dass hier ebenfalls die Zielerreichung 2021 unklar ist. Für acht ist es auch bei Fortführung der aktuellen Maßnahmen unwahrscheinlich, 2021 die Umweltziele zu erreichen.

Auf 83 % der Landesfläche werden die Umweltziele 2021 wahrscheinlich erreicht. Bei knapp 7 % der Landesfläche ist es unwahrscheinlich, die Umweltziele im Jahr 2021 zu erreichen und bei etwa 10 % ist die Zielerreichung unklar.

Für die Meldung an die EU gibt es nur die Stufen „Risiko vorhanden“ („at risk“) oder „Risiko nicht vorhanden“ („not at risk“). Daher wurden Grundwasserkörper mit der Prog-

nose Zielerreichung 2021 „unklar“ oder „unwahrscheinlich“ für die Meldung an die EU zusammengefasst zur Bewertung „Risiko vorhanden“. Nach EU-Bewertung werden die Umweltziele 2021 auf 83 % der Landesfläche wahrscheinlich erreicht und für 17 % der Landesfläche ist das Risiko vorhanden, dass die Umweltziele nicht erreicht werden.

Für die Bewertung der flächenhaften Belastung durch Chlorid bei Fessenheim-Breisach (gGWK 16.9) wurde die im Rahmen des Interreg III A Projekts durchgeführte dreidimensionale Modellierung zugrunde gelegt. Aufgrund der hohen Chloridkonzentrationen besonders in den tiefen Grundwasserschichten wird der gGWK im Jahr 2015 den „guten Zustand“ nicht erreichen und auch für das Jahr 2021 ist die Zielerreichung unwahrscheinlich.

2.13.4 Grundwasserabhängige Landökosysteme

Nach Artikel 4 WRRL befindet sich ein gGWK nur dann in gutem Zustand, wenn neben dem guten mengenmäßigen und guten chemischen Zustand auch keine Gefährdung grundwasserabhängiger Landökosysteme (gwa LÖS)

besteht. Nach den Empfehlungen der LAWA wird unter einem gwa LÖS ein grundwasserabhängiger Biotoptyp bzw. Lebensraumtyp verstanden, dessen Biozönose durch den Standortfaktor Grundwasser bestimmt wird. In allen Grundwasserkörpern sind gwa LÖS vorhanden.

Bisher waren das Donauried und die Vogelfreistätte Lindenweiher als gefährdet eingestuft. Aufgrund stabiler Grundwasserstände kann das Donauried aus der Gefährdung entlassen werden. In Falle des Lindenweihers laufen derzeit noch Untersuchungen, so dass die Frage noch nicht abschließend beantwortet werden kann.

2.13.5 Schutzgebiete nach Artikel 7 WRRL

Nach Artikel 4 WRRL befindet sich ein gGWK nur dann in gutem Zustand, wenn auch die Anforderungen an die Schutzgebiete eingehalten werden.

In Baden-Württemberg wird an die Verbraucher nur Trinkwasser abgegeben, das den Anforderungen der Trinkwasserrichtlinie bzw. Trinkwasserverordnung entspricht oder für das genehmigte Ausnahmetatbestände vorliegen. Aus diesem Grund werden die Anforderungen an die Wasserschutzgebiete überall eingehalten und der aktuelle Zustand ist „gut“. Auch für 2021 ist das Erreichen dieses Ziels sehr wahrscheinlich. Nicht zu betrachten waren die Hydrogeologischen Einheiten „Kristallin des Odenwaldes“ und „Kaiserstuhl“, da dort weniger als 1.000 m³ Grund- und Quellwasser pro Tag gefördert werden. Trinkwasser aus Oberflächenwasserkörpern wird nur aus dem Bodensee und der Talsperre Kleine Kinzig gewonnen.

3 Statistische Übersichten

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

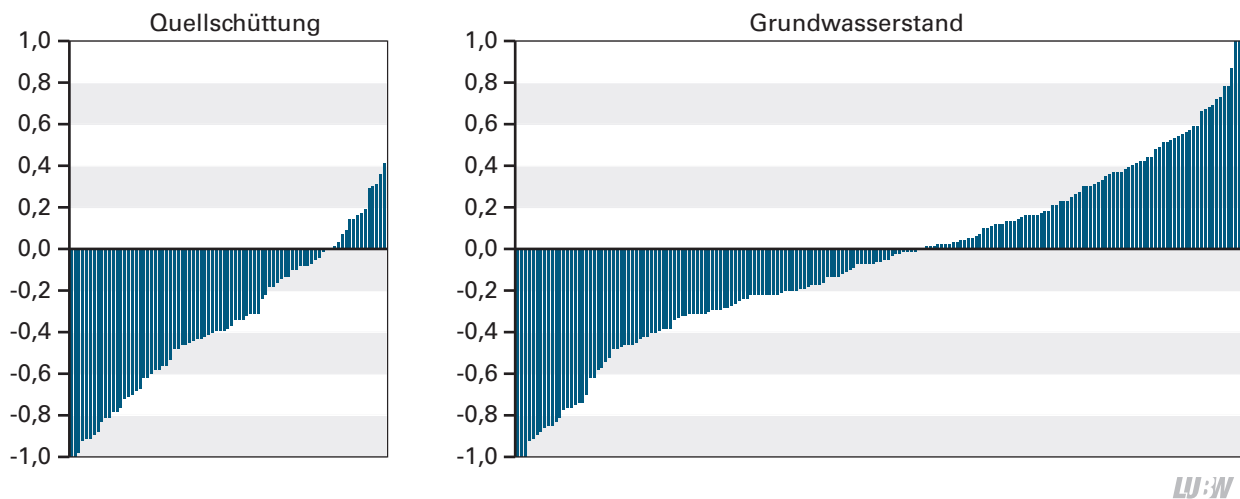
Messnetzziel
Landesweiter Überblick über Zustand und Entwicklungstendenzen der Grundwasservorräte an repräsentativen Grundwasserstands-, Quellschüttungs- und Lysimetermessstellen.

Datengrundlage
Auswahl von 356 repräsentativen und funktionsfähigen Messstellen mit beschleunigter Datenübermittlung:
219 Grundwasserstandsmessstellen (wöchentliche Beobachtung), 105 Quellen (wöchentliche bis monatliche Messung) und 32 Lysimeter (täglich bis wöchentlicher Turnus).

Normierte Jahresmittelwerte 2015 im langjährigen Vergleich (Zeitraum 1966-2015)

- Die Darstellungen geben einen optischen Eindruck der insgesamt unterdurchschnittlichen Quellschüttungen sowie des demgegenüber ausgeglichenen bzw. mittleren Niveaus der Grundwasserstände des Jahres 2015 im 50-jährigen Vergleich (Zeitspanne 1966-2015). Dazu werden pro Messstelle die 50 Jahresmittelwerte 1966 bis 2015 aufsteigend sortiert. Dem größten Wert wird die Zahl +1, dem kleinsten Wert die Zahl -1 zugeordnet. Der auf dieser Skala „normierte“ Mittelwert von 2015 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 2015 an zwei Quellen die niedrigste Schüttung und an keiner einzigen Quelle die Höchstschüttung der letzten 50 Jahre zu beobachten war.

Normierte Jahresmittelwerte 2015 im langjährigen Vergleich (seit 1966)



LU:W

Erläuterung: Dargestellt wird pro Messstelle der - gegen den seit 1966 jeweils kleinsten (-1) bzw. größten (+1) Jahresmittelwert - normierte Jahresdurchschnitt im Jahr 2015

Ergebnisse 2015		Baden-Württemberg Trendmessnetz - Grundwasserstand (Auswahl)								
Messstelle	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum 2015		Jahresmaximum 2015		Mittelwert 2015	Trend [cm/Jahr]		
			[m+NN]	Datum	[m+NN]	Datum		[m+NN]	10 Jahre	20 Jahre
110/018-1	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	171,9	28.12.	172,43	26.05.	172,14	2,4	1,1	-0,4
104/019-6	Markgräfler Rheinebene	Quart. Talfüllungen	190,03	10.08.	190,79	19.01.	190,38	0,4	-0,2	0,2
115/019-6	Markgräfler Rheinebene	Quart. Talfüllungen	183	16.03.	183,26	11.05.	183,11	0,7	0,7	-0,4
115/066-9	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	152,53	31.08.	154,75	19.01.	153,47	1,8	0,1	0,7
133/068-0	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	170,88	16.11.	171,8	02.02.	171,32	1,2	0,9	0,3
102/070-7	Freiburger Bucht	Quart. Talfüllungen	216,93	16.11.	218,57	04.05.	217,65	-2,2	-0,9	-0,1
104/071-8	Markgräfler Hügelland	Quart. Talfüllungen	252,96	28.12.	256,61	19.01.	254,78	0,8	-1,8	-
102/073-1	Hochschwarzwald	nicht bearbeitet	336,47	16.11.	337,91	04.05.	337,1	-2,5	-0,3	0,7
110/073-8	Dinkelberg	nicht bearbeitet	291,78	16.11.	292,79	11.05.	292,09	-0,3	-0,3	-0,5
103/115-2	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	144,56	16.11.	146	05.01.	145,04	0,7	0,8	-1,2
100/119-1	Freiburger Bucht	Quart. Talfüllungen	206,01	09.11.	207,23	19.01.	206,51	-0,3	-0,6	-0,5
124/123-1	Dinkelberg	Quart. Talfüllungen	329,23	09.11.	330,2	04.05.	329,51	-0,8	0	-0,1
143/161-2	Nördliche Oberrhein-Niederung	Quart. Talfüllungen	114,88	05.10.	115,31	02.02.	115,07	-0,4	0,7	0,5
120/162-0	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	120,87	07.09.	121,73	02.02.	121,23	0,4	0,3	0,2
157/162-8	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	121,72	16.11.	123,07	02.02.	122,2	0,6	-0,3	0
120/163-1	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	130,55	28.12.	131,81	23.02.	131,34	8,3	-0,4	-0,2
113/210-4	Nördliche Oberrhein-Niederung	Quart. Talfüllungen	105,8	16.11.	108,06	11.05.	106,58	0,6	0,2	-0,1
115/211-5	Nördliche Oberrhein-Niederung	Quart. Talfüllungen	109,85	16.11.	110,93	11.05.	110,23	-0,2	0,3	0,1
124/211-6	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	115,69	07.09.	116,14	30.03.	115,85	-0,3	0,2	0,3
160/223-0	Hochrheintal	Quart. Talfüllungen	316,95	28.12.	318,18	11.05.	317,47	-0,1	-0,4	-
227/259-1	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	108,79	07.12.	109,29	09.03.	109,08	3,6	0,1	1,4
150/260-6	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	112,58	21.12.	113,48	02.03.	112,98	2,7	-0,1	-
119/304-2	Hessische Rheinebene	Quart. Talfüllungen	94,51	14.12.	96,16	12.01.	95,13	5,5	3,3	-
102/305-7	Neckar-Rheinebene	Quart. Talfüllungen	86,68	02.11.	89,91	11.05.	87,9	-0,1	-1,1	0
104/307-0	Hardtebenen	Quart. Hangschutt	100,22	21.12.	100,73	30.03.	100,49	4,1	-0,6	-1,1
108/308-7	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	106,27	16.11.	106,89	02.02.	106,55	3,4	-0,4	-0,7
101/320-1	Baar	Quart. Talfüllungen	674,61	05.10.	675,32	04.05.	674,89	0,8	-0,1	-0,7
100/321-9	Hegau-Alb	Muschelkalk	683,47	16.11.	684,78	16.03.	684,14	1,9	1,1	-0,2
100/355-1	Bergstraße	Quart. Talfüllungen	96,56	28.12.	97,09	02.02.	96,76	1,1	-3,5	2,2
105/370-3	Hegau-Alb	Quart. Talfüllungen	652,22	16.11.	654,04	23.11.	652,67	-2,5	1,4	3,6
132/422-5	Hegau	Quart. Talfüllungen	418,59	28.12.	419,38	18.05.	419,01	2,2	0,9	-
105/470-3	Donau-Ablach-Platten	nicht bearbeitet	614,47	05.10.	615,33	04.05.	614,75	-2,4	-0,7	-
167/508-9	Neckarbecken	Quart. Talfüllungen	153,6	27.07.	154,32	30.03.	154,05	-1,5	-1,3	-
100/516-6	Mittlere Kuppenalb	Malm Weißjura	689,49	28.12.	694,18	20.04.	691,85	3	-2,8	-
100/517-0	Hohe Schwabenalb	Malm Weißjura	680,51	28.12.	688,07	04.05.	684,06	2,7	-5,5	-
20/520-3	Oberschwäbisches Hügelland	nicht bearbeitet	619,12	05.01.	619,46	06.04.	619,32	0,7	-1,7	-
3/568-8	Donau-Ablach-Platten	nicht bearbeitet	524,59	16.11.	525,68	04.05.	524,84	-0,2	0	-
110/623-5	Oberschwäbisches Hügelland	nicht bearbeitet	411,98	28.12.	412,96	08.06.	412,49	5,2	0,6	-
130/623-6	Bodenseebecken	Quart. Talfüllungen	398,88	16.11.	399,78	04.05.	399,24	1,3	-0,9	-
107/666-2	Mittlere Flächenalb	nicht bearbeitet	517,96	28.12.	523,62	18.05.	521,2	-9,1	1,3	-
148/717-0	Flachland der unteren Riss	nicht bearbeitet	492,46	26.10.	493,45	11.05.	492,83	1,4	0,8	-
125/721-3	Riss-Aitrach-Platten	Quart. Talfüllungen	651,5	16.11.	652,57	25.05.	651,96	0,5	0,1	-
102/762-4	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	499,94	23.11.	504,09	26.01.	501,95	-9,9	-3,3	-0,9
154/767-1	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	507,01	16.11.	508,47	11.05.	507,48	0,2	0,4	-
109/768-9	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	530,31	16.11.	530,95	11.05.	530,52	0,8	-0,2	-0,2
132/768-3	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	516,98	23.02.	517,42	04.05.	517,12	4,6	2	0,1
111/769-0	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	552,2	09.11.	552,9	25.05.	552,48	0,9	-0,5	-0,2
104/770-4	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	572,98	28.12.	573,8	10.08.	573,37	2,2	1,8	0,3
177/770-1	Riss-Aitrach-Platten	Quart. Talfüllungen	593,37	16.11.	594,69	25.05.	593,91	-0,9	-1,4	-
110/773-2	Westallgäuer Hügelland	Quart. Talfüllungen	712,47	16.11.	714,81	12.01.	713,67	-1,2	-0,9	-
102/814-8	Donauried	Quart. Talfüllungen	443,66	08.12.	446,63	11.05.	445,02	-0,9	-0,5	-1,1
100/863-0	Ries-Alb	Malm / tief	450,08	08.07.	450,69	12.05.	450,49	4,6	3,7	0,2

Ergebnisse 2015		Baden-Württemberg Trendmessnetz - Quellschüttung (Auswahl)								
Messstelle	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum 2015		Jahresmaximum 2015		Mittelwert 2015	Trend [l/s/Jahr]		
			[l/s]	Datum	[l/s]	Datum		[l/s]	10 Jahre	20 Jahre
600/071-1	Markgräfler Hügelland	Quartär Hangschutt	0,183	26.12.	1	07.02.	0,565	0	0	0
600/171-5	Hochschwarzwald	Kristallin	0,01	15.10.	1	04.05.	0,259	0	0	0
601/212-5	Nördlicher Talschwarzwald	Buntsandstein	0,409	02.11.	6,765	12.01.	2,315	-0,1	-0,1	0
600/263-6	Nördlicher Talschwarzwald	Buntsandstein	2,69	28.09.	21,3	19.01.	8,547	-0,4	-0,4	-0,2
600/268-0	Südöstlicher Schwarzwald	Buntsandstein	2,5	28.12.	13,474	08.04.	7,116	0	0	0
602/320-8	Baar-Alb und Oberes Donautal	Malm Weißjura	0,65	16.11.	6,66	09.03.	2,604	0	0	0
600/407-7	Kraichgau	Höherer Keuper	1,727	28.12.	6,2	16.02.	3,63	-0,1	-0,1	0
600/468-4	Baar-Alb und Oberes Donautal	Malm Weißjura	22	02.11.	274	06.04.	94	-1,3	-2,6	-
602/521-3	Oberschwäbisches Hügelland	Quartär Moränen	0,81	15.11.	6,98	15.06.	2,816	0	0	0
600/554-9	Bauland	Muschelkalk	18,7	09.11.	98,1	19.01.	51,051	-2,3	0	0
600/607-8	Hohenloher-Haller-Ebenen	Lettenkeuper	2,043	05.10.	3,491	05.01.	2,661	0	0	0
604/657-0	Kocher-Jagst-Ebenen	Lettenkeuper	0,011	26.10.	1,111	12.01.	0,337	0	0	0
600/665-7	Mittlere Flächenalb	Malm Weißjura	445	09.11.	9546	12.01.	2065,059	-84	-31	-2
601/759-1	Schwäb.-Fränk. Waldberge	Höherer Keuper	1,408	21.12.	3,382	07.04.	2,322	-0,2	-0,1	0

3.2 Gesamtmessnetz - Beschaffenheit

Messnetzziel

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

Datengrundlage

Für das Jahr 2015 wurden folgende Daten ausgewertet (Messprogramme siehe Anhang A2):

- Vor-Ort-Parameter und Messprogramm N an 1.744 Landesmessstellen
- Nachmessungen ausgewählter PSM und nicht relevanter Metaboliten an rund 300 Messstellen
- Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe, BTEX-Aromaten sowie die Benzinzusatzstoffe MTBE und ETBE an 1.714 bis 1.933 Messstellen (Gesamtmessnetz) im Zeitraum 2013 bis 2015
- Per- und polyfluorierte Chemikalien (PFC), Süßstoffe und Benzotriazole an rund 520 ausgewählten Messstellen
- Sonderuntersuchung Gadolinium

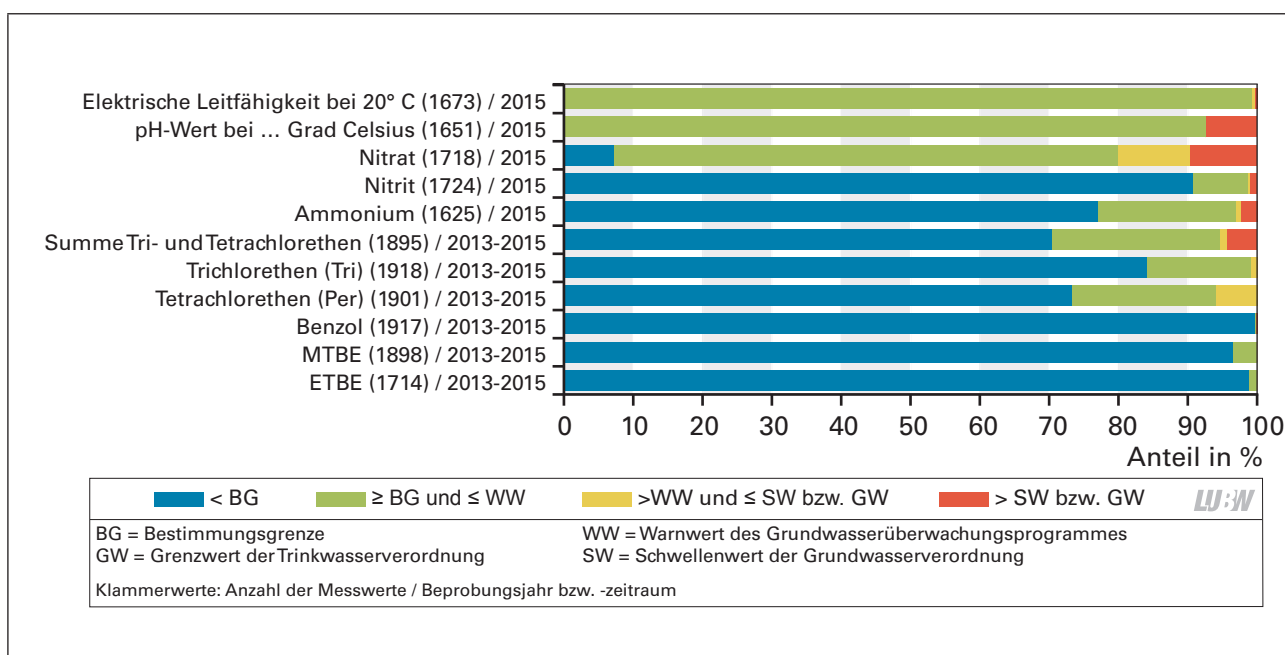
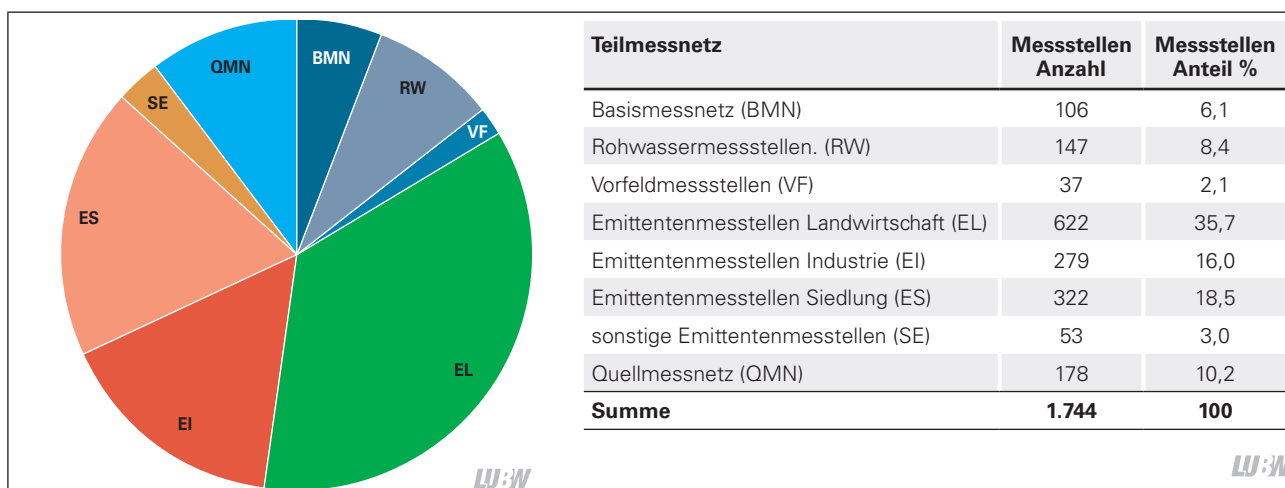


Tabelle 3.2-1: Ergebnisse 2015 – Landesmessnetz LUBW - ALLE: Vor-Ort-Parameter und Messprogramm N

Parameter	Dimension	Anzahl Messstellen	> BG Anzahl	%	> WW Anzahl	%	> GW Anzahl	%	Mittelwert	Min	P10	P50	P90	Max
Temperatur	°C	1727	1727	100	16	0,9	-	-	12,4	6,7	9,6	12,2	15,2	46,5
El. Leitfähigkeit bei 20 °C	mS/m	1673	1673	100	13	0,8	5	0,3	66,3	2,2	25,4	64,9	97,8	366,0
pH-Wert bei ...°C	-	1651	1651	100	123	7,5	123	7,5	7,08	4,85	6,72	7,14	7,42	8,68
Sauerstoff	mg/l	1678	1606	95,7	-	-	-	-	5,6	0,1	0,6	6,1	9,6	12,1
Sauerstoffsättigungsindex	%	1626	1619	99,6	-	-	-	-	55,7	0,3	9,8	61,0	91,0	103,0
Nitrat	mg/l	1718	1596	92,9	345	20,1	167	9,7	22,5	0,4	1,8	18,0	49,5	124,2
Nitrit	mg/l	1724	161	9,3	24	1,4	19	1,1	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,65
Ammonium	mg/l	1625	374	23,0	51	3,1	38	2,3	0,069	0,010	<0,010	<0,010	0,040	11,400

LUBW

Tabelle 3.2-2: Ergebnisse 2013 bis 2015 – Landesmessnetz LUBW: Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe LHKW

Parameter	Dimension	Anzahl Messstellen	> BG Anzahl	%	> WW Anzahl	%	> GW Anzahl	%	Mittelwert	Min	P10	P50	P90	Max
Summe aus Tri- und Tetrachlorethen	mg/l	1895	561	29,6	102	5,4	84	4,4	0,0067	0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0022	5,49
Trichlorethen (Tri)	mg/l	1918	307	16	17	0,9	0	0	0,0008	0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,39
Tetrachlorethen (Per)	mg/l	1901	508	26,7	113	5,9	0	0	0,006	0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0017	5,1
1,1,1-Trichlorethan	mg/l	1932	68	3,5	2	0,1	0	0	0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,05
Tetrachlormethan (Tetrachlorkohlenstoff)	mg/l	1928	24	1,2	1	0,1	0	0	0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,003
Trichlormethan (Chloroform)	mg/l	1922	102	5,3	4	0,2	0	0	0,0001	0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,005
Dichlormethan	mg/l	1933	0	0	0	0	0	0	0,005	-	<0,005	<0,005	<0,005	-
cis-1,2-Dichlorethen	mg/l	1931	53	2,7	17	0,9	0	0	0,004	0,001	<0,001	<0,001	<0,005	1,826

LUBW

Tabelle 3.2-3: Ergebnisse 2013 bis 2015 – Landesmessnetz LUBW: BTEX-Aromaten

Parameter	Dimension	Anzahl Messstellen	> BG Anzahl	%	> WW Anzahl	%	> GW Anzahl	%	Mittelwert	Min	P10	P50	P90	Max
Benzol	µg/l	1917	8	0,4	3	0,2	3	0,2	0,2	0,1	<0,1	<0,1	<0,5	65
Toluol	µg/l	1752	15	0,9	0	0	0	0	0,2	0,1	<0,1	<0,1	<0,5	1,8
Ethylbenzol	µg/l	1925	3	0,2	0	0	0	0	0,2	0,5	<0,1	<0,1	<0,5	1
o-Xylol	µg/l	1921	4	0,2	0	0	0	0	0,2	0,1	<0,1	<0,1	<0,5	0,9
m- und p-Xylol	µg/l	1858	7	0,4	0	0	0	0	0,2	0,2	<0,1	<0,1	<0,5	1,4

LUBW

Tabelle 3.2-4: Ergebnisse 2013 bis 2015 – Landesmessnetz LUBW: Benzinzusatzstoffe MTBE und ETBE

Parameter	Dimension	Anzahl Messstellen	> BG Anzahl	%	> WW Anzahl	%	> GW Anzahl	%	Mittelwert	Min	P10	P50	P90	Max
MTBE (Methyl-tertiärbutylether)	µg/l	1898	67	3,5	0	0	0	0	0,07	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	11,18
ETBE (Ethyl-tertiärbutylether)	µg/l	1714	22	1,3	0	0	0	0	0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	1,2

LUBW

Tabelle 3.2-5: Ergebnisse 2015 Landesmessnetz LUBW: Süßstoffe

Parameter	Dimen- sion	Anzahl Mess- stellen	> BG Anzahl	%	> WW Anzahl	%	> GW Anzahl	%	Mit- tel- wert	Min	P10	P50	P90	Max
Acesulfam	µg/l	521	146	28	-	-	-	-	0,05	0,01	<0,01	<0,01	0,1	3,6
Cyclamat	µg/l	523	23	4,4	-	-	-	-	0,02	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	2,06
Saccharin	µg/l	523	31	5,9	-	-	-	-	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	1,08
Sucralose	µg/l	522	21	4	-	-	-	-	0,05	0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,8

LUBW

Tabelle 3.2-6: Ergebnisse 2015 Landesmessnetz LUBW: Benzotriazole

Parameter	Dimen- sion	Anzahl Mess- stellen	> BG Anzahl	%	> WW Anzahl	%	> GW Anzahl	%	Mit- tel- wert	Min	P10	P50	P90	Max
Benzotriazol	µg/l	523	77	14,7	-	-	-	-	0,02	0,01	<0,01	<0,01	0,02	1,4
4-Methylbenzotriazol	µg/l	521	43	8,3	-	-	-	-	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,41
5-Methylbenzotriazol	µg/l	521	15	2,9	-	-	-	-	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,19

LUBW

Tabelle 3.2-7: Ergebnisse 2010 bis 2012 – Landesmessnetz LUBW: Per- und polyfluorierte Chemikalien

Parameter	Dimen- sion	Anzahl Mess- stellen	> BG Anzahl	%	> WW Anzahl	%	> GW Anzahl	%	Mit- tel- wert	Min	P10	P50	P90	Max
Perfluorbutanoat (PFBA)	ng/l	524	65	12,4	-	-	-	-	3	1	<1	<1	1	280
Perfluorpentanoat (PFPeA)	ng/l	523	52	9,9	-	-	-	-	6	1	<1	<1	<1	610
Perfluorhexanoat (PFHxA)	ng/l	523	71	13,6	-	-	-	-	6	1	<1	<1	1	850
Perfluorheptanoat (PFHpA)	ng/l	524	40	7,6	-	-	-	-	3	1	<1	<1	<1	350
Perfluoroctanoat (PFOA)	ng/l	524	113	21,6	-	-	-	-	9	1	<1	<1	3	2300
Perfluornonanoat (PFNA)	ng/l	524	34	6,5	-	-	-	-	1	1	<1	<1	<1	13
Perfluordecanoat (PFDA)	ng/l	524	40	7,6	-	-	-	-	1	1	<1	<1	<1	8
Perfluorundecanoat (PFUnA)	ng/l	524	26	5	-	-	-	-	1	1	<1	<1	<1	26
Perfluordodecanoat (PFDoA)	ng/l	524	4	0,8	-	-	-	-	1	7	<1	<1	<1	26
Perfluoroctansulfonat (PFOS)	ng/l	523	95	18,2	-	-	-	-	4	1	<1	<1	2	841
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	ng/l	523	81	15,5	-	-	-	-	2	1	<1	<1	2	175
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)	ng/l	522	44	8,4	-	-	-	-	3	1	<1	<1	<1	621
Perfluordecansulfonat (PFDS)	ng/l	524	2	0,4	-	-	-	-	1	2	<1	<1	<1	2
1H,1H,2H,2H-Perfluoroc- tansulfonat (H4PFOS)	ng/l	524	37	7,1	-	-	-	-	1	1	<1	<1	<1	80

LUBW

4 Ausblick und Berichtswesen

4.1 Messnetzbetrieb

Im Jahr 2016 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.

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 Herbst 2016 werden wiederum Erweiterungen und Verbesserungen für die Stadt- und Landkreise sein. Für den Bereich Geothermie werden tabellarische Berichte über Temperaturfelder zur Verfügung stehen, georeferenzierte Dokumente werden eingebunden und der Dokumentenimport über den Editor ermöglicht. Die Schnittstelle zum Wasserrechtsdienst wird konsolidiert, ebenso der Austausch von Bohrprofilen mit dem LGRB.

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 **GuO - 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-Blankloch** 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.

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 (Vorsitz), Région Alsace, 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 2015 fanden zwei Sitzungen des LA und drei Sitzungen des FA statt.

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 „Service - Publikationen - Wasser - Grundwasser“ oder unter „Themen - Wasser - Grundwasser - Grundwasserüberwachungsprogramm“ zu finden.

5.1 Grundwasserüberwachungsprogramm Baden-Württemberg

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 2009 – 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

KLIWA (2011)

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): „Langzeitverhalten von Grundwasserständen, Quellschüttungen und grundwasserbürtigen Abflüssen in Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz“ – KLIWA-Berichte, Heft 16, 148 Seiten, 129 Abbildungen, 9 Tabellen, 1 CD-ROM, Karlsruhe, Hof, Mainz, 2011

LUBW u.a. (2011)

LUBW - Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Karlsruhe, Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9 - Landesamt für

Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB): „Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg, Südlicher Kraichgau Mappe 2 – „Hydrogeologischer Bau, Grundwasserdynamik, Grundwasserhaushalt“ - Mappe mit Beiheft, Tabellen, 9 Karten, 1 CD-ROM, LUBW, 2010

LUBW (2011F)

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Beprobung 2010 – Fachbericht“ - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 42, Karlsruhe, 2011

LUBW (2011K)

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Beprobung 2010 – Kurzbericht“ - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 43, Karlsruhe, 2011

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)

Schuhmann, D.: „Handbuch Grundwasserdatenbank Version 4.1.0“, Ergänzte Neuauflage Mai 2016, LUBW-Fachdokumentation (zum Download), Karlsruhe, 2016

LUBW (2015)

Schuhmann, D.: „Grundwasserdatenbank - Ein flexibles Werkzeug zur Auswertung von Grundwasserdaten“, LUBW-Produktflyer, Karlsruhe, 2015

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.

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

LUBW

A 2 Messprogramme Beprobungskampagne Herbst 2015 (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 (MCPP), Metalaxyl, Metazachlor, Metolachlor, Propazin, Simazin, Terbuthylazin

Nichtrelevante Metaboliten:

DMS (N,N-Dimethylsulfamid), Desphenylchloridazon (Metabolit B), Methyl-desphenylchloridazon (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. . 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.

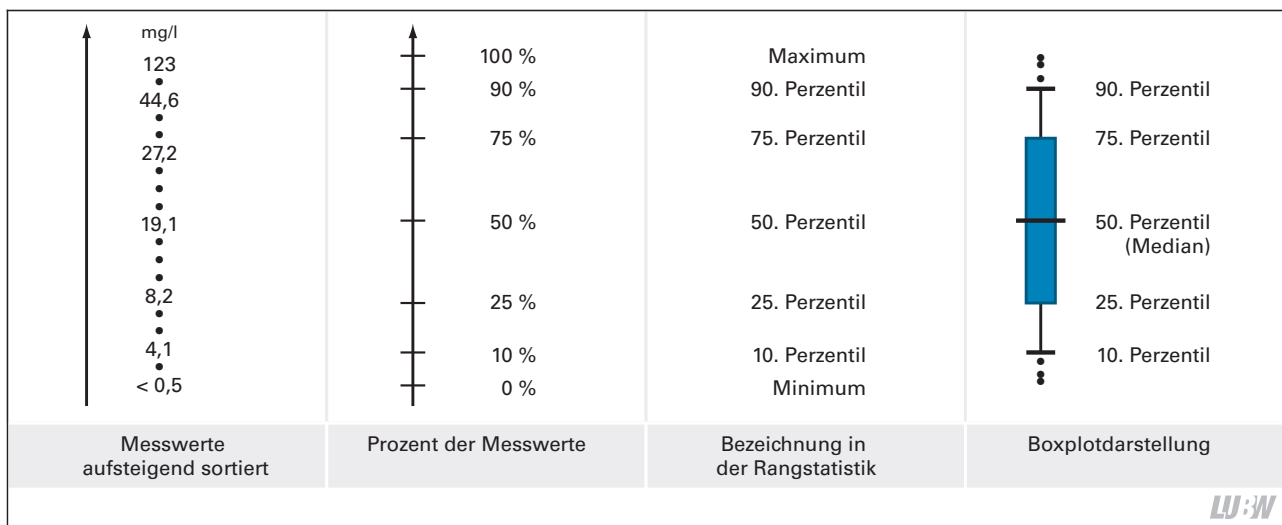


Abbildung A1: Beispiel für die Rangstatistik und die Boxplotdarstellung

A 4 Bestimmungsgrenzen, Rechenvorschriften, 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 02.08.2013. 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 Grundwasserverordnung vom 09.11.2010.
- 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 2015 häufig auftretende Bestimmungsgrenzen, Mindestbestimmungsgrenzen (MBG), Warnwerte (WW) des Grundwasserüberwachungsprogramms, Grenzwerte (GW) der Neufassung der Trinkwasserverordnung vom 02.08.2013 sowie Schwellenwerte (SW) der Grundwasserverordnung vom 09.11.2010

Parameter	Dimension	Anzahl Messwerte < BG ¹⁾	Bestimmungsgrenzen ²⁾	MBG	WW	GW	SW
Beprobung Herbst 2015							
Temperatur	° C	0	entfällt	entfällt	20	-	-
Elektrische Leitfähigkeit bei 20 °C	mS/m	0	entfällt	entfällt	200	250	-
pH-Wert bei ...°C	-	0	entfällt	entfällt	6,5/9,5	6,5/9,5	-
Sauerstoff	mg/l	72	0,1 / 0,2 / 0,5	0,5	-	-	-
Sauerstoffsättigungsindex	%	entfällt	entfällt	entfällt	-	-	-
Nitrat	mg/l	122	0,1 / 0,2 / 0,5	0,5	375	50	50
Nitrit	mg/l	1563	0,01	0,01	0,08	0,13	-
Ammonium	mg/l	1251	0,01	0,01	0,375	0,5	0,5

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

LUBW

Tabelle A4: Bei den Nachmessungen 2015 häufig auftretende Bestimmungsgrenzen, Mindestbestimmungsgrenzen (MBG), Warnwerte (WW) des Grundwasserüberwachungsprogramms, Grenzwerte (GW) der Neufassung der Trinkwasserverordnung vom 02.08.2013 sowie Schwellenwerte (SW) der Grundwasserverordnung vom 09.11.2010

Parameter	Dimension	Anzahl Messwerte < BG ¹⁾	Bestimmungsgrenzen ²⁾	MBG	WW	GW	SW
Beprobung 2015 – Nachmessungen Pflanzenschutzmittel und relevante Metaboliten							
Atrazin	µg/l	entfällt	0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Bentazon	µg/l	entfällt	0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Bromacil	µg/l	entfällt	0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Desethylatrazin	µg/l	entfällt	0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Desethylterbuthylazin	µg/l	entfällt	0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Desisopropylatrazin	µg/l	entfällt	0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Diuron	µg/l	entfällt	0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Flusilazol	µg/l	entfällt	0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Hexazinon	µg/l	entfällt	0,02 / 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 (MCP)	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	0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,1	0,1
Terbuthylazin	µg/l	entfällt	0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,1	0,1

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

LUBW

Tabelle A 5: Bei den Nachmessungen 2015 häufig auftretende Bestimmungsgrenzen, Mindestbestimmungsgrenzen (MBG) sowie Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW)

Parameter	Dimension	Anzahl Messwerte < BG ¹⁾	Bestimmungsgrenzen ²⁾	MBG	SW
Beprobung 2015 – 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	1,0
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) GOW = Gesundheitliche Orientierungswerte, Bewertungsstand 28.05.2015 unter:
http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/tabelle_gow_nrm2.pdf

LUBW

Tabelle A6: Bei der Beprobung 2015 häufig auftretende Bestimmungsgrenzen, Mindestbestimmungsgrenzen (MBG), Warnwerte (WW) des Grundwasserüberwachungsprogramms, Grenzwerte (GW) der Neufassung der Trinkwasserverordnung vom 02.08.2013 sowie Schwellenwerte (SW) der Grundwasserverordnung vom 09.11.2010

Parameter	Dimension	Anzahl Messwerte < BG ¹⁾	Bestimmungsgrenzen ²⁾	MBG	WW	GW	SW
Beprobung 2013-2015 Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe LHKW							
Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe [n.TrinkwV 2001]	mg/l	1334	0,0001	entfällt	0,0075	0,010	0,010
Trichlorethen (Tri)	mg/l	1611	0,0001	0,0001	0,005	-	-
Tetrachlorethen (Per)	mg/l	1393	0,0001	0,0001	0,005	-	-
1,1,1-Trichlorethan	mg/l	1864	0,0001	0,0001	0,005	-	-
Tetrachlormethan (Tetrachlorkohlenstoff)	mg/l	1904	0,0001	0,0001	0,0024	-	-
Trichlormethan (Chloroform)	mg/l	1820	0,0001	0,0001	0,002	-	-
Dichlormethan	mg/l	1933	0,005	0,005	0,008	-	-
cis-1,2-Dichlorethen	mg/l	1878	0,001 / 0,005	0,005	0,01	-	-
Beprobung 2013-2015 BTEX-Aromaten							
Benzol	µg/l	1909	0,1 / 0,5	0,5	0,8	1,0	-
Toluol	µg/l	1737	0,1 / 0,5 / 1,0	1	2	-	-
Ethylbenzol	µg/l	1922	0,1 / 0,5 / 1,0	1	2	-	-
o-Xylol	µg/l	1917	0,1 / 0,5 / 1,0	1	2	-	-
m- und p-Xylol	µg/l	1851	0,1 / 0,5 / 1,0	1	2	-	-
Beprobung 2013-2015 Benzolzusatzstoffe MTBE und ETBE							
MTBE	µg/l	1831	0,5	0,05	-	-	-
ETBE	µg/l	1692	0,5	0,05	-	-	-

- 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

LUBW

Tabelle A 7: Bei der Beprobung 2015 häufig auftretende Bestimmungsgrenzen, Mindestbestimmungsgrenzen (MBG) sowie Gesundheitliche Orientierungswerte (GOW) bzw. Leitwerte (LW)

Parameter	Dimen- sion	Anzahl Mess- werte < BG ¹⁾	Bestimmungsgrenzen ²⁾	MBG	GOW bzw. LW
Beprobung LUBW-Messnetz 2015 - Süßstoffe					
Acesulfam	µg/l	375	0,01	0,01	-
Cyclamat	µg/l	500	0,01	0,01	-
Saccharin	µg/l	492	0,01	0,01	-
Sucralose	µg/l	501	0,01 / 0,05	0,05	-
Beprobung LUBW-Messnetz 2015 - Benzotriazole					
Benzotriazol	µg/l	446	0,01	0,01	-
4-Methylbenzotriazol	µg/l	478	0,01	0,01	-
5-Methylbenzotriazol	µg/l	506	0,01	0,01	-
Summe Benzotriazole	µg/l	619	-	-	3,0
Beprobung LUBW-Messnetz 2015 – PFC (Per- und polyfluorierte Chemikalien)					
Perfluorbutanoat (PFBA)	ng/l	460	1	1	<u>7.000</u>
Perfluorpentanoat (PFPeA)	ng/l	471	1	1	3.000
Perfluorhexanoat (PFHxA)	ng/l	452	1	1	1.000
Perfluorheptanoat (PFHpA)	ng/l	484	1	1	300
Perfluoroctanoat (PFOA)	ng/l	412	1	1	-
Perfluorononanoat (PFNA)	ng/l	491	1	1	-
Perfluordecanoat (PFDA)	ng/l	484	1	1	-
Perfluorundecanoat (PFUnA)	ng/l	498	1	1	-
Perfluordodecanoat (PFDoA)	ng/l	520	1	1	-
Perfluoroctansulfonat (PFOS)	ng/l	429	1	1	-
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	ng/l	440	1	2	3.000
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)	ng/l	478	1	2	300
Perfluordecansulfonat (PFDS)	ng/l	522	1	2	-
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonat (H4PFOS) (6:2 Fluorotelomer Sulfonat)	ng/l	487	1	2	-
Summe PFOS+PFOA	ng/l	469	-	-	<u>300</u>
Summe PFC-Komponenten	ng/l	307	-	-	-

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

