




Grundwasserschutz 49

# Grundwasser- überwachungsprogramm

 Ergebnisse der Beprobung 2013



Baden-Württemberg



# Grundwasser- überwachungsprogramm

 Ergebnisse der Beprobung 2013



Baden-Württemberg

<b>HERAUSGEBER</b>	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe <a href="http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de">www.lubw.baden-wuerttemberg.de</a>
<b>BEARBEITUNG</b>	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Referat 42 - Grundwasser
<b>REDAKTION</b>	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Referat 42 - Grundwasser
<b>BEZUG</b>	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: <a href="http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/6638/">http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/6638/</a>
<b>ISSN</b>	1437-0131 (Reihe Grundwasserschutz Bd. 49, 2014)
<b>STAND</b>	Juli 2014, 1. Auflage
<b>DRUCK</b>	E&B engelhardt und bauer Druck und Verlag GmbH, 76131 Karlsruhe Gedruckt auf Recyclingpapier



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

ZUSAMMENFASSUNG

9

<b>1</b>	<b>GRUNDWASSERMESSNETZ BADEN-WÜRTTEMBERG</b>	<b>13</b>
1.1	Zielsetzung	13
1.2	Organisation des Landesmessnetzes	13
1.3	Organisation des Kooperationsmessnetzes	15
1.4	Qualitätssicherungen im Rahmen des Messnetzbetriebes	15
1.4.1	Qualitätssicherung Stammdaten	15
1.4.2	Qualitätssicherung Probennahme	15
1.4.3	Qualitätssicherung Analytik	16
1.5	Datenverarbeitung mit der Grundwasserdatenbank	16
1.5.1	Vollständigkeitskontrolle Grundwasserstandsmessnetz	16
1.5.2	Diagramm zur Darstellung von Nass- und Trockenperioden	17
<b>2</b>	<b>DAS GRUNDWASSER 2013 IN BADEN-WÜRTTEMBERG</b>	<b>18</b>
2.1.	Hydrologische Situation	18
2.2.	Grundwasserneubildung aus Niederschlag	18
2.3	Die Grundwasservorräte 2013	22
2.3.1	Datengrundlage und allgemeine Zustandsbeschreibung	22
2.3.2	Regionale Grundwasserverhältnisse	24
2.4	Nitrat	26
2.4.1	Nitrat im Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz der LUBW (Landesmessnetz)	26
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	Mittelfristige Veränderungen (Entwicklung seit 1994)	33
2.4.2	Nitrat in Wasserschutzgebieten (SchALVO-Auswertungen)	35
2.4.2.1	Nitratklassengebiete: Veränderungen im Zeitraum 2001 bis 2013	36
2.5	Pflanzenschutzmittel (PSM)	38
2.5.1	Zulassung, Verwendung, Klassifizierung	38
2.5.2	Umweltrelevanz, Berichtspflichten, Fundaufklärung	39
2.5.3	Probennahme und Analytik	40
2.5.4	Bisher untersuchte Wirkstoffe	40
2.5.5	Untersuchungen 2013 auf PSM-Wirkstoffe sowie auf relevante und „nichtrelevante“ Metaboliten	40
2.5.6	Ergebnisse der Untersuchungen 2013	43
2.5.6.1	PSM-Wirkstoffe 2013	43
2.5.6.2	Nichtrelevante Metaboliten 2013	44
2.5.6.3	Bewertung der Untersuchungskampagne 2013	45
2.5.7	Bewertung der Gesamtsituation der Pflanzenschutzmittelwirkstoffe 2009-2013	45
2.5.8	Bewertung der Gesamtsituation der nichtrelevanten Metaboliten 2009-2013	48
2.5.9	PSM-Anwendung in Wasserschutzgebieten	51

2.6	PAK - Polycyclische, aromatische Kohlenwasserstoffe	51
2.6.1	Stoffeigenschaften, Verwendung, Eintragspfade	51
2.6.2	Grenzwerte, Warnwerte	53
2.6.3	Probennahme und Analytik	53
2.6.4	Bisherige Untersuchungen	53
2.6.5	Ergebnisse früherer Beprobungen 2001 und 2004	53
2.6.6	Ergebnisse der Beprobungskampagne 2010 - 2012	54
2.6.7	Tendenzen	55
2.6.8	Bewertung	58
2.7	Metallische Spurenstoffe	58
2.7.1	Untersuchungsumfang	58
2.7.2	Ergebnisse	58
2.7.3	Bewertung	58
2.8	Sonderuntersuchung: Spurenstoffe aus Abwasser	62
2.8.1	Auswahl der Messstellen und Parameterumfang	62
2.8.2	Süßstoffe	64
2.8.3	Benzotriazole	66
2.8.4	Arzneimittel und Röntgenkontrastmittel	67
2.8.5	Perfluorierte Tenside	69
2.8.6	Zusammenfassende Betrachtung	71
2.9	Wasserahmenrichtlinie: Zustandsbewertung des Grundwassers in Baden-Württemberg für die 2. Bewirtschaftungsplanung	73
2.9.1	Bewertung des chemischen Grundwasserzustands	73
2.9.1.1	Allgemeines	73
2.9.1.2	Datengrundlage	73
2.9.1.3	Schwellenwertüberschreitungen und deren räumliche Ausdehnung gemäß GrwV	74
2.9.1.4	Trendauswertungen – steigende Trends und Trendumkehr für die gGWK 2015	76
2.9.2	Zustandsbewertung Grundwassermenge	77
2.9.2.1	Allgemeines	77
2.9.2.2	Trendbewertung - Grundwassermenge	77
2.9.2.3	Überschlägige Wasserbilanz	77
2.9.2.4	Detaillierte Wasserbilanz	79
2.9.3	Karte für den Zustand der Schutzgebiete nach Artikel 7 WRRL	79
2.9.3.1	Trinkwasser aus Grundwasser	80
2.9.3.2	Trinkwasser aus Oberflächengewässern	80
2.9.4	Grundwasserabhängige Landökosysteme	81
<b>3</b>	<b>STATISTISCHE ÜBERSICHTEN</b>	<b>82</b>
3.1	Trendmessnetz (TMN) – Menge - Grundwasser und Quellen (GuQ)	82
3.2	Gesamtmessnetz - Beschaffenheit	84

<b>4</b>	<b>AUSBLICK UND BERICHTSWESEN</b>	<b>88</b>
4.1	Messnetzbetrieb	88
4.2	Qualitätsverbesserung	88
4.3	Datenverarbeitung	88
4.4	Berichtswesen - Internet - weitere Projekte	88
4.5	Hydrogeologische Karte (HGK) und Hydrogeologische Erkundung (HGE) Baden-Württemberg	89
4.5.1	Künftige Konzeption der HGK und HGE	89
4.5.2	HGE Schussen-Riß	89
<b>5</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>90</b>
5.1	Grundwasserüberwachungsprogramm Baden-Württemberg	90
5.2	Fachspezifische EDV-Anwendungen	92
<b>6</b>	<b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS</b>	<b>93</b>
	<b>ANHANG</b>	<b>94</b>
A 1	Messstellenarten	94
A 2	Messprogramme Beprobungskampagne Herbst 2013 (ohne Sonderprogramme)	94
A 3	Statistische Verfahren	94
A 3.1	Rangstatistik	94
A 3.2	Rangstatistik und Boxplot	95
A 3.3	Zeitreihenstatistik: Trends an konsistenten und periodisch konsistenten Messstellengruppen	95
A 4	Bestimmungsgrenzen, Rechenvorschriften, Grenzwerte, Warnwerte, Schwellenwerte	95
A 5	Hinweise zu den Statistiktabelle	99





# Zusammenfassung

Die anhand der Daten von 349 Trendmessstellen ermittelten **Grundwasserstände** und **Quellschüttungen** bewegen sich im Jahr 2013 im Mittel auf deutlich höherem Niveau als im Vorjahr und entsprechen in allen Landesteilen überdurchschnittlichen Verhältnissen. Obwohl die Jahressumme des Niederschlags nur langjährigen Verhältnissen entspricht, hat die aus grundwasserhydrologischer Hinsicht sehr günstige innerjährliche Verteilung der Witterung für eine ausgeprägte Neubildung und somit für starke Grundwasseranstiege gesorgt. Die großen Niederschlagsmengen zur Jahreswende 2012/13 und im Mai/Juni 2013 haben steile Anstiege der Grundwasservorräte auf ein überdurchschnittliches Niveau bewirkt. Dank dieser günstigen Ausgangssituation bewegen sich die Grundwasserstände und Quellschüttungen bis zum Jahresende dauerhaft auf überdurchschnittlichem Niveau. Die Beobachtungen werden durch Auswertungen der Lysimeterdaten bestätigt.

Die Grundwasserbeschaffenheit wurde im Herbst 2013 an insgesamt 1.791 Messstellen des von der LUBW betriebenen Landesmessnetzes untersucht. Die Wasserversorgungswirtschaft Baden-Württembergs stellte im Rahmen einer Kooperationsvereinbarung aus dem Jahre 2003 die Nitrat-Daten von 1.967 Messstellen in Wasserschutzgebieten bis zum Stichtag 14.03.2014 zur Verfügung. Weiterhin wurden von 204 Messstellen Analysen für Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und deren Abbauprodukte übermittelt.

Seit 1994 hat die landesweite **Nitratbelastung** um etwa 18 % 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 - wie zuletzt nur 2012, 2011 und 2004 - nur noch an jeder zehnten Landesmessstelle überschritten.

Die mittelfristige Nitrat-Entwicklung seit 1994 zeigt, dass der seit 20 Jahren festgestellte fallende Trend im Jahr 2013 unterbrochen wird, wie es schon einmal bei den trockenheitsbedingten Unterbrechungen in den Jahren 2005 bis 2007 der Fall war. Nachdem im Trockenjahr 2011 und im Jahr 2012 das bisher niedrigste Belastungsniveau seit den 1990er Jahren festzustellen war, ist die Nitratbelastung im Jahr 2013 wieder gestiegen. Die verschiedenen Auswertungen der LUBW zur Grundwasserbeprobung 2013 zeigen gegenüber dem Vorjahr in allen Fällen eine deutliche Zunahme der mittleren Nitratkonzentration bei Berücksichtigung aller Messstellen um 1,1 mg/l auf 23,6 mg/l. Betrachtet man die konsistenten Messstellen, ergibt sich eine Zunahme um 0,8 mg/l auf 22,5 mg/l. Dies ist seit 1994 der größte Anstieg gegenüber dem jeweiligen Vorjahr. Eine Ursache kann in zwischenzeitlich auftretenden Trockenjahren liegen. Der in den Trockenjahren 2003 und 2011 im Boden gespeicherte Stickstoff gelangt erst in den nachfolgenden regenreicheren Jahren mit dem Sickerwasser ins Grundwasser.

Bei den hoch belasteten **Nitratsanierungsgebieten** hat sich der seit 2001 fallende Trend auch im Jahr 2013 fortgesetzt. Die mittlere Nitratkonzentration hat sich somit seit 2001 um 15 % verringert. In den **Problemgebieten** sind gegenüber der Situation vor zwölf Jahren Verbesserungen von etwa 10 % erkennbar. Jedoch ist hier gegenüber dem Vorjahr 2012

die mittlere Nitratkonzentration etwas gestiegen. In den **Normalgebieten** sind seit 2001 Verbesserungen mit Abnahmen von 6 % erkennbar, gegenüber dem Vorjahr nahm die mittlere Konzentration hier nur unwesentlich zu.

Das Monitoring der **Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und deren Abbauprodukte** ist im Landesmessnetz seit über 20 Jahren etabliert. Insgesamt gesehen hat sich die Belastung mit Pflanzenschutzmitteln und deren Abbauprodukten in Baden-Württemberg in den letzten Jahren ständig verringert. Nach wie vor stehen die in den letzten Jahren nachgewiesenen nichtrelevanten Metaboliten von bereits länger auf dem Markt befindlichen Wirkstoffen im Blickpunkt des Interesses. Im Jahr 2013 wurden 50 % des von der LUBW betriebenen Messnetzes untersucht, die anderen 50 % folgen 2014. Die Verteilungsmuster der PSM-Wirkstoffe und der nichtrelevanten Metaboliten ist seit Jahren gleich. Das seit 1991 verbotene Atrazin und sein Abbauprodukt Desethylatrazin sind hinsichtlich Fundhäufigkeit und Konzentration am stärksten vertreten, von den zugelassenen Wirkstoffen wird Bentazon am häufigsten gefunden. Bei den nichtrelevanten Metaboliten führen DMS, der Metabolit des nicht mehr zugelassenen Fungizids Tolyfluanid, und Desphenylchloridazon, der Metabolit des Rübenerbizids Chloridazon, das Ranking an.

Untersuchungen auf **PAK (Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe)** zeigen, dass die Ursachen auffälliger Befunde im Grundwasser in erster Linie Altablagerungen und Altstandorte wie ehemalige Gaswerke, Tankstellen, Tanklager, etc. sind. Naphthalin ist hierbei wegen seiner guten Wasserlöslichkeit die am häufigsten vorkommende Einzelsubstanz. Insgesamt ist die Belastung rückläufig.

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

In einer Sonderuntersuchung wurden **organische Spurenstoffe**, die über das Abwasser ins Grundwasser gelangen können, gemessen. Generell lässt sich feststellen, dass das Konzentrationsniveau für alle Gruppen von Spurenstoffen unter direktem Abwassereinfluss aus der Kanalisation höher ist als bei Uferfiltrat. So wurden Süßstoffe und hierbei insbesondere Acesulfam in nahezu allen 57 risikobasiert ausgewählten Messstellen nachgewiesen. Perfluorierte Tenside sind am zweithäufigsten zu finden. Es folgen die Röntgenkontrastmittel und die Benzotriazole, die etwa halb so häufig wie die Süßstoffe auftreten. Die geringsten Fundhäufigkeiten sind innerhalb dieser Messkampagne bei den Arzneimitteln zu beobachten. Die für Trinkwasser geltenden Gesundheitlichen Orientierungswerte (GOW) wurden, soweit sie für einzelne Verbindungen abgeleitet wurden, nur in Einzelfällen überschritten.

Im Hinblick auf den 2. Bewirtschaftungszeitraum gemäß **Wasserrahmenrichtlinie** für den Zeitraum 2015 bis 2021 ist der Zustand des Grundwassers neu zu bewerten. Der Zeitplan sieht vor, dass der 2. Bewirtschaftungsplan 2014 im Entwurf vorliegt, so dass er 2015 verabschiedet werden kann. Die umfangreichen Auswertungen zeigen, dass der quantitative Zustand des Grundwassers weiterhin im ganzen Land als „gut“ eingestuft werden kann. Hinsichtlich des chemischen Zustands hat sich in Baden-Württemberg der Anteil der wegen Nitrat in „schlechtem“ Zustand befindlichen Grundwasserkörper von 18 % auf 9 % der Landesfläche verringert. Der wegen hoher Chloridbelastung als in „schlechtem“ Zustand eingestufte GWK 16.9 „Fessenheim-Breisach“ bleibt unverändert.

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, die Sanierung der Abwasseranlagen sowie die Einführung von umweltfreundlicheren Ersatzstoffen in der Industrie weiter zu verfolgen bzw. zu verbessern.

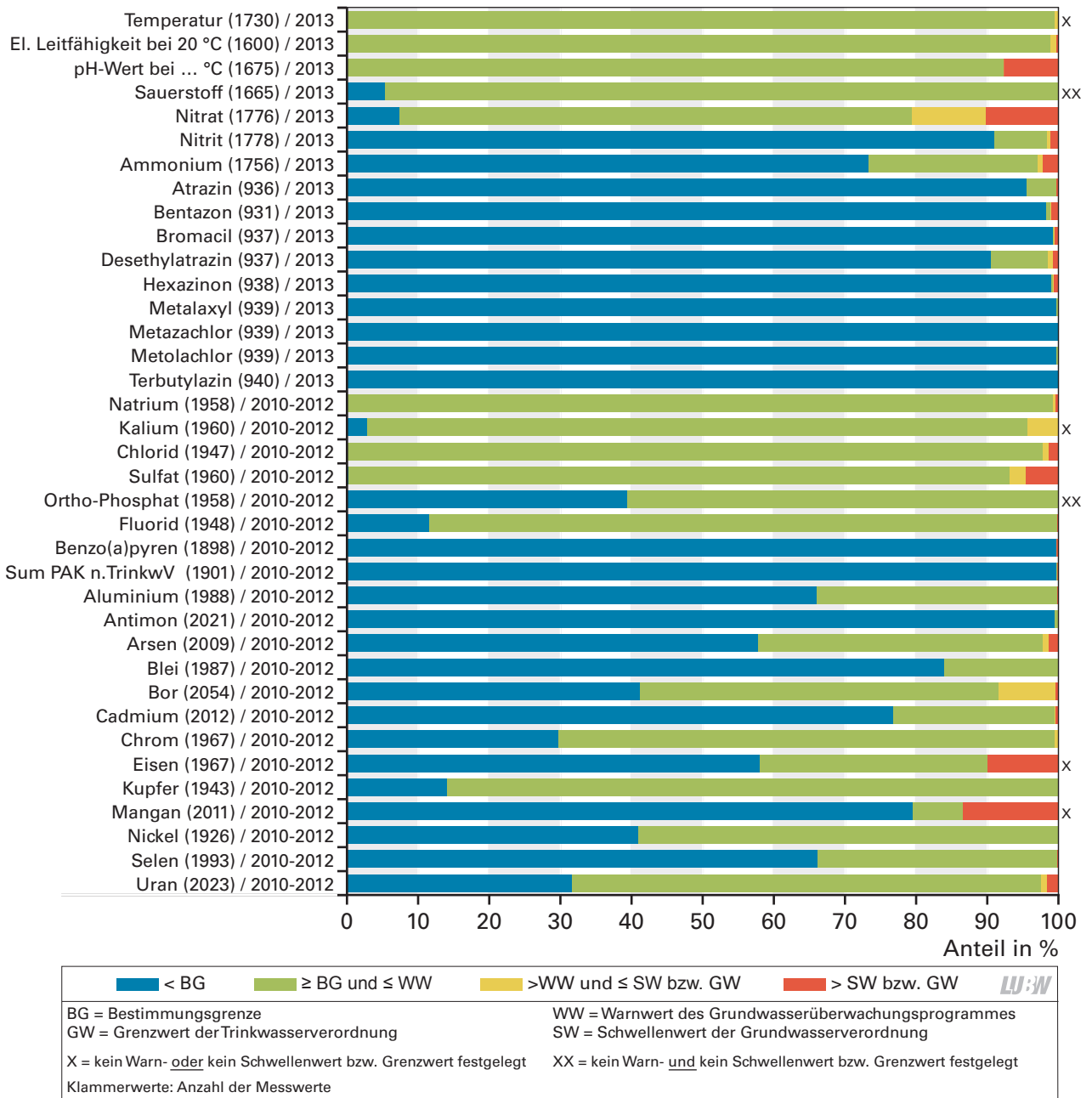


Abbildung 0-1: Übersicht über die Ergebnisse der Beprobung 2013 bzw. den Beprobungen 2010-2012 in der Zuständigkeit der LUBW: Prozentuale Verteilung der Messwerte

# 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-Grundwasserrichtlinie<sup>1)</sup>, der „Tochterrichtlinie Grundwasser“ der EU-Wasserrahmenrichtlinie<sup>2)</sup> (WRRL), erstmals auch für das Grundwasser Qualitätsnormen für Nitrat und Pflanzenschutzmittel festgelegt. Mit der Grundwasserverordnung<sup>3)</sup> (GrwV) vom 9. November 2010 wurde 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 Trinkwasserverordnung<sup>4)</sup> (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 Datendiensten und Bewertungen ist zugleich ein Frühwarnsystem für

großräumige natürlich und anthropogen verursachte Veränderungen des Grundwassers, wie beispielsweise Versauerung, Klimafolgen, Veränderungen von Belastungen und 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 2.120 Messstellen, davon ca. 550 Quellen, 620 Beobachtungsrohren und 950 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 drei oder vier Jahre auf natürliche und anthropogene Stoffe und Parameter
  - mit jährlicher Untersuchung im Herbst von derzeit etwa 1.350 Messstellen in und außerhalb von Wasserschutzgebieten zur langfristigen Kontrolle der landesweiten Entwicklung der Nitratbelastung
  - mit Untersuchung von etwa 60 Messstellen in Wasserschutzgebieten, in denen die besonderen Schutzbestimmungen nach § 5 SchALVO gelten (Problem- und Sanierungsgebiete), alle drei Monate auf die Stickstoffparameter, bei weiteren 160 Messstellen in Wasserschutzgebieten Untersuchung zweimal im Jahr

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 Untersuchung von rund 660 Messstellen in den gefährdeten Grundwasserkörpern zweimal im Jahr, darunter befinden sich die 298 Messstellen für das qualitative Überblicksmessnetz WRRL und das Operative Messnetz WRRL
- mit Untersuchung von 50 Messstellen an Quellen alle drei Monate auf versauerungs- und schüttungsabhängige Parameter.

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

#### ■ dem Grundwasserstandsmessnetz

mit 227 Trend-Messstellen mit wöchentlicher Wasserstandsmessung. Der größere Teil der rund 2.330 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 180 Messstellen, wobei derzeit an rund 120 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"> <li>■ Grundwasserstand: an jedem Montag (Regelfall)</li> <li>■ Grundwasserstand: zunehmend kontinuierlich mit Datenloggern (z. T. mit Datenfernübertragung)</li> <li>■ Quellschüttung: wöchentlich bis monatlich (Regelfall)</li> <li>■ Quellschüttung: vereinzelt kontinuierlich</li> <li>■ Lysimeter: täglich bis mehrmals wöchentlich</li> </ul>
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"> <li>■ Akkreditierung nach DIN EN ISO 17025</li> <li>■ Regelmäßige erfolgreiche Teilnahme an der Analytischen Qualitätssicherung (AQS) mit Ringversuchen und Laborvergleichsuntersuchungen</li> <li>■ auftragspezifische Qualitätssicherungsmaßnahmen</li> <li>■ Teilnahme an Probennehmer-Lehrgängen I und II von VEGAS/LUBW</li> <li>■ unangekündigte Probennahmekontrollen</li> </ul>	Mengenmessung durch freiwillige oder vom Land beauftragte Beobachter. Datenlogger mit Datenfernübertragung werden verstärkt eingesetzt. Unterschiedlicher Datenfluss bei den Internet-Messstellen für die zeitnahe Berichterstattung, den „Trendmessstellen“ für die landesweite Zustandsbeschreibung und den „Regionalmessstellen“ für den übergeordneten Grundwasserschutz.
Messstelleneigentümer	Größtenteils wird auf Messstellen zurückgegriffen, die nicht in Landesbesitz sind. Private, gewerbliche und kommunale Betreiber stellen sie für die Probennahme bzw. Beobachtung zur Verfügung.	
Kosten	Die Kosten für Probennahme und Analytik bzw. Beobachtung trägt das Land.	
Datenerfassung und Übermittlung	Die im LABDÜS-Format (LABorDatenÜbertragungsSystem) von den chemischen Laboratorien erfassten Analysen werden dem Regieunternehmen per E-Mail übermittelt.	Die Beobachter übersenden Belege mit den eingetragenen Messdaten. Die Erfassung erfolgt durch die LUBW oder durch Vergabe an Büros.
Datenhaltung	WIBAS - Grundwasserdatenbank (GWDB)	
Datenplausibilisierung und Qualitätssicherung	Statistische und visuelle Plausibilisierungen beim Einlesen der Messwerte, ggf. Gegenmessung von Rückstellproben oder Nachbeprobungen. Weiterhin: Mehrfachbestimmungen, vergleichende Untersuchungen und Probennahmekontrollen vor Ort, Zeitreihentestverfahren der GWDB.	Visuelle Belegprüfungen, Plausibilitätsprüfung beim Einlesen, Kontrolle der Ganglinien, Zeitreihenanalysen

### 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 14.03.2014 Ergebnisse von 3.548 Nitratanalysen zu 1.967 Messstellen in Trinkwasserschutzgebieten als Kooperationsbeitrag zur Verfügung. Davon sind 230 Messstellen „Überschneidermessstellen“, d.h. für diese Messstellen liegen ebenfalls Nitratdaten aus dem Landesmessnetz vor. Die Nitrat-Daten der 1.967 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 204 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-Analyse liegt nicht immer auch eine Nitratanalyse vor und umgekehrt. Mit „Überschneidern“ erreichten die LUBW die Nitrat- und PSM-Daten zu insgesamt 1.972 Messstellen in Trinkwasserschutzgebieten.

Letztlich konnte die Grundwasserdatenbank der LUBW für das Jahr 2013 zusätzlich zu den von der LUBW betriebenen Landesmessstellen, d. h. ohne Überschneidermessstellen, die PSM- und Nitratanalysen von 1.740 WVU-Messstellen übernehmen. Zu weiteren 81 Messstellen gibt es einen weiteren Kooperationsbeitrag hinsichtlich anderer Stoffe und Parameter.

### 1.4 Qualitätssicherungen im Rahmen des Messnetzbetriebes

#### 1.4.1 Qualitätssicherung Stammdaten

Die Stammdaten der rund 2.150 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 Probennahme in Form von automatisch aus der Grundwasserdatenbank erzeugten Messstellen-Informationen vorliegen.

#### 1.4.2 Qualitätssicherung Probennahme

Die sachgerechte Probennahme an der richtigen Messstelle wird sichergestellt, indem den Probennehmern detaillierte Unterlagen und Informationen zu Probennahme und Messstelle als „Messstellen-Info“ [Beispiel in LUBW 2013] bereitgestellt werden. Mittlerweile gibt es in der Grundwasserdatenbank der LUBW Fotodokumentationen zu sämtlichen Landesmessstellen. Messstellenverwechslungen bei der Probennahme werden durch den systematischen Vergleich der Messstellenfotos der aktuellen Probennahme mit älteren Fotos nahezu ausgeschlossen. Informationen von Probennehmern zur Messstelle oder zur Probennahme werden ge-

sichtet 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 17025 einer evaluierten Akkreditierungsstelle vorlegen.

Die Qualität der Analysenwerte wurde im Rahmen der Beprobungen 2013 durch folgende Maßnahmen sichergestellt:

- verdeckte vergleichende Untersuchungen ausgewählter Parameter mit Original-Grundwasser
- Absicherung von Positiv-Befunden und Grenzwert-Überschreitungen bei PSM und nichtrelevanten Metaboliten (nrM) durch Nachmessungen bzw. durch Rückstellproben.

## 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 Grundwassermessstellen (ca. 70.000 Objekte)
- Stammdaten zu geothermischen Anlagen (ca. 20.000 Objekte)
- Chemisch-physikalische Messwerte, Grundwasserstände und Quellschüttungen (Landesmessnetz: ca. 150.000 Analysen, ca. 19 Millionen Mengenummesswerte)
- Alle relevanten Daten zum Deponiekörper selbst sowie deponiespezifische Messwerte, wie Deponiegas, Sickerwassermenge, Setzungen, etc. für ca. 40 Deponien.

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

Im Jahr 2013 lagen die Entwicklungsschwerpunkte bei Auswertungen für Mengenummesswerte, d.h. Grundwasserstandsdaten und Quellschüttungen. Im Jahr 2013 sind folgende Anwendungen neu hinzugekommen:

- Vollständigkeitskontrolle der eingehenden kontinuierlichen Messwerte im Grundwasserstandsmessnetz
- Diagramm zur Darstellung von Nass- und Trockenperioden

### 1.5.1 Vollständigkeitskontrolle Grundwasserstandsmessnetz

Für das Grundwasserstandsmessnetz des Landes wurde die Gewinnung der Messwerte und die Datenlieferung im LABDÜS-Format in drei Regierungsbezirken an Ingenieurbüros übertragen, die Kostenabrechnung erfolgt messwertscharf.

Um eine Kontrolle des eingegangenen Datenumfangs zu erhalten und Fehlwerte frühzeitig zu erkennen, wurde der Bericht „Vollständigkeitskontrolle“ insbesondere für Ab-



Par	Messungsart	Messturnus	Jan	Feb	Mrz	Apr	Mai	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dez	Jahr	Soll	Ist	Diff	Fehl	
A	LOT	wöchentlich	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	1	2012	53	49	4	4
A	LOT	wöchentlich	X	X	X	X	X	1								2013	52	22	30	30
A	LOT	wöchentlich														2014	20		20	20

Abbildung 1.5-1: Bericht Vollständigkeitskontrolle mit Ist-Soll-Übersicht

rechnungszwecke konzipiert. Die erwartete Anzahl an Messwerten (Soll) wird der tatsächlichen Lieferung gegenübergestellt (Ist). Die Differenz zeigt monatlich und für das ganze Jahr an, wo Lücken vorhanden sind. Die Nutzung dieser Berichtsform stellt für den Messnetzbetrieb „Grundwassermenge“ eine deutliche Erleichterung bei der Datenorganisation dar (Abbildung 1.5-1).

Zeitreihenabschnitte, die die vieljährigen (abhängig von der selektierten Zeitspanne) Monatsmittelwerte überschreiten, werden in blauer Farbe dargestellt, eine Unterschreitung der vieljährigen Monatsmittelwerte wird rot gekennzeichnet. Mit dieser Darstellungsform sind Abfolge, Dauer und Intensität von Nass- und Trockenperioden deutlich erkennbar.

### 1.5.2 Diagramm zur Darstellung von Nass- und Trockenperioden

Die klassische Darstellung von Zeitreihen des Grundwasserstands und der Quellschüttung – mit oder ohne Trendgerade – ermöglicht eine unmittelbare Charakterisierung der Grundwasserdynamik und der langjährigen Entwicklung der quantitativen Verhältnisse in definierten Zeiträumen. Das Diagramm „Nass- und Trockenperioden“ stellt eine Ergänzung dar, in dem Perioden mit unter- bzw. überdurchschnittlichen Grundwasserständen bzw. Quellschüttungen sichtbar gemacht werden.

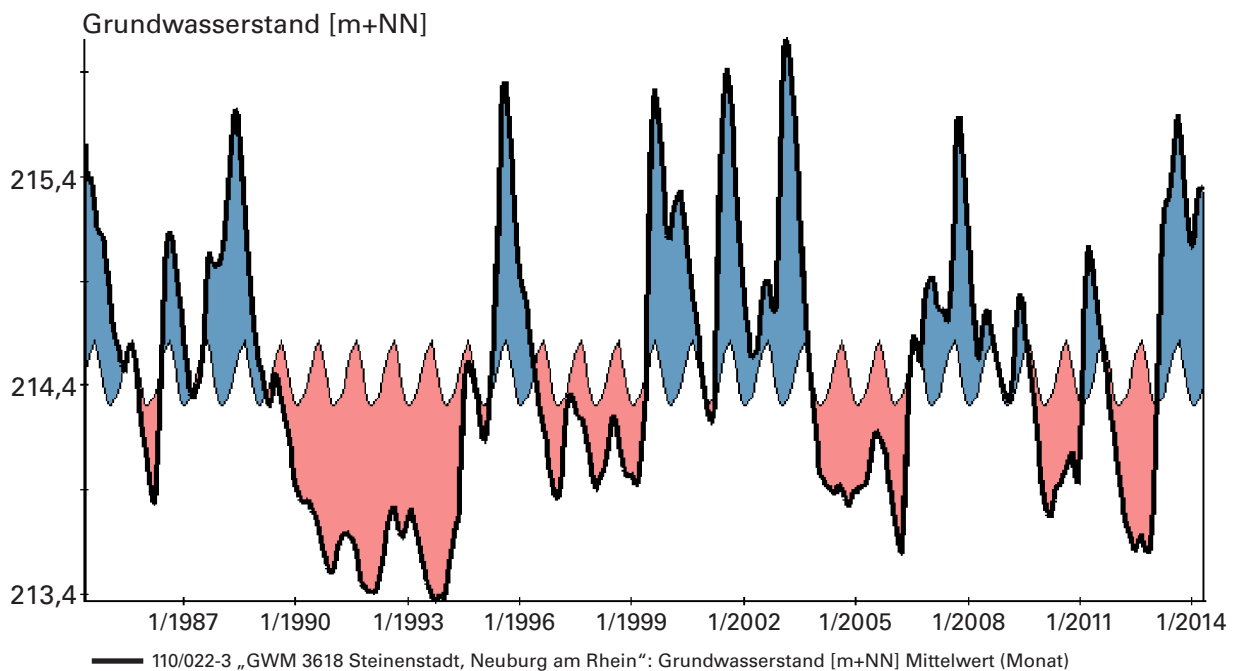


Abbildung 1.5-2: Diagramm zur Darstellung von Nass- und Trockenperioden (Grundwasserstand)

# 2 Das Grundwasser 2013 in Baden-Württemberg

## 2.1. Hydrologische Situation

Das Jahr 2013 entsprach im langjährigen Vergleich mittleren Verhältnissen. Das Flächenmittel der Niederschlagshöhe betrug 2013 in Baden-Württemberg 993 mm, das sind 100 % des Niederschlagsmittelwertes der Normalperiode 1981-2010<sup>5)</sup>. Im größten Teil Baden-Württembergs lag die Niederschlagshöhe im Bereich  $\pm 10$  % des langjährigen Mittels. Die höchste Niederschlagssumme erreicht der Feldberg im Schwarzwald mit 2.120 mm (Abbildung 2.1-1).

Die Höhe des Jahresniederschlags 2013 entspricht den mittleren Verhältnissen der Periode 1981-2010. Innerhalb des Jahres 2013 konnten der regenreiche Monat Mai und der nasse Herbst die ansonsten gemäßigten Verhältnisse ausgleichen. Trotz mehrerer Monate mit unterdurchschnittlichen Niederschlägen war im Jahresverlauf keine ausgeprägte Trockenperiode zu verzeichnen (Abbildung 2.1-2). Die geringsten Niederschlagsmengen wurden in

5) In diesem Jahresbericht 2013 wird erstmals der neue Referenzzeitraum 1981-2010 des DWD für die Darstellung der hydrologischen Messgrößen verwendet.

den Monaten März und Dezember sowie im Sommer registriert. Im März wurden z.B. 31 mm Niederschlag an der Station Rheinstetten gemessen, das sind 48 % des vieljährigen Mittelwerts. Die nassen Monate reichten aus, um die defizitären monatlichen Niederschlagsmengen auszugleichen.

## 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 sind in den Höhenlagen des Schwarzwalds zu beobachten.

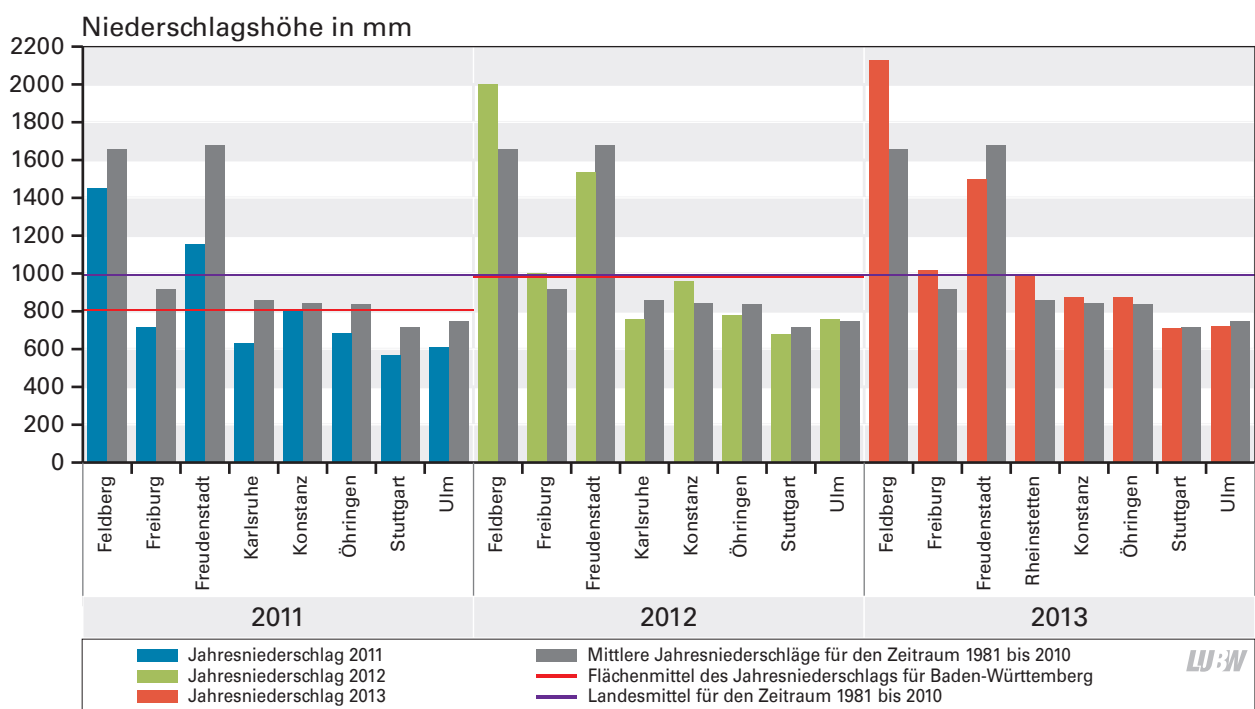


Abbildung 2.1-1: Jahresniederschläge an ausgewählten DWD-Stationen in Baden-Württemberg in den Jahren 2011, 2012 und 2013 im Vergleich zu den langjährigen Mittelwerten (Quelle: DWD)

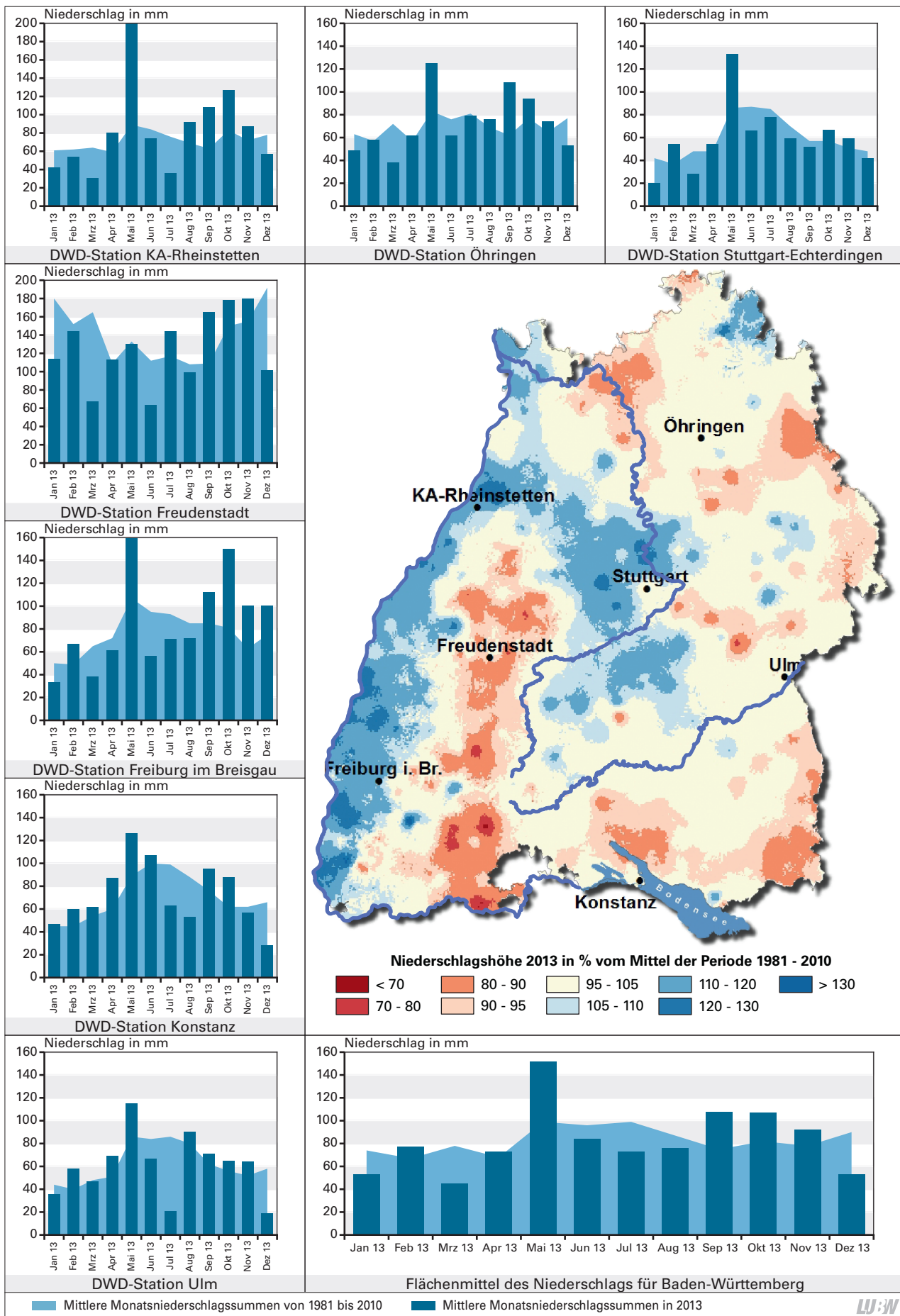


Abbildung 2.1-2: Monatliche Niederschlagshöhe an ausgewählten DWD-Stationen im Jahr 2013 (Quelle: DWD) und Jahresniederschlagshöhe 2013 in % vom Mittel der Periode 1981-2010

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, Elgersweier und Rielasingen 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).

Daher erkennt man 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.

Die vorliegenden Lysimeterbeobachtungen dokumentieren die hohe Grundwasserneubildung aus Niederschlag um die Jahreswende 2012/2013 im Singener Becken, im Iller-Riß-Gebiet sowie im Oberrheingraben. Der Bodenspeicher hat sich in der 1. Jahreshälfte 2013 nur unwesentlich entleert, wodurch dauerhaft günstige Bedingungen für die Grundwasserneubildung gegeben waren. Aus diesem Grund hat das Niederschlagsgeschehen die Höhe der Sickerwassermengen bis Juni geprägt und beachtliche Versickerungen der starken April-, Mai- bzw. Juni-Niederschläge ermöglicht. Der trockene Sommer kombiniert mit dem hohen Wasserbedarf der Pflanzen in der Vegetationszeit hat im späteren Jahresverlauf einen Einbruch der Versickerungen ab Juli bewirkt, wobei zahlreiche Lysimeteranlagen bis Oktober 2013 trocken blieben und rückläufige Grund-

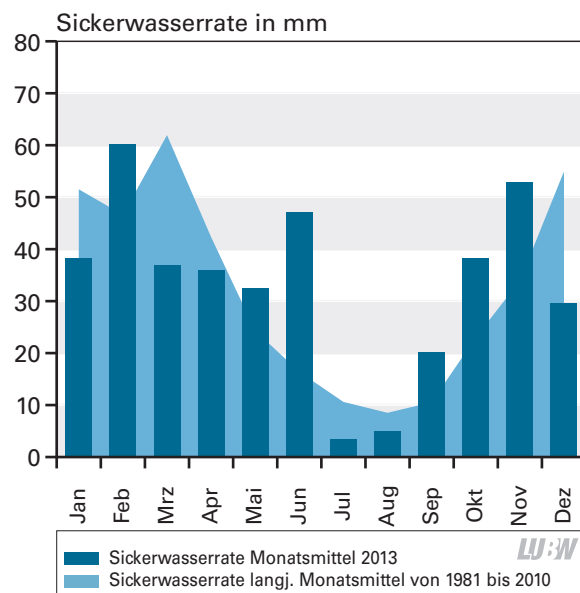


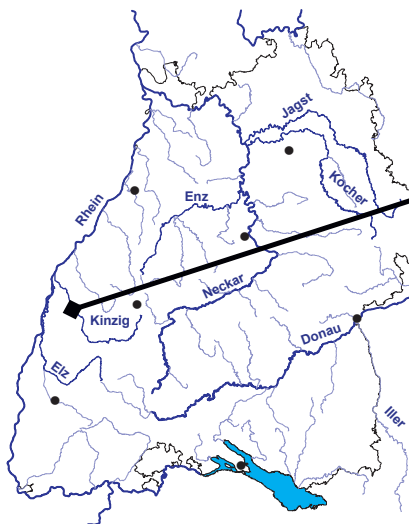
Abbildung 2.2-1: Jahresgang 2013 der Sickerwasserrate im Landesmittel (Säulen) im Vergleich zum mittleren Jahresgang der Periode 1981-2010 (hellblaue Fläche)

wasserstände beobachtet wurden. Der wiederum niederschlagsreiche Herbst 2013 zeichnete sich durch die Wiederkehr der Versickerungen ab Oktober aus, die für einen wirkungsvollen Aufbau der Grundwasservorräte im gesamten Landesgebiet sorgten.

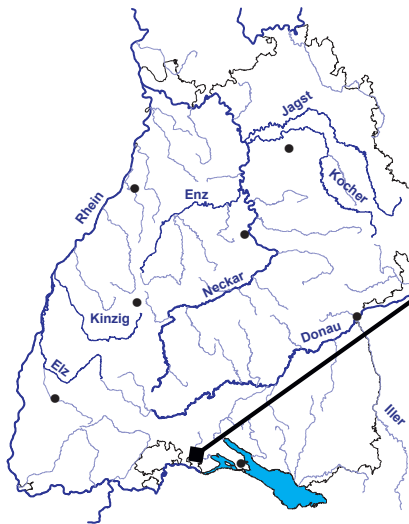
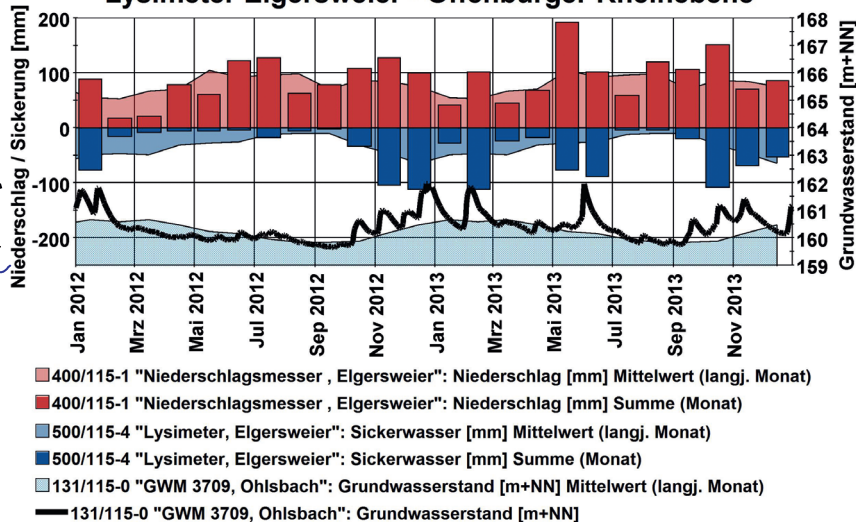
Zur Charakterisierung der Grundwasserneubildungsverhältnisse sind die Monatssummen der Niederschläge und die Versickerungsmengen der Jahre 2012 und 2013 an ausgewählten amtlichen Lysimeterstationen mit den zugehörigen Grundwasserständen an Referenzmessstellen im Vergleich zu 20-jährigen Monatsmittelwerten dargestellt (Abbildung 2.2-2).

Der jahreszeitliche Verlauf der Sickerwasserrate im Jahr 2013 im Vergleich zum mittleren Jahresgang der Periode 1981-2010 ist in Abbildung 2.2-1 dargestellt. Im Unterschied zum Jahr 2012 war der jahreszeitliche Verlauf der Niederschlagsversickerung im Jahr 2013 sehr gleichförmig. Die Monate Juni, Oktober und November brachten im Landesmittel eine überdurchschnittliche, die übrigen Monate eine überwiegend leicht unterdurchschnittliche Sickerwasserrate. Die hohen Niederschlagsmengen zum Monatsende des Mai führten zu der überdurchschnittlichen Sickerwasserrate im Juni des Jahres 2013.

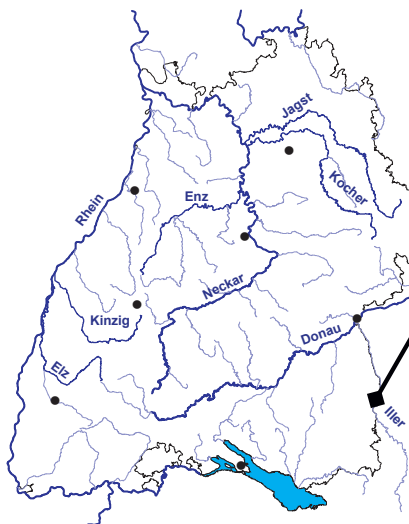
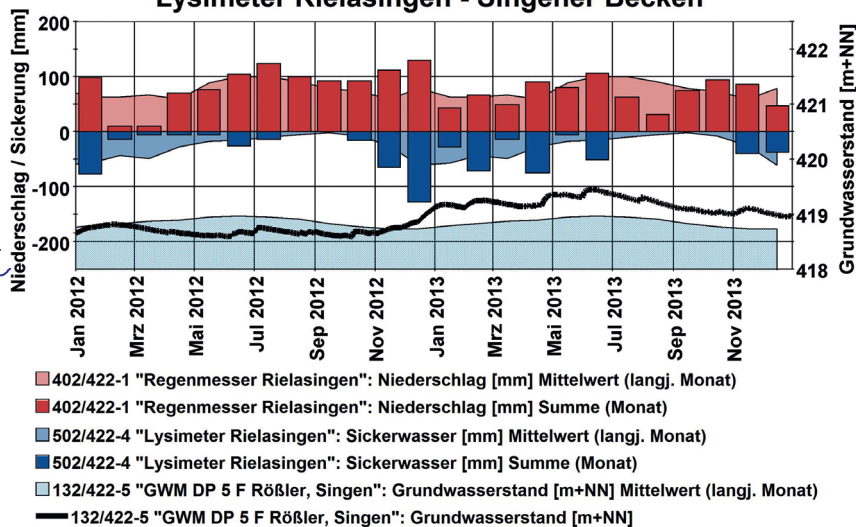
Die räumliche Verteilung der jährlichen Grundwasserneubildung aus Niederschlag in Baden-Württemberg zeigt Ab-



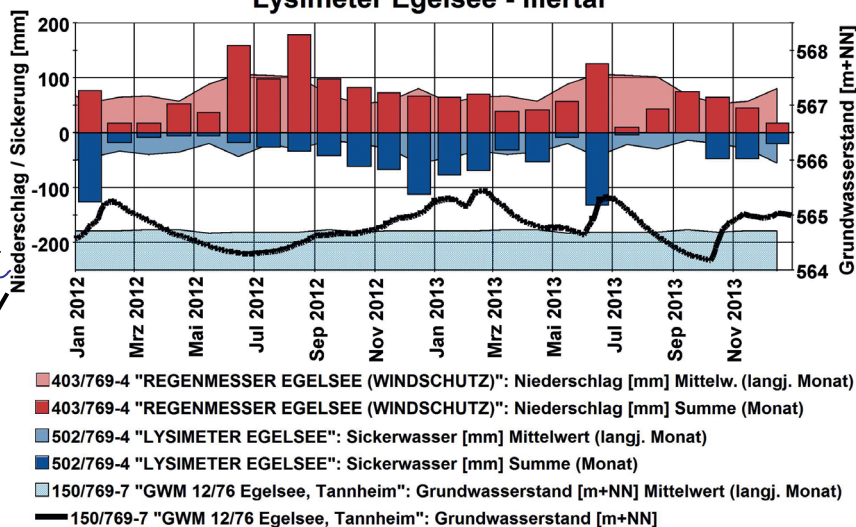
### Lysimeter Elgersweier - Offenburger Rheinebene



### Lysimeter Rielasingen - Singener Becken



### Lysimeter Egelsee - Illertal



LUBW

Abbildung 2.2-2: Niederschlag, Sickerung und Grundwasserstand an ausgewählten Lysimeteranlagen in den Jahren 2012 und 2013

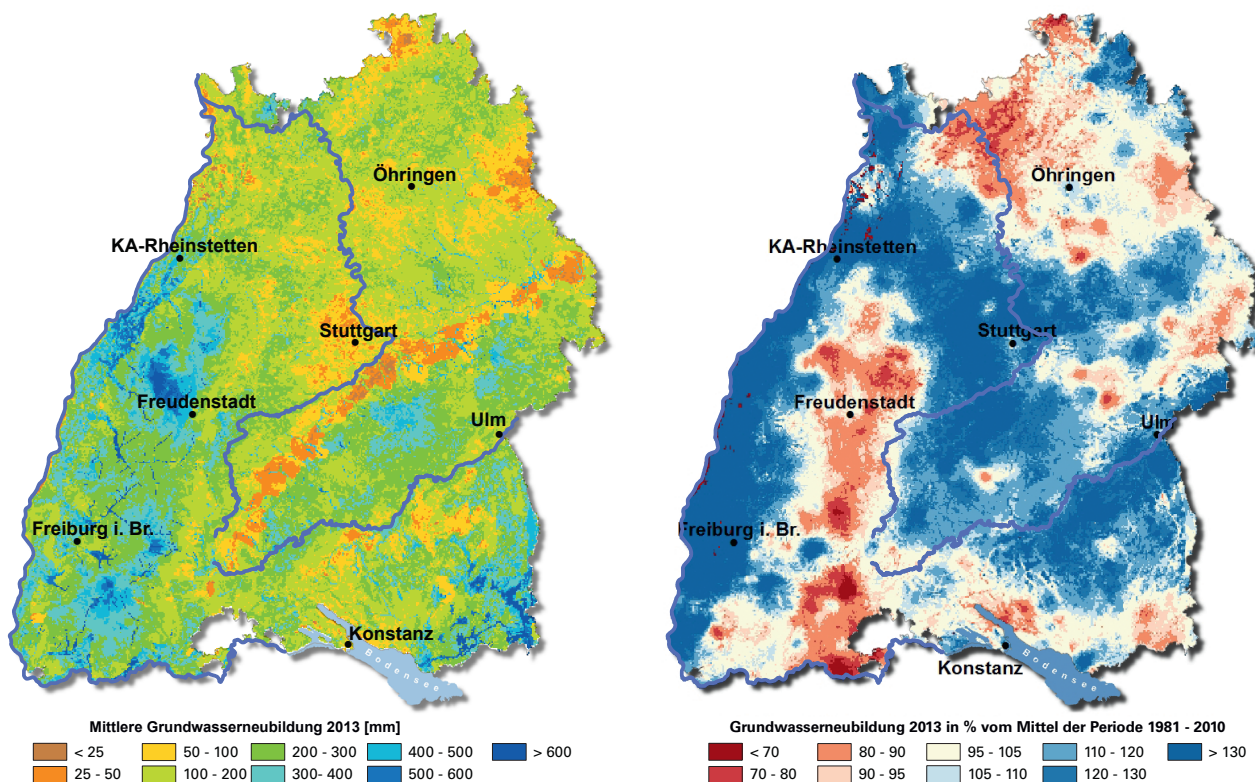


Abbildung 2.2-3: Verteilung der Grundwasserneubildung im Jahr 2013 in mm/Jahr (linke Seite) und in % vom Mittel der Periode 1981-2010 (rechte Seite)

Abbildung 2.2-3. Das Landesmittel des Jahresniederschlags lag im Jahr 2013 bei rd. 990 mm und die Sickerwasserrate betrug etwa 400 mm. Daraus resultierte eine Grundwasserneubildung von etwas über 200 mm/a. Sickerwasserrate und Grundwasserneubildung aus Niederschlag im Jahr 2013 erreichten damit das Niveau der Mittelwerte der Periode 1981-1990.

## 2.3 Die Grundwasservorräte 2013

### 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 2013 beobachteten Tendenzen dargestellt.

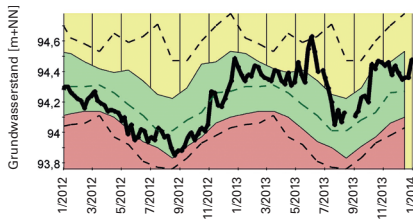
Das quantitative Grundwassermessnetz von Baden-Württemberg wird seit 1913 betrieben. Es ist für die regi-

onale Beobachtung der Grundwasserverhältnisse ausgelegt. Die landesweite Charakterisierung sowie Aussagen über den aktuellen Zustand und kurzfristige Entwicklungstendenzen der quantitativen Grundwasserverhältnisse im Land Baden-Württemberg werden anhand ausgewählter, für die Gesamtheit möglichst repräsentativer „Trend“-Messstellen durchgeführt.

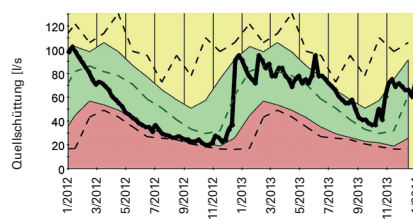
In Abbildung 2.3-1 sind Ganglinien ausgewählter Trendmessstellen dargestellt. Der Normalbereich (grüne Flächen) repräsentiert den statistisch zu erwartenden Schwankungsbereich von Grundwasserstand oder Quellschüttung in einem bestimmten Monat. Dieser Bereich wird durch das 90. Perzentil als Obergrenze 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.

Die hohe Niederschlagsmenge ab November 2012 hat für kurzfristige und steile Anstiege der Grundwasserstände und Quellschüttungen gesorgt. Zum Jahresbeginn 2013 waren dadurch hohe quantitative Verhältnisse zu beobachten. Die Grundwasservorräte bewegten sich anschließend im

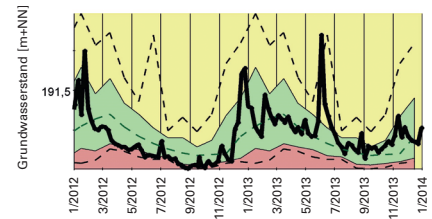
166/306-0 GWM F Insultheimerhof-Weg, Hockenheim



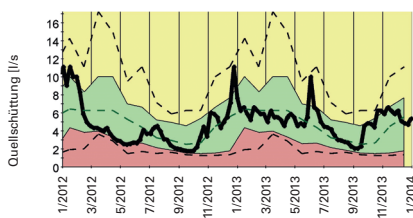
600/544-9 QF Nächstquelle Götzingen, Buchen



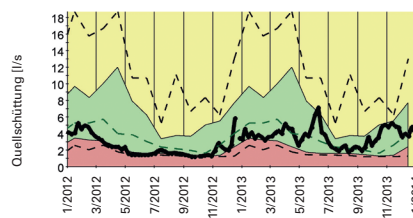
2027/654-4 GWM 5, Unterballbach



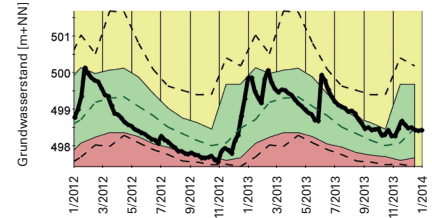
4/213-2 QF Höfelsbrunnen, Forbach



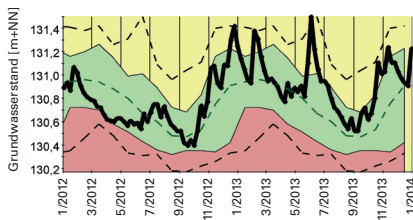
20/558-6 QF Morgenbrunnen, Wüstenrot



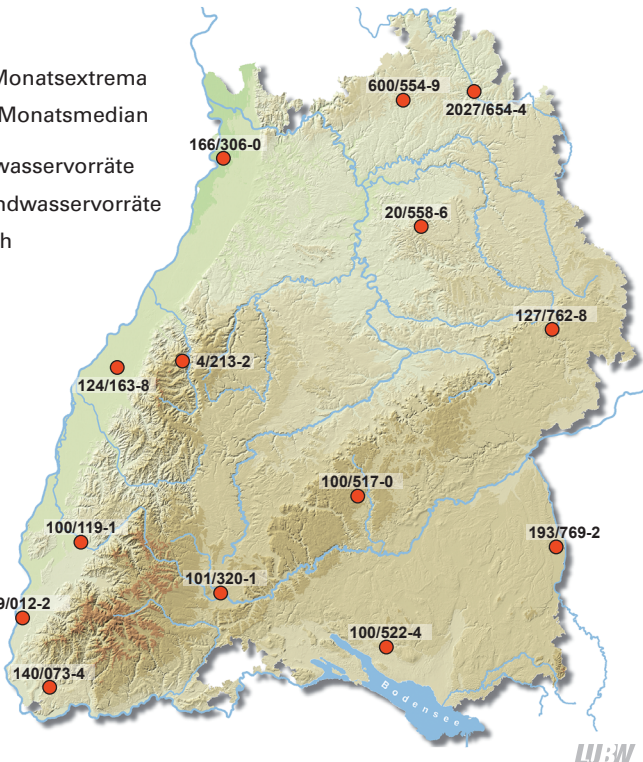
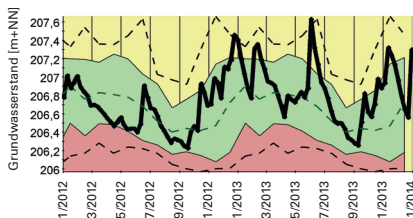
127/762-8 SBR Hof Gold, Oberkochen



124/163-8 GWM 832, Gamshurst

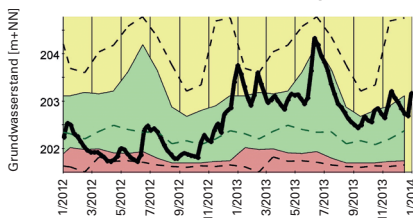


100/119-1 GWM 1397 Baseler Straße, Wasser

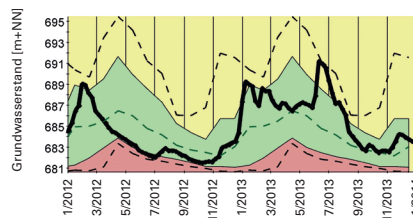


LU:W

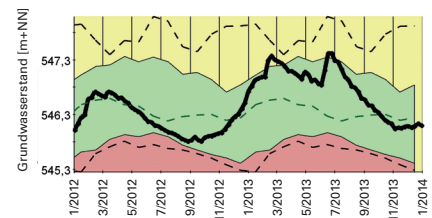
29/021-2 GWM B 15 Zienken, Neuenburg am Rhein



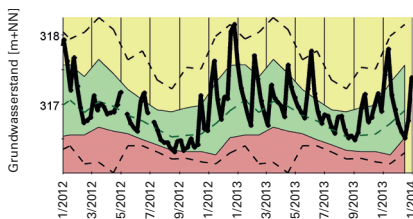
100/517-0 GWM B 14 Neufra, Neufra



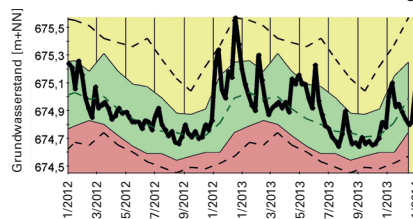
193/769-2 GWM 1 Erolzheim



140/073-4 GWM 3 Steinen, Lörrach



101/320-1 GWM 1044 Allmendshofen, Donauesching.



100/522-4 GWM 3284 Neufra, Salem

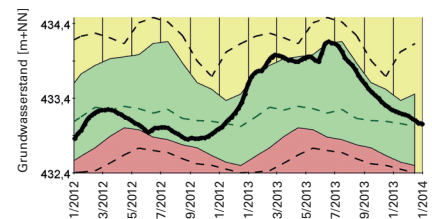


Abbildung 2.3-1: Grundwasserstand / Quellschüttung und zugehöriger Normalbereich aus 20 Beobachtungsjahren an ausgewählten Grundwassermessstellen im Zeitraum Januar 2012 bis Januar 2014

oberen Normalbereich bis die starken Niederschläge im Mai einen erneuten markanten Anstieg, bereichsweise auf ein sehr hohes Niveau, bewirkten. Die für das grundwasserhydrologische Sommerhalbjahr üblichen Rückgänge dauerten 2013 nur außergewöhnlich kurze Zeit von Juli bis September an. Im weiteren Jahresverlauf pendelten sich die Grundwasservorräte witterungsbedingt auf ein insgesamt überdurchschnittliches Niveau im oberen Normalbereich ein.

### 2.3.2 Regionale Grundwasserverhältnisse

Die Grundwasserstände und Quellschüttungen im Hochrheintal, Wiesental und Klettgau waren im gesamten Jahresverlauf 2013 überdurchschnittlich. Die niederschlagsbedingten Grundwasserspiegelschwankungen sind im Wiesental besonders ausgeprägt (Messstelle 140/073-4 in Abbildung 2.3-1). An der Messstelle 160/223-0 sind aufgrund lokaler Besonderheiten niedrige Grundwasservorräte zu beobachten (roter Punkt im Süden in Abbildung 2.3-4). Die Mehrzahl der 20-jährigen Trends ist ausgeglichen.

Die Grundwasserstände im südlichen Oberrhein und in der Freiburger Bucht bewegen sich im Jahresverlauf 2013 aufgrund der Anstiege zur Jahreswende 2012/2013 im Mai und im Herbst permanent im oberen Normalbereich und darüber. Die starken Mai-Niederschläge haben besonders steile Grundwasseranstiege auf langjährige Höchstwerte bewirkt (Messstelle 100/119-1 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

Der Grundwasserstand im Bereich des mittleren Oberrheins unterlag im Jahr 2013 starken Schwankungen im oberen Normalbereich und oft darüber. In diesem Gebiet sind die Anstiege im Mai/Juni – z. T. bis auf den höchsten Stand der letzten 20 Jahre – besonders markant. Die stark rückläufige Entwicklung im Sommer wurde durch steile Anstiege ab Oktober weitgehend kompensiert (Messstelle 124/163-8 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

Der Grundwasserstand im nördlichen Oberrhein hat sich im Jahresverlauf 2013 permanent im oberen Normalbereich bewegt. Zum Jahresende ist ein überdurchschnittliches Niveau erreicht. (Messstelle 166/306-0 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist insgesamt

ausgewogen, wobei im Rhein-Neckar-Raum vereinzelt rückläufige Verhältnisse zu beobachten sind.

Die Grundwasservorräte im Singener- und Bodenseebecken haben sich um die Jahreswende 2012/13 erholt und bewegen sich im Jahr 2013 ausschließlich im oberen Normalbereich – trotz fortwährenden Rückgangs in der 2. Jahreshälfte. Zum Jahresende sind nach wie vor etwa mittlere Verhältnisse festzustellen (Messstelle 100/522-4 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 Jahr 2013 relativ stark innerhalb des vieljährigen Normalbereichs. Starke Niederschläge haben jedoch wiederholt zu kurzfristigen Anstiegen auf ein hohes Niveau geführt (Messstelle 101/320-1 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist ausnahmslos ausgeglichen.

Starke Niederschläge haben kurzfristige Anstiege des Grundwasserstands im Illertal und im Bereich der Leutkircher Heide ab Jahresende 2012 bewirkt. Darauf hin haben sich die Grundwasservorräte im weiteren Jahresverlauf 2013 bis in die Sommermonate auf hohem Niveau – zeitweise oberhalb des Normalbereichs – bewegt. Dank dieses hohen Ausgangsniveaus entsprechen die Grundwasserstände – trotz fortwährenden Rückgangs ab etwa August – mittleren Verhältnissen zum Jahresende (Messstelle 193/769-2 in Abbildung 2.3-1). Der 20-jährige Trend ist ausgeglichen.

Nach steilen Grundwasseranstiegen zum Jahresbeginn 2013 bewegten sich die Grundwasserstände von zahlreichen Messstellen im Rißtal und in Oberschwaben durchgehend auf deutlich überdurchschnittlichem Niveau an der Obergrenze des Normalbereichs (Messstelle 115/619-0 in Abbildung 2.3-2). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist weitgehend unauffällig.

Die Grundwasserstände und Quellschüttungen im Karstaquifer der Schwäbischen Alb bewegten sich im gesamten Jahresverlauf von 2013 auf überdurchschnittlichem Niveau, mit seltenen Ausnahmen auch auf einem hohen Niveau. Der Kurvenverlauf entspricht weitgehend dem Niederschlagsgeschehen, wobei die starken Niederschlagsereig-



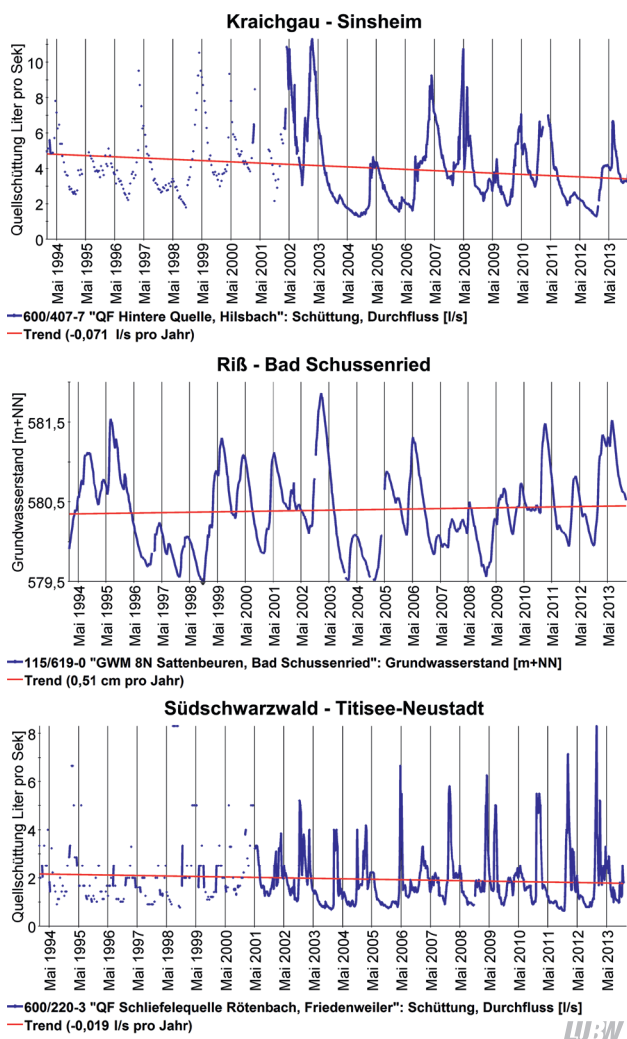


Abbildung 2.3-2: Ganglinien ausgewählter Grundwasserstandsmessstellen mit Trendbetrachtung 1994-2013

nisse ausgeprägte Auswirkungen zu Jahresbeginn und im Juni 2013 hatten (Messstelle 100/517-0 in Abbildung 2.3-1). Im Bereich der Ostalb werden vergleichbare Verhältnisse beobachtet (Messstelle 127/762-8 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährigen Trends sind ausgeglichen.

Die Entwicklung der Grundwasserstände im Neckarbecken sowie der Quellschüttungen in den Schwäbisch-Fränkischen Waldbergen blieb im gesamten Jahresverlauf 2013 unauffällig innerhalb des Normalbereichs (Messstelle 20/558-6 in Abbildung 2.3-1). Der Fröhlichsbrunnen in Neuhütten wurde 2012 umgebaut und führte 2013 vergleichsweise wenig Wasser (roter Punkt im Norden in Abbildung 2.3-4). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist unauffällig.

Die Grundwasserstandsentwicklung im Bereich der Flusstäler von Tauber, Kocher und Jagst ist vom Abflussregime der benachbarten Fließgewässer geprägt. Sie entsprach

2013 weitgehend den vieljährigen Verhältnissen mit signifikanten Anstiegen zu Jahresbeginn und insbesondere dem gewaltigen Sprung auf 20-jährige Hochwerte im Juni 2013. Im weiteren Jahresverlauf blieben die Schwankungen weitgehend unauffällig (Messstelle 2027/654-4 in Abbildung 2.3-1). Trotz signifikanter Anstiege in 2013 sind die 20-jährigen Entwicklungstendenzen nach wie vor unauffällig.

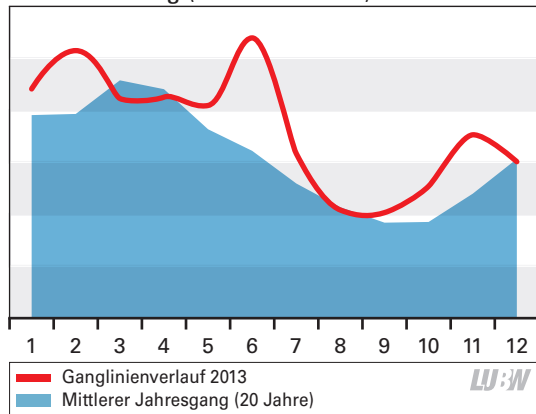
Nach den niederschlagsbedingten steilen Anstiegen der Quellschüttungen in den Festgesteinen von Nord-Württemberg und Odenwald zum Jahresbeginn 2013 bis an die Obergrenze der Normalbereiche war bis zum Jahresende ein leicht überdurchschnittliches Niveau zu beobachten. Nach stabilen Schüttungen bis zum Juni waren die Ganglinien ab dem Sommer rückläufig. Starke Niederschläge konnten eine kurzfristige Entspannung zum Jahresende bewirken. Der Ganglinienverlauf entspricht den geläufigen Verhältnissen (Messstelle 600/554-9 in Abbildung 2.3-1). Die langjährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

Die Quellschüttungen und Grundwasserstände im Kraichgau verliefen im gesamten Jahresverlauf 2013 unauffällig auf mittlerem Niveau. Die Niederschläge in Mai und Juni haben für markante Anstiege bis zur Obergrenze des Normalbereichs gesorgt (Messstelle 600/407-7 in Abbildung 2.3-2). Die 20-jährigen Trends sind ausgeglichen.

Die Schwarzwaldquellen verfügen über kleinräumige Einzugsgebiete und weisen ausgeprägte, niederschlagsbedingte Schüttungsschwankungen auf. Die hohen Niederschlagsmengen zu Jahresbeginn und im Mai/Juni 2013 sowie einzelne Starkniederschläge haben den Jahresverlauf der Schüttungsdynamik geprägt. Sowohl im Nord- als auch im Südschwarzwald wurden mehrfach Schüttungsanstiege bis auf 20-jährige Hochwerte beobachtet (Messstellen 600/220-3 in Abbildung 2.3-2 und 4/213-2 in Abbildung 2.3-1). Die 20-jährigen Trends sind ausgeglichen.

Eine gesamtschauliche Beurteilung der quantitativen Grundwasserverhältnisse im Jahr 2013 lässt sich vor dem Hintergrund von mehrjährigen (20 Jahre) Beobachtungsreihen durchführen. In Abbildung 2.3-3 sind hierzu die normierten Ganglinien von Trendmessstellen zusammengefasst dargestellt. Der langjährig mittlere Jahresgang (blaue Fläche) wird aus normierten und anschließend gemittelten Monats-

Quellschüttung (96 Messstellen)



Grundwasserstand (206 Messstellen)

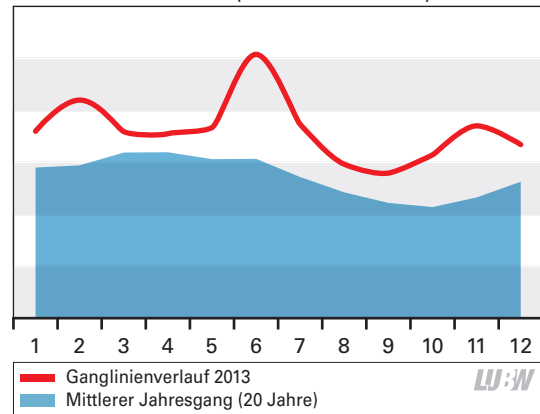


Abbildung 2.3-3: Mittlerer Jahresverlauf von Quellschüttung und Grundwasserstand im vieljährigen Mittel (1994-2013) und im Jahr 2013 (schematisch)

mittelwerten der Einzelmessstellen berechnet. Das Berichtsjahr 2013 wird als rote Linie dargestellt.

Abbildung 2.3-4 zeigt die messstellenbezogene Beurteilung der aktuellen quantitativen Grundwasserverhältnisse ebenfalls auf der Grundlage der Mittelwerte des Jahres 2013 im mehrjährigen Vergleich (20 Jahre). Darüber hinaus wurden die jeweiligen Entwicklungstendenzen (lineare Trends aus 20 Beobachtungsjahren) ausgewertet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2.3-4 zusammenfassend dargestellt. 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.

Insgesamt sind die Grundwasservorräte im Jahr 2013 deutlich höher als im vorangegangenen Jahr, wobei im langjährigen Vergleich in allen Landesteilen überdurchschnittliche Verhältnisse anzutreffen sind (Abbildungen 2.3-3 und 2.3.4). Obwohl die Jahressumme des Niederschlags nur langjährigen Verhältnissen entspricht, hat die aus grundwasserhydrologischer Hinsicht sehr günstige innerjährliche Verteilung der Witterung für eine ausgeprägte Neubildung und somit für starke Grundwasseranstiege gesorgt. Die Grundwasserstände und Quellschüttungen waren im gesamten Jahresverlauf überdurchschnittlich. Die auf Niederschläge stärker reagierenden Quellschüttungen unterliegen grundsätzlich etwas größeren innerjährlichen Schwankungen und bewegten sich im Frühjahr und Sommer kurzzeitig auf mittlerem Niveau. In Nord-Württemberg hat sich die quantitative Grundwas-

sersituation deutlich erholt. Im Oberrheingraben sind hohe Grundwasserstände festzustellen (Abbildung 2.3-4).

Die großen Niederschlagsmengen zur Jahreswende 2012/13 haben in allen Landesteilen steile Anstiege der Grundwasservorräte auf ein überdurchschnittliches bis bereichsweise hohes Niveau bewirkt. Im weiteren Jahresverlauf wurden erneut markante niederschlagsbedingte Zunahmen im Mai/Juni beobachtet. Dieser steile Anstieg ist in allen Landesteilen vorhanden und kennzeichnet das Jahr 2013, wobei vielerorts langjährige Monatshöchstwerte erreicht wurden. Dank dieser günstigen Ausgangssituation bewegten sich die Grundwasserstände und Quellschüttungen – trotz der saisonal üblichen Rückgänge im Sommerhalbjahr – bis zum Jahresende dauerhaft auf überdurchschnittlichem Niveau. Der 20-jährige Trend ist bei den Grundwasserstandsmessstellen und den Quellen nach wie vor ausgeglichen (Abbildungen 2.3-3 und 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 2013 wurde das Grundwasser von 1.776 Messstellen im Auftrag der LUBW auf Nitrat untersucht.

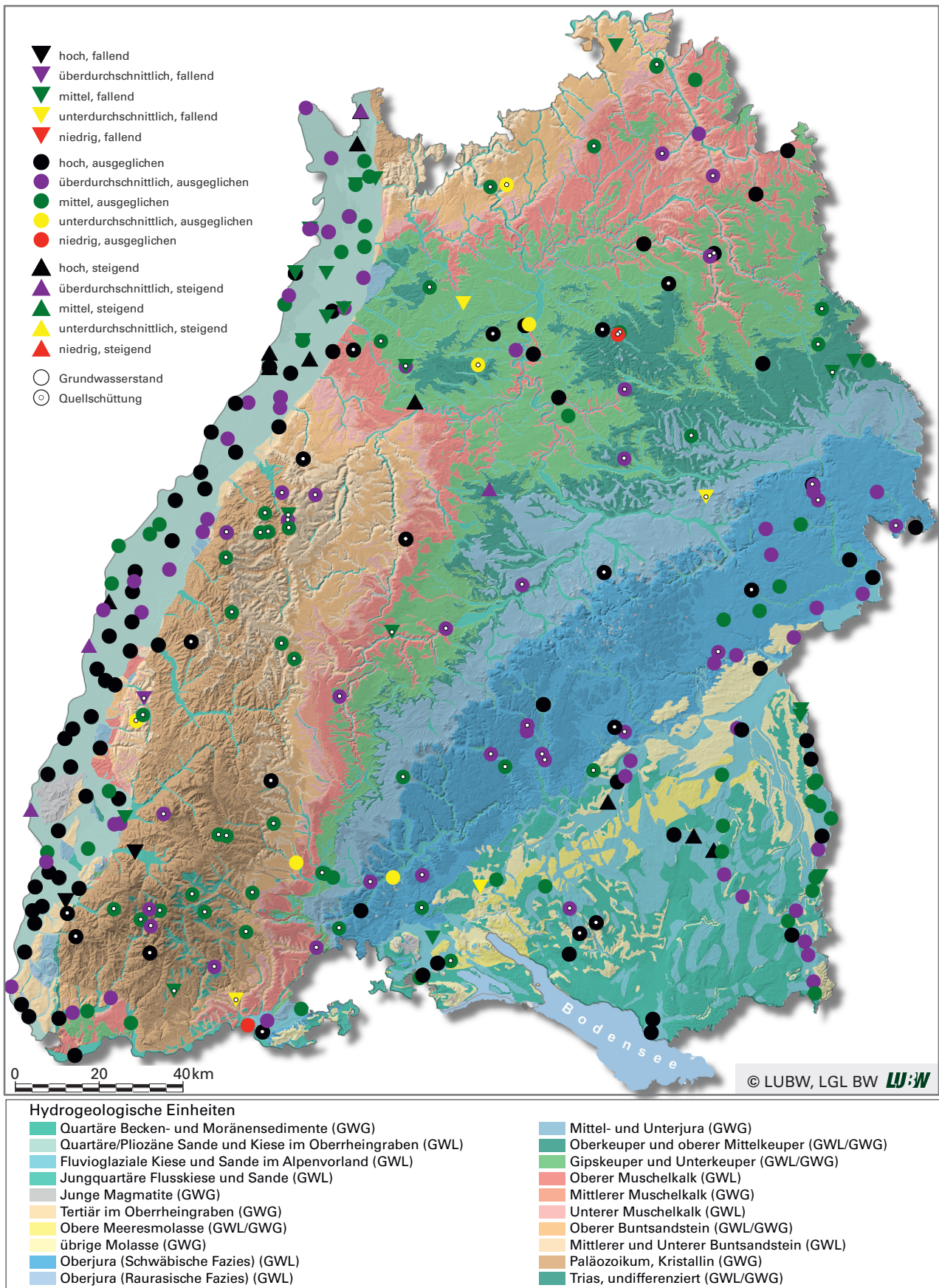


Abbildung 2.3-4: Charakterisierung der mittleren Grundwasserverhältnisse im Jahr 2013 und des Trendverhaltens im Zeitraum 1994 - 2013

### 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. Hierbei ist darauf hinzuweisen, dass der Warnwert des Grundwasserprogramms zur Anpassung an die Grundwasserverordnung (GrwV) ab dem Berichtszeitraum 2011 von 40,0 mg/l auf 37,5 mg/l abgesenkt wurde, was in der Folge zu einer höheren Überschreitungsquote als in den Vorjahren führt. Der Wert von 37,5 mg/l entspricht 75 % des Schwellenwertes der GrwV. Im Jahr 2013 lag die Überschreitungshäufigkeit des neuen Warnwertes bei 20,7 % und des Schwellenwertes der GrwV / des Grenzwertes der TrinkwV von 50 mg/l bei 10,2 % der Messstellen des Landesmessnetzes (Abbildung 2.4-1). Das Maximum betrug 174 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 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 Teilmessnetze Landwirtschaft (EL), Siedlungen (ES), Rohwasser (RW) und des Basismessnetzes (BMN) zeigt Tabelle 2.4-1.

### 2.4.1.2 Räumliche Verteilung und Regionalisierung

Die großräumige regionale Verteilung der Nitratbelastung stellt sich im Vergleich zu den Vorjahren hinsichtlich der Belastungsschwerpunkte nahezu unverändert dar (Abbildungen 2.4-2 und 2.4-3). Wiederum sind die Gebiete zwi-

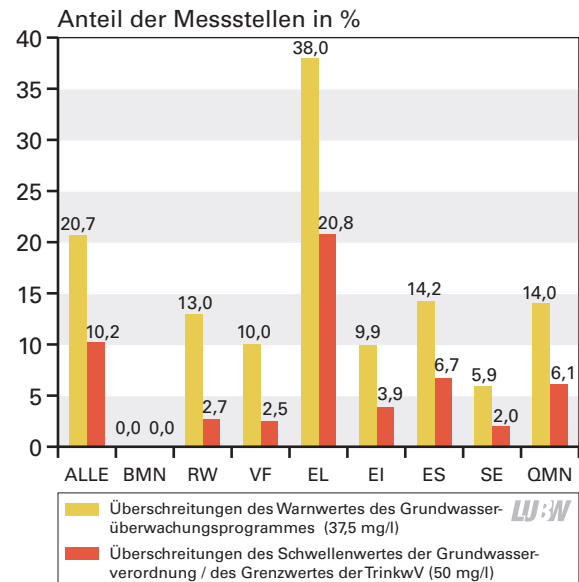


Abbildung 2.4-1: Prozentualer Anteil der Messstellen mit Überschreitungen des Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms (37,5 mg/l) und des Schwellenwertes der Grundwasserverordnung bzw. des Grenzwertes der TrinkwV im Gesamtmessnetz und in den Teilmessnetzen 2013 (Datenbasis: nur Landesmessstellen, Abkürzungen siehe Anhang A1)

schen 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“ eingestuftem Grundwasserkörper (siehe Kapitel 2.9). Neben diesen Hauptbelastungsregionen gibt es noch einige kleinere Gebiete mit teilweise deutlich 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 des Landkreises Schwäbisch Hall (Abbildung 2.4-2).

Tabelle 2.4-1: Statistische Kennzahlen Nitrat 2013

	Landes-Messnetz	EL	ES	RW	BMN
Anzahl der Messstellen	1.776	629	344	146	105
Mittelwert in mg/l	23,6	33,4	20,9	19,9	7,3
Medianwert in mg/l	18,8	29,3	17,6	17,6	6,2
Überschreitungen des Warnwertes (37,5 mg/l) in % der Messstellen	20,7	38,0	14,2	13,0	0,0
Überschreitungen des Schwellenwertes der Grundwasserverordnung bzw. des Grenzwertes der TrinkwV (50 mg/l) in % der Messstellen	10,2	20,8	6,7	2,7	0,0

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

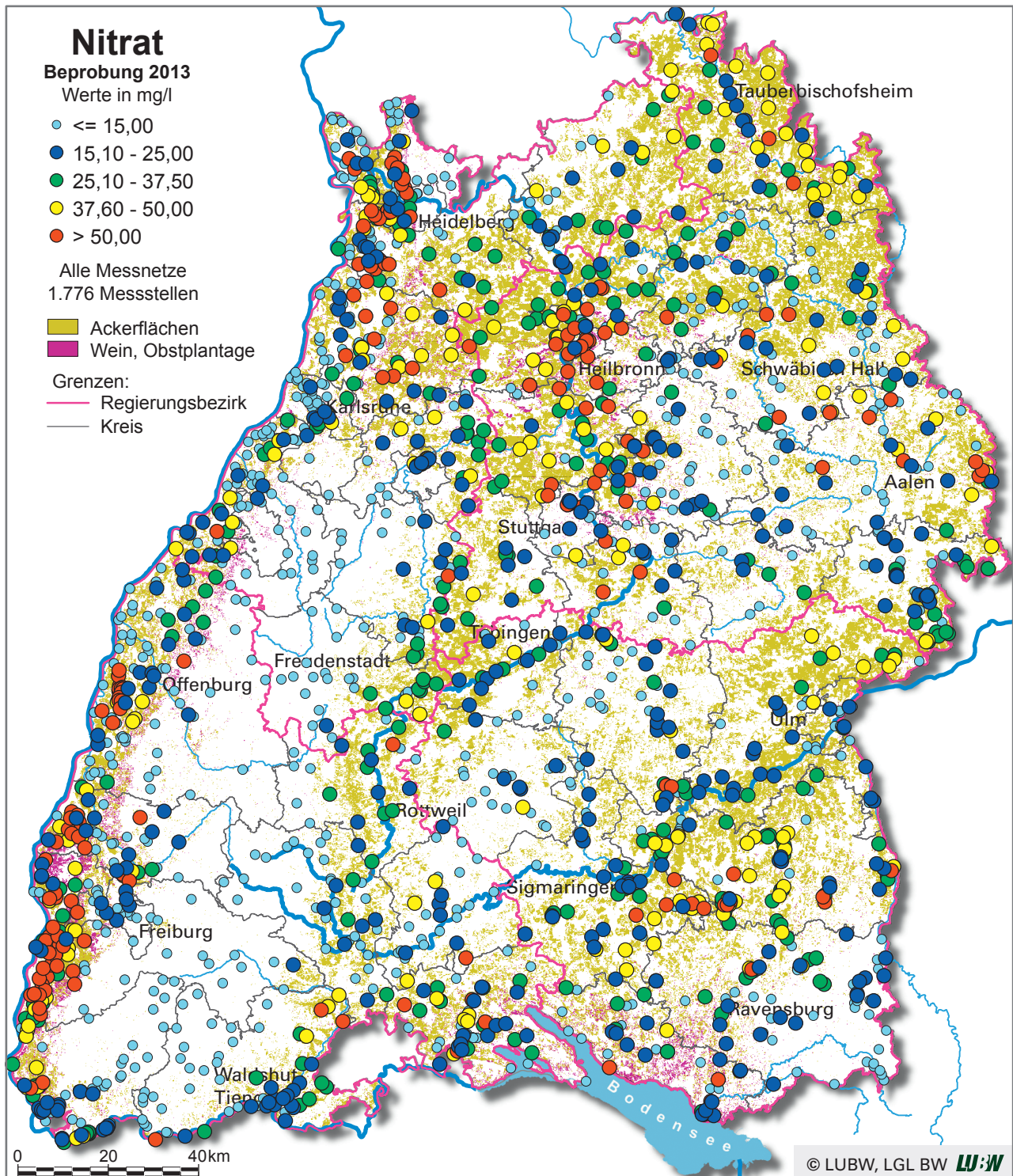


Abbildung 2.4-2: Nitratgehalte 2013 an den 1.776 Landesmessstellen

Die Beschaffenheit des Grundwassers kann kleinräumig sehr unterschiedlich sein. So können bei den Nitratbelastungen schon in wenigen 100 m Abstand deutliche Konzentrationsunterschiede beobachtet werden. Trotzdem ist es gerechtfertigt, für einen Überblick über das gesamte Land die punktuellen Messungen zu regionalisieren und eine flächendeckende Belastungskarte zu erstellen (Abbildung 2.4-3), um

das großräumige Belastungsniveau zu beschreiben. Keinesfalls darf dies jedoch dazu verleiten, aus dieser Darstellung lokale Einzelmesswerte ablesen zu wollen. Dies ist in der Datenverarbeitung technisch möglich, kann aber die tatsächlichen kleinräumigen Belastungszustände nicht richtig wiedergeben. Ein in der Regel noch akzeptabler Darstellungsmaßstab ist etwa 1:100.000.

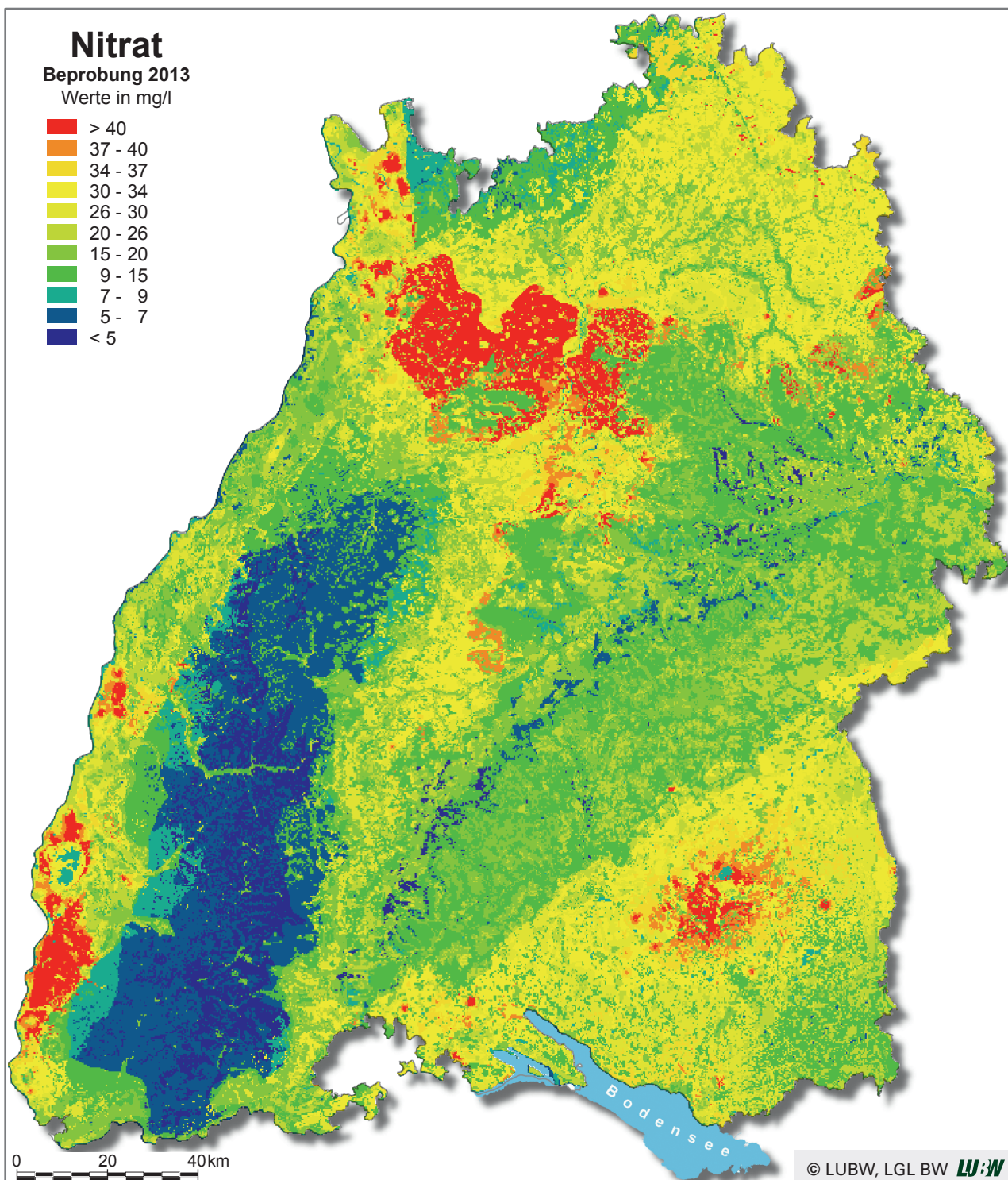


Abbildung 2.4-3: Verteilung der Nitratgehalte 2013 im oberflächennahen Grundwasser, regionalisierte Darstellung nur oberflächennaher Messstellen mit Messungen von September bis Oktober 2013 (Datengrundlage: 1.399 von insgesamt 1.776 Landesmessstellen, da ein Teil der Messstellen in tiefen Aquiferen verfiltert ist oder für Messstellen keine Aquifer- oder Landnutzungsbeurteilung vorliegt)

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 Hauptbela-

stungsgebiete. Angegeben sind die Konzentrationen der Rasterelemente (300 m x 300 m). Durch die räumliche Integrationswirkung werden dabei die punktuellen Extremwerte an den Messstellen nicht wiedergegeben.

### 2.4.1.3 Kurzfristige Veränderungen (Vergleich zu den Vorjahren)

Tabelle 2.4-2 zeigt die Entwicklung der statistischen Kennwerte von 2003 bis 2013 im gesamten Landesmessnetz mit der Anzahl der im jeweiligen Jahr beprobten Messstellen. Die Kennwerte des Jahres 2013 sind mit Ausnahme der Zahl der Schwellenwertüberschreitungen höher als in den letzten beiden Jahren. Die Überschreitungshäufigkeit des Wertes von 50 mg/l im gesamten Landesmessnetz hat gegenüber dem Vorjahr um 0,2 Prozentpunkte von 10,0 % auf 10,2 % zugenommen, ist jedoch die zweitniedrigste in der Datenreihe seit 2003. Nur im Vorjahr 2012 war sie geringer. Der Wert von 50 mg/l wird 2013 nur noch an jeder zehnten Messstelle überschritten. Dies war bisher nur 2004, 2011 und 2012 der Fall. Der Mittelwert ist 2013 um 1,1 mg/l gestiegen und beträgt nun 23,6 mg/l. Dabei ist festzustellen, dass nur relativ wenige Messstellen mit hohen Zunahmen diese relativ große Mittelwerterhöhung verursachen (s. u.).

Der Mittelwert und der Medianwert 2013 liegen in der Größenordnung der Werte von 2009 und 2010, also auf dem Niveau unmittelbar vor dem Trockenjahr 2011. Die Zahl der Warnwertüberschreitungen mit dem alten Warnwert als Maßstab liegt 2013 mit 18,9 % auf dem Niveau des Jahres 2007 mit ebenfalls 18,9 %. Damals war bisher die höchste Überschreitungquote in der Datenreihe der letzten zehn Jahre als Folge des Trockenjahrs 2003. Auch die gestiegenen Nitratgehalte 2013 sind sehr wahrscheinlich mitverursacht durch das Trockenjahr 2011.

Dies zeigt auch eine Betrachtung der jährlichen und der monatlichen Sickerwasserraten der letzten Jahre, die die nach dem Trockenjahr 2011 offenbar verzögerte Nitratver-

lagerung in das Grundwasser erklären kann. 2011 und 2012 waren die Monate Februar bis Juni jeweils stark unterdurchschnittlich, 2011 auch die Monate September bis November. So konnte 2011/2012 kaum Nitrat verlagert werden. Erst mit der nicht unterbrochenen Sickerungsperiode von Oktober 2012 bis Juni 2013 mit durchschnittlichen bis überdurchschnittlichen Sickerwassermengen konnte das Sickerwasser wieder Nitrat in die Tiefe verlagern. Die entsprechenden Abbildungen über die Niederschlags- und Sickerwassermengen sind in den LUBW-Grundwasserberichten der Jahre 2010, 2011 und 2012 zu finden.

Wie in den beiden Berichten 2011 und 2012 von der LUBW hingewiesen wurde, war aufgrund der Erfahrungen mit dem Trockenjahr 2003 ein Anstieg des Belastungsniveaus nach dem Trockenjahr 2011 nicht auszuschließen. Der in den trockenen Jahren 2011 und 2012 im Boden gespeicherte Stickstoff gelangt erst in den nasserer Folgejahren ins Grundwasser.

Im Teilmessnetz „Landwirtschaft“ (EL), dem mit 629 untersuchten Messstellen größten Teilmessnetz, ergibt sich ein von 2011 auf 2013 etwas abnehmender Anteil der Grenzwertüberschreitungen von 21,4 % im Jahr 2011 auf je 20,7 bzw. 20,8 % in den Jahren 2012 und 2013. Dagegen stiegen die Warnwertüberschreitungen von 2011 mit 37,0 % über 35,9 % im Jahr 2012 auf nun 38 % im Jahr 2013, d. h. es gibt 2013 Warnwertüberschreitungen an weiteren 6 bzw. 12 Messstellen.

#### Konsistente Messstellen 2003 bis 2013

Seit Herbst 2007 werden aus verschiedenen Gründen etwa 200 - 300 Messstellen weniger als in den Jahren davor be-

Tabelle 2.4-2: Statistische Kennzahlen der Nitratdaten vom Herbst 2013 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
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
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
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
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*
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

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

Tabelle 2.4-3: Statistische Kennzahlen der Nitratdaten vom Herbst 2013 im Vergleich zu den Vorjahren (1.376 konsistente Messstellen mit einem jährlichen Wert im September/Oktober)

Landesmessnetz	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Anzahl der Messstellen	1.376	1.376	1.376	1.376	1.376	1.376	1.376	1.376	1.376	1.376	1.376
Mittelwert in mg/l	23,6	23,0	23,7	23,9	24,1	23,4	22,8	22,9	22,3	21,7	22,5
Medianwert in mg/l	18,0	18,2	19,0	19,1	19,0	18,5	18,2	18,0	18,0	17,0	18,2
Überschreitungen des Warnwertes (37,5 mg/l) in % der Messstellen	20,5	18,3	19,0	20,3	19,9	19,5	18,8	19,1	18,1	17,1	18,3
Überschreitungen des Schwellenwertes der Grundwasserverordnung bzw. des Grenzwertes der TrinkwV (50 mg/l) in % der Messstellen	10,4	9,7	10,4	10,2	10,8	10,6	9,6	9,2	8,8	8,7	8,6

LUBW

probt (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 2013 - ermittelt und hierfür die statistischen Kennwerte der Vorjahre neu berechnet. Für den Zeitraum 2003 bis 2013 ergeben sich 1.376 konsistente Messstellen (Tabelle 2.4-3).

Bei den meisten Kennwerten ist im Jahr 2013 ein Anstieg gegenüber 2012, dem Jahr mit dem bisher niedrigsten Belastungsniveau festzustellen. Der Mittelwert der Nitratbelastung des Grundwassers hat sich von 21,7 mg/l im Jahr 2012 um 0,8 mg/l auf 22,5 mg/l im Jahr 2013 erhöht. Weiterhin sind 2013 gegenüber dem Vorjahr der Medianwert um 1,2 mg/l und die Überschreitungsquote des Warnwerts um 1,2 Prozentpunkte gestiegen. Dagegen ist die Überschreitungsquote des Schwellenwerts von 50 mg/l um 0,1 Prozentpunkte gesunken.

#### Konsistente Messstellen 2012 bis 2013

An 1.634 Messstellen des Landesmessnetzes liegen Nitrat-Messwerte sowohl für Herbst 2012 als auch für Herbst 2013 vor. Der direkte Vergleich der einzelnen Messstellen zeigt, dass 829 Messstellen mit Zunahmen des Nitratwertes 679 Messstellen mit Abnahmen gegenüberstehen. Damit überwiegen die Zunahmen mit 51 % gegenüber 42 % Abnahmen. Bei den restlichen 126 Messstellen sind die Nitratwerte im Vergleich zum Vorjahr unverändert.

Teilt man die 1.634 Messwerte aus dem Jahr 2013 in sieben Konzentrationsklassen ein und bildet für jede Klasse den Mittelwert der sich aus den Veränderungen von 2013 im Vergleich zu 2012 ergebenden Differenzen, so erhält man das in Abbildung 2.4-4 dargestellte Balkendiagramm. Wie

nach dem Trockenjahr 2003 sind nach dem Trockenjahr 2011 die Belastungen 2013 in allen höheren Konzentrationsklassen deutlich gestiegen. In der Klasse größer 80 mg/l ist mit 12,4 mg/l der höchste Wert in der Datenreihe seit 2000 festzustellen. Der bisher höchste Wert war mit 8,2 mg/l im Jahr 2005 aufgetreten, also zwei Jahre nach dem Trockenjahr 2003.

Die Auswertung ergibt für die oberste Klasse mit Nitratkonzentrationen über 80 mg/l mit insgesamt 39 belasteten Messstellen eine Zunahme des mittleren Nitratgehaltes um 12,4 mg/l. In den folgenden vier Klassen nehmen die Belastungen um 0,6 mg/l bis 3,0 mg/l zu.

Die regionale Verteilung der Messstellen mit zu- bzw. abnehmenden Nitratgehalten zwischen 2012 und 2013 zeigt Abbildung 2.4-5. Gebiete mit einer Häufung starker Zunahmen liegen in den in Kap. 2.4.1.2 aufgeführten Hauptbelastungsregionen und kleineren Gebieten mit erhöhten

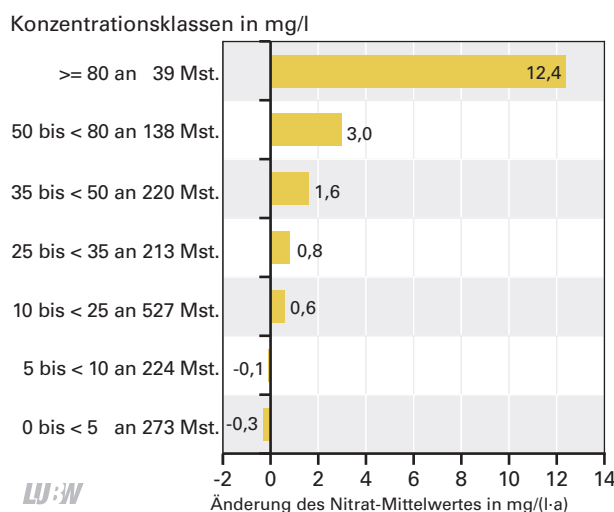


Abbildung 2.4-4: Änderung des Nitratmittelwertes 2013 gegenüber 2012 in verschiedenen Konzentrationsklassen (Basis 2013)



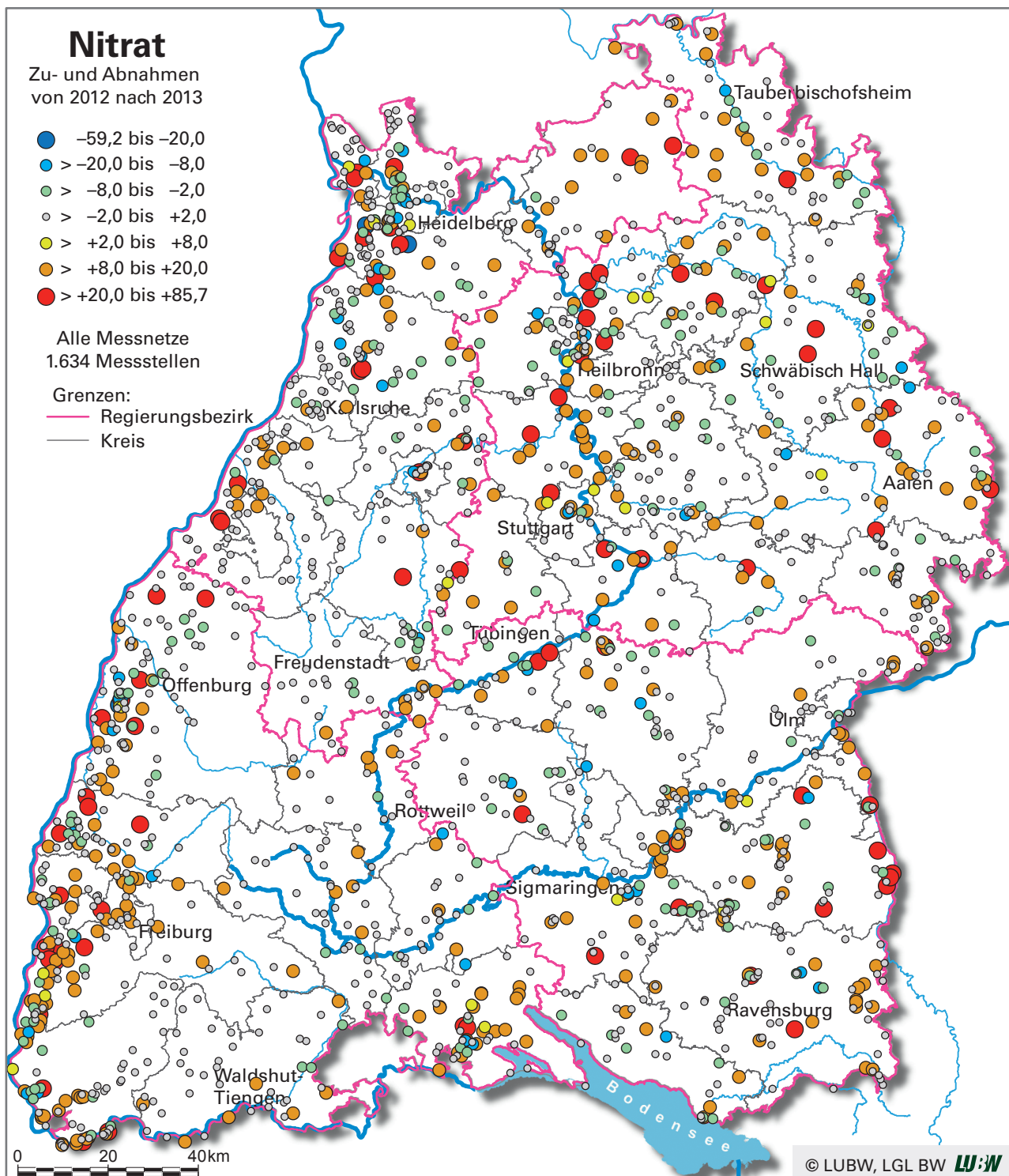


Abbildung 2.4-5: Räumliche Verteilung der kurzfristigen Änderungen der Nitratgehalte 2012-2013

Nitratkonzentrationen. Zusätzlich muss noch der Landkreis Hohenlohe dazugezählt werden. An einigen Stellen findet sich auch ein relativ dichtes Nebeneinander von Zu- und Abnahmen wie z. B. im Gebiet um Heidelberg-Mannheim sowie südlich davon bis Hockenheim.

#### 2.4.1.4 Mittelfristige Veränderungen (Entwicklung seit 1994)

Eine Mindestanforderung für eine zeitliche Vergleichbar-

keit der Ergebnisse ist die Konsistenz der Messreihen. Messstellenkonsistenz bedeutet, dass für jede Messstelle aus jedem Jahr des betrachteten Zeitabschnitts ein Messwert vorliegen muss. Zur bestmöglichen Begrenzung jahreszeitlicher Einflüsse werden nur solche Messwerte verwendet, die aus der jährlich von der LUBW beauftragten „Herbstbeprobung“, d. h. aus dem Zeitraum zwischen Anfang September und Ende Oktober stammen. Durch dieses

Vorgehen wird auch sichergestellt, dass für jede zur Auswertung herangezogene Messstelle nur jeweils ein geprüfter Nitratmesswert vorliegt.

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 2013 liegen für insgesamt 1.239 Messstellen konsistente Nitratdatenreihen vor. Das entspricht 70 % aller im Herbst 2013 auf Nitrat untersuchten Messstellen.

In Abbildung 2.4-6 sind die Zeitreihen für das gesamte Landesmessnetz (ALLE) und für die Teilmessnetze Rohwasser 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 1.239 konsistenten Messstellen, so lässt sich feststellen, dass der Mittelwert des Jahres 2013 auch bei diesem Kollektiv um 0,8 mg/l höher als im Vorjahr ist. Dies ist der höchste Anstieg gegenüber einem Vorjahr in der gesamten Datenreihe, aber nicht die größte Veränderung, da von 1995 auf 1996 schon ein Minus von 1,4 mg/l gemessen wurde. Im gesamten Landesmessnetz hat die mittlere Nitratkonzentration von 1994 bis 2013 um 5,0 mg/l abgenommen, das sind rund 18 %.

Im Basismessnetz wurde - wie schon im Vorjahr 2012 - auch 2013 ein Minimum erreicht (Abb. 2.4-6). Das Niveau ist mit 7,5 mg/l das niedrigste seit Beginn der Datenreihe 1994. Der mittlere Nitratgehalt der 79 landesweit verteilten Messstellen ist gegenüber dem Vorjahr um 0,3 mg/l und gegenüber 1994 um 1,5 mg/l gesunken, das sind rund 17 %. Im Teilmessnetz Rohwasser ist der durchschnittliche Nitratgehalt gegenüber dem Vorjahr um 1,0 mg/l gestiegen (Abb. 2.4-6). Dies ist der höchste Anstieg gegenüber einem Vorjahr in der gesamten Datenreihe. Im Rohwassermessnetz hat die mittlere Nitratkonzentration von 1994 bis 2013 um 2,9 mg/l abgenommen, das sind rund 13 %.

In Abbildung 2.4-7 sind die entsprechenden Zeitreihen der konsistenten Messstellengruppen für die Teilmessnetze Landwirtschaft (EL), Industrie (EI) und Siedlungen (ES) dargestellt.

Demnach waren - als Folge des Trockenjahres 2003 - von 2004 bis 2007 die mittleren Nitratgehalte in allen drei Teilmessnetzen um jeweils 1,1 - 1,6 mg/l gestiegen. Danach sind die mittleren Nitratkonzentrationen auf die jeweiligen Zeitreihenminima im Jahr 2012 zurückgegangen.

Im Teilmessnetz Landwirtschaft (EL) ist die mittlere Nitratkonzentration von 2012 auf 2013 um 1,0 mg/l gestiegen.

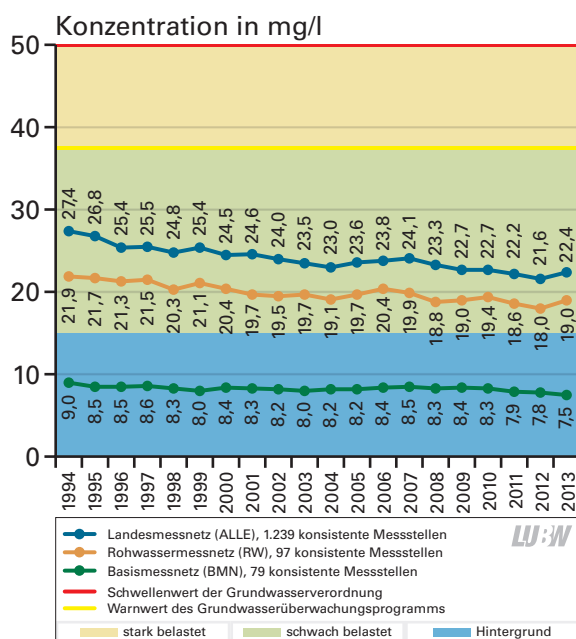


Abbildung 2.4-6: Entwicklung der Nitratmittelwerte von 1994 bis 2013 bei konsistenten Messstellengruppen des Landesmessnetzes und in den Teilmessnetzen Basis- und Rohwassermessnetz im Beprobungszeitraum jeweils zwischen Anfang September und Ende Oktober

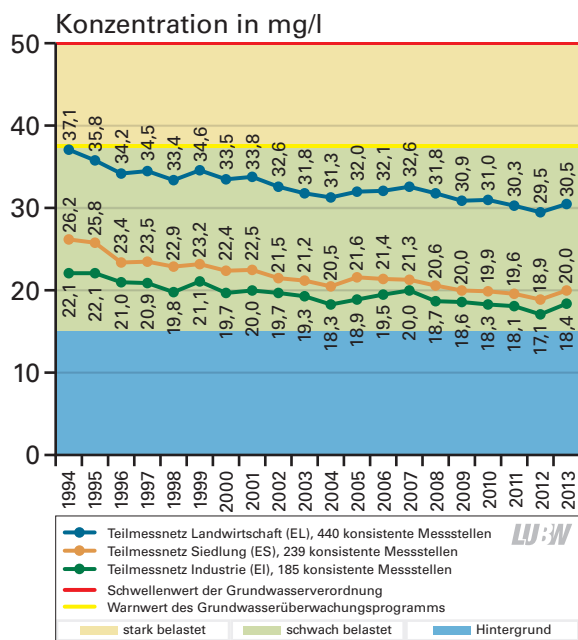


Abbildung 2.4-7: Entwicklung der Nitratmittelwerte von 1994 bis 2013 bei konsistenten Messstellengruppen der Teilmessnetze Landwirtschaft, Industrie und Siedlung im Beprobungszeitraum jeweils zwischen Anfang September und Ende Oktober

2013 liegt der Nitrat-Mittelwert der 440 konsistenten Messstellen bei 30,5 mg/l. Nur einmal gab es in der Datenreihe eine noch größere Konzentrationserhöhung und zwar von 1998 auf 1999 um 1,2 mg/l. Seit 1994 ist die durchschnittliche Belastung im Landwirtschaftsmessnetz um 6,6 mg/l gesunken, was einer Abnahme um etwa 18 % entspricht. Im Teilmessnetz Siedlungen (ES) ist im Vergleich zu 2012 der mittlere Nitratgehalt 2013 um 1,1 mg/l auf 20,0 mg/l gestiegen. In der Datenreihe seit 1994 gab es von 2004 auf 2005 eine ebenso große Konzentrationserhöhung. Seit 1994 ist die durchschnittliche Belastung im Siedlungsmessnetz um 6,2 mg/l gesunken, was einer Abnahme von etwa 24 % entspricht. Auch im Teilmessnetz Industrie (EI) ist im Vergleich zu 2012 der mittlere Nitratgehalt gestiegen und zwar um 1,3 mg/l auf 18,4 mg/l. In der Datenreihe seit 1994 gab es von 1998 auf 1999 eine ebenso große Konzentrationserhöhung. Seit 1994 ist die durchschnittliche Belastung im Industriemessnetz um 3,7 mg/l gesunken, was einer Abnahme von etwa 17 % entspricht.

Auch im Teilmessnetz Quellen mit 140 konsistenten Messstellen kommt es von 2012 auf 2013 zu einer Belastungszunahme um 0,3 mg/l von 18,7 mg/l auf 19,0 mg/l. Dagegen gibt es bei den Teilmessnetzen Vorfeldmessstellen und Sonstige Emittenten sehr leichte Abnahmen von 0,2 und 0,1 mg/l.

Die Konzentrationsänderungen verlaufen bei allen Teilmessnetzen ähnlich, d.h. die Ursache kann nicht in unterschiedlichen Emittentenarten sondern eher in unterschiedlichen Niederschlags- und Sickerwasserverhältnissen liegen.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass sich der seit 1994 zu beobachtende Trend sinkender Nitratbelastungen im Jahr 2013 nicht fortgesetzt hat. Über den gesamten Zeitraum betrachtet liegt allerdings ein insgesamt abnehmender Trend vor, der nur zeitweise von ein- bis dreijährigen Erhöhungen unterbrochen wird. Offenbar sind befristet auftretende Trockenjahre die Ursache. Der in den Trockenjahren im Boden gespeicherte Stickstoff gelangt erst in den folgenden regenreicheren Jahren mit dem Sickerwasser ins Grundwasser. So hat sich die von 2004 bis 2007 aufgrund des extremen Trockenjahres 2003 angestiegene Nitratbelastung bis 2012 in allen Teilmessnetzen durchweg erheblich verringert, so dass 2012 die niedrigste Belastung seit den 1990er Jahren aufgetreten ist. 2013 ist die Belastung wieder gestiegen. Ein Grund kann im Trockenjahr 2011 liegen, das aber nicht so extrem trocken war wie 2003 mit sommerlichen Ernteschäden.

#### 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 badenwürttembergischen 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 Sanierungsgebieten hinsichtlich der Nitratbelastung und der Ausweisung von Pflanzenschutzmittelsanierungsgebieten.

Der LUBW wurden durch die WVU bis zum Stichtag 28.02.2014 insgesamt 3.548 Nitratwerte von 1.967 Messstellen in Wasserschutzgebieten übermittelt, davon befinden sich 230 Messstellen auch im Landesmessnetz (Überschnei-

dermessstellen). Somit wird die Gesamtdatenbasis des Landesmessnetzes zu Nitrat durch den Kooperationsbeitrag durch zusätzlich 1.737 Messstellen ergänzt. Dies sind etwas mehr als 2010 mit 1.636 Messstellen, aber mit etwa 400 Messstellen wesentlich mehr als 2011 und 2012. Die wesentlich größere Zahl der Messstellen erklärt 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 2012 wird die Deklaratorische Liste jährlich auf der Internetseite der LUBW veröffentlicht:

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

Landesweit hat die Wasserschutzgebietsgesamtläche von 2001 bis Januar 2014 um etwa 120.000 ha zugenommen (Tabelle 2.4-5). Zum Stichtag 31.01.2014 sind mehr als drei Viertel der WSG-Flächen als Normalgebiet eingestuft, rund 20 % 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 2.4-8.

#### 2.4.2.1 Nitratklassengebiete: Veränderungen im Zeitraum 2001 bis 2013

Gegenüber dem Vorjahr ist der mittlere Nitratgehalt 2013 in den Sanierungsgebieten weiter zurückgegangen und

Tabelle 2.4-4: Anzahl und Verteilung der Wasserschutzgebiete nach der SchALVO - Ersteinstufung 2001 und in den Folgejahren bis 2014

Jahr	2001	2002	2004	2005	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
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
Problemgebiete *	319	344	323	297	295	292	303	294	291	282	264	270
Sanierungsgebiete *	182	177	155	140	111	112	106	105	98	93	94	83
<b>Gesamt **</b>	<b>2.657</b>	<b>2.612</b>	<b>2.529</b>	<b>2.498</b>	<b>2.433</b>	<b>2.422</b>	<b>2.362</b>	<b>2.356</b>	<b>2.338</b>	<b>2.341</b>	<b>2.321</b>	<b>2.294</b>
PSM-Sanierungsgebiete	0	0	2	4	4	5	5	4	5	2	2	2

\* = einschließlich Teileinzugsgebiete      \*\* = ohne Teileinzugsgebiete

LUBW

Tabelle 2.4-5: Gesamtfläche der baden-württembergischen Wasserschutzgebiete zwischen 2001 und 2014 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 31.01.14	
	Fläche [ha]	Anteil [%]	Fläche [ha]	Anteil [%]	Fläche [ha]	Anteil [%]	Fläche [ha]	Anteil [%]
Normalgebiete *	601.080	73,3	633.494	73,5	712.291	78,0	730.123	77,6
Problemgebiete *	163.555	19,9	170.419	19,8	164.976	18,0	190.171	20,2
Sanierungsgebiete *	55.505	6,8	57.304	6,7	36.256	4,0	20.353	2,2
<b>Gesamtfläche *</b>	<b>820.140</b>	<b>100,0</b>	<b>861.217</b>	<b>100,0</b>	<b>913.523</b>	<b>100,0</b>	<b>940.648</b>	<b>100,0</b>
PSM-Sanierungsgebiete	0	0	856	0,1	1.702	0,2	1.130	0,1

\* = einschließlich Teileinzugsgebiete

LUBW

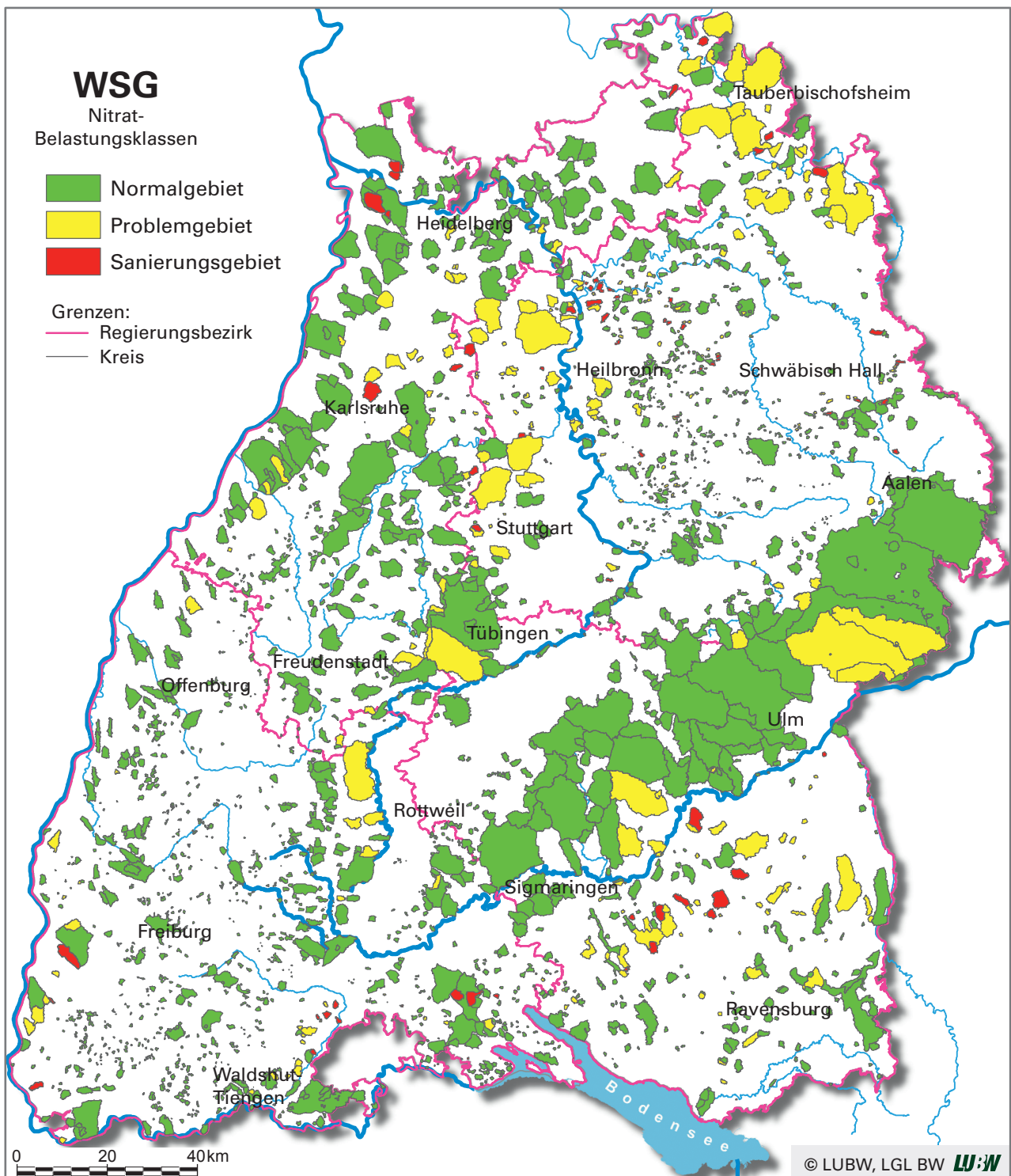


Abbildung 2.4-8: Lage der nach SchALVO in drei Nitratklassen eingeteilten Wasserschutzgebiete in Baden-Württemberg - einschließlich Teileinzugsgebiete (Stand: Januar 2014)

zwar um 1,4 mg/l. In den Problemgebieten ist eine Zunahme um 0,5 mg/l festzustellen. In Normalgebieten nimmt der mittlere Nitratgehalt mit 0,1 mg/l nur unwesentlich zu. Die Auswertung über die konsistenten Messstellen in den verschiedenen Nitratklassen auf Grundlage der SchALVO-Ersteinstufung 2001 zeigt für die Problem- und Sanierungsgebiete für 2013 gegenüber 2001 eindeutige Abnahmen von etwa 10 bzw. 15 %.

In den Normalgebieten bleibt die Situation von 2001 bis 2011 weitgehend konstant (Abbildung 2.4-9). Jedoch kommt es 2012 und 2013 zu einer deutlichen Veränderung gegenüber den Vorwerten. Seit 2001 sinkt in Normalgebieten die Konzentration von 14,4 mg/l auf 13,6 mg/l (- 5,6 %), in den Problemgebieten beobachtet man eine Abnahme um 3,5 mg/l (- 10,3 %), in den Sanierungsgebieten um 7,9 mg/l (- 15,1 %).

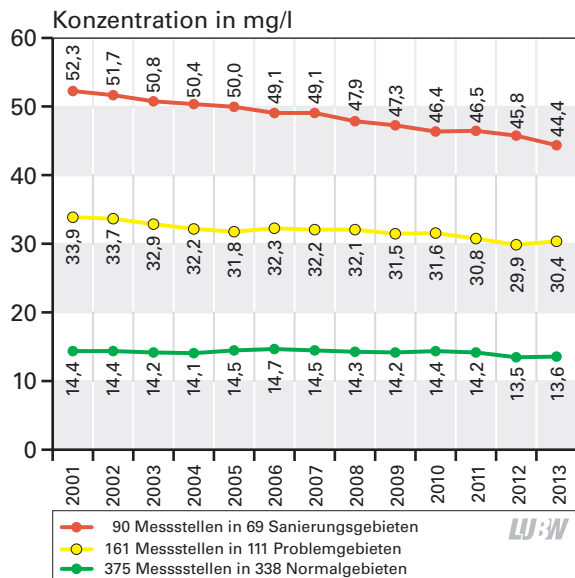


Abbildung 2.4-9: Entwicklung der jährlichen Mittelwerte für Nitrat von 2001 bis 2013 für konsistente Messstellen und konsistente Wasserschutzgebiete nach SchALVO-Einstufung über alle zur Verfügung stehenden Nitratwerte (SchALVO-Einstufungsbasis: 2001), Abkürzungen siehe Text; Datenquelle: alle Landesmessstellen und alle für die WSG-Einstufung maßgeblichen Kooperationsmessstellen der Wasserversorgungsunternehmen

Der Rückgang der Belastung zeigt sich auch bei Betrachtung der Flächen, die sowohl 2001 als auch Ende 2013 als Wasserschutzgebiete ausgewiesen waren (konsistente WSG-Flächen). So ging die Fläche der Sanierungsgebiete um 69 % zurück, die Fläche der Problemgebiete um etwa 1 %. Die Fläche der Normalgebiete nahm um 6 % zu (Abbildung 2.4-10).

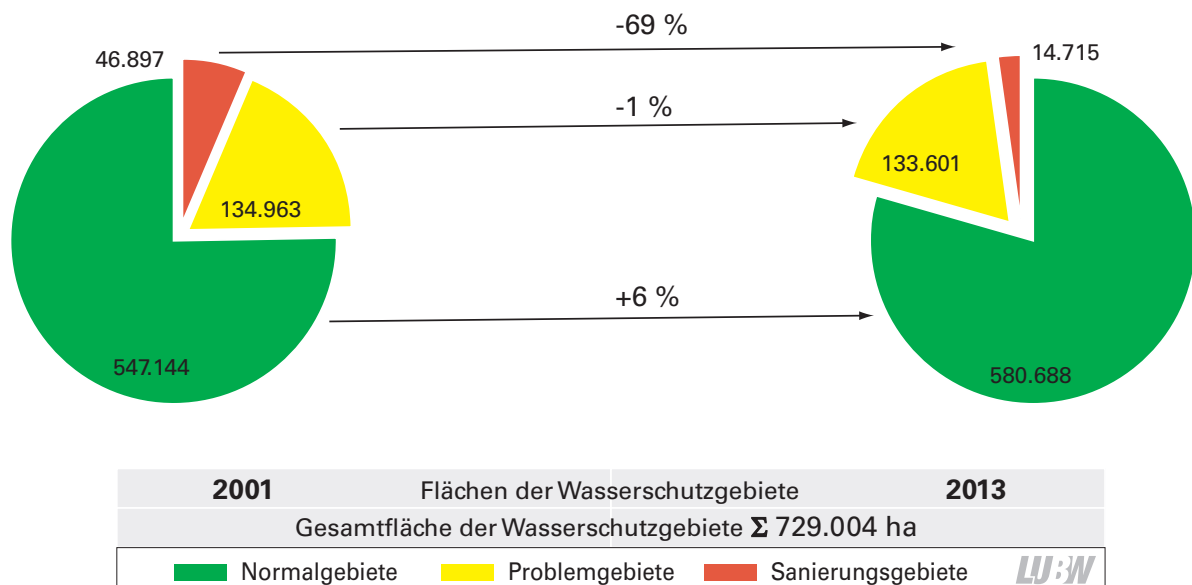


Abbildung 2.4-10: Veränderung der Flächen von konsistenten Normal-, Problem- und Sanierungsgebieten an der gesamten Wasserschutzgebietsfläche von 2001 bis Ende 2013, Einstufung gemäß SchALVO (Stand: 01/2014)

## 2.5 Pflanzenschutzmittel (PSM)

### 2.5.1 Zulassung, Verwendung, Klassifizierung

Die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln erfolgt in Deutschland durch das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL). Einzelheiten zum Verfahren sind im Bericht „Ergebnisse der Beprobung 2008“ [LUBW 2009F] zusammengefasst. Die Richtlinie 91/414/EWG, die das Prüfungs- und Zulassungsverfahren bisher EU-weit regelte, wurde ab dem 14. Juni 2011 durch 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“ abgelöst. Diese Verordnung hat unmittelbare Gesetzeskraft in den Mitgliedsstaaten und muss somit nicht in nationales Recht umgesetzt werden.

Derzeit (Stand April 2014) sind in der Bundesrepublik Deutschland 272 Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe in rund 1.400 Handelsprodukten auf dem Markt. Im Jahr 2013 entfiel mit 55,0 % der mengenmäßig größte Anteil auf die Herbizide, gefolgt von den Fungiziden mit 31,9 % und den Insektiziden mit 2,9 % (Tabelle 2.5-1). Gegenüber 2012 fiel 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.

Tabelle 2.5-1: Inlandsabsatz an Wirkstoffen 2002-2013 in Tonnen; Quelle: „Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland 2013“ – Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, [www.bvl.bund.de](http://www.bvl.bund.de)

Wirkstoffklasse	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2013 Anteil in %
Herbizide	14.328	15.350	15.923	14.698	17.015	17.147	18.626	14.619	16.675	17.955	19.907	<b>17.896</b>	<b>55,0</b>
Fungizide	10.129	10.033	8.176	10.184	10.251	10.942	11.505	10.922	10.431	10.474	9.066	<b>10.387</b>	<b>31,9</b>
Insektizide	742	779	1.082	827	813	1.092	909	1.030	941	883	1.117	<b>940</b>	<b>2,9</b>
Sonstige	4.332	4.002	3.704	3.803	3.740	3.502	3.624	3.591	3.378	3.755	4.524	<b>3.328</b>	<b>10,2</b>
Summe	29.531	30.164	28.885	29.512	31.819	32.683	34.664	30.162	31.425	33.067	34.613	<b>32.551</b>	<b>100,0</b>

LUBW

Pflanzenschutzmittel dürfen gemäß Pflanzenschutzgesetz nur auf Freilandflächen angewendet werden, die landwirtschaftlich, gärtnerisch oder forstwirtschaftlich genutzt werden. Dennoch werden insbesondere Herbizide 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 Pflanzenschutzmittelwirkstoffe gehören, sind in „Ergebnisse der Beprobung 2008“ [LUBW 2009F] mit beispielhaften Vertretern angegeben.

## 2.5.2 Umweltrelevanz, Berichtspflichten, Fundaufklärung

In der EU-Grundwasserrichtlinie, in deren Umsetzung in nationales Recht durch die Grundwasserverordnung (GrwV) sowie in der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) sind einheitliche Höchstkonzentrationen für PSM-Wirkstoffe und deren relevante Metaboliten sowohl für die Einzelstoffe als auch deren Summe festgelegt (Tabelle 2.5-2). Darüber hinaus wird in der TrinkwV für die vier Organochlorverbindungen Aldrin, Dieldrin, Heptachlor und Heptachlorepoxyd ein niedrigerer Grenzwert von je 0,03 µg/l genannt. Die genannten Höchstwerte sind nicht toxikologisch abgeleitet, sondern sind Vorsorgewerte aus Gründen des Gesundheitsschutzes, um anthropogene Stoffe vom Trinkwasser fernzuhalten. 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.

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	<b>0,1 µg/l</b> 0,5 µg/l
Grundwasserverordnung vom 9. November 2010	Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln und Biozidprodukten einschließlich relevanter Stoffwechsel- Abbau- und Reaktionsprodukte	Schwellenwert	<b>0,1 µg/l</b> 0,5 µg/l
Neufassung der Trinkwasserverordnung vom 2. August 2013	Pflanzenschutzmittel und Biozidprodukte und die relevanten Metaboliten, Abbau- und Reaktionsprodukte Für Aldrin, Dieldrin, Heptachlor und Heptachlorepoxyd gilt ein Grenzwert von 0,03 µg/l	Grenzwert	<b>0,1 µg/l</b> 0,5 µg/l

LUBW

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 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 Analysemethoden sind im „Leitfaden Grundwasserprobennahme“ [LUBW 2013] beschrieben. In den meisten Fällen werden die Wirkstoffe nach einem Anreicherungsschritt (Festphasen- oder Flüssig/Flüssig-Extraktion) mittels der Gaschromatographie (GC) oder der Hochleistungs-Flüssigkeits-Chromatographie (HPLC) getrennt und mit einem geeigneten Detektor quantitativ bestimmt. Immer häufiger kommt die Flüssigchromatographie mit Tandem-Massenspektrometrie (LC/MS-MS) zum Einsatz. Bei diesem Verfahren ist auch eine Direktinjektion möglich, d.h. der Anreicherungsschritt kann entfallen.

Ergebnisse aus Ringversuchen zeigen, dass man bei diesen spurenanalytischen Verfahren je nach Substanz mit einer sogenannten „erweiterten Messunsicherheit“ von 30-60 % rechnen muss. 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 % [LUBW 2009F].

Die am häufigsten angegebene Bestimmungsgrenze bei den in den letzten Jahren im LUBW-Grundwassermessnetz untersuchten Wirkstoffen und Metaboliten war 0,05 µg/l. Bei den bereits seit vielen Jahren in der Routineanalytik gemessenen Stoffen wurden auch Bestimmungsgrenzen von 0,03 µg/l, 0,02 µg/l oder auch 0,01 µg/l angegeben.

Alle PSM-Befunde an den Landesmessstellen mit Überschreitungen des Schwellenwertes der Grundwasserverordnung wurden 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 1998 im LUBW-Grundwassermessnetz 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 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 steigt bei zahlreichen Wirkstoffen die Zahl der Messstellen gegenüber den Vorjahren auf weit über 3.000 Messstellen an. Dies ist insbesondere auf die Kooperationsvereinbarung aus dem Jahre 2003 zurückzuführen, die die Übermittlung von PSM-Analysen für die im Rahmen der SchALVO 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 Untersuchungen 2013 auf PSM-Wirkstoffe sowie auf relevante und „nichtrelevante“ Metaboliten

Die letzte Komplettuntersuchung des von der LUBW betriebenen Grundwassermessnetzes fand über vier Jahre verteilt in den Jahren 2007 bis 2010 statt. Die entsprechenden Auswertungen und insbesondere die zeitliche Entwicklung der PSM-Belastung sind im Ergebnisbericht



Tabelle 2.5-3 : Gesamtzahl der auf PSM untersuchten Messstellen im Grundwassermessnetz 1998-2013. Es sind nur Wirkstoffe und Metaboliten genannt, die an mindestens 100 Messstellen untersucht wurden

Wirkstoff / Metabolit	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>2,4-Dichlorphenoxy-es-sigsäure (2,4D)</b>			157		<b>2155</b>		<b>2730</b>	910	489	<b>787</b>	<b>728</b>	<b>865</b>	<b>2023</b>	234		
<b>Alachlor</b>				314					<b>1604</b>							
Aldicarb				310												
<b>Aldrin</b>						<b>2197</b>	105									
<b>Atrazin</b>	1175	1176	<b>2701</b>	<b>2687</b>	1246	933	577	<b>3691</b>	709	<b>1039</b>	<b>1041</b>	<b>1035</b>	<b>1091</b>	<b>2085</b>	<b>400</b>	<b>1104</b>
<b>Bentazon</b>			<b>2147</b>		<b>2134</b>		<b>2724</b>	951	500	<b>803</b>	<b>738</b>	<b>870</b>	<b>2030</b>	<b>956</b>	<b>287</b>	<b>1054</b>
<b>Bifenox</b>										<b>549</b>	<b>581</b>	<b>539</b>	<b>712</b>			
<b>Bromacil</b>	895	841	<b>2385</b>	<b>2369</b>	918	771	413	<b>3634</b>	636	<b>975</b>	<b>973</b>	<b>1001</b>	<b>1064</b>	<b>2057</b>	<b>377</b>	<b>1095</b>
Carbofuran	126	143	129													
<b>Chloridazon</b>			159						<b>1591</b>		<b>298</b>	<b>1782</b>	<b>650</b>	<b>291</b>	<b>216</b>	<b>126</b>
<b>Chlorpyrifos</b>					<b>2132</b>											
<b>Chlorthalonil</b>											<b>238</b>	<b>233</b>				
<b>Chlortoluron</b>			<b>2214</b>		<b>2191</b>		108	248	<b>3167</b>	<b>269</b>	<b>723</b>	<b>659</b>	<b>770</b>			
<b>Cyanazin</b>	250	292	480	675	260			206	<b>1709</b>	105		100		172		
<b>Desethylatrazin</b>	1176	1177	<b>2698</b>	<b>2681</b>	1250	933	578	<b>3686</b>	708	<b>1041</b>	<b>1027</b>	<b>1038</b>	<b>1092</b>	<b>2086</b>	<b>401</b>	<b>1103</b>
<b>Desethylterbuthylazin</b>	1070	1067	<b>2634</b>	<b>2607</b>	1173	895	543	<b>3677</b>	700	<b>1032</b>	<b>1021</b>	<b>1029</b>	<b>1089</b>	<b>2085</b>	<b>398</b>	<b>1104</b>
<b>Desisopropylatrazin</b>	1097	1074	<b>2628</b>	<b>2608</b>	1177	902	545	<b>3679</b>	694	<b>1024</b>	<b>1020</b>	<b>1028</b>	<b>1086</b>	<b>2085</b>	<b>396</b>	<b>1099</b>
Desmetryn	133	126	138													
<b>Diazinon</b>	229	112		106	<b>2218</b>											
<b>Dicamba</b>					<b>2131</b>		<b>2704</b>	910	482	<b>780</b>	<b>729</b>	<b>841</b>	<b>2005</b>	216		
<b>Dichlobenil</b>	243	133	284	305	203		170	219	169		101	112		146		
<b>Dichlordiphenyldichlor-ethen (p,p') / p,p'-DDE</b>						<b>2180</b>										
<b>Dichlordiphenyltrichlor-ethan (o,p') / o,p'-DDT</b>						<b>2175</b>										
<b>Dichlordiphenyltrichlor-ethan (p,p') / p,p'-DDT</b>						<b>2180</b>										
<b>Dichlorprop (2,4-DP)</b>			157		2160		2732	908	494	787	<b>724</b>	<b>861</b>	<b>1986</b>	228		
<b>Dieldrin</b>						<b>2195</b>										
<b>Diflufenican</b>									<b>1581</b>							
Dimefuron					197											
<b>Dimethachlor</b>											<b>238</b>	<b>233</b>				
<b>Dimethenamid</b>									<b>1584</b>		<b>238</b>	<b>233</b>				
<b>Dimethoat</b>	202		110	106	<b>2218</b>											
<b>Dimoxystrobin</b>											<b>238</b>	<b>233</b>				
<b>Disulfoton</b>					<b>2132</b>											
<b>Diuron</b>			<b>2217</b>		<b>2193</b>		109	247	<b>3179</b>	269	<b>723</b>	<b>662</b>	<b>772</b>	<b>775</b>	<b>236</b>	<b>1027</b>
<b>Endosulfan, -α</b>						<b>2161</b>										
<b>Endosulfan, -β</b>						<b>2161</b>										
<b>Endrin</b>						<b>2155</b>										
<b>Epoxiconazol</b>									<b>1584</b>							
<b>Ethofumesat</b>									<b>1584</b>							
<b>Fenitrothion</b>	167				<b>2184</b>											
<b>Flufenacet</b>									<b>1584</b>		<b>238</b>	<b>233</b>				
Flufenoxuron				311												
<b>Flurtamone</b>											<b>238</b>	<b>233</b>				
<b>Flusilazol</b>											<b>573</b>	<b>533</b>	<b>715</b>	<b>768</b>	<b>203</b>	<b>1002</b>
<b>Glyphosat</b>					<b>195</b>											
<b>Heptachlor</b>						<b>2197</b>										
<b>Heptachlorepoxyd, cis-</b>						<b>2156</b>										
<b>Heptachlorepoxyd, trans-</b>						<b>2154</b>										
<b>Hexachlorbenzol</b>						<b>2155</b>										
<b>Hexachlorcyclohexan, -α</b>				313		<b>2156</b>										
<b>Hexachlorcyclohexan, -β</b>				312		<b>2159</b>										
<b>Hexachlorcyclohexan, -δ</b>				313		<b>2158</b>										
<b>Hexachlorcyclohexan, -γ (Lindan)</b>				316		<b>2160</b>										

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

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 04/2014, Landes- und Kooperationsmessstellen der Wasserversorgungsunternehmen



Tabelle 2.5-3 : Fortsetzung

Wirkstoff / Metabolit	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
<b>Isodrin</b>	<b>2179</b>															
<b>Isoproturon</b>	142		<b>2237</b>		<b>2196</b>		111	249	<b>3175</b>	268	<b>723</b>	<b>666</b>	<b>769</b>	<b>776</b>	<b>237</b>	<b>1029</b>
Lenacil			119													
<b>Linuron</b>			120		<b>2163</b>			237	<b>3158</b>	264	<b>715</b>	<b>653</b>	<b>754</b>			
<b>Malathion</b>	169				<b>2189</b>											
<b>MCPA</b>			156		<b>2157</b>		<b>2736</b>	938	490	<b>793</b>	<b>731</b>	<b>867</b>	<b>2027</b>	<b>946</b>	<b>283</b>	<b>1038</b>
<b>Mecoprop (MCPP)</b>			163		<b>2164</b>		<b>2738</b>	935	496	<b>789</b>	<b>727</b>	<b>864</b>	<b>2024</b>	<b>944</b>	<b>280</b>	<b>1035</b>
Mercaptodimethur (Methiocarb)				311												
<b>Metalaxyl</b>	870	773	<b>2339</b>	<b>2311</b>	866	700	336	<b>3614</b>	580	<b>933</b>	<b>1070</b>	<b>1176</b>	<b>1068</b>	<b>2061</b>	<b>387</b>	<b>1098</b>
<b>Metamitron</b>			152						<b>1585</b>							
<b>Metazachlor</b>	1138	1130	<b>2667</b>	<b>2635</b>	1209	908	559	<b>3681</b>	700	<b>1095</b>	<b>1180</b>	<b>1223</b>	<b>1086</b>	<b>1991</b>	<b>397</b>	<b>1104</b>
<b>Methabenzthiazuron</b>			166		<b>2163</b>			238	<b>3173</b>	265	<b>716</b>	<b>677</b>	<b>768</b>			
<b>Metolachlor</b>	1137	1129	<b>2643</b>	<b>2618</b>	1184	908	560	<b>3684</b>	691	<b>1080</b>	<b>1182</b>	<b>1224</b>	<b>1085</b>	<b>2083</b>	<b>398</b>	<b>1103</b>
<b>Metribuzin</b>	146	122	197	192					<b>1605</b>							
<b>Parathion-ethyl (E 605)</b>	273	142	222	184	<b>2225</b>											
Parathion-methyl	163	143	126													
<b>Penconazol</b>	<b>1584</b>															
<b>Pendimethalin</b>	246	180	292	274	<b>2202</b>						<b>586</b>	<b>628</b>	<b>612</b>	<b>750</b>		
<b>Pentachlornitrobenzol (Quintocen)</b>	<b>2155</b>															
<b>Pethoxamid</b>											<b>238</b>	<b>233</b>				
<b>Propazin</b>	1045	1016	<b>2582</b>	<b>2555</b>	1131	875	525	<b>3673</b>	689	<b>1024</b>	<b>1014</b>	<b>1022</b>	<b>1085</b>	<b>2084</b>	<b>395</b>	<b>1100</b>
<b>Propiconazol</b>									<b>1584</b>							
<b>Quinmerac</b>	<b>238 233</b>															
<b>Sebutylazin</b>	266	205	262	250	<b>2284</b>	120	131	190	185		111	160	103	146		
<b>Simazin</b>	1140	1150	<b>2684</b>	<b>2658</b>	1225	908	559	<b>3680</b>	703	<b>1034</b>	<b>1022</b>	<b>1029</b>	<b>1090</b>	<b>2085</b>	<b>399</b>	<b>1105</b>
Terbazil	109	141	236	226	114			136						103		
<b>Terbuthylazin</b>	1136	1150	<b>2684</b>	<b>2660</b>	1223	912	565	<b>3684</b>	703	<b>1033</b>	<b>1015</b>	<b>1024</b>	<b>1086</b>	<b>2080</b>	<b>393</b>	<b>1101</b>
<b>Tetrachlordiphenylethan (p,p') / p,p'-TDE</b>					<b>2180</b>											
<b>Thiacloprid</b>	<b>238 233</b>															
<b>Tolyfluanid</b>	<b>253 238</b>															
<b>Topramezone</b>	<b>238 233</b>															
<b>Triallat</b>	187	251	359	301	183		118	186	<b>1666</b>							
<b>Trifloxystrobin</b>	<b>238 233</b>															
<b>Trifluralin</b>	174		144	129	<b>2175</b>											
<b>Tritosulfuron</b>	<b>238 233</b>															
Vinclozolin	122		123	123												

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

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 04/2014, Landes- und Kooperationsmessstellen der Wasserversorgungsunternehmen

LUBW

2010 [LUBW 2011] umfassend dargestellt. Die derzeitige Komplettuntersuchung wird im Zweijahreszeitraum 2013 und 2014 durchgeführt. Nachfolgend werden die Ergebnisse der ersten Hälfte des Messnetzes vorgestellt.

Ferner wurden 2013 „auffällige“ Konzentrationen von PSM-Wirkstoffen und nichtrelevanten Metaboliten an etwa 250 Messstellen weiter verfolgt. Dabei wurden die nachfolgenden Kriterien zugrunde gelegt:

- 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)

Insgesamt konnte festgestellt werden, dass sich die im Vorjahr gemessenen Konzentrationen überwiegend bestätigten. In den meisten Fällen war hierbei eine abnehmende Tendenz zu beobachten. Es gab aber auch Fälle, in denen die Konzentrationen zunahmen. Dem ist im Einzelfall

Tabelle 2.5-4: Übersicht über die im Jahr 2013 bei der Herbstbeprobung untersuchten 15 Wirkstoffe und 3 relevanten Metaboliten

Wirkstoff/Metabolit	Zulassung*	Inlandsabsatz in t 2013**	hauptsächliches Einsatzgebiet
Atrazin	1971 - 1990 Verbot seit 1991, in BW in WSG seit 1988	-	Herbizid in Mais
<b>Bentazon</b>	seit 1972	25 - 100	Herbizid im Ackerbau, Gemüsebau, in Kombination mit Terbutylazin in Mais, in Kombination mit Dichlorprop in Getreide
Bromacil	1971 - 1990, Verbot seit 1993	-	Herbizid, häufig auf Gleisanlagen
<i>Desethylatrazin</i>	-	-	Metabolit des nicht mehr zugelassenen Herbizids Atrazin
<i>Desethylterbutylazin</i>	-	-	Metabolit des Herbizids Terbutylazin
<i>Desisopropylatrazin (Desethylsimazin)</i>	-	-	Metabolit der nicht mehr zugelassenen Herbizide Atrazin bzw. Simazin
Diuron	1971 - 2007	-	Herbizid, häufig auf Gleisanlagen eingesetzt
Flusilazol	1988 - 2013	-	Fungizid in Getreide und Rüben
Hexazinon	1976-1991	-	Herbizid, häufig auf Gleisanlagen eingesetzt
<b>Isoproturon</b>	seit 1975	1000 - 2500	Herbizid in Getreide
<b>MCPA</b>	seit 1971	250 - 1000	Herbizid in Getreide, in Komb. mit Dicamba im Rasen
Mecoprop (MCP) <b>Mecoprop-P (MCP)</b>	1971-1992 seit 1978	- 100 - 250	Herbizid in Getreide
Metaxyl <b>Metaxyl-M</b>	1979-2005 seit 1998	- 10 - 25	Fungizid in Hopfen, Zierpflanzen, Kräutern
<b>Metazachlor</b>	seit 1981	250 - 1000	Herbizid in Raps, Kohl
Metolachlor <b>S-Metolachlor</b>	1976-2003 seit 2001	- 250 - 1000	Herbizid in Mais
Propazin	1971-1985	-	Herbizid
Simazin	1971-1990 1997-1998	-	Herbizid
<b>Terbutylazin</b>	seit 1971	250 - 1000	Herbizid in Mais

fett = zugelassen, normal = nicht mehr zugelassen, kursiv = Metabolit

LUBW

Quellen: Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, www.bvl.bund.de:

\* „Berichte zu Pflanzenschutzmitteln 2009-Wirkstoffe in Pflanzenschutzmitteln, Zulassungshistorie und Regelungen der Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung“

\*\* „Absatz an Pflanzenschutzmitteln in der Bundesrepublik Deutschland 2013“

nachzugehen. Diese „verdichtete“ Beprobung dieser Messstellen wird fortgesetzt. Der Parameterumfang der untersuchten PSM und nrM wurde 2011 angepasst [LUBW 2012F] und umfasst derzeit die in den Tabellen 2.5-4 und 2.5-5 zusammengestellten Substanzen.

## 2.5.6 Ergebnisse der Untersuchungen 2013

### 2.5.6.1 PSM-Wirkstoffe 2013

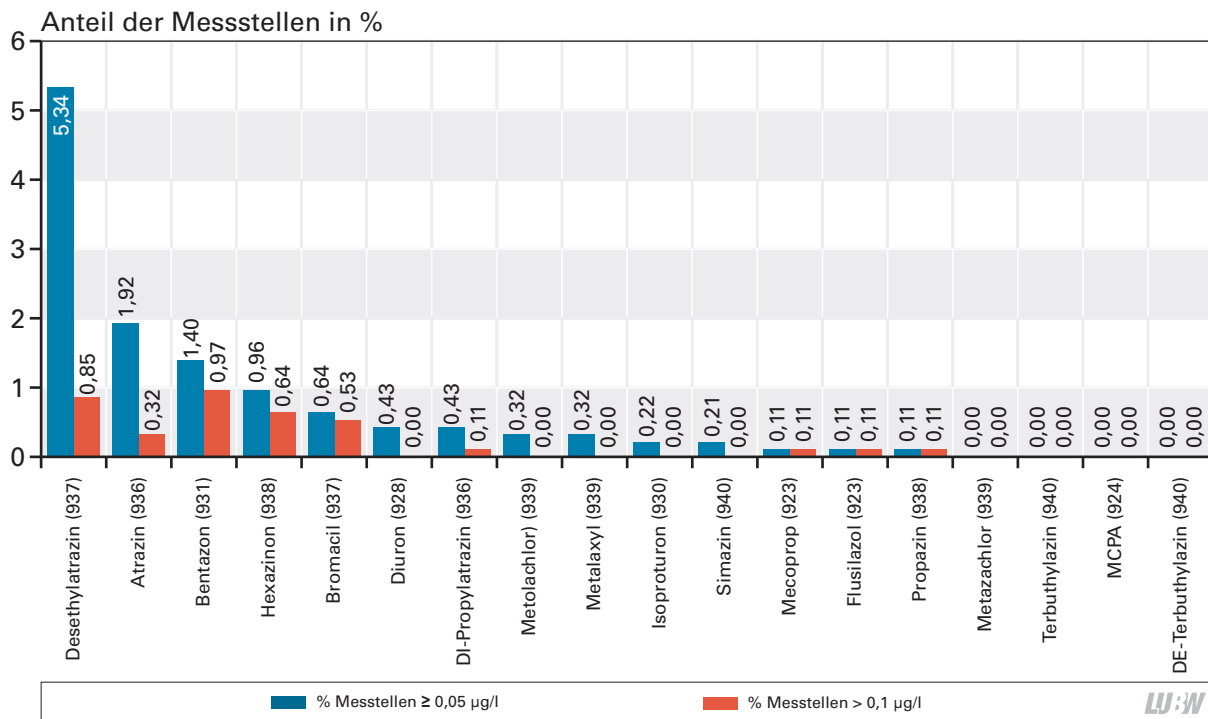
Für die Auswertungen der ersten Hälfte des LUBW-Messnetzes der Messkampagne 2013/2014 wurde jeweils der neueste Messwert 2013 zugrunde gelegt. Von den 18 untersuchten Substanzen wurden die drei Wirkstoffe Metazachlor, MCPA und Terbutylazin sowie dessen Abbauprodukt Desethylterbutylazin an keiner Messstelle in Konzentrationen

≥ 0,05 µg/l (Mindestbestimmungsgrenze) gefunden (Abbildung 2.5-1). Die meisten Werte über 0,05 µg/l traten bei Desethylatrazin mit 5,34 % auf, gefolgt von seinem Ausgangsprodukt Atrazin mit 1,92 %. Die Überschreitungsquoten des Schwellenwertes der GrwV von 0,1 µg/l betragen bei diesen beiden Substanzen 0,85 bzw. 0,32 %. Somit liegt der größte Anteil der Positivbefunde von Atrazin und Desethylatrazin im Bereich niedriger Konzentrationen, da aufgrund des Totalverbots von Atrazin im Jahr 1991 keine neuen Einträge erfolgt sein sollten und die Abbauprozesse weiterhin – wenn auch langsam – stattfinden. Im Falle des zugelassenen Herbizids Bentazon war die Mindestbestimmungsgrenze von 0,05 µg/l an 1,4 % und der Schwellenwert an 0,97 % der Messstellen überschritten. Weitere Wirkstoffe, die zur

Tabelle 2.5-5: Übersicht über die im Jahr 2013 bei der Herbstbeprobung untersuchten 11 Nichtrelevanten Metaboliten

Wirkstoff fett: zugelassen normal: nicht mehr zugelassen	Wirkbereich	(Haupt-) Kulturen	Nichtrelevanter Metabolit fett: normal:
<b>Chloridazon</b>	Herbizid	Rüben	■ Desphenylchloridazon „Metabolit B“ ■ Methyl-Desphenylchloridazon „Metabolit B1“
<b>Dimethachlor</b>	Herbizid	Raps	■ CGA 354742 „Dimethachlor-Sulfonsäure“ ■ CGA 369873
<b>Metazachlor</b>	Herbizid	Raps, Gemüse, Zierpflanzen	■ BH 479-4 „Metazachlorsäure“ ■ BH 479-8 „Metazachlor-Sulfonsäure“
<b>S-Metolachlor</b>	Herbizid	Mais	■ CGA 51202 /CGA 351916 „S-Metolachlorsäure“ ■ CGA 380168/CGA 354743 „S-Metolachlor-Sulfonsäure“ ■ NOA 413173
Tolyfluanid	Fungizid	Reben, Obst, Hopfen	■ N,N-Dimethylsulfamid (DMS)
Dichlobenil	Herbizid	Reben, Obst, Zierpflanzen	■ 2,6-Dichlorbenzamid*

LU:W



LU:W

Abbildung 2.5-1: Überschreitungshäufigkeiten bei den PSM-Untersuchungen 2013 der Messkampagne 2013/2014, jeweils neuester Wert, in Klammern: Anzahl der untersuchten Messstellen

PSM-Belastung betragen, sind die schon seit den 1990er Jahren ebenfalls verbotenen Wirkstoffe Hexazinon und Bromacil, ansonsten wurden nur Einzelbefunde gemessen. Die Zulassung für den Wirkstoff Flusilazol wurde zum 30.09.2013 widerrufen.

### 2.5.6.2 Nichtrelevante Metaboliten 2013

Abbildung 2.5-2 zeigt die Konzentrationsverteilung der nrM. Die mit Abstand höchste Belastung von den untersuchten 11 nrM stammte von den Metaboliten DMS (29 GOW-Überschreitungen / GOW = 1 µg/l) und Desphenyl-

chloridazon (25 / 3 µg/l). Dann folgen der Metolachlor-Metabolit NOA 413173 (9 / 1 µg/l) und Methyl-desphenylchloridazon (3 / 3 µg/l) sowie die Metolachlorsulfonsäure (3 / 3 µg/l). Die GOW von Metolachlorsäure, Metazachlorsäure und dem Dimethachlormetabolit CGA 369873 waren jeweils an einer Messstelle überschritten. Bei drei der 11 betrachteten nichtrelevanten Metaboliten wurden die GOW nicht erreicht, d. h. die Maximalwerte lagen unter den GOW. Dennoch ist auch bei diesen Substanzen aus dem Vorsorgeprinzip heraus eine weitere Verringerung der Konzentrationen im Grundwasser anzustreben.

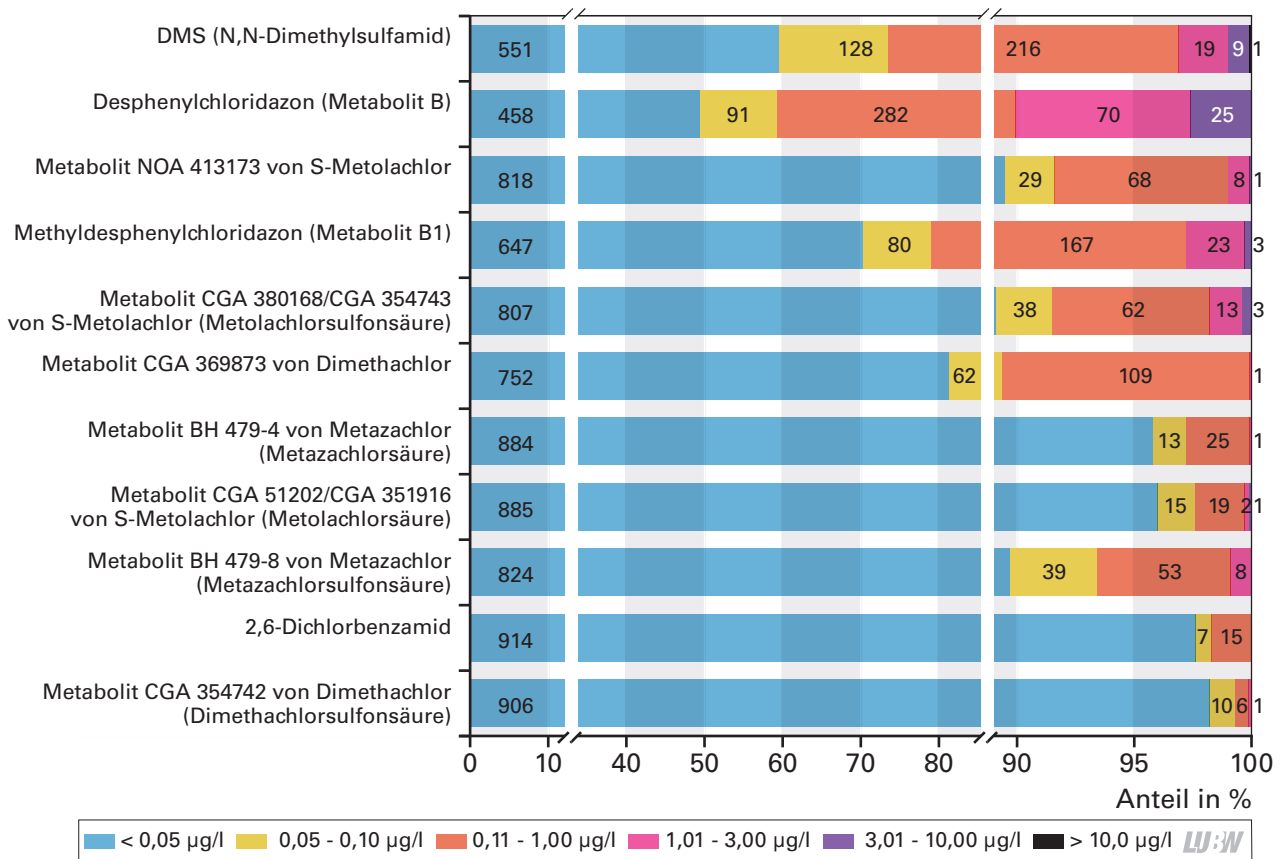


Abbildung 2.5-2: Konzentrationsverteilung der nichtrelevanten Metaboliten bei den Untersuchungen 2013 der Messkampagne 2013/2014, jeweils neuester Wert, Sortierung nach dem Anteil der GOW-Überschreitungen, 920 – 936 Messstellen

### 2.5.6.3 Bewertung der Untersuchungskampagne 2013

Da im Jahre 2013 nur die Hälfte des Messnetzes der LUBW untersucht wurde, erfolgt die abschließende Bewertung der Kampagne 2013/2014 erst im Bericht 2014. Grundsätzlich lässt sich feststellen, dass sich sowohl bei den PSM und relevanten Metaboliten wie auch bei den nichtrelevanten Metaboliten hinsichtlich der Belastung ein ähnliches Bild wie in den vergangenen Jahren ergibt.

### 2.5.7 Bewertung der Gesamtsituation der Pflanzenschutzmittelwirkstoffe 2009-2013

Seit 1998 wurde in dem von der LUBW betriebenen Grundwassermessnetz bei den Routinebeprobungen im Herbst auf insgesamt 79 PSM-Wirkstoffe und relevante Metaboliten einmalig oder mehrfach untersucht (Tabelle 2.5-3). Darüber hinaus liegen in der Datenbank für diesen Zeitraum PSM-Messwerte von weiteren Wirkstoffen und Metaboliten vor, die von den WVU im Rahmen der Kooperation zur Verfügung gestellt wurden.

Um einen Überblick über die Gesamtbelastung mit Pflanzenschutzmitteln und deren Metaboliten zu erhalten, wer-

den die Daten der letzten fünf Jahre herangezogen. Es werden nur die Wirkstoffe und Metaboliten betrachtet, für die der Schwellenwert der Grundwasserverordnung von 0,1 µg/l gilt. Die Zahl der im Zeitraum 2009 – 2013 untersuchten Messstellen schwankt dabei zwischen 1 und 3.647. Am seltensten werden beispielsweise Chloroxuron, Dinoset, Diniterb, Ethidimuron und Epiconazol, am häufigsten Metolachlor gemessen. Es wird jeweils der neueste Messwert für die Auswertung herangezogen.

Damit die Liste nicht zu umfangreich wird, werden nur Stoffe berücksichtigt, die in diesem Zeitraum an mehr als 100 Messstellen untersucht wurden. Diese Einschränkung betrifft 72 Stoffe, wobei mit einer Ausnahme sämtliche Befunde unterhalb der Bestimmungsgrenze liegen. Damit kommen zusammen mit den Untersuchungen des Kooperationsmessnetzes Wasserversorgung insgesamt 42 Wirkstoffe und 3 Metaboliten in die Auswertung. 15 Wirkstoffe davon, d. h. rund 36 %, sind inzwischen verboten bzw. nicht mehr zugelassen, 27 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 anhand von 45 untersuchten Substanzen im Zeitraum 2009 - 2013 stellt sich wie folgt dar (siehe auch Tabelle 2.5-6):

- 22 Substanzen werden an keiner einzigen Messstelle gefunden, darunter 13 zugelassene und neun nicht mehr zugelassene Wirkstoffe.
- Positive Befunde in Konzentrationen unter dem Wert 0,1 µg/l liegen von sieben Stoffen vor – alle mit Zulassung.
- Überschreitungen des Werts 0,1 µg/l an bis zu 1 % der Messstellen werden durch 16 Stoffe verursacht (sechs zugelassene, sieben nicht mehr zugelassene Wirkstoffe und drei Metaboliten). Die meisten Überschreitungen treten beim Desethylatrazin (0,8 %) auf, es folgen Bentazon (0,5 %), Bromacil und Atrazin (je 0,4 %) sowie Hexazinon (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. Datengrundlage sind die Überschreitungen des Wertes von 0,1 µg/l in den letzten fünf Jahren an Messstellen des Landesmessnetzes und des Kooperationsmessnetzes Wasserversorgung.

Desethylatrazin stellt somit noch immer die Hauptbelastung dar, obwohl der Ausgangsstoff Atrazin bereits seit 1991 in der Bundesrepublik verboten ist. In Baden-Württemberg 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. Aufgrund seiner Persistenz ist der Wirkstoff immer noch nachzuweisen, jedoch mit deutlich rückläufiger Tendenz. Ausführliche Auswertungen zur zeitlichen Entwicklung von Desethylatrazin und Atrazin sind im Bericht „Ergeb-

Tabelle 2.5-6: Belastung der Messstellen mit PSM-Wirkstoffen und ihren Metaboliten in den letzten fünf Jahren. Es sind nur Wirkstoffe und Metaboliten aufgeführt, die im Zeitraum 2009-2013 an mindestens 100 Messstellen untersucht wurden

negative Befunde an allen Messstellen		positive Befunde			
		in Konzentrationen ≤ 0,1 µg/l		an bis zu 1 % der Messstellen mit Konzentrationen über 0,1 µg/l	
Cyanazin	(283)	<b>2,4-D</b>	<b>(2/2881)</b>	Atrazin	(14/3606)
<b>Chlorthalonil</b>	<b>(233)</b>	<b>Bifenox</b>	<b>(1/1193)</b>	<b>Bentazon</b>	<b>(16/3464)</b>
<b>Chlortoluron</b>	<b>(1350)</b>	<b>Chloridazon</b>	<b>(5/2155)</b>	Bromacil	(13/3582)
<b>Dicamba</b>	<b>(2849)</b>	<b>Dimethenamid</b>	<b>(1/233)</b>	<i>Desethylatrazin</i>	(28/3605)
Dichlobenil	(234)	<b>Isoproturon</b>	<b>(5/1949)</b>	<i>Desethylterbuthylazin</i>	(3/3602)
<b>Dichlorprop (2,4-DP)</b>	<b>(2850)</b>	<b>Metalaxyl</b>	<b>(4/3631)</b>	<i>Desisopropylatrazin</i>	(4/3599)
<b>Dimethachlor</b>	<b>(233)</b>	<b>Tritosulfuron</b>	<b>(1/233)</b>	Diuron	(2/1915)
<b>Dimoxystrobin</b>	<b>(233)</b>			Flusilazol	(1/1788)
<b>Flufenacet</b>	<b>(233)</b>			Hexazinon	(12/3589)
<b>Flurtamone</b>	<b>(233)</b>			<b>Mecoprop (MCP)</b>	<b>(1/3456)</b>
Linuron	(1326)			<b>Metazachlor</b>	<b>(1/3563)</b>
<b>MCPA</b>	<b>(2462)</b>			<b>Metolachlor</b>	<b>(2/3647)</b>
MCPB	(111)			Propazin	(1/3625)
Parathion-ethyl	(127)			<b>Quinmerac</b>	<b>(1/233)</b>
<b>Pendimethalin</b>	<b>(1283)</b>			Simazin	(3/3629)
<b>Pethoxamid</b>	<b>(233)</b>			<b>Terbuthylazin</b>	<b>(3/3623)</b>
Sebutylazin	(290)				
Terbazil	(124)				
Tolyfluanid	(239)				
Trifluralin	(123)				
<b>Thiacloprid</b>	<b>(233)</b>				
<b>Trifloxystrobin</b>	<b>(233)</b>				

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 04/2014 jeweils neuester Messwert 2009-2013, Landesmessstellen und Kooperationsmessstellen der WVU  
 Fettdruck: Wirkstoff hat eine Zulassung (Stand: April 2014)  
 Normalschrift: Wirkstoff ist nicht mehr zugelassen  
 Kursivschrift: Metabolit (Abbauprodukt)  
 Klammerwerte: Anzahl der Messstellen > Schwellenwert (SW) / Anzahl der untersuchten Messstellen



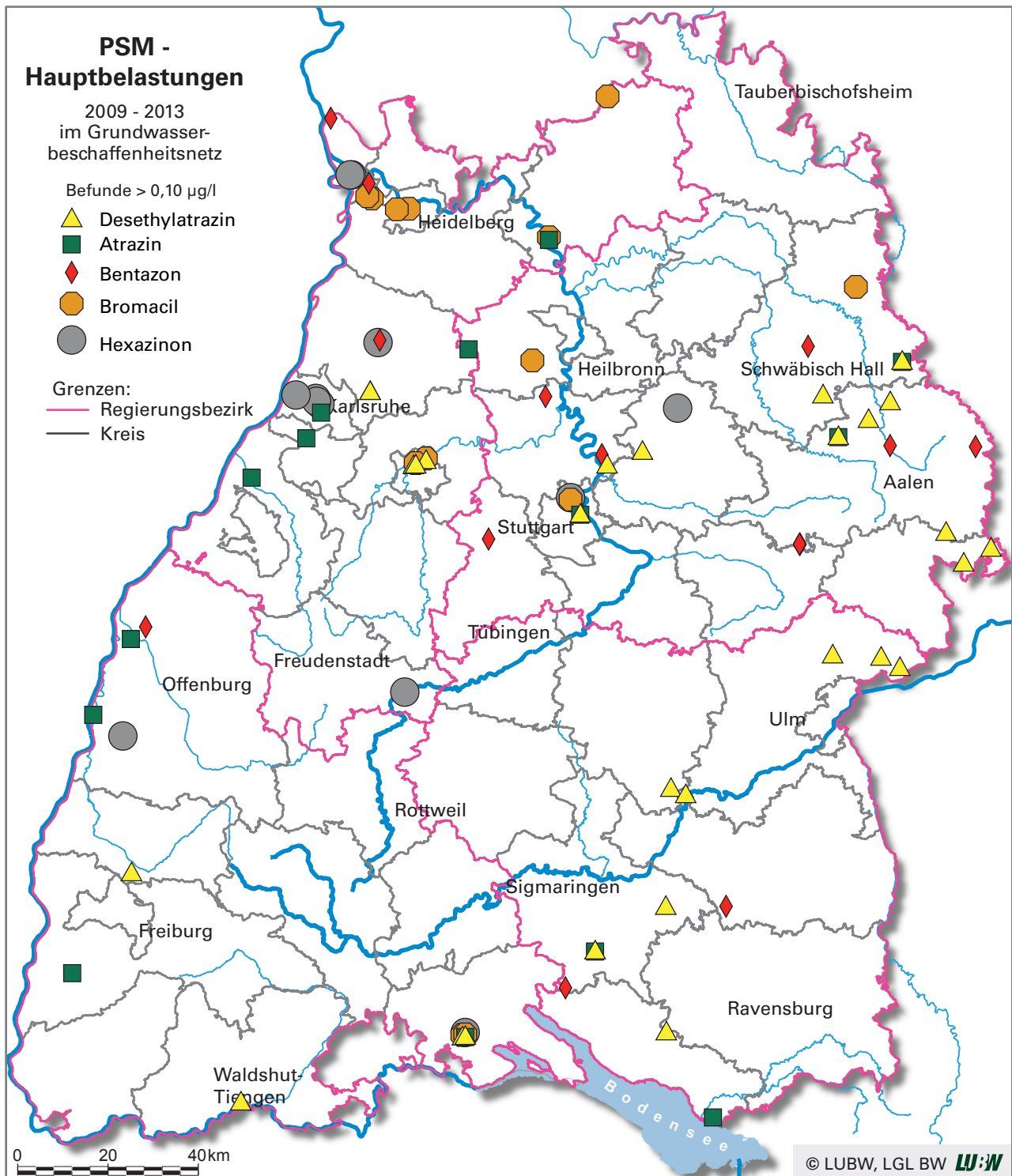


Abbildung 2.5-3: PSM-Hauptbelastungen: 1 Metabolit und 4 PSM-Wirkstoffe an 70 Messstellen mit Befunden über dem Schwellenwert der Grundwasserverordnung von 0,1 µg/l.  
Datengrundlage: Landesmessstellen und Kooperationsmessstellen der Wasserversorgungsunternehmen; pro Messstelle jeweils der neueste Überschreitungswert aus dem Zeitraum 2009 bis 2013 (Datenbankabfrage 04/2014)

nisse der Beprobung 2010“ [LUBW 2011F] zu finden. Bromacil und Hexazinon wurden in der Vergangenheit als Totalherbizide insbesondere auf Nichtkurland eingesetzt. Beide Wirkstoffe sind seit Anfang der 1990er Jahre wegen ihrer Persistenz verboten. Betroffen ist in erster Linie das Umfeld von Gleisanlagen. Die Belastung geht

deutlich zurück. Von den zugelassenen Wirkstoffen wird Bentazon am häufigsten gefunden, wenngleich auf einem deutlich niedrigeren Belastungsniveau als z. B. Atrazin oder Desethylatrazin. Die zahlreichen Positivbefunde in den letzten Jahren führten zu verschiedenen Anwendungsbeschränkungen. Aufgrund seiner hohen Mobilität

im Untergrund wurde beispielsweise der Einsatz von Bentazon auf besonders durchlässigen Böden verboten.

Das Monitoring auf Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und deren Metaboliten ist im Landesmessnetz seit mehr als 20 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 schlecht im Untergrund abbaubar und damit 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. Jetzt ergriffene Maßnahmen zur Verringerung des PSM-Eintrags werden sich aufgrund der mittleren Verweilzeiten in Boden und Grundwasser sicherlich erst in einigen Jahren auswirken.

### **2.5.8 Bewertung der Gesamtsituation der nichtrelevanten Metaboliten 2009-2013**

Seit 2006 werden Untersuchungen auf nichtrelevante Metaboliten (nrM) im Grundwasser durchgeführt [LUBW 2007F bis 2013F]. Unter nrM versteht man die Abbauprodukte von Pflanzenschutzmittelwirkstoffen, die keine pestizide Wirkung und kein human- und ökotoxikologisches Potenzial mehr haben. Nichtrelevant 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. Inzwischen gibt es eine Übereinkunft zwischen dem Bund und den Ländern, dass nach Pflanzenschutzrecht als nichtrelevant eingestufte Metaboliten auch trinkwasserschutzrechtlich als nichtrelevant einzustufen sind und umgekehrt.

Bisher gab das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) insgesamt über 50 Metaboliten bekannt, die in Lysimeterstudien im Rahmen des Zulassungsverfahrens in Konzentrationen von mehr als 10 µg/l bzw. in Konzentrationen von 1 bis 10 µg/l im Sickerwasser aufgetreten waren. Das Umweltbundesamt hat ferner zusammen mit dem Bundesinstitut für Risikobewertung zahlreiche Metaboliten hinsichtlich ihrer Toxizität 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 2008 bis 2013 liegen Messwerte aus dem LUBW-Messnetz und dem Kooperationsmessnetz Wasserversorgung von insgesamt 48 Metaboliten vor. Die Zahl der untersuchten Messstellen liegt zwischen 115 bei Metabolit R419492 / M8 von Chlorthalonil und 3.587 bei 2,6-Dichlorbenzamid. Für die Beschreibung der Gesamtsituation werden jeweils die neuesten Messwerte aus dem Zeitraum 2009 bis 2013 herangezogen. In Tabelle 2.5-7 sind alle nrM aufgelistet und absteigend nach der Überschreitungquote von GOW bzw. Positivbefunden sortiert.

Bei den untersuchten nichtrelevanten 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 2,8 % und Desphenylchloridazon mit 1,4 % GOW-Überschreitungen. Es folgen der Metolachlor-Metabolit NOA 413173 und der Dimethachlor-Metabolit CGA 369873 mit 0,8 bzw. 0,2 % Überschreitungen des GOW. Bei Metolachlorsulfonsäure, Methyl-desphenylchloridazon, Metolachlorsäure, Metazachlorsäure, Metazachlorsulfonsäure, und 2,6-Dichlorbenzamid sind die GOW nur an einzelnen Messstellen überschritten. Weitere 16 Metaboliten konnten zwar im Grundwasser nachgewiesen werden, in einigen Fällen sogar in Konzentrationen bis über 1 µg/l, die GOW wurden jedoch nicht erreicht. Dennoch ist auch bei diesen Substanzen aus Vorsorgegründen eine weitere Verringerung der Konzentrationen im Grundwasser anzustreben. Weitere 22 Metaboliten konnten in den letzten fünf Jahren nicht nachgewiesen werden, davon wurde bei sieben Metaboliten noch kein GOW abgeleitet.



Tabelle 2.5-7: Überschreitungen der Gesundheitlichen Orientierungswerte (GOW) an allen Messstellen von LUBW und KOOP 2009 – 2013, jeweils neuester Wert (Datenbankabfrage 04/2014), Bewertungsstand der GOW: 31.01.2012 unter [http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/gowpflanzenschutzmetabolite2012\\_01.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/gowpflanzenschutzmetabolite2012_01.pdf)

Metabolit	GOW in µg/l	Anzahl Mst.	Anzahl Mst. > BG	% Mst. > BG	Anzahl Mst. > GOW	% Mst. > GOW	Maximalwert in µg/l
DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	1,0	3233	1174	36,3	91	2,8	14
Desphenylchloridazon (Metabolit B)	3,0	3243	1421	43,8	46	1,4	10
Metabolit NOA 413173 von S-Metolachlor	1,0	1362	126	9,3	11	0,8	3,8
Metabolit CGA 369873 von Dimethachlor	1,0	1362	297	21,8	3	0,2	1,6
Metabolit CGA 380168/CGA 354743 von S-Metolachlor (Metolachlorsulfonsäure)	3,0	1363	147	10,8	2	0,1	3,5
Methyl-desphenylchloridazon (Metabolit B1)	3,0	3231	804	24,9	3	0,1	6,1
Metabolit CGA 51202/CGA 351916 von S-Metolachlor (Metolachlorsäure)	3,0	1363	72	5,3	1	0,1	5,3
Metabolit BH 479-4 von Metazachlor (Metazachlorsäure)	1,0	1363	66	4,8	1	0,1	1,1
Metabolit BH 479-8 von Metazachlor (Metazachlorsulfonsäure)	3,0	1365	162	11,9	1	0,1	3,56
2,6-Dichlorbenzamid	3,0	3587	102	2,8	1	0,03	3,9
Metabolit R 417888/Vis-01 von Chlorthalonil (Chlorthalonilsulfonsäure)	3,0	404	40	9,9	0	0,0	1,73
Metabolit CGA 368208 von S-Metolachlor	1,0	404	21	5,2	0	0,0	0,27
Metabolit BH 479-12 von Metazachlor	1,0	404	13	3,2	0	0,0	0,05
Metabolit CGA 357704 von S-Metolachlor	1,0	404	11	2,7	0	0,0	0,12
Metabolit M27 von Dimethenamid-P und Dimethenamid	1,0	404	10	2,5	0	0,0	0,54
Metabolit CGA 354742 von Dimethachlor (Dimethachlorsulfonsäure)	3,0	1376	34	2,5	0	0,0	1,03
Metabolit NOA 413161 von Trifloxystrobin	1,0	233	5	2,1	0	0,0	0,14
Metabolit CGA 62826 / NOA 409045 von Metalaxyl	1,0	233	4	1,7	0	0,0	0,05
Metabolit BH 479-9 von Metazachlor	3,0	233	4	1,7	0	0,0	0,07
Metabolit CGA 108906 von Metalaxyl	1,0	233	3	1,3	0	0,0	0,06
Metabolit CGA 50266 von Dimethachlor (Dimethachlorsäure)	3,0	420	5	1,2	0	0,0	0,05
Metabolit M23 von Dimethenamid-P und Dimethenamid	1,0	233	2	0,9	0	0,0	0,04
Metabolit M30 / YRC 2894 von Thiachlorid	1,0	233	1	0,4	0	0,0	0,09
Metabolit BH 518-2 von Quinmerac	1,0	233	1	0,4	0	0,0	0,07
Metabolit M2 von Flufenacet	1,0	233	1	0,4	0	0,0	0,02
Metabolit R 234886 / ICIA5504/021 von Azoxystrobin	1,0	330	1	0,3	0	0,0	0,1
Metabolit 3 / R 403814 von Picoxystrobin	-	330	0	0,0	-	-	-
Metabolit F8 von Benalaxyl-M	-	330	0	0,0	-	-	-
Metabolit F4 von Benalaxyl-M	-	330	0	0,0	-	-	-
Metabolit M2 von Benalaxyl-M	3,0	330	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit M1 von Benalaxyl-M	3,0	330	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit BH 635-4 / 635M01 (TBSA) von Tritosulfuron	1,0	233	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit CGA 321113 von Trifloxystrobin	1,0	233	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit NOA 413163 von Trifloxystrobin	1,0	233	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit CGA 37735 von S-Metolachlor	1,0	404	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit CGA 50267 von S-Metolachlor	1,0	404	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit CGA 50720 von S-Metolachlor	1,0	404	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit BH 479-11 von Metazachlor	1,0	233	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit SYN 530561 von Dimethachlor	1,0	404	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit CGA 373464 von Dimethachlor	1,0	404	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit SYN 528702 von Dimethachlor	1,0	233	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit R611965 / M5 von Chlorthalonil	3,0	233	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit R419492 / M8 von Chlorthalonil	3,0	115	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit N3 von Topramezone	-	233	0	0,0	-	-	-
Metabolit MET-42 von Pethoxamid	1,0	233	0	0,0	0	0,0	-
Metabolit 505M09 von Dimoxystrobin	-	233	0	0,0	-	-	-
Metabolit 505M08 von Dimoxystrobin	-	233	0	0,0	-	-	-
Metabolit CGA 102935 von Dimethachlor	-	233	0	0,0	-	-	-

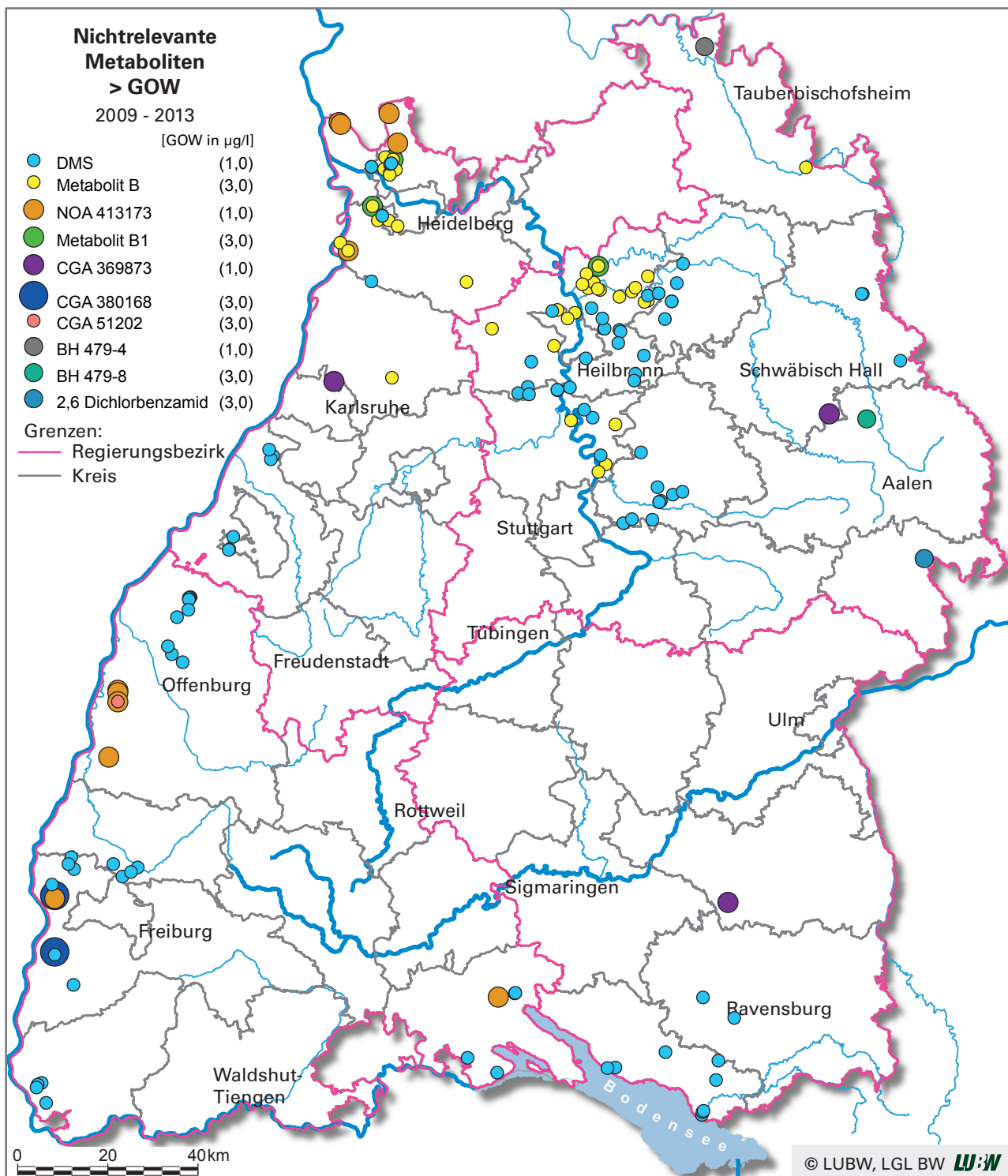


Abbildung 2.5-4: Konzentrationsverteilung der nichtrelevanten Metaboliten mit Überschreitungen des Gesundheitlichen Orientierungswertes (GOW)

Datengrundlage: Landesmessstellen und Kooperationsmessstellen der Wasserversorgungsunternehmen; pro Messstelle jeweils der neueste Überschreitungswert aus dem Zeitraum 2009 bis 2013 (Datenbankabfrage 04/2014)

Die Eintragsquelle für DMS ist seit spätestens Ende 2008 gestoppt, als die Zulassung von Tolyfluanid-haltigen Mitteln widerrufen wurde. In diesem Falle bleibt als Maßnahme nur, weiterhin die Konzentrationen im Grundwasser zu beobachten. Bei Chloridazon wurde als Maßnahme zur Verringerung der Einträge bereits im Frühjahr 2007 eine freiwillige Vereinbarung mit den Herstellern abgeschlos-

sen, die im Rahmen der Beratung durch die Hersteller, die Verbände und die Verwaltung umgesetzt wird. Laut Broschüre der Landwirtschaftsverwaltung „Pflanzenproduktion 2013 – Sorten und Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland“ beispielsweise „gelten für die Anwendung von Chloridazon-haltigen Mitteln aus Gründen des Grundwasserschutzes folgende Einschränkungen: Pyramin WG, Ter-

Tabelle 2.5-8: Pflanzenschutzmittel-Sanierungsgebiete (Stand 01.01.2014), Deklaratorische Liste:  
<http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/216710/>

Landkreis	WSG-Nummer	WSG-Bezeichnung	Wirkstoff	Gemeinde	Fläche in ha
Ostalbkreis	136042	Egental- und Hornbergquellen	Bentazon	Schwäbisch Gmünd	133,3
Rastatt	216201	Stadt Gaggenau, WWK Bietigheim	Metalaxyl	Bietigheim	997,0

LUBW

lin WG, Botoxon WTG und Rebell werden nicht mehr empfohlen. Innerhalb von Wasserschutzgebieten ist auf deren Einsatz völlig zu verzichten.“

Die Konzentrationen der Chloridazon-Metaboliten im Grundwasser werden daher 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 Fließzeiten im Untergrund erst in einigen Jahren feststellbar sein wird.

Die regionale Verteilung der GOW-Überschreitungen zeigt Abbildung 2.5-4. Die auffälligen DMS-Werte sind in der Vorbergzone der Oberrheinebene, dem mittleren Neckarraum und im Bodenseegebiet zu finden, überall dort, wo Weinbau und Obstbau 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 sind in Maisanbaugebieten zu beobachten. Die Messstelle mit der GOW-Überschreitung des Dimethachlor-Metaboliten CGA 369873 liegt in einem Rapsanbaugbiet.

### 2.5.9 PSM-Anwendung in Wasserschutzgebieten

In der Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) vom 20.02.2001 sind neben Nitrat die Pflanzenschutzmittel genannt, um das Grundwasser vor Beeinträchtigungen durch Stoffeinträge aus der Landwirtschaft zu schützen. So ist in Wasserschutzgebieten die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, die Terbutylazin oder Tolyfluanid enthalten, verboten. Weiterhin können Wasserschutzgebiete als PSM-Sanierungsgebiete ausgewiesen werden, wenn das zu Zwecken der öffentlichen Wasserversorgung

aus diesen Gebieten gewonnene Rohwasser eine Konzentration an Pflanzenschutzmittelwirkstoffen oder deren Abbauprodukten von 0,1 µg/l überschreitet. Die Anwendung dieser Mittel, die den betreffenden Wirkstoff enthalten oder aus deren Wirkstoffen Abbauprodukte entstehen, die den Schwellenwert überschreiten, ist verboten. Die Pflanzenschutzmittel-Sanierungsgebiete werden jedes Jahr aufgrund der Analysenergebnisse neu eingestuft und in der sogenannten Deklaratorischen Liste der SchALVO veröffentlicht. Diese ist seit 2012 im Internet der LUBW abrufbar. Derzeit sind die mit Stand 01.01.2014 in Tabelle 2.5-8 zusammengestellten zwei Wasserschutzgebiete als PSM-Sanierungsgebiete ausgewiesen. In einem Fall ist Bentazon der Wirkstoff, der diese Einstufung verursachte, und in einem Fall Metalaxyl.

## 2.6 PAK - Polycyclische, aromatische Kohlenwasserstoffe

### 2.6.1 Stoffeigenschaften, Verwendung, Eintragspfade

Die Substanzklasse der Polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) umfasst eine Gruppe von mehreren hundert Verbindungen, deren Grundgerüst zwei oder mehr kondensierte Benzolringe enthält. Die einzelnen Verbindungen unterscheiden sich in ihrer Toxizität. Die Siedepunkte liegen im Bereich von 300 bis 500 °C. Bei Raumtemperatur sind die PAK farblose, kristalline Festkörper. Sie sind schlecht löslich in Wasser, jedoch gut löslich in organischen Lösemitteln (Tabelle 2.6-1).

PAK sind in Kohle und Erdöl sowie im Steinkohlenteer enthalten und dementsprechend in Produkten aus Kohle und Öl, z.B. in bituminösen und in teerhaltigen Straßenbelägen zu finden. Sie werden auch bei der unvollständigen Verbrennung organischen Materials gebildet und treten somit im Rauch von Hausbrand und Industrieanlagen, in Autoabgasen und Zigarettenrauch auf. Auch beim Räuchern

Tabelle 2.6-1: Kurzinformationen zu PAK

Nummer	Bezeichnung	Struktur Formel	Löslichkeit in Wasser bei 25 °C in g/l	n-Octanol-Wasser-Verteilungskoeffizient log P <sub>ow</sub>	Kanzerogenität
1	Benzo(a)pyren		3,8 • 10 <sup>-6</sup>	6,04	sehr stark aktiv
2	Benzo(b)fluoranthen		1,2 • 10 <sup>-6</sup>	6,57	mäßig bis stark aktiv
3	Benzo(k)fluoranthen		0,6 • 10 <sup>-6</sup>	6,84	schwach aktiv
4	Benzo(ghi)perylen		0,26 • 10 <sup>-6</sup>	7,23	inaktiv bis schwach aktiv
5	Indeno(1,2,3-cd)pyren		62,0 • 10 <sup>-6</sup>	7,66	mäßig aktiv
Summe PAK nach TrinkwV 2001 (Nummer 2 - 5)					
6	Acenaphthen		3,47 • 10 <sup>-3</sup>	4,33	k. A.
7	Acenaphthylen		3,9 • 10 <sup>-3</sup>	4,07	k. A.
8	Anthracen		70,0 • 10 <sup>-6</sup>	4,45	aktiv
9	Benzo(a)anthracen		14,0 • 10 <sup>-6</sup>	5,61	schwach aktiv
10	Chrysen		2,0 • 10 <sup>-6</sup>	5,61	schwach aktiv
11	Dibenz(a,h)anthracen		0,5 • 10 <sup>-6</sup>	6,75	stark bis sehr stark aktiv
12	Fluoranthen		0,22 • 10 <sup>-3</sup>	4,97	inaktiv
13	Fluoren		1,9 • 10 <sup>-3</sup>	4,31	k. A.
14	Naphthalin		32,0 • 10 <sup>-3</sup>	3,35	inaktiv
15	Phenanthren		1,1 • 10 <sup>-3</sup>	4,43	inaktiv
16	Pyren		0,15 • 10 <sup>-3</sup>	5,13	inaktiv

LUBW

oder Grillen entstehen PAK. Naphthalin war früher Bestandteil von Mottenkugeln. Über den Luftpfad werden die PAK ubiquitär verbreitet. Sie lagern sich im Boden bevorzugt an Bodenpartikel an und gelangen über Staub,

PAK-haltigen Ruß und Straßenabrieb direkt in die Umwelt, auch ins Abwasser. Daher können auch Klärschlämme PAK-haltig sein.

PAK haben als flüchtige Grundwasserverunreinigungen eine meist nur untergeordnete Bedeutung. Dies liegt hauptsächlich an ihrer sehr geringen Wasserlöslichkeit und der hohen Sorptionsfähigkeit an viele Bodenbestandteile, wie Humusstoffe und Tonminerale. PAK können von Bakterien unter Sauerstoffverbrauch abgebaut werden. Somit ergibt sich eine sehr geringe geochemische Mobilität dieser Stoffe. Hohe PAK-Konzentrationen im Grundwasser werden meist nur unterstromig von erdöl- und kohleverarbeitenden Industrien, Abwasseranlagen oder Deponien und Altablagerungen wie im Bereich ehemaliger Kokereien gefunden. In Kokereien wurde früher aus Kohle Gas und Koks gewonnen.

Von den etwa 300 bekannten PAK wurden von der amerikanischen Umweltbehörde EPA 16 Verbindungen als Leitsubstanzen für umweltanalytische Untersuchungen ausgewählt. Deren wichtigsten Eigenschaften sind in Tabelle 2.6-1 zusammengestellt.

### 2.6.2 Grenzwerte, Warnwerte

Die Grundwasserverordnung nennt keine Schwellenwerte für PAK, weder als Einzelstoff noch als Summenparameter. In der Neufassung der Trinkwasserverordnung vom 02.08.2013 ist für Benzo(a)pyren als Einzelstoff ein Grenzwert von 0,01 µg/l und für die „Polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe“ als Summe der vier Substanzen Benzo(b)-fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(ghi)perylen und Indeno(1,2,3-cd)pyren ein Grenzwert von 0,1 µg/l festgelegt. Der Warnwert im Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz für die „Summe PAK“ beträgt 0,05 µg/l.

Die Bundesbodenschutz- und Altlastenverordnung (BBodSchV) nennt für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser einen Prüfwert von 0,2 µg/l für den Parameter „PAK, gesamt“, worunter die Summe aus 15 PAK, d. h. die EPA-Liste ohne Naphthalin zu verstehen ist. Der gleiche Wert von 0,2 µg/l für die „Summe PAK“ aus den genannten 15 PAK gilt als Geringfügigkeitsschwellenwert (GFS) der LAWA (Länderarbeitsgemeinschaft Wasser) zur Beurteilung von lokal begrenzten Grundwasserverunreinigungen. Für Naphthalin selbst gilt nach der BBodSchV ein Prüfwert von 2,0 µg/l. Weitere Geringfügigkeitsschwellenwerte wurden für Anthracen, Benzo(a)pyren, Dibenzo(a,h)anthracen mit jeweils 0,01 µg/l und Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)-

fluoranthen, Benzo(ghi)perylen, Fluoranthen und Indeno(1,2,3-cd)pyren mit jeweils 0,025 µg/l abgeleitet.

### 2.6.3 Probennahme und Analytik

Die Konzentrationen, mit denen PAK im Grundwasser auftreten, bewegen sich üblicherweise im Bereich von ng/l bis µg/l, je nach Stärke der Kontamination und je nach Entfernung zur Emissionsquelle. Die Bestimmungsgrenzen in der Beprobungskampagne 2010-2012 sind von Labor zu Labor unterschiedlich. Sie liegen für die meisten Einzelstoffe bei 0,005 µg/l für Benzo(a)pyren bzw. 0,01 µg/l für die anderen 15 PAK (siehe Anhang Tabelle A3), teilweise werden von den Laboratorien auch niedrigere Bestimmungsgrenzen von 0,001 und 0,002 µg/l angegeben.

Wie bei jeder Bestimmung im Spurenbereich muss man auch bei der Analyse von PAK mit Ergebnisunsicherheiten rechnen. Zur Abschätzung der Messunsicherheit werden Ringversuchskenndaten der AQS Baden-Württemberg herangezogen. Die neuesten Ringversuchsergebnisse entstammen dem RV 02/2012 „PAK in Trinkwasser“. 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 PAK bewegen sich je nach Substanz im Bereich von 15 bis 26 %, die erweiterten Messunsicherheiten dementsprechend von 30 bis 52 %.

### 2.6.4 Bisherige Untersuchungen

Die erste Messung der PAK im Gesamtmessnetz der LUBW erfolgte 2001, eine zweite 2004. Danach folgte aus organisatorischen Gründen eine Gesamtbeprobung über den Dreijahreszeitraum 2010 bis 2012 verteilt. Die Übersicht zeigt, dass in Baden-Württemberg für die Beurteilung der PAK-Belastung eine große und statistisch verlässliche Datenbasis zur Verfügung steht (Tabelle 2.6-2).

### 2.6.5 Ergebnisse früherer Beprobungen 2001 und 2004

Bei 12 der 16 Einzelsubstanzen lagen die Überschreitungsquoten der Bestimmungsgrenzen bei der Beprobung 2001 zwischen 0,4 % und 2,0 %. Höhere Werte erreichten Pyren mit 4,5 %, Fluoranthen mit 5,0 %, Phenanthren mit 6,6 %

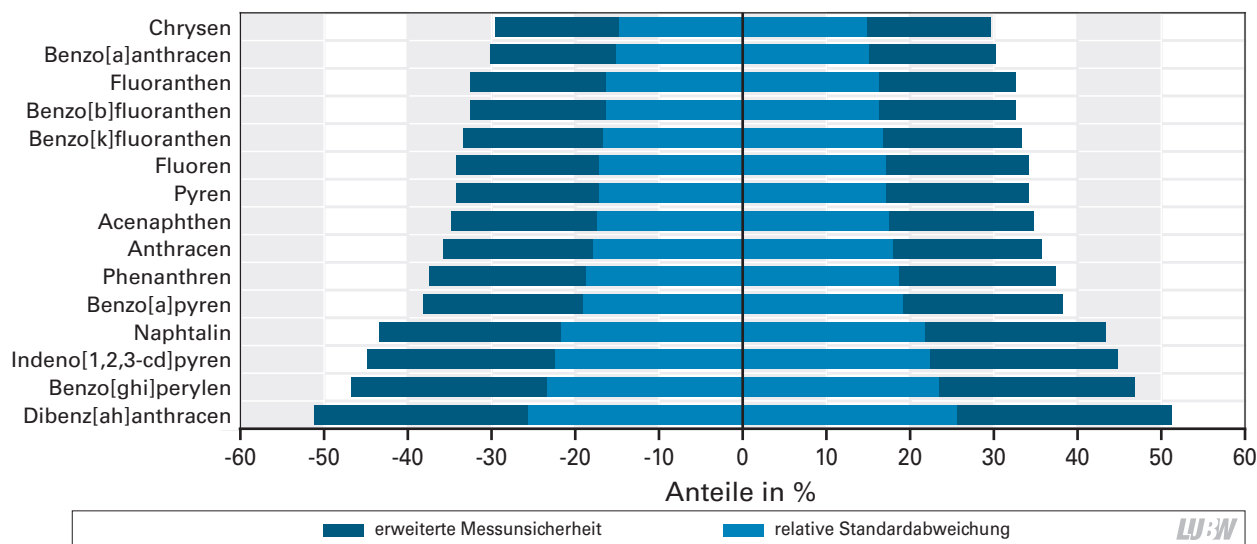


Abbildung 2.6-1: Ringversuchsdaten PAK der AQS Baden-Württemberg  
 Datengrundlage: Ringversuch 02/2012 (28. Länderübergreifender Ringversuch) - Trinkwasser  
 Quelle: AQS-Baden-Württemberg: <http://www.iswa.uni-stuttgart.de/ch/aqs/>

und Naphthalin mit 10,3 %. Ein ähnliches Belastungsmuster zeigen die Untersuchungen 2004, jedoch auf etwas niedrigerem Niveau.

Tabelle 2.6-2: Gesamtzahl der auf PAK untersuchten Messstellen in Grundwassermessnetz  
 Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 04/2014, Landesmessstellen und Kooperationsmessstellen der WWU

Substanz	2001	2004	2010 bis 2012
Benzo(a)pyren	2517	2312	2127
Benzo(b)fluoranthen	2518	1308	2129
Benzo(k)fluoranthen	2518	2308	2142
Benzo(ghi)perylen	2516	2308	2141
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2519	2308	2146
Summe PAK n. TrinkwV 2001	2244	2308	2128
Acenaphthen	2158	2151	2114
Acenaphthylen	1396	1467	2115
Anthracen	2158	2151	2116
Benzo(a)anthracen	2158	2151	2104
Chrysen	2158	2151	2101
Dibenz(a,h)anthracen	2158	2151	2117
Fluoranthen	2512	2209	2096
Fluoren	2158	2150	2122
Naphthalin	2158	2153	2032
Phenanthren	2158	2150	2090
Pyren	2158	2151	2087

## 2.6.6 Ergebnisse der Beprobungskampagne 2010 - 2012

Die Belastung des Grundwassers mit PAK ist in Tabelle 2.6-3 anhand des Vergleichs der Messwerte mit den Grenzwerten der TrinkwV, Prüfwerten der BBodSchV bzw. den Geringfügigkeitsschwellenwerten (GFS) der LAWA dargestellt. Teilweise betrifft dies Einzelparameter, teilweise auch verschiedene Summenwerte. So wurde beispielsweise im Falle des Benzo(a)pyren der Grenzwert der TrinkwV von 0,01 µg/l an fünf von 1.898 Messstellen überschritten. Ein ähnliches Bild ergibt sich auch für die anderen Parameter. Die Überschreitungsquoten hinsichtlich Grenzwert TrinkwV, Prüfwert BBodSchV und GFS gehen bis maximal 0,5 % für die Summe PAK-15 (Tabelle 2.6-3). Bei Naphthalin war der Prüfwert für den Pfad Boden-Grundwasser an keiner Stelle überschritten. Alles in allem sind demnach 14 Messstellen als höher belastet anzusehen, d. h. mindestens ein Messwert liegt über einem der aufgeführten Vergleichswerte. In allen Fällen liegen im Einzugsgebiet dieser Messstellen mit höherer PAK-Belastung Altablagerungen oder Altstandorte (Tabelle 2.6-4). Einige typische Fallbeispiele sind in Abbildung 2.6-2 dargestellt.

Auch Messstellen mit niedrigeren PAK-Konzentrationen zwischen Bestimmungsgrenze und den o. g. Vergleichswerten sind zu größten Teil durch Altstandorte und Altablagerungen beeinflusst. Dabei sind – wie auch bei den höher belasteten Messstellen – nicht nur Messstellen in Siedlungs- oder Industriebereichen betroffen, sondern

Tabelle 2.6-3: Belastung des Grundwassers 2010-2012 mit PAK anhand verschiedener Vergleichswerte

Parameter	Regelung	Vergleichswert in µg/l	Anzahl Messstelle	Anzahl Messstellen > Vergleichswert	% Messstelle > Vergleichswert	Max.
Benzo(a)pyren	Grenzwert TrinkwV und GFS	0,01	1.898	5	0,3	1,27
Summe PAK nach TrinkwV 2001	Grenzwert TrinkwV	0,1	1.901	3	0,2	3,82
PAKgesamt = PAK-15 = PAK-16 nach EPA ohne Naphthalin	Prüfwert BBodSchV und GFS	0,2	1.942	10	0,5	11,0
Naphthalin	Prüfwert BBodSchV	2,0	1.942	0	0,0	-
Anthracen	GFS	0,01	1.922	7	0,4	0,132
Dibenzo(a,h)anthracen	GFS	0,01	1.923	2	0,1	0,23
Benzo(b)fluoranthen,	GFS	0,025	1.903	3	0,2	1,44
Benzo(k)fluoranthen,	GFS	0,025	1.915	3	0,2	0,55
Benzo(ghi)perylen,	GFS	0,025	1.914	3	0,2	0,956
Fluoranthen	GFS	0,025	1.889	10	0,5	1,49
Indeno(1,2,3-cd)pyren	GFS	0,025	1.918	3	0,2	0,874

LUBW

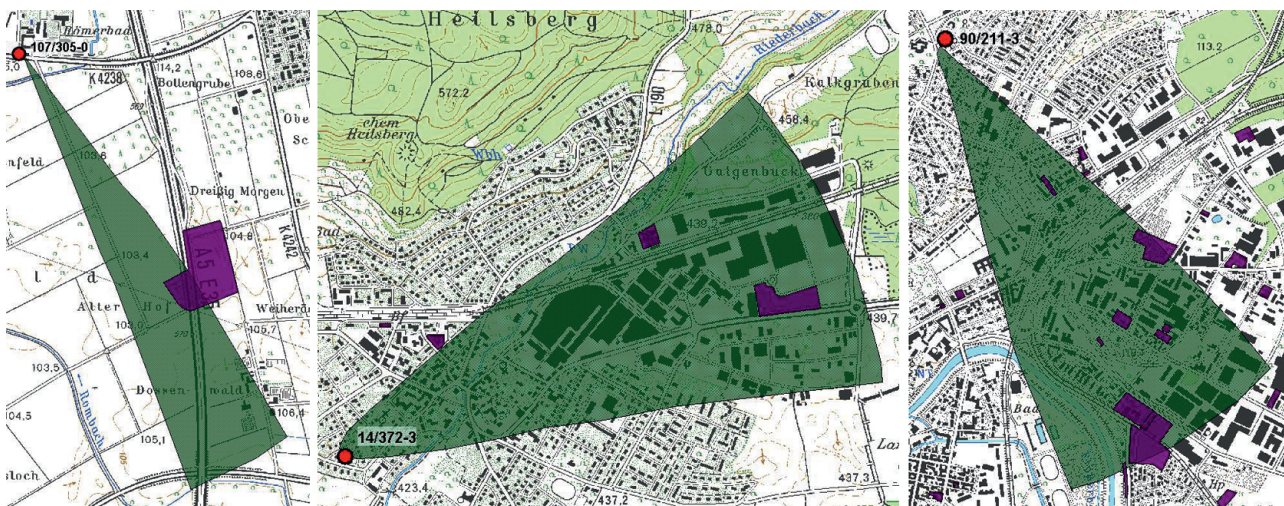


Abbildung 2.6-2: Typische Fallbeispiele von Messstellen mit PAK-Belastung  
grün: Einzugsgebiete der Messstellen, violett: Altstandorte und Altablagerungen, Daten 2010-2012

auch Messstellen in ländlichen Gebieten. Dort sind meist ehemalige Abfallablagerungen und „wilde“ Mülldeponien die Ursache für die Funde, während im Bereich Siedlung/Industrie meist Altstandorte wie ehemalige Gaswerke, Tanklager, Tankstellen, Brennstoffhandlungen, etc. als Verursacher zu identifizieren sind. Bei letzteren sind oft auch erhöhte Gehalte des Benzinzusatzstoffes MTBE zu finden.

Insgesamt sind in weiteren 63 Messstellen PAK nachweisbar. Allerdings ist dabei in rund zwei Drittel der Fälle Naphthalin der einzige Kontaminant, was u. a. auf die im Vergleich zu den anderen PAK bessere Wasserlöslichkeit

von Naphthalin zurückzuführen ist. Die PAK-Funde sind über ganz Baden-Württemberg verteilt, meist in Gegenden, wo die Industrie- und Siedlungsgebiete über die Jahrzehnte gewachsen sind und daher auch viele Altstandorte und Altablagerungen aus der Vergangenheit vorhanden sind (Abbildung 2.6-3).

### 2.6.7 Tendenzen

Die Ergebnisse der Beprobungskampagnen 2001, 2004 und 2010 bis 2012 zeigt Abbildung 2.6-4 anhand konsistenter Messstellengruppen. Dargestellt sind die prozentualen Anteile der Positivbefunde, wobei die Bestimmungsgrenze von

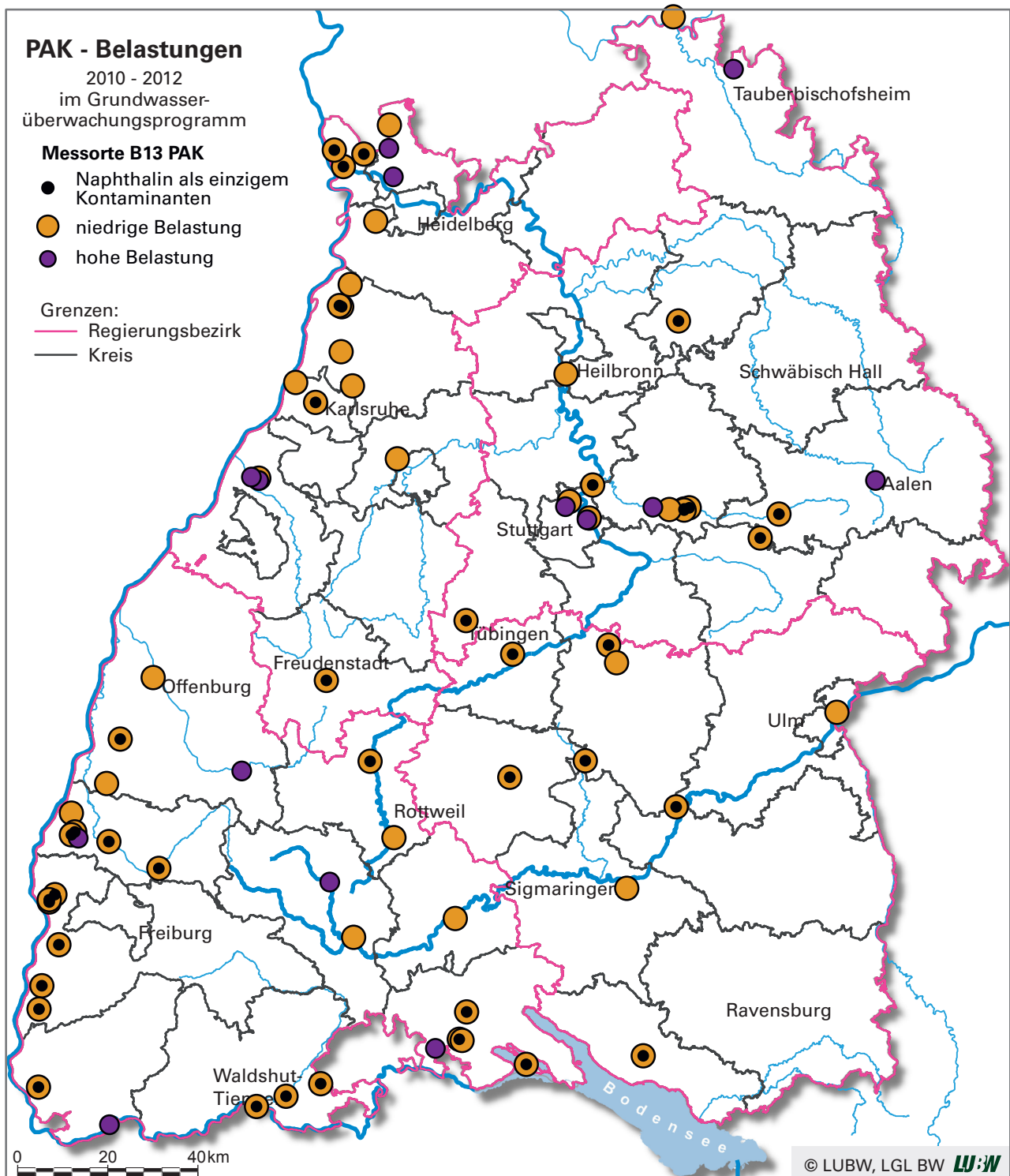


Abbildung 2.6-3: Regionale Verteilung der Messstellen mit PAK-Belastung, hohe Belastung: Überschreitung von Vergleichswerten gemäß Tabelle 2.6-3, Niedrige Belastung: zwischen Bestimmungsgrenze und Vergleichswert, Daten 2010-2012

Benzo(a)pyren  $0,005 \mu\text{g/l}$ , die der anderen PAK  $0,01 \mu\text{g/l}$  betrug. Es lässt sich eine deutliche Abnahme der Positivbefunde feststellen. Die Belastung wurde in allen Jahren hauptsächlich durch Naphthalin verursacht, gefolgt von Phenanthren, Pyren und Fluoranthren. Die anderen PAK werden weniger häufig gefunden. Bei den meisten PAK-Altstandorten und Altablagerungen wurden in den letzten

Jahren und Jahrzehnten entsprechende Sanierungen durchgeführt, wobei die betrieblichen Tätigkeiten auf den betroffenen Flächen oft schon Jahre vorher eingestellt worden waren. Die Überwachung dieser Messstellen zeigt somit mehr oder weniger das Abklingen der Grundwasserkontaminationen an, da davon auszugehen ist, dass die Eintragsquellen beseitigt sind.



Tabelle 2.6-4: Messstellen mit höherer PAK-Belastung des Grundwassers 2010-2012

Grundwasser- nummer	Einzugsgebiet der Mess- stelle mit ...	Benzo(a)- pyren µg/l	Summe TrinkwV µg/l	Anthracen µg/l	Dibenz(a,h)- anthracen µg/l	Benzo(b)- fluoranthren µg/l	Benzo(k)- fluoranthren µg/l	Benzo(ghi)- perylene µg/l	Indeno(1,2,3- cd)pyren µg/l	Summe PAK15 µg/l	Fluoranthren µg/l	Naphthalin µg/l
232/074-1	AA mit Ofenausbruch, innerorts	<b>1,270</b>	<b>3,820</b>	<b>0,132</b>	<b>0,230</b>	<b>1,440</b>	<b>0,550</b>	<b>0,956</b>	<b>0,874</b>	<b>11,004</b>	<b>1,490</b>	0,026
43/761-9	AS , ehem. Gaswerk, innerorts	<0,005	<0,010	<b>0,114</b>	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<b>5,408</b>	<b>0,840</b>	<0,010
98/068-5	AS, ehem. Lackfabrik, innerorts	<b>0,403</b>	<b>1,181</b>	<b>0,129</b>	<b>0,053</b>	<b>0,537</b>	<b>0,191</b>	<b>0,193</b>	<b>0,260</b>	<b>4,489</b>	<b>0,743</b>	0,01
2011/512-0	AA Kraftwerksgelände, innerorts	<0,005	<0,010	<b>0,012</b>	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<b>1,546</b>	<0,010	0,019
107/305-0	AA ehem. Müllkippe, ländliches Gebiet	<0,005	<0,010	<b>0,030</b>	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<b>1,301</b>	0,012	0,1
71/461-3	AS ehem. Asphaltwerk, innerorts	<b>0,043</b>	<b>0,161</b>	<0,010	<0,010	<b>0,049</b>	<b>0,032</b>	<b>0,038</b>	<b>0,042</b>	<b>0,392</b>	<b>0,050</b>	<0,010
75/217-4	AS ehem. Mineralölhandel, innerorts	<0,005	<0,010	<b>0,020</b>	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<b>0,389</b>	0,013	0,055
1025/304-3	AA ehem. Bauschuttablage- rung, ländliches Gebiet	<0,005							<0,010	<b>0,326</b>	<b>0,176</b>	0,017
4/211-8	AS ehem. Autoverwertung, innerorts	<0,005	<0,010	<b>0,018</b>	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<b>0,239</b>	<b>0,090</b>	0,021
90/211-3	AS ehem. Tankstelle + ehem. Tanklager, innerorts	<b>0,013</b>	0,042	<0,010	<0,010	0,020	0,011	<0,010	0,011	<b>0,215</b>	<b>0,063</b>	<0,010
1/653-0	AA nicht näher beschreibbar, ländliches Gebiet	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,159	<b>0,088</b>	<0,010
14/372-3	AS ehem. Tankstelle, innerorts			<0,010	<0,010		<0,010	<0,010	<0,010	0,143	<b>0,073</b>	<0,010
140/561-0	AS Maschinenbau, innerorts	<b>0,017</b>	0,043	<0,010	<0,010	0,017	0,012	<0,010	0,014	0,118	0,023	0,016
12/269-3	AS Metallverarbeitung	<0,005	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0,085	<b>0,037</b>	<0,010

AA = Altablagung, AS = Altstandort, Fettschrift= Befund > Vergleichswert

LU:W

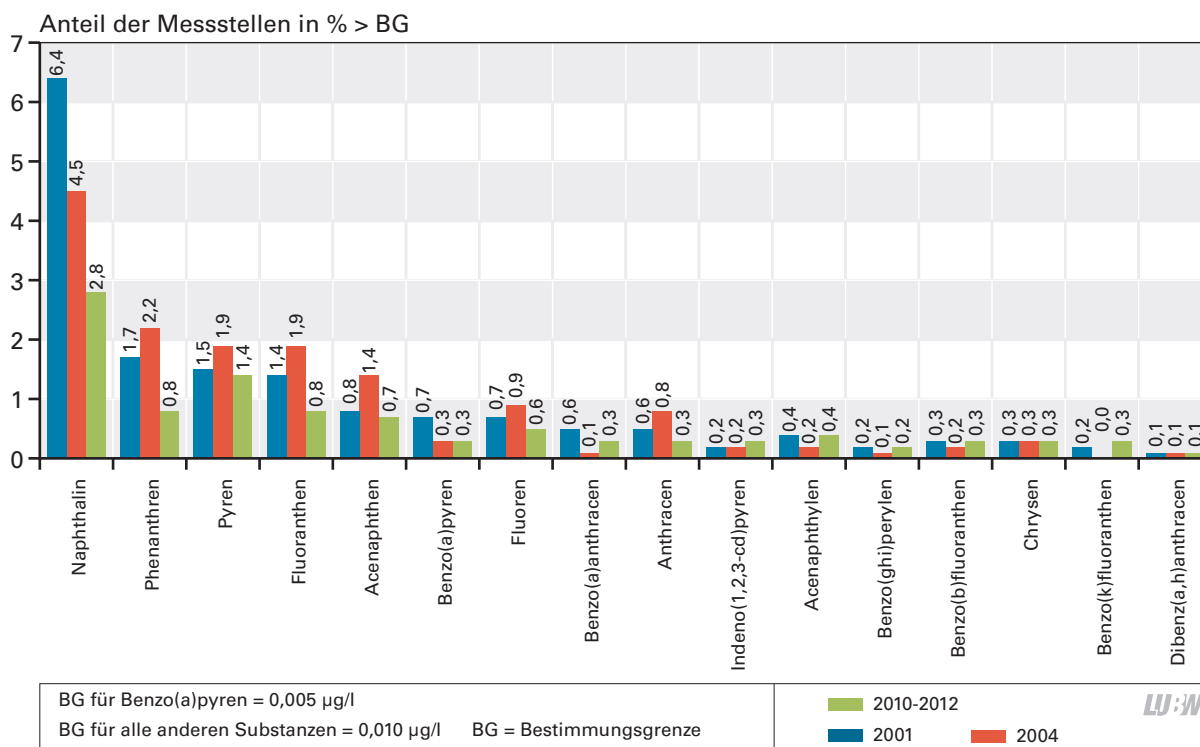


Abbildung 2.6-4: Zeitlicher Verlauf der Belastung mit den 16 PAK nach EPA anhand konsistenter Messstellen 2001, 2004 und 2010 bis 2012 (1.800-1.835 Messstellen je Substanz)

### 2.6.8 Bewertung

Die Untersuchungen zeigen, dass die Ursache von PAK-Befunden im Grundwasser in erster Linie Altablagerungen und Altstandorte wie ehemalige Gaswerke, Tankstellen, Tanklager, etc. sind. Naphthalin ist hierbei die am häufigsten vorkommende Einzelsubstanz. Dies ist plausibel, da Naphthalin die Hauptkomponente im Steinkohlenteer ist und außerdem von allen untersuchten PAK die höchste Wasserlöslichkeit aufweist - ansonsten lösen sich die PAK relativ schlecht in Wasser.

## 2.7 Metallische Spurenstoffe

In den Jahren 2007 bis 2009 wurden alle Messstellen des von der LUBW betriebenen Messnetzes auf eine Vielzahl metallischer Spurenstoffe untersucht. In den Jahren 2010 bis 2012 erfolgte eine Wiederholungsbeprobung, deren Ergebnisse nachfolgend vorgestellt werden. Eine Charakterisierung der einzelnen Parameter ist im Bericht „Ergebnisse der Beprobung 2010“ [LUBW 2011] nachzulesen.

### 2.7.1 Untersuchungsumfang

Der Begriff „Metallische Spurenstoffe“ umfasst bei den nachfolgenden Darstellungen auch die Halbmetalle Bor, Silicium bzw. Silikat sowie Arsen; Selen wird in einigen Periodensystemen auch den Nichtmetallen zugeordnet. Welche Parameter im Einzelnen untersucht wurden, zeigt Abbildung 2.7-1.

### 2.7.2 Ergebnisse

Zur Bewertung der Ergebnisse 2010-2012 (Tabelle 2.7-1) werden für die betreffenden Parameter zunächst die Schwellenwerte der Grundwasserverordnung vom 09.11.2010 herangezogen. Sind dort keine Schwellenwerte festgelegt, wird ersatzweise mit den Grenzwerten der Trinkwasserverordnung vom 21.05.2001 in der Neufassung vom 02.08.2013 verglichen. Gibt es auch in der TrinkwV keine Grenzwerte, werden die Geringfügigkeitsschwellen (GFS) der LAWA (Stand 12/2004) als Maßstab berücksichtigt. Positive Befunde werden als Überschreitung der Mindestbestimmungsgrenze (MBG) charakterisiert.

### 2.7.3 Bewertung

In allen Grundwässern sind metallische Spurenstoffe in unterschiedlich hohen Konzentrationen zu finden. Diese Stoffgehalte sind in den meisten Fällen natürlichen Ursprungs und je nach umgebender geologischer Formation in ihrer Zusammensetzung verschieden. Ein zeitlicher Trend lässt sich über die vorliegenden kurzen Beobachtungszeiträume nicht ableiten. Darüber hinaus können weitere Belastungen auch durch anthropogene Einträge entstehen, sei es durch Abwässer, die aus undichter Kanalisation ins Grundwasser infiltrieren, oder auch durch Schadensfälle. Von solchen Kontaminationen sind in erster Linie Messstellen betroffen, in deren Einzugsbereichen sich Siedlungen oder Gewerbegebiete mit Firmen befinden.

H																					He
Li	Be													B	C	N	O	F			Ne
Na	Mg													Al	Si	P	S	Cl			Ar
K	Ca	Sc				Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br		Kr
Rb	Sr	Y				Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	J		Xe
Cs	Ba	La	...	...	...	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At		Rn
Fr	Ra	Ac	...	U	...	Du	Jl	Rf	Bh	Ha	Mt										

Metalle
  Nichtmetalle
  Halbmetalle
 LUBW

Abbildung 2.7-1: Untersuchungsumfang „Metallische Spurenstoffe“ 2010 bis 2012 in roter Schrift

Tabelle 2.7-1: Ergebnisse der Untersuchung von metallischen Spurenstoffen 2010 bis 2012

Parameter	Chemisches Zeichen	Ergebnisse der Beprobung 2010 - 2012
Aluminium	Al	An drei der 1.988 untersuchten Messstellen (0,15 %) wurden Überschreitungen des Trinkwassergrenzwertes von 0,2 mg/l festgestellt. Alle drei Messstellen liegen im Bundsandstein, für den erhöhte Al-Werte geogen bedingt typisch sind, möglicherweise aber auch durch „sauren Regen“ in den 1980er Jahren verstärkt wurden.
Antimon	Sb	An 99,5 % der 2.021 untersuchten Messstellen lagen die Antimonkonzentrationen unterhalb der Bestimmungsgrenze von 0,001 mg/l. Es traten lediglich 11 Positivbefunde im Bereich von 0,001 bis 0,003 mg/l und keine Überschreitungen des Trinkwassergrenzwertes von 0,005 mg/l auf.
Arsen	As	An 42 % der 2.009 Messstellen war Arsen in Konzentrationen oberhalb der MBG von 0,0005 mg/l nachzuweisen. Der Schwellenwert der Grundwasserverordnung von 0,01 mg/l wurde an 27 der 2.009 untersuchten Messstellen (= 1,3 %) überschritten. Davon befinden sich 21 in Grundwässern mit reduzierenden Verhältnissen, teilweise in tieferen Grundwasserstockwerken und geografisch gesehen insbesondere in der Oberrheinebene. In den meisten Fällen sind die erhöhten Konzentrationen somit geogen verursacht, teilweise auch erhöht durch Altablagerungen oder Ablagerungen aus dem historischen Bergbau. Die Spitzenwerte gehen bis 0,136 mg/l.
Barium	Ba	Es wurden 1.991 Messstellen auf Barium untersucht. Bariumkonzentrationen über der Mindestbestimmungsgrenze von 0,01 mg/l wurden an 97 % der Messstellen gefunden. Diese Befunde sind überwiegend geogen bedingt. Anthropogen verursachte Bariumbelastungen findet man eher selten. Zieht man den GFS-Wert von 0,34 mg/l zur Bewertung heran, so ist dieser an 148 Messstellen, d.h. rund 7 % der Messstellen überschritten. Erhöhte Bariumwerte treten meist in den Gebieten des höheren Keupers und des Gipskeupers sowie im Buntsandstein von Schwarzwald und Odenwald auf.
Beryllium	Be	Beryllium wurde im Rahmen des Grundwassermessnetzes erstmals an 2.017 Messstellen untersucht. Es gibt keine Schwellenwerte oder Grenzwerte, es wurde auch kein GFS-Wert abgeleitet. In 99 % der Fälle lagen die Konzentrationen unter der Bestimmungsgrenze von 0,0005 mg/l. Die 18 Messstellen mit positiven Befunden bis 0,0019 mg/l erschließen alle den Buntsandstein von Schwarzwald und Odenwald bzw. das Kristallin des Schwarzwalds. Diese Wässer haben überwiegend pH-Werte zwischen 4,3 und 6,0. Dies passt gut zu der Tatsache, dass Beryllium zu den Versauerungselementen gerechnet wird.
Blei	Pb	Der Grenzwert der TrinkwV/Schwellenwert der GrwV von 0,01 mg/l wurde an zwei von 1.987 Messstellen (0,1 %) überschritten. In einem Fall betrifft es eine Quelle im Remstal mit 0,0248 mg/l Pb, wo das Blei geogen in einem schwach mineralisierten Keupersandsteinwasser vorkommt und in der Vergangenheit schon Spitzenwerte bis 0,05 mg/l gemessen wurden. Im anderen Fall ebenfalls natürlich vorkommend in einer Kristallin-Quelle im Hochschwarzwald. Konzentrationen zwischen 0,0002 und 0,001 mg/l treten an 264 Messstellen auf, Werte $\geq$ 0,001 bis 0,0082 mg/l an 53 Messstellen.
Bor	B	An fast 60 % der Messstellen der 2.054 untersuchten Messstellen lagen die Borkonzentrationen unter der Bestimmungsgrenze von 0,02 mg/l. Nach einem Vorschlag des Bundesgesundheitsministeriums ist eine Borkonzentration $>$ 0,05 mg/l ein Hinweis auf eine anthropogene Beeinflussung. Dies war bei 431 Messstellen (21 %) der Fall. Diese Messstellen liegen meist entweder im innerstädtischen Bereich, wo Abwasser aus undichter Kanalisation direkt in das Grundwasser einsickern kann oder in Talauen, wo durch Kläranlagenabläufe belastetes Oberflächenwasser ins Grundwasser infiltriert. Bei der Abwasserreinigung in Kläranlagen wird Bor kaum zurückgehalten. An neun Messstellen wurde der Grenzwert der TrinkwV von 1 mg/l überschritten. Der Spitzenwert von 5,9 mg/l wurde im Abstrom einer Deponie gemessen. Bei den anderen Befunden im Bereich von 1,035 bis 3,337 mg/l handelt es sich um Firmenbrunnen (4 Fälle), Messstellen im Einflussbereich von Altablagerungen (2 Fälle) oder geogen belastete Grundwässer (2 Fälle).
Cadmium	Cd	Die Untersuchung an 2.012 Messstellen zeigte Positivbefunde über der MBG von 0,0001 mg/l an 55 Messstellen (2,7 %). Der Schwellenwert der GrwV von 0,0005 mg/l war an 8 Messstellen (0,4 %) überschritten. Davon liegen drei auf dem Betriebsgelände metallverarbeitender Unternehmen, bei den anderen fünf sind die hohen Befunde geogen verursacht.
Chrom	Cr	An rund 70 % der 1.967 untersuchten Messstellen wird Chrom-gesamt gefunden. An zwei Messstellen wird der Trinkwassergrenzwert von 0,05 mg/l überschritten. Dort und auch an den anderen Messstellen mit erhöhten Chrom-Konzentrationen handelt es sich in allen Fällen um anthropogene Einflüsse, d.h. Schadensfälle in Galvanikbetrieben, Versickerungen auf Betriebsgelände oder aus undichter Kanalisation im Bereich von metallverarbeitenden Firmen.
Cobalt	Co	An 167 Messstellen (8,4 %) der 1.999 untersuchten Messstellen wurden Positivbefunde über der MBG von 0,001 mg/l festgestellt, davon lagen 90 % der Werte unter 0,0018 mg/l. Da es für Cobalt keinen Trinkwassergrenzwert oder Schwellenwert in der GrwV gibt, wird der GFS-Wert von 0,008 mg/l als Vergleich herangezogen. Konzentrationen über diesem Wert wurden an drei Messstellen beobachtet, alles Schadensfälle in galvanischen Betrieben.
Eisen	Fe	Von 1.967 untersuchten Messstellen werden in 42 % der Fälle Werte über der Bestimmungsgrenze gemessen. Der Grenzwert der TrinkwV von 0,2 mg/l wird an 197 Messstellen (10,0 %) überschritten. Die meisten Grundwässer mit hohen Eisengehalten liegen im Oberrheingraben zwischen der nördlichen Landesgrenze und der Gegend um Lahr. In diesem Gebietsstreifen herrschen häufig reduzierende Verhältnisse im Grundwasser, und dementsprechend liegt das Eisen gelöst in zweiwertiger Form vor.

Tabelle 2.7-2: Fortsetzung

Parameter	Chemisches Zeichen	Ergebnisse der Beprobung 2010 - 2012
Kupfer	Cu	Von den 1.943 untersuchten Messstellen liegen 90 % der Kupferkonzentrationen unter 0,0029 mg/l (P90). Höhere Konzentrationen bis 0,05 mg/l sind meist auf dem Gelände von Industriebetrieben oder auch im Bereich von Erwerbsgemüsebau zu finden. Der Grenzwert der TrinkwV von 2 mg/l wird damit bei weitem nicht erreicht.
Lithium	Li	Es wurden 2.004 Messstellen auf Lithium untersucht. Für Lithium sind keine gesetzlichen Grenz- oder Schwellenwerte festgesetzt. 80 % der Messwerte liegen im Bereich von 0,001 und 0,023 mg/l (zwischen P10 und P90). Höhere Befunde werden insbesondere bei Messstellen gefunden, die hoch mineralisierte Tiefengrundwässer erschließen, der Maximalwert beträgt 1,89 mg/l in einem aus etwa 240 m Tiefe geförderten Wasser aus dem Tertiär. Die gefundenen Lithium-Gehalte sind überwiegend geogenen Ursprungs.
Mangan	Mn	Von den untersuchten 2.011 Messstellen wurden in rund 21 % der Fälle Werte über der Bestimmungsgrenze gemessen. Der Grenzwert der TrinkwV von 0,05 mg/l wurde an 271 Messstellen (13,5 %) überschritten. Die meisten Grundwässer mit hohen Mangangehalten liegen im Oberrheingraben in einem Gebietsstreifen zwischen der nördlichen Landesgrenze und der Gegend um Lahr. Dort herrschen häufig reduzierende Verhältnisse im Grundwasser, und dementsprechend liegt das Mangan gelöst in zweiwertiger Form vor.
Molybdän	Mo	Es wurden 2.018 Messstellen auf Molybdän untersucht. An 24,8 % der Messstellen ist Molybdän über der Bestimmungsgrenze 0,0005 mg/l zu finden. Es gibt keine gesetzlichen Grenz- oder Schwellenwerte für Molybdän, von der LAWA wurde ein GFS-Wert von 0,035 mg/l festgelegt. Dieser Wert wurde nur an einer einzigen Messstelle mit 0,21 mg/l am Hochrhein überschritten. An dieser und den beiden weiteren mit 0,03 und 0,014 mg/l Mo am höchsten belasteten Messstellen dürften anthropogene Beeinflussungen vorliegen. An allen anderen Messstellen lagen die Molybdänkonzentrationen unter 0,01 mg/l.
Nickel	Ni	Von den 1.926 auf Nickel untersuchten Messstellen wurde an einer Messstelle mit einer Nickelkonzentration im Grundwasser von 0,049 mg/l der Grenzwert der TrinkwV von 0,02 mg/l überschritten. Bei mehreren weiteren Fällen mit erhöhten Nickelkonzentrationen liegen die Messstellen auf dem Betriebsgelände metallverarbeitender Unternehmen.
Selen	Se	Selen wurde erstmals in dem von der LUBW betriebenen Gesamtmessnetz untersucht. An etwa einem Drittel der 1.993 Messstellen wurde Selen nachgewiesen. An drei Messstellen ist der Grenzwert von 0,01 mg/l überschritten, dabei handelt es sich in zwei Fällen um Tiefenwässer, im dritten Fall um den Beregnungsbrunnen einer Gärtnerei.
Silikat	SiO <sub>2</sub>	Als am häufigsten in der Erdkruste vorkommendes Spurenmetall wird Silikat im Grundwasser in allen 2.020 Messstellen gefunden. Die Silikat-Konzentrationen lagen an 80 % der 2.103 untersuchten Messstellen zwischen 6,0 und 14,0 mg/l. Die Spitzenwerte gingen bis 115 mg/l. Es gibt keinen Grenzwert.
Strontium	Sr	Bei einer Bestimmungsgrenze von 0,05 mg/l wurde an fast allen der 2.004 Messstellen Strontium gefunden, dabei liegen 80 % der Befunde zwischen 0,071 und 0,955 mg/l. Die Spitzenwerte gehen bis 13,7 mg/l. Es gibt keine gesetzlichen Grenz- oder Schwellenwerte. Erhöhte Gehalte findet man insbesondere im Keuperbergland und im Muschelkalk.
Thallium	Tl	Von den 2.022 untersuchten Messstellen wurden an 13 Messstellen Positivbefunde von 0,0002 bis 0,0014 mg/l gefunden. Es gibt keine gesetzlichen Grenz- oder Schwellenwerte. Der von der LAWA genannte GFS-Wert von 0,0008 mg/l wird an zwei Messstellen geringfügig überschritten.
Uran	U	Uran wurde an 2.023 Messstellen untersucht. An rund zwei Drittel der Messstellen wurde Uran in Konzentrationen über der Mindestbestimmungsgrenze von 0,0005 mg/l gefunden. Dabei liegen 80 % der Messwerte zwischen der Mindestbestimmungsgrenze und 0,003 mg/l. Für Grundwasser gibt es keinen Schwellenwert in der GrwV, für Trinkwasser wurde ein Grenzwert von 0,01 mg/l festgesetzt. Wendet man diesen Wert hilfsweise auf das Grundwasser an, wäre dieser an 32 Messstellen (= 1,6%) überschritten. Uranbefunde im Grundwasser sind in erster Linie geogenen Ursprungs und damit regional unterschiedlich. Geologische Formationen mit erhöhten Urangehalten sind beispielsweise Oberkeuper und oberer Mittelkeuper, unterer Muschelkalk sowie quartäre Kiese und Sande.
Vanadium	V	Es wurden 1.992 Messstellen auf Vanadium untersucht. Die MBG betrug 0,0005 mg/l. 90 % aller Messwerte lagen unter 0,001 mg/l. Die Maximalwerte gehen bis 0,0225 mg/l. Es gibt keine gesetzlichen Grenz- oder Schwellenwerte. Der von der LAWA genannte GFS-Wert von 0,04 mg/l wird an keiner Messstelle überschritten. Vereinzelt werden erhöhte Vanadiumkonzentrationen im Bereich der metallverarbeitenden Industrie gefunden. Die meisten Vanadiumkonzentrationen über 0,001 mg/l sind geogenen Ursprungs und in Grundwässern im höheren Keuper zu finden.
Zink	Zn	Bei etwa einem Drittel der 1.978 untersuchten Messstellen wurde Zink in Konzentrationen über der MBG von 0,01 mg/l gefunden. Es gibt keine gesetzlichen Grenz- oder Schwellenwerte für Zink. Der von der LAWA genannte GFS-Wert von 0,058 mg/l wird an rund 8 % der Messstellen überschritten.

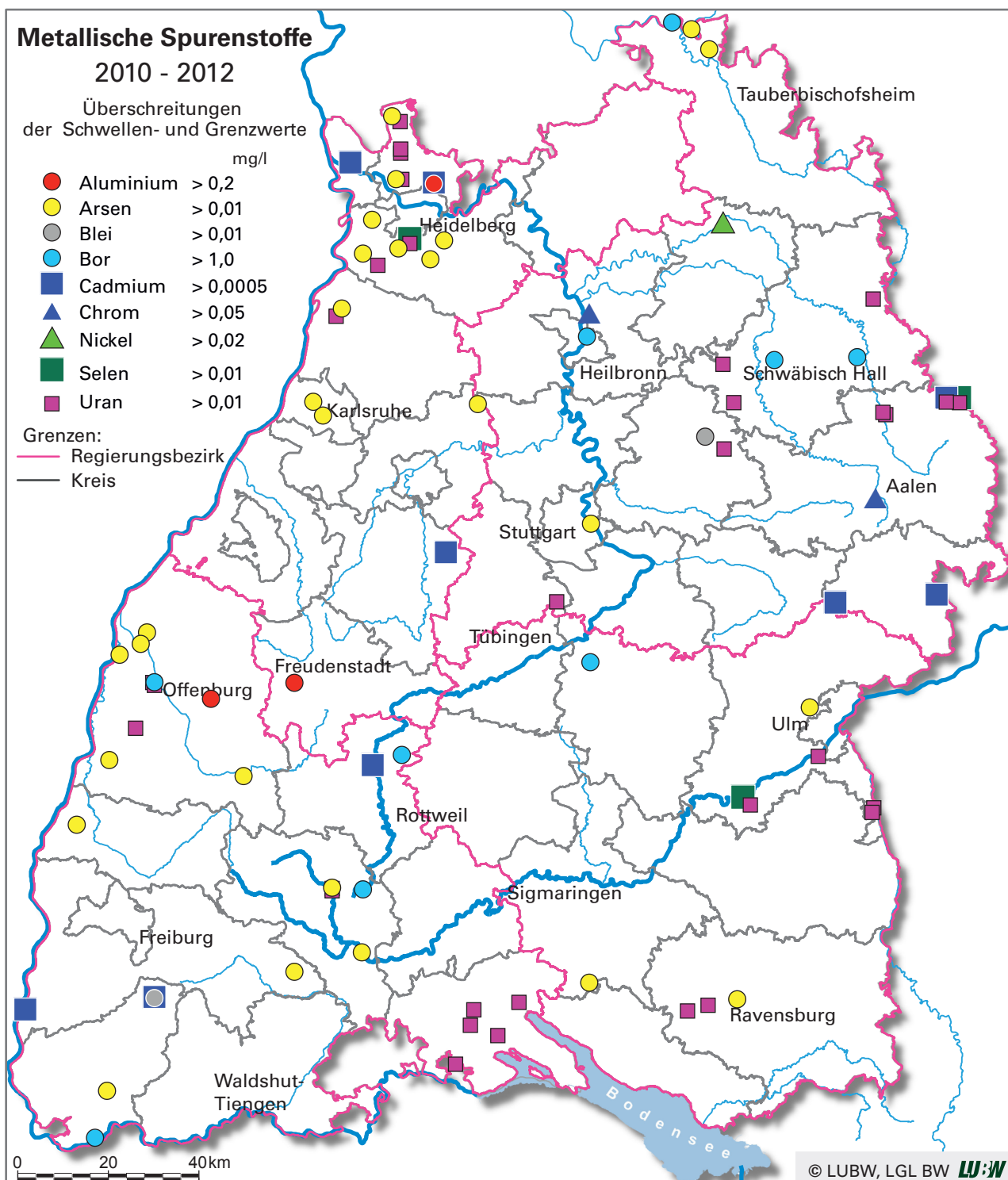


Abbildung 2.7-2: Überschreitungen von Schwellenwerten der GrwV / Grenzwerten der TrinkwV durch ausgewählte metallische Spurenstoffe; Beprobungskampagne 2010 bis 2012

den, die im weitesten Sinne mit Metallver- und -bearbeitung oder mit der Farbpigmentherstellung zu tun haben.

Von den insgesamt 23 untersuchten metallischen Spurenstoffen sind für zwölf aufgrund ihrer Toxizität Schwellen- oder Grenzwerte festgelegt. Zusammenfassend sind die Überschreitungen von neun Stoffen in Abbildung 2.7-2 dar-

gestellt, die jeweiligen Ursachen sind in Tabelle 2.7-1 beschrieben. Bei Antimon und Kupfer traten keine Überschreitungen auf. Bei Eisen und Mangan wurden die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung aus technischen Gründen festgesetzt, auf eine Darstellung der Überschreitungen wird daher an dieser Stelle verzichtet. Hinsichtlich der geographischen Verteilung der metallischen Spurenstoffe

sei auf den „Atlas des Grundwasserzustands in Baden-Württemberg“ [LfU 2001] verwiesen.

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

## 2.8 Sonderuntersuchung: Spurenstoffe aus Abwasser

### 2.8.1 Auswahl der Messstellen und Parameterumfang

Unter „organischen Spurenstoffen“ oder „organischen Mikroverunreinigungen“ versteht man organische Substanzen, die im Wasser in der Regel in Konzentrationen um oder unter 0,1 µg/l auftreten. Die LUBW führt schon seit Einrichtung des Grundwasserbeschaffenheitsmessnetzes Untersuchungen auf organische Spurenstoffe im Gesamtmessnetz oder an ausgewählten Messstellen durch (Tabelle 2.8-1). In den letzten Jahren rückten weitere Stoffe und Stoffgruppen in den Fokus des Interesses wie beispielweise Perfluorierte Tenside, Süßstoffe oder Benzotriazole. Möglich wurde dies insbesondere durch die erfolgreiche Wei-

terentwicklung der Spurenstoffanalytik, die nun auch entsprechende Analysemethoden für diese polaren Substanzen zur Verfügung stellt.

Die meisten dieser „neuartigen“ Spurenstoffe („emerging contaminants“) gelangen über den Abwasserpfad ins Grundwasser, d.h. aus undichter Kanalisation, im Bereich undichter Klärbecken und durch Uferfiltrat. Nach einer Umfrage der DWA (Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V.) im Jahr 2009<sup>1</sup> sind etwa 20 % des kommunalen deutschen Kanalnetzes soweit geschädigt, dass eine kurz- bis mittelfristige Sanierung erforderlich ist. Diese Erhebung repräsentiert etwa 25 % des Abwassers der bundesdeutschen Bevölkerung, daher können aus den Antworten zwar „Tendenzen mit hoher Aussagekraft, nicht aber statistisch abgesicherte Kenngrößen abgeleitet werden.“ Nach dieser Studie machen Rissbildung sowie schadhafte Anschlüsse und Verbindungen über 50 % der Schäden aus, Rohrbrüche und Einstürze sind eher selten. Bei privaten Kanälen wird die Schadensquote auf bis zu 50 % geschätzt. Je nach Grundwasserstand kann die Kontamination direkt oder über eine Bodenpassage ins Grundwasser erfolgen. Auch aus undichten Klärbecken oder undichten Leitungen auf dem Betriebsgelände von Kläranlagen kön-

1: DWA 2009: Berger, C., Falk, C.: Zustand der Kanalisation in Deutschland-Ergebnisse der DWA-Umfrage 2009

<http://www.kanalumfrage.dwa.de/portale/kanalumfrage/kanalumfrage.nsf/home?readform&objectid=16EA84AE2493F201C125780F004DAFF7>

Tabelle 2.8-1: Bisherige Untersuchungen auf organische Spurenstoffe im Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz Baden-Württemberg

Stoffklasse	(Pilot-) Untersuchungen an ausgewählten Messstellen	Im gesamten Grundwassermessnetz der LUBW *
PSM	1989 - 1991	ab 1992 mit unterschiedlichem Umfang
nichtrelevante Metaboliten	2006, 2007, 2008, 2009, 2010	2013 - 2014
LHKW	1989, 1990, 1991, 1992	1993, 1994, 1995, 1998, 2001, 2004, 2007 - 2009, 2010 - 2012
PAK	1989	2001, 2004, 2010 - 2012
BTEX	1994	1998, 2007 - 2009, 2010 - 2012
MTBE/ETBE	1999, 2000, 2001, 2002, 2003	2007 - 2009, 2010 - 2012
Komplexbildner		1998, 2004, 2008 - 2010
Arznei-/Röntgenkontrastmittel	1998, 1999, 2000, 2001, 2006, 2011, 2013	
Perfluorierte Tenside	2006, 2007, 2010, 2013	
Süßstoffe	2013	
Benzotriazole	2013	

\* Bei der Angabe von Zeiträumen wurde das Gesamtmessnetz der LUBW verteilt über diesen Zeitraum beprobt

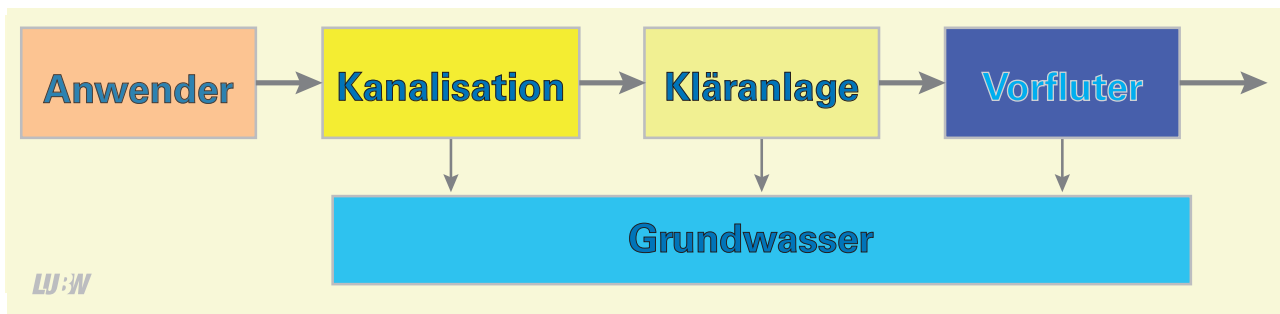


Abbildung 2.8-1: Wege von Abwasserinhaltsstoffen in das Grundwasser

nen Abwasserinhaltsstoffe austreten und das Grundwasser belasten. Wird ein Stoff in der Kläranlage nicht oder nicht vollständig eliminiert, gelangt er in den Vorfluter und kann je nach hydraulischen Verhältnissen wieder als Uferfiltrat ins Grundwasser (Abbildung 2.8-1) gelangen. Insbesondere bei gestauten Gewässerabschnitten ist die Gefahr der Infiltration ins Grundwasser erhöht.

Als Indikatoren für Abwassereinfluss sind verschiedene Stoffe geeignet. Es ist zu unterscheiden zwischen Stoffen, die natürlicherweise im Grundwasser vorkommen und durch Abwassereinfluss in erhöhter Konzentration auftreten und naturfremden, synthetisch hergestellten Stoffen. Zur ersten Gruppe gehören beispielsweise Kalium und Ammonium, die beide fäkale Verunreinigungen anzeigen können, jedoch sind bei diesen Parametern auch immer andere mögliche Quellen in Betracht zu ziehen. Als Abwasser-„Tracer“ sind Stoffe geeignet, die eine Kläranlage praktisch unverändert passieren und bei der Bodenpassage nicht abgebaut werden. Dies sind neben Bor zahlreiche synthetisch hergestellte Substanzen.

Um einen ersten Eindruck über die Belastung des Grundwassers mit den erst in neuerer Zeit diskutierten Spuren-

stoffen wie Süßstoffen und Benzotriazolen zu erhalten, wurde im Mai 2013 ein Sondermessprogramm aufgelegt, für das risikobasiert 57 Messstellen ausgewählt wurden (Tabelle 2.8-2). Zum Vergleich dienten fünf anthropogen möglichst wenig beeinflusste Basismessstellen, an denen keine dieser Spurenstoffe zu finden sein sollten. Typische Fallkonstellationen zeigt Abbildung 2.8-2.

Hinsichtlich des Parameterumfangs wurden neben den genannten „emerging contaminants“ auch bereits früher untersuchte organische Spurenstoffe hinzugenommen, um ein Gesamtbild der abwasserbürtigen Belastung zu erhalten. Die Parametergruppen sind in Tabelle 2.8-3 zusammengestellt.

Vor Beginn der Beprobungskampagne wurde von der AQS-Baden-Württemberg (Universität Stuttgart) ein Ringversuch zu den nachfolgend genannten vier Süßstoffen und drei Benzotriazolen durchgeführt. Die Analysenmethode der Wahl bei beiden Stoffgruppen war die Flüssigchromatografie mit Tandem-Massenspektrometrie (LC-MS/MS), teilweise mit vorherigem Anreicherungsschritt, überwiegend jedoch mit Direktinjektion. Die Ergebnisse zeigen, dass die Analytik von den teilnehmenden Laboratorien beherrscht wird. Die erweiterte Messunsicherheit liegt bei den Süßstoffen bei 30 bis 35 % (Abbildung 2.8-3) und da-

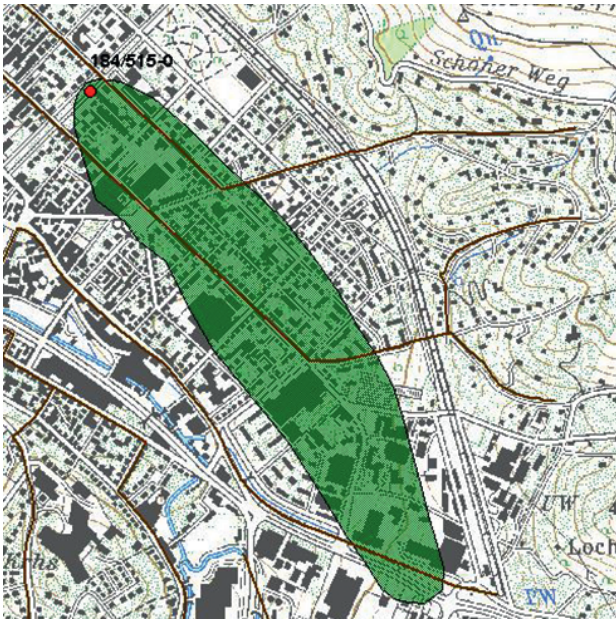
Tabelle 2.8-2 Auswahlkriterien für die Untersuchung ausgewählter Grundwassermessstellen auf Spurenstoffe

Einflussbereich	Anzahl Messstellen
nur Abwassersammler (Kanalisation)	25
nur Uferfiltrat	19
Kanalisation und Uferfiltrat	6
Kläranlage	7
Summe:	57
Als Vergleich: Basismessnetz (ohne anthropogenen Einfluss)	5

Tabelle 2.8-3 Parameterumfang für die Untersuchung ausgewählter Grundwassermessstellen auf Spurenstoffe

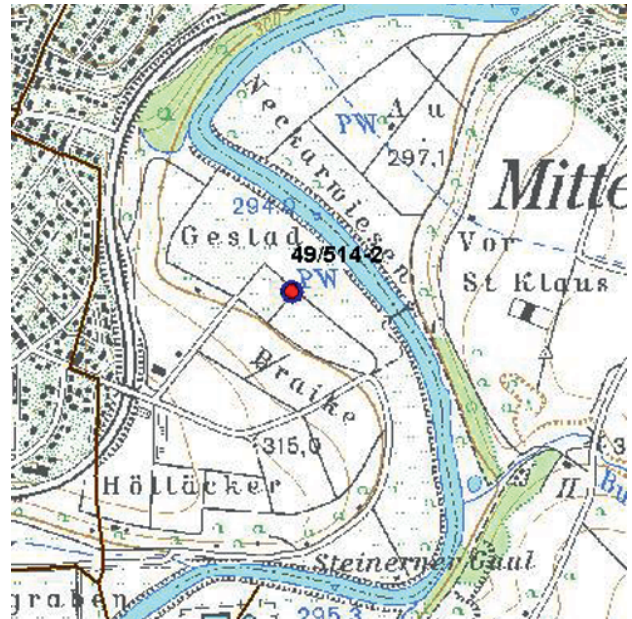
Parametergruppe	Anzahl Einzelstoffe
Süßstoffe	4
Benzotriazole	3
PFT	14
Arzneimittel	16
Röntgenkontrastmittel	9

nur Abwassersammler



Abwassersammler und Uferfiltrat

nur Uferfiltrat



Kläranlage

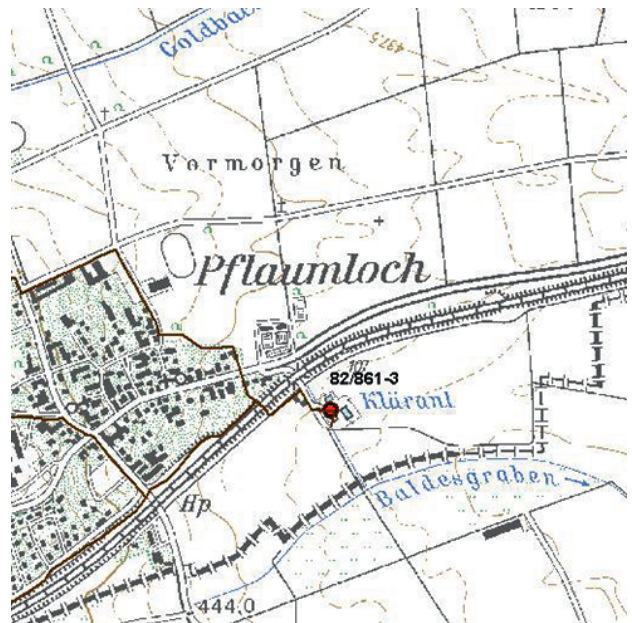
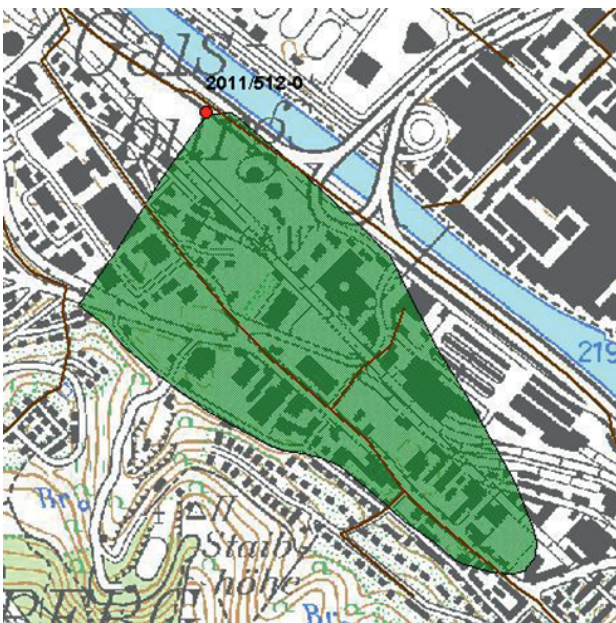


Abbildung 2.8-2: Typische Beispiele für risikobasiert ausgewählte Messstellen für die Untersuchung von abwasserbürtigen organischen Spurenstoffen

LUBW

mit etwa in der Größenordnung der LHKW-Analytik. Bei den Benzotriazolen ist mit einer erweiterten Messunsicherheit von rund 20 % zu rechnen, was für organische Spurenstoffe recht gut ist.

### 2.8.2 Süßstoffe

#### Charakterisierung

Künstliche Süßstoffe werden heutzutage in großen Mengen als Zusatzstoffe in Getränken, Lebensmitteln und Körperpflegeprodukten eingesetzt (Tabelle 2.8-4). Ihre Süß-

kraft beträgt ein Vielfaches der Süßkraft von Tafelzucker, dabei liefern sie aber vergleichbar 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 Anteile in Softdrinks beispielsweise können je nach Land deutlich verschieden sein. Die



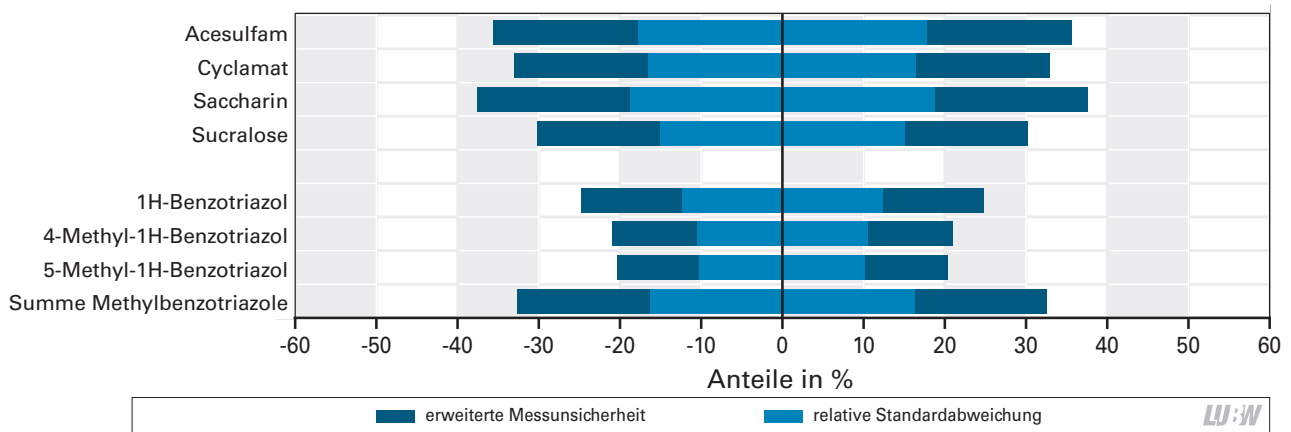


Abbildung 2.8-3: Ringversuchsdaten ausgewählter Süßstoffe und Benzotriazole der AQS Baden-Württemberg, Ringversuch 01/2013  
Quelle: AQS-Baden-Württemberg: <http://www.iswa.uni-stuttgart.de/ch/aqs/>

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. Es gibt keine Grenz- oder Schwellenwerte für Grundwasser.

### Ergebnisse

Erwartungsgemäß sollten an den Basismessstellen keine organischen Spurenstoffe zu finden sein. Jedoch trat in einem Falle ein Positivbefund Acesulfam in Höhe der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l auf, dem noch nachzugehen ist. Alle anderen Süßstoffe wurden an den fünf untersuchten Basismessstellen nicht gefunden. Bei den nachfolgenden Auswertungen wurden nur die risikobasiert ausgewählten 57 Messstellen betrachtet. Sowohl nach Fundhäufigkeit als auch nach Konzentration wurde Acesulfam am häufigsten gefunden. An rund 86 % der Messstellen lagen die Konzentrationen von Acesulfam über der Bestimmungsgrenze, bei den anderen Süßstoffen waren dies nur um 10 % (Tabelle 2.8-5). Die höchste gemessene Acesulfamkonzentration betrug 11 µg/l auf dem Betriebsgelände einer Kläranlage, ansonsten lagen die Maximalkonzentrationen meist deutlich unter 1 µg/l.

Tabelle 2.8-4: Kurzinformation zu den Süßstoffen

Stoffklasse	Acesulfam	Cyclamat	Saccharin	Sucralose
Süßkraft im Vergleich zu Zucker	200 x	35 x	550 x	600 x
Verwendung als Lebensmittelzusatzstoff	E 950 (Kalium-Salz)	E 952 (Natrium-/Calcium-Salz)	E 954 (Kalium-/Natrium-/Calcium-Salz)	E 955
Verwendungsbeispiel	Cola-Light, Zahnpasta	Brotaufstriche, Marmeladen, Obstkonserven, Nahrungsergänzungsmittel	Marmelade, Konserven, Zahnpasta	Getränke, Lebensmittel
Entfernung in der Kläranlage*	ca. 30 %	ca. 99 %	ca. 90 %	ca. 20 %
Metabolisierung im Körper	nein	nein	nein	nein
ADI-Wert ** in mg/kg Körpergewicht pro Tag	15	11	5	15

\* Analytik von Mikroverunreinigungen in Fließgewässerproben und Proben im Zu- und Ablauf von Kläranlagen, LUBW-Bericht 2014 – in Vorbereitung  
\*\* ADI-Wert (Acceptable Daily Intake): maximale Tagesdosis, die ein Mensch lebenslang ohne gesundheitliche Schäden verzehren kann (nach Angaben Europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit EFSA)

Tabelle 2.8-5: Ergebnisse Süßstoffe - Untersuchungen Mai 2013

Substanz	BG in µg/l	Anzahl der Messstellen					Maxwert in µg/l
		Gesamt	< BG	≥ BG bis 0,1 µg/l	> 0,1 bis 1,0 µg/l	> 1 µg/l	
Acesulfam	0,01	57	8	19	26	4	11,0
Cyclamat	0,01	57	51	5	1	-	0,15
Saccharin	0,01	57	54	2	1	-	0,11
Sucralose	0,05	57	50	4	3	-	1,0

LUBW

Die Süßstoffkonzentrationen sind als Summe in Abbildung 2.8-4 dargestellt und zeigen nochmals deutlich Acesulfam als dominierenden Süßstoff. Im Bereich undichter Abwassersammlern (AS) sowie auf dem Betriebsgelände der Kläranlage (KA) waren auch die anderen drei Süßstoffe zu finden, allerdings in wesentlich geringeren Konzentrationen. Im Uferfiltrat (UF) hingegen waren nur noch die schwer abbaubaren Verbindungen Acesulfam und untergeordnet auch Sucralose vorhanden. An fast allen Messstellen waren Süßstoffe nachweisbar.

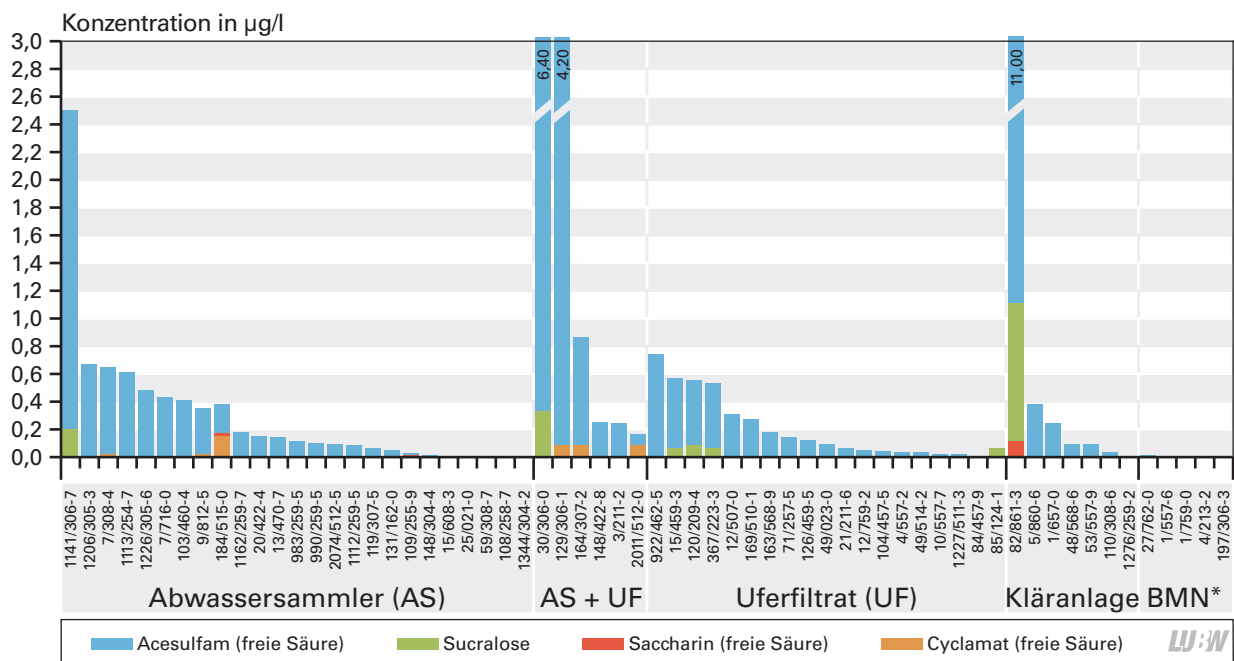
### 2.8.3 Benzotriazole

#### Charakterisierung

Triazole finden breite Verwendung als Korrosionsschutz in Enteisungsmitteln und in Kühlflüssigkeiten sowie Schmierstoffen von Motoren (Tabelle 2.8-6). Eine wichtige Quelle für ihren Eintrag in die aquatische Umwelt sind Geschirrspülmittel, die diese Substanzen als Silberschutz für Be-

steck enthalten. Somit stammen Benzotriazole sowohl aus gewerblichen als auch aus häuslichen Abwässern. Etwa 70 t/a gelangen allein in Deutschland aus Geschirrspülmitteln in das Abwasser ([http://www.lfu.bayern.de/analytik-stoffe/arzneimittelwirkstoffe/doc/glossar\\_polare\\_stoffe\\_uferfiltrat.pdf](http://www.lfu.bayern.de/analytik-stoffe/arzneimittelwirkstoffe/doc/glossar_polare_stoffe_uferfiltrat.pdf), Abfrage 30.04.2014). Benzotriazole sind gut wasserlöslich, jedoch schwer abbaubar. 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.

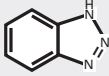
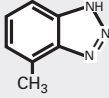
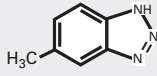
Es gibt keine Schwellenwerte oder Grenzwerte für Grund- bzw. Trinkwasser. Für Trinkwasser wurde für die Summe der drei untersuchten Verbindungen ein GOW von 3,0 µg/l abgeleitet.



BMN\* = Basismessnetz als „unbelastete“ Vergleichsmessstellen

Abbildung 2.8-4: Konzentrationsverteilung der Süßstoffe

Tabelle 2.8-6: Kurzinformation zu den Benzotriazolen

	1H-Benzotriazol	4-Methylbenzotriazol	5-Methylbenzotriazol
Formel			
Verwendungsbeispiel	Korrosionsschutzmittel in Enteisungsmitteln für Flugzeuge, Frostschutzmitteln, in Kühlfüssigkeiten und Geschirrspülmitteln		
Entfernung in der konventionellen Kläranlage	11...60 % * 29...58 % **	2...25 % * ca. 34 % **	25...71 % * 19...69 % **

\* Analytik von Mikroverunreinigungen in Fließgewässerproben und Proben im Zu- und Ablauf von Kläranlagen, LUBW-Bericht 2014 – in Vorbereitung

\*\* Will, J. u.a. „Vorkommen und Herkunft der Industriechemikalien Benzotriazole und TMDD im Oberflächenwasser und kommunalem Abwasser – Beispiele Ruhr, Korrespondenz Abwasser, Abfall 2013 (60) Nr.8, S. 684-690

LUBW

## Ergebnisse

In den fünf untersuchten Basismessstellen wurden keine Benzotriazole gefunden (Abbildung 2.8-5). Bei den 57 „Verdachtsmessstellen“ konnten in 47 % der Fälle ein bis drei Verbindungen nachgewiesen werden, am häufigsten 1H-Benzotriazol mit einer Fundhäufigkeit von 40 %, gefolgt von 4-Methylbenzotriazol mit 30 % und 5-Methylbenzotriazol mit 12 % (Tabelle 2.8-7). Die drei Maximalwerte in Tabelle 2.8-7 wurden alle in einer einzigen Messstelle auf dem Betriebsgelände einer Kläranlage gemessen. Der Summenwert beträgt dort demzufolge 6,0 µg/l, und damit ist der GOW in diesem Fall überschritten. Ein weiterer hoher 1H-Benzotriazolbefund von 3,0 µg/l lag in einem Brunnen im Ortskern von Messkirch vor. Insgesamt lagen sieben Messwerte an sieben Messstellen zwischen 0,1 µg/l und

1,0 µg/l, an rund 32 % der Messstellen waren die Befunde zwischen der Bestimmungsgrenze von 0,01 µg/l und 0,1 µg/l.

Der Konzentrationsverteilung in Abbildung 2.8-5 ist zu entnehmen, dass Benzotriazole in weniger Messstellen zu finden waren als Süßstoffe. In fast allen Kläranlagen-Messstellen waren Benzotriazole nachweisbar, hingegen nur in einem Drittel der Messstellen unter Kanalisationseinfluss (AS) und in der Hälfte der Uferfiltratmessstellen.

## 2.8.4 Arzneimittel und Röntgenkontrastmittel Charakterisierung

In Deutschland sind rund 3.000 Arzneimittelwirkstoffe in rund 9.700 Handelsprodukten auf dem Markt. Im Umweltbereich Wasser wurden bisher etwa 100 Substanzen nachge-

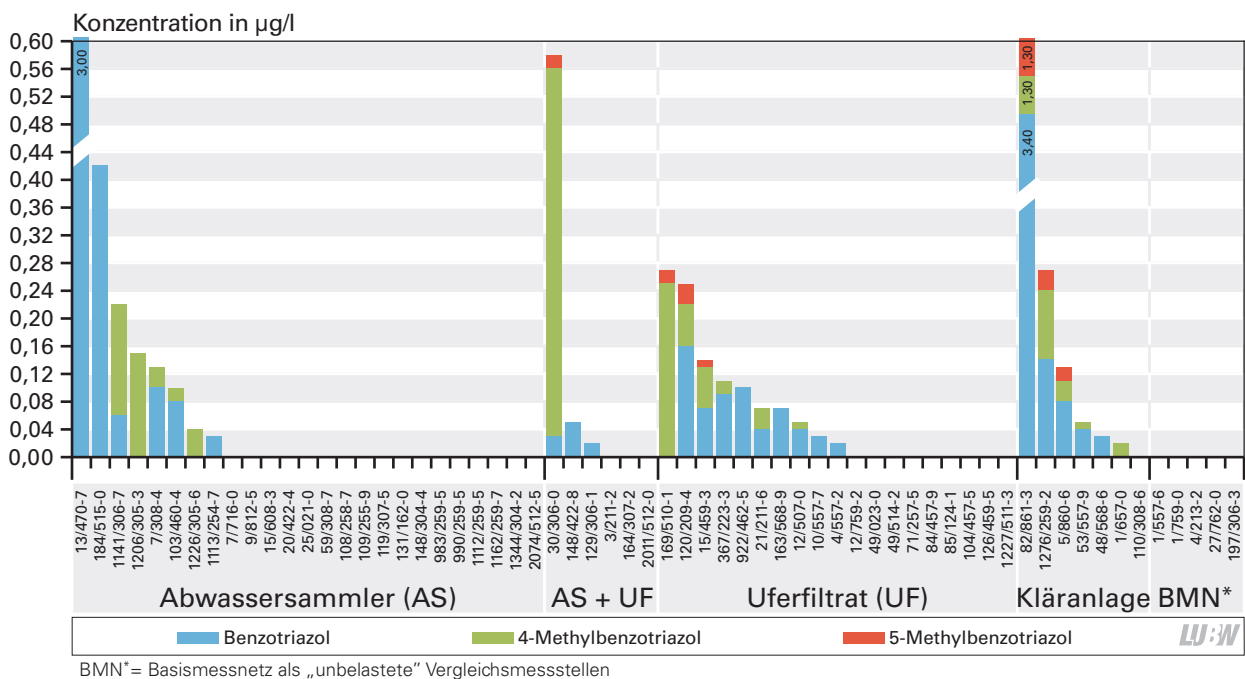


Abbildung 2.8-5: Konzentrationsverteilung der Benzotriazole

Tabelle 2.8-7: Ergebnisse Benzotriazole - Untersuchungen Mai 2013

Substanz	BG in µg/l	Anzahl der Messstellen				Maxwert in µg/l	
		Gesamt	< BG	≥ BG bis 0,1 µg/l	> 0,1 bis 1,0 µg/l		> 1 µg/l
<b>Benzotriazol</b>	0,01	57	34	18	3	2	3,4
<b>4-Methylbenzotriazol</b>	0,01	57	40	12	4	1	1,3
<b>5-Methylbenzotriazol</b>	0,01	57	50	6	-	1	1,3

LUBW

wiesen. Ihr Abbauverhalten ist recht unterschiedlich. Einige Humanarzneimittel werden nach der Einnahme unverändert wieder ausgeschieden, gelangen über den Urin ins Abwasser und werden in der Kläranlage mehr oder weniger gut oder gar nicht entfernt. Andere Wirkstoffe hingegen werden im Körper in unterschiedlichem Umfang metabolisiert, so dass Wirkstoff und Abbauprodukte ins Abwasser gelangen. Darüber hinaus werden nach wie vor unbenutzte Medikamente und Restmengen unsachgemäß über die Toilette statt über den Hausmüll entsorgt. Eine weitere Ursache können produktionsbedingte Einleitungen über Abwässer in die Fließgewässer sein. Hauptquelle für das Vorkommen von Arzneimitteln im Abwasser sind in erster Linie die häuslichen Abwässer. Aus Krankenhäusern stammen Schätzungen zufolge nur maximal 10 bis 20 % der jährlich in die Umwelt entlassenen Gesamtmenge an Arzneimittelwirkstoffen. Die zeitlichen und räumlichen Schwankungen können sehr unterschiedlich sein.

Es gibt für Arznei- und Röntgenkontrastmittel keine Schwellenwerte oder Grenzwerte für Grund- bzw. Trinkwasser. Für einige Stoffe wurden GOW für Trinkwasser abgeleitet:

- Carbamazepin und Diclofenac      0,3 µg/l = 300 ng/l
- Clofibrat und Ibuprofen            1,0 µg/l = 1.000 ng/l
- Röntgenkontrastmittel je Einzelstoff      1.000 ng/l

### Ergebnisse

An den Basismessstellen wurden keine Arznei- und Röntgenkontrastmittel gefunden. Auch wurden neun der 16 untersuchten Arzneimittelwirkstoffe überhaupt nicht gefunden, weitere fünf nur in Einzelfällen. Die meisten Arzneimittelbefunde betreffen das Antiepileptikum Carbamazepin und das Schmerzmittel Diclofenac (Tabelle 2.8-8). Bei den Röntgenkontrastmitteln (RKM) sind in erster Linie Amidotrizoesäure und Iopamidol hinsichtlich Konzentration und Fundhäufigkeit auffällig. In einem Fall auf dem

Betriebsgelände einer Kläranlage wird der GOW von Amidotrizoesäure von 1000 ng/l überschritten. Zwei RKM treten nur als Einzelbefunde in niedrigen Konzentrationen auf, bei fünf RKM liegen alle Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze. Damit werden die Ergebnisse früherer Untersuchungen bestätigt.

Die Konzentrationsverteilung nach Verursachern (Abbildung 2.8-6) zeigt im Vergleich zu den anderen untersuchten Spurenstoffen deutlich weniger Befunde. Am stärksten belastet ist wiederum die Messstelle auf Kläranlagengelände, in deren Grundwasser sieben Arzneimittelwirkstoffe und zwei Röntgenkontrastmittel zu finden waren. Carbamazepin als schwer abbaubarer Wirkstoff wurde in allen Messstellenarten am häufigsten gefunden, die Konzentrationen lagen dabei meist im Bereich von 50 ng/l und darunter. Die beiden Messstellen mit höherer Carbamazepin-Belastung von 160 und 290 ng/l liegen im Einfluss von Leimbach und Kraichbach im Rhein-Neckar-Kreis, beides Vorfluter mit hohem Abwasseranteil von ca. 40 % bei Mittelwasserabfluss. Diclofenac findet sich ebenfalls in einer dieser Messstellen sowie in zwei Messstellen auf Kläranlagengelände. Fenofibrinsäure, die im Körper aus dem Lipidsenker Fenofibrat gebildet wird, fand sich in zwei Messstellen mit Rohabwasser sowie in einer Messstelle auf dem Kläranlagengelände.

Bei den RKM dominiert Amidotrizoesäure (Abbildung 2.8-7), die an über 40 % der Messstellen gefunden wurde, gefolgt von Iopamidol mit 18 % Fundhäufigkeit. Weiterhin wurden – allerdings nur im Einflussbereich von Abwassersammlern – noch Iohexol und Iotalaminsäure nachgewiesen. Der Spitzenwert für Amidotrizoesäure betrug 1.100 ng/l, und damit ist auch der GOW für Trinkwasser überschritten. In einigen Fällen liegen die RKM-Konzentrationen im Bereich von einigen 100 ng/l, meist jedoch im Bereich von 50 ng/l und darunter.

Tabelle 2.8-8: Ergebnisse Arzneimittel und Röntgenkontrastmittel - Untersuchungen Mai 2013

Substanz	BG ng/l	Anzahl der Messstellen					Maxwert ng/l
		Gesamt	< BG	≥ BG bis 100 ng/l	> 100 bis 1000 ng/l	> 1000 ng/l	
<b>Arzneimittel</b>							
Diclofenac	10	57	54	1	2	-	860
Fenopropfen	10	57	57	-	-	-	-
Ibuprofen	10	57	56	1	-	-	89
Indometacin	10	57	56	1	-	-	38
Ketoprofen	10	57	57	-	-	-	-
Naproxen	10	57	56	1	-	-	68
Acetaminophen (Paracetamol)	10	57	57	-	-	-	-
Bezafibrat	10	57	55	2	-	-	100
Clofibrinsäure	10	57	57	-	-	-	-
Etofibrat	10	57	57	-	-	-	-
Fenofibrinsäure	10	57	54	3	-	-	65
Fenofibrat	10	57	57	-	-	-	-
Gemfibrozil	10	57	57	-	-	-	-
Carbamazepin	10	57	44	11	2	-	290
Pentoxifyllin	10	57	57	-	-	-	-
Diazepam	10	57	57	-	-	-	-
<b>Röntgenkontrastmittel</b>							
Iopamidol	10	57	47	8	2	-	130
Iopromid	10	57	57	-	-	-	-
Iomeprol	10	57	57	-	-	-	-
Amidotrizoesäure	10	57	33	18	5	1	1.100
Iodipamid	10	57	57	-	-	-	-
Iohexol	10	57	56	1	-	-	18
Ioxithalaminsäure	10	57	57	-	-	-	-
Ioxaglinsäure	10	57	57	-	-	-	-
Iotalaminsäure	10	57	55	2	-	-	28

LJ:W

### 2.8.5 Perfluorierte Tenside

#### Charakterisierung

Perfluorierte Tenside (PFT) sind synthetische, organische Verbindungen, bei denen die Wasserstoffatome im Kohlenstoffgerüst vollständig durch Fluoratome ersetzt sind. Sind nicht alle Wasserstoffatome ersetzt, spricht man von Polyfluorierten Verbindungen. PFT werden etwa seit 60 Jahren hergestellt und sind als Xenobiotika sehr persistent in der Umwelt. Sie sind hitze- und chemikalienbeständig und werden in der Oberflächenveredelung, als Imprägniermittel für Papier, Leder und Textilien, als Hochleistungstenside in der Galvanik und in Feuerlöschschäumen ver-

wendet. Sie 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

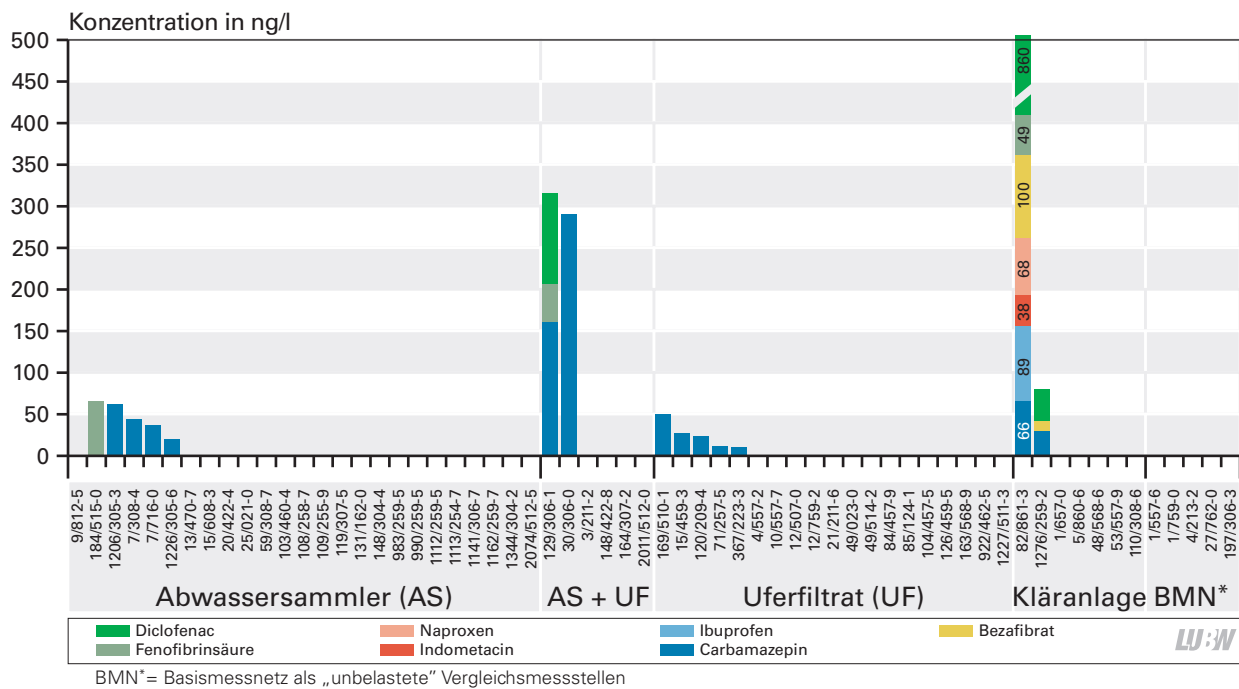


Abbildung 2.8-6: Konzentrationsverteilung der Arzneimittel

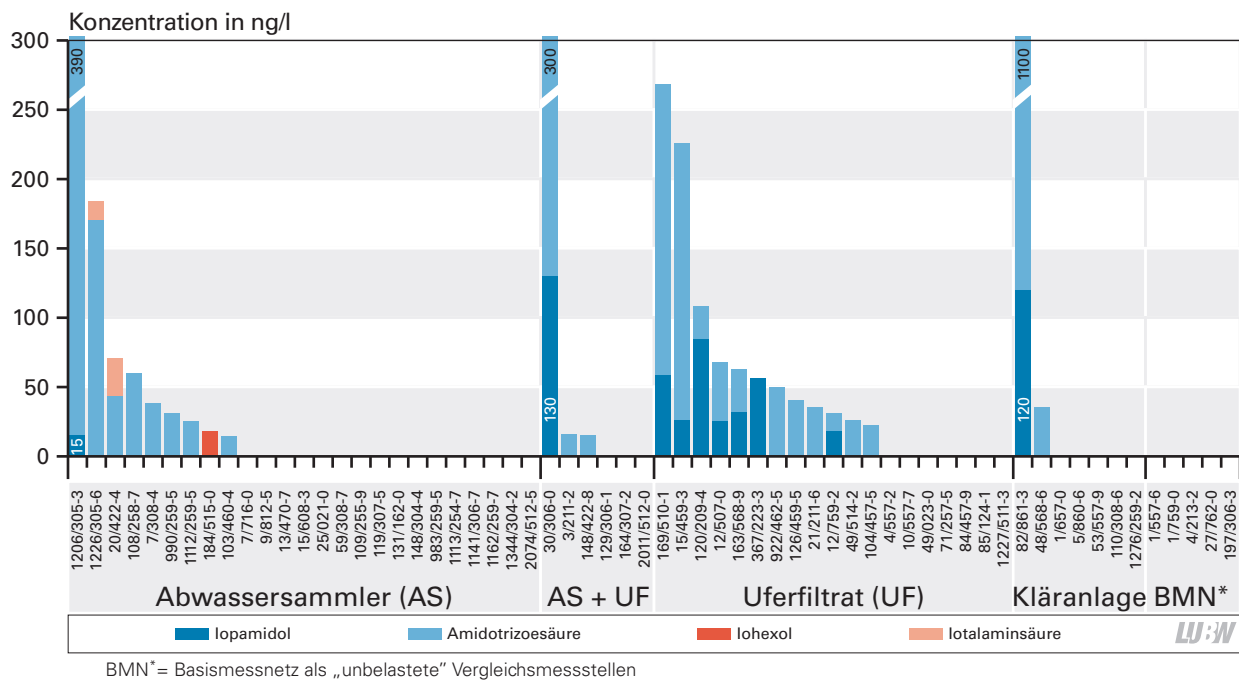


Abbildung 2.8-7: Konzentrationsverteilung der Röntgenkontrastmittel

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 Löschsäume mit Gehalten an PFOS oder PFOS-Derivaten unter 0,001 Gew.-%. Dies sind maximal rund 10.000 µg/l oder bei einem 3%igen Ansatz etwa 300 µg/l im einsatzbereiten Löschaum. Als Ersatzstoffe kommen polyfluorierte Tenside, sog. Fluortelomere 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-Perfluorocansulfonat (H4PFOS).

Die Trinkwasserkommission (TWK) beim Umweltbundesamt kam im August 2007 zu dem Schluss, dass die bisherigen PFT-Befunde im Trinkwasser nach aktuellem Kenntnisstand keinen Anlass zu einer gesundheitlichen Besorgnis geben. Die TWK bestätigt ausdrücklich den lebenslang gesundheits-

Tabelle 2.8-9: Ergebnisse Perfluorierte Tenside (PFT) - Untersuchungen Mai 2013

Substanz	BG ng/l	LW bzw. GOW ng/l	Anzahl der Messstellen						Max- wert ng/l
			Gesamt	< BG	≥ BG bis 10 ng/l	> 10 bis 100 ng/l	> 100 bis 1000 ng/l	> 1000 ng/l	
Perfluorbutanoat (PFBA)	1	LW = 7.000	56	26	29	1	-	-	38
Perfluorpentanoat (PFPA)	1	GOW = 3.000	56	38	21	1	1	-	105
Perfluorhexanoat (PFHxA)	1	GOW = 1.000	56	32	22	2	-	-	96
Perfluorheptanoat (PFHpA)	1	GOW = 300	56	35	20	1	-	-	21
Perfluoroctanoat (PFOA)	1		56	23	27	6	-	-	34
Perfluorononoat (PFNA)	1		56	54	2	-	-	-	1
Perfluordecanoat (PFDA)	1		56	54	2	-	-	-	2
Perfluorundecanoat (PFUnA)	1		56	56	-	-	-	-	-
Perfluordodecanoat (PFDoA)	1		56	55	2	-	-	-	2
Perfluoroctansulfonat (PFOS)	1		56	24	24	7	1	-	228
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	1	GOW = 3.000	56	24	32	-	-	-	8
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)	1	GOW = 300	56	28	27	1	-	-	16
Perfluordecansulfonat (PFDS)	1		56	55	1	-	-	-	3
1H,1H,2H,2H-Perfluoroc-tan-sulfonat (H4PFOS)	1		56	55	1	-	-	-	2
Summe aus PFOA + PFOS	1	LW = 300	56	35	13	13	1	-	247
Summe PFT-Komponenten	1		56	12	16	24	4	-	293

BG = Bestimmungsgrenze

GOW = Gesundheitlicher Orientierungswert für Trinkwasser

LW = Leitwert für wissenschaftlich begründbare Besorgnis, entspricht der Wirkungsschwelle

LUBW

lich duldbaren Höchstwert (Leitwert) für die Summe aus PFOA und PFOS von  $0,3 \mu\text{g/l} = 300 \text{ ng/l}$  im Trinkwasser. Die TWK bestätigt ferner den allgemeinen Vorsorgewert des UBA für anthropogene Stoffe im Trinkwasser von  $0,1 \mu\text{g/l}$  und rät den Behörden, ihre regulatorischen Entscheidungen im Einzugsgebiet mindestens an dieser Zielvorgabe auszurichten. Weitere GOW bzw. Leitwerte (LW) sind in Tabelle 2.8-9 genannt.

## Ergebnisse

In den Basismessstellen wurden keine PFT nachgewiesen. Die längerkettigen Verbindungen mit neun oder mehr C-Atomen sowie H4PFOS wurden nur in Einzelfällen gefunden (Tabelle 2.8-9 und Abbildung 2.8-8). Die meisten Positivbefunde traten bei PFOA, PFOS, PFBS und PFBA auf, hierbei PFOA und PFOS mehrfach auch in höheren Konzentrationen. Die Positivbefunde der anderen Verbindungen lagen überwiegend im Konzentrationsbereich zwischen  $1 \text{ ng/l}$  (Bestimmungsgrenze) und  $10 \text{ ng/l}$ . Die höchsten Werte für die Gesamtsumme PFT mit 293 bzw. 291  $\text{ng/l}$  traten an zwei Messstellen im jeweils innerstädtischen Bereich auf. Während in einem Fall PFOS dominiert, sind im ande-

ren Fall PFPA und PFHxA die Hauptbestandteile. Die GOW wurden in keinem Fall überschritten.

## 2.8.6 Zusammenfassende Betrachtung

Ziel der Untersuchungen war die Klärung der Frage, ob und inwieweit Grundwassermessstellen durch organische Spurenstoffe, die über den Abwasserpfad eingetragen werden, belastet sind. Abwasserpfad bedeutet bei dieser Betrachtung direkter Eintrag aus undichter Kanalisation in das Grundwasser (AS), Eintrag von Uferfiltrat in das Grundwasser (UF), beide Einflüsse zusammen (AS+UF) sowie Eintrag auf dem Gelände von Kläranlagen (KA), sei es durch undichte Klärbecken oder undichte Leitungen auf dem Betriebsgelände. Als „Nullmessstellen“ wurden anthropogen möglichst unbelastete Basismessstellen (BMN) herangezogen.

In den Abbildungen 2.8-9 und 2.8-10 sind die Ergebnisse für die Einflussfaktoren AS und UF zusammenfassend dargestellt. Generell lässt sich feststellen, dass das Konzentrationsniveau für alle Gruppen von Spurenstoffen unter direktem Abwassereinfluss aus Kanalisation höher ist als bei

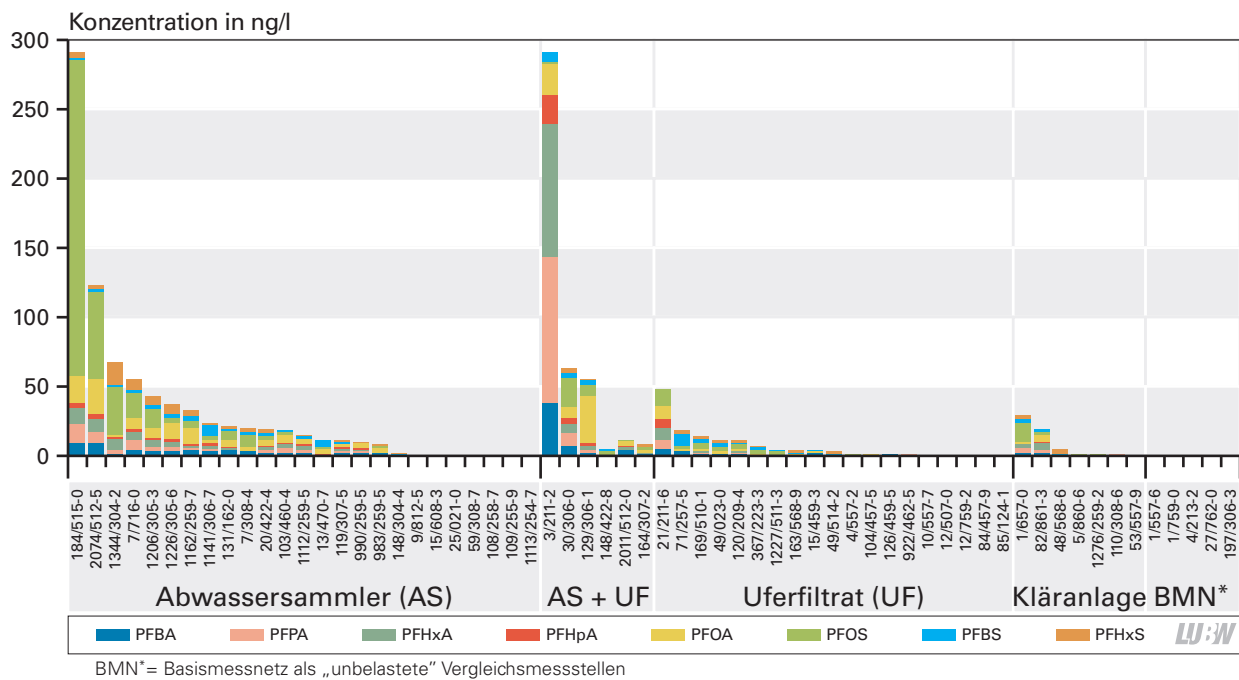


Abbildung 2.8-8: Konzentrationsverteilung der Perfluorierten Tenside (PFT)

Uferfiltrat. Dies dürfte durch den Verdünnungseffekt verursacht sein. Am stärksten vertreten hinsichtlich Fundhäufigkeit und Konzentration sind die Süßstoffe und hierbei insbesondere Acesulfam. So sind Süßstoffe in nahezu allen Messstellen nachweisbar. Perfluorierte Tenside sind am zweithäufigsten zu finden. Es folgen die Röntgenkontrastmittel und die Benzotriazole, die etwa halb so häufig wie die Süßstoffe auftreten. Die geringsten Fundhäufigkeiten

sind innerhalb dieser Messkampagne bei den Arzneimitteln zu beobachten. GOW wurden, soweit sie für einzelne Verbindungen vorliegen, nur in Einzelfällen überschritten.

Die Untersuchungen zeigen, dass insbesondere der Süßstoff Acesulfam gut als Tracer für Abwassereinfluss verwendbar ist, da in fast allen Fällen mit Acesulfam-Nachweis auch andere Spurenstoffe zu finden waren.

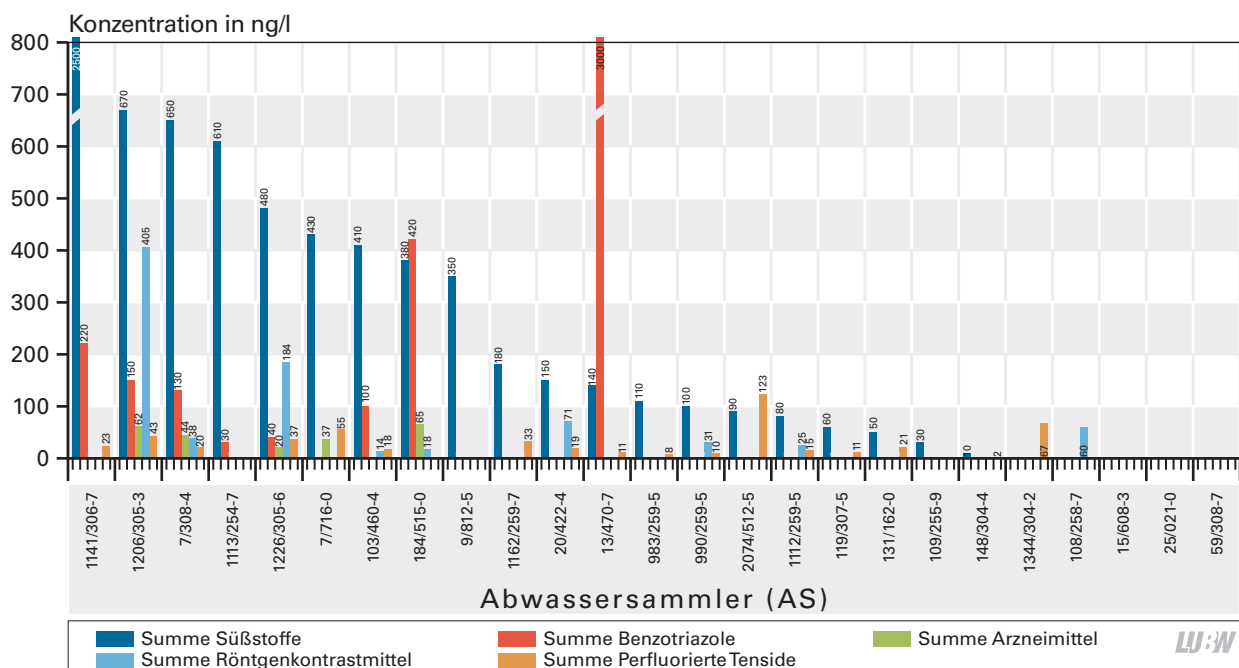


Abbildung 2.8-9: Konzentrationsverteilung der untersuchten Spurenstoffgruppen im Einflussbereich von Kanalisation (AS = Abwassersammler)



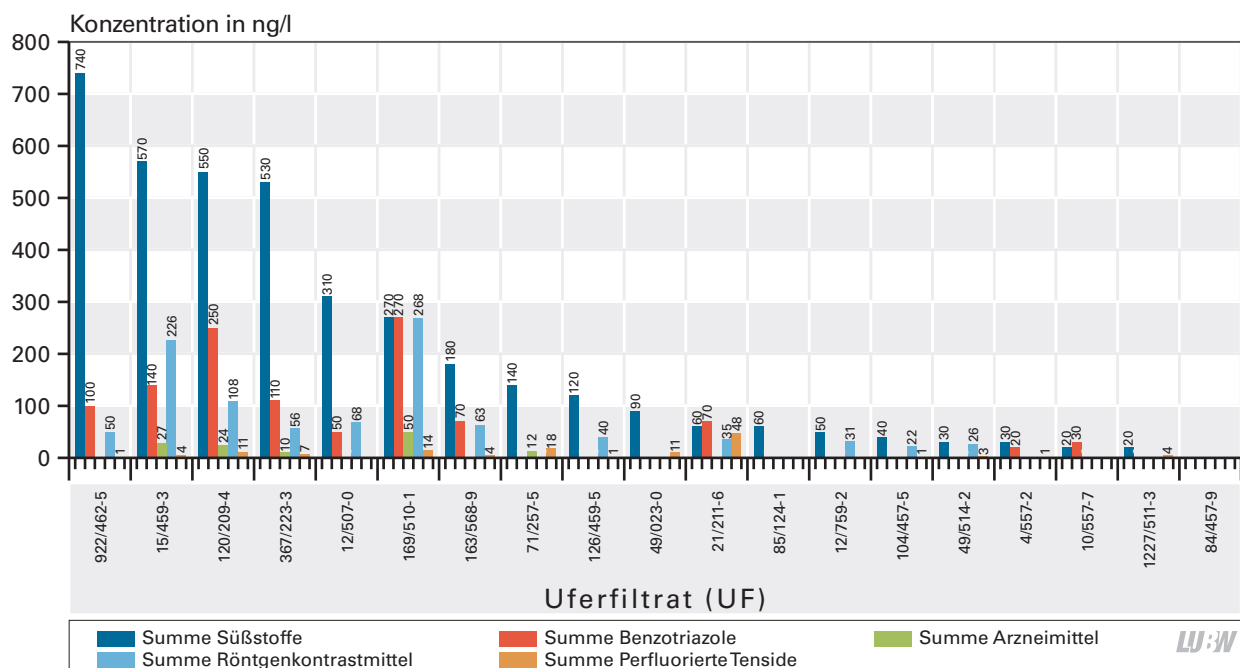


Abbildung 2.8-10: Konzentrationsverteilung der untersuchten Spurenstoffgruppen im Einflussbereich von Uferfiltrat (UF)

## 2.9 Wasserrahmenrichtlinie: Zustandsbewertung des Grundwassers in Baden-Württemberg für die 2. Bewirtschaftungsplanung

Im Hinblick auf den 2. Bewirtschaftungszeitraum 2015 bis 2021 gemäß Wasserrahmenrichtlinie<sup>1)</sup> ist der Zustand des Grundwassers neu zu bewerten. Der Zeitplan sieht vor, dass der 2. Bewirtschaftungsplan 2014 im Entwurf vorliegt, so dass er 2015 verabschiedet werden kann. Nachfolgend wird die in Baden-Württemberg angewandte Vorgehensweise vorgestellt.

### 2.9.1 Bewertung des chemischen Grundwasserzustands

#### 2.9.1.1 Allgemeines

Gefährdete Grundwasserkörper (gGWK) wurden 2004 in Baden-Württemberg nur für die Parameter Nitrat und Chlorid festgestellt. Es wurden 22 gGWK hinsichtlich Nitrat und ein gGWK hinsichtlich Chlorid ausgewiesen. Im Jahr 2013 wurde geprüft, ob die für die 1. Bewirtschaftungsplanung als gefährdet eingestuft Grundwasserkörper im Jahr 2015 den „guten Zustand“ erreichen. Grundlage für die Bewertung waren die Messwerte des Jahres 2012. Ferner wurde geprüft,

ob ggf. neue gefährdete Grundwasserkörper ausgewiesen werden müssen. Nachfolgend wird die Vorgehensweise der Neubewertung für Nitrat dargestellt.

Für die Parameter der Anlage 2 GrwV<sup>2)</sup> - außer Nitrat - wurde bereits im Jahre 2012 geprüft, ob gGWK auszuweisen wären. Dies war nicht der Fall, da entweder die räumliche Ausdehnung der Belastung zu gering oder die erhöhten Stoffgehalte geogen waren. Von weiteren, nicht in Anlage 2 GrwV genannten Stoffen oder Stoffgruppen sind keine punktuellen oder flächenmäßigen Belastungen größeren Ausmaßes bekannt.

#### 2.9.1.2 Datengrundlage

Zusätzlich zu den etwa 650 von der LUBW betriebenen Landesmessstellen und den rund 450 von den Betreibern der Wasserversorgung zur Verfügung gestellten Kooperationsmessstellen wurden im Herbst 2012 zur Verbesserung der Datengrundlage rund 800 weitere „Verdichter-Messstellen“ in den gefährdeten Grundwasserkörpern (gGWK) auf Nitrat untersucht. Insgesamt wurden somit die Daten von rund 1.900 Messstellen herangezogen.

1) 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. L327 vom 22.12.2000, S.1

2) Verordnung zum Schutz des Grundwassers (Grundwasserverordnung – GrwV) vom 9. November 2010, BGBl. I 2010 S.1513

### 2.9.1.3 Schwellenwertüberschreitungen und deren räumliche Ausdehnung gemäß GrwV

Messstellen und Nitratwerte sind nicht flächendeckend vorhanden, daher wurde auf repräsentative Messstellen bzw. repräsentative Flächen zurückgegriffen. Für die meisten Messstellen liegt die Abgrenzung des Einzugsgebietes (EZG) bzw. im Falle von Förderbrunnen oder Quellen zur Trinkwassergewinnung die Abgrenzung des Wasserschutzgebietes (WSG) vor, so dass eine Zuordnung zwischen der Messstelle als Punktinformation und der Fläche vorliegt.

Hinweis: Aus Gründen der sprachlichen Vereinfachung wird nachfolgend von „belasteten“ und „unbelasteten“ Flächen gesprochen, gemeint ist jedoch immer das Grundwasser unter diesen Flächen.

EZG- und WSG-Flächen wurden für die Zustandsbewertung als einstufigsrelevant berücksichtigt, wenn der Anteil der ackerbaulich genutzten Fläche mindestens 30 % betrug (Emissionskriterium der LAWA) und keine reduzierenden Bedingungen im Grundwasser vorlagen. Zunächst waren für jeden gGWK die „belasteten“ Flächen zu identifizieren, d. h. Acker-/Weinbau-Flächen in den EZG/WSG von:

- Messstellen mit Nitratkonzentrationen > 50 mg/l,
- Messstellen mit Nitratkonzentrationen zwischen 37,6 - 50 mg/l und signifikant steigendem Trend,
- Rohwasser- Messstellen in SchALVO-Sanierungsgebieten<sup>3)</sup>,

Danach wurden die belasteten Flächen ins Verhältnis zu den gesamten betrachteten Acker-/Weinbauflächen in den EZG-/WSG gesetzt. Lag der Flächenanteil über 0,33, war der GWK gemäß Grundwasserverordnung in den „schlechten“ Zustand einzustufen, lag er unter 0,33, war der GWK in „gutem“ Zustand.

Im Ergebnis konnte festgestellt werden, dass von den 22 im Jahr 2004 hinsichtlich Nitrat als gefährdet eingestuften GWK elf aufgrund der Daten von 2012 den „guten Zu-

stand“ im Jahr 2015 erreichen werden. Die anderen elf GWK befinden sich 2015 weiterhin in „schlechtem“ Zustand (Tabelle 2.9-1 und Abbildung 2.9-1). Bezogen auf die Landesfläche bedeutet dies einen Rückgang von rund 18 % auf rund 9 %. Der wegen hoher Chloridbelastung als „schlecht“ eingestufte gGWK 16.9 „Fessenheim-Breisach“ verbleibt weiterhin in diesem Zustand.

Tabelle 2.9-1: „Guter“ und „schlechter“ Zustand der Grundwasserkörper hinsichtlich Nitrat 2009 und 2015

gGWK	gGWK Bezeichnung	Gesamtfläche in km <sup>2</sup> Einstufung		
		2009	2015	
<b>Regierungspräsidium Stuttgart</b>				
8.3	Kraichgau - Unterland	333,77		
8.4	Löwensteiner Berge - Neckarbecken	166,83	166,83	
8.5	Zabergäu - Neckarbecken - Acker	160,34	160,34	
8.6	Neckar-Rems	86,99		
8.7	westliches Neckarbecken	133,38		
8.8	östliches Neckarbecken	65,14		
9.2	Tauberland	237,26	237,26	
9.3	Hohenloher Ebene - Tauberland	407,62		
10.2	Sandstein-Spessart - Tauberland	263,23		
<b>Regierungspräsidium Karlsruhe</b>				
8.2	Kraichgau	455,77		
16.2	Rhein-Neckar	473,94	473,94	
16.3	Hockenheim-Walldorf-Wiesloch	212,85	212,85	
16.4	Bruchsal	367,52	367,52	
<b>Regierungspräsidium Freiburg</b>				
9.4	Oberes Wutachgebiet	290,73	290,73	
16.5	Ortenau-Ried	264,85	264,85	
16.6	Kaiserstuhl-Breisgau - Acker	211,66	211,66	
16.7	Freiburger Bucht - Weinbau	291,16		
16.8	Markgräfler Land	437,73	437,73	
<b>Regierungspräsidium Tübingen</b>				
2.2	Oberschwaben-Riß	619,41		
2.3	Oberschwaben-Wasserscheide	375,78	375,78	
3.2	Oberschwaben-Biberbach	241,62		
6.2	Donauried	174,84		
		<b>Fläche in km<sup>2</sup>:</b>	<b>6272,41</b>	<b>3199,48</b>
		<b>in % der Landesfläche:</b>	<b>17,5</b>	<b>8,9</b>

guter Zustand
  gefährdet bzw. schlechter Zustand
 LU:W

3) Verordnung des Umweltministeriums über Schutzbestimmungen und die Gewährung von Ausgleichsleistungen in Wasser- und Quellschutzgebieten (Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung SchALVO) vom 20.02.2001, GBl. 2001 S. 145

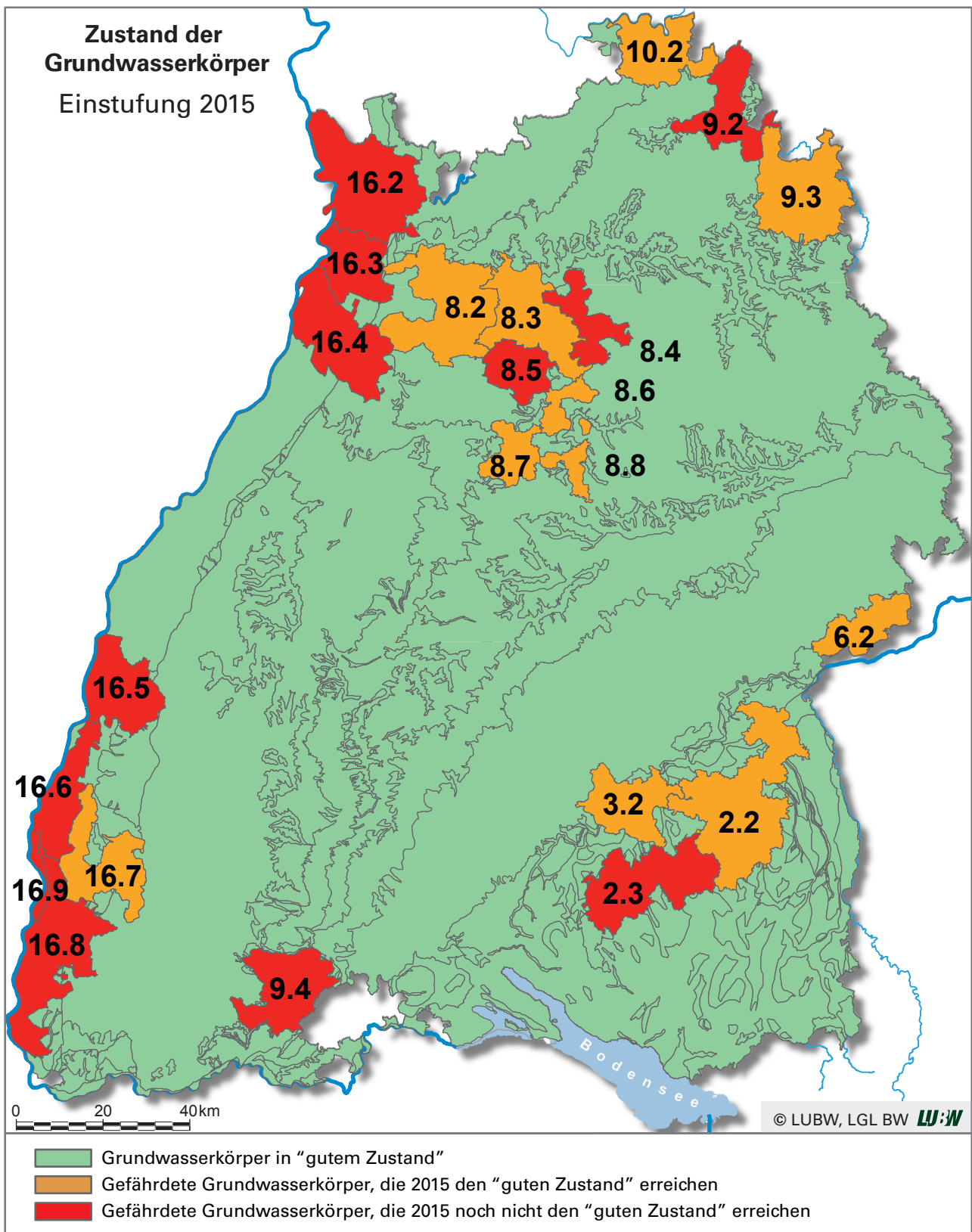


Abbildung 2.9-1: Zustand der Grundwasserkörper hinsichtlich der Einstufung 2009 und 2015; gGWK 16.9 wegen Chlorid, alle anderen wegen Nitrat

**2.9.1.4 Trendauswertungen – steigende Trends und Trendumkehr für die gGWK 2015**

Gemäß § 10 GrwV ermittelt die zuständige Behörde für jeden gGWK jeden signifikanten und anhaltenden Trend. In Anlage 6 GrwV sind die anzuwendenden Rechenverfahren beschrieben.

Zur Ermittlung steigender Trends wurden die Nitratwerte von 2006 bis 2012 aller Messstellen jedes gGWK herangezogen. Nach Ausreißerelimination und Prüfung auf Normalverteilung wurde eine lineare Regression auf Signifikanzniveau 95 % mit mindestens fünf Messwerten durchgeführt. Aufgrund dieser recht ambitionierten Vorgaben der GrwV war nur für etwa 20 % der Messstellen überhaupt eine signifikante Aussage möglich. Insbesondere von den „Verdichter“-Messstellen, die nur in den Jahren 2006 und 2012 beprobt wurden, waren meist weniger als fünf Messwerte vorhanden.

Die Ergebnisse wurden für jeden GWK in „schlechtem Zustand“ ausgezählt und grafisch dargestellt (Abbildung 2.9-2). Von insgesamt 230 Messstellen mit signifikanter Trendaussage war an 78 % ein fallender und an 22 % ein steigender Trend zu beobachten. Auch bezogen auf die einzelnen GWK überwogen die Abnahmen. Nur im GWK 16.3 war der Anteil der steigenden Trends höher, die Nitratkonzentrationen lagen dort an vier Messstellen im Konzentrations-

bereich unter 37,5 mg/l, an zwei Messstellen über 50 mg/l. Im GWK 16.6 waren die fallenden und steigenden Trends gleich. An vier der acht Messstellen mit steigenden Trends lag das Konzentrationsniveau über 50 mg/l.

Zur Ermittlung der Trendumkehr wurden jeweils sieben gleitende 6-Jahresintervalle von 2001 bis 2012 nach den genannten Vorgaben berechnet und die Ergebnisse für jeden GWK in „schlechtem Zustand“ ausgezählt und grafisch dargestellt (Abbildung 2.9-3). Eine signifikante Trendumkehr war an 99 Messstellen festzustellen, davon an 39 Messstellen mit Umkehr zu steigenden Konzentrationen und an 60 Messstellen mit Umkehr zu fallenden Konzentrationen.

**Fazit:** Hinsichtlich des chemischen Zustandes wird die Hälfte der 2009 als „gefährdet“ gemeldeten GWK (18 % der Landesfläche) im Jahr 2015 den „guten Zustand“ erreichen, so dass sich nur 9 % der Landesfläche in „schlechtem Zustand“ befinden wird. Der wegen hoher Chloridbelastung als in „schlechtem“ Zustand eingestufte GWK 16.9 „Fessenheim-Breisach“ bleibt unverändert. Hinsichtlich der Trends ist es erfreulich, dass zumindest für die rund 20 % der Fälle mit signifikanter Trendaussage in den gGWK überwiegend fallende Trends und eine fallende Trendumkehr festzustellen ist.

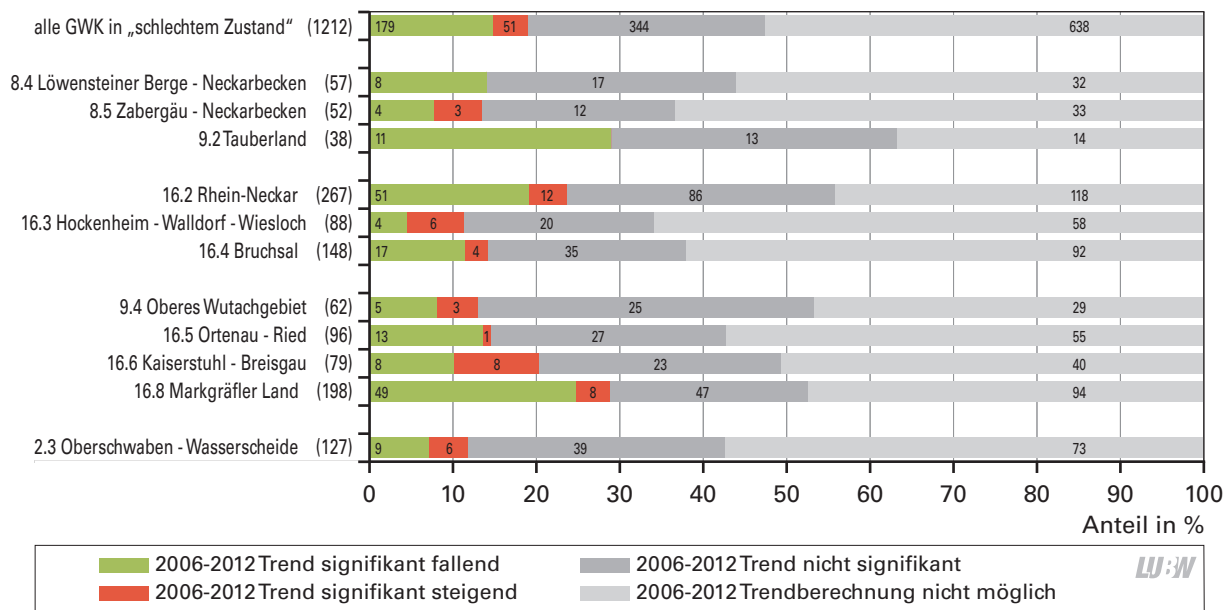


Abbildung 2.9-2: Trends in den 2015 in „schlechtem Zustand“ befindlichen GWK bzgl. Nitrat für den Zeitraum 2001 bis 2012; Berechnungsgrundlage: lineare Regression mit Ausreißerbereinigung, Signifikanzniveau 95 %, Prüfung auf Normalverteilung, mindestens fünf Messwerte pro Messstelle, weitere Erläuterungen siehe Text

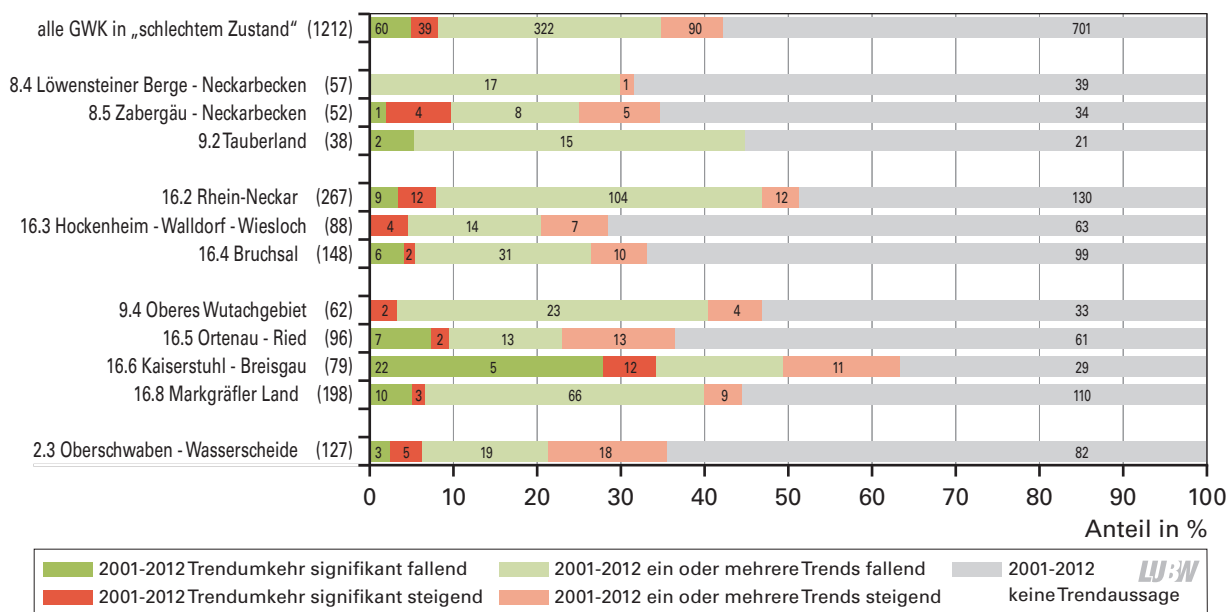


Abbildung 2.9-3: Trendumkehr in den 2015 in „schlechtem Zustand“ befindlichen GWK bzgl. Nitrat für den Zeitraum 2001 bis 2012; Berechnungsgrundlage: lineare Regression mit Ausreißerbereinigung, Signifikanzniveau 95 %, mindestens fünf Messwerte, jeweils sieben gleitende 6-Jahresintervalle pro Messstelle

## 2.9.2 Zustandsbewertung Grundwassermenge

### 2.9.2.1 Allgemeines

Für Baden-Württemberg wurden auf Grundlage der oberflächennahen Verbreitung der hydrogeologischen Einheiten insgesamt 14 Grundwasserkörper (GWK) definiert (Abbildung 2.9-4).

### 2.9.2.2 Trendbewertung - Grundwassermenge

Der mengenmäßige Zustand der Grundwasserkörper wurde anhand grundwasserhydrologischer Zeitreihen bewertet<sup>4)</sup>. Hierfür wurden die 100 für Baden-Württemberg an die EU gemeldeten „WRRL-Messstellen zur mengenmäßigen Überwachung“ herangezogen (Abbildung 2.9-4). Nach den Vorgaben der LAWA sind Messreihen von 15 bis 30 Beobachtungsjahren für eine belastbare Zustandsbewertung erforderlich. Bei 15 Messstellen wurde die Beobachtung nach dem Jahr 2000 aufgenommen, weshalb die geforderten 15 Beobachtungsjahre nicht erreicht werden.

Im Ergebnis zeigt die Trendanalyse der ausgewerteten Grundwasserstände und Quellschüttungen eindeutig eine „gleichbleibende“ Entwicklungstendenz. Lediglich an zwei Messstellen sind positive Trends, in diesen Fällen Anstiege von mehr als 1% der Schwankung pro Jahr, festzustellen.

4) Fachliche Umsetzung der EG-WRRL, Teil 5: Bundesweit einheitliche Methode zur Beurteilung des mengenmäßigen Zustands, Länderarbeitsgemeinschaft Wasser, August 2011

Diese liegen jedoch in größeren Grundwasserkörpern mit hohen Messstellenzahlen und haben daher nur wenig Einfluss auf das insgesamt stabile Trendverhalten.

### 2.9.2.3 Überschlägige Wasserbilanz

Für die Ermittlung einer überschlägigen Wasserbilanz wurden die Entnahmen aus den Grundwasserkörpern der Grundwasserneubildung aus Niederschlag gegenübergestellt. Für die Bilanzierung wurden im Wesentlichen anstelle der wasserrechtlich erlaubten Mengen die tatsächlichen Grundwasserförderungen gemäß Wasserentnahmeentgelt zugrunde gelegt, da diese Daten landesweit vollständig zur Verfügung stehen. Es handelt sich dabei um die Daten von rund 5.300 Entnahmestellen der öffentlichen Wasserversorgung, rund 1.700 Beregnungsbrunnen und rund 2.800 Brauchwasserentnahmestellen. Zugrunde gelegt wurden die Daten des Zeitraums 2001-2010.

Die durchschnittliche Grundwasserneubildung wurde mit dem Bodenwasserhaushaltsmodell GWN-BW für die gesamte Landesfläche von Baden-Württemberg aus dem Niederschlag ebenfalls für die Dekade 2001 bis 2010 bestimmt. Nach der Zielvorgabe der LAWA sollen die Entnahmen maximal 30 % der Grundwasserneubildung ausmachen.

Im Hinblick auf die überschlägige Wasserbilanz betrug die durchschnittliche Höhe der Grundwasserneubildung aus

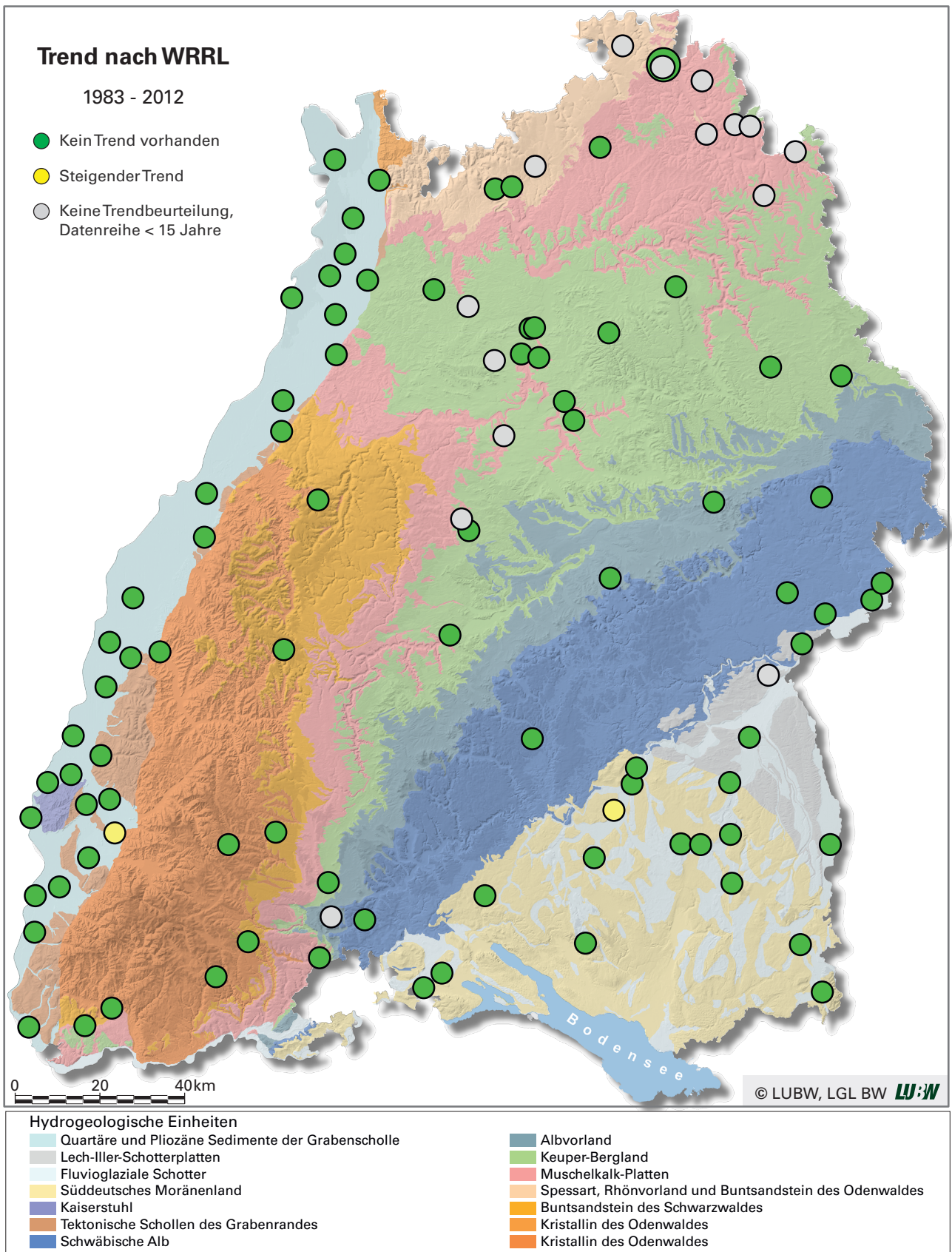


Abbildung 2.9-4: Ergebnis der mengenmäßigen Trendanalyse nach WRRL im Zeitraum 1983-2012

Niederschlag in dieser Zeitspanne rund 190 mm/a, dies entspricht rund 6,8 Mrd. m<sup>3</sup>/a. Gleichzeitig wurden durchschnittlich rund 660 Mio. m<sup>3</sup> Grundwasser pro Jahr entnommen. Diese Fördermenge entsprach damit etwa 10 % der Grundwasserneubildung aus Niederschlag im gesamten Land, jedoch mit zum Teil deutlichen Unterschieden in den verschiedenen Grundwasserkörpern. In 13 GWK betrug der Anteil der Grundwasserneubildung aus Niederschlag zwischen 2,0 und 21,1 %, damit war der Zielwert von maximal 30 % deutlich unterschritten (Tabelle 2.9-2). Im Oberrheingraben betrug sie 50 %, so dass dort eine detaillierte Wasserbilanz durchzuführen war.

#### 2.9.2.4 Detaillierte Wasserbilanz

Für die detaillierte Wasserbilanz wurden zusätzlich zur Grundwasserneubildung aus Niederschlag sämtliche positiven Bilanzglieder wie Oberflächengewässerinfiltration, Randzuflüsse, etc. hinzugezogen. Diese Daten wurden Grundwasserbilanzberechnungen von länderübergreifenden Grundwassermodellen entnommen, wobei nur die Ergebnisse für das baden-württembergische Gebiet verwendet wurden. Unter Berücksichtigung aller positiven Bilanzglieder ergab sich für diesen Grundwasserkörper

dann ein Entnahmeanteil von rund 12 % der Grundwasserneubildung (Tabelle 2.9-3), so dass auch hier der Zielwert von maximal 30 % deutlich unterschritten ist.

**Fazit:** Hinsichtlich des mengenmäßigen Zustands sind in Baden-Württemberg alle Grundwasserkörper in „gutem“ Zustand.

#### 2.9.3 Karte für den Zustand der Schutzgebiete nach Artikel 7 WRRL

Die WRRL fordert in Artikel 7 und detailliert im Anhang VII unter Nr. A 4.3 für den Bewirtschaftungsplan eine Karte über den Zustand der Schutzgebiete. Er wird danach bewertet, ob bei der Abgabe an den Verbraucher die Vorschriften der Trinkwasserrichtlinie eingehalten werden. Die Vorschriften gelten auch dann als eingehalten, wenn die Ausnahmen nach Artikel 9 der Trinkwasserrichtlinie in Anspruch genommen werden. Werden sowohl die Vorschriften der Trinkwasserrichtlinie als auch die Ziele der WRRL eingehalten, dann ist der Art-7-GWK in einem guten Zustand.

Tabelle 2.9-2: Übersichtliche Wasserbilanz der Grundwasserkörper in Baden-Württemberg

Nr.	Bezeichnung	Fläche [km <sup>2</sup> ]	Entnahme- menge [m <sup>3</sup> /a]	GWN aus Niederschlag [mm/a]	GWN aus Niederschlag [m <sup>3</sup> /a]	Anteil Ent- nahme an GWN [%]
1	Lech-Iller-Schotterplatten	651,83	2.664.124	173	112.482.072	2,4
2	Fluvioglaziale Schotter	2.074,94	112.852.261	258	534.635.291	21,1
3	Süddeutsche Moränenlandschaft	3.200,84	16.716.763	191	609.999.488	2,7
6	Schwäbische Alb	4.873,14	81.520.023	223	1.084.961.993	7,5
7	Albvorland	2.482,42	10.677.225	96	238.529.450	4,5
8	Keuper-Bergland	7.200,15	53.786.883	124	896.331.454	6,0
9	Muschelkalk-Platten	4.445,05	54.587.827	189	838.870.573	6,5
10	Spessart, Rhönvorland und Buntsandstein des Odenwaldes	1.075,66	8.893.651	167	179.722.842	5,0
11	Buntsandstein des Schwarzwaldes	2.218,82	27.869.378	265	587.542.575	4,7
13	Kristallin des Odenwaldes	80,91	216.333	136	11.028.202	2,0
14	Kristallin des Schwarzwaldes	3.841,43	38.774.049	292	1.120.279.295	3,6
16	Quartäre und Pliozäne Sedimente der Grabenscholle	2.858,18	247.042.891	173	494.570.627	50,0
17	Tektonische Schollen des Grabenrandes	666,74	5.559.895	162	108.040.939	5,1
18	Kaiserstuhl	78,31	661.067	95	7.446.576	8,9
<b>Summe / Mittelwert</b>		<b>35.748,43</b>	<b>661.822.371</b>	<b>191</b>	<b>6.824.441.377</b>	<b>9,7</b>

GWN = Grundwasserneubildung

**LUBW**

Tabelle 2.9-3: Prüfergebnis der Einstufung der Grundwasserkörper hinsichtlich der Menge, Bewertung nach Trend sowie überschlägiger und detaillierter Wasserbilanz

GWK-Nr.	GWK-Bezeichnung	Trendanalyse	Wasserbilanz überschlägig (Anteil Entnahme an GWN in %)	Wasserbilanz detailliert Anteil Entnahme an GWN unter Berücksichtigung von Randzuflüssen und Infiltration aus Oberflächengewässern in %
1	Lech-Iller-Schotterplatten		2,4	
2	Fluvioglaziale Schotter		21,1	
3	Süddeutsche Moränenlandschaft		2,7	
6	Schwäbische Alb		7,5	
7	Albvorland		4,5	
8	Keuper-Bergland		6,0	
9	Muschelkalk-Platten		6,5	
10	Spessart, Rhönvorland und Buntsandstein des Odenwaldes		5,0	
11	Buntsandstein des Schwarzwaldes		4,7	
13	Kristallin des Odenwaldes	keine Aussage möglich*	2,0	
14	Kristallin des Schwarzwaldes		3,5	
16	Quartäre und Pliozäne Sedimente der Grabenscholle		50,0	11,5**
17	Tektonische Schollen des Grabenrandes		5,2	
18	Kaiserstuhl	keine Aussage möglich*	8,9	

\* = keine Messstellen vorhanden

\*\* = aus großräumigen GW-Modellen (nur Anteile Baden-Württemberg)

 guter Zustand  schlechter Zustand

LU:W

### 2.9.3.1 Trinkwasser aus Grundwasser

In Baden-Württemberg ist davon auszugehen, dass die Verbraucher nur ein Trinkwasser erhalten, das den Anforderungen der Trinkwasserverordnung entspricht oder für welches genehmigte Ausnahmetatbestände vorliegen. Für die Erstellung der Karte wurden die Fördermengen aus dem Wasserentnahmeentgelt der rund 5.300 Brunnen und Quellen der öffentlichen Wasserversorgung in den 14 Grundwasserkörpern im Zeitraum 2001-2010 herangezogen. Hierfür wurden die Vorgaben des LAWA-Arbeitspapiers „Darstellung der für die Trinkwasserversorgung genutzten Grundwasserkörper in den Bewirtschaftungsplänen“ (Stand 16.01.2012) berücksichtigt.

Grundwasserkörper mit Fassungen, die weniger als 1.000 m<sup>3</sup> pro Tag fördern treten nur im Kristallin des Odenwaldes und im Kaiserstuhl auf. Diese Flächen sind grau einzufärben. In allen anderen GWK liegen die Fördermengen für Trinkwasser wesentlich höher, so dass diese Bereiche grün einzufärben sind (Abbildung 2.9-5).

### 2.9.3.2 Trinkwasser aus Oberflächengewässern

Auch hinsichtlich der Trinkwassergewinnung aus Oberflä-

chengewässern ist die TrinkwV einzuhalten. In Baden-Württemberg wird aus zwei Oberflächengewässern Trinkwasser gewonnen. Dies sind die Trinkwassertalsperre Kleine Kinzig im Nordschwarzwald sowie der Bodensee. Für die Zustandsbewertung werden die Einzugsgebiete von Kleiner Kinzig und Bodensee herangezogen. Die Daten zu den Entnahmemengen 2010 stellte das Statistische Landesamt zur Verfügung.

Die Entnahmemenge aus der Talsperre Kleine Kinzig betrug 2010 rund 5,5 Mio. m<sup>3</sup>/a, d.h. etwa 1.500 m<sup>3</sup>/d, so dass das Kriterium 1.000 m<sup>3</sup>/d deutlich überschritten ist. Da die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung eingehalten werden, ist das Einzugsgebiet der Talsperre Kleine Kinzig grün einzufärben.

Die Entnahmemenge der Bodenseewasserversorgung belief sich im Jahr 2010 auf rund 127 Mio. m<sup>3</sup>/a, dies sind 348.500 m<sup>3</sup>/d. Bei fünf Wasserversorgungen der betroffenen sechs Gemeinden wird ebenfalls der Schwellenwert von 1.000 m<sup>3</sup>/d überschritten, eine Wasserversorgung liegt niedriger. Da jedoch alle Entnahmen von Seewasser aus dem glei-



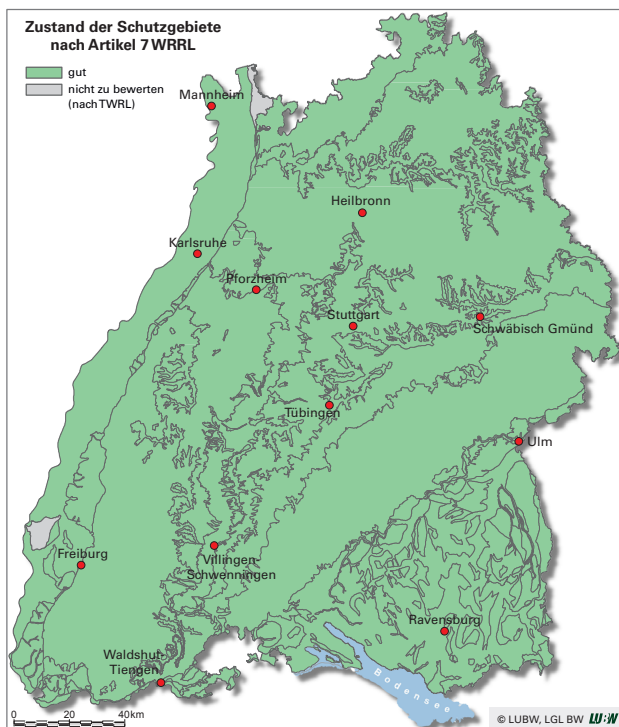


Abbildung 2.9-5: Zustand der Schutzgebiete nach Artikel 7 WRRL – Trinkwasser aus Grundwasser

chen Einzugsgebiet gespeist werden, lässt sich diese Differenzierung auf der Karte nicht darstellen und das gesamte Bodenseeeinzugsgebiet auf baden-württembergischem Gebiet ist grün einzufärben (Abbildung 2.9-6).

#### 2.9.4 Grundwasserabhängige Landökosysteme

Nach Art. 5 in Verbindung mit Anhang II der WRRL ist im Rahmen der Bestandsaufnahme eine Analyse derjenigen Grundwasserkörper, bei denen direkt grundwasserabhängige Landökosysteme (gwa LÖS) vorhanden sind, vorzulegen. Gemäß § 4 GrwV stuft die zuständige Behörde den mengenmäßigen Zustand als gut oder schlecht ein, wobei nach Absatz (2) der mengenmäßige Zustand gut ist, wenn „Landökosysteme, die direkt vom Grundwasser abhängig sind, nicht signifikant geschädigt werden“. Gleiches gilt für den chemischen Grundwasserzustand (§ 7 (2) Ziff 2 c) GrwV).

In einer mehrstufigen Auswahl wurden anhand der wasserabhängigen Lebensraumtypen und wassergebundenen Arten bzw. der wassergebundenen Vogelarten diejenigen FFH- bzw. Vogelschutzgebiete identifiziert, die als gwa LÖS zu bezeichnen sind<sup>5)</sup>. Insgesamt 178 FFH-Gebiete und 43 Vogelschutzgebiete entsprachen diesen Bedingungen. Durch Flächenverschneidung mit den Grundwasserkörpern in

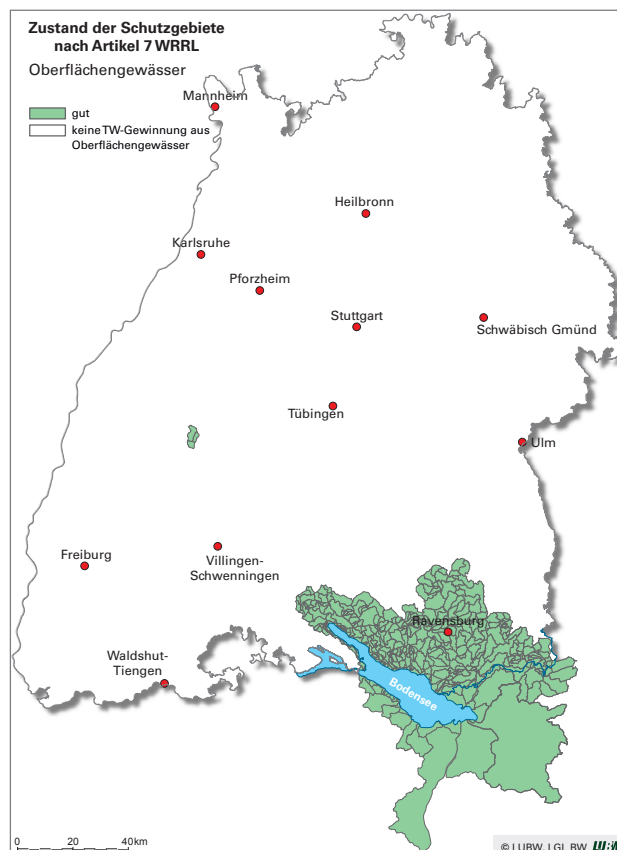


Abbildung 2.9-6: Zustand der Schutzgebiete nach Artikel 7 WRRL – Trinkwasser aus Oberflächengewässern

Verbindung mit dem Expertenwissen der Regierungspräsidien wurden wiederum diejenigen GWK bzw. gGWK identifiziert, in denen sich gwa LÖS befinden. Im Ergebnis sind in allen GWK bzw. gGWK gwa LÖS vorhanden.

Bisher waren nur die beiden gwa LÖS „Donauried“ und die „Vogelfreistätte Lindenweiher“ als gefährdet eingestuft. Aufgrund stabiler Grundwasserstände kann das Donauried aus der Gefährdung entlassen werden, im Falle des Lindenweiher laufen derzeit noch weitere Untersuchungen, so dass diese Frage noch nicht abschließend beantwortet werden kann.

- 5) Erläuterungen zum Verzeichnis der Schutzgebiete, Umsetzung der EG-Wasserrahmenrichtlinie in Baden-Württemberg, Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz BW, Dezember 2008, UIS-Intranet: [http://www.lubw.bwl.de/servlet/is/67272/schutz\\_erlaeuterungen\\_01\\_12\\_2008.pdf?command=downloadContent&filename=schutz\\_erlaeuterungen\\_01\\_12\\_2008.pdf](http://www.lubw.bwl.de/servlet/is/67272/schutz_erlaeuterungen_01_12_2008.pdf?command=downloadContent&filename=schutz_erlaeuterungen_01_12_2008.pdf)

# 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.

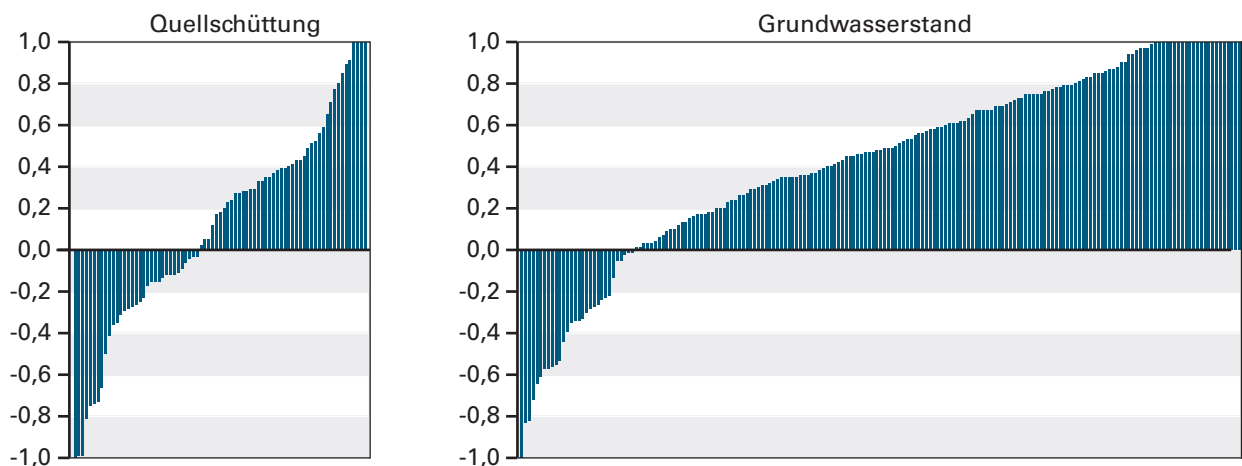
### Datengrundlage

Auswahl von 381 repräsentativen und funktionsfähigen Messstellen mit beschleunigter Datenübermittlung: 227 Grundwasserstandsmessstellen (wöchentliche Beobachtung), 122 Quellen (wöchentliche bis monatliche Messung) und 32 Lysimeter (täglich bis wöchentlicher Turnus).

### Normierte Jahresmittelwerte 2013 im langjährigen Vergleich (Zeitraum 1964-2013)

- Die Darstellungen geben einen optischen Eindruck des mittleren Niveaus der Grundwasserstände und Quellschüttungen des Jahres 2013 im 50-jährigen Vergleich (Zeitspanne 1964-2013). Dazu werden pro Messstelle die 50 Jahresmittelwerte 1964 bis 2013 aufsteigend sortiert. Dem größten Wert wird die Zahl +1, dem kleinsten Wert die Zahl -1 zugeordnet. Der auf dieser Skala „normierte“ Mittelwert von 2013 wird als Säule im Diagramm aufgetragen. Dieses Verfahren wird auf alle Messstellen 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 2013 an drei Quellen die niedrigste Schüttung der letzten 50 Jahre zu beobachten war.

### Normierte Jahresmittelwerte 2013 im langjährigen Vergleich (seit 1964)



LJ:W

Erläuterung: Dargestellt wird pro Messstelle der - gegen den seit 1964 jeweils kleinsten (-1) bzw. größten (+1) Jahresmittelwert - normierte Jahresdurchschnitt im Jahr 2013

Ergebnisse 2013		Baden-Württemberg Trendmessnetz - Grundwasserstand (Auswahl)								
Messstelle	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum 2013		Jahresmaximum 2013		Mittelwert 2013	Trend [cm/Jahr]		
			[m+NN]	Datum	[m+NN]	Datum		[m+NN]	10 Jahre	20 Jahre
110/018-1	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	172,3	22.04.	172,95	24.06.	172,53	3,7	1	-0,5
104/019-6	Markgräfler Rheinebene	Quart. Talfüllungen	190,21	26.08.	191,07	30.12.	190,62	0,8	-0,2	0,5
115/019-6	Markgräfler Rheinebene	Quart. Talfüllungen	183,02	08.04.	183,54	03.06.	183,17	1,6	0,7	-0,4
115/066-9	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	153,19	09.09.	155,04	03.06.	153,93	3,4	-0,2	0,7
133/068-0	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	171,43	02.09.	172,3	10.06.	171,82	4	0,7	0,2
102/070-7	Freiburger Bucht	Quart. Talfüllungen	217,17	09.09.	218,78	30.12.	218,01	-1,4	-1,1	-0,1
104/071-8	Markgräfler Hügelland	Quart. Talfüllungen	254,34	07.10.	256,63	11.02.	255,68	-5,3	-4,5	-
102/073-1	Hochschwarzwald	nicht bearbeitet	336,98	02.09.	338,52	03.06.	337,46	-1,3	0,6	0,3
110/073-8	Dinkelberg	nicht bearbeitet	292,15	09.09.	293,14	07.01.	292,48	2,4	-0,4	-0,7
103/115-2	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	144,75	02.09.	146,2	04.02.	145,32	5,9	-0,8	-1,1
100/119-1	Freiburger Bucht	Quart. Talfüllungen	206,26	09.09.	207,63	03.06.	206,84	0,1	-0,9	-0,8
124/123-1	Dinkelberg	Quart. Talfüllungen	329,39	02.09.	330,57	04.02.	329,74	0,4	0	-0,1
143/161-2	Nördliche Oberrhein-Niederung	Quart. Talfüllungen	115,07	08.04.	115,55	03.06.	115,29	2,6	0,7	0,6
120/162-0	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	121,21	09.09.	121,84	03.06.	121,5	2	0	0,2
157/162-8	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	122,08	07.10.	123,32	11.02.	122,63	3,7	-0,7	0,1
120/163-1	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	131,24	07.10.	132,25	10.06.	131,61	7,2	-2,6	-0,3
113/210-4	Nördliche Oberrhein-Niederung	Quart. Talfüllungen	106,24	09.09.	108,47	03.06.	107,06	3,4	-0,6	-0,1
115/211-5	Nördliche Oberrhein-Niederung	Quart. Talfüllungen	109,92	02.09.	111,59	03.06.	110,45	1,7	-0,1	0,1
124/211-6	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	115,95	02.09.	116,57	03.06.	116,17	1,8	0,2	0,3
160/223-0	Hochrheintal	Quart. Talfüllungen	316,41	26.08.	318,36	07.01.	316,99	0,1	-1,1	-
227/259-1	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	109	07.01.	109,71	17.06.	109,37	5,6	-0,2	1,9
150/260-6	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	112,95	11.02.	113,9	10.06.	113,38	3,9	-	-
119/304-2	Hessische Rheinebene	Quart. Talfüllungen	94,94	07.01.	96,85	03.06.	95,38	8,5	4,6	-
733/304-4	Hessische Rheinebene	Quart. Talfüllungen	92,12	06.05.	93,82	06.10.	92,65	6,6	3,2	-
104/305-6	Neckar-Rheinebene	Quart. Talfüllungen	88,22	09.09.	91,45	03.06.	89,11	5,3	-1,6	0
104/307-0	Hardtebenen	Quart. Hangschutt	100,19	04.02.	100,66	08.07.	100,46	2,1	-0,1	-1,2
108/308-7	Hardtebenen	Quart. Talfüllungen	106,48	28.01.	107,37	03.06.	106,71	3,8	-1	-0,8
101/320-1	Baar	Quart. Talfüllungen	674,64	22.07.	675,3	04.02.	674,89	1,2	-0,5	-0,9
100/321-9	Hegau-Alb	Muschelkalk	683,76	02.09.	684,96	03.06.	684,36	3,9	0,8	-0,3
100/355-1	Bergstraße	Quart. Talfüllungen	96,52	23.04.	97,41	10.06.	96,88	-1	-3,6	2,3
105/370-3	Hegau-Alb	Quart. Talfüllungen	651,92	13.05.	654,34	05.08.	652,4	0,3	0,8	3,5
132/422-5	Hegau	Quart. Talfüllungen	418,94	23.12.	419,43	10.06.	419,17	4,1	-0,1	-
105/470-3	Donau-Ablach-Platten	nicht bearbeitet	614,62	16.12.	615,37	03.06.	615,04	0,5	0	-
167/508-9	Neckarbecken	Quart. Talfüllungen	153,88	30.09.	155,4	03.06.	154,13	-1	-0,8	-
100/516-6	Mittlere Kuppenalb	Malm Weißjura	691,4	04.11.	697,07	10.06.	693,44	5,3	-4,5	-
100/517-0	Hohe Schwabenalb	Malm Weißjura	682,5	14.10.	691,24	10.06.	686,02	7,8	-9,4	-
20/520-3	Oberschwäbisches Hügelland	nicht bearbeitet	619,51	23.12.	620,15	17.06.	619,83	3,7	-1,5	-
3/568-8	Donau-Ablach-Platten	nicht bearbeitet	524,7	22.07.	526,31	04.02.	524,94	0,8	-0,1	-
110/623-5	Oberschwäbisches Hügelland	nicht bearbeitet	412,36	30.12.	413,36	01.07.	412,76	6	-0,4	-
130/623-6	Bodenseebecken	Quart. Talfüllungen	399,26	23.12.	400,82	03.06.	399,69	2,9	-0,9	-
107/666-2	Mittlere Flächenalb	nicht bearbeitet	520,21	07.01.	526,13	17.06.	522,73	14,4	2,5	-
148/717-0	Flachland der unteren Riss	nicht bearbeitet	492,63	09.09.	493,36	17.06.	492,95	2	0,7	-
125/721-3	Riss-Aitrach-Platten	Quart. Talfüllungen	652,19	30.12.	653,36	24.06.	652,72	4,6	-0,9	-
102/762-4	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	501,57	14.10.	505,58	11.02.	503,36	0,4	-4,2	-0,3
154/767-1	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	507,27	23.12.	508,72	17.06.	507,67	1,1	0,6	-
109/768-9	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	530,31	23.12.	531,21	17.06.	530,55	0,9	-0,8	-0,2
132/768-3	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	517,06	16.12.	517,69	03.06.	517,2	6	1,7	-0,1
111/769-0	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	552,24	09.09.	553,04	17.06.	552,54	0,9	-0,6	-0,1
104/770-4	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	572,51	09.09.	573,94	14.10.	573,09	1,8	0,7	0
177/770-1	Riss-Aitrach-Platten	Quart. Talfüllungen	593,3	09.09.	594,98	17.06.	594,02	0,1	-2,2	-
110/773-2	Westallgäuer Hügelland	Quart. Talfüllungen	713,67	19.08.	715,77	03.06.	714,18	-0,2	-0,7	-
102/814-8	Donauried	Quart. Talfüllungen	444,58	25.11.	446,35	03.06.	445,37	5	-2,2	-1,3
100/863-0	Ries-Alb	Malm / tief	449,23	01.01.	451,61	24.06.	450,75	9,1	0,9	0,4

Ergebnisse 2013		Baden-Württemberg Trendmessnetz - Quellschüttung (Auswahl)								
Messstelle	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum 2013		Jahresmaximum 2013		Mittelwert 2013	Trend [l/s/Jahr]		
			[l/s]	Datum	[l/s]	Datum		[l/s]	10 Jahre	20 Jahre
600/071-1	Markgräfler Hügelland	Quartär Hangschutt	0,445	28.09.	1,235	05.01.	0,833	0	0	0
600/171-5	Hochschwarzwald	Kristallin	0,04	13.08.	0,98	07.02.	0,357	0	0	0
601/212-5	Nördlicher Talschwarzwald	Buntsandstein	0,747	09.09.	7,419	03.06.	3,171	0	0	0
600/263-6	Nördlicher Talschwarzwald	Buntsandstein	4,58	09.09.	25	03.06.	11,79	-0,2	-0,4	-0,2
600/268-0	Südöstlicher Schwarzwald	Buntsandstein	5,73	07.10.	25,6	07.01.	10,793	0,1	0	0
602/320-8	Baar-Alb und Oberes Donautal	Malm Weißjura	1,25	02.09.	7,78	03.06.	3,289	0,1	0	0
600/407-7	Kraichgau	Höherer Keuper	2,78	14.01.	6,68	24.06.	4,005	0,1	-0,1	0
600/468-4	Baar-Alb und Oberes Donautal	Malm Weißjura	41	14.10.	350	10.06.	131,275	-0,2	-1,9	-
602/521-3	Oberschwäbisches Hügelland	Quartär Moränen	1,45	15.12.	7,55	01.07.	4,541	0,2	0	0
600/554-9	Bauland	Muschelkalk	3703	30.09.	95,2	04.02.	68,273	0,3	0,2	0,1
600/607-8	Hohenloher-Haller-Ebenen	Lettenkeuper	2,521	02.09.	4,431	30.12.	3,431	0	0	0
604/657-0	Kocher-Jagst-Ebenen	Lettenkeuper	0,22	19.08.	1,25	27.05.	0,608	0	0	0
600/665-7	Mittlere Flächenalb	Malm Weißjura	762	02.09.	16246	03.06.	2772,94	-2,9	-8,7	-1
601/759-1	Schwäb.-Fränk. Waldberge	Höherer Keuper	2,212	28.01.	4,6	03.06.	2,825	-0,1	-0,1	0

### 3.2 Gesamtmessnetz - Beschaffenheit

#### Messnetzziel

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

#### Datengrundlage

Für das Jahr 2013 wurden folgende Daten ausgewertet (Messprogramme siehe Anhang A2):

- Vor-Ort-Parameter und Messprogramm N an 1.791 Landesmessstellen
- Bestimmung ausgewählter PSM und nichtrelevanter Metaboliten an der Hälfte des Messnetzes
- Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) an rund 1.900 und metallische Spurenstoffe an rund 2.000 Messstellen im Zeitraum 2010-2012
- Sonderuntersuchung organische Spurenstoffe an 57 ausgewählten Messstellen im Einflussbereich von Abwasser und Uferfiltrat

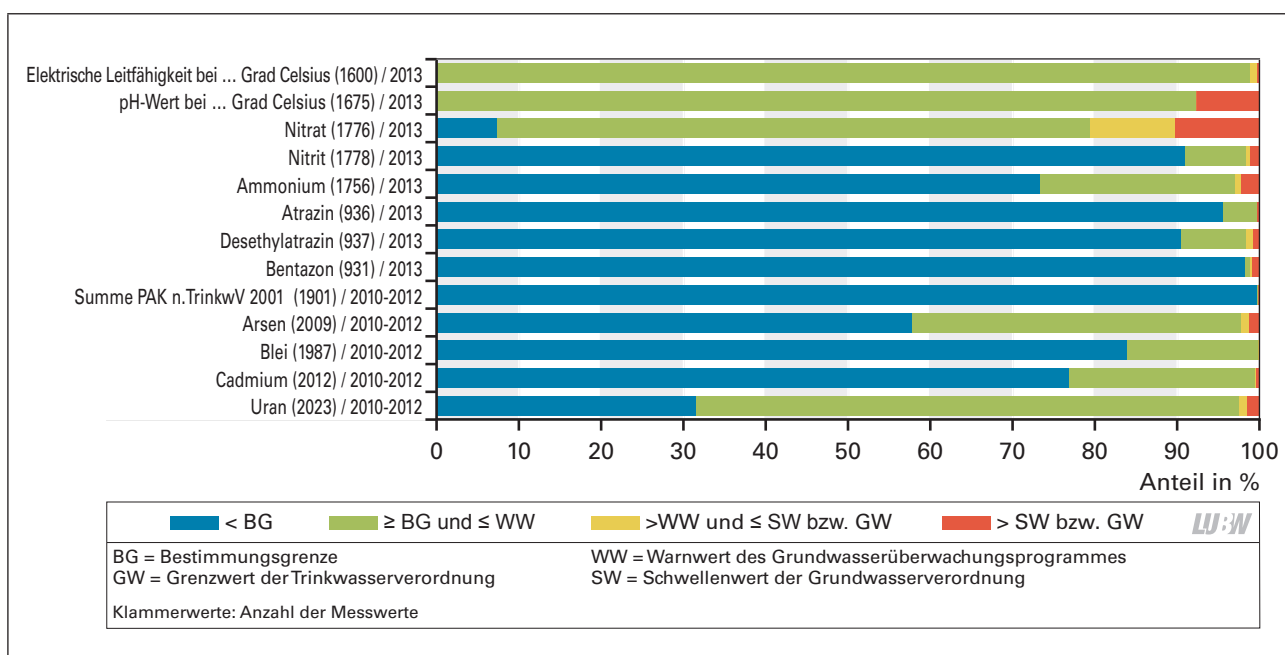
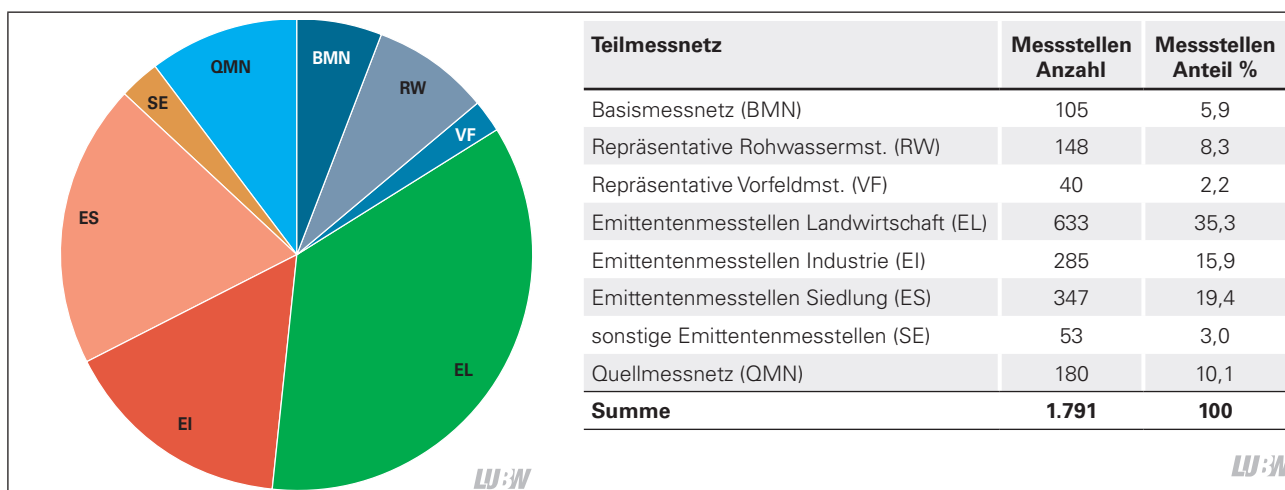


Tabelle 3.2-1: Ergebnisse 2013 – Baden-Württemberg ALLE: Vor-Ort-Parameter und Messprogramm N

Parameter	Dimen- sion	Anzahl Mess- stellen	> BG Anzahl	%	> WW Anzahl	%	> GW Anzahl	%	Mit- tel- wert	Min	P10	P50	P90	Max
Temperatur	°C	1730	1730	100,0	9	0,5	-	-	12,1	6,0	9,5	12,0	14,8	48,8
El. Leitfähigkeit bei 20 °C	mS/m	1600	1600	100,0	18	1,1	6	0,4	66,5	1,9	25,3	64,4	97,1	401,0
pH-Wert bei ...°C	-	1675	1675	100,0	129	7,7	129	7,7	7,08	4,76	6,66	7,13	7,40	8,94
Sauerstoff	mg/l	1665	1576	94,7	-	-	-	-	5,5	0,1	0,5	6,0	9,7	11,6
Sauerstoffsättigungsindex	%	1583	1575	99,5	-	-	-	-	55,8	0,5	8,0	60,0	93,0	115,0
Nitrat	mg/l	1776	1646	92,7	367	20,7	182	10,2	23,6	0,1	1,9	18,8	50,5	174,0
Nitrit	mg/l	1778	160	9,0	30	1,7	21	1,2	0,01	0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,91
Ammonium	mg/l	1756	469	26,7	53	3,0	40	2,3	0,062	0,010	<0,010	<0,010	0,040	10,200

LUBW

Tabelle 3.2-2: Ergebnisse 2013 – Baden-Württemberg: Pflanzenschutzmittel und Relevante Metaboliten

Parameter	Dimen- sion	Anzahl Mess- stellen	> BG Anzahl	%	> WW Anzahl	%	> GW Anzahl	%	Mit- tel- wert	Min	P10	P50	P90	Max
Atrazin	µg/l	936	42	4,5	3	0,3	3	0,3	0,04	0,02	<0,02	<0,05	<0,05	0,21
Bentazon	µg/l	931	16	1,7	11	1,2	9	1	0,05	0,02	<0,02	<0,05	<0,05	2
Bromacil	µg/l	937	7	0,7	6	0,6	5	0,5	0,05	0,03	<0,02	<0,05	<0,05	0,81
Desethylatrazin	µg/l	937	89	9,5	15	1,6	8	0,9	0,04	0,02	<0,02	<0,05	<0,05	0,19
Desethylterbuthylazin	µg/l	940	2	0,2	0	0	0	0	0,04	0,04	<0,02	<0,05	<0,05	0,04
Desisopropylatrazin	µg/l	936	9	1	3	0,3	1	0,1	0,04	0,02	<0,02	<0,05	<0,05	0,11
Diuron	µg/l	928	4	0,4	1	0,1	0	0	0,04	0,05	<0,02	<0,05	<0,05	0,1
Flusilazol	µg/l	923	1	0,1	1	0,1	1	0,1	0,05	0,53	<0,02	<0,05	<0,05	0,53
Hexazinon	µg/l	938	10	1,1	7	0,7	6	0,6	0,04	0,03	<0,02	<0,05	<0,05	0,72
Isoproturon	µg/l	930	2	0,2	0	0	0	0	0,04	0,05	<0,02	<0,05	<0,05	0,06
MCPA)	µg/l	924	0	0	0	0	0	0	0,05	-	<0,02	<0,05	<0,05	-
Mecoprop (MCP)	µg/l	923	1	0,1	1	0,1	1	0,1	0,05	0,51	<0,02	<0,05	<0,05	0,51
Metalaxyl	µg/l	939	3	0,3	1	0,1	0	0	0,04	0,06	<0,02	<0,05	<0,05	0,09
Metazachlor	µg/l	939	0	0	0	0	0	0	0,04	-	<0,02	<0,05	<0,05	-
Metolachlor	µg/l	939	3	0,3	1	0,1	0	0	0,04	0,05	<0,02	<0,05	<0,05	0,1
Propazin	µg/l	938	1	0,1	1	0,1	1	0,1	0,04	0,25	<0,02	<0,05	<0,05	0,25
Simazin	µg/l	940	7	0,7	1	0,1	0	0	0,04	0,02	<0,02	<0,05	<0,05	0,09
Terbuthylazin	µg/l	940	0	0	0	0	0	0	0,04	-	<0,02	<0,05	<0,05	-

LUBW

Tabelle 3.2-3: Ergebnisse 2013 – Baden-Württemberg: Nichtrelevante Metaboliten

Parameter	Dimen- sion	Anzahl Mess- stellen	> BG Anzahl	%	> GOW Anzahl	%	Mit- tel- wert	Min	P10	P50	P90	Max
DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	µg/l	924	388	42	29	3,1	0,2	0,02	0,03	<0,05	0,32	12,93
Desphenylchloridazon (Metabolit B)	µg/l	926	489	52,8	25	2,7	0,42	0,02	<0,03	0,05	1,07	10
Methyldesphenylchloridazon (Metabolit B1)	µg/l	920	303	32,9	3	0,3	0,14	0,02	<0,03	<0,05	0,28	4,24
Metabolit CGA 380168/CGA 354743 (Metola- chlorsulfonsäure)	µg/l	923	132	14,3	3	0,3	0,1	0,01	<0,03	<0,05	0,08	3,5
Metabolit CGA 51202/CGA 351916 (Metola- chlorsäure)	µg/l	922	45	4,9	1	0,1	0,06	0,02	<0,03	<0,05	<0,05	5,3
Metabolit NOA 413173 von S-Metolachlor	µg/l	924	115	12,4	9	1,0	0,08	0,02	<0,05	<0,05	0,08	3,8
Metabolit BH 479-8 (Metazachlorsulfonsäure)	µg/l	924	112	12,1	0	0	0,08	0,02	<0,03	<0,05	0,06	2,3
Metabolit BH 479-4 (Metazachlorsäure)	µg/l	923	45	4,9	1	0,1	0,05	0,03	<0,03	<0,05	<0,05	1,1
Metabolit CGA 354742 von (Dimethachlor- sulfonsäure)	µg/l	923	22	2,4	0	0	0,05	0,02	<0,03	<0,05	<0,05	1,03
Metabolit CGA 369873 von Dimethachlor	µg/l	924	200	21,6	1	0,1	0,08	0,02	<0,03	<0,05	0,14	1,1
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	936	31	3,3	0	0	0,05	0,02	<0,02	<0,05	<0,05	0,44

LUBW

Tabelle 3.2-4: Ergebnisse 2010 bis 2012 – Baden-Württemberg: Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK)

Parameter	Dimen- sion	Anzahl Mess- stellen	> BG		> WW		> GW		Mit- tel- wert	Min	P10	P50	P90	Max
			Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%						
Benzo(a)pyren	µg/l	1898	7	0,4	5	0,3	5	0,3	0,006	0,005	<0,005	<0,005	<0,005	1,27
Benzo(b)fluoranthen	µg/l	1903	5	0,3	-	-	-	-	0,011	0,017	<0,010	<0,010	<0,010	1,44
Benzo(k)fluoranthen	µg/l	1915	5	0,3	-	-	-	-	0,01	0,011	<0,010	<0,010	<0,010	0,55
Benzo(ghi)perylen	µg/l	1914	3	0,2	-	-	-	-	0,01	0,038	<0,010	<0,010	<0,010	0,956
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	1918	5	0,3	-	-	-	-	0,01	0,011	<0,010	<0,010	<0,010	0,874
Summe PAK n.TrinkwV 2001	µg/l	1901	5	0,3	3	0,2	3	0,2	0,013	0,042	<0,010	<0,010	<0,010	3,82
Acenaphthen	µg/l	1919	13	0,7	-	-	-	-	0,012	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	2,33
Acenaphthylen	µg/l	1928	6	0,3	-	-	-	-	0,011	0,011	<0,010	<0,010	<0,010	1
Anthracen	µg/l	1922	7	0,4	-	-	-	-	0,01	0,012	<0,010	<0,010	<0,010	0,132
Benzo(a)anthracen	µg/l	1910	5	0,3	-	-	-	-	0,011	0,013	<0,010	<0,010	<0,010	0,95
Chrysen	µg/l	1907	6	0,3	-	-	-	-	0,011	0,011	<0,010	<0,010	<0,010	1,06
Dibenz(a,h)anthracen	µg/l	1923	2	0,1	-	-	-	-	0,01	0,053	<0,010	<0,010	<0,010	0,23
Fluoranthen	µg/l	1889	18	1	-	-	-	-	0,012	0,012	<0,010	<0,010	<0,010	1,49
Fluoren	µg/l	1927	12	0,6	-	-	-	-	0,011	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	0,8
Naphthalin	µg/l	1839	52	2,8	-	-	-	-	0,011	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	0,86
Phenanthren	µg/l	1897	18	0,9	-	-	-	-	0,011	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	0,62
Pyren	µg/l	1894	28	1,5	-	-	-	-	0,011	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	1,22

LUBW

Tabelle 3.2-5: Ergebnisse 2010 bis 2012 – Baden-Württemberg: metallische Spurenstoffe

Parameter	Dimen- sion	Anzahl Mess- stellen	> BG		> WW		> GW		Mittel- wert	Min	P10	P50	P90	Max
			Anzahl	%	Anzahl	%	Anzahl	%						
Aluminium	mg/l	1.988	675	34	5	0,3	3	0,2	0,007	0,001	<0,002	<0,002	0,009	1,837
Antimon	mg/l	2.021	11	0,5	0	0	0	0	0,001	0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,003
Arsen	mg/l	2.009	849	42,3	45	2,2	27	1,3	0,0013	0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0022	0,1362
Barium	mg/l	1.991	1963	98,6	18	0,9	-	-	0,129	0,003	0,018	0,08	0,287	1,328
Beryllium	mg/l	2.017	18	0,9	-	-	-	-	0,00051	0,0005	<0,00050	<0,00050	<0,00050	0,0019
Blei	mg/l	1.987	319	16,1	3	0,2	2	0,1	0,0004	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0010	0,044
Bor	mg/l	2.054	1209	58,9	174	8,5	9	0,4	0,052	0,005	<0,010	<0,020	0,091	5,9
Cadmium	mg/l	2.012	467	23,2	12	0,6	8	0,4	0,00004	0,00002	<0,00002	<0,00002	<0,00010	0,00352
Chrom	mg/l	1.967	1382	70,3	11	0,6	2	0,1	0,0011	0,0002	<0,0002	0,0005	0,0014	0,3224
Cobalt	mg/l	1.999	167	8,4	-	-	-	-	0,0006	0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0009	0,007
Eisen	mg/l	1.967	826	42	-	-	197	10	0,345	0,001	<0,010	<0,010	0,201	120,296
Kupfer	mg/l	1.943	1670	85,9	-	-	0	0	0,0014	0,0002	0,0002	0,0009	0,0029	0,0531
Lithium	mg/l	2.004	1890	94,3	-	-	-	-	0,0131	0,0005	0,001	0,0053	0,0231	1,8946
Mangan	mg/l	2.011	412	20,5	-	-	271	13,5	0,065	0,001	<0,010	<0,010	0,127	5,273
Molybdän	mg/l	2.018	501	24,8	-	-	-	-	0,0008	0,0005	<0,0005	<0,0005	0,0009	0,2134
Nickel	mg/l	1.926	1138	59,1	1	0,1	1	0,1	0,0012	0,0005	<0,0005	0,0007	0,0023	0,049
Selen	mg/l	1.993	675	33,9	5	0,3	3	0,2	0,0007	0,0005	<0,0005	<0,0005	0,001	0,0154
Silikat	mg/l	2.020	2020	100	-	-	-	-	10,3	2	6	10	14	115
Strontium	mg/l	2.004	1999	99,8	-	-	-	-	0,566	0,006	0,071	0,351	0,955	13,747
Thallium	mg/l	2.022	13	0,6	-	-	-	-	0,0003	0,0002	<0,0002	<0,0002	<0,0002	0,0014
Uran	mg/l	2.023	1385	68,5	51	2,5	32	1,6	0,0016	0,0001	<0,0005	0,0008	0,003	0,0995
Vanadium	mg/l	1.992	485	24,3	-	-	-	-	0,0007	0,0005	<0,0005	<0,0005	0,001	0,0225
Zink	mg/l	1.978	609	30,8	-	-	-	-	0,03	0,002	<0,010	<0,010	0,042	2,396

LUBW

Tabelle 3.2-6: Ergebnisse 2010 bis 2012 – Baden-Württemberg: Hauptinhaltsstoffe und Summenparameter

Parameter	Dimen- sion	Anzahl Mess- stellen	> BG Anzahl	%	> WW Anzahl	%	> GW Anzahl	%	Mit- tel- wert	Min	P10	P50	P90	Max
SAK-436	1/m	1954	1676	85,8	61	3,1	43	2,2	0,112	0	0	0,08	0,2	5
Säurekapazität bis pH 4,3 bei ...°C	mmol/l	1959	1921	98,1	-	-	-	-	5,33	0,04	1,99	5,7	7,34	14,6
Basekapazität bis pH 8,2 bei ...°C	mmol/l	1781	1780	99,9	-	-	-	-	0,9	0,01	0,31	0,81	1,54	7,78
Summe Erdalkalien (Gesamthärte)	mmol/l	1956	1955	99,9	-	-	-	-	3,66	0,03	1,17	3,57	5,37	18,93
SAK-254	1/m	1946	1938	99,6	120	6,2	-	-	2,1	0	0,6	1,3	3,7	71,1
DOC	mg/l	1944	1888	97,1	53	2,7	-	-	0,87	0,2	0,3	0,6	1,6	19,8
Calcium	mg/l	1938	1937	99,9	24	1,2	-	-	113,4	1,4	33,9	113,7	165	641,7
Magnesium	mg/l	1957	1952	99,7	186	9,5	-	-	20,3	0,6	3,8	17,8	39	169,7
Natrium	mg/l	1958	1958	100	16	0,8	8	0,4	18,8	0,5	3,7	11	37,8	612,6
Kalium	mg/l	1960	1905	97,2	87	4,4	-	-	3,09	0,25	0,7	1,8	6,1	69,3
Chlorid	mg/l	1947	1946	99,9	44	2,3	27	1,4	40,5	0,5	6,2	26,3	76	1147,5
Sulfat	mg/l	1960	1957	99,8	135	6,9	90	4,6	72,8	1	8	34,2	144	1710
Ortho-Phosphat	mg/l	1958	1187	60,6	-	-	-	-	0,097	0,01	<0,030	0,037	0,172	6,924
Cyanid, gesamt	mg/l	1938	19	1	17	0,9	4	0,2	0,011	0,01	<0,010	<0,010	<0,010	0,613
Fluorid	mg/l	1948	1723	88,4	5	0,3	4	0,2	0,143	0,04	<0,050	0,11	0,26	2,31

LUBW

## 4 Ausblick und Berichtswesen

### 4.1 Messnetzbetrieb

Im Jahr 2014 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

Schwerpunkt für die Entwicklung im Jahr 2014 werden wiederum Erweiterungen bei Berichten und Diagrammen sein. Für den Vergleich der Grundwasserstandsdaten verschiedener Messstellen werden Korrelationsdiagramme angeboten. Die Überprüfung der Datenqualität wird vereinfacht durch die Definition grundwasserbezogener statistischer Suchmechanismen. Der Internetauftritt der LUBW „GuQ – Grundwasserstände und Quellschüttungen“ wird weitgehend automatisiert mit der Grundwasserdatenbank erstellt werden können. Das Angebot wird dabei um die Trendmessstellen und Messstellen mit Datenfernübertragung erweitert.

### 4.4 Berichtswesen - Internet - weitere Projekte

Auf den Internetseiten der LUBW <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de> sind u. a. unter „Service - Publikationen - Wasser - Grundwasser“ die jährlichen Berichte „Ergebnisse der Beprobungen“ von 1991 bis 2012 eingestellt.

In Papierform sind die Berichte bei der LUBW erhältlich (Adresse siehe Impressum).

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

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

Das Projekt **Dauermonitoring der Grundwasserfauna** wird an 40 Messstellen weiter geführt.

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 und LTZ vertreten. Im Fachausschuss sind neben der LUBW (Vorsitz), Région Alsace, BRGM, DREAL Alsace, Agence de l'Eau, LTZ sowie FREDON Alsace, AERM, APRONA, ARAA und LGRB vertreten.

Im Rahmen des Kooperationsvorhabens **KLIWA** („Klima-**veränderung und Konsequenzen für die Wasserwirtschaft**“) wurden im Jahr 2013 mit GWN-BW weitere regionale Szenariosimulationen, angetrieben mit WETTREG2010-Daten durchgeführt, um zu untersuchen welche Auswirkungen der Klimawandel auf den Bodenwasserhaushalt und die Grundwasserneubildung aus Niederschlag in der nahen (bis 2050) und der fernen Zukunft (bis 2100) haben kann. Da sich Hessen an der Untersuchung beteiligt hat liegen hierzu vergleichbare Ergebnisse über vier Bundesländer hinweg vor. Ergänzend wurde durch Simulationsrechnungen an ca. 40 ausgewählten Standorten verteilt in Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz die Sensitivität von Eingangsdaten und Modellparametern auf die mit GWN-BW berechneten Komponenten des Bodenwasserhaushaltes, insbesondere die Sickerwasserrate und die daraus abgeleitete Grundwasserneubildung untersucht. Die Ergebnisse einer Langzeitsimulation zu Bodenwasserhaushalt und flächenhafter Grundwasserneubildung für den Zeitraum 1951 -2010 für die Landesflächen von Baden-Württemberg, Bayern und Rheinland-Pfalz wurden weiter ausgewertet.

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

### **4.5.1 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 Aquifer-

systeme 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 Grundwasserhältnissen der wichtigsten Aquifere Baden-Württembergs zu ermöglichen und lokale Untersuchungen in einen größeren Kontext einzubinden.

### **4.5.2 HGE Schussen-Riß**

Die bereits 2012 begonnene HGE Schussen-Riß unter Federführung des Regierungspräsidiums Tübingen wird zunächst weitergeführt. Beteiligt sind die Landratsämter Alb-Donau-Kreis, Biberach, Ravensburg und Bodenseekreis sowie die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg und das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau im Regierungspräsidium Freiburg.

# 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. (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 Rhein-

land-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
- LUBW u. a. (2010)  
LUBW - Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9 - Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB): „Hydrogeologische Karte Baden-Württemberg, Argen-Ach-Rinne und Isnyer Becken“ - Mappe mit Beiheft (142 S.), 17 Karten, 1 CD-ROM, Bezug über LUBW und LGRB, LUBW, 2010
- LUBW (2010F)  
Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Beprobung 2009 – Fachbericht“ - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 40, Karlsruhe, 2010
- LUBW (2010K)  
Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Beprobung 2009 – Kurzbericht“ - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 41, Karlsruhe, 2010
- LUBW (2010)  
LUBW - Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Bericht zur Versauerung der Umwelt“, Karlsruhe, 2010
- LUBW u. a. (2010)  
LUBW - Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Tübingen, Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9 - Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB): „Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg, Mittlere Alb Mappe 4 – Markierungsversuche, Abwassereinleitungen“ - Mappe mit Beiheft, Tabellen, 4 Karten, 1 CD-ROM, Bezug über LUBW, LUBW, 2010
- Feuerstein, W. (2010)  
Feuerstein, W.: „Metaboliten im Grundwasser“, BWagrar, Nr.4/2010, S.16-17
- Gudera u. a. (2010)  
Gudera, T.: „Bodenwasserhaushalt und Sickerwasserbildung – Ergebnisse von Szenarienrechnungen“. – KLIWA-Berichte Heft 15 – 4. KLIWA-Symposium, S. 187 – 201
- LUBW (2009F)  
Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Beprobung 2008 – Fachbericht“ - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 38, Karlsruhe, 2009
- LUBW (2009K)  
Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Beprobung 2008 – Kurzbericht und Jahresdatenkatalog 1999-2008“ - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 39, Karlsruhe, 2009
- LUBW u.a. (2009)  
LUBW - Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Tübingen, Regierungspräsidium Freiburg, Abt. 9 - Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB): „Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg Mittlere Alb Mappe 3 – Hydrogeologischer Bau, Grundwasserhaushalt“ - Mappe mit Beiheft, Tabellen, 4 Karten, 1 CD-ROM, LUBW, 2009
- 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 (2014)

Schuhmann, D.: „Handbuch Grundwasserdatenbank Version 3.8.0“, Ergänzte Neuauflage April 2014, LUBW-Fachdokumentation (zum Download), Karlsruhe, 2014

### LUBW (2014)

Schuhmann, D.: „WIBAS-Fachanwendung Grundwasserdatenbank - Ein flexibles Werkzeug zur Auswertung von Grundwasserdaten“, LUBW-Produktflyer, Karlsruhe, 2014

### 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)

Stumpp, Jörg; Ballin, Wolfgang; Saenger, R.; Usländer, Thomas; Bergdolt, U.; Kreimes, K.; Schneider, B.; Kalembe, D.; Peters, A.; Riese, A.; Wyrwa, K.: „WaterFrame® - Informationssysteme für die Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie in Baden-Württemberg, Thüringen und Bayern. 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.101-109.

### IOSB (2012)

Usländer, Thomas; Atkinson, R.: „An architecture for referencing hydrologic concepts in distributed systems“. In: Steusloff, Hartwig (Ed.); IWRM 2012, Integrated Water Resources Management. Conference Proceedings : Interactions of Water with Energy and Materials in Urban Areas and Agriculture, 21.-22. November 2012, Stuttgart: Fraunhofer Verlag, 2012, ISBN: 978-3-8396-0478-6. pp. 442-449

### IOSB (2011)

Usländer, T.; Batz, T. : Exploiting the Potential of Environmental Information Systems for Risk, Crisis and Environmental Management Applications In: Pillmann, W.: EnviroInfo 2011. Innovations in sharing environmental observations and information. Part 1 : Proceedings of the 25th International Conference EnviroInfo October 5 - 7, 2011, Ispra. Aachen: Shaker, 2011 (Umweltinformatik). ISBN: 978-3-8440-0451-9. S.200-209

# 6 Abkürzungsverzeichnis

Abkürzung	Bezeichnung
AQS	Analytische Qualitätssicherung
BG	Bestimmungsgrenze
BMN	Basismessnetz
BVL	Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit
BfR	Bundesinstitut für Risikobewertung
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	Rohwassermessnetz
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
WW	Warnwert des Grundwasserbeschaffenheitsmessnetzes
<b>Chemische Parameter:</b>	
DEA	Desethylatrazin (Metabolit des Pflanzenschutzmittelwirkstoffs Atrazin)
DMS	N,N-Dimethylsulfamid (Metabolit des Pflanzenschutzmittelwirkstoffs Tolyfluanid)
Met B	Desphenylchloridazon (Metabolit des Pflanzenschutzmittelwirkstoffs Chloridazon)
nrM	nichtrelevanter Metabolit
PSM	Pflanzenschutzmittel

# Anhang

## A 1 Messstellenarten

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

Tabelle A1: Messstellenarten

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



## A 2 Messprogramme Beprobungskampagne Herbst 2013 (ohne Sonderprogramme)

### Messprogramm „Vor-Ort-Parameter“ :

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

### Messprogramm „N“ :

Nitrat, Nitrit, Ammonium

### Messprogramm „Ausgewählte Pflanzenschutzmittel-Wirkstoffe und Nichtrelevante Metaboliten“:

PSM-Wirkstoffe:

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

Nichtrelevante Metaboliten:

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

## A 3 Statistische Verfahren

### A 3.1 Rangstatistik

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

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

- Zur einheitlichen Verarbeitung der Daten wird die Rangstatistik nicht nur auf die Spurenstoffe, sondern auf alle Parameter angewendet.

### A 3.2 Rangstatistik und Boxplot

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

### A 3.3 Zeitreihenstatistik: Trends an konsistenten und periodisch konsistenten Messstellengruppen

Soll der Trend nicht für einzelne Messstellen, sondern für ganze Gruppen von Messstellen beschrieben werden, muss es sich aus Gründen der Vergleichbarkeit hierbei um immer die gleichen Messstellen handeln (konsistente Messstellengruppen), und im betrachteten Zeitraum muss aus jedem Jahr mindestens ein Messwert vorliegen. Hinsichtlich der Namensgebung „konsistent“ und „periodisch konsistent“ werden folgende Vereinbarungen getroffen: Liegt für jedes Jahr im betrachteten Zeitraum für jede Messstelle mindestens ein Wert vor - d. h. ohne Unterbrechungen in der Datenreihe -, so handelt es sich um eine „konsistente“ Messstellengruppe. Wenn im betrachteten Zeitraum aber nur Werte für mehrere einzelne Jahre vorhanden sind (Perioden) - d.h. mit einzelnen Unterbrechungen, so handelt

es sich um eine „periodisch-konsistente“ Messstellengruppe. Sollen bei bestimmten Auswertungen mögliche jahreszeitliche Schwankungen weitgehend vermieden werden, werden nur die Messwerte der Herbstbeprobung oder der Monate September bis Oktober oder bis November herangezogen. Liegen innerhalb dieses Zeitfensters mehrere Analysen vor, wird der Medianwert für die betreffende Messstelle berechnet.

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

## A 4 Bestimmungsgrenzen, Rechenvorschriften, Grenzwerte, Warnwerte, Schwellenwerte

- Bei der Angabe „Anzahl Messstellen mit Messwerten größer Bestimmungsgrenze“ ist zu berücksichtigen, dass

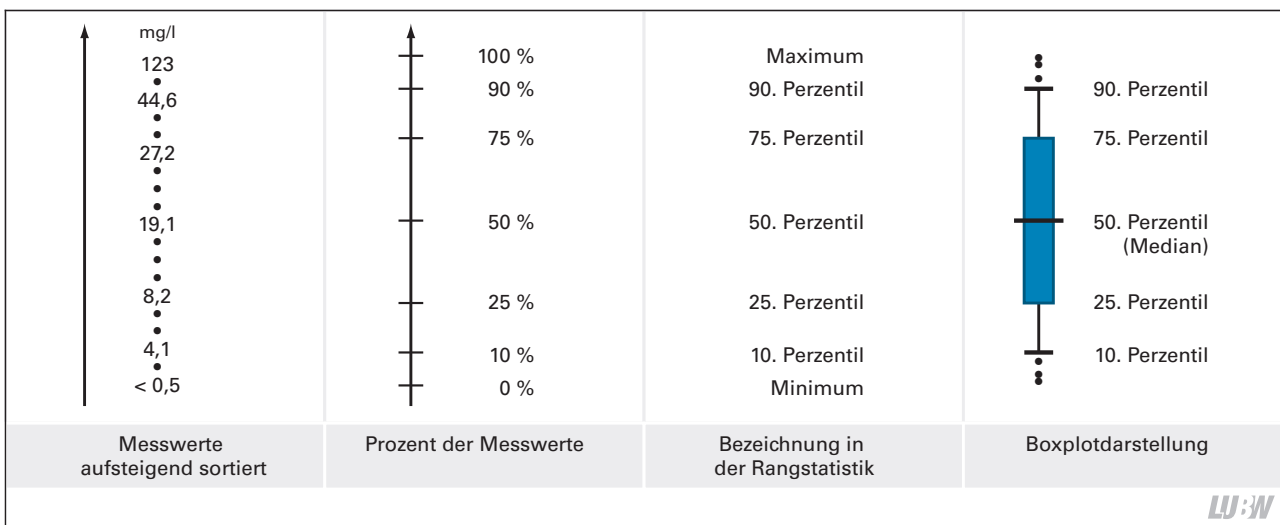


Abbildung A1: Beispiel für die Rangstatistik und die Boxplotdarstellung

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 ausgezeichnet 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 den Beprobungen 2013 bzw. 2010-2012 häufig auftretende Bestimmungsgrenzen, Mindestbestimmungsgrenze (MBG), Warnwerte (WW) des Grundwasserüberwachungsprogramms, Grenzwerte (GW) der Neufassung der Trinkwasserverordnung vom 02.08.2013 und Schwellenwerte (SW) der Grundwasserverordnung vom 09.11.2010

Parameter	Dim	Anzahl Messwerte < BG <sup>1)</sup>	Bestimmungsgrenzen <sup>2)</sup>	MBG	WW	GW	SW
<b>Beprobung Herbst 2013</b>							
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	89	<b>0,2</b> / 0,5	0,5	-	-	-
Sauerstoffsättigungsindex	%	entfällt	entfällt	entfällt	-	-	-
Nitrat	mg/l	130	<b>0,5</b>	0,5	37,5	50	50
Nitrit	mg/l	1618	<b>0,01</b>	0,01	0,08	0,1 <sup>3)</sup>	-
Ammonium	mg/l	1287	<b>0,01</b>	0,01	0,375	0,5	0,5
<b>Beprobung Herbst 2013- Pflanzenschutzmittel und relevante Metaboliten</b>							
Atrazin	µg/l	894	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,05	0,08	0,1	0,1
Bentazon	µg/l	915	0,02 / <b>0,05</b>	0,05	0,08	0,1	0,1
Bromacil	µg/l	930	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,05	0,08	0,1	0,1
Desethylatrazin	µg/l	848	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,05	0,08	0,1	0,1
Desethylterbutylazin	µg/l	938	0,02 / <b>0,05</b>	0,05	0,08	0,1	0,1
Desisopropylatrazin	µg/l	927	0,02 / <b>0,05</b>	0,05	0,08	0,1	0,1
Diuron	µg/l	924	0,02 / <b>0,05</b>	0,05	0,08	0,1	0,1
Flusilazol	µg/l	922	0,02 / <b>0,05</b>	0,05	0,08	0,1	0,1
Hexazinon	µg/l	928	0,01 / 0,02 / 0,03 / <b>0,05</b>	0,05	0,08	0,1	0,1
Isoproturon	µg/l	928	0,02 / <b>0,05</b>	0,05	0,08	0,1	0,1
MCPA	µg/l	924	0,02 / <b>0,05</b>	0,05	0,08	0,1	0,1
Mecoprop (MCPPE)	µg/l	922	0,02 / <b>0,05</b>	0,05	0,08	0,1	0,1
Metalaxyl	µg/l	936	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,05	0,08	0,1	0,1
Metazachlor	µg/l	939	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,05	0,08	0,1	0,1
Metolachlor	µg/l	936	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,05	0,08	0,1	0,1
Propazin	µg/l	937	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,05	0,08	0,1	0,1
Simazin	µg/l	933	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,05	0,08	0,1	0,1
Terbutylazin	µg/l	940	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,05	0,08	0,1	0,1
<b>Beprobung 2010-2012 Polycyclische Aromatische Kohlenwasserstoffe PAK</b>							
Benzo(a)pyren	µg/l	1892	<b>0,005</b>	0,005	0,008	0,01	-
Benzo(b)fluoranthren	µg/l	1899	<b>0,01</b> / 0,005	0,01	-	-	-
Benzo(k)fluoranthren	µg/l	1911	<b>0,01</b> / 0,005	0,01	-	-	-
Benzo(ghi)perylene	µg/l	1912	<b>0,01</b> / 0,005	0,01	-	-	-
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/l	1914	<b>0,01</b> / 0,005	0,01	-	-	-
Summe PAK n.TrinkwV 2001	µg/l	1897	<b>0,01</b> / 0,005	0,01	0,08	0,1	-
Acenaphthen	µg/l	1907	<b>0,01</b> / 0,005	0,01	-	-	-
Acenaphthylen	µg/l	1923	<b>0,01</b> / 0,005	0,01	-	-	-
Anthracen	µg/l	1916	<b>0,01</b> / 0,005	0,01	-	-	-
Benzo(a)anthracen	µg/l	1906	<b>0,01</b> / 0,005	0,01	-	-	-
Chrysen	µg/l	1902	<b>0,01</b> / 0,005	0,01	-	-	-
Dibenz(a,h)anthracen	µg/l	1922	<b>0,01</b> / 0,005	0,01	-	-	-
Fluoranthren	µg/l	1872	<b>0,01</b> / 0,005	0,01	-	-	-
Fluoren	µg/l	1916	<b>0,01</b> / 0,005	0,01	-	-	-
Naphthalin	µg/l	1788	<b>0,01</b> / 0,005	0,01	-	-	-
Phenanthren	µg/l	1880	<b>0,01</b> / 0,005	0,01	-	-	-
Pyren	µg/l	1867	<b>0,01</b> / 0,005	0,01	-	-	-

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

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

3) Nach TrinkwV gilt für Nitrit am Ausgang des Wasserwerks ein Grenzwert von 0,1 mg/l. Dieser Wert wurde bei den Auswertungen in diesem Bericht zugrunde gelegt

Tabelle A3: Fortsetzung

Parameter	Dim	Anzahl Messwerte < BG <sup>1)</sup>	Bestimmungsgrenzen <sup>2)</sup>	MBG	WW	GW	SW
<b>Beprobung 2010-2012 Metallische Spurenstoffe</b>							
Aluminium	mg/l	1313	<b>0,002</b> / 0,003 / 0,005	0,005	0,16	0,2	-
Antimon	mg/l	2010	<b>0,001</b>	0,001	0,004	0,005	-
Arsen	mg/l	1160	<b>0,0005</b> / 0,001	0,0005	0,0075	0,01	0,01
Barium	mg/l	28	0,002 / <b>0,01</b>	0,01	0,8	-	-
Beryllium	mg/l	1999	<b>0,0005</b>	0,0005			
Blei	mg/l	1668	<b>0,0002</b> / 0,0010	0,001	0,0075	0,01	0,01
Bor	mg/l	845	<b>0,01</b> / <b>0,02</b>	0,02	0,1	1,0	-
Cadmium	mg/l	1545	<b>0,00002</b> / 0,0001	0,0001	0,00038	0,003	0,0005
Chrom	mg/l	585	<b>0,0002</b> / 0,001	0,001	0,01	0,05	-
Cobalt	mg/l	1832	<b>0,0005</b> / 0,001	0,001	-	-	-
Eisen	mg/l	1141	0,005 / <b>0,01</b>	0,01	-	0,2	-
Kupfer	mg/l	273	<b>0,0002</b> / <b>0,001</b>	0,001	-	2	-
Lithium	mg/l	114	<b>0,0005</b> / 0,001	0,001	-	-	-
Mangan	mg/l	1599	0,005 / <b>0,01</b>	0,01	-	0,05	-
Molybdän	mg/l	1517	<b>0,0005</b>	0,0005	-	-	-
Nickel	mg/l	788	<b>0,0005</b> / 0,001	0,001	0,016	0,02	-
Selen	mg/l	1318	<b>0,0005</b> / 0,001	0,001	0,008	0,01	
Silikat	mg/l	0	entfällt	1	-	-	-
Strontium	mg/l	5	<b>0,05</b>	0,05	-	-	-
Thallium	mg/l	2009	<b>0,0002</b> / 0,002	0,002	-	-	-
Uran	mg/l	638	<b>0,0005</b>	0,0005	0,008	0,01	-
Vanadium	mg/l	1507	<b>0,0005</b>	0,0005	-	-	-
Zink	mg/l	1369	<b>0,01</b>	0,01	-	-	-
<b>Beprobung 2010-2012 Hauptinhaltsstoffe und Summenparameter</b>							
SAK-436	1/m	278	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b> / 0,1	entfällt	0,4	0,5	-
Säurekapazität bis pH 4,3 bei ...°C	mmol/l	38	<b>0,1</b>	entfällt	-	-	-
Basekapazität bis pH 8,2 bei ...°C	mmol/l	1	<b>0,05</b>	entfällt	-	-	-
Summe Erdalkalien (Gesamthärte)	mmol/l	1	<b>0,02</b>	entfällt	-	-	-
SAK-254	1/m	8	<b>0,1</b>	entfällt	5	-	-
DOC	mg/l	56	<b>0,2</b>	0,2	3	-	-
Calcium	mg/l	1	<b>1,0</b>	1	320	-	-
Magnesium	mg/l	5	<b>0,5</b>	0,5	40	-	-
Natrium	mg/l	0	entfällt	0,5	160	200	-
Kalium	mg/l	55	0,4 / <b>0,5</b>	0,5	10	-	-
Chlorid	mg/l	1	<b>0,5</b>	0,5	187,5	250	250
Sulfat	mg/l	3	<b>1,0</b>	1	180	250	240
Ortho-Phosphat	mg/l	771	<b>0,010</b>	0,03	-	-	-
Cyanid, gesamt	mg/l	1919	<b>0,01</b>	0,01	0,01	0,05	-
Fluorid	mg/l	225	0,04 / <b>0,05</b>	0,05	1,2	1,5	-

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

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

<sup>3)</sup> Nach TrinkwV gilt für Nitrit am Ausgang des Wasserwerks ein Grenzwert von 0,1 mg/l. Dieser Wert wurde bei den Auswertungen in diesem Bericht zugrunde gelegt

Tabelle A 4: Bei der Beprobung 2013 der Nichtrelevanten Metaboliten häufig auftretende Bestimmungsgrenzen, Mindestbestimmungsgrenze (MBG), Gesundheitlicher Orientierungswert (GOW)

Parameter	Dim	Anzahl Messwerte < BG <sup>1)</sup>	Bestimmungsgrenzen <sup>2)</sup>	MBG	GOW
DMS (N,N-Dimethylsulfamid)	µg/l	536	0,02 / 0,03 / <b>0,05</b>	0,05	1,0
Desphenylchloridazon (Metabolit B)	µg/l	437	0,02 / <b>0,05</b>	0,05	3,0
Methyl-desphenylchloridazon (Metabolit B1)	µg/l	617	0,02 / 0,03 / <b>0,05</b>	0,05	3,0
Metabolit CGA 380168/CGA 354743 von S-Metolachlor (Metolachlorsulfonsäure)	µg/l	791	0,02 / 0,03 / <b>0,05</b>	0,05	3,0
Metabolit CGA 51202/CGA 351916 von S-Metolachlor (Metolachlorsäure)	µg/l	877	0,02 / 0,03 / <b>0,05</b>	0,05	3,0
Metabolit NOA 413173 von S-Metolachlor	µg/l	809	0,02 / <b>0,05</b>	0,05	1,0
Metabolit BH 479-8 von Metazachlor (Metazachlorsulfonsäure)	µg/l	812	0,02 / 0,03 / <b>0,05</b>	0,05	3,0
Metabolit BH 479-4 von Metazachlor (Metazachlorsäure)	µg/l	878	0,02 / 0,03 / <b>0,05</b>	0,05	1,0
Metabolit CGA 354742 von Dimethachlor (Dimethachlorsulfonsäure)	µg/l	901	0,02 / 0,03 / <b>0,05</b>	0,05	3,0
Metabolit CGA 369873 von Dimethachlor	µg/l	724	0,02 / 0,03 / <b>0,05</b>	0,05	1,0
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	905	0,02 / <b>0,05</b>	0,05	3,0

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

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

<sup>3)</sup> GOW = Gesundheitliche Orientierungswerte, Bewertungsstand 31.01.2012 unter:

[http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/gowpflanzenschutzmetabolite2012\\_01.pdf](http://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/374/dokumente/gowpflanzenschutzmetabolite2012_01.pdf)

**LU:W**

## A 5 Hinweise zu den Statistiktabelle

- Die regional unterschiedliche, geogen bedingte Hintergrundbeschaffenheit ist nicht berücksichtigt.
- Als Maximum wird der höchste positive Befund angegeben.
- Bei der Angabe „Anzahl Messstellen mit Messwerten größer Bestimmungsgrenze“ ist zu berücksichtigen, dass die Bestimmungsgrenzen von Labor zu Labor z. T. unterschiedlich sind. Dieses Problem führt dazu, dass z. B. ein Wert von „0,03 µg/l“ als positiver Befund, andererseits ein größerer numerischer Wert „< 0,05“ µg/l als negativer Befund betrachtet wird.





