

**VfEW  
DVGW  
VKU  
Städtetag  
Gemeindetag  
TZW**

---

# **Grundwasserdatenbank Wasserversorgung**

**Sonderbeitrag zum  
Jahresbericht 2009**

**Zwanzig Jahre Grund- und Zusatzmessprogramm der  
Grundwasserdatenbank Wasserversorgung (GWD-WV)**

**Dokumentation und Auswertungen des  
Datenbestandes 1990 – 2009**

Sebastian Sturm & Joachim Kiefer  
(2010)

Technologiezentrum Wasser (TZW) Karlsruhe  
Internet: [www.tzw.de](http://www.tzw.de)



<b>Inhaltsverzeichnis</b>		<b>Seite</b>
<b>1</b>	<b>Anlass und Datenbasis</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Methodik und Parameterauswahl</b>	<b>4</b>
2.1	Statistische Kenngrößen zur Grundwasserbeschaffenheit	4
2.2	Beschreibung der räumlichen Konzentrationsverteilung	4
<b>3</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>8</b>
3.1	Messnetzdicke	8
3.2	Übersicht zum Datenbestand	9
3.3	Statistische Übersicht zur Grundwasserbeschaffenheit	11
3.4	Räumliche Konzentrationsverteilung ausgewählter Parameter	16
<b>4</b>	<b>Weitere mögliche Auswertungen des Datenbestandes</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Fazit</b>	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>Literatur</b>	<b>24</b>

## **1 Anlass und Datenbasis**

Die 1992 gegründete Grundwasserdatenbank Wasserversorgung enthält Daten aus rund 50.000 Grundwasseranalysen mit etwa 960.000 Einzelwerten zu über 2.500 Messstellen, die von der Wasserversorgungswirtschaft in Baden-Württemberg betrieben werden. Aktuell (2009) beteiligten sich über 660 Betreiber an der GWD-WV (Grundwasserdatenbank Wasserversorgung 2010). Von einigen Messstellen und für einige Parameter liegen teils seit Mitte der 1950er-Jahre digital erfasste Messreihen vor, eine systematische Erhebung von Daten zur Beschaffenheit der für die Trinkwasserversorgung in Baden-Württemberg genutzten Grundwasservorkommen begann aber erst mit der Gründung der GWD-WV im Jahr 1992. Damals wurden auch gezielt Daten der Vorjahre bei den Wasserversorgern angefragt und in die Datenbank übernommen, so dass in der Grundwasserdatenbank Wasserversorgung (GWD-WV) eine umfassende Datenbasis mit Grundwasserbeschaffenheitsdaten aus 20 Beprobungsjahren (1990 bis 2009) vorliegt.

Die verschiedenen Parameter, für die von der GWD-WV auf Basis der sogenannten „Ersten Kooperationsvereinbarung“ [Beirat "Erfassung und Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit" 1986] Daten erfasst werden, wurden in ein Grund- und ein Zusatzmessprogramm aufgeteilt (GMP bzw. ZMP; vgl. Tabelle 1). Die regelmäßige Untersuchung der Parameter des Grundmessprogramms sollte eine grundlegende Beurteilung der Grundwasserbeschaffenheit und das Erkennen und Beobachten langfristiger Entwicklungen ermöglichen.



Im Jahr 2009 wurde der Parameterumfang in Abstimmung zwischen dem Land Baden-Württemberg und den kommunalen Landesverbänden sowie den Wasserfachverbänden erheblich reduziert und das Grund- und Zusatzmessprogramms modifiziert.

**Tabelle 1: Jährliches Grund- und Zusatzmessprogramm der GWD-WV bis 2009** (grau hinterlegt sind die Parameter, die im Grundmessprogramm bzw. im erweiterten GMP ab 2010 entfallen)

<b>Grundmessprogramm (GMP)</b>	<b>Zusatzmessprogramm (ZMP)</b>
Ammonium	Fluoranthren
Leitfähigkeit	Geschmack
pH-Wert	Aluminium
Färbung	Benzol
Geruch	Trichlormethan
Trübung	1,2-Dichlorethan
Eisen	Trichlorethen
Nitrit	Tetrachlorethen
Nitrat	5 PAK n. TrinkwV
TOC	PBSM
Bor	Cyanid
Chlorid	Fluorid
Mangan	Antimon
Natrium	Arsen
Sulfat	Blei
Sauerstoff	Cadmium
Säurekapazität bis pH 4,3	Chrom
Basenkapazität bis pH 8,2	Kupfer
Gesamthärte	Nickel
Calcium	Quecksilber
Magnesium	Selen
Temperatur	
Kalium	
ortho-Phosphat	
SAK 254	
<b>25 Parameter</b>	<b>21 Parameter</b>

Da im neuen, jährlich zu untersuchenden GMP und dem neuen „erweiterten GMP“ („eGMP“, alle drei Jahre zu untersuchen) einige Parameter des früheren GMP und ZMP entfallen, nahm das TZW dies zum Anlass die Daten der vergangenen 20 Beprobungsjahre von 1990 bis 2009 zusammenfassend aufzuarbeiten.

Zielsetzung war es, eine Übersicht über den vorhandenen Datenbestand der künftig entfallenden Parameter zu geben, die Konzentrationsspannen der für die Parameter vorliegenden Messwerte überblicksartig statistisch auszuwerten, für ausgewählte Parameter exemplarisch räumlich differenzierte Auswertungen vorzunehmen und weitere Auswertungsmöglichkeiten aufzuzeigen. Die Ergebnisse dieser Arbeiten werden in vorliegendem Beitrag dokumentiert und vorgestellt.



## 2 Methodik und Parameterauswahl

In der Regel liegt für die Parameter des GMP und ZMP je Messstelle ein Messwert pro Jahr vor. In einigen Fällen wurden von den beteiligten Wasserversorgern auch mehrere Messwerte pro Jahr übermittelt. In die Auswertung des TZW gingen bei mehreren Messwerten pro Jahr jeweils Jahresmittelwerte der Parameter je Messstelle ein. Werte unterhalb der analytischen Bestimmungsgrenze (BG) wurden dabei in Höhe der halben Bestimmungsgrenze angesetzt.

Die Auswahl der nachfolgend betrachteten Parameter umfasst dabei zunächst alle Parameter, die im neuen GMP/eGMP ab 2010 nicht mehr enthalten sind. Zum andern werden auch einige Parameter näher ausgewertet, die in der Vergangenheit entweder nicht regelmäßig in den Jahresberichten dokumentiert worden waren oder anhand derer sich die Möglichkeiten und der Datenbestand der GWD-WV anschaulich dokumentieren lassen.

### 2.1 Statistische Kenngrößen zur Grundwasserbeschaffenheit

Für alle Parameter, die ab 2010 aus dem Grundmessprogramm der GWD-WV entfallen, wurden für die Jahre 1990 bis 2009 statistische Kenngrößen über die Messwerte aller Messstellen ermittelt. Als Kenngrößen wurden die Anzahl der Messwerte 1990-2009, die Anzahl der Messwerte über der Bestimmungsgrenze und die mittleren Konzentrationen (arithmetischer Mittelwert und Median) angegeben. Die festgestellten Höchst- und Niedrigstkonzentrationen des gesamten Messwertbestandes werden durch die ausreißerunempfindlichen Kenngrößen des 90. und 10. Perzentils ausgedrückt, d. h. 90 % aller Messwerte liegen über bzw. unter diesem Wert.

### 2.2 Beschreibung der räumlichen Konzentrationsverteilung

#### 2.2.1 Interpolationsverfahren

Über die Koordinatenangaben zu jeder Messstelle konnten die Auswertungen mit einem Geographischen Informationssystem (GIS) geografisch differenziert vorgenommen werden. Für ausgewählte Parameter wurde durch geostatistische Methoden im GIS die Konzentrationsverteilung im Grundwasser berechnet. Bei einer derartigen Regionalisierung werden die Informationen aus Punktmessungen räumlich übertragen und interpoliert, um so zu Aussagen für Gebietsbereiche zu kommen, an denen keine Messwerte vorliegen. Das Ergebnis ist eine „erwartete“ Verteilung der Konzentration eines Parameters im Raum. In vorliegendem Fall wurde das geostatistische Verfahren des *Inverse Distance Weigthing* (IDW) gewählt. Bei der IDW-Interpolation werden Zellenwerte in einem Raster anhand von Probenpunkten geschätzt, die gewichtet wurden. Dabei werden Punkte, die weiter von der zu schätzenden Zelle weg liegen, bei der Werteberechnung weniger stark gewichtet, d.h. die Gewichtung ist abhängig von der



„inversen“ Entfernung. Generell sollen räumliche Interpolationen nur innerhalb einheitlich aufgebauter Flächen erfolgen. In vorliegendem Fall wurden bei der Interpolation mit der GIS-Erweiterung Spatial Analyst für ArcGIS (Fa. ESRI) daher Polylinien als „Bruchkanten“ oder Grenzen verwendet. Im Ergebnis werden dann nur die Eingabepunkte auf der gleichen Seite der Grenzlinie bei der Interpolation berücksichtigt. Eine derartige Grenzlinie umfasste dabei einen als einheitlich definierten Raum.

## **2.2.2 Naturräume als Raumgliederung bei der Interpolation**

Angesichts des komplexen geologischen Aufbaus von Baden-Württemberg und der vielfältigen Boden- und Landnutzungsformen wird in vorliegender Arbeit auf die „Naturräumliche Einheiten“ als geografische Raumgliederung zurückgegriffen. Bei der Gliederung einer Landschaft in naturräumliche Einheiten werden diese aufgrund der unterschiedlichen Ausstattung mit natürlichen Faktoren von Räumen gegeneinander abgegrenzt. Eine naturräumliche Gliederung stellt somit eine synthetische Zusammenfassung von natürlichen Faktoren wie Relief, Klima, Boden und anderen Raumeinheiten mit annähernd ähnlichem Charakter dar. In vorliegender Auswertung wurde auf die hierarchische Ebene der 13 „Naturräumlichen Haupteinheitengruppen“ zurückgegriffen, die im Wasser- und Bodenatlas (WaBoA) für Baden-Württemberg [Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg & LfU Baden-Württemberg 2007] aus den 66 Naturräumlichen Haupteinheiten der untergeordneten Ebene aggregiert wurden. Die naturräumlichen Einheiten stellen in erster Linie Räume mit gleichen Reliefformen und gleichem Substratgefüge dar. Neben den dominierenden Abgrenzungskriterien wie Tektonik und Relief spielen das oberflächennahe Substrat (Gesteine und Böden) sowie das Regionalklima eine bedeutende Rolle.

Das Konzept der Naturräumlichen Einheiten wurde bewusst als näherungsweise Bezugsgröße gewählt, da beispielsweise eine Zuordnung der Messstellen aufgrund unterschiedlicher Tiefen zu bestimmten hydrogeochemischen Einheiten (vgl. Plum et al. 2009) mit vertretbarem Aufwand nicht möglich war. Da die Messstellen zudem für die Grundwasserentnahme genutzt werden, integriert die gemessene Rohwasserbeschaffenheit einer Messstelle ein größeres Einzugsgebiet mit möglicherweise unterschiedlichen hydrogeochemischen Einflüssen. So sind beispielsweise viele Brunnen in der Oberrheinebene zwar in den quartären Kiesablagerungen der Rheingrabenfüllung verfiltert, das Einzugsgebiet umfasst aber oft auch die angrenzende lössbedeckte Vorbergzone, oder die Hydrochemie wird nicht von den kalkalpinen Schottern der Rheingrabenfüllung sondern von den silikatischen Sedimenten der Schwarzwaldflüsse bestimmt. Die Beschaffenheit des gewonnenen Rohwassers ist je nach Parameter zudem nicht nur geogen, sondern auch mehr oder weniger anthropogen geprägt. Auswertungen zur geogenen Grundwasserbeschaffenheit in Baden-Württemberg finden sich zum Beispiel bei LfU Baden-Württemberg (1994) oder Plum et al. (2009).



Das Konzept der Naturräumlichen Einheiten integriert mehrere Standortfaktoren, so dass sich innerhalb einer Einheit auch annähernd ähnliche Voraussetzungen für die landwirtschaftliche Nutzung entwickelt haben, die wiederum ebenfalls die Grundwasserbeschaffenheit beeinflussen können.

Für Baden-Württemberg werden nach Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg & LfU Baden-Württemberg (2007) die nachfolgend kurz charakterisierten Naturräumliche Haupteinheitengruppen beschrieben (vgl. Abbildung 1).

- **Voralpines Hügel- und Moorland:** Diese Jungmoränenlandschaft im nördlichen Alpenvorland umfasst die Naturräume Hegau, Bodenseebecken, Oberschwäbisches und Westallgäuer Hügelland. Die Landschaftsformen wurden durch den Vorlandgletscher des Rheins in der letzten Eiszeit geprägt. Die älteren tertiären Formationen sind meist von mächtigen eiszeitlichen Ablagerungen bedeckt.
- **Donau-Iller-Lech-Platte:** Die Donau-Iller-Lech-Platte umfasst u.a. die Donau-Ablach- und die Riss-Aitrach-Platten sowie das Donauried. Die Altmoränen sind hier stark abgetragen. Nordöstlich der altglazialen Grundmoränenzüge sind mächtige Schotterfluren mit Terrassenfeldern verbreitet.
- **Schwäbische Alb:** Die Schwäbische Alb mit den Naturräumen Randen, Hegualb, Baaralb und Oberes Donautal, Kuppen- und Flächenalb, Albuch und Härtsfeld, reicht als Höhenzug vom Hochrhein bis zum Nördlinger Ries. Der Albtrauf wird aus Kalken des Weißen Juras gebildet. Der Weiße Jura zeigt vielfältige Karsterscheinungen mit unterirdischen Entwässerungssystemen und Trockentälern.
- **Gäuplatten im Neckar- und Tauberland:** Die Gäuplatten umfassen die Naturräume Alb-Wutach-Gebiet, Baar, Obere Gäue, Neckarbecken, Stromberg/Heuchelberg, Kraichgau, Kocher-Jagst-Ebene, Bauland und Tauberland. Die Gäuplatten sind von den Schichtfolgen des Muschelkalks bestimmt und in weiten Bereichen von Lettenkeuper oder Löss bedeckt. Wenn der Muschelkalk an der Oberfläche ansteht, finden sich Trockentäler und Dolinen als Karsterscheinungen.
- **Schwäbisches und Fränkisches Keuper-Lias-Land:** Das Schwäbische Keuper-Lias-Land umfasst u.a. die Naturräume Südwestliches und Östliches Albvorland, Ries, Schönbuch und Filder. Die Keuperhöhen sind aus dem Schichtpaket des Keupers aufgebaut, das Albvorland aus dem des Schwarzen und Braunen Juras. In diesen Schichtfolgen wechseln widerständige Sandsteine mit leicht ausräumbaren Mergeln. Die Naturräume Frankenhöhe und Mittelfränkisches Becken gehören zum Fränkischen Keuper-Lias-Land.
- **Mainfränkische Platten:** Von den Mainfränkischen Platten liegen Teile der Marktheidenfelder Platte und des Ochsenfurter- und Gollachgaus in Baden-Württemberg. Die Mainfränkischen Platten sind aus Lettenkeuper und Muschelkalk aufgebaut.





**Abbildung 1: Naturräumliche Haupteinheiten in Baden-Württemberg** (Datenbasis Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg & LfU Baden-Württemberg (2007))

- **Odenwald und Spessart:** Diese naturräumliche Haupteinheitengruppe umfasst den Sandstein-Spessart, Sandstein-Odenwald und den Vorderen Odenwald. Im Vorderen Odenwald ist die im Sandstein-Odenwald weit verbreitete Buntsandsteindecke abgetragen.
- **Schwarzwald:** Der Mittlere Schwarzwald trennt als Mulde die kuppigen Höhen des Hochschwarzwalds im Süden von den Hochflächen des nördlichen Schwarzwaldes. Im Hochschwarzwald und im Mittleren Schwarzwald stehen Granite und Gneise des kristallinen Grundgebirges an. Im nördlichen Schwarzwald ist das Grundgebirge in weiten Teilen von den Schichten des Buntsandsteins bedeckt.
- **Hochrheingebiet:** Das Hochrheingebiet umfasst das Hochrheintal von Schaffhausen bis Basel und südwestlich des Schwarzwaldes gelegene Gäuplatten des Dinkel-



bergs. Das Hochrheintal ist eine durchschnittlich 2 bis 4 km breite Niederung aus fluvioglazialen Schottern. Der Dinkelberg stellt eine abgesenkte Muschelkalkplatte dar. Hier treten gesteinsbedingt auch Karstphänomene auf.

- **Südliches, Mittleres und Nördliches Oberrhein-Tiefland:** Das Südliche Oberrhein-Tiefland umfasst Markgräfler Land, Freiburger Bucht und Kaiserstuhl. Entlang der schottererfüllten Rheinebene sind die Hänge der Vorberge des Randhügellandes von Löss bedeckt. Zum Mittleren Oberrhein-Tiefland zählen die Offenburger Rheinebene, die Lahr-Emmendinger und die Ortenau-Bühler Vorberge. Die schmale Vorbergzone am Westrand von mittlerem und nördlichem Schwarzwald besteht aus größtenteils lössbedeckten Randhügeln. Den größten Teil der Ebene nehmen grundwassernahe Niederungen ein, in denen die aus dem Schwarzwald kommenden Flüsse und Bäche nach Norden und Nordwesten zum Rhein fließen. Das Nördliche Oberrhein-Tiefland umfasst die Regionen zwischen Haardt ebene, Neckar- und Hessischer Rheinebene und Bergstraße und damit die Stromniederungen des Rheins, die begleitenden Terrassen und die teilweise lössbedeckten Randhügel.

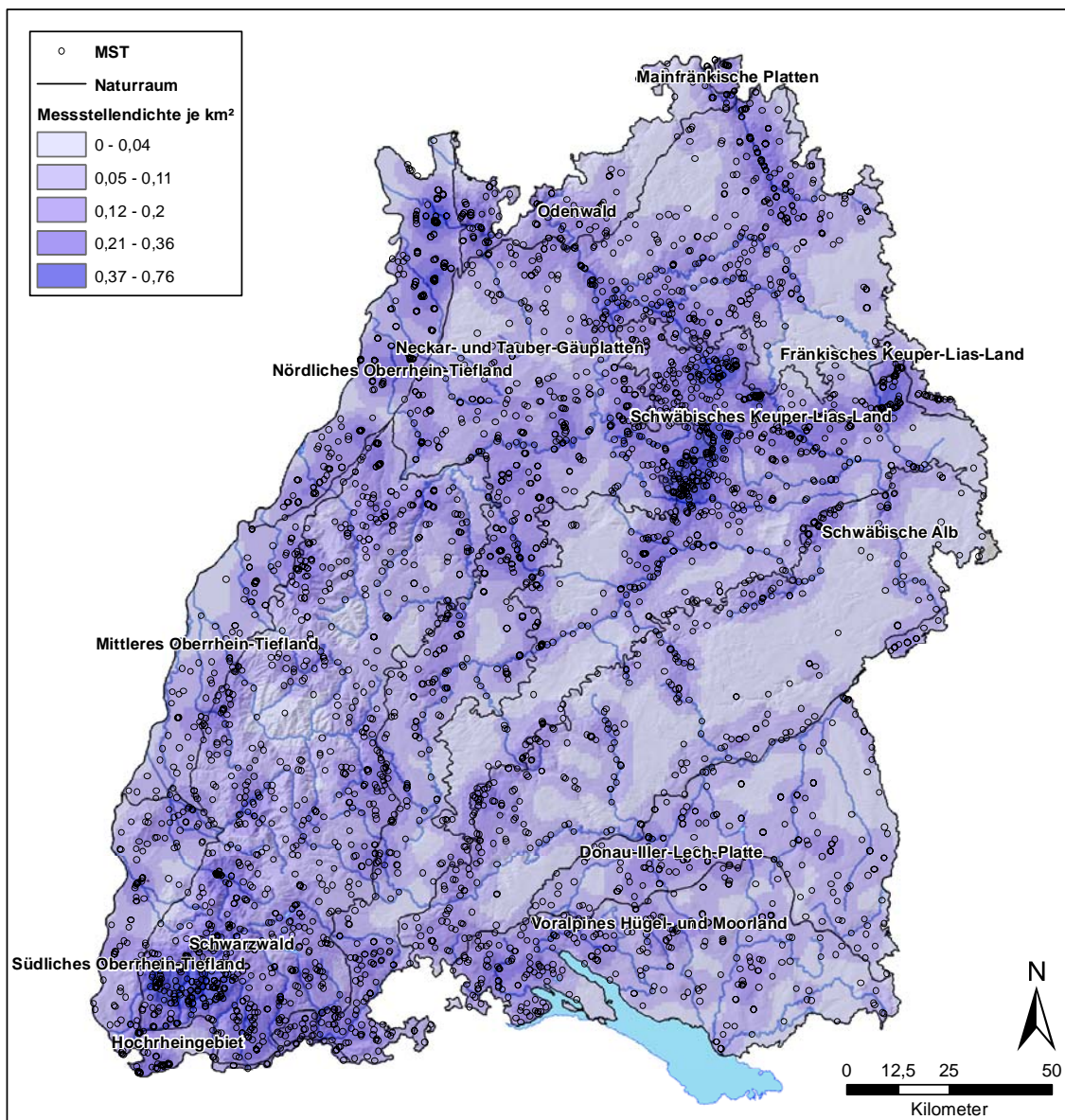
### 3 Ergebnisse

#### 3.1 Messnetzdicke

Die Grundwasserdatenbank umfasst Stamm- und Analysendaten von insgesamt maximal 3.788 Messstellen. Bezogen auf die Landesfläche von rund 35.750 km<sup>2</sup> ergibt sich so eine mittlere maximale Messnetzdicke von 0,11 pro km<sup>2</sup> bzw. einer Messstelle pro 9,5 km<sup>2</sup>. Wie Abbildung 2 zeigt, sind diese erwartungsgemäß nicht gleichmäßig über Baden-Württemberg verteilt. Die höchsten Messstellendichten zwischen 0,37 und 0,76/km<sup>2</sup> (eine Messstelle pro 1,3 bis 2,7 km<sup>2</sup>) ergeben sich naturgemäß bei großen nutzbaren Grundwasservorkommen entlang der Flussläufe, in der Nähe dicht besiedelter Räume (vgl. Mittlerer Neckar) bzw. in Regionen, in denen oft viele kleine Quellen auf engem Raum (Quellhorizonte) zur Wasserversorgung genutzt werden (vgl. Südschwarzwald). In den klassischen Wassermangelgebieten des Landes, etwa der Schwäbischen Alb liegt die Messstellendichte hingegen teils unter 0,04/km<sup>2</sup>, entsprechend einer Messstelle pro 25 km<sup>2</sup>.

Einschränkend ist auch zu erwähnen, dass nicht von allen Messstellen regelmäßig Messwerte zu jedem Parameter in ausreichender Menge oder zeitlicher Dichte vorliegen. Das Messnetz, zu dem regulär Messwerte eingelesen werden, umfasst rund 2.500 Messstellen (entsprechend einer mittleren Messnetzdicke von einer Messstelle pro 14 km<sup>2</sup>), wobei auch hier die Messstellendichte je nach Parameter variiert. Für die im nachfolgenden Beitrag vorgestellten Parameter des Grundmessprogramms liegt die Messstellendichte deutlich niedriger und beträgt im Mittel zwischen einer Messstelle pro 26 km<sup>2</sup> und einer pro 77 km<sup>2</sup>.





**Abbildung 2: Maximale Messnetzichte der Grundwasserdatenbank Wasserversorgung GWD-WV (Messstellen je km<sup>2</sup>)**

### 3.2 Übersicht zum Datenbestand

Für alle Parameter, die ab 2010 aus dem Grundmessprogramm der GWD-WV entfallen, wurden für die Jahre 1990 bis 2009 statistische Kenngrößen über alle Messstellen ermittelt (vgl. Abschnitt 2.1). Die Auswertungen zum Datenbestand sind in Tabelle 2 für die Parameter des Grundmessprogramms und in Tabelle 3 für die Parameter des Zusatzmessprogramms dargestellt.

#### 3.2.1 Grundmessprogramm

Für die entfallenden Parameter des GMP liegen je nach Parameter für knapp 500 bis rund 1.370 Messstellen Daten vor, wobei mit Ausnahme der Parameter Geruch und Färbung die meisten Messwerte (über 80%) über der jeweiligen Bestimmungsgrenze liegen, und somit eine verlässliche statistische Auswertung möglich ist.



**Tabelle 2: Übersicht über den Datenbestand der GWD-WV 1990-2009 für Parameter des Grundmessprogramms GMP, die ab 2010 entfallen**

Parameter	Anzahl Messstellen	Anzahl Messwerte	Anzahl Messwerte > BG	Anteil Messwerte > BG
Gesamthärte	1.375	13.240	13.240	100,0%
Basenkapazität	956	5.342	5.313	99,5%
SAK-254	1.245	10.741	10.387	96,7%
Trübung	1.078	6.404	5.484	85,6%
Geruchsschwellenwert	466	1.503	811	54,0%
Färbung (SAK-436)	1.371	11.854	4.974	42,0%

**Tabelle 3: Übersicht über den Datenbestand der GWD-WV 1990-2009 für Parameter des Zusatzmessprogramm ZMP, die ab 2010 entfallen**

Parameter	Anzahl Messstellen	Anzahl Messwerte	Anzahl Messwerte > BG	Anteil Messwerte > BG
Fluorid	1.219	8.226	6.797	82,6%
Kupfer	605	2.291	982	42,9%
Nickel	1.171	8.029	1.557	19,4%
Chrom	1.206	8.379	1.257	15,0%
AOX	945	6.836	1.086	15,9%
Fluoranthen	923	5.504	568	10,3%
Benzo(a)pyren	1.061	6.345	231	3,6%
Benzo(b)fluoranthen	1.060	6.323	226	3,6%
Benzo(k)fluoranthen	1.061	6.324	156	2,5%
Benzo(g,h,i)perylene	1.060	6.314	89	1,4%
Indeno(1,2,3-cd)pyren	1.060	6.325	51	0,8%
Selen	594	2.621	125	4,8%
Cyanid, ges.	1.166	7.860	72	0,9%
Antimon	499	2.133	16	0,8%
1,2-Dichlorethan	495	1.336	0	0,0%
Benzol	482	1.331	0	0,0%
Geschmack	683	2.285	-	-

### 3.2.2 Zusatzmessprogramm

Der Datenbestand für die künftig entfallenden Parameter des ZMP umfasst je nach Parameter Messwerte für knapp 500 bis rund 1.200 Messstellen. Nur für Fluorid sind weitergehende statistische Auswertungen möglich, da der Anteil von Messwerten unter der analytischen Bestimmungsgrenze hier unter 20% liegt. Bei allen anderen Parametern liegen mehr als 50% der Messwerte unter der Bestimmungsgrenze (vgl. Tabelle 3). Verlässliche landesweite statistische Auswertung der Beschaffenheitsdaten sind hier nicht mehr möglich, da je nach mathematischer Behandlung der Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze, sich diese signifikant auf das Ergebnis auswirken (vgl. LfU Baden-Württemberg (2001a)).



### **3.3 Statistische Übersicht zur Grundwasserbeschaffenheit**

Um eine statistische Übersicht über den Datenbestand zur Grundwasserbeschaffenheit zu erhalten, wurden aus den Jahresmittelwerten aller Messstellen die „mittleren“ Konzentrationen (arithmetischer Mittelwert und Median) berechnet. Die festgestellten Höchst- und Niedrigstkonzentrationen des gesamten Messwertbestandes werden durch die ausreißerunempfindlichen Kenngrößen des 10. und 90. Perzentils ausgedrückt, d. h. 90 % aller Messwerte liegen über bzw. unter diesem Wert. Dabei ist zu beachten, dass bewusst alle jährlichen Messwerte aus dem gesamten Datenbestand einfließen und somit für verschiedene Messstellen unterschiedlich viele Messwerte in diese Auswertung mit eingehen. Eine Art der Auswertung, bei denen jede Messstelle nur durch einen Wert repräsentiert ist, wird in Abschnitt 3.4 vorgestellt.

#### **3.3.1 Grundmessprogramm**

Die Anzahl der dabei berücksichtigten Messstellen und der zur Verfügung stehenden Jahres(mittel)werte je Parameter sowie die Ergebnisse dieser Statistik sind zusammenfassend in Tabelle 4 für die Parameter des Grundmessprogramms dargestellt und werden anschließend kurz erläutert.

Die Schwankungsbreite der Konzentrationsangaben, ausgedrückt durch den Abstand zwischen dem 10. und 90. Perzentil, liegt je nach Parameter zwischen dem zwei- bis zwanzigfachen der niedrigsten Konzentrationsangaben. Sofern für die Parameter des GMP Trinkwasser-Grenzwerte festgelegt sind, wurden diese von 90 % der Messwerte nicht erreicht. Teilweise sind die beträchtlichen Schwankungsbreiten durch den komplexen geologischen Bau Baden-Württembergs mitbedingt (vgl. Abschnitt 3.4).



**Tabelle 4: Statistische Kennwerte zur Grundwasserbeschaffenheit nach dem Datenbestand der GWD-WV 1990-2009 für die Parameter des Grundmessprogramms (GMP), die ab 2010 entfallen**

Parameter	Einheit	#MST <sup>1)</sup>	n Werte <sub>2)</sub>	10. P <sub>3)</sub>	MW <sub>4)</sub>	Median <sub>5)</sub>	90. P <sub>6)</sub>	GW <sub>7)</sub>
Gesamthärte	mmol/L	1.375	11.834	0,51	3,22	3,45	4,86	--
Basenkapazität	mmol/L	956	4.916	0,21	0,66	0,62	1,18	--
SAK-254	1/m	1.245	9.766	0,20	1,11	0,80	2,00	--
Trübung	FNU	1.078	5.701	0,03	0,39	0,10	0,56	1
Geruchsschwellenwert	-	466	1.405	0,5	0,79	1	1	2 (12°C) 3 (25°C)
Färbung (SAK-436)	1/m	1.371	10.988	0,01	0,08	0,05	0,16	0,5

- 1) # MST = Anzahl Messstellen mit Daten zum jeweiligen Parameter
- 2) n Werte = Anzahl der jährlichen Werte bzw. Jahresmittelwerte, die für die Auswertung zur Verfügung standen
- 3) 10. P = 10. Perzentil aller Messwerte im Zeitraum 1990-2009, d.h. 10 % der Messwerte liegen unter dieser Konzentrationsangabe
- 4) MW = arithmetischer Mittelwert über alle Messwerte im Zeitraum 1990-2009
- 5) Median = 50% aller Messwerte liegen unter bzw. über dieser Konzentrationsangabe
- 6) 90. P = 90. Perzentil aller Messwerte im Zeitraum 1990-2009, d.h. 90 % der Messwerte liegen unter dieser Konzentrationsangabe
- 7) GW = Grenzwert nach TrinkwV 2001

### 3.3.1.1 Geruch (GSW)

Der Geruchsschwellenwert (GSW) ist das quantitative Maß für den Geruch einer Wasserprobe. Zur Ermittlung des Geruchsschwellenwertes wird die Wasserprobe schrittweise mit geruchsfreiem Wasser verdünnt, bis der Geruch gerade noch wahrgenommen werden kann. Der Geruchsschwellenwert drückt dann den Verdünnungsfaktor aus. Geruchsfreies Wasser hat den GSW Null, der Grenzwert nach TrinkwV beträgt je nach Wassertemperatur 2 bzw. 3. Für den Geruchsschwellenwert liegen von weniger als 500 Messstellen Angaben vor. Die Messergebnisse für diesen Parameter, die in der Grundwasserdatenbank gespeichert sind, liegen in aller Regel unter den Grenzwerten.

### 3.3.1.2 Spektraler Absorptionskoeffizient bei 254 nm (SAK-254)

Hohe SAK-254-Werte im anthropogen unbeeinflussten Grundwasser geben einen Hinweis auf eine natürliche organische Belastung des Gewässers mit gelösten organischen und ungelösten feindispersen Stoffen (z. B. Huminstoffe aus anmoorigen und moorigen Gebieten). Oft besteht in Gewässern ein Zusammenhang zwischen einem erhöhten SAK-254-Wert und einem erhöhten Gehalt an gelöstem organischen Kohlenstoff (DOC) [LfU Baden-Württemberg 2001a]. Für die Daten der GWD-WV konnte ein derartiger Zusammenhang jedoch statistisch nicht signifikant festgestellt werden. Die Werte der GWD-WV schwanken zwischen 0,2 und 2 m<sup>-1</sup>. Die höchsten spektrale Absorptionskoeffizienten wurden für Messstellen in der Nördlichen Oberrheinebene (ver-



mutlich tiefere genutzte Grundwasserleiter) und Quelfassungen im Nördlichen Schwarzwald unterhalb eines Hochmoores ermittelt.

#### 3.3.1.3 Färbung (Spektraler Absorptionskoeffizient bei 436 nm, SAK 436)

Die Färbung eines filtrierten Wassers wird mit einem Spektralphotometer bei einer Wellenlänge von 436 nm gemessen. Dieser Spektrale Absorptionskoeffizient bei 436 nm ergibt sich aus der Menge der in der Wasserprobe enthaltenen farbigen gelösten und ungelösten feindispersen Inhaltsstoffe. Im Grundwasser zeitweise auftretende Färbungen können auf eindringendes huminstoffhaltiges oder tontrübes Oberflächenwasser hindeuten [LfU Baden-Württemberg 2001a]. Die in der GWD-WV gespeicherten SAK 436-Werte schwanken zwischen 0,01 und 0,16 m<sup>-1</sup>. Allerdings liegen die meisten Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze (Tabelle 2) und sind daher wenig aussagekräftig.

#### 3.3.1.4 Trübung

Durch suspendierte Teilchen wird das Licht gestreut oder sorbiert. Mit der Trübung wird die im sichtbaren Lichtspektrum erkennbare Minderung der Lichtdurchlässigkeit bestimmt. Als Maß dient die auf eine Vergleichsskala (Trübungseinheit Formazin (TE/F) bzw. *Formazine Nephelometric Unit* (FNU) bezogene Verminderung der Durchsichtigkeit. Die Messwerte der Trübung, die in der GWD-WV für Rohwässer in Baden-Württemberg erfasst sind, schwanken zwischen 0,03 und 0,6 FNU und liegen damit in der Regel unter dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 1 FNU.

#### 3.3.1.5 Gesamthärte (GH)

Die Gesamthärte ist definiert als die Summe der Gehalte an Calcium- und Magnesiumionen. Die natürlich verursachte Härte wird vom Kalkgehalt des geologischen Untergrundes und dem jeweiligen Kalk-/Kohlensäure-Gleichgewicht bestimmt. Bei der Aufhärtung des Sickerwassers, bei der Calcium und Magnesium aus kalkhaltigem Gestein gelöst werden, spielen auch mikrobielle Prozesse im Boden, bei denen Kohlenstoffdioxid entsteht und die Kontaktzeit des Sicker- und Grundwasser mit dem kalkhaltigen Gestein eine Rolle [LfU Baden-Württemberg 2001a].

Mit über 13.000 Werten von rund 1.400 Messstellen ist die Gesamthärte der am häufigsten untersuchte Parameter der hier ausgewerteten Beschaffenheitskenngrößen. Als Beispiel für den geogenen Einfluss auf die Grundwasserbeschaffenheit wird der Parameter Gesamthärte in Abschnitt 3.4.1 räumlich differenzierter betrachtet.

#### 3.3.1.6 Basekapazität bis pH 8,2

Die Basekapazität bis pH 8,2 gibt Aufschluss über die Menge des im Wasser vorhandenen freien Kohlenstoffdioxids und wird durch Titration mit Basen (NaOH) bis zu festgelegten pH-Werten ermittelt. Sie beschreibt die Aufnahmekapazität des Wassers für Basen. Freies Kohlenstoffdioxid, das insbesondere im Überschuss zur verstärkten Lö-



sung von Mineralen beiträgt, wird über das Regen- und Sickerwasser und über die Bodenluft in das Grundwasser eingebracht. Natürliche Einträge im Grundwasser resultieren aus gesteinsumbildenden Prozessen, CO<sub>2</sub>-Freisetzungen aus Magmen und aus der Oxidation feinverteilter oder lokal angereicherter organischer Substanz (auch fossiler organischer Substanzen). Auch die Mischung von verschiedenen harten Grundwässern (z. B. im Karst) kann zu lokalen CO<sub>2</sub>-Anreicherungen führen [LfU Baden-Württemberg 2001a, Plum et al. 2009].

Die Werte der Basekapazität bis pH 8,2 im Messnetz der GWD-WV der letzten 20 Jahre schwanken zwischen 0,2 und 1,2 mmol/L. Die höheren Werte finden sich überwiegend im Verbreitungsgebiet karbonatisch und karbonatisch-sulfatischer Gesteine, die niedrigeren Basekapazitäten werden eher im Bereich der Einheiten mit kristallinen Gesteinen wie im Odenwald oder Schwarzwald festgestellt. Insgesamt ist die Verteilung aber weniger deutlich gesteinspezifisch ausgeprägt als beispielsweise die für die Gesamthärte (vgl. Abbildung 3).

### **3.3.2 Zusatzmessprogramm**

Die Anzahl der zur Verfügung stehenden Messstellen und Jahres(mittel)werte je Parameter des Zusatzmessprogramm sowie die Ergebnisse der Übersichts-Statistik sind in Tabelle 5 dargestellt und werden anschließend kurz erläutert. Abgesehen von Fluorid wird für die Parameter des Zusatzmessprogramms in Tabelle 5 als statistische Kenngröße lediglich das 90. Perzentil als Maß für die höchsten erfassten Konzentrationen angegeben, da bei diesen Parametern der Anteil der Werte unter der Bestimmungsgrenze zu hoch ist, um verlässliche Aussagen zu ermöglichen (vgl. Tabelle 3).

Bei einer Betrachtung der höchsten Konzentrationen für diese Parameter (90. Perzentil) zeigt sich, dass die Trinkwassergrenzwerte bei allen Parametern von 90 % der Rohwassermesswerte unterschritten wurden. Dabei ist zu beachten, dass einige der Trinkwassergrenzwerte für Parameter gelten, deren Konzentration sich im Verteilungsnetz oder der Hausinstallation verändern kann (etwa Kupfer, PAK) und die Grenzwerte somit nur bedingt zur Beurteilung von Daten zur Rohwasserbeschaffenheit herangezogen werden können.



**Tabelle 5: Statistische Kennwerte zur Grundwasserbeschaffenheit nach dem Datenbestand der GWD-WV 1990-2009 für die Parameter des Zusatzmessprogramms (ZMP), die ab 2010 entfallen**

Parameter	Einheit	#MST <sub>1)</sub>	n Werte <sub>2)</sub>	10. P <sub>3)</sub>	MW <sub>4)</sub>	Median <sub>5)</sub>	90. P <sub>6)</sub>	GW <sub>7)</sub>
Fluorid	mg/L	1.219	7.851	0,04	0,13	0,11	0,24	1,5
Kupfer	mg/L	605	2.118	--	--	--	0,006	2*
Nickel	mg/L	1.171	7.607	--	--	--	0,003	0,02*
Chrom	mg/L	1.206	7.948	--	--	--	0,0025	0,05
AOX	mg/L	945	6.634	--	--	--	0,01	-
Fluoranthen	µg/L	923	5.339	--	--	--	0,01	-
Benzo(a)pyren	µg/L	1.061	6.175	--	--	--	0,005	0,01*
Benzo(b)fluoranthen	µg/L	1.060	6.156	--	--	--	0,005	(0,1*)
Benzo(k)fluoranthen	µg/L	1.061	6.157	--	--	--	0,005	(0,1*)
Benzo(g,h,i)perylen	µg/L	1.060	6.147	--	--	--	0,01	(0,1*)
Indeno(1,2,3-cd)pyren	µg/L	1.060	6.158	--	--	--	0,02	(0,1*)
Selen	mg/L	594	2.508	--	--	--	0,002	0,01
Cyanid, ges	mg/L	1.166	7.551	--	--	--	0,005	0,05
Antimon	mg/L	499	2.035	--	--	--	0,001	0,005*
1,2-Dichlorethan	mg/L	495	1.310	--	--	--	0,0025	0,003
Benzol	µg/L	482	1.300	--	--	--	0,5	1
Geschmack	-	683	--	(unauffällig)				annehmbar

- 1) # MST = Anzahl Messstellen mit Daten zum jeweiligen Parameter
- 2) n Werte = Anzahl der jährlichen Werte bzw. Jahresmittelwerte, die für die Auswertung zur Verfügung standen
- 3) 10. P = 10. Perzentil aller Messwerte im Zeitraum 1990-2009, d.h. 10 % der Messwerte liegen unter dieser Konzentrationsangabe
- 4) MW = arithmetischer Mittelwert über alle Messwerte im Zeitraum 1990-2009
- 5) Median = 50% aller Messwerte liegen unter bzw. über dieser Konzentrationsangabe
- 6) 90. P = 90. Perzentil aller Messwerte im Zeitraum 1990-2009, d.h. 90 % der Messwerte liegen unter dieser Konzentrationsangabe
- 7) GW = Grenzwert nach TrinkwV 2001; Zahlenangaben mit \*: Grenzwert gilt für Parameter, deren Konzentration sich im Leitungsnetz verändern kann, Zahlenangaben in ( ): Grenzwert gilt für die Summe mehrerer Stoffe, z.B. 4 PAK

Da für die meisten dieser Parameter nur ein geringer Anteil über der Bestimmungsgrenze liegt, sind die Werte wenig aussagekräftig, weshalb auf eine weitergehende Betrachtung verzichtet wird.



### 3.4 Räumliche Konzentrationsverteilung ausgewählter Parameter

Für ausgewählte Parameter des Grund- und Zusatzmessprogramms erfolgen nachfolgend Betrachtungen der räumlichen Verteilung ihrer Konzentration im Grundwasser. Dabei wurden die Gesamthärte als Parameter betrachtet, der im künftigen GMP entfällt, sowie Sulfat und Chlorid als Beispiele für Parameter, die weiterhin im GMP enthalten sind. Die Angaben zum Datenbestand und zur statistischen Übersicht der festgestellten Konzentrationsspannen in Tabelle 6 und Tabelle 7 zusammengestellt, dabei wurden die Angaben für die Gesamthärte aus Tabelle 2 und Tabelle 4 zum Vergleich und zur besseren Lesbarkeit wiederholt.

**Tabelle 6: Übersicht über den Datenbestand der GWD-WV 1990-2009 für ausgewählte Parameter aus dem Grundmessprogramm**

Parameter	Anzahl Messstellen	Anzahl Messwerte	Anzahl Messwerte > BG	Anteil Messwerte > BG
Gesamthärte	1.375	13.240	13.240	100,0%
Sulfat	1.420	13.082	13.051	99,8%
Chlorid	1.416	13.027	12.947	99,4%

**Tabelle 7: Statistische Kenngrößen für den Datenbestand der GWD-WV 1990-2009 für ausgewählte Parameter aus dem Grundmessprogramm**

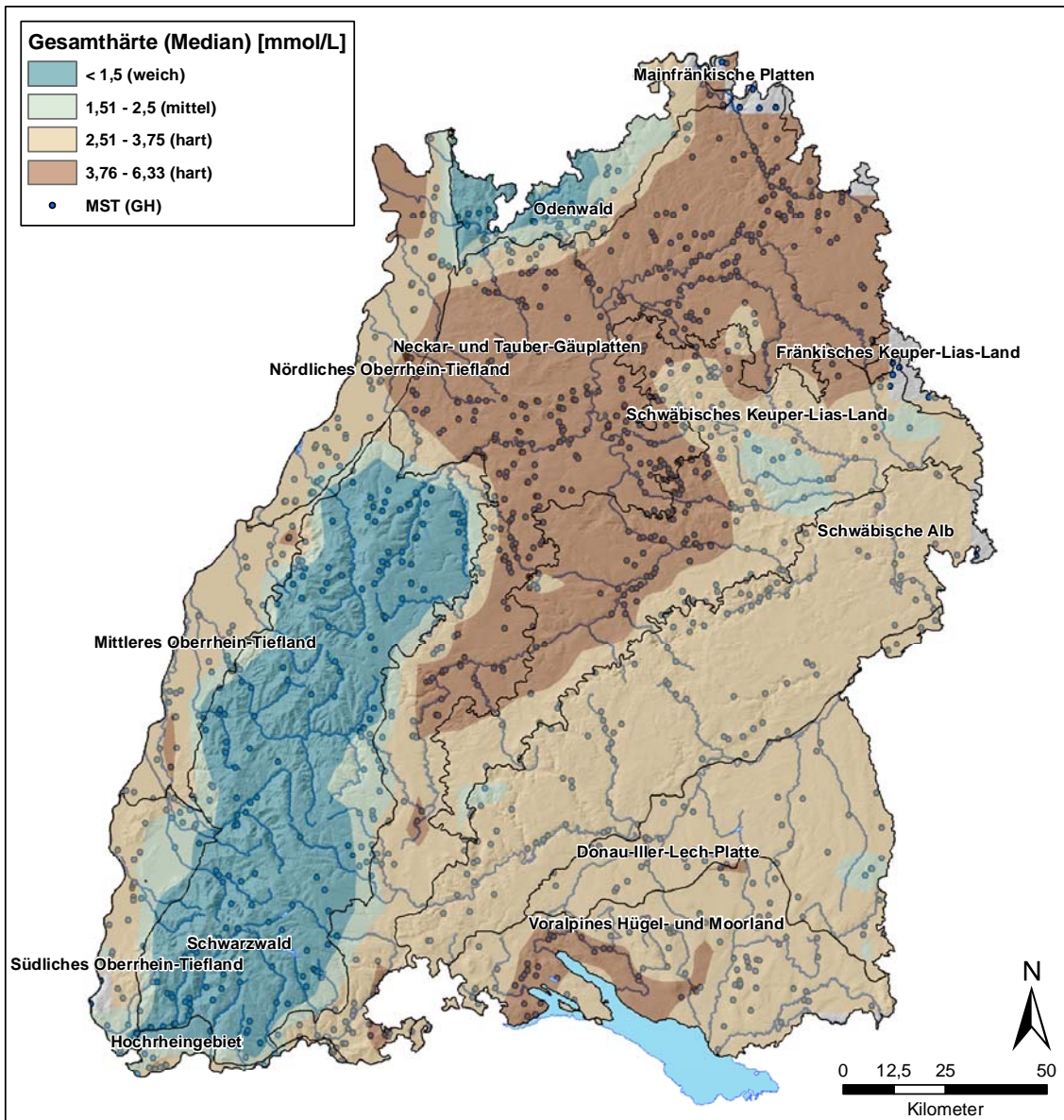
Parameter	Einheit	#MST <sub>1)</sub>	n Werte <sub>2)</sub>	10. P <sub>3)</sub>	MW <sub>4)</sub>	Median <sub>5)</sub>	90. P <sub>6)</sub>	GW <sub>7)</sub>
Gesamthärte	mmol/L	1.375	11.834	0,51	3,22	3,45	4,86	--
Sulfat	mg/L	1.420	12.125	6,4	47,9	29,0	113,0	240
Chlorid	mg/L	1.416	12.061	4,4	21,2	17,2	41,3	250

- 1) # MST = Anzahl Messstellen mit Daten zum jeweiligen Parameter
- 2) n Werte = Anzahl der jährlichen Werte bzw. Jahresmittelwerte, die für die Auswertung zur Verfügung standen
- 3) 10. P = 10. Perzentil aller Messwerte im Zeitraum 1990-2009, d.h. 10 % der Messwerte liegen unter dieser Konzentrationsangabe
- 4) MW = arithmetischer Mittelwert über alle Messwerte im Zeitraum 1990-2009
- 5) Median = 50% aller Messwerte liegen unter bzw. über dieser Konzentrationsangabe
- 6) 90. P = 90. Perzentil aller Messwerte im Zeitraum 1990-2009, d.h. 90 % der Messwerte liegen unter dieser Konzentrationsangabe
- 7) GW = Grenzwert nach TrinkwV 2001

#### 3.4.1 Gesamthärte (GH)

In den untersuchten Grundwässern Baden-Württembergs zeigen sich deutliche Unterschiede bezüglich der Gesamthärte in Abhängigkeit vom geochemischen Gesteinstyp der Naturräumlichen Einheit (siehe Abbildung 3).





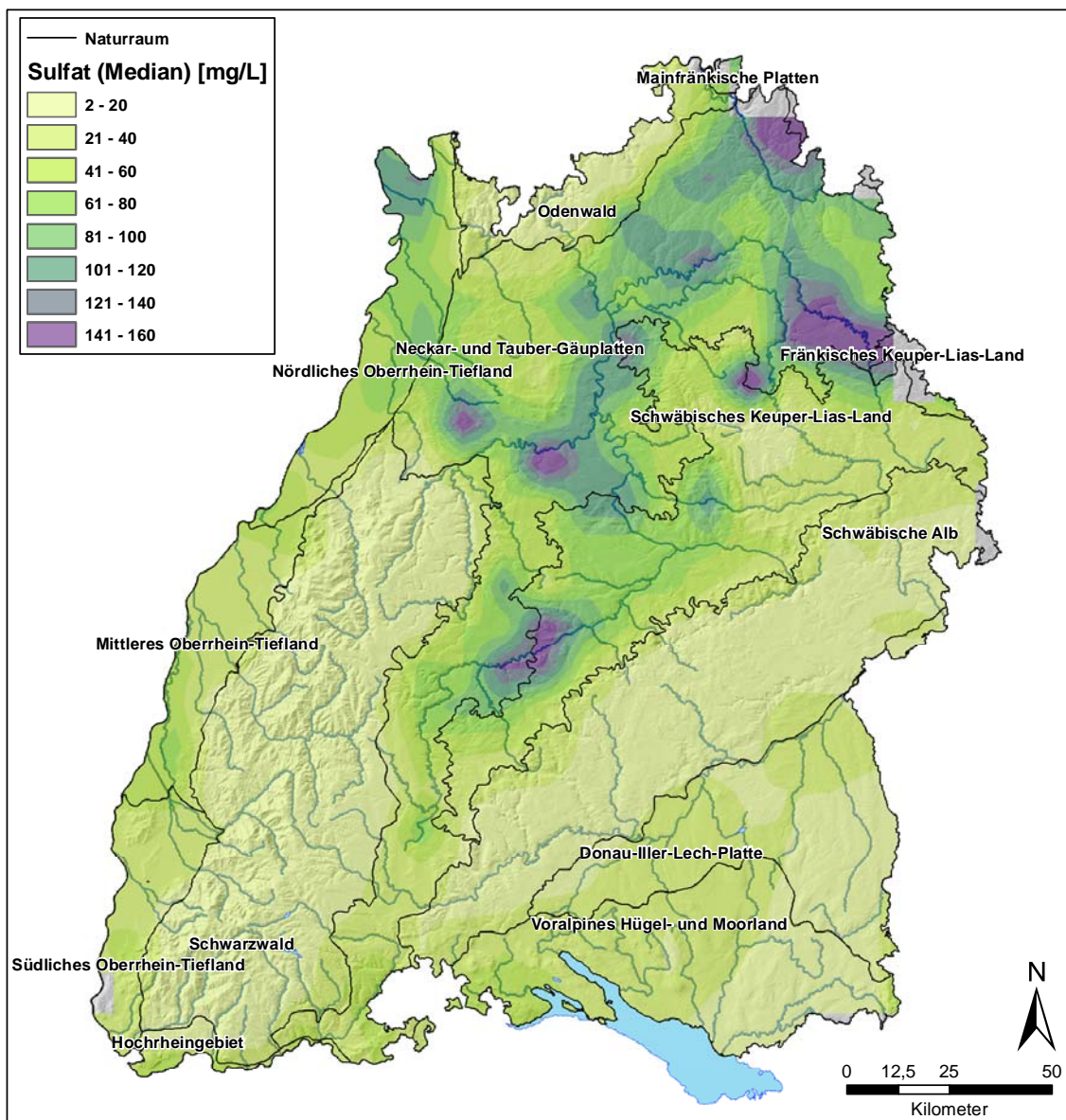
**Abbildung 3: Gesamthärte [mmol/L]: Mediane Konzentrationsverteilung im Grundwasser Baden-Württembergs**

Hohe mediane Gesamthärten zwischen 2,5 und 5 mmol/L finden sich im Grundwasser bei karbonathaltigem Aquifermaterial (Kalkstein, Dolomit oder etwa in den Grundwasserlandschaften, die aus glazialen, kalkalpinen Sedimenten bestehen, wie dem Voralpines Jungmöränenland oder in der Oberrheinebene). Noch höhere Gesamthärten finden sich im Grundwasser bei Sulfatgesteinen (Gips, Anhydrit) der Keuperlandschaften. Die höchsten medianen Gesamthärten über 6 mmol/L stammen aus dem Bereich des Gipskeupers. In den Regionen mit karbonatarmen bzw. -freien Gesteinen wie Odenwald und Schwarzwald liegen die medianen Gesamthärten teils unter 1 mmol/L.



### 3.4.2 Sulfat

Im Grundwasser liegt Schwefel bei aeroben Bedingungen als Sulfat, bei anaeroben Bedingungen als Sulfid vor. Sulfat ( $\text{SO}_4$ ) ist u.a. Bestandteil der gesteinsbildenden Minerale Gips und Anhydrit. Schwefel ist auch ein Eiweiß-Bestandteil, weshalb organische Substanzen wie Humus, Kohle, Bitumen und Öl schwefelhaltig sind [LfU Baden-Württemberg 2001a]. Sulfat wird durch den Abbau organischer Substanz im Boden und die Lösung schwefelhaltiger Sulfatsalze (Gips, Anhydrit) bzw. die Verwitterung sulfidischer Minerale (in erster Linie Pyrit) freigesetzt [Plum et al. 2009] und mit der Grundwasserneubildung ins Grundwasser eingetragen.

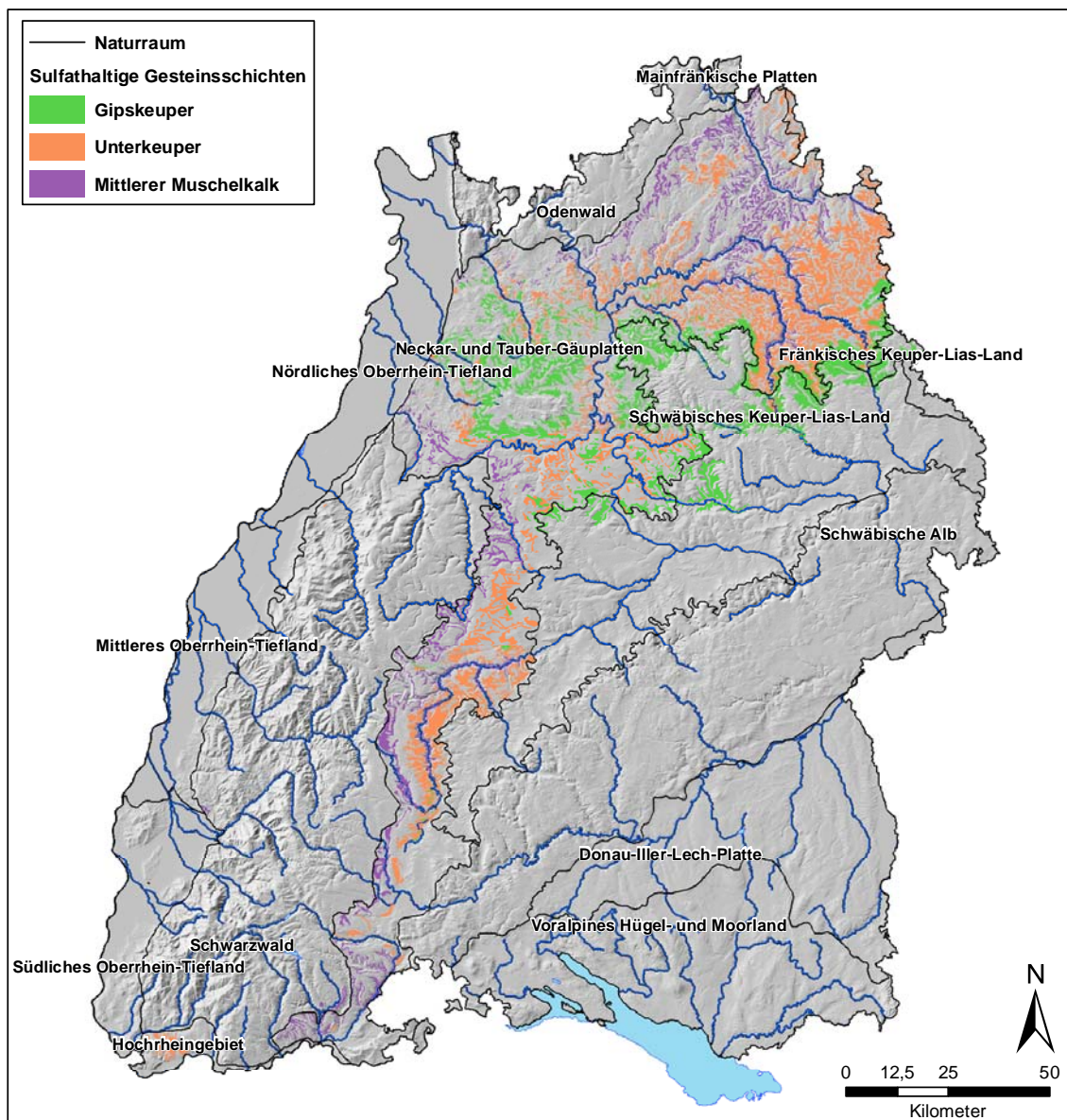


**Abbildung 4: Sulfat [mg/L]: Mediane Konzentrationsverteilung im Grundwasser Baden-Württembergs**

Nach den Daten der GWD-WV liegen die Sulfatkonzentrationen aller Werte für genutzte Grundwasservorkommen durchschnittlich bei rund 30 mg/L  $\text{SO}_4$  (Median). Aufgrund



der guten Löslichkeit von Gips sind regional auch Grundwässer mit über 110 mg/L  $\text{SO}_4$  anzutreffen (vgl. Tabelle 7). Die Darstellung der regionalisierte Konzentrationsverteilung in Abbildung 4 zeigt, dass niedrigere Konzentrationen unter 20 mg/L in den naturräumlichen Einheiten von Schwarzwald und Odenwald mit den dort anstehenden kristallinen Gesteinen oder Schichten des Buntsandsteins zu erwarten sind, während höhere Werte über 120 mg/L im Neckar- und Tauberland und im Schwäbischen und Fränkischen Keuper-Lias-Land auftreten. Ein Vergleich mit dem Verbreitungsgebiet der geologischen Einheiten Gipskeuper, Unterkeuper und Mittlerer Muschelkalk in Abbildung 5, in denen nach Plum et al. (2009) mit dem Vorkommen von Gips und Anhydrit zu rechnen ist, zeigt, dass erhöhte Sulfatgehalte in der Regel geogen sind.



**Abbildung 5: Verbreitung potentiell sulfathaltiger Gesteinsschichten in Baden-Württemberg** (Datenbasis: Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg & LfU Baden-Württemberg 2007)



### 3.4.3 Chlorid

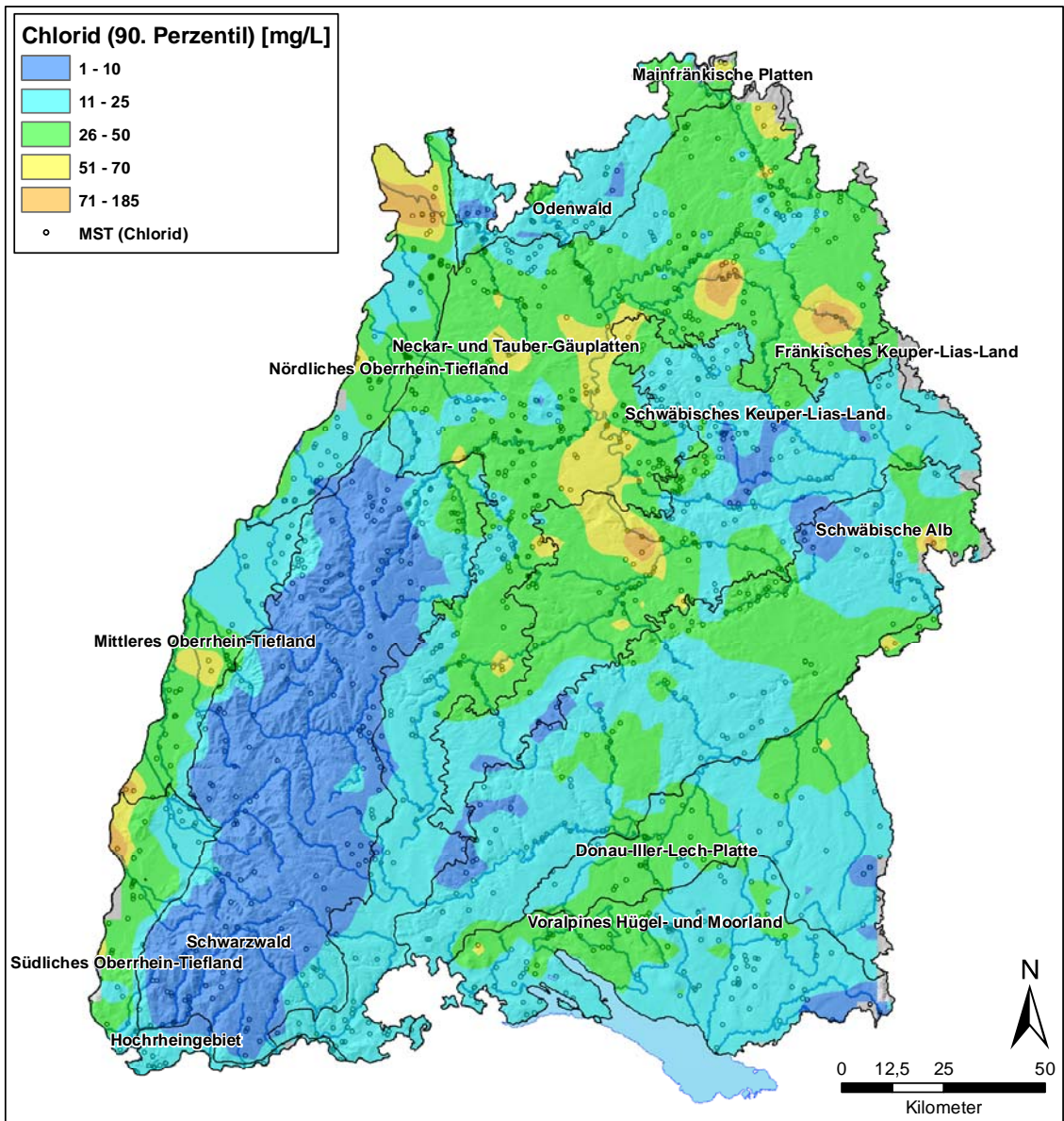
Die in der vorliegenden Studie für die Grundwässer in Baden-Württemberg über alle jährlichen Messwerte ermittelten Chloridkonzentrationen schwanken zwischen rund 4 und 40 mg/L. Die Auswertung für alle Messstellen ergab eine mediane Chloridkonzentration für ganz Baden-Württemberg von rund 17 mg/L (vgl. Tabelle 7).

Erhöhte Chloridkonzentrationen im oberflächennahen Grundwasser können aus anthropogenen Quellen (Straßensalzung, Düngung, Abwasser, Deponien) resultieren. Gesteinsbürtige Chloride kommen in der Natur in marinen Sedimenten wie z. B. Salzlagerstätten vor. Da die leicht löslichen Stein- oder Kalisalze aber in aller Regel bis in größere Tiefen ausgelaugt sind, ist ein geogener Beitrag zur Chloridkonzentration durch Lösung aus dem Gestein oberflächennah in der Regel nicht vorhanden. Lediglich dort, wo chloridhaltiges tiefes Grundwasser in oberflächennahe Grundwasserleiter aufsteigt, finden sich höhere geogene Chloridkonzentrationen [Plum et al. 2009].

Beispiele für die beiden möglichen Eintragsquellen lassen sich an der Karte der Verteilung der höchsten Chloridkonzentrationen (90. Perzentil je Messstelle) in Abbildung 6 erkennen. So sind etwa im Bereich der Landesgrenze in der südlichen Oberrheinebene die Folgen der Auslaugung der Abraumhalden mit salzhaltigem Material aus dem elsässischen Kalibergbau zu erkennen. Als Beispiel für geogen erhöhte Konzentrationen ist am Ostrand der Mittleren Oberrhein-Tiefenebene der sog. „Chloridaufbruch“ zu erkennen, bei dem an einer Störung in der Nähe von Ohlsbach (Ortenau) salzhaltige Tiefenwässer (bis 8.500 mg/L Chlorid) ins oberflächennahe Grundwasser aufsteigen (vgl. GLA & LfU 1979).

Lokal scheinen erhöhte Werte auch mit dem Verbreitungsgebiet von Gesteinen des Muschelkalks und des Keupers zusammenzufallen, wobei eine eindeutige Zuordnung ohne nähere Betrachtung der Ausbaudaten der jeweiligen Messstellen und ihrer Einzugsgebiete nicht möglich ist. Die unterschiedlichen Chlorid-Werte im Grundwasser könnten auch weniger auf gesteinspezifische Unterschiede als vielmehr auf die unterschiedliche Intensität anthropogener Einflüsse in einzelnen Gebieten zurückzuführen sein (z. B. Schwarzwald im Vergleich zu intensiv genutzten Gebieten wie den Fildern, dem Neckar-Becken, der Hohenloher Ebene oder dem Kraichgau).





**Abbildung 6: Chlorid [mg/L]: Verteilung der höchsten Konzentrationen (90. Perzentil je Messstelle) im Grundwasser Baden-Württembergs**



#### 4 Weitere mögliche Auswertungen des Datenbestandes

Mit den in vorliegendem Fachbeitrag dokumentierten Auswertungen ist der umfangreiche Datenbestand der Grundwasserdatenbank Wasserversorgung bei Weitem nicht erschöpfend aufbereitet und wissenschaftlich bearbeitet.

- Ein Aspekt, der in vorliegender Arbeit bewusst nicht betrachtet wurde, ist die zeitliche Dimension. Für einige Parameter und Messstellen liegen seit Mitte der 1950er Jahre Daten vor, aber auch der umfassende Datenbestand seit 1990 könnte auf zeitliche Entwicklungen untersucht werden. Dabei wäre zu prüfen, ob und für welche Parameter der Grund- und Zusatzmessprogramms zeitliche Trends vorliegen, ob diese statistisch signifikant sind und ob sich daraus Aussagen zur Veränderung (Verbesserungen oder Verschlechterungen) der Beschaffenheit der genutzten Grundwässer in Baden-Württemberg ableiten lassen. Gerade auch vor dem Hintergrund der Diskussion um die Auswirkungen des Klimawandels kommt derartigen Auswertungen eine gewisse Bedeutung zu, und ein Datenbestand von immerhin 20 Jahren könnte hierzu Erkenntnisse erwarten lassen.
- Ein weiterer Aspekt, der vielversprechende Erkenntnisse erwarten lässt, wäre ein Vergleich der Beschaffenheit der genutzten Grundwässer in Baden-Württemberg mit der natürlichen geogenen Grundwasserbeschaffenheit. Diese Auswertung könnte Hinweise darauf ergeben, wo und wie stark das genutzte Grundwasser anthropogen verändert ist. Wenn sich bei einer derartigen räumlich differenzierten Auswertung Hinweise auf „hot spots“ oder Regionen ergeben, in denen beispielsweise Warn- oder Grenzwerte überschritten werden, könnte über Korrelationen mit der Landnutzung im WSG oder Auffälligkeiten bei anderen Parametern versucht werden, Hinweise auf die Ursache der Abweichungen abzuleiten.
- Eine vertiefte Auswertung, die auch die Stammdaten der Messstellen stärker berücksichtigt könnte z. B. aufzeigen, ob signifikante Unterschiede zwischen flachen und tiefen Messstellen, Quellen oder Brunnen etc. bestehen.

Derartige Auswertungen könnten in den kommenden Jahren noch mit dem jetzt vorliegenden Datenbestand für die zwanzig Jahre 1990 bis 2009 erfolgen, zumal der nächste vollständige Beprobungsrhythmus nach dem neuen Grundmessprogramm erst mit dem erstmalig in 2012 durchzuführenden erweiterten Grundmessprogramm abgeschlossen sein wird.



## 5 Zusammenfassung und Fazit

Mit der Gründung der Grundwasserdatenbank Wasserversorgung (GWD-WV) 1992 begann eine systematische Erhebung von Daten zur Beschaffenheit der für die Trinkwasserversorgung in Baden-Württemberg genutzten Grundwasservorkommen. Mittlerweile liegen von einer großen Zahl von Messstellen der Wasserversorgungswirtschaft (Brunnen und Quellen) Daten aus 20 Beprobungsjahren (1990 bis 2009) vor. Die regelmäßigen Untersuchungen erfolgten dabei nach einem Grund- und einem Zusatzmessprogramm (GMP und ZMP).

Im Jahr 2009 wurde der Parameterumfang dieser Programme erheblich reduziert und die Programme modifiziert, wobei im neuen Grundmessprogramm einige Parameter des früheren GMP und ZMP entfallen. Daher wurden in vorliegendem Fachbeitrag die Daten der vergangenen zwanzig Beprobungsjahre zusammenfassend ausgewertet. Zum einen wurde der Datenbestand für die Parameter, die ab 2010 aus dem Grund- und Zusatzmessprogramm entfallen, dokumentiert, zum andern wurden landesweite statistische Auswertungen für ausgewählte Parameter erarbeitet, tabellarisch und teils kartografisch dargestellt und erläutert.

Für die entfallenden Parameter des GMP liegen je nach Parameter für knapp 500 bis rund 1.370 Messstellen Daten vor, wobei in der Regel die meisten Messwerte (über 80%) über der Bestimmungsgrenze des jeweiligen Parameters liegen, und somit eine verlässliche statistische Auswertung der Beschaffenheitsdaten möglich ist. Der Datenbestand für die entfallenden Parameter des ZMP ist zwar ähnlich groß, allerdings liegt oft ein erheblicher Anteil der Messwerte unter der analytischen Bestimmungsgrenze des jeweiligen Parameters, so dass verlässliche Auswertungen hier nicht mehr möglich sind, da sich die Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze je nach mathematischer Behandlung dann signifikant auf das Ergebnis auswirken. Sofern für die Parameter des Grund- oder Zusatzmessprogramms Warn- oder Grenzwerte definiert sind, wurden diese in der Regel nicht erreicht. Teilweise sind beträchtliche Schwankungsbreiten der Grundwasserbeschaffenheit festzustellen. Bei den landesweiten Auswertungen zeigte sich, dass diese, je nach Parameter mehr oder weniger stark, durch den komplexen geologischen Bau Baden-Württembergs bedingt sind.

Mit den in vorliegendem Fachbeitrag dokumentierten Auswertungen ist der umfangreiche Datenbestand der Grundwasserdatenbank Wasserversorgung bei Weitem nicht erschöpfend wissenschaftlich bearbeitet. Weitere Aspekte, etwa zu zeitlichen Entwicklungen oder ein Vergleich der Beschaffenheit der genutzten Grundwässer in Baden-Württemberg mit der natürlichen geogenen Grundwasserbeschaffenheit würden vielversprechende Erkenntnisse erwarten lassen.



## 6 Literatur

- Beirat "Erfassung und Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit" 1986: Informationsschrift zum Aufbau und Betrieb eines landesweiten Grundwasserbeschaffenheitsmessnetzes im Rahmen des Grundwasserüberwachungsprogramms in Baden-Württemberg. Grundwasserüberwachungsprogramm. Konzept und Grundsatzpapiere. Handbuch Hydrologie Baden-Württemberg (1989) .
- Grundwasserdatenbank Wasserversorgung 2010: Ergebnisse der Beprobung 2009. (CD-ROM oder unter <http://www.grundwasserdatenbank.de/>)
- LfU Baden-Württemberg 1994: Grundwasserüberwachungsprogramm. Geogen geprägte Hintergrundbeschaffenheit - Ergebnisse aus dem Basismeßnetz. Hintergrundwerte 1985-1991.
- LfU Baden-Württemberg 2001a: Atlas des Grundwasserzustandes in Baden-Württemberg. Grundwasserschutz 19.
- LfU Baden-Württemberg 2001b: Grundwasserüberwachungsprogramm. Leitfaden für Probenahme und Analytik von Grundwasser. 2. Auflage. Grundwasserschutz 15.
- GLA Baden-Württemberg & LfU Baden-Württemberg 1979: Hydrogeologische Karte von Baden-Württemberg. Bühl-Offenburg.
- Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, LfU Baden-Württemberg 2007: Wasser- und Bodenatlas Baden-Württemberg (WaBoA). Stand: 3. Lieferung 2007.
- Plum H., Dietze G., Armbruster V., Wirsing G. 2009: Natürliche Geogene Grundwasserbeschaffenheit in den hydrogeochemischen Einheiten von Baden-Württemberg. LGRB (Landesamt für Geologie Rohstoffe und Bergbau) (Hrsg.): LGRB-Informationen 23, 1-192.

