

# Grundwasser- überwachungsprogramm Ergebnisse der Beprobung 1999



1975 - 2000  
**25**  
JAHRE

**LU**





# Grundwasser- überwachungsprogramm Ergebnisse der Beprobung 1999



Herausgegeben von der  
Landesanstalt für Umweltschutz  
Baden-Württemberg  
1. Auflage  
Karlsruhe 2000

**Impressum**

<b>Herausgeber</b>	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg  76157 Karlsruhe · Postfach 21 07 52 <a href="http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de">http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de</a>
<b>ISSN</b>	1437-0131 (Bd. 14, 2000)
<b>Bearbeitung</b>	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Abteilung 4 - Wasser und Altlasten
<b>Umschlaglayout</b>	Stephan May · Grafik-Design, 76227 Karlsruhe
<b>Titelbild</b>	Jutta Ruloff · Dipl. Designerin, 76275 Ettlingen
<b>Druck</b>	Greiserdruck, 76437 Rastatt
<b>Umwelthinweis</b>	gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier
<b>Bezug über</b>	Verlagsauslieferung der LfU bei JVA Mannheim – Druckerei, Herzogenriedstr. 11, 68169 Mannheim Telefax: 0621 / 398-370
<b>Preis</b>	24,00 DM (12,27 Euro)

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

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	5
Die wichtigsten Ergebnisse im Überblick .....	6
<b>1 Grundwassermessnetz Baden-Württemberg .....</b>	<b>10</b>
1.1 Zielsetzung .....	10
1.2 Organisation des Landesmessnetzes .....	10
1.3 Organisation des Kooperationsmessnetzes .....	11
1.4 Qualitätssicherungen im Rahmen des Messnetzbetriebes .....	11
1.4.1 Stammdaten der Messstellen .....	11
1.4.2 Messwerte zur Grundwasserbeschaffenheit .....	14
1.5 Datenverarbeitung für das Grundwassermessnetz .....	14
<b>2 Das Grundwasser 1999 in Baden-Württemberg .....</b>	<b>18</b>
2.1 Hydrologische Situation .....	18
2.2 Grundwasserneubildung aus Niederschlägen .....	20
2.3 Die Grundwasservorräte 1999 in Baden-Württemberg .....	22
2.3.1 Datengrundlage und allgemeine Zustandsbeschreibung .....	22
2.3.2 Überregionale Grundwasserverhältnisse .....	22
2.4 Nitrat .....	26
2.4.1 Statistische Kennzahlen für die verschiedenen Emittentengruppen .....	26
2.4.2 Räumliche Verteilung .....	26
2.4.3 Regionalisierung .....	28
2.4.4 Zeitliche Entwicklung .....	28
2.4.5 Nitratentwicklung innerhalb und außerhalb von Wasserschutzgebieten .....	33
2.4.6 Bewertung .....	33
2.5 MTBE - Methyltertiärbutyläther - Pilotuntersuchungen .....	34
2.5.1 Eigenschaften von MTBE .....	34
2.5.2 Verwendung von MTBE .....	34
2.5.3 Ergebnisse .....	34
2.5.4 Bewertung .....	35
2.6 Versauerung - pH-Wert .....	36
2.6.1 Problembeschreibung, Bedeutung .....	36
2.6.2 Landesweite Situation, räumliche Verteilung, Tendenzen, Bewertung .....	36
2.7 „Geogene“ Parameter .....	38
2.7.1 Natürliches Vorkommen und Befunde .....	38
2.7.2 Bewertung .....	38

2.8 Cadmium .....	39
2.8.1 Natürliches Vorkommen und Eigenschaften .....	39
2.8.2 Anthropogene Herkunft und Emissionspfade .....	39
2.8.3 Landesweite Situation, räumliche Verteilung, statistische Kennzahlen, Bewertung .....	40
<b>3 Statistische Übersichten der Teilmessnetze .....</b>	<b>44</b>
3.1 Trendmessnetz (TMN) – Menge .....	44
3.2 Gesamtmessnetz - Beschaffenheit .....	46
3.3 Basismessnetz (BMN) .....	48
3.4 Rohwassermessstellen (RW) .....	50
3.5 Emittentenmessstellen Landwirtschaft (EL) .....	52
3.6 Emittentenmessstellen Industrie (EI) .....	54
3.7 Emittentenmessstellen Siedlung (ES) .....	56
3.8 Quellmessnetz (QMN) .....	58
<b>4 Ausblick .....</b>	<b>60</b>
<b>5 Literaturverzeichnis .....</b>	<b>61</b>
5.1 Grundwasserüberwachungsprogramm Baden-Württemberg – Ergebnisse .....	61
5.2 Fachspezifische EDV - Fachanwendungen .....	62
<b>Anhang .....</b>	<b>64</b>
A1 Messstellenarten .....	64
A2 Messprogramme im Herbst 1999 .....	64
A3 Statistische Verfahren .....	65
A3.1 Rangstatistik .....	65
A3.2 Rangstatistik und Boxplot .....	65
A3.3 Zeitreihenstatistik: Trends an konsistenten Messstellengruppen .....	66
A4 Bestimmungsgrenze, Rechenvorschriften, Grenzwert, Warnwert .....	66
A5 Darstellung von Konzentrationen in Karten .....	68
A6 Hinweise zu den Statistiktabelle .....	68
A7 Kopiervorlage zur Erstellung einer Orientierungsfolie für die Konzentrationskarten .....	69

## Abkürzungsverzeichnis

AQS	=	Analytische Qualitätssicherung
BG	=	Bestimmungsgrenze
BMN	=	Basismessnetz
DVGW	=	Deutsche Vereinigung des Gas- und Wasserfaches e.V.
DWD	=	Deutscher Wetterdienst
EI	=	Emittentenmessstellen Industrie
EL	=	Emittentenmessstellen Landwirtschaft
ES	=	Emittentenmessstellen Siedlung
GIS	=	Geografisches Informationssystem
GR	=	Grobrastermessnetz
GW	=	Grenzwert der Trinkwasserverordnung vom 05.12.1990
GWDB	=	Grundwasserdatenbank der LfU
GWD-WV	=	Grundwasserdatenbank Wasserversorgung
KIWI	=	Kommunikatives Integratives Wasserwirtschaftliches Informationssystem
LABDÜS	=	Labordatenübertragungssystem
Mst.	=	Messstelle
Mw	=	Messwert
QMN	=	Quellmessnetz
RW	=	Rohwassermessnetz
RW-öVV	=	Rohwasser für öffentliche Wasserversorgung
SE	=	sonstige Emittentenmessstellen
StaLa	=	Statistisches Landesamt
TMN	=	Trendmessnetz Grundwassermenge, Grundwasserstand, Quellschüttung, Lysimeter
TrinkwV	=	Trinkwasserverordnung vom 05.12.1990
VF	=	Vorfeldmessstellen
VGW	=	Verband der Gas- und Wasserwerke Baden-Württemberg e.V.
VKU	=	Verband kommunaler Unternehmen
VML	=	Verdichtungsmessnetz Landwirtschaft
VMI	=	Verdichtungsmessnetz Industrie
VMS	=	Verdichtungsmessnetz Siedlungen
VMW	=	Verdichtungsmessnetz Wasserversorgung
WAABIS	=	Informationssystem Wasser, Abfall, Altlasten, Boden
WVU	=	Wasserversorgungsunternehmen
WW	=	Warnwert des Grundwasserbeschaffenheitsmessnetzes
ZEUS	=	Zentrales Umweltkompetenzsystem

### Chemische Parameter:

AOX	=	Adsorbierbare, organisch gebundene Halogene
DOC	=	Organisch gebundener Kohlenstoff
BTXE	=	Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol (organische Lösemittel)
DE-Atrazin	=	Desethylatrazin
DI-Atrazin	=	Desisopropylatrazin
EDTA	=	Ethylendiamintetraessigsäure (organischer Komplexbildner)
LHKW	=	Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe
MTBE	=	Methyltertiärbutylether
NTA	=	Nitrilotriessigsäure (organischer Komplexbildner)
PAK	=	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PSM	=	Pflanzenschutzmittel

mg / l / J = Änderung in Milligramm pro Liter und Jahr

## Die wichtigsten Ergebnisse im Überblick

Im Jahr 1999 wurden Daten zur **Grundwassermenge** an rund 2.750 Landesmessstellen erfasst und ausgewertet. Diese Daten spielen bei der Grundwasserbewirtschaftung und den zur Bilanzierung eingesetzten großräumigen Grundwassermodellen eine bedeutende Rolle.

Für den vorliegenden Bericht wurden die Daten von rund 220 Trendmessstellen des Landes herangezogen.

Die **Grundwasserbeschaffenheit** wurde 1999 an insgesamt 2.717 Messstellen des Landesmessnetzes untersucht. Das Land trägt hierbei die Kosten von 2.157 Messstellen.

Die Wasserversorgungswirtschaft stellte als Kooperationsbeitrag die Daten von 730 Messstellen zur Verfügung.

Das Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz umfasst:

- weitgehend unbelastete Basismessstellen,
- Rohwassermessstellen der öffentlichen Wassergewinnungsanlagen,
- Vorfeldmessstellen im Zustrombereich von Rohwasserfassungen,
- emissionsorientierte Messstellen im Einflussbereich von Landwirtschaft, Industrie, Siedlung und anderen Gefährdungspotentialen
- sowie Quellen im Festgesteinsbereich zur Verknüpfung von qualitativen und quantitativen Aspekten.

Aus Kostengründen werden seit 1995 bei den Beprobungen nur einzelne Parametergruppen untersucht. Nachdem 1996 und 1997 die landwirtschaftlich relevanten und 1998 die industrierelevanten Parameter gemessen wurden, standen 1999 die ursprünglich natürlichen, „geogenen“ Parameter im Vordergrund. Geogene Stoffe können durch anthropogene, d. h. vom Menschen verursachte Belastungen Konzentrationsveränderungen sowohl hinsichtlich Erhöhung oder Erniedrigung erfahren.

### Die quantitative Grundwassersituation des Jahres 1999 stellt sich wie folgt dar:

- Die Jahressummen der Niederschläge überstiegen die langjährig mittleren Verhältnisse. Neben im Allgemeinen eher ausgeglichenen Verhältnissen erreichten die Monatssummen der Niederschläge im Februar und im Dezember weit überdurchschnittliche Werte.
- Die Grundwasserneubildung aus Niederschlägen war 1999 deutlich überdurchschnittlich. Die starken Niederschläge zum Jahresende 1998 aktivierten den Versickerungsprozess, der bis Juni 1999 durchgehend hohe Neubildungsraten halten konnte. Die starken Niederschläge zum Jahresende 1999 führten zu einer überdurchschnittlichen Grundwasserneubildung im Dezember.
- Die Grundwasserstände und Quellschüttungen waren im Allgemeinen deutlich überdurchschnittlich, z.T. wurden langjährige Monatshöchstwerte überschritten. Die hohe Grundwasserneubildung ab November 1998 führte bis ins Jahr 1999 hinein zu einem großräumigen Anstieg der Grundwasservorräte bis auf ein hohes Niveau. Diese Entwicklung war in den südöstlichen Landesteilen, in denen bisher eine angespannte Grundwassersituation zu verzeichnen war, besonders markant.
- Die mittelfristige (20-Jahre) und die langfristige (50-Jahre) Tendenz sind aber nach wie vor fallend.

### Die qualitative Grundwassersituation des Jahres 1999 stellt sich wie folgt dar:

- **Ursprünglich rein geogene Stoffe** und Parameter sind in vielen Fällen anthropogen, d.h. durch menschliche Aktivitäten, überprägt. Sie lassen sich in großer Werte- und Konzentrationsvielfalt nachweisen. In einzelnen Regionen entsprechen bereits die natürlich bedingten Werte teilweise nicht den Trinkwasseranforderungen. Einige Konzentrationen sind anthropogen nur leicht erhöht,



- andere so stark, dass Warn- und Grenzwerte überschritten werden.
- **Nitrat** und die **Pflanzenschutzmittel (PSM)** sind nach wie vor die Hauptbelastungsfaktoren in den landwirtschaftlich genutzten Gebieten. Die regionalen Belastungsschwerpunkte sind etwa die gleichen wie in den Vorjahren. Im Vergleich zum Vorjahr ergeben sich bei Nitrat ein leichter Anstieg und bei Atrazin und Desethylatrazin eine deutliche Abnahme.
  - Niedrige **pH-Werte** mit Grenzwertunterschreitungen werden in Gebieten mit weichen Wässern im Schwarzwald und Odenwald gemessen. Die Versauerungstendenz stagniert.
  - Eine versauerungsbedingte **Aluminium**freisetzung kann im Herbst 1999 zwar lokal an einigen Messstellen in Schwarzwald und Odenwald beobachtet werden, jedoch sind nur sehr wenige Warn- und Grenzwertüberschreitungen festzustellen.
  - **Schwermetalle** und andere **Spurenelemente** sind z.T. in großer Häufigkeit aber meist in natürlich kleinen Konzentrationen messbar. Diese sind meist geogen bedingt. Häufigere Überschreitungen der Trinkwassergrenzwerte sind nur beim **Arsen** festzustellen.
  - Bei anderen Schwermetallen – d. h. bei **Quecksilber, Cadmium, Chrom, Blei** - und auch bei **Cyanid** - finden sich nur einzelne lokale Belastungen.

#### Die statistischen Auswertungen ergeben folgende Einzelbewertungen:

**Ursprünglich rein geogene Stoffe** – wie auch **Schwermetalle** - und Parameter mit Grenzwertüberschreitungen an mehr als 1 % aller Messstellen sind: Mangan (17 %), Trübung (12 %), Eisen (10 %), Nitrat (11 %), pH (Unterschreitungen: 6,4 %), Färbung (4,5 %), Magnesium (3,8 %), Sulfat (3,8 %), Kalium (3,3 %), Arsen (2,6 %), Ammonium (2,3 %), Elektrische Leitfähigkeit (1,1 %). Hier liegen neben natürlichen Ursachen z.T. auch direkte anthropogene Belastungen vor.

Bei den **Cyaniden** wird der Grenzwert der TrinkwV an 0,2% aller Messstellen, der Warnwert an 14 Messstellen überschritten. Es muss überprüft werden, welche besonderen Standortbedingungen an den betreffenden Messstellen vorliegen.

Die **Nitrat**-Belastung ist anhaltend hoch. An jeder zehnten Messstelle wird der Nitratgrenzwert der Trinkwasserverordnung (50 mg/l) überschritten. Der Grenzwert der TrinkwV wird an 10,1 % der Messstellen des Gesamtmessnetzes (Vorjahr: 10,6 %) und der Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogrammes (40 mg/l) an 18,2 % (Vorjahr: 17,2 %) überschritten. An den Emitentenmessstellen Landwirtschaft liegt die Überschreitungshäufigkeit des Warnwertes weiterhin mit 36,7 % (Vorjahr: 36,5 %) deutlich höher als z. B. bei den Rohwassermessstellen mit 11,3 % (Vorjahr: 9,9 %).

Die Schwerpunkte der Belastung liegen unverändert in den Regionen Mannheim / Heidelberg, Stuttgart / Heilbronn, Markgräfler Land, Main-Tauber-Kreis und Oberschwaben.

Insgesamt hat die mittlere Nitratbelastung im Jahre 1999 im Vergleich zum Vorjahr leicht zugenommen. Bei 2.211 sowohl im Jahr 1998 als auch 1999 beprobten Messstellen stieg der Mittelwert um 0,34 mg/l. Mittelfristig, d. h. seit 1994, ist die Gesamttendenz aber immer noch abnehmend. Für alle im Zeitraum 1994-1999 als signifikant ermittelten Trends nimmt die Konzentration im Mittel um 0,85 mg/l pro Jahr ab. Für rd. zwei Drittel aller durchgehend beprobten Messstellen konnte kein signifikanter Trend festgestellt werden. Noch immer überschreiten alle Median- und Mittelwerte das Niveau von 1992.

Die selbe kurz- und mittelfristige Entwicklung tritt innerhalb von Wasserschutzgebieten gleichermaßen auf wie außerhalb.

Beim **pH-Wert** wird der obere Grenzwert der TrinkwV von 9,5 pH an keiner Messstelle überschritten. Der untere Grenzwert von 6,5 pH wird an jeder 16ten Messstelle unterschritten, d.h. an 6,4 % aller Messstellen, meist im versauerungsgefährdeten Schwarzwald und Odenwald. Bei 92

durchgehend seit 1992 beprobten Messstellen aus o.g. Regionen nahm der pH-Herbstwert von 1998 auf 1999 mit +0,03 pH-Einheiten nicht signifikant zu.

Hohe **Aluminium**gehalte über dem Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms werden im Herbst 1999 nur an 0,7 % aller Messstellen beobachtet, d.h. an 16 Messstellen. Davon sind rund die Hälfte versauerungsbedingt. Die anderen Überschreitungen sind auf hohe Tongehalte im Aquifer zurückzuführen.

Erstmals wurden 1999 die Elemente **Lithium**, **Strontium-88** und **Uran-238** im Gesamtmessnetz untersucht. Sie wurden an 90 - 100 % aller Messstellen nachgewiesen. Die festgestellten Konzentrationen entsprechen nahezu durchweg einem natürlichen Ursprung.

Aufgrund von Hinweisen aus den USA auf Belastungen im Trinkwasser wurde auch in Baden-Württemberg der Kraftstoffzusatz **Methyltertiärbuthylether (MTBE)** an 26 besonders gefährdeten Messstellen analysiert. An rd. 23 % dieser Messstellen wurde MTBE gefunden, d.h. an 6 Messstellen. Die Nähe zu Tankstellen, Raffinerien, Güterbahnhöfen und Bundesstrassen und die dort auch bekannten Befunde von Kohlenwasserstoffen und BTXE lassen auf Schadensfälle durch auslaufenden Kraftstoff schliessen.

#### Fazit:

- Die Grundwasservorräte im Jahr 1999 sind im Vergleich zu den langjährigen Verhältnissen deutlich überdurchschnittlich. Die Grundwasserstände und Quellschüttungen haben sich in diesem Jahr deutlich erhöht.
- Starke Niederschläge in den Neubildungsrelevanten Wintermonaten führten 1999 zu einer allgemeinen Erholung der Grundwasservorräte. In den südöstlichen Landesteilen hat sich die quantitative Grundwassersituation entspannt. Aufgrund der jüngsten Grundwasserhöchststände sind dort kurzfristig steigende Tendenzen zu beobachten (10-Jahres-Trends).
- Die Nitrat - Belastung ist nach wie vor flächenhaft hoch. Die natürlicherweise niedrigen Nitratkonzentrationen sind an mindestens 60–70 % der Messstellen anthropogen überhöht.
- Der Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogrammes von 40 mg/l wird nach wie vor an fast jeder fünften Messstelle überschritten. Der seit 1994 leicht fallende Trend wurde durch eine geringfügige Zunahme der mittleren Konzentration im Jahr 1999 wieder abgeschwächt. Atrazin und Desethylatrazin nahmen vergleichsweise stark ab.
- Hohe Schwermetallkonzentrationen und Cyanide kommen nur vereinzelt vor und stellen, abgesehen von lokalen Kontaminationen, keine großräumige Belastung dar. Von den gesundheitlich relevanten Schwermetallen ist Arsen am häufigsten messbar.
- Die Warn- und Grenzwertüberschreitungen einiger „geogener“ - ursprünglich natürlicher - Stoffe sind überwiegend naturbedingt, teilweise auch nutzungsbedingt.
- Bei der Grundwasserversauerung kann es weiterhin keine Entwarnung geben. An betroffenen Messstellen stagniert die Versauerungstendenz kurz über dem unteren Grenzwert. Die höheren pH-Werte des trockenen Jahres 1992 werden noch nicht wieder erreicht.
- Der stichprobenartig untersuchte Kraftstoffzusatz MTBE wurde an einigen besonders gefährdeten Messstellen in der Nähe von Tankstellen, Raffinerien, Güterbahnhöfen und Bundesstraßen gefunden. Es ist davon auszugehen, dass es sich hierbei um Schadensfälle durch Kraftstoffversickerung handelt.
- Bei der Schadensfallbearbeitung und Altlastenbehandlung ist MTBE künftig mehr Aufmerksamkeit zu schenken.
- Die großräumigen Belastungsverhältnisse des Grundwassers geben weiterhin Anlass zur Besorgnis. Bereits eingeleitete Schutzmaßnahmen sind weiter zu verfolgen bzw. zu verbessern.



Abbildung 0.1: Übersicht über die Ergebnisse der Beprobung 1999: Prozentuale Verteilung der Messwerte (BG = Bestimmungsgrenze, WW = Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogrammes, GW = Grenzwert der Trinkwasserverordnung, < kleiner als, > größer als, ≤ kleiner gleich, in Klammern: Anzahl der Messwerte, x = kein Warn- oder kein Grenzwert festgelegt, xx = kein Warn- und kein Grenzwert festgelegt).

# 1 Grundwassermessnetz Baden-Württemberg

## 1.1 Zielsetzung

Im Rahmen des Grundwasserüberwachungsprogramms Baden-Württemberg werden flächenhaft repräsentative Daten erhoben, erfasst, aufbereitet, ausgewertet und verfügbar gemacht.

Das Grundwassermessnetz als Teil dieses Programmes soll

- die qualitative (Grundwasserbeschaffenheit) und quantitative (Grundwasserstand und Quellschüttung) Situation und Entwicklung dokumentieren und regelmäßig in Berichten darstellen,
- die Einflussfaktoren aufzeigen, also Auswirkungen von Nutzungen auf das Grundwasser untersuchen und beurteilen.

Aufgrund der gewonnenen Daten aus dem Messnetz können dann Verbesserungs- und Eingriffsmöglichkeiten sowie Lenkungsmöglichkeiten genannt werden.

Ein repräsentatives Grundwassermessnetz mit den zugehörigen Untersuchungsprogrammen, aktuellen Datendiensten und Bewertungen ist zugleich ein Frühwarnsystem für großräumige natürlich und anthropogen verursachte Veränderungen des Grundwassers, beispielsweise Versauerung, Klimafolgen, Belastungsveränderungen und Übernutzungen.

Die Bestandteile des Grundwasserüberwachungsprogrammes sind in der unveränderten Neuauflage „Rahmenkonzept Grundwassermessnetz“ beschrieben (LfU, 2000).

## 1.2 Organisation des Landesmessnetzes

Das Landesmessnetz Grundwasser besteht aus:

- gegliedert nach Beeinflussungen im Eintragsgebiet,
- Untersuchung aller Messstellen im Herbst mit jährlich wechselndem Messprogramm
- Untersuchung von rund 560 Messstellen alle 2 Monate auf Stickstoffparameter
- Zuständigkeit: LfU
- dem Verdichtungsmessnetz Wasserversorgung:
  - rund 900 Messstellen,
  - ist nur z.T. Gegenstand dieses Berichts
  - Zuständigkeit: vedewa Stuttgart
- dem Trendmessnetz Grundwasserstand
  - 200 Messstellen
  - wöchentliche Messung des Wasserstandes
  - Zuständigkeit: LfU
- dem Quellmessnetz
  - 200 Messstellen
  - wöchentliche Messung der Quellschüttung (derzeit im Aufbau)
  - Untersuchung aller Messstellen im Herbst mit jährlich wechselndem Messprogramm
  - Untersuchung von 60 Messstellen alle 2 Monate auf versauerungs- und schüttungsabhängige Parameter
  - Zuständigkeit: LfU
- dem Lysimetermessnetz
  - 30 Messstellen
  - tägliche bis wöchentliche Messung der Sickerwassermenge
  - Zuständigkeit: LfU
- Der größere Anteil an Grundwasserstands-Landesmessstellen (rund 2.500 Messstellen) ist nicht Gegenstand dieses Berichts, da er von den Gewässerdirektionen und den Bereichen hinsichtlich der Fragestellungen zum

übergebiertlichen Grundwasserschutz verwaltet wird.

Die Teilmessnetze und die zugehörige Messstellenanzahl sind in Tab. 1.1.1 gegenübergestellt.

Die Organisation der Beprobung der Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen und der Messung von Grundwasserstands- bzw. Quellschüttungsmessstellen ist grundlegend unterschiedlich (Tab. 1.1.2).

### **1.3 Organisation des Kooperationsmessnetzes**

Das Anfang der achtziger Jahre entwickelte Kooperationsmodell zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit in Baden-Württemberg konnte nur mit den Wasserversorgungsunternehmen weitergeführt werden.

Grundlage für den Betrieb des Kooperationsmessnetzes ist eine Vereinbarung zwischen VGW, DVGW-Landesgruppe, VKU, Städtetag und Gemeindetag. Die genannten Organisationen haben die vedewa r.V., Stuttgart, damit beauftragt, für die Rohwasseranalysen eine eigene Datenbank (GWD-WV) einzurichten und zu betreiben.

Die dort eingehenden Daten werden der LfU für die landesweite Berichterstattung übermittelt.

Parallel werden die Ergebnisse der Wasserversorgungsunternehmen in einem eigenständigen Bericht der GWD-WV dargestellt.

Zum Stichtag 01.03.2000 wurden aus der GWD-WV insgesamt 858 Analysen von 730 verschiedenen WVU-Messstellen bereitgestellt. Davon konnten 90 Analysen von 67 Messstellen bei der LfU aus verschiedenen Gründen nicht ausgewertet werden (DV-technische Probleme, nicht eindeutige Messstellenzuordnung, fehlende Stammdaten, keine Zuordnung zu WVU).

Weitere 103 WVU-Messstellen mit 138 Analysen wurden auch in dem von der LfU betriebenen Teil des Landesmessnetzes beprobt.

Letztlich wurden für 1999 zusätzlich zum vom Land betriebenen Messnetz 630 WVU-Analysen von 560 verschiedenen WVU-Messstellen in die Grundwasserdatenbank der LfU eingelesen und ausgewertet. Die regionale Verteilung dieser WVU-Kooperationsmessstellen zeigt Abbildung 1.1.1.

Mit den anderen Partnern, wie Industrie und Landwirtschaft, stehen Kooperationsbeiträge in wünschenswertem Umfang nach wie vor aus.

### **1.4 Qualitätssicherungen im Rahmen des Messnetzbetriebes**

#### **1.4.1 Stammdaten der Messstellen**

Die Überprüfung der Stammdaten der rund 2.200 Beschaffenheits-Messstellen, insbesondere die Bauformen, Ausbauten, Koordinaten und Nutzungen der Aufschlüsse und Probenahmestellen, die Betreiberadressen und die Ansprechpartner für die Messstellen sowie der Abgleich zwischen den Stammdaten der Messstellen und dem Inhalt der GWDB sind weitgehend abgeschlossen. Derzeit werden die 200 Trendmessstellen des Grundwasserstandsmessnetzes sowie die 200 Trendquellen in gleicher Weise bearbeitet.

Die Überarbeitung der Stammdaten von einzelnen Messstellen finden nach jeder Beprobungskampagne in Form der Aufarbeitung der zurückgesandten Beprobungsunterlagen statt. Dabei werden z.B. aktuelle Messstellenfotos mit älteren Fotos verglichen, Informationen von Probennehmern zur Messstelle oder Probenahme gesichtet und gegebenenfalls auftretende Unstimmigkeiten oder Probleme mit den Probennehmern, den Messstellenbetreibern oder über die zuständigen Vor-Ort-Behörden geklärt.

Tabelle 1.1.1: Übersicht über die Teilmessnetze und ihre Messstellenanzahl, Herbst 1999.

Teilmessnetz		Anzahl der beprobten Messstellen im Herbst 1999		
Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz	Abk.	Land	Kooperationsmessnetz	Gesamt
Basismessnetz	BMN	112		112
Rohwassermessstellen für die öffentliche Wasserversorgung	RW	167	730	897*
Vorfeldmessstellen	VF	59		59
Emittentenmessstellen Landwirtschaft	EL	673		673
Emittentenmessstellen Industrie	EI	441		441
Emittentenmessstellen Siedlung	ES	432		432
Sonstige Emittentenmessstellen	SE	75		75
Quellmessnetz	QMN	198		198
<b>Summe</b>	<b>Alle</b>	<b>2.157</b>	<b>730</b>	<b>2.887</b>

Grundwassermengennessnetz		Anzahl der beobachteten Messstellen 1999		
Grundwassermengennessnetz	Abk.	Trendmessnetz	Regionalmessnetz	Gesamt
Grundwasserstand	ST	rund 200	rund 2.300	rund 2.500
Quellschüttung	QS	rund 10	rund 200	rund 210
Lysimeter	Lys	8	rund 30	rund 40
<b>Summe</b>	<b>Alle</b>	<b>rund 220</b>	<b>rund 2.530</b>	<b>rund 2.750</b>

\* für 103 Mst. liegen zu den Daten des Landes ergänzende Daten der WVU vor, bei 67 Messstellen gab es Probleme bei der Übertragung und Zuordnung.

Tabelle 1.1.2: Organisation der vom Land betriebenen Teilmessnetze.

Organisation	Grundwasserbeschaffenheit	Grundwasserstand/Quellschüttung
<b>Messturnus</b>	Einmal jährlich im Herbst (Herbstbeprobung). Für besondere Fragestellungen wie z. B. SchALVO oder Versauerung teilweise in zweimonatlichem Rhythmus.	Grundwasserstand: an jedem Montag (Regelfall) Quellschüttung: wöchentlich Lysimeter: täglich bis mehrmals wöchentlich
<b>Organisation</b>	LFU und Regieunternehmen (Vergabe)	LFU, Gewässerdirektionen und deren Bereiche
<b>Messung</b>	Probennahme und Analytik durch chemische Labors. Nachweis der Qualifikation u. a. durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Regelmäßige erfolgreiche Teilnahme an der Analytischen Qualitätssicherung (AQS) mit Ringversuchen und externen Laborauditorierungen)</li> <li>• Teilnahme an Probennahme-Lehrgängen der LFU</li> </ul>	Mengenmessung durch freiwillige oder vom Land verpflichtete Beobachter. Unterschiedlicher Datenfluss bei den „Trendmessstellen“ für die landesweite Zustandsbeschreibung und den „Regionalmessstellen“ für den übergeordneten Grundwasserschutz.
<b>Messstelleneigentümer</b>	Größtenteils wird auf Messstellen zurückgegriffen, die nicht in Landesbesitz sind. Private, gewerbliche und kommunale Betreiber stellen die Messstellen zur Probennahme/Beobachtung zur Verfügung.	
<b>Kosten</b>	Die Kosten für Probennahme und Analytik bzw. Beobachtung trägt das Land.	
<b>Datenerfassung und Übermittlung</b>	Die mittels LABDÜS (LABorDatenÜbertragungssystem) von den chemischen Labors erfassten Analysen werden der LFU per Diskette übermittelt.	Die Beobachter übersenden Belege mit den eingetragenen Messdaten. Die Erfassung erfolgt durch die LFU bzw. per Vergabe an Büros.
<b>Datenhaltung</b>	Grundwasserdatenbank (GWDB) der LFU	
<b>Datenplausibilisierung</b>	Statistische und visuelle Plausibilisierungen beim Einlesen der Messwerte, ggf. Nachanalysen bei den Labors. Weiterhin: Mehrfachbestimmungen, vergleichende Untersuchungen, Analyse von Rückstellproben und Probennahmekontrollen vor Ort.	Visuelle Belegprüfungen, Plausibilitätsprüfung beim Einlesen, Kontrolle der Ganglinien, Zeitreihenanalysen sind vorgesehen.

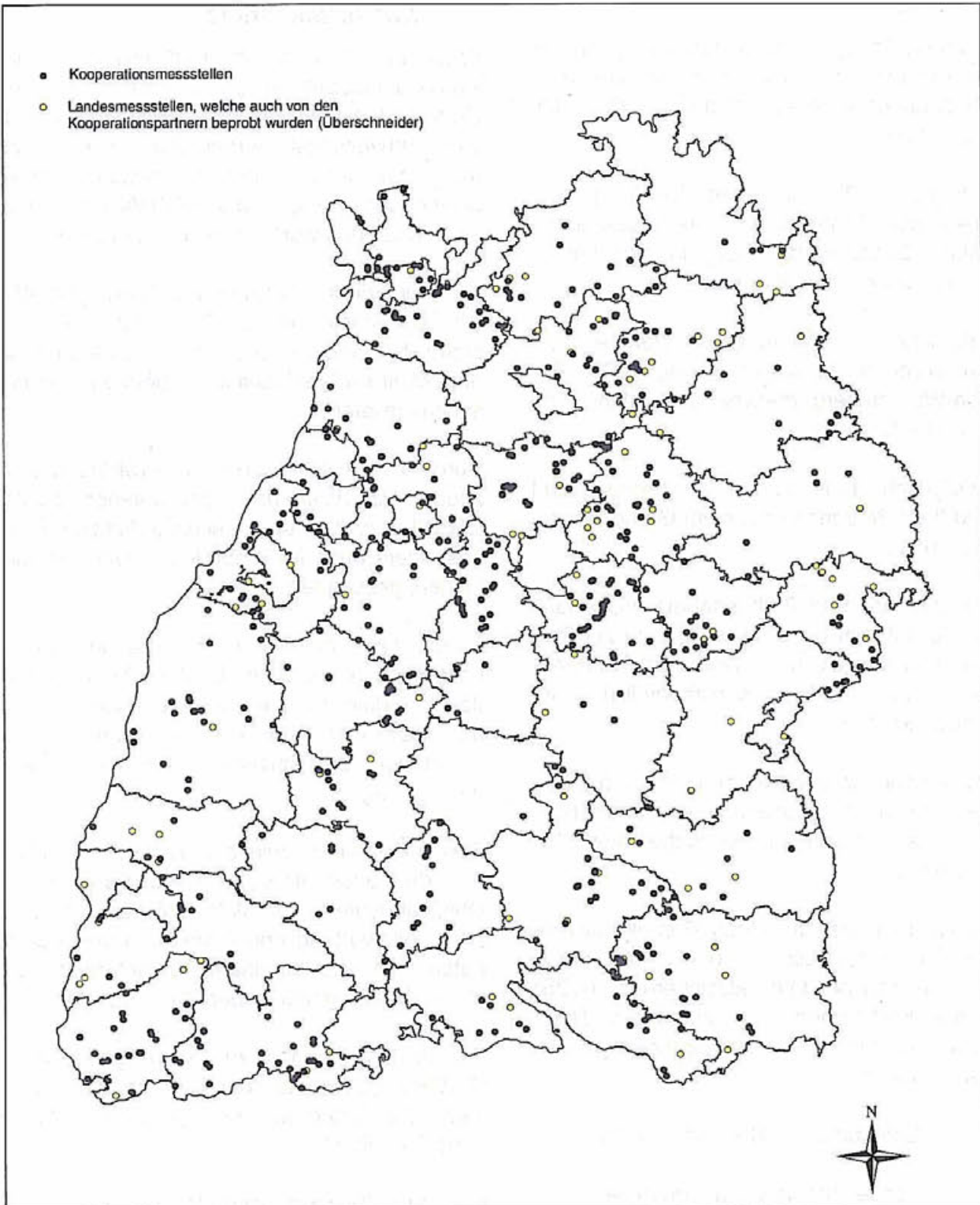


Abbildung 1.1.1: Kooperationsmessstellen der Wasserversorgungsunternehmen (WVU) im Rohwassermessnetz: Regionale Verteilung.

### 1.4.2 Messwerte zur Grundwasserbeschaffenheit

Als Voraussetzung für die Beauftragung für Probenahme und Analytik sind im Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz folgende Qualifikationen erforderlich:

- Erfolgreiche Teilnahme an den Ringversuchen der Analytischen Qualitätssicherung (AQS) Baden-Württemberg in den beiden Jahren vor der Beauftragung.
- Erfolgreiche Auditierung im Rahmen der Analytischen Qualitätssicherung (AQS) Baden-Württemberg maximal zwei Jahre vor der Beauftragung.
- Erfolgreiche Teilnahme an den Lehrgängen I und II für Probennehmer beim Grundwassermessnetz.
- Der „Leitfaden für Probenahme und Analytik“ der LfU der u. a. die „Anleitung zur Probenahme von Grund-, Roh- und Trinkwasser“ enthält, ist Vertragsbestandteil (LfU, im Druck, 2000).
- Die Einhaltung der Probenahme-Vorgaben wird durch stichprobenartige und unangekündigte Probenahmebesuche vor Ort überprüft.
- Im Rahmen der einzelnen Beprobungsrunden finden zusätzlich zu den zentral durch die Analytische Qualitätssicherung (AQS) Baden-Württemberg durchgeführten Ringversuchen weitere Qualitätssicherungsmaßnahmen statt:
  - Entnahme von Rückstellproben
  - Vergleichende Untersuchungen
  - Nachuntersuchungen auffälliger Werte durch zusätzliche Probenahmen mit dreifach paralleler Analytik.

### 1.5 Datenverarbeitung für das Grundwassermessnetz

Wichtigstes Ziel im Jahr 1999 war, die Grundwasserdatenbank der LfU (GWDB alt) und das KIWI-System der Gewässerdirektionen und Unteren Verwaltungsbehörden durch ein gemeinsames modernes Verfahren zu ersetzen. Beide Altanwendungen lagen als ADABAS-Datenbanksystem vor und waren nicht Jahr-2000-fähig.

Daher wurde im Rahmen des Projekts WAABIS (Wasser Abfall Altlasten Boden Informationssystem) die GWDB - Anwendung als Modul 8 neu entwickelt und rechtzeitig vor dem Jahreswechsel ausgeliefert.

Durch den Einsatz moderner Entwicklungswerkzeuge, hier Java, und dem Datenbanksystem ORACLE wurde eine zukunftssträchtige Basis, besonders auch im Hinblick auf Weiterentwicklungen, geschaffen.

Durch die Entwicklung gemeinsamer Komponenten (Dienste), die in JAVA leicht in verschiedene Module integriert werden können, wurde besonders dem Aspekt der gemeinsamen Verwendbarkeit zur Minimierung der Kosten Rechnung getragen.

Beispielhaft für gemeinsame Komponenten kann hier das Sachdatensystem zur Selektion von Objektattributen, der Adressdienst zur Erfassung, Auswertung und Zuordnung von Adressdaten und das integrierte Geoinformationssystem GIStern genannt werden.

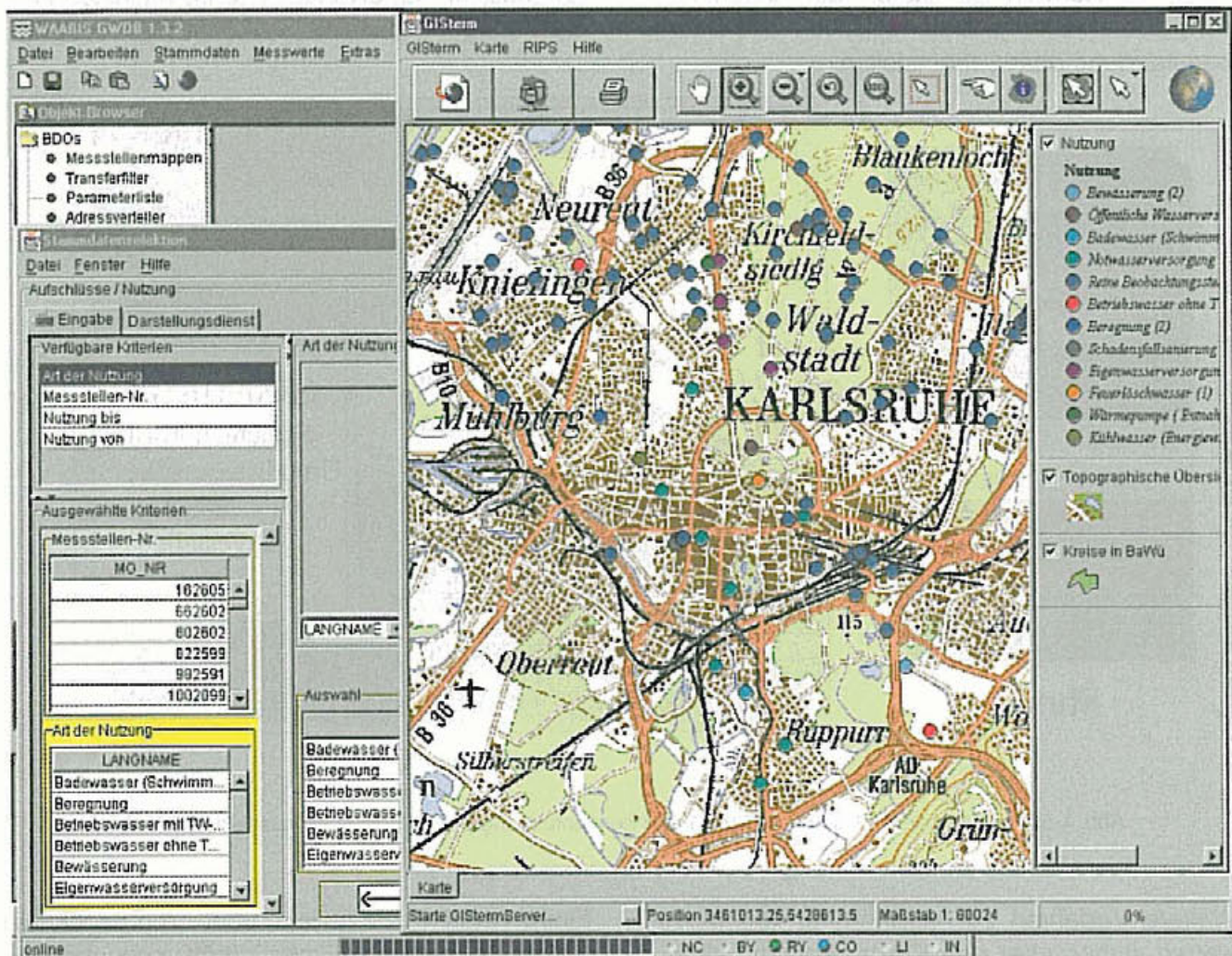
Ein wichtiger Schritt zur Nutzung der neuen GWDB war auch die Konvertierung und das Einlesen der Daten aus den Altsystemen in die neue Datenbank.

Der seit 1987 gewachsene Datenumfang an Objektdateien, chemisch-physikalischen Messwerten, Grundwasserständen, Quellschüttungen und Entnahmedaten steht somit sofort zur Auswertung weiterhin zur Verfügung.



Bei der neuen Oberfläche (Abb. mit GIStern) wurde besonders auf Benutzerfreundlichkeit ge-

achtet. Auswertungsergebnisse können abgespeichert und sofort weiterverarbeitet werden.



Zusammenfassend ergeben sich folgende wichtige Zielsetzungen für die neue Grundwasserdatenbank:

- Unterstützung des Sachbearbeiters beim wirtschaftlichen Betrieb von Messnetzen
- Unterstützung des Sachbearbeiters bei der Auswertung und Bewertung durch entsprechende Funktionalitäten
- Möglichkeiten des Datenexports in Standardanwendungen (z.B. Excel) zur weiteren Bewertung
- Importfunktionen für die rationale Erfassung von Messwerten (Labdüs 2.0)
- Unterstützung von Qualitätssicherungsmaßnahmen durch Ex- und Importfunktionen, die eine Beauftragung externer Dienstleister ermöglichen
- Dezentraler Einsatz der Anwendung und der Datenbank auf ca. 70 Dienststellen
- Datenaustausch zwischen den Dienststellen und Auswertungsmöglichkeiten über den Gesamtbestand eines Teils der Dienststellen oder aller Dienststellen
- Leistungsfähiges System, das in der Lage ist, große Datenmengen zu halten und zu verarbeiten.

Die erste Realisierungsstufe der GWDB, die den Dienststellen zur Verfügung gestellt wurde, umfasst die Kernfunktionalitäten der Datenerfassung, Datenhaltung, Datenselektion und Datenbereitstellung über Schnittstellen.

In einem zweiten Schritt wird jetzt der Auswerteteil, besonders hinsichtlich grafischer Messwertvisualisierung, erweitert und im nächsten Jahr zur Verfügung gestellt.

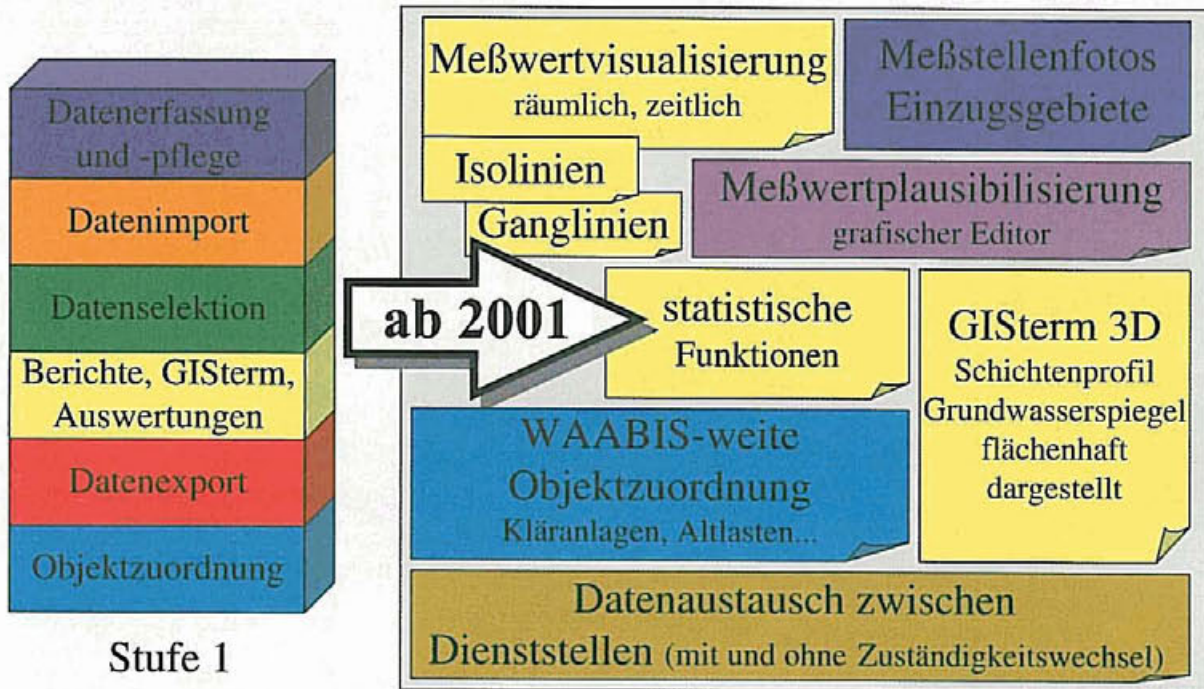


Abb. 1.5.1: Kernfunktionalitäten der Stufe 1 und Konzeptumfang Stufe 2 der Grundwasserdatenbank.

Weitere Verfahren zur Auswertung von Messwerten stehen über den Elektronischen Jahresdatenkatalog als Microsoft-Access-Anwendung zur Verfügung.

Er enthält chemisch-physikalische Messwerte der Jahre 1994 bis 1998 aus dem Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz des Landes.

Einen ersten Überblick über repräsentative Grundwassermengenwerte erhält man über die „Grundwassereilinformation“, die Ganglinien und Stammdaten von ausgesuchten Landesmessstellen im Internet bereitstellen soll - in einem ersten Schritt nur für die Grundwasserstands - Trend - Messstellen.



## 2 Das Grundwasser 1999 in Baden-Württemberg

### 2.1 Hydrologische Situation

Das Jahr 1999 war im Vergleich zu den langjährig mittleren Verhältnissen überdurchschnittlich regenreich. Dieser Zustand ist in allen Landes- teilen erkennbar.

Das Flächenmittel der Niederschlagshöhen be- trug 1999 in Baden-Württemberg 1.070 mm, das sind 110 % des langjährigen Niederschlagsmit- telwertes von 1961-1990 (Abbildung 2.1.1).

Die Monatssummen verdeutlichen starke monat- liche Kontraste. Die gemessenen Monatssum- men entsprechen in der Regel den langjährig mittleren Verhältnissen, allerdings mit markanten Ausnahmen. In der ersten Jahreshälfte war der Februar und teilweise der Monat März deutlich überdurchschnittlich. Zum Jahresende entspra- chen die landesweit gemittelten Dezembernie-

derschläge nahezu dem zweifachen der langjährig mittleren Monatssummen (Abbildung 2.1.2). Die Jahresummen fielen nicht zuletzt aufgrund dieser Dezemberniederschläge überdurch- schnittlich aus.

Die Niederschläge beeinflussen wegen der Transportzeiten durch die Deckschichten und im Grundwasserleiter (Tage bis mehrere Jahre) meist nicht unmittelbar die gemessenen Stoff- konzentrationen im Grundwasser. Sie wirken sich in Form von Auswaschungs- bzw. Verdün- nungseffekten mit zeitlichem Verzug aus. In den für die Herbstbeprobung 1999 relevanten Zeit- raum von August bis Mitte September waren aufgrund der geringen Versickerung keine Aus- wirkungen zu erwarten. Ausnahmen sind Quel- len mit hohem Anteil an jungem Grundwasser.

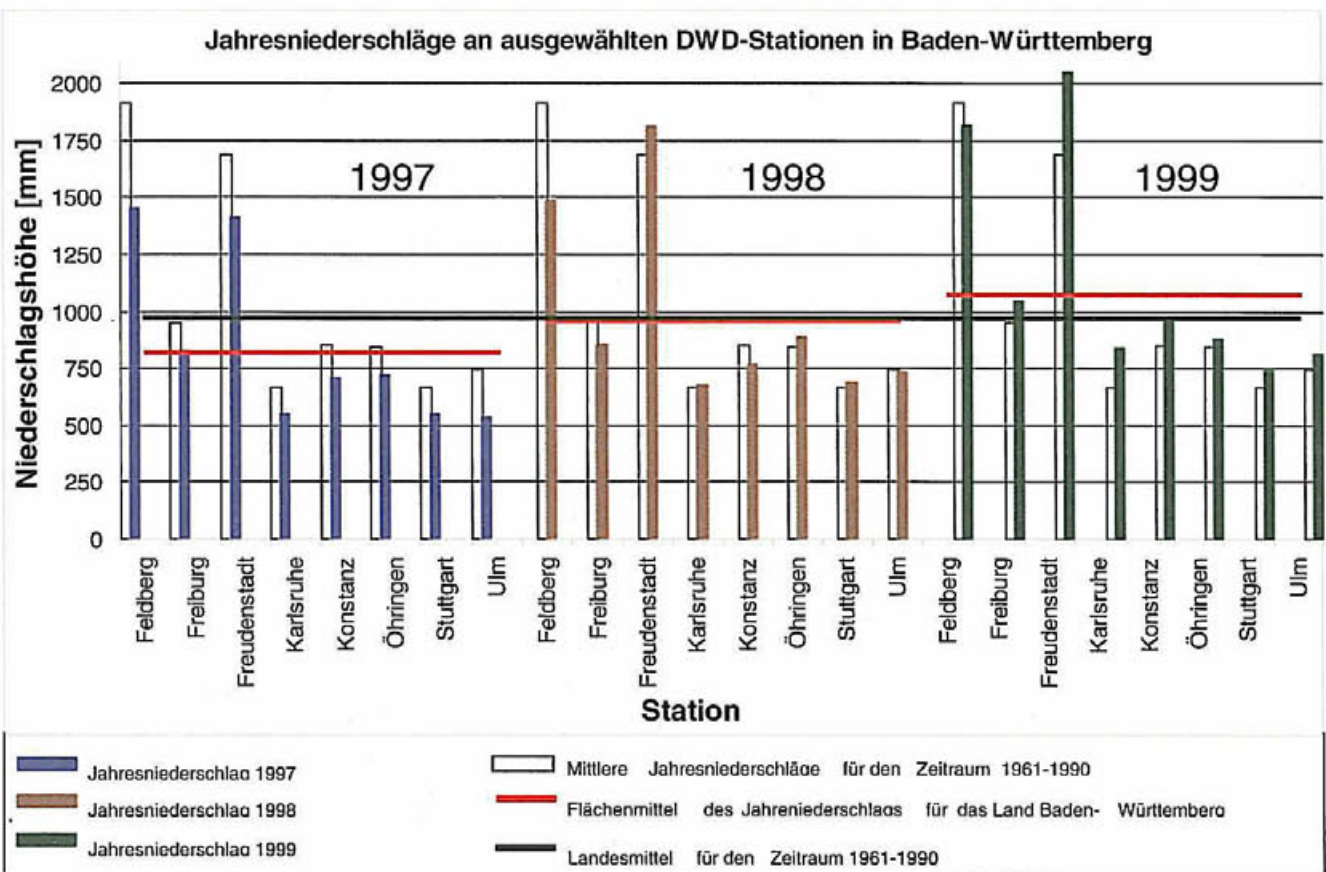
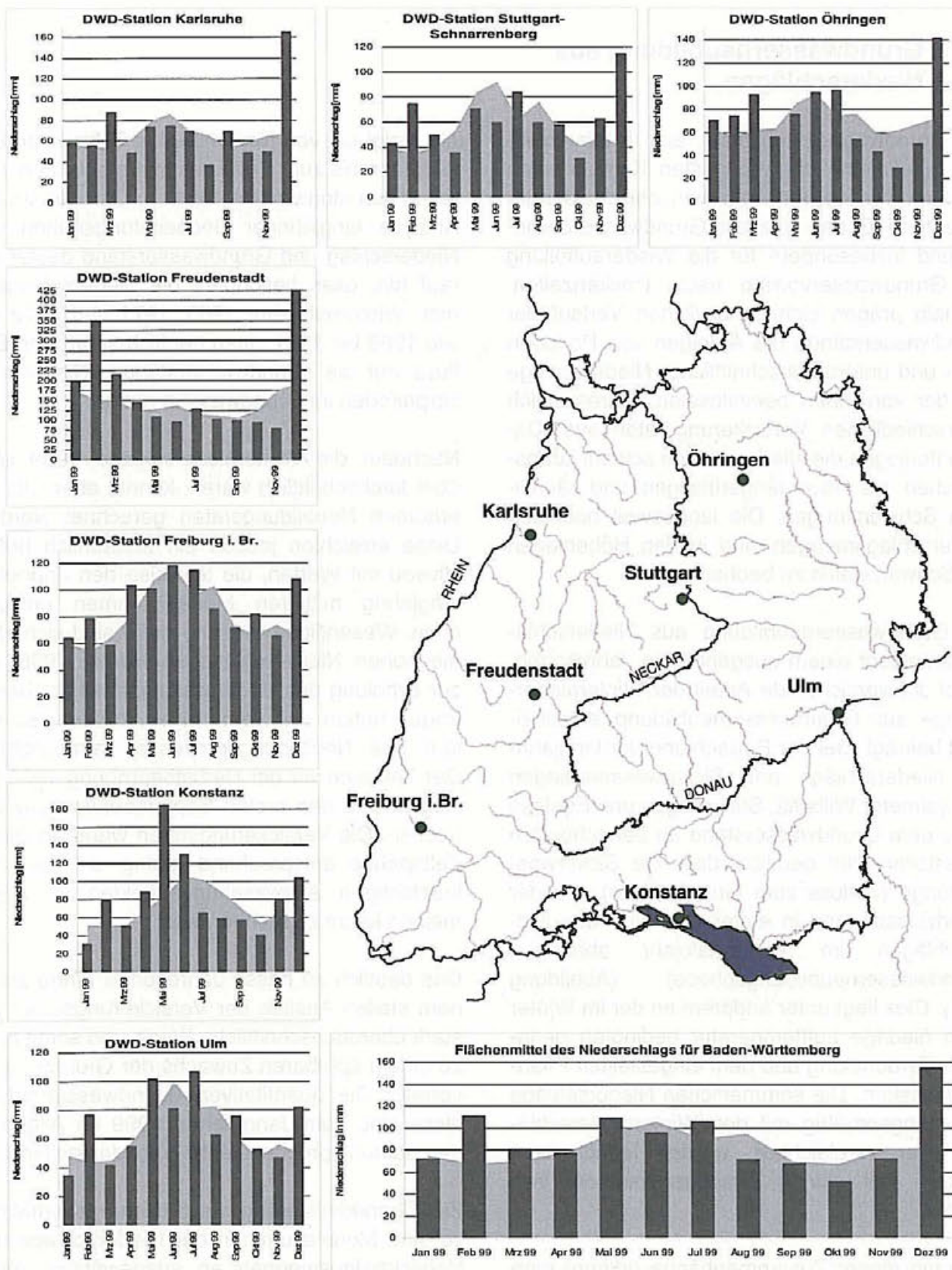


Abbildung 2.1.1: Jahresniederschläge an ausgewählten DWD-Stationen in Baden-Württemberg.



- Langjährig mittlere Monatsniederschlagssummen (mm) (1961-1990)
- Monatliche Niederschlagssummen (mm)

Abbildung 2.1.2: Monatliche Niederschlagshöhen an ausgewählten DWD-Stationen in Baden-Württemberg.

## 2.2 Grundwasserneubildung aus Niederschlägen

Die Grundwasserneubildung aus Niederschlägen ist als eine der wichtigsten Komponenten des Grundwasserhaushalts von entscheidender Bedeutung für das nutzbare Grundwasserdargebot und insbesondere für die Wiederauffüllung der Grundwasservorräte nach Trockenzeiten. Deshalb prägen sich im zeitlichen Verlauf der Grundwasserstände die Abfolgen von Perioden über- und unterdurchschnittlicher Niederschläge und der von ihnen beeinflussten, jahreszeitlich unterschiedlichen Versickerungsraten aus. Dabei unterliegen die Niederschläge sowohl jahreszeitlichen als auch längerfristigen und räumlichen Schwankungen. Die landesweit höchsten Niederschlagsmengen sind in den Höhenlagen des Schwarzwalds zu beobachten.

Die Grundwasserneubildung aus Niederschlägen unterliegt einem ausgeprägten Jahresgang, wobei der versickernde Anteil der Winterniederschläge zur Grundwasserneubildung entscheidend beiträgt. Bei der Betrachtung der langjährigen Niederschläge und Sickerwassermengen der Lysimeter Willstätt, Steisslingen und Egelsee sowie dem Grundwasserstand an benachbarten Messstellen wird deutlich, dass die Sickerwassermenge (Zufluss zum Grundwasser) und der Grundwasserstand in erster Linie von den Niederschlägen im Winterhalbjahr abhängen (Grundwasserneubildungsphase) (Abbildung 2.2.1). Dies liegt unter anderem an der im Winter durch niedrige Lufttemperatur bedingten geringeren Verdunstung und dem eingestellten Pflanzenwachstum. Die sommerlichen Niederschläge sind mengenmäßig mit den Winterniederschlägen zwar vergleichbar, werden jedoch zum größten Teil durch Evapotranspiration verbraucht.

Aufgrund dieser Zusammenhänge erkennt man an zahlreichen Grundwasserstandsganglinien den synchronen Verlauf mit dem für das Grundwasser ausschlaggebenden Niederschlag im Winterhalbjahr. Die im Wesentlichen vom Niederschlag bestimmte Grundwasserstandsgangli-

nie steigt i.a. von November bis Februar an und fällt dann bis zum Ende des hydrologischen Jahres in den Monaten September / Oktober ab. Die Analyse langjähriger Beobachtungsreihen von Niederschlag und Grundwasserstand deutet darauf hin, dass besonders die niederschlagsarmen Winterhalbjahre 1963, 1971 und 1972 sowie 1989 bis 1991 einen deutlich spürbaren Einfluss auf die Grundwasserstände (Niedrigwasserperioden im Grundwasser) hatten.

Nachdem die Winterniederschläge 1999 eher überdurchschnittlich waren, konnte ebenfalls mit erhöhten Neubildungsraten gerechnet werden. Diese erreichten jedoch ein erstaunlich hohes Niveau mit Werten, die teilweise den doppelten langjährig mittleren Monatssummen entsprachen. Wesentliche Ursache dafür sind sicherlich die hohen Niederschläge im Herbst 1998, die zur Erholung des Bodenwasserspeichers beigetragen hatten und somit einen frühzeitigen Anlauf des Neubildungsprozesses ermöglichten. Der Zeitraum vor der Herbstbeprobung 1999 (im August und den ersten Septemberwochen) war trocken. Die Versickerungsraten waren in dieser Zeitspanne entsprechend gering, so dass mit kurzfristigen Auswaschungseffekten im Allgemeinen kaum zu rechnen war.

Das deutlich zu nasse Jahresende führte zu einem steilen Anstieg der Versickerungsraten auf stark überdurchschnittliche Werte und somit auch zu einem spürbaren Zuwachs der Grundwasservorräte. Die quantitativen Grundwasserverhältnisse sind zum Jahresende 1999 im Allgemeinen dementsprechend sehr zufriedenstellend.

Zur Charakterisierung der Sickerungsverhältnisse sind Monatssummen der Niederschläge und Versickerungsmengen an ausgewählten amtlichen Lysimeterstationen und die zugehörigen Grundwasserstände an Referenzmessstellen im langjährigen Vergleich dargestellt (Abbildung 2.2.1).

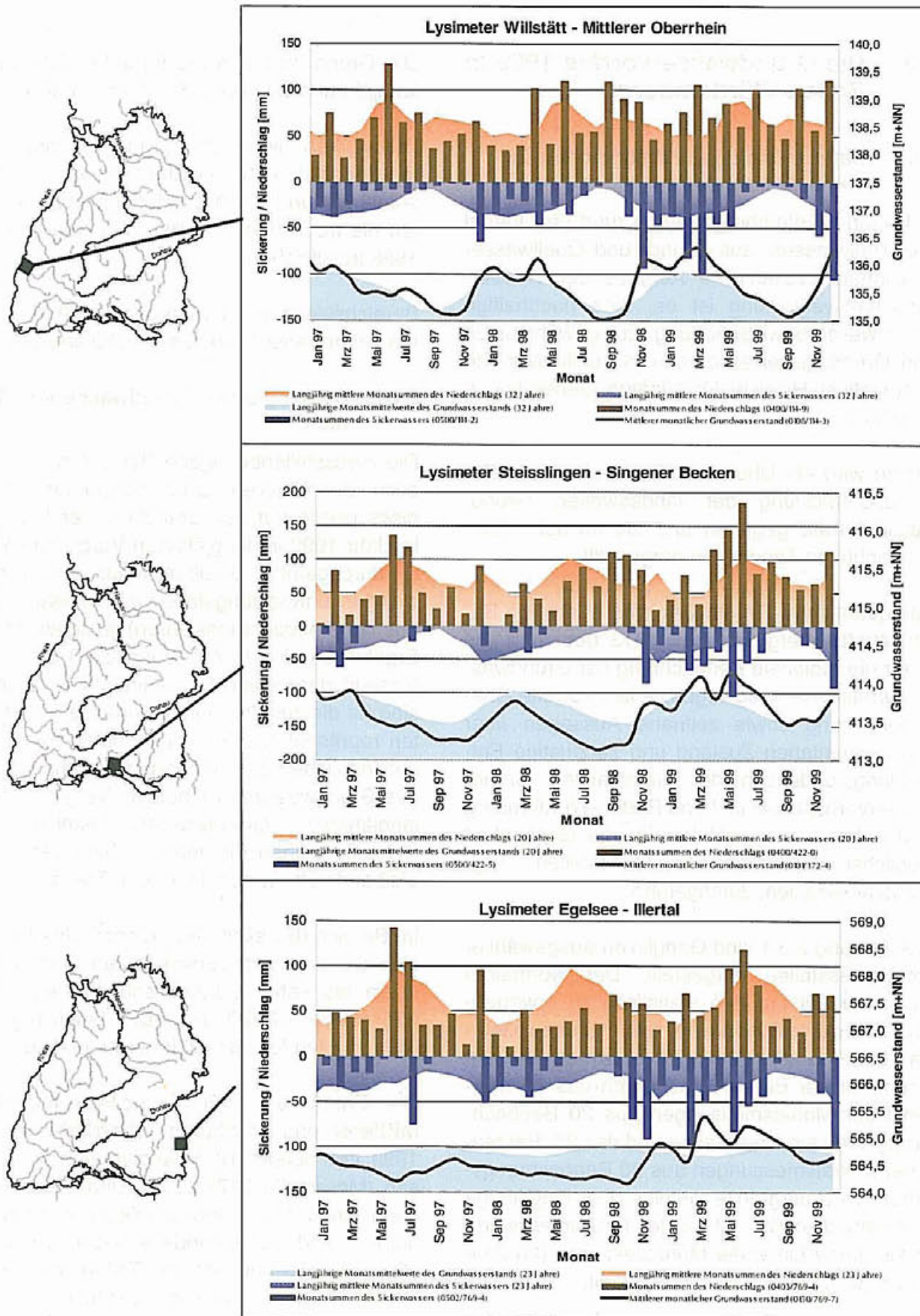


Abbildung 2.2.1: Niederschlag, Sickerung und Grundwasserstand an ausgewählten Lysimeteranlagen.

## 2.3 Die Grundwasservorräte 1999 in Baden-Württemberg

### 2.3.1 Datengrundlage und allgemeine Zustandsbeschreibung

In Baden-Württemberg werden rund drei Viertel des Trinkwassers aus Grund- und Quellwasser gewonnen. Wesentliche Aufgabe der Wasserwirtschaftsverwaltung ist es, eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung zu gewährleisten und Grundwasserressourcen in qualitativer wie quantitativer Hinsicht für künftige Generationen zu erhalten.

Hierzu wird ein Überblick über die aktuelle Zustandsentwicklung der landesweiten Grundwasservorräte gegeben und die im Jahr 1999 beobachteten Tendenzen dargestellt.

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

In Abbildung 2.3.1 sind Ganglinien ausgewählter Trendmessstellen dargestellt. Der Normalbereich repräsentiert den statistisch zu erwartenden Schwankungsbereich von Grundwasserstand oder Quellschüttung in einem bestimmten Monat. Dieser Bereich wird durch das 75. Perzentil der Monatsmessungen aus 20 Beobachtungsjahren als Obergrenze und das 25. Perzentil der Monatsmessungen aus 20 Beobachtungsjahren als Untergrenze definiert. Der langjährige Monatsmedian (20 Jahre) der Einzelmesswerte ist als grüne Linie, die Monatsextrema (20 Jahre) als gestrichelte Linien dargestellt.

Die Grundwasservorräte im Jahr 1999 sind im langjährigen Vergleich überdurchschnittlich.

Die starken Niederschläge in den Wintermonaten trugen deutlich zur Erholung der Grundwasserstände und Quellschüttungen bei und konnten die trockenen Grundwasserverhältnisse von 1998 ausgleichen.

Bereichsweise wurden im Jahr 1999 die höchsten Grundwasserstände seit 1980 erreicht.

### 2.3.2 Überregionale Grundwasserverhältnisse

Die messstellenbezogene Beurteilung der aktuellen quantitativen Grundwasserstandsverhältnisse wurde auf der Grundlage der Mittelwerte im Jahr 1999 im langjährigen Vergleich (20 Jahre) durchgeführt. Darüber hinaus wurden die jeweiligen Entwicklungstendenzen (lineare Trends aus 20 Beobachtungsjahren) ausgewertet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2.3.3 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, gleichbleibenden bzw. abnehmenden Trend.

Im Bereich des **südlichen Oberrheins** bewegen sich die Grundwasserstände auf durchschnittlichem bis sehr überdurchschnittlichem Niveau (Messstelle 0130/070-4). Die langfristige Entwicklungstendenz ist mittlerweile ausgeglichen.

Die Entwicklung der Grundwasserstände im **mittleren und nördlichen Oberrhein** entspricht 1999 wie bereits 1998 langjährigen Verhältnissen (Messstelle 0173/260-0) und bleibt weitgehend unauffällig. Bereichsweise wurden sehr hohe Grundwasserstände erreicht. Die langfristige Entwicklung ist in Teilen des Rhein-Neckar-Raumes nach wie vor fallend.



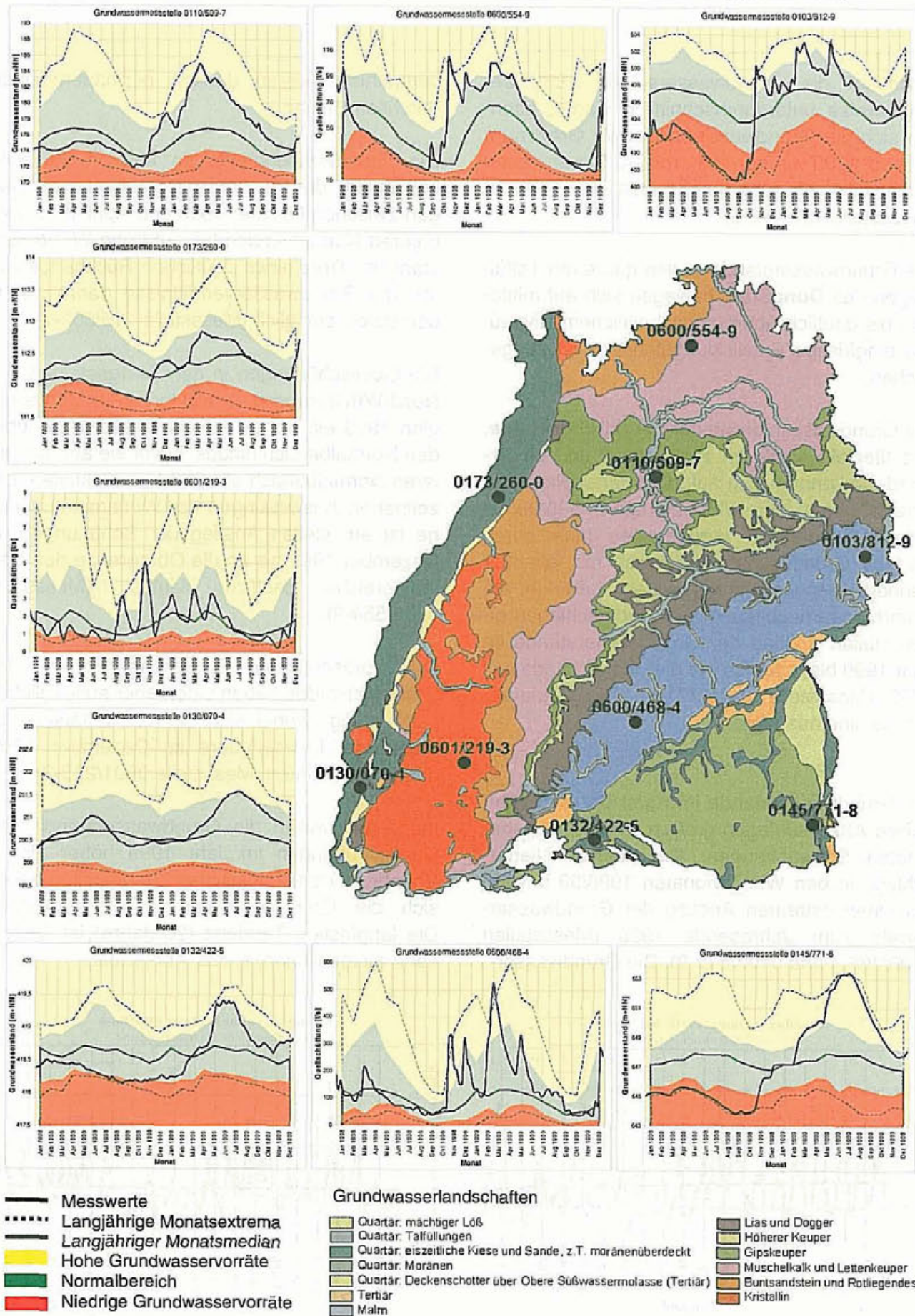


Abbildung 2.3.1: Grundwasserstand/Quellschüttung und zugehöriger Normalbereich an ausgewählten Grundwassermessstellen.

Nachdem die Grundwasserstände 1998 bereichsweise unterdurchschnittlich waren, konnten sich die Grundwasservorräte im **Großraum Singen** 1999 weitgehend erholen. Sie erreichen mittlerweile ein überdurchschnittliches Niveau (Messstelle 132/422-5).

Die Grundwasserstände in den quartären Talfüllungen des **Donautals** bewegen sich auf mittlerem bis deutlich überdurchschnittlichem Niveau. Die langfristige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

Die Grundwasservorräte der **Leutkircher Heide**, des **Illertals** sowie im **Raum Isny** und im **Argendelta** konnten sich aufgrund der starken Niederschläge in den Wintermonaten 1998/99 erholen. Nachdem die vergangenen Jahre durch niedrige Grundwasserverhältnisse mit fallender Tendenz gekennzeichnet waren, bewirkte die Grundwasserneubildung aus Niederschlägen einen steilen Anstieg der Grundwasserstände im Jahr 1999 bis teilweise auf die Höchststände seit 1980 (Messstelle 0145/771-8). Die 20-Jahre-Trends sind ausgeglichen.

Die Grundwasserstände im Karst der **Schwäbischen Alb** unterliegen großen niederschlagsbedingten Schwankungen. Die starken Niederschläge in den Wintermonaten 1998/99 bewirkten einen extremen Anstieg der Grundwasservorräte zum Jahresende 1998 (Messstellen 0600/468-4 und 0103/812-9). Die Grundwasser-

verhältnisse waren danach permanent überdurchschnittlich.

Die Grundwasserstände im tieferen Muschelkalkaquifer des **mittleren Neckarraumes** stiegen zwischen Oktober 1998 und April 1999 vom unteren Normalbereich bis auf hohe Werte konstant an. Trotz eines deutlichen Rückgangs waren die Grundwasserverhältnisse danach stets überdurchschnittlich (Messstelle 110/509-7).

Die Quellschüttungen in den Festgesteinen von **Nord-Württemberg** erreichten zum Jahresbeginn 1999 ein hohes Niveau, teilweise bis über den Normalbereich hinaus, bevor sie auf den unteren Normalbereich allmählich zurückfielen. Die zeitnahen Auswirkungen der Winterniederschläge ist am steilen Anstieg der Schüttungen im Dezember 1999 bis an die Obergrenze des Normalbereichs deutlich sichtbar (Messstelle 0600/554-9).

Die repräsentativen Quellen im Bereich des **Schwarzwaldes** haben einen eher ausgeglichen Jahrgang, wobei sich starke Niederschlagsereignisse, insbesondere im Dezember 1999, deutlich auswirken (Messstelle 0601/219-3).

Insgesamt waren die Grundwasserstände und Quellschüttungen im Jahr 1999 höher als im Vorjahr. In den südöstlichen Landesteilen haben sich die Grundwasserverhältnisse entspannt. Die langfristige Tendenz (20 Jahre) ist weitgehend ausgeglichen, s. z.B. Abb. 2.3.2.

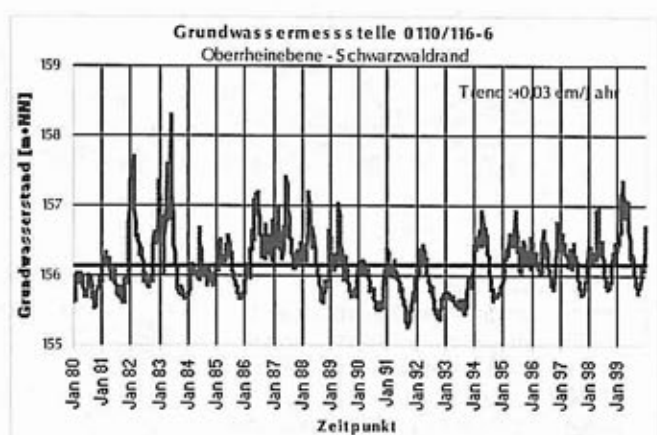
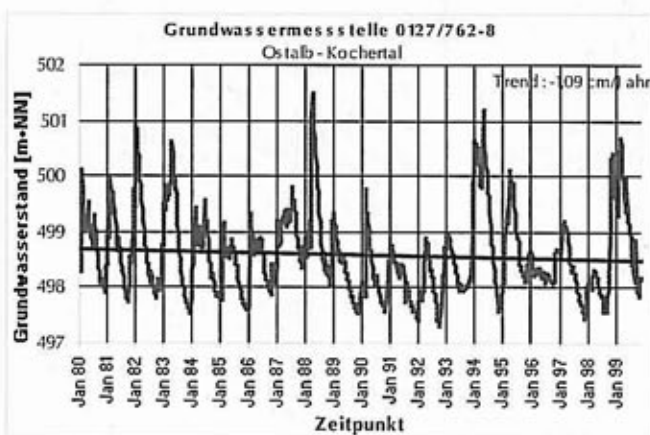


Abbildung 2.3.2: Ganglinien ausgewählter Grundwasserstandsmessstellen mit Trendbetrachtung.

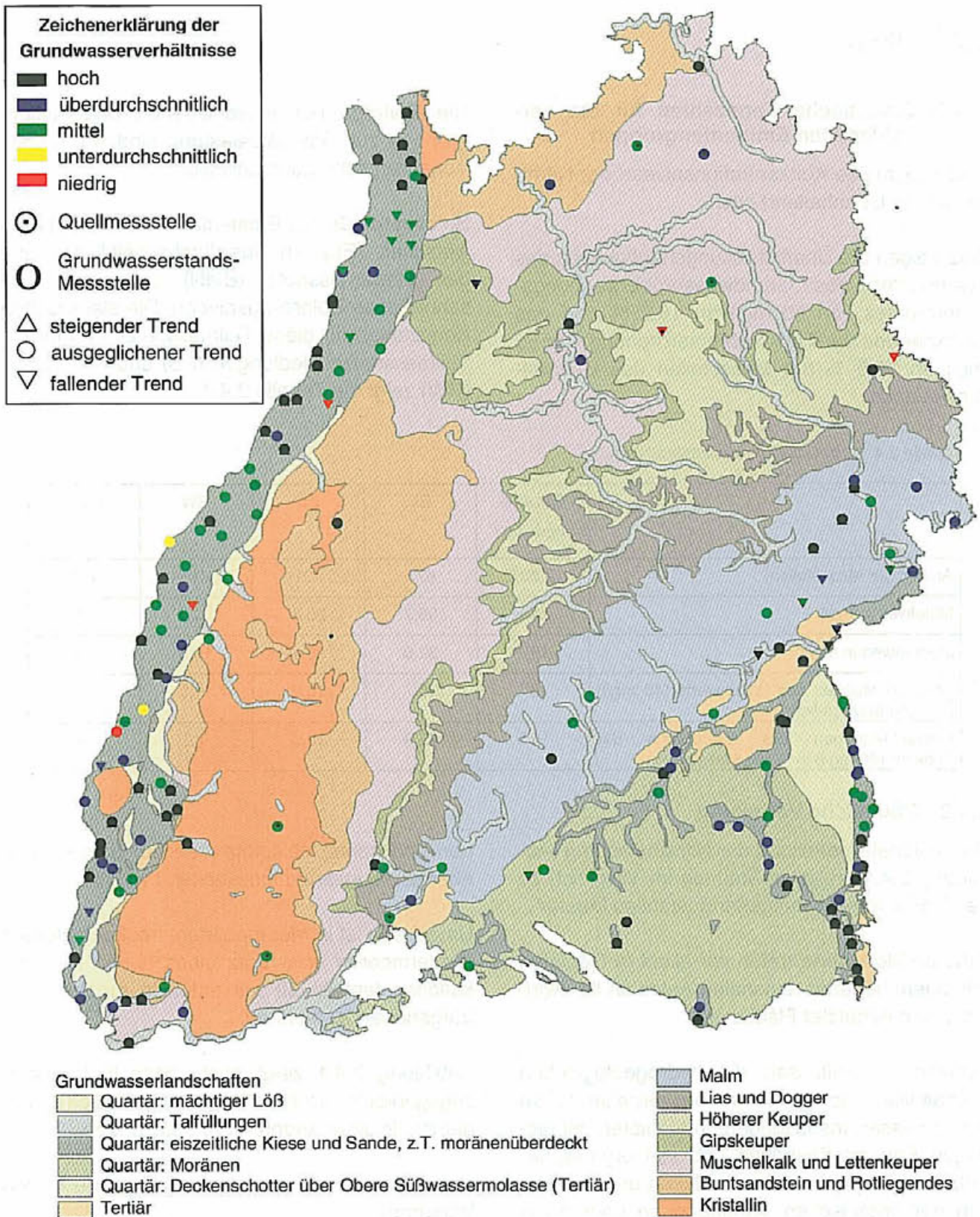


Abbildung 2.3.3: Charakterisierung der quantitativen Grundwasserverhältnisse im Jahr 1999 differenziert nach den Grundwasserlandschaften von Baden-Württemberg.

## 2.4 Nitrat

### 2.4.1 Statistische Kennzahlen für die verschiedenen Emittentengruppen

Das allgemeine Konzentrationsniveau der Nitratbelastung ist anhaltend hoch.

Das zeigen die Überschreitungshäufigkeiten des Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogrammes von 40 mg/l an 18,2 % und des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung von 50 mg/l an 10,9 % der Messstellen des Gesamtmessnetzes.

Die Beiträge der verschiedenen Messstellengruppen zur Gesamtbelastung sind wie in den Vorjahren sehr unterschiedlich.

So zeigen z.B. die Emittentenmessstellen Landwirtschaft (EL) ein überdurchschnittliches und das Basismessnetz (BMN) ein unterdurchschnittliches Belastungsniveau. Die statistischen Kennzahlen für diese Teilmessnetze und für die Teilmessnetze Siedlungen (ES) und Rohwasser (RW) zeigt die Tabelle 2.4.1.

Tabelle 2.4.1: Statistische Kennzahlen Nitrat.

	Gesamt-messnetz	EL	ES	RW	BMN
Anzahl der Messstellen	2.705	673	431	718	112
Mittelwert in mg/l	24,6	36,7	25,3	20,2	7,9
Medianwert in mg/l	19,1	32,0	20,4	16,5	6,7
Überschreitungen des Warnwerts (40 mg/l) in % der Messstellen	18,2	36,7	16,9	11,3	0,0
Überschreitungen des Grenzwertes der TrinkwV (50 mg/l) in % der Messstellen	10,9	25,9	10,0	4,2	0,0

### 2.4.2 Räumliche Verteilung

Die regionale Verteilung der Nitratbelastung (Abbildung 2.4.1) zeigt großräumig im Vergleich zu den Vorjahren ein weitgehend „stabiles Muster“.

Erhöhte Messwerte treten vor allem in Gebieten mit einem höheren regionalen Anteil an landwirtschaftlich genutzter Fläche auf.

Daneben beeinflussen die hydrogeologischen Verhältnisse die Konzentrationsverhältnisse im Grundwasser. Insbesondere in Gebieten mit niedrigen Sauerstoffgehalten und viel organischer Substanz im Aquifer wird das Nitrat unter Oxidation der organischen Verbindungen oder anorganischer Schwefelverbindungen abgebaut, so dass dort nur wenige Messstellen erhöhte Nitratwerte aufwiesen.

Das trifft zum Beispiel auf den mittleren Bereich des Oberrheingrabens zu. Flusswasserinfiltratio-

nen und gering belastete Randzuflüsse können ebenfalls konzentrationsenkend wirken.

Umgekehrt ist in Mooren, trocken gelegten Niedermooren usw. trotz eines hohen Denitrifikationspotentials oft mit natürlich erhöhten Nitratgehalten zu rechnen.

Abbildung 2.4.1 zeigt auch, dass in Waldeinzugsgebieten die Nitratbelastung deutlich geringer ist als unter anderen Landnutzungen.

Gebiete mit erhöhter Belastung sind wie in den Vorjahren:

- das Gebiet um Mannheim und Heidelberg
- der Neckarraum nördlich von Stuttgart bis Heilbronn
- der Main-Tauber-Kreis
- das Markgräfler Land und
- die Region Oberschwaben.

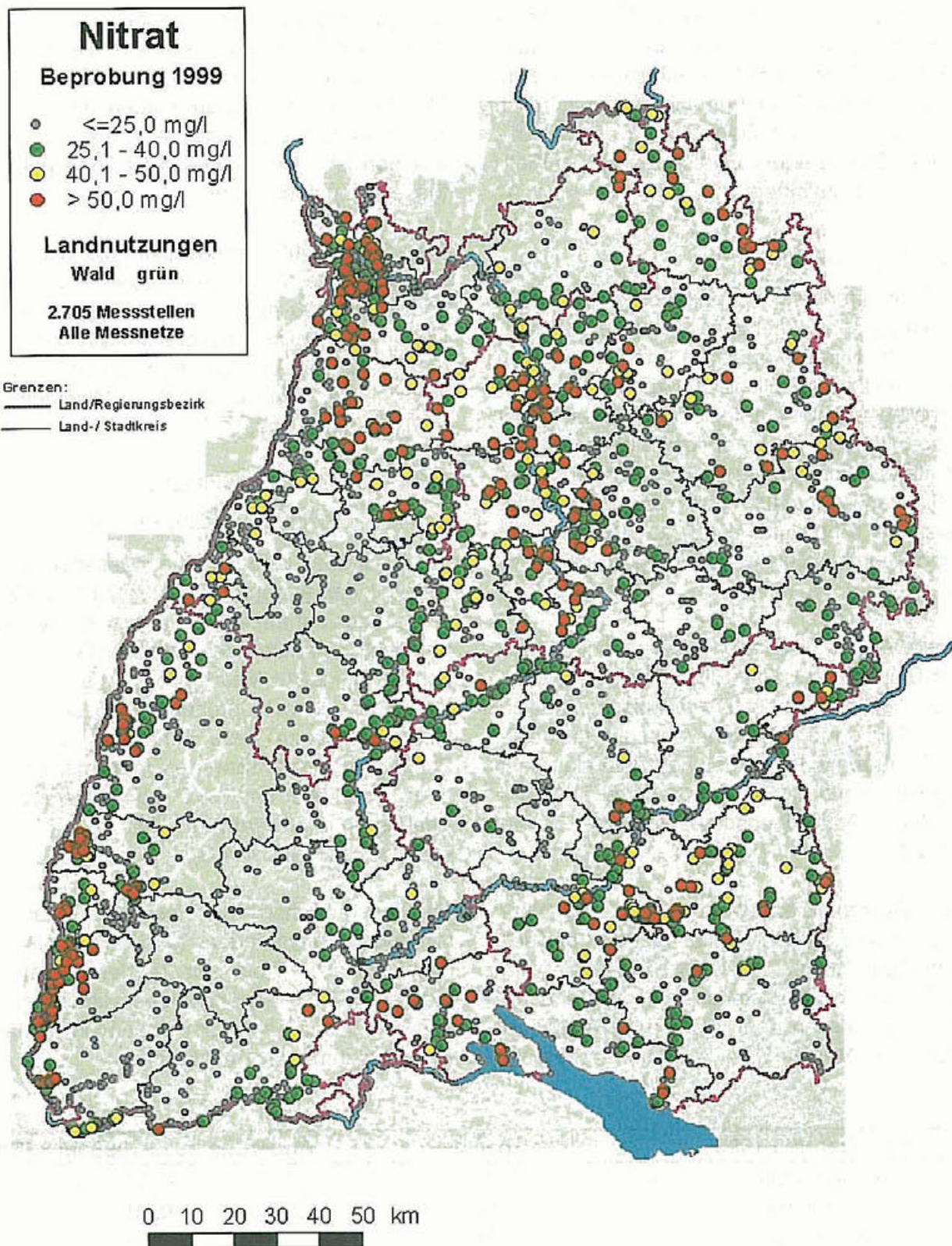


Abbildung 2.4.1: Nitratgehalte 1999 und Landnutzung Wald.

(Quellenangabe für die Landnutzungsdarstellung: „Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS)“, Bearbeitung durch das Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der Universität Karlsruhe, 1993).

Neben diesen Hauptbelastungsgebieten gibt es noch einige kleinere Gebiete mit lokal teilweise deutlich erhöhten Nitratkonzentrationen wie im Ortenaukreis das Gebiet um Ichenheim, nördlich des Kaiserstuhls das Gebiet um Weisweil, das Singener Becken, das Gebiet Stühlingen-Klettgau und der Ostalbkreis.

### 2.4.3 Regionalisierung

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 erscheint es gerechtfertigt, für einen Überblick über das gesamte Land die punktuellen Messungen zu regionalisieren und eine flächendeckende Belastungskarte (Abbildung 2.4.2) zu erstellen, um das großräumige Belastungsniveau zu beschreiben.

Keinesfalls darf dies aber dazu verleiten, aus dieser Darstellung lokale Einzelmesswerte ablesen zu wollen. Dies ist DV-technisch natürlich ohne weiteres möglich, kann aber die tatsächlichen kleinräumigen Belastungszustände nicht richtig wiedergeben. Ein in der Regel noch akzeptabler Darstellungsmaßstab ist etwa 1:100.000.

Für die Regionalisierung wurde ein am Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart speziell entwickeltes Kriging-Verfahren verwendet, in dem die beiden Haupteinflussfaktoren Landnutzung in 16 Klassen und Hydrogeologie („Oberflächennahe Aquifere“) in 21 Klassen berück-

sichtigt werden. Tiefe Messstellen wurden ausgeschlossen. Da für Messstellen, die seit der ersten Landnutzungsauswertung 1996 neu in das Messnetz aufgenommen wurden (häufig VMW-Messstellen) die zugehörige Landnutzung nicht erhoben ist, sind für die Darstellung nur 2.411 Messstellen auswertbar.

Abbildung 2.4.2 verdeutlicht die Hauptbelastungsgebiete. Angegeben sind die Konzentrationen der 300 m x 300 m – Rasterelemente. Durch die räumliche Integrationswirkung werden dabei die punktuellen Extremwerte an den Messstellen (Minimum: „<BG“, Maximum: 265 mg/l) nicht erreicht.

### 2.4.4 Zeitliche Entwicklung

#### a) Kurzfristige Veränderungen

Im gesamten „landesweiten“ Messnetz ist hinsichtlich der Änderung zum Vorjahr im Gegensatz zu den Jahren seit 1994 erstmals wieder eine leichte Zunahme der Konzentration zu beobachten: Bei 2.211 Messstellen, für die Messwerte aus der Herbstbeprobung 1998 und aus der Herbstbeprobung 1999 vorliegen, stehen 993 Zunahmen des Nitratwertes (maximal um + 94 mg/l/J, im Mittel um + 4,9 mg/l/J) gegen 1.035 Abnahmen des Nitratwertes (bis zu – 71 mg/l/J, im Mittel um – 3,9 mg/l /J).

Bei den restlichen 183 Messstellen waren die Nitratwerte unverändert (und zwar oft „nicht nachweisbar“). Trotz der größeren Zahl von Messstellen mit abnehmenden Nitratwerten lagen die Änderungen zum Vorjahr im Mittel bei einer Zunahme um + 0,34 mg/l.

Wertebereich 1998	Anzahl	Änderung 1999-1998 im Mittel
80 mg/l - Max.	75	-4,33
40 - <80 mg/l	357	-0,09
20 - <40 mg/l	666	+ 0,36
10 - <20 mg/l	507	+ 0,83
5 - <10 mg/l	261	+ 0,25
0- <5 mg/l	346	+ 1,15

Tabelle 2.4.2: Änderung der Nitratkonzentrationen (mg/l) zum Vorjahr in Abhängigkeit vom Konzentrationsniveau 1998.

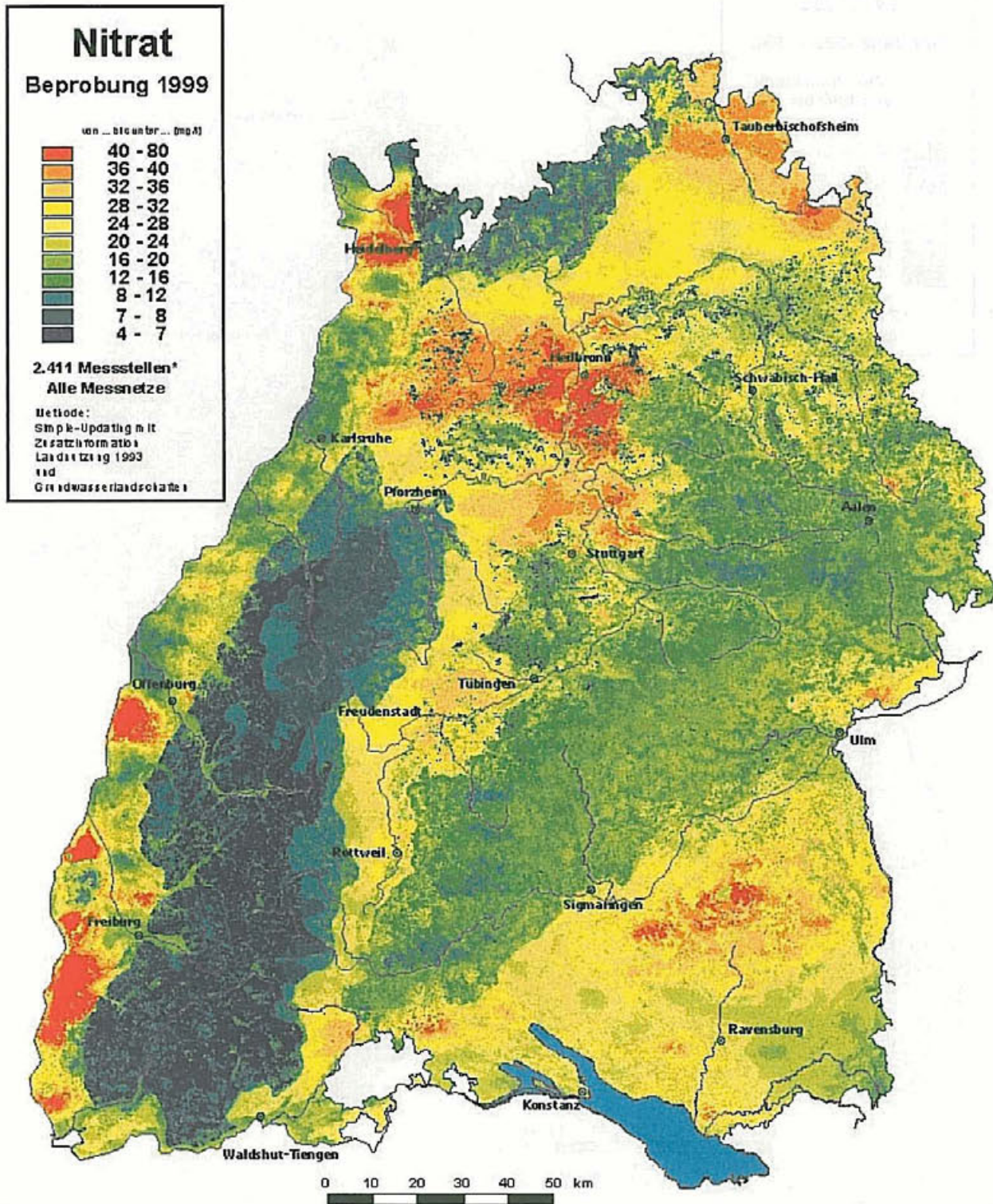


Abbildung 2.4.2: Konzentrationsverteilung Nitrat 1999, regionalisierte Darstellung, nur oberflächennahe Messstellen (\* Anm.: Dargestellt sind 2.411 von insgesamt 2.705 Mst., da für 294 Mst. keine Landnutzungs-zuordnung vorliegt).

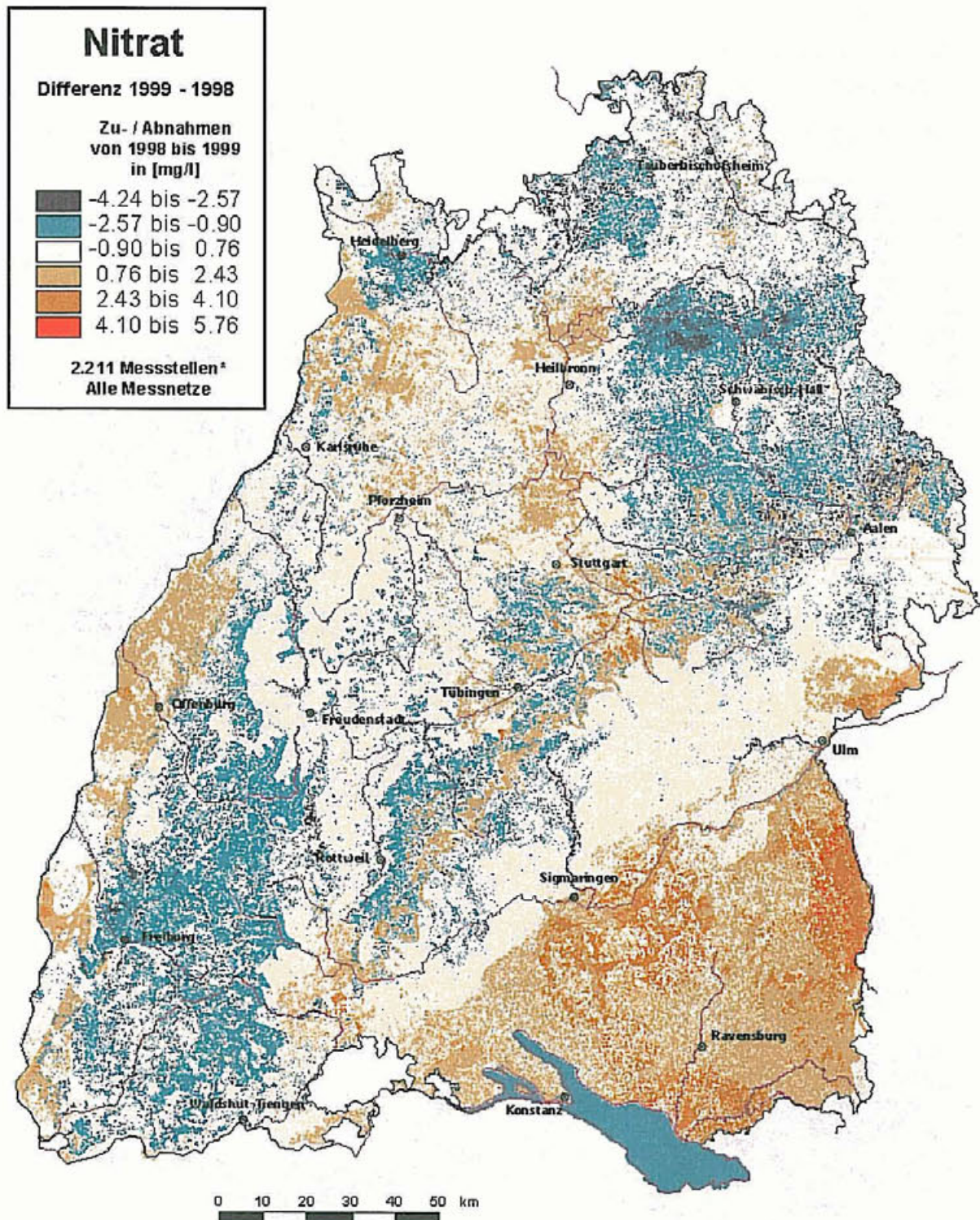


Abbildung 2.4.3: Differenz der Nitratwerte 1999 und 1998, regionalisierte Darstellung, nur oberflächennahe Messstellen (\* Anm.: Dargestellt sind 2.211 von insgesamt 2.705 Mst., da für 494 Mst. keine Werte aus der Herbstbeprobung 1998 vorliegen).



Eine Zusammenfassung der Änderungen zum Vorjahr in sechs Konzentrationsklassen (Tabelle 2.4.2) zeigt, dass die Zunahmen überwiegend in den unteren Konzentrationsniveaus bis 40 mg/l auftraten. Beim hohen Konzentrationsniveau von 40 – 80 mg/l ergeben sich keine nennenswerten Änderungen. Bei den extrem hohen Konzentrationen über 80 mg/l überwiegen die Abnahmen. Ursache hierfür können zufällig starke Schwankungen bei den Extremwerten sein.

Regional sind die kurzfristigen Zu- und Abnahmen ungleichmäßig verteilt (Abbildung 2.4.3). Zunahmen traten überwiegend südlich der Donau, in der Ortenau und bei Breisach auf, Abnahmen in den Kocher – Jagst - Ebenen, dem südlichen Schwarzwald und um Heidelberg.

Für die konsistente Gruppe [1992,1999] (siehe unten) hat der landesweite Mittelwert von 26,2 mg/l (1998) um + 0,5 mg/l auf 26,7 mg/l (1999) ebenfalls leicht zugenommen (Abb. 2.4.3). Lediglich im Basismessnetz liegt die mittlere Konzentration um 0,2 mg/l unter dem Vorjahreswert.

Die kurzfristigen Veränderungen der Nitratbelastungen dürfen generell nicht überbewertet werden, da sie in besonderem Maße von den zufälli-

gen Einflüssen der Landnutzungs- und Witterungsbedingungen in den jeweiligen Jahren beeinflusst sind.

### b) Mittelfristige Veränderungen

Eine statistisch gesicherte Trendermittlung erfordert eine sorgfältige Aufarbeitung der Daten. Als erstes sind:

- Sonderfälle (z. B. reduzierendes Milieu, aussergewöhnliche Beeinflussungen, tiefe und sehr alte Grundwässer) auszuschließen
- Vereinbarungen über die Behandlung der Werte „< BG“ zu treffen und die
- Herkunft der Messwerte (repräsentative Erhebung oder gezielte Verdachtsbeprobung?) zu klären.

In Abhängigkeit von dem angewendeten statistischen Verfahren sind außerdem z. B. folgende oder ähnliche Bedingungen zu prüfen:

- Liegt eine Normalverteilung vor?
- Zeitpunkt eines Trendbeginns?
- Wenigstens annähernde zeitliche Gleichverteilung der Messwerte?
- Existenz von periodischen Komponenten (z. B. Jahresgang)?
- Signifikanz des Trends / Trendstabilität (z.B. durch rückwärtsschreitende Trendermittlung)?
- Konsistenz der Messreihe?

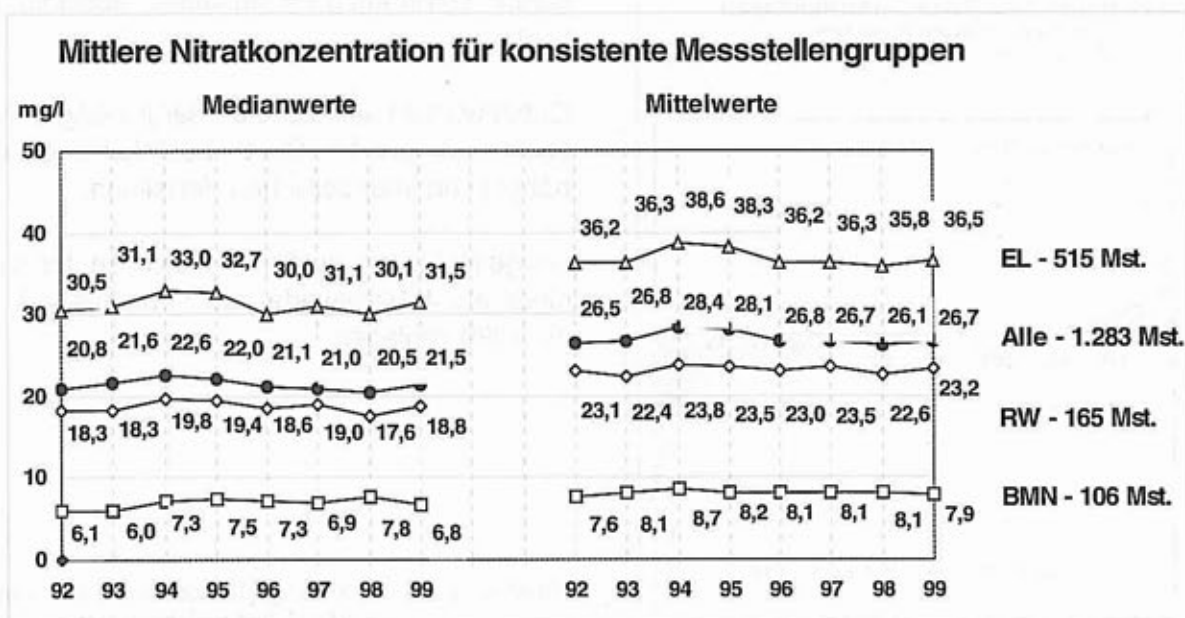
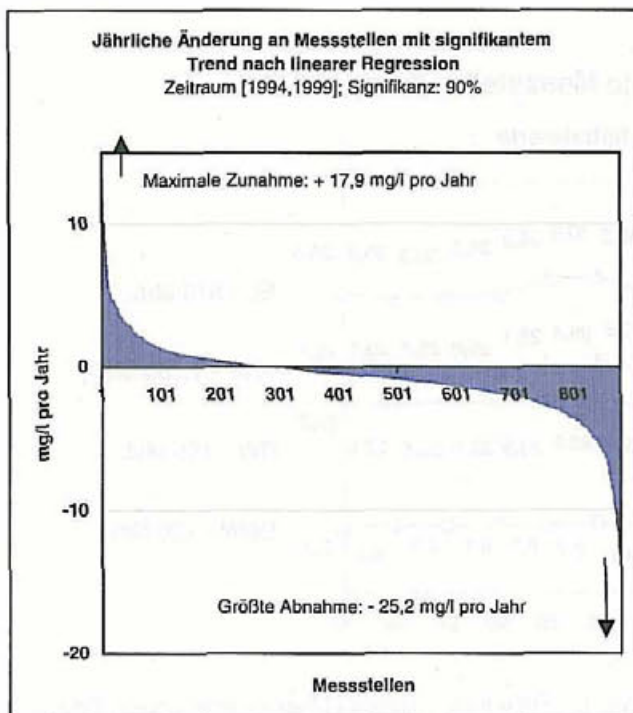


Abbildung 2.4.4: Entwicklung der Median- und Mittelwerte Nitrat 1992 bis 1999 für konsistente Messstellengruppen, Beprobungszeitraum jeweils September bis November.

Im Rahmen des jährlichen Beprobungsberichtes wird die mittelfristige Veränderung nach zwei Verfahren bewertet: erstens nach der Entwicklung der Mittelwerte einer geeignet definierten „Konsistenten Gruppe“ und zweitens nach den linearen Regressionsgleichungen für jede Messstelle mit mindestens vier Messwerten.

### Mittelwerte der „Konsistenten Gruppe“

Die Beschreibung der Entwicklung der Nitratkonzentrationen in einer Messstellengruppe setzt mindestens die Erhaltung der Messstellenkonsistenz voraus. Messstellenkonsistenz bedeutet hier, dass für jede Messstelle aus jedem Jahr des betrachteten Zeitabschnitts ein Messwert vorliegt. Zur Begrenzung jahreszeitlicher Einflüsse wird darüber hinaus gefordert, dass dieser Messwert jeweils aus dem Zeitraum September bis November stammt. Diesen strengen Konsistenzforderungen genügen für den Zeitraum 1992-1999 nur 1.284 Messstellen, d.h. 46 % des gesamten Messnetzes. Je länger der zu untersuchende Zeitabschnitt gewählt wird, desto geringer wird die Anzahl der verbleibenden Messstellen. Auch wiederholte „Anpassungen“ reduzieren die Effizienz des Messnetzes, ausgedrückt durch den Anteil konsistenter Messstellen, drastisch.



In der konsistenten Gruppe [1992, 1999] ist seit 1994 ein fallender Trend zu beobachten.

Abbildung 2.4.4 zeigt für die konsistente Messstellengruppe bei allen Messstellenarten und für beide dargestellten statistischen Kennzahlen „Median und Mittelwert“ zunächst eine Konzentrationszunahme von 1992 bis 1994.

Seit dem Maximum im Jahr 1994 haben die Werte aber bis zum Jahr 1998 wieder abgenommen.

Trotz des Anstiegs der Konzentrationen im Jahr 1999 bleibt der fallende Trend auch für den Zeitraum 1994-1999 erhalten, nimmt aber für die Gruppe „Alle“ auf  $-0,42 \text{ mg/l/J}$  ab (Bestimmtheitsmaß 0,76).

### Lineare Regression an den Messstellen

Da sich beim Auftragen der mittleren Nitratkonzentrationen konsistenter Messstellengruppen gemäß Abbildung 2.4.4 für die Emittentenmessstellen Landwirtschaft, für die Rohwassermessstellen und für alle konsistenten Messstellen seit 1994 eine leichte Abnahme der Median- und Mittelwerte ergibt, wurde für jede der insgesamt 2.705 Messstellen des Gesamtmessnetzes (vgl. 2.4.1) geprüft, ob ab 1994 ein statistisch signifikanter Trend auch für einzelne Messstellen vorliegt.

Dabei wurden sämtliche an der jeweiligen Messstelle vorliegenden Daten berücksichtigt, unabhängig von ihrer zeitlichen Verteilung.

Ausgeschlossen wurden Messstellen, für die weniger als 4 Messwerte aus dem Intervall 1994 bis 1999 vorliegen.

Abbildung 2.4.5: Mittelfristige Trends an den Messstellen seit 1994, lineare Regression, Signifikanzniveau 90 %.

Von diesen 2.573 Messstellen wurde an 879 Messstellen (entspricht 34,2 %) ein auf dem 90%-Niveau signifikanter Trend ermittelt (Abbildung 2.4.5). Davon waren 581 fallend (22,5 %) und 269 steigend (10,4 %). An 29 Messstellen (1,1 %) gab es im gesamten Zeitraum keine Konzentrationsänderungen, es handelt sich dabei um Messstellen, die dauerhaft Befunde „< BG“ haben.

Für 65,8 % der untersuchten Messstellen konnte keine Signifikanz des Trends festgestellt werden. Im Vergleich zum Vorjahr hat sich damit der Anteil signifikanter Trends leicht erhöht (Vorjahr: 30 %). Dabei nahmen die fallenden Trends stärker zu als die zunehmenden. Der Mittelwert aller zunehmenden Trends liegt bei + 1,7 mg/l/J, derjenige aller abnehmenden Trends bei - 2,1 mg/l/J.

Für alle als signifikant ermittelten Trends insgesamt ergibt sich ein Mittelwert für die Jahre von 1994 bis 1999 von - 0,85 mg/l/J. Im Zusammenhang mit dem Überwiegen der Anzahl abnehmender Trends ist damit trotz der Zunahme der Konzentrationen von 1998 nach 1999 im mittelfristigen Vergleich immer noch eine **abnehmende Tendenz** gegeben.

#### 2.4.5 Nitratentwicklung innerhalb und außerhalb von Wasserschutzgebieten

Die in Abschnitt 2.4.4. beschriebene mittelfristige Abnahme der Median- und Mittelwerte der Nitratkonzentrationen verläuft ähnlich bei sämtlichen Messstellengruppen und Teilmessnetzen (mit Ausnahme des Basismessnetzes). Dies trifft auch für Messstellengruppen innerhalb, bzw. außerhalb von Wasserschutzgebieten zu (Abbildung 2.4.6).

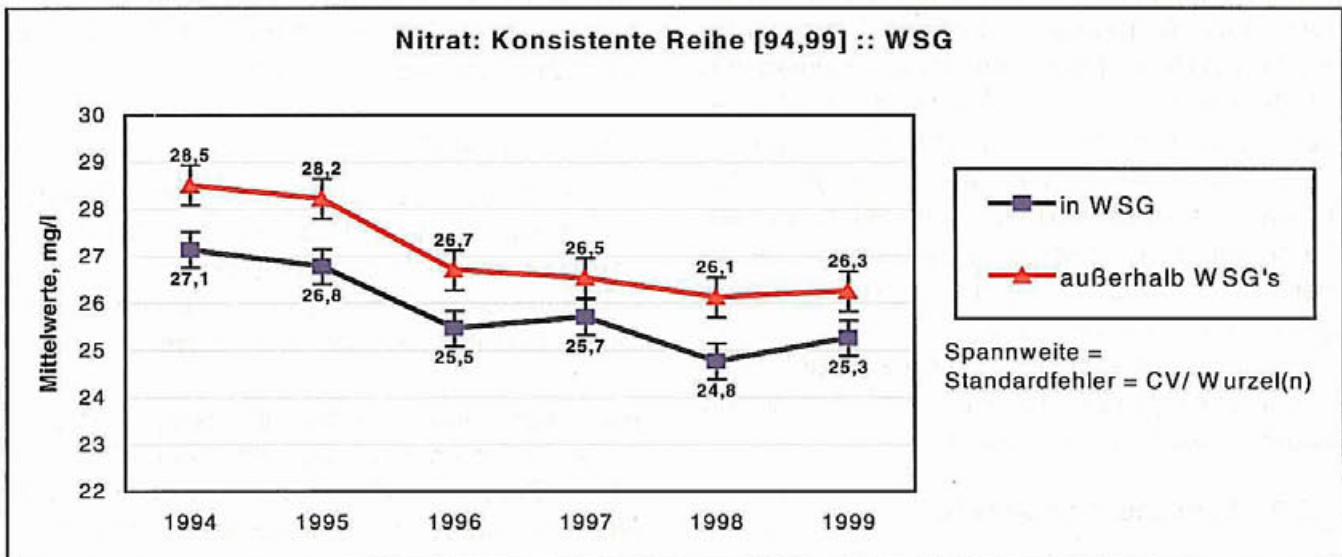


Abbildung 2.4.6: Mittelwerte der konsistenten Reihen [1994,1999] nach Lage zum Wasserschutzgebiet.

#### 2.4.6 Bewertung

Ab dem Jahr 1994 kann bei den Median- und Mittelwerten konsistenter Messstellengruppen statistisch ein leicht abnehmender Trend festgestellt werden.

Allerdings zeigt sich bei der Einzelprüfung aller zur Verfügung stehenden Messstellen, dass bei

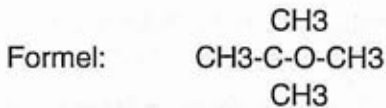
65,8 % der Messstellen keine Signifikanz eines Trends feststellbar ist.

Außerdem zeigen sich keine statistisch belegbaren Unterschiede bei der Nitratentwicklung im Grundwasser innerhalb und außerhalb von Wasserschutzgebieten.

## 2.5 MTBE - Methyltertiärbutylether - Pilotuntersuchungen

### 2.5.1 Eigenschaften von MTBE

MTBE (Methyltertiärbutylether) ist eine synthetisch hergestellte, sauerstoffhaltige Chemikalie, die als Kraftstoffzusatz verwendet wird.



Die farblose, brennbare Flüssigkeit ist wenig flüchtig und hat eine hohe Oktanzahl (Motoroktanzahl =102). MTBE löst sich gut in organischen Lösungsmitteln (wie z.B. Benzin) und relativ gut in Wasser (ca. 50 g/l). Bereits in geringen Konzentrationen ist ein unangenehmer Geruch und Geschmack feststellbar.

Nach bisherigem Kenntnisstand weist MTBE eine geringe Toxizität auf, allerdings liegen zur toxischen Wirkung bisher nur wenige Studien vor. MTBE wird durch die Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe in die Wassergefährdungsklasse (WGK) 1 eingestuft. Aufgrund der relativ stabilen Etherbindung wird MTBE von Mikroorganismen nur schwer abgebaut. Ein niedriger Verteilungskoeffizienten bezogen auf den organischen Kohlenstoff lässt auf eine minimale Sorption an Bodenmaterial und damit auf einen vernachlässigbaren Rückhalt in natürlichen Grundwasserleitern schließen.

### 2.5.2 Verwendung von MTBE

MTBE wird in den USA seit den 70er Jahren kommerziell als Kraftstoffadditiv eingesetzt. Der Äther gewann mit der Einführung bleifreier Kraftstoffe sehr schnell an technischer Bedeutung. Durch seine hohe Oktanzahl und der guten Löslichkeit in Benzin eignet sich MTBE gut als Ersatz für die bleiorganischen Verbindungen, die bis dahin zur Einstellung der gewünschten Klopfestigkeit dienten.

Im US-amerikanischen „Clean Air Act“ von 1990 wird der Einsatz von sauerstoffhaltigen Zusätzen zum Ottokraftstoff zur Unterstützung der Kohlen-

monoxid-Qualitätsziele der Luft vorgeschrieben. Um die gesetzlich geforderten mindestens 2,0 Gew.-% Sauerstoff im Benzin zu erreichen, müssen ungefähr 11 Vol.-% MTBE zugemischt werden. USA-weit werden etwa 95 % aller Kraftstoffe mit MTBE-Zusatz versehen, die restlichen enthalten überwiegend Ethanol. Daher ist MTBE auch der am häufigsten eingesetzte sauerstoffhaltige Benzinbestandteil. Aufgrund des Nachweises von MTBE im Grundwasser in mehreren Fällen (z.B. 1996 in Santa Monica, Kalifornien, 600 µg/l MTBE in Rohwasserbrunnen für die Trinkwasserversorgung) wurde 1999 in Kalifornien entschieden, den Zusatz von MTBE zu Ottokraftstoff ab Ende 2002 zu verbieten.

Auch in Deutschland wird MTBE seit etwa Mitte der 80er Jahre als Kraftstoffzusatz verwendet. Nach einer unveröffentlichten Studie des Umweltbundesamtes wird der MTBE-Verbrauch in Deutschland auf ca. 500.000 t/a geschätzt. Daraus wird eine gewichtete Durchschnittskonzentration von 1,67 Gew.-% bzw. Vol.-% MTBE in deutschen Kraftstoffen berechnet.

### 2.5.3 Ergebnisse

Aufgrund der vermehrten Veröffentlichungen zum Nachweis von MTBE im Grundwasser in den USA wurde 1999 MTBE erstmals auch im Grundwassermessnetz Baden-Württemberg an insgesamt 26 Messstellen untersucht.

Es wurden gezielt Messstellen ausgewählt, an denen aufgrund ihrer charakteristischen Lage, z.B. im Bereich von Tanklagern und Tankstellen, und aufgrund früher nachgewiesener Gehalte an aromatischen Kohlenwasserstoffen (BTXE) und Mineralölkohlenwasserstoffen (KW) eventuell mit Vorkommen von MTBE im Grundwasser zu rechnen war.

An den 26 Grundwassermessstellen waren in 6 Fällen positive Befunde von MTBE festzustellen, davon in 2 Fällen Werte an der Bestimmungsgrenze von 1 µg/l. In 2 Fällen wurde MTBE knapp unterhalb der Bestimmungsgrenze von 1 µg/l nachgewiesen, die Werte sind deshalb mit < BG angegeben. Deutliche Konzentrationen wurden in 2 Fällen (= 8 %) gemessen.

Mst.	Lage der Messstelle	MTBE	KW	Benzol	Toluol	Ethylbenzol	Xylol
1	Gelände eines Autoherstellers	1,0	0,035/0,11				
2	Neben einer Bundesstraße	64,0		800/16	245	618	1020
3	Güterbahnhofsgelände	1,0					
4	Güterbahnhofsgelände	4,0	0,06				
5	Raffinerie	< BG	0,06/7,79				
6	Raffinerie	8,0		40	10		
7	Raffinerie	< BG		100	40	20	10
8	Tankstellengelände	830,0		280		250	95

Tabelle. 2.5.1: Positivbefunde der MTBE-Untersuchungen bei der Herbstbeprobung 1999 in µg/l, im Vergleich zu zwischen 1991 und 1998 gemessenen Konzentrationen von KW (gelöst und emulgiert, mg/l) und BTXE (µg/l).

#### 2.5.4 Bewertung

Auffallende Werte sind nach den stichprobenhaften Untersuchungen in zwei Fällen an solchen Stellen aufgetreten, an denen bereits durch frühere Messungen deutliche Konzentrationen der BTXE-Aromaten ermittelt wurden.

Es ist wahrscheinlich, dass an diesen Stellen Kraftstoff im Untergrund versickert ist und es sich dabei um Schadensfälle handelt.

Da in Deutschland MTBE erst ab Mitte der 80er Jahre dem Kraftstoff beigefügt wurde, lässt sich damit grob das Alter des Kraftstoffes abschätzen.

MTBE ist künftig mehr Aufmerksamkeit bei Schadensfällen und Altlastenbehandlung zu schenken.

## 2.6 Versauerung, pH-Wert

### 2.6.1 Problembeschreibung, Bedeutung

Zum Schutz des Verbrauchers bzw. zum Korrosionsschutz der Trinkwasserleitungen gilt ein pH 6,5 als unterer und ein pH von 9,5 als oberer Grenzwert der TrinkwV. Durch „sauren Regen“ können pH-Werte kleiner als 6,5 und toxische Schwermetallkonzentrationen erreicht werden, da saures Wasser die natürliche bzw. korrosionsbedingte Schwermetallfreisetzung im Grundwasser bzw. Leitungswasser erhöht.

### 2.6.2 Landesweite Situation, räumliche Verteilung, Tendenzen, Bewertung

Der obere TrinkwV-Grenzwert wird an keiner Messstelle überschritten und der untere Grenzwert an 6,4 % der Messstellen des gesamten Messnetzes unterschritten, meist im Basismessnetz und Quellmessnetz (Abb. 2.6.1). Die letzteren Messstellen liegen nahezu alle im westlichen Landesteil im Schwarzwald und Odenwald (Buntsandstein, Kristallin, Rotliegendes) bzw. in den Gebirgsrandbereichen mit schwach gepufferten Wässern (Abb. 2.6.3). Im östlichen Landesteil finden sich einige wenige Grenzwertunterschreitungen in den auch versauerungsgefährdeten Keuperberglandsandsteinen.

Auch in 1999 nimmt die Versauerungstendenz nicht ab. Die in 1992 höheren pH-Werte werden immer noch nicht erreicht. Die mittel- bis längerfristige Tendenz seit 1992 ist in Abbildung 2.6.2 anhand von 1.296 konsistenten Messstellen dargestellt, aufgeteilt in drei verschiedene Aquiferg

fergruppen. Die erste Gruppe besteht aus 92 Messstellen mit versauerten und versauerungsgefährdeten „niedrig mineralisierten Grundwässern“. Sie umfasst meist Schwarzwald- und Odenwaldquellen mit jungen, auf Niederschläge schnell reagierenden Grundwässern. In den „nassen“ Jahren 1992 bis 1994 - mit hohen Säureeintrag über Niederschläge und Böden - ist das Absinken des Medianwertes um rund 0,3 pH-Einheiten bis in die Nähe des Grenzwertes auffällig. Zwischen 1995 und 1997 stabilisiert sich die Situation zwischen pH 6,6 und 6,7. Ursache waren damals die in den Höhenlagen um rund 25 % nachlassenden Niederschläge mit geringerem Säureeintrag und geringerer Auswaschung der jahrelang über die Luft in den Boden eingetragenen und gespeicherten Säuren. Im Jahr 1998 fällt der pH-Wert wieder bis nahezu auf den Grenzwert, da die Jahresniederschläge wieder zugenommen haben und die Niederschläge in den Beprobungsmonaten September und Oktober überdurchschnittlich waren. In 1999 hält sich der pH-Wert auf nahezu gleichem Niveau wie in 1998 unmittelbar über dem Grenzwert. Aufgrund der vor der Beprobung nur durchschnittlichen bis unterdurchschnittlichen Niederschläge nimmt er nur unwesentlich zu. Bei den beiden anderen Gruppen bleiben die Medianwerte auf nahezu gleichem Niveau. Diese Gruppen umfassen meist Messstellen in kalkhaltigen Aquiferen oder mit älteren Grundwässern. Diese reagieren auf saure Niederschläge langsamer und/oder können den Säureeintrag über den Kalkgehalt im Grundwasserleiter ausgleichen.

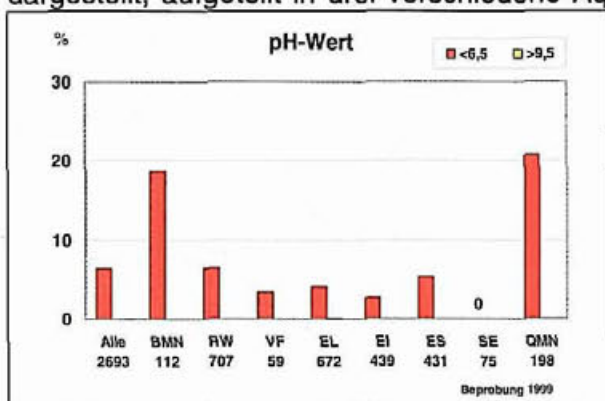


Abbildung 2.6.1: pH-Wert 1999: Unter- und Überschreitungshäufigkeiten des unteren/oberen Warnwertes bzw. des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung (pH 6,5/9,5).

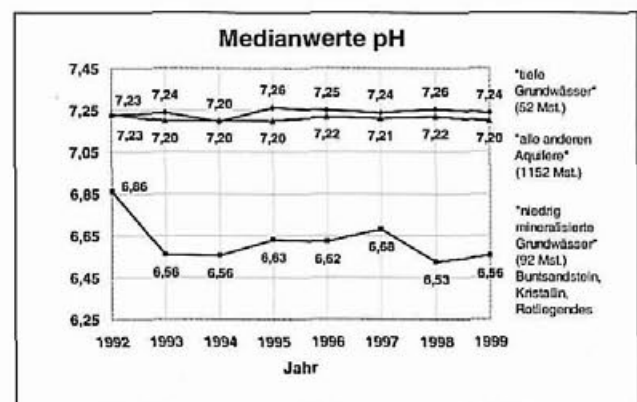


Abbildung 2.6.2: Entwicklung der pH-Wert-Mediane von 1992 bis 1999 für konsistente Messstellen für verschiedene Aquiferggruppen. Beprobungszeitraum jeweils September - November.

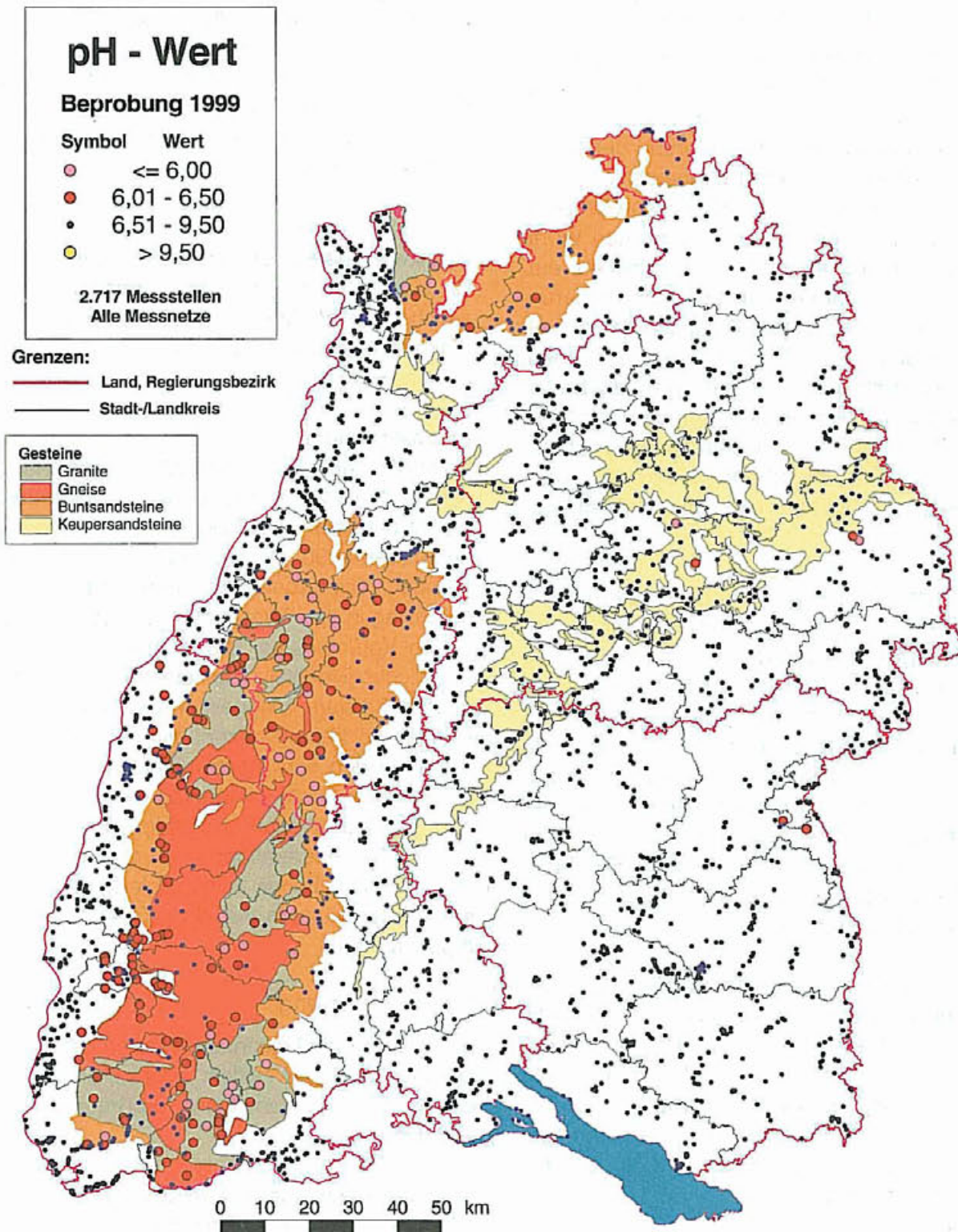


Abbildung 2.6.3: Verteilung pH-Wert 1999.

## 2.7 „Geogene“ Parameter

### 2.7.1 Natürliches Vorkommen und Befunde

Ursprünglich rein geogene Stoffe und Parameter lassen sich in großer Werte- und Konzentrationsvielfalt nachweisen. **Schwermetalle** und andere **Spurenelemente** sind aufgrund der geologischen Vielfalt Baden-Württembergs in großer Häufigkeit, aber in meist kleinen Konzentrationen messbar. Schon manche natürlichen Werte und Konzentrationen einzelner Regionen entsprechen z.T. nicht den Trinkwasseranforderungen. Durch die vielfältigen Einflüsse der aktuellen Landnutzung werden die Konzentrationen, die ursprünglich durch die geologischen Bedingungen gekennzeichnet sind, anthropogen überprägt. Einige dieser Konzentrationen sind anthropogen nur leicht erhöht, andere so stark, dass Warn- und Grenzwerte überschritten werden.

Eine Beurteilung der anthropogenen Konzentrationsänderungen würde die Kenntnis der geogenen Hintergrundkonzentration erfordern. Diese Werte sind nur teilweise aus einer Auswertung von Daten aus dem Basismessnetz bekannt (LfU, 1996). Stattdessen muss hier auf die Grenzwerte der Trinkwasserverordnung, bzw. die Warnwerte des Grundwasserüberwachungsprogramms zurückgegriffen werden (siehe Tabelle in Kapitel 3.2). Es ist geplant, die Ergebnisse der Herbstbeprobung 1999 detailliert in einem Fachbericht auszuwerten.

**Ursprünglich rein geogene Stoffe** und Parameter mit Grenzwertüberschreitungen an mehr als 1 % aller Messstellen sind: Mangan (17 %), Trübung (12 %), Eisen (10 %), Nitrat (11 %), pH (Unterschreitungen: 6,4 %), Färbung (4,5 %), Magnesium (3,8 %), Sulfat (3,8 %), Kalium (3,3 %), Arsen (2,6 %), Ammonium (2,3 %), Elektrische Leitfähigkeit (1,1 %).

Bei den **Schwermetallen** sind häufigere Überschreitungen der Trinkwasser-Grenzwerte nur beim **Arsen** (2,6 %) festzustellen. Diese sind sowohl natürlich bedingt wie auch anthropogen. Wenige Überschreitungen gibt es auch bei **Chrom** (0,2 %) und **Blei** (0,1 %).

Hier liegen neben natürlichen Ursachen auch direkte anthropogene Belastungen vor, bei Arsen etwa zu zwei Dritteln. Arsen fällt auch durch eine hohe Nachweishäufigkeit auf (88 %). Dies bestätigt die hohe Anzahl positiver Befunde aus dem letzten Jahr.

Bei allen anderen Schwermetallen finden sich Grenzwertüberschreitungshäufigkeiten unter 0,1 %, also nur einzelne lokale Belastungen, wie z.B. bei **Quecksilber** und **Cadmium**. Für einige der gemessenen Schwermetalle gibt es aber keinen Grenzwert.

Erstmals wurden 1999 die Elemente **Lithium**, **Strontium-88** und **Uran-238** im Gesamtmessnetz untersucht. Diese Elemente sind für ihr weitverbreitetes natürliches Vorkommen bekannt und daher an 90 - 100 % aller Messstellen nachweisbar. Die Konzentrationen liegen nahezu durchweg in den Bereichen des ubiquitären geogenen Vorkommens. Strontium-88 begleitet als natürliches Erdalkalimetall die anderen Erdalkalimetalle Calcium, Magnesium und Barium. Daher sind die höchsten Konzentrationen von mehr als 5 mg/l in den sehr hoch mineralisierten Grundwässern der Festgesteine von Gipskeuper, Keuper und Muschelkalk zu finden. Die höchsten Uran-238-Konzentrationen von größer 0,02 mg/l sind in den höher mineralisierten Lockergesteinsgrundwässern messbar (Oberrheingraben, Alpenvorland).

### 2.7.2 Bewertung

Hohe Schwermetallkonzentrationen kommen nur vereinzelt vor und stellen, abgesehen von lokalen Kontaminationen, keine großräumige Belastung dar.

Von den gesundheitlich relevanten Schwermetallen ist Arsen am häufigsten messbar.

Warnwertüberschreitungen gibt es bei Arsen an 87, bei Quecksilber, Cadmium und Chrom an 1 bis 20 Messstellen. Die Sanierung der Belastungsursachen muss weiter betrieben werden.



## 2.8 Cadmium

### 2.8.1 Natürliches Vorkommen und Eigenschaften

Cadmium (Cd) ist in der Erdkruste selten. Da es im Zinkoxidmineral entdeckt wurde, ist es nach dem griechischen Wort für Zinkerz „cadmeia“ benannt. Cadmium ist ein silberweißes, glänzendes, weiches und verformbares Material. Es ist meist natürlicher Gemengteil vieler Zink- und Bleiminerale. Deshalb enthalten natürliche und industriell genutzte Zinkerze auch Cadmium. In Gesteinen liegt oft ein Zink/Cadmium-Verhältnis von 500:1 vor, in Böden von 100:1. Eigene Cadmiumminerale entstehen meist erst durch die Verwitterung von cadmiumhaltigen Zinkmineralen, wie z.B. Cadmiumblende (CdS) und Otavit ( $\text{CdCO}_3$ ). Daher tritt Cadmium meist nur in der Nähe von Zinkerzvorkommen auf. Cadmiumverbindungen sind z.T. farbig – gelb, rot und braun.

In Böden allgemein beträgt der natürliche Cadmiumgehalt etwa 0,2 mg/kg Cd. Im Bodenmessnetz Baden-Württembergs liegen über 90 % der untersuchten Bodenproben unterhalb von 0,5 mg/kg Cd. Geogene Cadmiumgehalte über 0,4 mg/kg Cd findet man in Baden-Württemberg in Böden auf Kalkgestein, auf Posidonienschiefer und in der Nähe von Erzgängen. Auf stark Cd-haltigem Gestein können mehr als 3 mg/kg Cd erreicht werden. Kohle kann bis zu 2 und Öl bis zu 16 mg/kg Cd enthalten.

Cadmium zählt zu den leichter mobilisierbaren Schwermetallen. Im Wasser bildet Cadmium viele Komplexe mit Sulfat, Ammonium, Cyaniden und anderen Salzionen. Ton, Humus und die Oxide anderer Schwermetalle adsorbieren Cadmium. Bei pH-Werten größer 8 treten kaum freie Cd-Ionen auf. Insbesondere bei abnehmendem pH-Wert unter 6,5 bis 6,0 und bei gleichzeitig sauerstoffreichen Verhältnissen kann Cadmium stärker mobilisiert werden, in etwas geringerem Maße auch bei sauerstoffarmen und alkalischen Verhältnissen. Organische Komplexbildner, natürliche und synthetische, wirken sich je nach Zusammensetzung sorbierend oder mobilisierend aus.

Hohe Salzgehalte im Wasser, z.B. von Calcium und Chlorid, mobilisieren bisher an Ton- und Humuspartikeln festgelegtes Cadmium.

Im Grundwasser „allgemein“ liegen die Cd-Gehalte meist unter 0,005 mg/l, oft unter 0,001 mg/l Cd. Für die alte Bundesrepublik Deutschland wurde zu Beginn der neunziger Jahre ein geogener Normalbereich von 0,0001 bis 0,0002 mg/l Cd angenommen. Die Sickerwässer unbelasteter/wenig belasteter Böden enthalten weniger als 0,010 mg/l Cd, Meerwasser zwischen 0,00007 bis 0,0001 mg/l Cd.

Cadmium wird in der WHO-Richtlinie als "wahrscheinlich krebserregend" eingestuft. Es gilt ein WHO-Richtwert für Trinkwasser von 0,003 mg/l Cd. Wie die EU-Richtlinie sieht die Deutsche TrinkwV einen Grenzwert von 0,005 mg/l Cd vor. Der gleiche Wert gilt nach dem Bundesbodenschutzgesetz (1999) für den Wirkungspfad Boden-Grundwasser als Prüfwert.

### 2.8.2 Anthropogene Herkunft und Emissionspfade

Bei der Zinkverhüttung von 1 t Zink fallen aus dem verarbeiteten Zinkoxid rund 3 kg Cadmium an. Cadmium verdampft relativ schnell bei hohen Temperaturen, weshalb es sich bei der Erzverhüttung, insbesondere der Zinkverhüttung, Eisen- und Stahlerzeugung und bei der Verbrennung von Müll, Klärschlamm, Kohle und Öl (Hausbrand, Kraftwerke) schnell in die Atmosphäre verflüchtigt. Dies führt über Staub und Regen zu einer allgemeinen diffusen Verbreitung auf der Erdoberfläche, in Böden, Pflanzen und Gewässern. Die Humusaufgaben in Wäldern sind daher oft mit Cadmium angereichert. In Ballungsräumen ist die Cadmiumbelastung meist höher als im ländlichen Bereich. In den achtziger Jahren wurden im Niederschlag städtischer Regionen in Nordeuropa Gehalte um 0,001 mg/l Cd analysiert. Randbereiche verkehrsreicher Straßen enthalten bis 3 mg Cd pro kg Feinboden.

Aufgrund seiner rot-gelb-braunen Farben kamen Cadmiumverbindungen bis weit in die siebziger Jahre in der Farbenindustrie zum Einsatz. Cadmium wurde vielen Metall- und Kunststoffprodukten als Farbe und PVC-Stabilisator zugesetzt, weshalb viele Gebrauchs- und Haushaltsprodukte die cadmiumtypische orange-rote Farbgebung aufweisen, z.B. Geschirr, Koch- und farbige Keramiktöpfe. Cadmium ist auch in Autobremssen, Lötmetallen, Batterien, Akkumulatoren und Photozellen enthalten. Seit den achtziger Jahren wird der industrielle Cd-Einsatz aufgrund der bekannten Cd-Toxizität reduziert.

Cadmium hat auch eine gute Rostschutzwirkung. Es wird in der Metallindustrie als Legierungsbestandteil und beim Galvanisieren verwendet oder auf Produkte aufgedampft, wie z.B. bei der Autokarosserieherstellung. In der Kerntechnik wird es in Bremsstäben zur Neutronenabsorption verwendet.

Durch Deponien, Altlasten, Ablagerungen von Industrieschlamm, Schrott und Filterstäuben, über Metallleitungskorrosionen oder über Abwässer kann Cadmium ins Grundwasser gelangen. In den siebziger Jahren lag der Abwassergrenzwert bei 1 mg/l Cd.

Auch über Phosphordünger und Klärschlamm wird Cadmium in landwirtschaftliche Böden eingebracht. Nach hohen Klärschlammgaben wurden im Sickerwasser bis zu 0,200 mg/l gemessen. Der Grenzwert nach Klärschlammverordnung (1992) betrug 1,5 mg/kg Trockenmasse. Der natürliche Cadmiumgehalt der Düngergrundstoffe, der Rohphosphate, kann je nach regionaler Herkunft zwischen 1 und 90 mg/kg betragen, durchschnittlich 40 mg/kg. Im landwirtschaftlich genutzten Boden wird eingebrachtes Cadmium über die Pflugbearbeitung im Boden verteilt und an Ton-, Kalk-, Phosphat- und Humuspartikeln adsorbiert. Dies geschieht solange die Böden kalkhaltig sind oder gekalkt werden und der pH-Wert nicht in den sauren Bereich unter pH 7 absinkt. Die Aufnahme in Pflanzen geschieht im Gegensatz zu anderen Metallen nicht nur über die Wurzeln, sondern auch über die oberirdischen Pflanzenteile, weshalb auch Mose in den Mittelgebirgswäldern Cadmium aus dem

atmosphärischen Niederschlag inkorporieren können. Nach dem Bundesbodenschutzgesetz (1999) gilt für den Wirkungspfad Boden-Nutzpflanze ein Bodenmaßnahmewert von 0,1 mg/kg Trockenmasse.

Metallische Probennahmegeräte und korrodierte Ausbaumaterialien von Grundwassermessstellen können das als Legierungsbestandteil verwendete Cadmium ebenfalls in die Grundwasserprobe abgeben. Deshalb müssen bei der Plausibilisierung von Cadmiumbefunden immer auch die Analysenergebnisse anderer Inhaltsstoffe sowie die hydrochemische Gesamtbeurteilung herangezogen werden.

In Gewässersedimenten und Talauen sind die Cd-Konzentrationen oft erhöht. Sie sind oft auf natürliche Erzvorkommen und auf historischen Bergbau in den Einzugsgebieten zurückzuführen. Beispiele finden sich im Harz, im Südschwarzwald und bei Heidelberg/Wiesloch.

Neben dem natürlichen Austrag aus den Erzgängen ist dies hauptsächlich auf die Auslaugung der Abraumhalden und auf den jahrhundertelangen Erosionstransport der natürlichen Gerölle und Abraumschotter entlang der Flussläufe zurückzuführen. Andere Flusssedimente sind durch cadmiumhaltige Einleitungen stark belastet, z.B. Elbe bis 60 mg/kg. Rheinwasser enthielt in den 80er Jahren etwa 0,0002 bis maximal 0,005 mg/l.

Aus Japan sind die Krankheits- und Todesfälle einer ganzen Bevölkerungsgruppe durch Cadmiumaufnahme aus Reis und Wasser bekannt (1947, „Itai-Itai-Krankheit“, Knochenkrankheit).

### 2.8.3 Landesweite Situation, räumliche Verteilung, statistische Kennzahlen, Bewertung

Abbildung 2.8.1 zeigt die landesweite Verteilung der Cadmiumgehalte. Die Klasseneinteilung ist so gewählt, dass die violetten und roten Punkte die Überschreitungen des derzeitigen Grenzwertes der Trinkwasserverordnung darstellen und die gelben die Überschreitungen des Warnwerts des Grundwasserüberwachungsprogramms.

Messstellen mit negativen Befunden bei Bestimmungsgrenzen von kleiner 0,0002 mg/l Cd sind als kleine graue Punkte dargestellt.

Cadmium ist landesweit nur an 3,3 % aller Messstellen nachweisbar (83 Messstellen). An drei Messstellen gibt es Warnwertüberschreitungen, an zweien Grenzwertüberschreitungen. Diese finden sich in den Firmenbereichen zweier Galvanisierbetriebe und eines chemisch-pharmazeutischen Betriebes.

Bei den positiven Befunden liegt keine eindeutige und gerichtete Abhängigkeit zu niedrigen oder hohen Sauerstoffgehalten oder pH-Werten vor. Zur Grundwasserversauerung zeichnet sich nur an zwei Messstellen ein Zusammenhang ab. Die Befunde sind offenbar primär vom natürlichen und anthropogenen Cd-Angebot in Boden und Aquifermatrix abhängig. Die geringe Nachweishäufigkeit ist damit plausibler Ausdruck des seltenen natürlichen Vorkommens von Cadmium auf der Erde und in Baden-Württemberg.

Ein nur geringer Teil der Positivbefunde mit kleinen Konzentrationen ist natürlich verursacht: metallreicheres trübes Tiefen- und Muschelkalkwasser (Oberrheintal, Tauberland, Dinkelberg), Wässer mit hohen Calcium- und Sulfatgehalten (Kraichgaurand) und Erzvorkommen im Einzugsgebiet (Schwarzwald, Welzheimer- und Schurwald).

Es ist eine Abhängigkeit zum zunehmenden Besiedlungsgrad festzustellen. Die wenigsten prozentualen Positivbefunde mit 1 – 2 % sind im anthropogen gering beeinflussten BMN und QMN zu finden, die meisten mit 4 – 6 % bei den Emitenten Siedlungen und Industrie. An den meisten Messstellen mit kleinen Cd-Gehalten und mit Warn- und Grenzwertüberschreitungen machen Positivbefunde anderer rein anthropogener Stoffe und Einflussbereichsplausibilisierungen die anthropogene Herkunft des Cadmiums ziemlich sicher.

Solche Indikatoren sind gleichzeitig höhere Borbefunde oder Cyanid-, PAK- und CKW-Nachweise und die Nähe der Messstellen zu: Schadens-

fällen, metall- und kunststoffherstellenden Betrieben (z.B. Kaiserstuhl, Markgräflerland), Galvanisierbetrieben (z.B. Neckartal), Chemiefirmen (z.B. östlicher Schwarzwaldrand, Rheinknie, Rhein-Neckar-Raum), Gaswerken, Erdöl- und Erdgaspipelines (z.B. Rissstalaue, Kraichgau), zu historischen Bergbaukippen (z.B. Rhein-Neckar-Raum, Südschwarzwald) und zu überall existierenden Altablagerungen, Deponien, Altlasten, Kläranlagen, Abwassersammlern, zu größeren Strassen und Tankstellen. Es handelt sich hierbei um lokal begrenzte Schadensfälle.

Es ist nur eine Region mit einer Häufung positiver Befunde erkennbar, nämlich im nördlichen Oberrheingraben, im Rhein-Neckar-Raum zwischen Wiesloch und Heidelberg bis zur nördlichen Landesgrenze. Hier liegen z.T. Grundwasserverunreinigungen durch Chemie- und Metallindustrien und Altlasten vor, auch wenn von LfU-Bodenuntersuchungen der Bereich Wiesloch – Sandhausen entlang der Fließgewässer Leimgraben/Landgraben, Hardtgraben, Kraichbach für seinen natürlichen und anthropogenen Schwermetallreichtum bekannt ist. Die Nähe zum natürlich-schwermetallreichen Posidonienschiefer in der benachbart anstehenden Jurascholle bei Wiesloch und deren bergmännische Nutzung machte einen jahrhundertelangen natürlichen Erosionstransport von schwermetallreichem Jura- und Abraumhaldenmaterials entlang der Flüsse bis in die Rheinebene möglich.

**Für Baden-Württemberg liegt keine flächenhafte oder regionale Cadmiumproblematik vor. Nur wenige lokal höhere Cd-Konzentrationen überschreiten z.T. den TrinkwV-Grenzwert.**

**Ursachen sind Altablagerungen, Schadensfälle, direkte Industrieemissionen und offenbar auch Abwasseranlagen. Deren Sanierung muss weiter verfolgt werden. Unabhängig von diesen Ergebnissen besteht für die mögliche diffuse Grundwassergefährdung durch die Nutzung schwermetallhaltiger Klärschlämme und Bioabfälle in der Landwirtschaft noch Untersuchungsbedarf.**

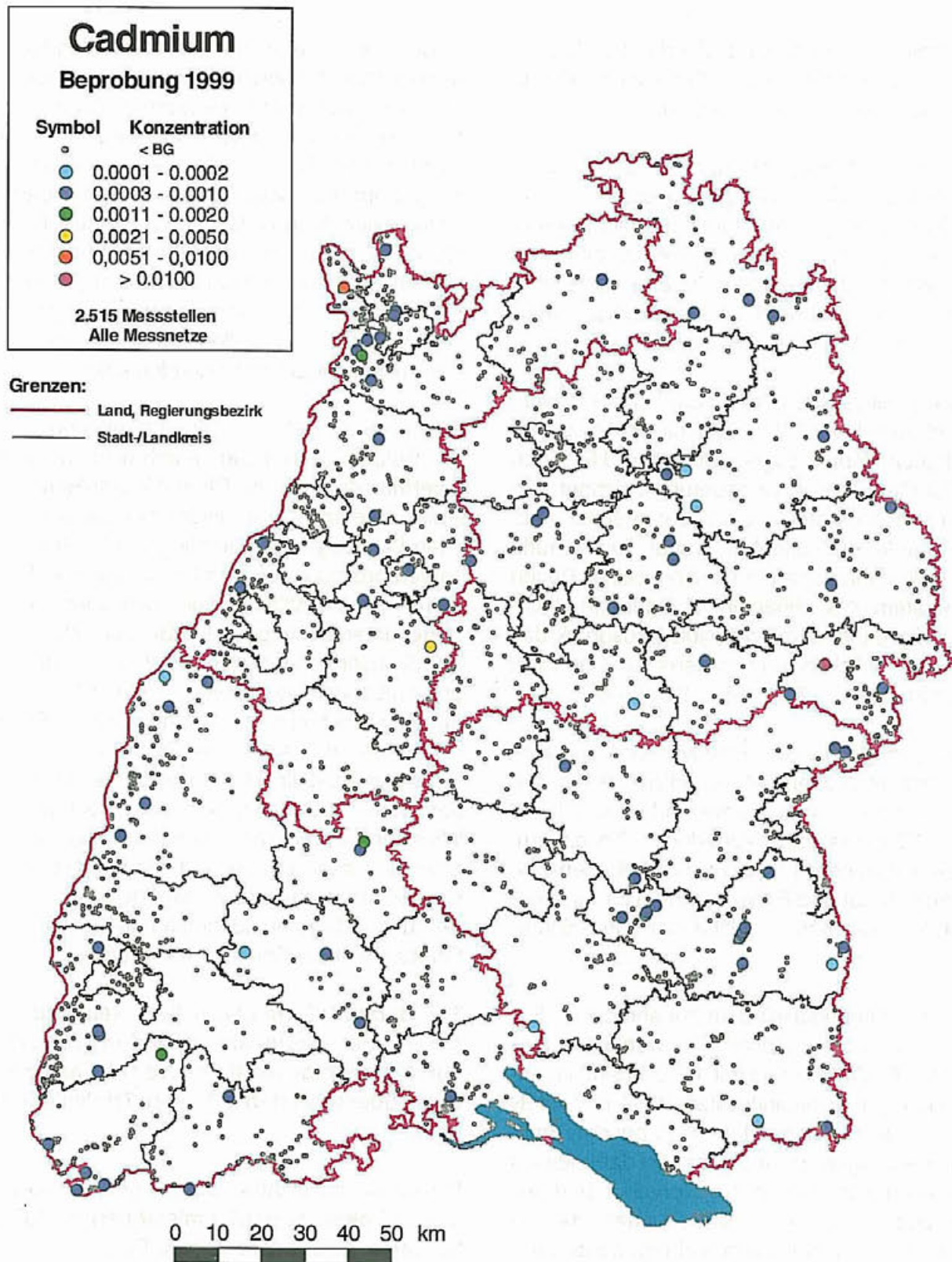


Abbildung 2.8.1: Konzentrationsverteilung Cadmium 1999

( Anm.: Hier dargestellt sind 2.455 von insgesamt 2.515 Mst., da 60 WVU-Mst. mit n.n.-Befunden entfallen. Hier ragten die hohen Bestimmungsgrenzen von < 0,0003 – < 0,0020 mg/l bis in den Warnwertbereich hinein).

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

... ..

### 3 Statistische Übersichten der Teilmessnetze

#### 3.1 Trendmessnetz (TMN) – Menge

##### Messnetzziel

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

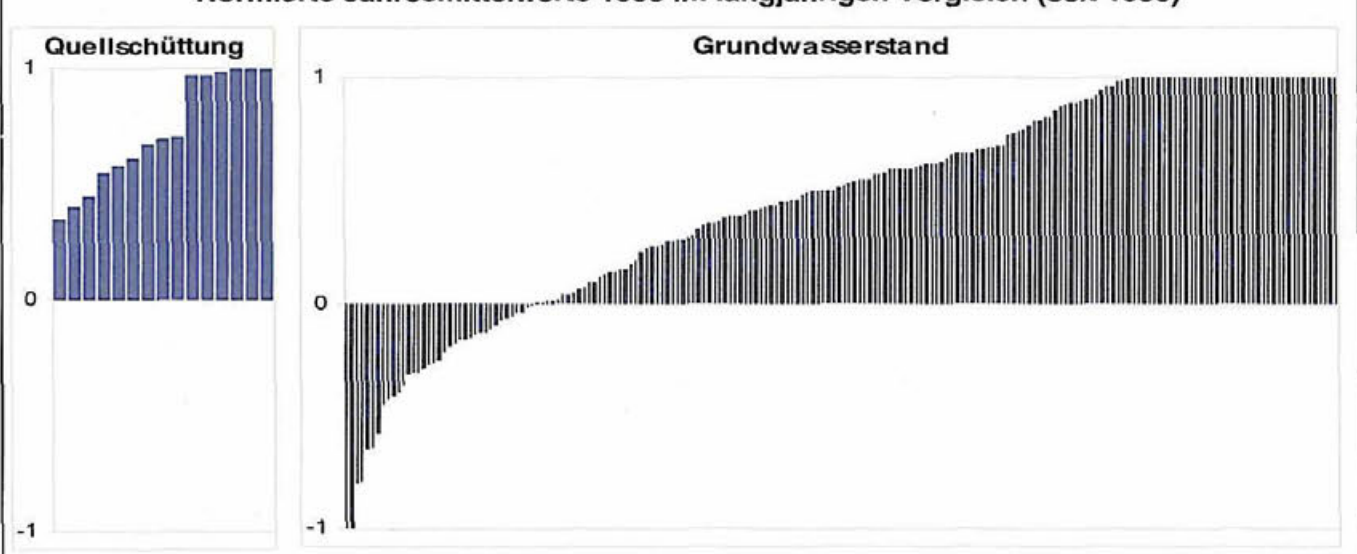
##### Datengrundlage

Auswahl von ca. 220 repräsentativen und funktionsfähigen Grundwassermessstellen mit beschleunigter Datenübermittlung: rd. 200 Grundwasserstandsmessstellen (wöchentlicher Beobachtungsturnus), ca. 10 Quellen (wöchentliche bis monatliche Messung) und 8 Lysimeter (tägliche bis wöchentliche Beobachtung).

##### Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- Die Grundwasservorräte im **Jahr 1999** waren im Vergleich zu den langfristigen Verhältnissen überdurchschnittlich. Erst die starken Niederschläge in den für die Grundwasserneubildung entscheidenden Wintermonaten führten zu einer raschen Erholung der Grundwasservorräte.
- Der kontinuierliche Anstieg der **Grundwasserstände** nach der ausgeprägten Trockenperiode (1989 bis 1991) hat sich 1999 noch verstärkt. Die mittelfristige (20 Jahre) und die langfristige Tendenz (50 Jahre) sind aber nach wie vor überwiegend fallend, insbesondere in den südöstlichen Landesteilen sowie im nördlichen Oberrheingraben. Allerdings ist auch dort eine allmähliche Entspannung erkennbar, denn die kurzfristige Entwicklung (10 Jahre) ist mit wenigen Ausnahmen steigend bis stark steigend.
- Die vom Niederschlagsgeschehen geprägten **Quellschüttungen** deuten auf einen Anstieg der Grundwasservorräte in den letzten 10 Jahre hin. An etlichen Standorten wurden Höchstwerte seit 1950 gemessen. Das Niveau der späten 70er Jahre konnte, außer auf der Schwäbischen Alb, aber nicht erreicht werden. Die langfristige Entwicklung (45 Jahre) ist weitgehend ausgeglichen.

#### Normierte Jahresmittelwerte 1999 im langjährigen Vergleich (seit 1950)



Erläuterung: Dargestellt wird pro Messstelle der - gegen den seit 1950 jeweils kleinsten (-1) bzw. größten (+1) Jahresmittelwert normierte - Jahresdurchschnitt im Jahr 1999.

Ergebnisse 1999 Baden-Württemberg TMN Grundwasserstand (Auswahl)										
Messstelle	Gebiet	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum 1999		Jahresmaximum 1999		Mittelwert 1999	Trend [cm/Jahr]		
			[m+NN]	Datum	[m+NN]	Datum		[m+NN]	10 Jahre	20 Jahre
0116/022-0	Oberrheinoraben	Quartär	216,24	13.12.	220,45	24.05.	217,07	1,4	-1,5	-3,3
0124/023-8	Oberrheingraben	Quartär	239,92	18.01.	241,67	28.06.	240,94	12,3	-1,2	-2,9
0115/066-9	Oberrheingraben	Quartär	153,11	20.09.	154,80	22.02.	153,76	7,7	0,5	-0,7
0115/068-8	Freiburger Bucht	Quartär	194,16	11.10.	195,37	03.05.	194,80	-0,1	-1,0	-0,4
0133/068-0	Oberrheingraben	Quartär	171,29	01.02.	171,85	31.05.	171,55	6,3	-0,8	-0,3
0102/070-7	Freiburger Bucht	Quartär	217,46	20.09.	218,69	22.02.	218,10	3,7	-0,5	0,1
0160/070-0	Staufener Bucht	Quartär	244,75	18.01.	246,52	21.06.	245,71	13,9	-2,8	-
0102/073-1	Wiesental	Talfüllungen	336,85	29.11.	339,92	22.02.	337,83	5,3	0,6	-
0112074-9	Hochrhein	Quartär	261,14	04.01.	262,32	31.05.	261,59	4,2	0,2	-
0126/114-5	Oberrheingraben	Quartär	138,96	20.09.	140,46	08.03.	139,59	2,1	0,4	-0,3
0110/116-6	Oberrheingraben	Quartär	155,76	20.09.	157,34	15.03.	156,42	6,2	0,0	-2,8
0100/119-1	Freiburger Bucht	Quartär	206,36	27.09.	207,54	22.02.	206,83	3,6	-0,2	-2,3
0103/161-0	Oberrheingraben	Quartär	110,06	20.09.	111,84	24.05.	110,78	2,9	-1,3	0,0
0124/163-8	Oberrheingraben	Quartär	130,39	20.09.	131,42	27.12.	130,83	2,6	-0,6	0,3
0115/211-5	Oberrheingraben	Quartär	109,88	19.09.	111,36	23.05.	110,49	1,7	-1,1	-0,3
0103/256-3	Oberrheingraben	Quartär	91,75	29.11.	92,64	07.06.	92,06	0,3	-7,4	-
0703/256-1	Oberrheingraben	Quartär / tief	93,11	06.12.	95,38	12.10.	93,52	3,6	-6,3	-
0118/258-2	Oberrheingraben	Quartär	97,17	25.01.	100,17	17.05.	98,30	6,1	-0,5	0,9
0227/259-1	Oberrheingraben	Quartär	108,97	29.11.	109,39	24.05.	109,14	6,4	-0,8	1,1
0150/260-6	Oberrheingraben	Quartär	112,23	04.01.	112,69	29.03.	112,42	-2,7	-3,4	1,1
0173/260-0	Oberrheingraben	Quartär	112,10	29.11.	112,86	29.03.	112,48	5,7	0,1	-
0174/260-5	Oberrheingraben	Quartär / tief	111,85	29.11.	112,54	29.03.	112,19	5,3	-0,1	-
0133/304-6	Oberrheingraben	Quartär	94,20	04.01.	94,86	26.04.	94,54	9,7	2,1	-
0733/304-4	Oberrheingraben	Quartär / tief	91,81	15.02.	92,22	12.04.	92,02	9,2	1,6	-
0104/305-6	Oberrheingraben	Quartär	88,24	29.11.	90,99	24.05.	89,33	7,2	-1,8	-0,5
0107/305-0	Oberrheingraben	Quartär	95,64	04.01.	96,23	29.03.	95,95	10,8	2,2	-1,2
0100/307-1	Oberrheingraben	Quartär	99,47	04.01.	99,77	14.06.	99,62	5,1	-2,9	-2,4
0108/308-7	Oberrheingraben	Quartär	106,30	06.12.	106,85	14.03.	106,55	3,7	-0,9	-1,4
0101/320-1	Donautal	Talfüllungen	674,69	20.09.	675,51	22.02.	675,00	1,2	0,7	-1,2
0100/321-9	Aitrachtal	Talfüllungen	683,87	01.11.	684,68	31.05.	684,25	2,1	-0,7	-
0100/355-1	Oberrheingraben	Quartär	96,94	22.03.	97,95	15.03.	97,49	15,9	2,4	-0,4
0105/370-3	Donautal	Talfüllungen	651,60	25.01.	653,93	27.12.	652,34	6,5	6,6	-
0101/372-4	Singener Becken	Quartär	413,42	20.09.	414,36	17.05.	413,79	-0,1	-1,0	-
0112/372-4	Singener Becken	Quartär / tief	414,54	20.09.	415,35	17.05.	414,88	-1,1	-	-
0100/458-0	Neckartal	Talfüllungen	154,12	18.10.	157,13	22.02.	154,37	1,4	-0,1	-
0101/470-4	Stockacher Aach	Talfüllungen	582,05	20.09.	582,74	17.05.	582,30	0,5	-3,1	-
0167/508-9	Neckartal	Lettenkeuper	153,99	14.06.	155,10	22.02.	154,31	4,7	-	-
0103/509-5	Neckartal	Ob. Muschelkalk	169,62	29.11.	170,87	15.03.	170,13	16,9	7,4	-
0110/509-7	Neckartal	Ob. Muschelkalk	174,32	13.12.	184,99	29.03.	179,43	50,8	1,4	-
0100/517-0	Fehlatal	Talfüllungen	681,93	08.11.	693,46	22.03.	685,80	15,4	-1,1	-
0100/522-4	Singener Becken	Quartär	433,34	13.12.	434,48	14.06.	433,84	2,0	-0,2	-
0001/569-0	Donautal	Quartär	535,13	08.11.	536,16	22.03.	535,54	0,2	-	-
0110/623-5	Argendelta	Quartär	411,93	11.01.	413,33	21.06.	412,53	2,9	-0,8	-
0103/670-1	Oberschwaben	Quartär	586,96	04.01.	590,08	02.08.	588,86	3,9	-3,1	-
0101/713-8	Ostalb	Malm Weißjura	537,74	25.10.	553,17	15.03.	541,71	7,1	-2,0	-
0104/716-9	Donautal	Talfüllungen	483,48	01.02.	488,21	22.03.	486,09	3,6	-9,0	-
0100/721-0	Leutkircher Heide	Quartär	634,31	01.02.	636,64	14.06.	635,49	1,8	-3,4	-
0127/762-8	Kochertal	Talfüllungen	497,83	01.11.	500,69	15.03.	499,14	5,4	-1,1	-
0101/763-1	Ostalb	Malm Weißjura	513,43	13.12.	526,50	05.04.	521,20	73,3	-22,3	-
0119/765-9	Ostalb	Malm Weißjura	474,76	15.02.	480,25	29.03.	477,54	1,2	-25,6	-
0161/768-5	Illertal	Quartär	532,34	25.01.	533,44	24.05.	532,71	-1,4	-0,4	-
0150/769-7	Illertal	Quartär	564,49	15.02.	565,46	22.03.	564,90	-0,5	-1,3	-
0160/770-4	Leutkircher Heide	Quartär	607,42	08.11.	609,77	24.05.	608,25	0,3	-1,0	-
0110/773-2	Allgäu	Quartär	713,60	01.11.	715,87	24.05.	714,36	-1,1	-0,7	-
0103/812-9	Ostalb	Malm Weißjura	494,74	08.11.	503,21	25.05.	498,40	10,5	-15,3	-
0102/814-8	Donauried	Quartär	445,66	08.11.	447,12	06.12.	444,59	8,5	1,8	-1,4

Ergebnisse 1999 Baden-Württemberg TMN Quellschüttung (Auswahl)										
Messstelle	Gebiet	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum 1999		Jahresmaximum 1999		Mittelwert 1999	Trend [cm/Jahr]		
			[l/s]	Datum	[l/s]	Datum		[l/s]	10 Jahre	20 Jahre
0001/265-0	Mittlerer Schwarzwald	Buntsandstein	19,07	04.10.	97,47	15.03.	45,84	1,2	-	-
0600/222-6	Hochschwarzwald	Kristallin	1,85	01.11.	3,45	15.01.	2,50	0,0	0,0	-
0600/407-7	Kraichgau	Höherer Keuper	2,99	14.12.	10,53	31.03.	5,99	0,3	-0,2	0,0
0600/468-4	Schwäbische Alb	Malm Weißjura	39	18.10.	518	01.03.	171,04	5,2	1,5	-
0600/554-9	Odenwald	Muschelkalk	22,97	29.11.	105,81	22.02.	63,99	2,1	-0,6	0,0
0600/607-8	Hohenlohe	Lettenkeuper	2,46	04.11.	4,45	01.04.	3,37	0,1	-0,1	0,0
0601/219-3	Südl. Schwarzwald	Kristallin	0,3	02.11.	4,55	15.12.	1,83	0,0	-0,1	0,0
0601/559-1	Schw.-Fränk. Berge	Höherer Keuper	0,36	04.10.	0,56	05.01.	0,45	0,0	0,0	0,0
0601/759-1	Schw.-Fränk. Berge	Höherer Keuper	2,5	30.11.	6,01	31.03.	4,29	0,1	0,0	0,0
0602/521-3	Oberschwaben	Quartäre Moränen	1,86	15.10.	9,02	01.06.	4,45	0,1	0,0	0,0
0600/605-4	Tauberland	Muschelkalk	4,59	02.11.	28,77	01.02.	17,21	0,4	-0,2	0,0

### 3.2 Gesamtnessnetz - Beschaffenheit

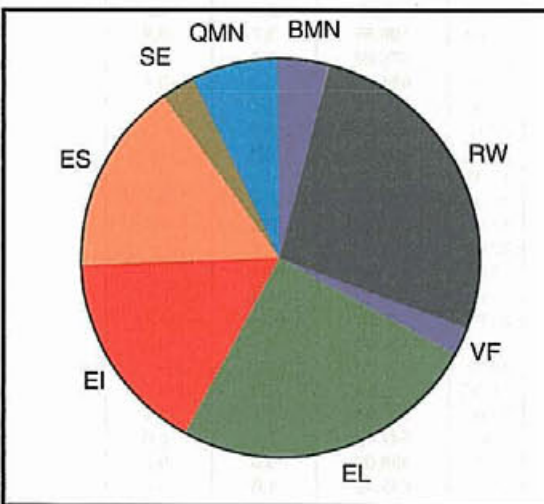
#### Messnetzziel

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

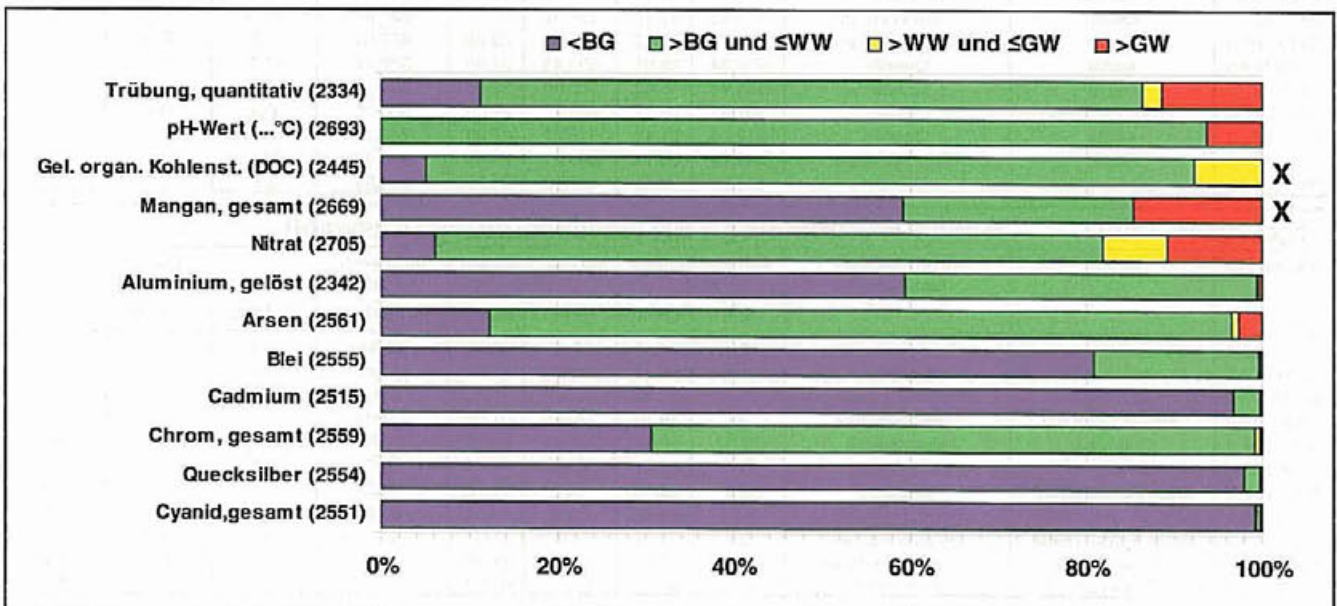
#### Datengrundlage

Ausgewertet wurden für das Jahr 1999 die Daten von insgesamt 2.717 Messstellen (Land: 2.157 Messstellen, Kooperation: WVU: 560). Die vom Land betriebenen Messstellen wurden auf folgende Messprogramme untersucht (Messprogramm-Parameter: s. Anhang):

MESSPROGRAMM	BMN	RW/VF	EL	EI/ES/SE	QMN
Vor-Ort-Parameter	•	•	•	•	•
Messprogramm Geogen	•	•	•	•	•
Messprogramm Schwermetalle	•	•	•	•	•
Zusatzmessprogramm	•	•	•	•	•
Pflanzenschutzmittel PSM -1			•		



Messnetz	Messstellen Anzahl	Messstellen Anteil %
BMN	112	4,1
RW	727	26,8
VF	59	2,2
EL	673	24,8
EI	441	16,2
ES	431	15,9
SE	75	2,8
QMN	198	7,3
Summe	2.717	100





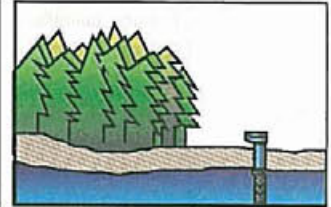
Ergebnisse 1999 : Baden-Württemberg Alle												
Parameter	Dim.	Anz.	> BG		> WW		> GW		P50	P90	Maximum	
		Mst.	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	(Median)	(P10/)	(Minimum/)	
Temperatur	°C	2659	2659	100	22	0,8	6	0,2	11,8	15	48,3	
Trübung, quantitativ	FNU	2334	2071	88,7	321	13,8	268	11,5	0,18	1,9	3700	
SAK 436	1/m	2625	1782	67,9	145	5,5	117	4,5	0,08	0,3	12,6	
El. Leitf. (25 °C)	mS/m	2684	2684	100	61	2,3	30	1,1	71,2	110,1	600	
pH-Wert (...°C)		2693	2693	100	173	6,4	173	6,4	7,19	(6,70/)	7,48 (4,55/)	9,11
Säurekap. bis pH 4,3	mmol/l	2558	2556	99,9	-	-	-	-	5,6	7,13	18	
Basekap. bis pH 8,2	mmol/l	327	327	100	-	-	-	-	0,58	1,2	3,3	
Summe Erdalkalien (GH)	mmol/l	2675	2675	100	-	-	-	-	3,46	5,37	21,05	
Sauerstoff	mg/l	2614	2502	95,7	-	-	-	-	6,6	10	14,5	
Sauerstoffsättigung	%	2177	2084	95,7	-	-	-	-	61	94	145	
SAK 254	1/m	2551	2525	99	124	4,9	-	-	1,1	3,4	78,8	
Gel. organ. Kohlenst. (DOC)	mg/l	2445	2320	94,9	191	7,8	-	-	0,73	2,4	55	
Calcium	mg/l	2682	2682	100	30	1,1	18	0,7	111	163	650	
Magnesium	mg/l	2682	2682	100	224	8,4	103	3,8	17,4	38	131	
Natrium	mg/l	2672	2648	99,1	24	0,9	16	0,6	8,7	30,5	498	
Kalium	mg/l	2673	2606	97,5	110	4,1	89	3,3	1,8	6,03	295,9	
Ammonium	mg/l	2669	771	28,9	74	2,8	61	2,3	< 0,01	< 0,05	21	
Eisen, gesamt	mg/l	2661	1484	55,8	-	-	274	10,3	< 0,01	0,22	24,2	
Mangan, gesamt	mg/l	2669	817	30,6	-	-	458	17,2	< 0,005	0,254	5,608	
Chlorid	mg/l	2671	2665	99,8	27	1	21	0,8	22,7	61,7	1450	
Nitrat	mg/l	2705	2540	93,9	493	18,2	294	10,9	19,1	52,1	265	
Nitrit	mg/l	1073	68	6,3	6	0,6	5	0,5	< 0,01	0,02	0,37	
Sulfat	mg/l	2673	2670	99,9	102	3,8	102	3,8	35	141	1628	
ortho-Phosphat	mg/l	2595	1795	69,2	-	-	2	0,08	0,042	0,23	10,4	
Silikat [SiO2]	mg/l	2245	2238	99,7	-	-	-	-	9,6	14,1	29,1	
Bor	mg/l	2605	1839	70,6	260	10	10	0,4	0,023	0,1	4,757	
Fluorid	mg/l	2556	2275	89	8	0,3	7	0,3	0,11	0,26	4,49	
Aluminium, gelöst	mg/l	2342	950	40,6	16	0,7	8	0,3	< 0,005	0,024	0,823	
Antimon	mg/l	2245	26	1,2	2	0,09	1	0,04	< 0,001	< 0,001	0,017	
Arsen	mg/l	2561	2245	87,7	87	3,4	66	2,6	< 0,001	0,0035	0,204	
Barium	mg/l	2321	2274	98	21	0,9	9	0,4	0,082	0,311	3,59	
Beryllium	mg/l	2185	51	2,3	-	-	-	-	< 0,0005	< 0,0005	0,0057	
Blei	mg/l	2555	492	19,3	8	0,3	3	0,1	< 0,0005	0,002	0,124	
Cadmium	mg/l	2515	83	3,3	3	0,1	2	0,08	< 0,0002	< 0,0002	0,0102	
Chrom, gesamt	mg/l	2559	1777	69,4	19	0,7	6	0,2	0,001	0,0031	0,455	
Kobalt	mg/l	2156	237	11	-	-	-	-	< 0,0005	0,0005	0,0129	
Kupfer	mg/l	2221	944	42,5	-	-	-	-	< 0,001	0,005	0,507	
Lithium	mg/l	2156	1931	89,6	-	-	-	-	0,005	0,023	0,659	
Molybdaen	mg/l	2156	795	36,9	-	-	-	-	< 0,0005	0,0013	0,371	
Nickel	mg/l	2558	1015	39,7	4	0,2	2	0,08	0,0006	0,003	0,068	
Quecksilber	mg/l	2554	53	2,1	3	0,1	2	0,08	< 0,0001	< 0,0001	0,0039	
Selen	mg/l	2241	110	4,9	1	0,04	0	0	< 0,001	< 0,001	0,01	
Strontium 88	mg/l	2156	2155	100	-	-	-	-	0,368	0,991	13,29	
Thallium	mg/l	2156	5	0,2	-	-	-	-	< 0,0005	< 0,0005	0,0015	
Uran 238	mg/l	2156	2001	92,8	-	-	-	-	0,0009	0,0033	0,104	
Vanadium	mg/l	2155	1234	57,3	-	-	-	-	0,0006	0,0016	0,131	
Zink	mg/l	2219	1675	75,5	-	-	-	-	0,013	0,111	16,6	
Cyanid, gesamt	mg/l	2551	19	0,7	14	0,5	5	0,2	< 0,01	< 0,01	2,43	
Summe LHKW nach TrinkwV	mg/l	443	75	16,9	7	1,6	7	1,6	< 0,005	< 0,01	0,1226	
Trichlorethen ("Tri")	mg/l	444	41	9,2	1	0,2	-	-	< 0,0001	< 0,001	0,0278	
Tetrachlorethen ("Per")	mg/l	444	62	14	8	1,8	-	-	< 0,0001	< 0,001	0,12	
Atrazin	µg/l	1015	226	22,3	23	2,3	15	1,5	< 0,02	< 0,05	0,58	
Desethylatrazin	µg/l	1014	319	31,5	76	7,5	53	5,2	< 0,03	0,07	0,85	
Terbutylazin	µg/l	1013	2	0,2	1	0,1	1	0,1	< 0,02	< 0,03	0,31	
Simazin	µg/l	1014	60	5,9	4	0,4	4	0,4	< 0,02	< 0,03	0,26	
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	640	54	8,4	22	3,4	16	2,5	< 0,05	< 0,05	0,83	

Hinweise siehe Anhang A6

### 3.3 Basismessnetz (BMN)

#### Messnetzziel

Landesweiter Überblick über Zustand und Entwicklung der natürlichen, von anthropogenen Einflüssen möglichst wenig beeinflussten Grundwasserbeschaffenheit.

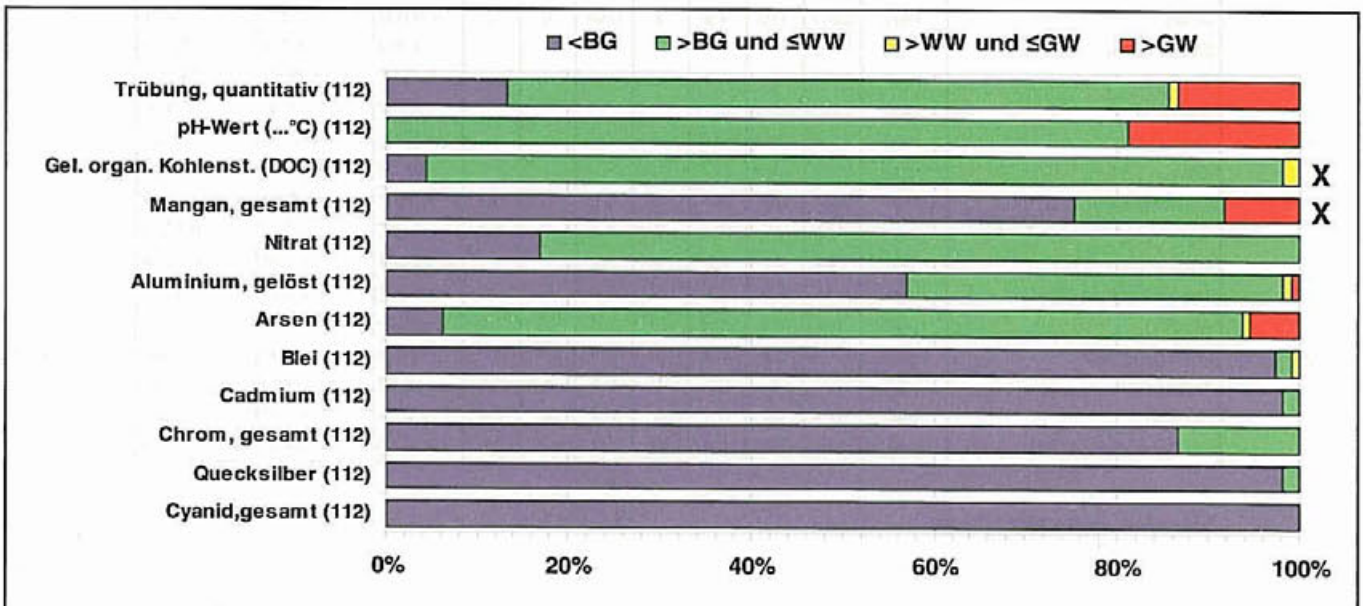


#### Datengrundlage

Beprobte wurden 112 Messstellen in verschiedenen Grundwasserlandschaften Baden-Württembergs. Generell wurde untersucht auf die Messprogramme: „Vor-Ort“, „Geogen“, „Schwermetalle“ und die diesjährigen Zusatzparameter.

#### Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- Die z.T. warnwert- und grenzwertüberschreitenden natürlichen **Trübungen**, **SAK-436**-, **SAK-254**-Werte und hohe **Eisen**- und **Mangan**gehalte sind in den tiefen Lockergesteinsaquiferen in der Oberrheinebene und im Alpenvorland zu finden. Bei hier natürlicher Sauerstoffarmut erzeugen Eisen, Mangan – z.T. auch mit Grenzwertüberschreitungen - und Huminstoffe die Trübungen und Färbungen. Für Trinkwasserzwecke müssten solche Grundwässer aufbereitet werden, haben aber für die Wasserverwendung den Vorteil, Nitrat abbauen zu können.
- Beim **Nitrat** liegt der P-90-Wert bei 15 mg/l. Dieser Wert repräsentiert etwa die Obergrenze der geogen und durch atmosphärischen Eintrag bedingten Nitratkonzentration des Grundwassers.
- Die maximalen Werte der **El. Leitfähigkeit** über 90 mS/m an tiefen Grundwässern und Quellen sind von hohen **Calcium**-, **Sulfat**- und **Chloridgehalten** begleitet. Ursache dafür sind die Auslaugungen des Gipskeupers und des Muschelkalkgesteins in den mittleren und östlichen Landesteilen. Die Gehalte, bzw. Werte liegen aber unter den TrinkwV-Grenzwerten. Sulfatreiche Wässer schmecken bitter und werden meist nicht als Trinkwasser genutzt.
- **Schwermetalle**: die z.T. warn- und grenzwertüberschreitenden **Arsen**- und **Blei**gehalte und die positiven **Quecksilbergehalte** sind natürlichen Ursprungs. Sie finden sich im Tiefengrundwasser der Oberrheinebene, des Muschelkalkgebietes und an Quellen im Schwarzwald und Welzheimer Wald im Bereich von Erzvorkommen. **Cadmium** ist nur zweimal nachweisbar. Bei den übrigen Schwermetallen und bei **Cyanid** liegen keinerlei Auffälligkeiten vor. Die warnwertüberschreitenden **Aluminium**gehalte sind versauerungsbedingt. Die grenzwertüberschreitende Aluminiumkonzentration wird an der sauersten Odenwaldquelle gemessen. An 21 % der Messstellen wird der untere **pH**-TrinkwV-Grenzwert unterschritten.



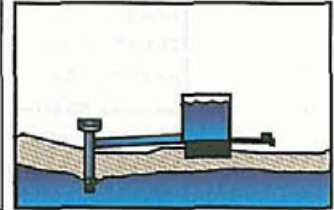
Ergebnisse 1999 : Baden-Württemberg BMN											
Parameter	Dim.	Anz. Mst.	> BG		> WW		> GW		P50 (Median)	P90 (P10/)	Maximum (Minimum/)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	°C	112	112	100	5	4,5	4	3,6	9,5	13,8	48,3
Trübung, quantitativ	FNU	112	97	86,6	16	14,3	15	13,4	0,21	2,4	27,2
SAK 436	1/m	112	82	73,2	10	8,9	8	7,1	< 0,05	0,39	2,09
El. Leitf. (25 °C)	mS/m	112	112	100	0	0	0	0	49	69,3	97,9
pH-Wert (...°C)		112	112	100	21	18,8	21	18,8	7,285	(6,08/ 7,71	(4,55/ 9,11
Säurekap. bis pH 4,3	mmol/l	112	110	98,2	-	-	-	-	4,47	6,35	7,46
Basekap. bis pH 8,2	mmol/l	34	34	100	-	-	-	-	0,45	0,83	1,06
Summe Erdalkalien (GH)	mmol/l	112	112	100	-	-	-	-	2,47	3,62	5,4
Sauerstoff	mg/l	112	99	88,4	-	-	-	-	9,275	10,7	11,6
Sauerstoffsättigung	%	109	99	90,8	-	-	-	-	84	98	104
SAK 254	1/m	112	110	98,2	3	2,7	-	-	0,6	2,4	11,3
Gel. organ. Kohlenst. (DOC)	mg/l	112	107	95,5	2	1,8	-	-	0,5	1,2	3,4
Calcium	mg/l	112	112	100	0	0	0	0	68,6	108	161
Magnesium	mg/l	112	112	100	3	2,7	0	0	11,15	32,4	44,6
Natrium	mg/l	112	103	92	1	0,9	1	0,9	3,25	11,4	177
Kalium	mg/l	112	107	95,5	0	0	0	0	0,9	1,96	4,7
Ammonium	mg/l	112	35	31,2	0	0	0	0	< 0,01	0,14	0,34
Eisen, gesamt	mg/l	112	41	36,6	-	-	10	8,9	< 0,01	0,096	3,2
Mangan, gesamt	mg/l	112	20	17,9	-	-	10	8,9	< 0,005	0,046	0,472
Chlorid	mg/l	112	112	100	0	0	0	0	3,9	13	31,6
Nitrat	mg/l	112	93	83	0	0	0	0	6,65	15,5	38
Nitrit	mg/l	47	5	10,6	1	2,1	1	2,1	< 0,01	< 0,05	0,26
Sulfat	mg/l	112	112	100	0	0	0	0	15,4	43	201
ortho-Phosphat	mg/l	108	55	50,9	-	-	0	0	0,03	0,17	0,51
Silikat [SiO <sub>2</sub> ]	mg/l	112	112	100	-	-	-	-	9	14,6	23,4
Bor	mg/l	112	36	32,1	5	4,5	0	0	< 0,01	0,054	0,166
Fluorid	mg/l	112	78	69,6	2	1,8	1	0,9	< 0,1	0,27	1,53
Aluminium, gelöst	mg/l	112	48	42,9	2	1,8	1	0,9	< 0,005	0,019	0,239
Antimon	mg/l	112	0	0	0	0	0	0	< 0,001	< 0,001	-
Arsen	mg/l	112	105	93,8	7	6,2	6	5,4	0,00055	0,0026	0,077
Barium	mg/l	112	106	94,6	2	1,8	0	0	0,0705	0,545	0,985
Beryllium	mg/l	112	10	8,9	-	-	-	-	< 0,0005	< 0,0005	0,00165
Blei	mg/l	112	3	2,7	1	0,9	0	0	< 0,0005	< 0,0005	0,034
Cadmium	mg/l	112	2	1,8	0	0	0	0	< 0,0002	< 0,0002	0,00056
Chrom, gesamt	mg/l	112	15	13,4	0	0	0	0	< 0,0005	0,0006	0,0041
Kobalt	mg/l	112	2	1,8	-	-	-	-	< 0,0005	< 0,0005	0,001
Kupfer	mg/l	112	17	15,2	-	-	-	-	< 0,001	0,001	0,033
Lithium	mg/l	112	86	76,8	-	-	-	-	0,003	0,017	0,081
Molybdaen	mg/l	112	19	17	-	-	-	-	< 0,0005	0,0008	0,0082
Nickel	mg/l	112	18	16,1	0	0	0	0	< 0,0005	0,001	0,0075
Quecksilber	mg/l	112	2	1,8	0	0	0	0	< 0,0001	< 0,0001	0,0004
Selen	mg/l	112	2	1,8	0	0	0	0	< 0,001	< 0,001	0,0074
Strontium 88	mg/l	112	112	100	-	-	-	-	0,1825	0,603	3,013
Thallium	mg/l	112	0	0	-	-	-	-	< 0,0005	< 0,0005	-
Uran 238	mg/l	112	80	71,4	-	-	-	-	0,0004	0,0023	0,024
Vanadium	mg/l	112	29	25,9	-	-	-	-	< 0,0005	0,0015	0,0048
Zink	mg/l	112	49	43,8	-	-	-	-	< 0,005	0,022	0,942
Cyanid, gesamt	mg/l	112	0	0	0	0	0	0	< 0,005	< 0,01	-
Summe LHKW nach TrinkwV	mg/l	0	0		0		0		-	-	-
Trichlorethen ("Tri")	mg/l	0	0		0		-		-	-	-
Tetrachlorethen ("Per")	mg/l	0	0		0		-		-	-	-
Atrazin	µg/l	15	0	0	0	0	0	0	< 0,01	< 0,02	-
Desethylatrazin	µg/l	15	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,03	-
Terbutylazin	µg/l	15	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	-
Simazin	µg/l	15	0	0	0	0	0	0	< 0,01	< 0,02	-
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	15	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-

Hinweise siehe Anhang A6

### 3.4 Rohwassermessstellen (RW)

#### Messnetzziel

Landesweiter Überblick über das zur öffentlichen Wasserversorgung genutzte Grundwasser mit möglichst vollständiger Erfassung des Rohwassers.

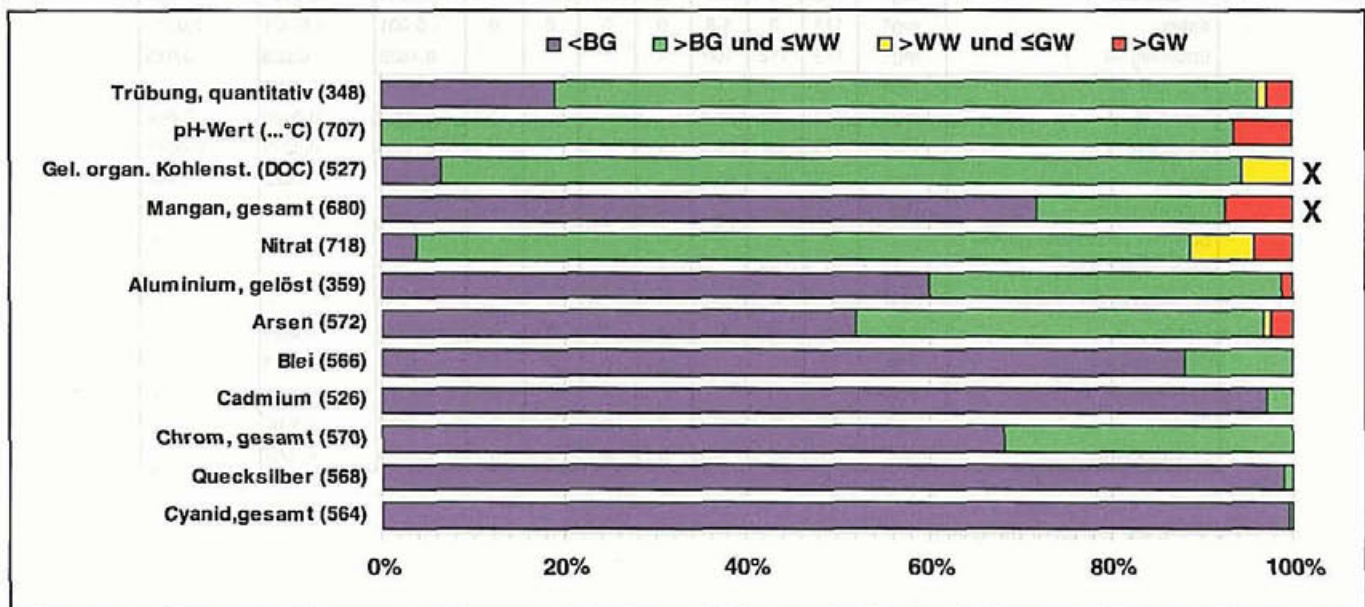


#### Datengrundlage

Ausgewertet wurden 727 Rohwassermessstellen (Land: 167 Messstellen, Kooperation: 560 Messstellen mit Stichtag: 01.03.2000). Bei den auf Landeskosten beprobten Messstellen erstreckte sich die Untersuchung auf die Messprogramme: Vor-Ort, Geogen, Schwermetalle und die diesjährigen Zusatzparameter. Der Analysenumfang der Kooperationsmessstellen lag meist auf einem erfreulich hohen Niveau. Die meisten Messwerte liegen für den pH-Wert, die Summe Erdalkalien und Nitrat vor.

#### Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- Sämtliche genannten Grenzwertüberschreitungen beziehen sich auf das Grundwasser als Rohwasser, ungeachtet dessen, inwieweit dieses Wasser für die Trinkwasserversorgung noch aufbereitet oder mit weniger belastetem Wasser gemischt wird.
- Im Vergleich zu den anderen Teilmessnetzen fällt auf: Bei der **Trübung** die wenigsten Warn- und Grenzwertüberschreitungen aller Teilmessnetze, bei der **Temperatur** ähnlich niedrige Perzentilwerte wie im BMN und QMN, beim **Sauerstoff** nach BMN und QMN die dritthöchsten Perzentilwerte und bei **Eisen** und **Mangan** die drittgeringsten Nachweisquoten. Dies dokumentiert die gute Qualität des für die Trinkwasserversorgung genutzten Rohwassers. Es muss nur in einigen Fällen bei natürlich vorhandenen hohen Trübungswerten, Eisen- und Mangangehalten aufbereitet werden.
- Beim **pH-Wert** wird der untere Grenzwert an 6,5 % der Messstellen unterschritten, meist im Odenwald und Schwarzwald. Nur wenige der höchsten **Aluminium**gehalte und der vier herbstlichen Grenzwertüberschreitungen gehen mit niedrigen pH-Werten einher, wie im Nordschwarzwald.
- Beim **Nitrat** liegen 53 % aller Messstellen über 15 mg/l, was etwa als Grenze des natürlichen Nitratgehaltes angesetzt wird. Ein deutlich fallender Trend der anhaltend hohen Belastung kann nicht festgestellt werden.
- Einige **Cyanide** und **Schwermetalle**, z.B. **Arsen, Blei, Chrom, Quecksilber, Cadmium**, konnten nachgewiesen werden. Warn – und Grenzwerte werden nur bei Arsen überschritten.



Ergebnisse 1999 : Baden-Württemberg RW											
Parameter	Dim.	Anz. Mst.	> BG		> WW		> GW		P50 (Median)	P90 (P10/)	Maximum (Minimum/)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	°C	674	674	100	1	0,1	0	0	10,8	13,1	20,3
Trübung, quantitativ	FNU	348	282	81	13	3,7	10	2,9	0,09	0,64	68,6
SAK 436	1/m	640	351	54,8	8	1,2	7	1,1	0,06	0,16	2,6
El. Leitf. (25 °C)	mS/m	698	698	100	0	0	0	0	65,2	92,3	145
pH-Wert (...°C)		707	707	100	46	6,5	46	6,5	7,22	(6,62/ 7,52	(5,49/ 8,3
Säurekap. bis pH 4,3	mmol/l	640	640	100	-	-	-	-	5,4	6,82	9,62
Basekap. bis pH 8,2	mmol/l	204	204	100	-	-	-	-	0,565	1,2	3,3
Summe Erdalkalien (GH)	mmol/l	688	688	100	-	-	-	-	3,1	4,67	16,11
Sauerstoff	mg/l	629	610	97	-	-	-	-	7,5	10,3	14,5
Sauerstoffsättigung	%	196	191	97,4	-	-	-	-	62	91	109
SAK 254	1/m	566	559	98,8	5	0,9	-	-	0,85	2,3	9,1
Gel. organ. Kohlenst. (DOC)	mg/l	527	493	93,5	30	5,7	-	-	0,62	1,7	25
Calcium	mg/l	695	695	100	0	0	0	0	104	141	218
Magnesium	mg/l	695	695	100	40	5,8	9	1,3	18	35	75
Natrium	mg/l	685	682	99,6	1	0,1	0	0	6,6	20	138
Kalium	mg/l	686	666	97,1	19	2,8	17	2,5	1,5	4,63	50
Ammonium	mg/l	682	183	26,8	2	0,3	2	0,3	< 0,01	< 0,05	1,03
Eisen, gesamt	mg/l	676	371	54,9	-	-	46	6,8	< 0,01	0,09	5,3
Mangan, gesamt	mg/l	680	152	22,4	-	-	55	8,1	< 0,005	0,03	0,79
Chlorid	mg/l	684	680	99,4	0	0	0	0	16,7	44,2	152
Nitrat	mg/l	718	691	96,2	81	11,3	30	4,2	16,5	42,3	100
Nitrit	mg/l	505	21	4,2	1	0,2	1	0,2	< 0,01	< 0,02	0,17
Sulfat	mg/l	686	686	100	4	0,6	4	0,6	28	106	283
ortho-Phosphat	mg/l	618	444	71,8	-	-	0	0	0,05	0,16	1,32
Silikat [SiO2]	mg/l	258	256	99,2	-	-	-	-	8,65	12,8	22
Bor	mg/l	616	320	51,9	29	4,7	1	0,2	0,021	0,07	1,44
Fluorid	mg/l	569	484	85,1	0	0	0	0	0,11	0,25	0,7
Aluminium, gelöst	mg/l	359	143	39,8	4	1,1	4	1,1	0,005	< 0,03	0,823
Antimon	mg/l	256	3	1,2	1	0,4	0	0	< 0,001	< 0,002	0,009
Arsen	mg/l	572	274	47,9	19	3,3	14	2,4	< 0,001	0,0044	0,105
Barium	mg/l	332	316	95,2	4	1,2	0	0	0,0935	0,438	0,981
Beryllium	mg/l	197	15	7,6	-	-	-	-	< 0,0005	< 0,0005	0,0014
Blei	mg/l	566	67	11,8	0	0	0	0	< 0,001	< 0,005	0,011
Cadmium	mg/l	526	15	2,9	0	0	0	0	< 0,0002	< 0,0005	0,001
Chrom, gesamt	mg/l	570	182	31,9	0	0	0	0	< 0,001	< 0,005	0,006
Kobalt	mg/l	167	3	1,8	-	-	-	-	< 0,0005	< 0,0005	0,0011
Kupfer	mg/l	232	130	56	-	-	-	-	0,001	< 0,01	0,106
Lithium	mg/l	167	148	88,6	-	-	-	-	0,006	0,022	0,116
Molybdaen	mg/l	167	62	37,1	-	-	-	-	< 0,0005	0,0011	0,037
Nickel	mg/l	569	103	18,1	0	0	0	0	< 0,001	< 0,005	0,028
Quecksilber	mg/l	568	6	1,1	0	0	0	0	< 0,0001	0,0001	0,0005
Selen	mg/l	254	5	2	0	0	0	0	< 0,001	< 0,001	0,002
Strontium 88	mg/l	167	167	100	-	-	-	-	0,427	0,894	3,212
Thallium	mg/l	167	1	0,6	-	-	-	-	< 0,0005	< 0,0005	0,0015
Uran 238	mg/l	167	156	93,4	-	-	-	-	0,0009	0,0029	0,0134
Vanadium	mg/l	167	86	51,5	-	-	-	-	0,0005	0,0017	0,063
Zink	mg/l	230	163	70,9	-	-	-	-	0,0155	0,067	0,176
Cyanid, gesamt	mg/l	564	2	0,4	0	0	0	0	< 0,005	< 0,01	0,006
Summe LHKW nach TrinkwV	mg/l	422	71	16,8	5	1,2	5	1,2	< 0,005	< 0,01	0,1226
Trichorethen ("Tri")	mg/l	423	39	9,2	0	0	-	-	< 0,0001	< 0,001	0,0025
Tetrachlorethen ("Per")	mg/l	423	59	13,9	7	1,7	-	-	< 0,0001	< 0,001	0,12
Atrazin	µg/l	530	87	16,4	2	0,4	2	0,4	< 0,02	< 0,05	0,16
Desethylatrazin	µg/l	529	143	27	21	4	11	2,1	0,02	0,06	0,29
Terbutylazin	µg/l	529	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,05	-
Simazin	µg/l	529	33	6,2	2	0,4	2	0,4	< 0,02	< 0,05	0,17
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	174	13	7,5	5	2,9	5	2,9	< 0,05	< 0,05	0,3

Hinweise siehe Anhang A6

### 3.5 Emittentenmessstellen Landwirtschaft (EL)

#### Messnetzziel

Landesweiter Überblick über Zustand und Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit im Wirkungsbereich von landwirtschaftlichen Bodennutzungen.

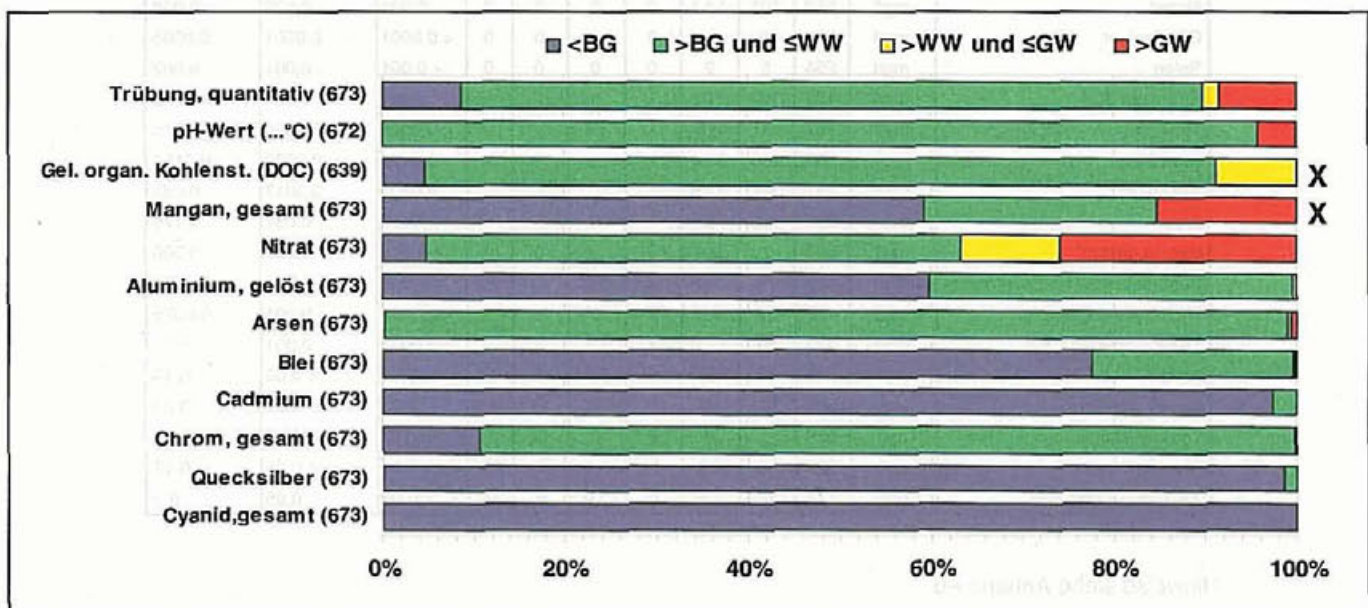


#### Datengrundlage

Die 673 Emittentenmessstellen Landwirtschaft wurden auf die Messprogramme Vor-Ort, Geogen, Schwermetalle, die diesjährigen Zusatzparameter sowie auf das Messprogramm PSM1 untersucht.

#### Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- Gegenüber anderen Teilmessnetzen fällt auf: die nach dem QMN und RW niedrigsten prozentualen Grenzwertüberschreitungen bei der **Trübung** und die gegenüber den Emittenten Siedlungen und Industrie weitaus geringeren **Temperatur**perzentile und die höheren **Sauerstoff**perzentile, ebenso bei **Eisen** und **Mangan** die geringeren Grenzwertüberschreitungen. Das Grundwasser aus landwirtschaftlichen Bereichen entspricht bei o.g. Parametern zu einem größeren Teil den Anforderungen an ein trübungsfreies, kühles (5–15°C) und geschmacklich frisches (sauerstoffreich, eisenfrei) Trinkwasser, als das Grundwasser aus den besiedelten Bereichen. Der Grund dafür liegt in der höheren Grundwassererneubildung auf den nicht versiegelten offenen Landwirtschaftsflächen.
- Die **Nitrat**belastung ist nach wie vor sehr hoch: der P-90-Wert ist fünfmal so hoch wie der P-90-Wert aus dem BMN (15 mg/l). Mindestens 75 % aller Messstellen haben anthropogen erhöhte Nitratgehalte. Dies ist die höchste Quote aller Teilmessnetze.
- Erwartungsgemäß findet sich kein **Cyanid**. **Schwermetalle** sind nicht sehr auffällig. Nur bei **Selen** findet sich die höchste Nachweisquote der Teilmessnetze. Die anderen Schwermetalle liegen im mittleren Nachweisbereich aller Teilmessnetze. Ein **Thallium**nachweis findet sich charakteristischerweise bei einem Steinbruch. An neun Messstellen ist **Quecksilber** nachweisbar. Einzelne Warnwertüberschreitungen gibt es bei: **Arsen**, **Blei**, **Chrom**, Selen. Die gleichzeitig hohe Nachweishäufigkeit von **Bor** verweist auf einen schleichenden Düngeeinfluss und zeigt indirekt auch Schwermetalleinträge an. Kunstdünger enthalten Bor und für Pflanzen essentielle Schwermetalle als Spurenelemente (Selen, **Molybdaen**), wie auch aufgebracht Kalk und Klärschlamm. Bei den PSM Atrazin und Desethylatrazin zeigt sich im Vergleich zum Vorjahr eine deutliche Abnahme.



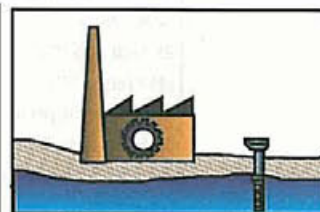
Ergebnisse 1999 : Baden-Württemberg EL												
Parameter	Dim.	Anz.		> BG		> WW		> GW		P50 (Median)	P90 (P10/)	Maximum (Minimum/)
		Mst.	Anz.	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	°C	671	671	100	1	0,1	1	0,1	11,6	14,6	26,1	
Trübung, quantitativ	FNU	673	615	91,4	69	10,3	57	8,5	0,18	1,23	236	
SAK 436	1/m	673	477	70,9	37	5,5	30	4,5	0,06	0,26	5,5	
El. Leitf. (25 °C)	mS/m	672	672	100	7	1	0	0	73,7	105,3	181,6	
pH-Wert (...°C)		672	672	100	28	4,2	28	4,2	7,2	(6,88/ 7,47	(5,21/ 7,97	
Säurekap. bis pH 4,3	mmol/l	640	640	100	-	-	-	-	5,7	7,25	10,7	
Basekap. bis pH 8,2	mmol/l	27	27	100	-	-	-	-	0,65	1,72	3,13	
Summe Erdalkalien (GH)	mmol/l	673	673	100	-	-	-	-	3,74	5,24	10,92	
Sauerstoff	mg/l	672	655	97,5	-	-	-	-	7	9,9	13,6	
Sauerstoffsättigung	%	672	656	97,6	-	-	-	-	68	96	145	
SAK 254	1/m	673	669	99,4	34	5,1	-	-	1,1	3,1	69,8	
Gel. organ. Kohlenst. (DOC)	mg/l	639	610	95,5	57	8,9	-	-	0,8	2,7	24	
Calcium	mg/l	673	673	100	4	0,6	0	0	116,9	166	358	
Magnesium	mg/l	673	673	100	46	6,8	17	2,5	17,5	37	78,3	
Natrium	mg/l	673	673	100	1	0,1	1	0,1	7,8	19	158	
Kallium	mg/l	673	655	97,3	14	2,1	12	1,8	1,4	4,8	82	
Ammonium	mg/l	673	188	27,9	13	1,9	10	1,5	< 0,01	0,028	9,5	
Eisen, gesamt	mg/l	673	377	56	-	-	64	9,5	< 0,01	0,19	24,2	
Mangan, gesamt	mg/l	673	203	30,2	-	-	121	18	< 0,005	0,322	1,755	
Chlorid	mg/l	673	673	100	2	0,3	1	0,1	25	53	286	
Nitrat	mg/l	673	640	95,1	247	36,7	174	25,9	32	77,6	265	
Nitrit	mg/l	379	35	9,2	4	1,1	3	0,8	< 0,01	< 0,01	0,37	
Sulfat	mg/l	673	672	99,9	18	2,7	18	2,7	36,5	121	742,3	
ortho-Phosphat	mg/l	673	422	62,7	-	-	0	0	0,03	0,187	1,4	
Silikat [SiO <sub>2</sub> ]	mg/l	673	669	99,4	-	-	-	-	9,6	15,1	29,1	
Bor	mg/l	673	480	71,3	41	6,1	0	0	0,016	0,063	0,581	
Fluorid	mg/l	673	616	91,5	0	0	0	0	0,1	0,24	0,87	
Aluminium, gelöst	mg/l	673	270	40,1	3	0,4	0	0	< 0,005	0,017	0,191	
Antimon	mg/l	673	6	0,9	1	0,1	1	0,1	< 0,001	< 0,001	0,017	
Arsen	mg/l	673	671	99,7	7	1	4	0,6	0,0008	0,0024	0,157	
Barium	mg/l	673	664	98,7	8	1,2	3	0,4	0,083	0,33	1,141	
Beryllium	mg/l	673	7	1	-	-	-	-	< 0,0005	< 0,0005	0,0038	
Blei	mg/l	673	150	22,3	3	0,4	1	0,1	< 0,0005	0,0011	0,055	
Cadmium	mg/l	673	17	2,5	0	0	0	0	< 0,0002	< 0,0002	0,00144	
Chrom, gesamt	mg/l	673	601	89,3	2	0,3	0	0	0,0012	0,0026	0,0103	
Kobalt	mg/l	673	67	10	-	-	-	-	< 0,0005	< 0,0005	0,0048	
Kupfer	mg/l	673	280	41,6	-	-	-	-	< 0,001	0,005	0,176	
Lithium	mg/l	673	606	90	-	-	-	-	0,005	0,019	0,132	
Molybdaen	mg/l	673	197	29,3	-	-	-	-	< 0,0005	0,0009	0,023	
Nickel	mg/l	673	290	43,1	0	0	0	0	< 0,0005	0,0022	0,025	
Quecksilber	mg/l	673	9	1,3	0	0	0	0	< 0,0001	< 0,0001	0,0004	
Selen	mg/l	673	50	7,4	1	0,1	0	0	< 0,001	< 0,001	0,01	
Strontium 88	mg/l	673	673	100	-	-	-	-	0,366	0,77	9,544	
Thallium	mg/l	673	1	0,1	-	-	-	-	< 0,0005	< 0,0005	0,0008	
Uran 238	mg/l	673	646	96	-	-	-	-	0,0009	0,0031	0,058	
Vanadium	mg/l	673	365	54,2	-	-	-	-	0,0005	0,0012	0,109	
Zink	mg/l	673	515	76,5	-	-	-	-	0,013	0,146	7,459	
Cyanid,gesamt	mg/l	673	0	0	0	0	0	0	< 0,01	< 0,01	-	
Summe LHKW nach TrinkwV	mg/l	2	0	0	0	0	0	0	< 0,001	< 0,001	-	
Trichlorethen ("Tri")	mg/l	2	0	0	0	0	-	-	< 0,001	< 0,001	-	
Tetrachlorethen ("Per")	mg/l	2	0	0	0	0	-	-	< 0,001	< 0,001	-	
Atrazin	µg/l	369	113	30,6	18	4,9	11	3	< 0,02	0,05	0,58	
Desethylatrazin	µg/l	369	140	37,9	47	12,7	34	9,2	< 0,05	0,1	0,85	
Terbutylazin	µg/l	369	1	0,3	1	0,3	1	0,3	< 0,02	< 0,02	0,31	
Simazin	µg/l	369	18	4,9	2	0,5	2	0,5	< 0,02	< 0,02	0,26	
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	369	34	9,2	14	3,8	8	2,2	< 0,05	< 0,05	0,83	

Hinweise siehe Anhang A6

### 3.6 Emittentenmessstellen Industrie (EI)

#### Messnetzziel

Landesweiter Überblick über Zustand und Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit unterhalb von Industriestandorten.

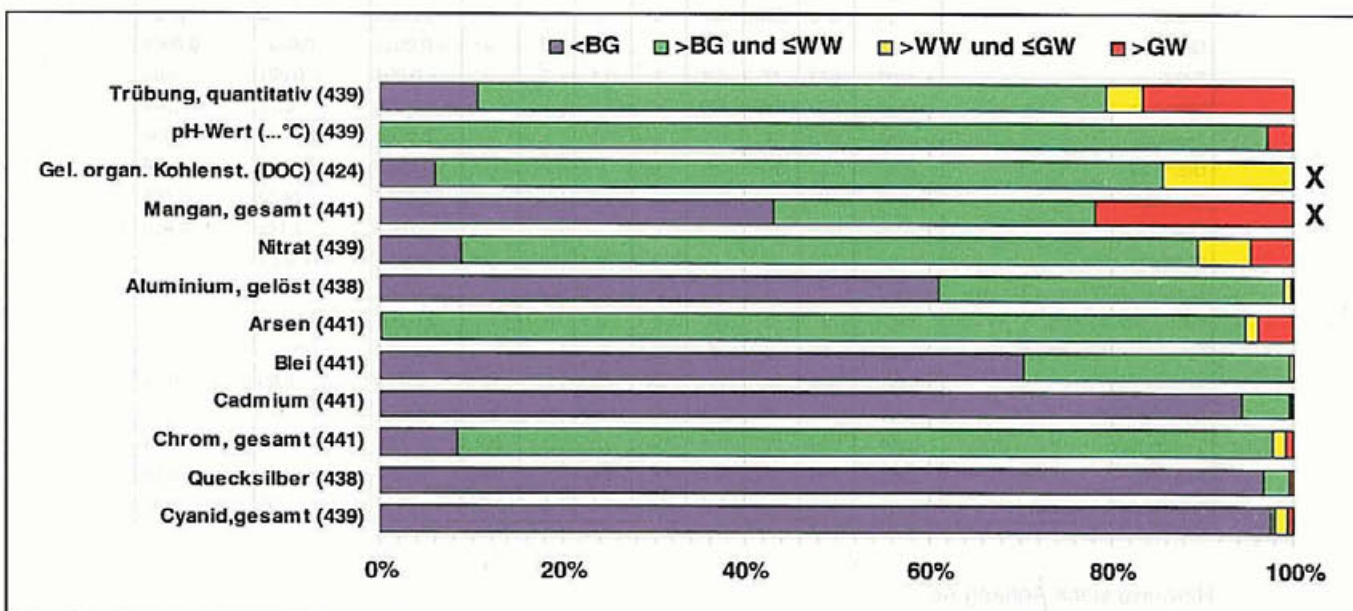


#### Datengrundlage

Die 441 Emittentenmessstellen Industrie wurden auf die Messprogramme Vor-Ort, Geogen, Schwermetalle und die diesjährigen Zusatzparameter untersucht.

#### Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- Gegenüber anderen Teilmessnetzen fällt auf: bei der **Trübung** die zweithöchsten prozentualen GW-Überschreitungen, bei der **Temperatur** die höchsten Perzentilwerte, beim **Sauerstoff** die niedrigsten Perzentilwerte und die häufigsten prozentualen Grenzwertüberschreitungen bei **Eisen** und **Mangan**. Dies dokumentiert einerseits die natürliche Beschaffenheit der Lockergesteinsaquifere in den Tälern, in denen die meisten Industriegebiete liegen. Hier ist das Grundwasser natürlicherweise und durch anthropogene Belastungen trübungsreich, sauerstoffarm, warm und eisenreich. Es entspricht zum Teil nicht mehr den Anforderungen an ein Trinkwasser, auch wenn Grenzwerte nur z.T. überschritten werden. Hier müsste Grundwasser für Trinkwasserzwecke aufbereitet werden.
- Beim **Nitrat** sind 57 % aller Werte größer als 15 mg/l. Dies ist die dritthöchste Überschreitungsquote dieses Wertes für alle Teilmessnetze.
- **Schwermetalle** und **Cyanide** sind sehr stark auffällig. **Chrom, Quecksilber** u.a. finden sich hier mit den höchsten Konzentrationen aller Teilmessnetze. Es finden sich die meisten positiven Befunde und/oder prozentualen Grenzwert-Überschreitungen bei Cyanid, **Blei, Cadmium, Chrom, Kobalt, Molybdaen, Nickel, Thallium, Uran-238** und **Zink**. Positive Quecksilber, **Selen-** und **Cyanid**befunde gibt es an 10 –15 Messstellen. Die GW-Überschreitungen sind hauptsächlich durch die lokal begrenzten Emissionen von Alttablagerungen, Deponien, Schadensfällen von Chemie-, Metall-, Galvanisier-, Recyclingbetrieben, Abwasserkanälen, Tankstellen, Gas-, Kraftwerken verursacht. Die drei Thalliumnachweise finden sich u.a. bei einem Zementwerk und einem Kraftwerk.





Ergebnisse 1999 : Baden-Württemberg EI											
Parameter	Dim.	Anz. Mst.	> BG		> WW		> GW		P50 (Median)	P90 (P10/)	Maximum (Minimum/)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	°C	439	439	100	10	2,3	1	0,2	13,5	17,3	26,5
Trübung, quantitativ	FNU	439	392	89,3	90	20,5	73	16,6	0,24	3,8	3700
SAK 436	1/m	439	328	74,7	36	8,2	28	6,4	< 0,1	0,39	4,35
El. Leitf. (25 °C)	mS/m	439	439	100	26	5,9	14	3,2	80,8	132,1	600
pH-Wert (...°C)		439	439	100	12	2,7	12	2,7	7,15	(6,87/ 7,46)	(5,68/ 8,82)
Säurekap. bis pH 4,3	mmol/l	424	424	100	-	-	-	-	5,815	7,41	18
Basekap. bis pH 8,2	mmol/l	2	2	100	-	-	-	-	0,645	0,77	0,77
Summe Erdalkalien (GH)	mmol/l	439	439	100	-	-	-	-	3,74	6,22	21,05
Sauerstoff	mg/l	439	421	95,9	-	-	-	-	4,5	8,3	11,8
Sauerstoffsättigung	%	438	421	96,1	-	-	-	-	44	86	116
SAK 254	1/m	439	439	100	40	9,1	-	-	1,5	4,6	44,5
Gel. organ. Kohlenst. (DOC)	mg/l	424	398	93,9	61	14,4	-	-	0,9	4,2	55
Calcium	mg/l	439	439	100	15	3,4	10	2,3	118,5	186	650
Magnesium	mg/l	439	439	100	59	13,4	31	7,1	19,5	44,6	126
Natrium	mg/l	439	439	100	11	2,5	6	1,4	16,4	50	498
Kalium	mg/l	439	432	98,4	22	5	18	4,1	2,8	8	55,7
Ammonium	mg/l	439	167	38	32	7,3	27	6,2	< 0,01	0,14	21
Eisen, gesamt	mg/l	439	283	64,5	-	-	73	16,6	0,017	0,51	15,612
Mangan, gesamt	mg/l	441	198	44,9	-	-	123	27,9	< 0,005	0,39	4,675
Chlorid	mg/l	439	438	99,8	8	1,8	6	1,4	32,1	90,5	1450
Nitrat	mg/l	439	400	91,1	46	10,5	20	4,6	17,8	41,1	155
Nitrit	mg/l	40	4	10	0	0	0	0	< 0,01	0,01	0,02
Sulfat	mg/l	439	439	100	40	9,1	40	9,1	52	236	1460
ortho-Phosphat	mg/l	439	328	74,7	-	-	0	0	0,058	0,42	6,48
Silikat [SiO <sub>2</sub> ]	mg/l	439	439	100	-	-	-	-	9,5	14	24,2
Bor	mg/l	441	413	93,7	106	24	5	1,1	0,043	0,189	4,757
Fluorid	mg/l	439	421	95,9	5	1,1	5	1,1	0,14	0,36	4,49
Aluminium, gelöst	mg/l	438	170	38,8	4	0,9	1	0,2	< 0,005	0,02	0,7
Antimon	mg/l	441	10	2,3	0	0	0	0	< 0,001	< 0,001	0,006
Arsen	mg/l	441	440	99,8	23	5,2	17	3,9	0,0013	0,0046	0,149
Barium	mg/l	441	436	98,9	2	0,5	2	0,5	0,081	0,233	1,383
Beryllium	mg/l	441	0	0	-	-	-	-	< 0,0005	< 0,0005	-
Blei	mg/l	441	131	29,7	2	0,5	0	0	< 0,0005	0,0016	0,035
Cadmium	mg/l	441	25	5,7	2	0,5	1	0,2	< 0,0002	< 0,0002	0,0102
Chrom, gesamt	mg/l	441	404	91,6	10	2,3	4	0,9	0,0013	0,0035	0,455
Kobalt	mg/l	441	74	16,8	-	-	-	-	< 0,0005	0,0007	0,0129
Kupfer	mg/l	441	241	54,6	-	-	-	-	0,001	0,008	0,257
Lithium	mg/l	441	420	95,2	-	-	-	-	0,008	0,035	0,343
Molybdaen	mg/l	441	242	54,9	-	-	-	-	0,0005	0,002	0,371
Nickel	mg/l	441	265	60,1	4	0,9	2	0,5	0,0008	0,0034	0,068
Quecksilber	mg/l	438	14	3,2	2	0,5	2	0,5	< 0,0001	< 0,0001	0,0039
Selen	mg/l	439	15	3,4	0	0	0	0	< 0,001	< 0,001	0,005
Strontium 88	mg/l	441	441	100	-	-	-	-	0,433	1,669	13,29
Thallium	mg/l	441	3	0,7	-	-	-	-	< 0,0005	< 0,0005	0,0009
Uran 238	mg/l	441	425	96,4	-	-	-	-	0,0011	0,0038	0,035
Vanadium	mg/l	441	298	67,6	-	-	-	-	0,0007	0,0022	0,099
Zink	mg/l	441	394	89,3	-	-	-	-	0,018	0,122	16,6
Cyanid, gesamt	mg/l	439	11	2,5	9	2,1	3	0,7	< 0,01	< 0,01	0,34
Summe LHKW nach TrinkwV	mg/l	0	0	-	0	-	0	-	-	-	-
Trichlorethen ("Tri")	mg/l	0	0	-	0	-	-	-	-	-	-
Tetrachlorethen ("Per")	mg/l	0	0	-	0	-	-	-	-	-	-
Atrazin	µg/l	38	8	21,1	1	2,6	1	2,6	< 0,02	0,03	0,12
Desethylatrazin	µg/l	38	13	34,2	2	5,3	2	5,3	< 0,03	0,08	0,12
Terbutylazin	µg/l	38	1	2,6	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	0,01
Simazin	µg/l	38	4	10,5	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	0,08
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	38	6	15,8	2	5,3	2	5,3	< 0,05	< 0,05	0,35

Hinweise siehe Anhang A6

### 3.7 Emittentenmessstellen Siedlung (ES)

#### Messnetzziel

Landesweiter Überblick über Zustand und Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit unterhalb von Siedlungsgebieten.

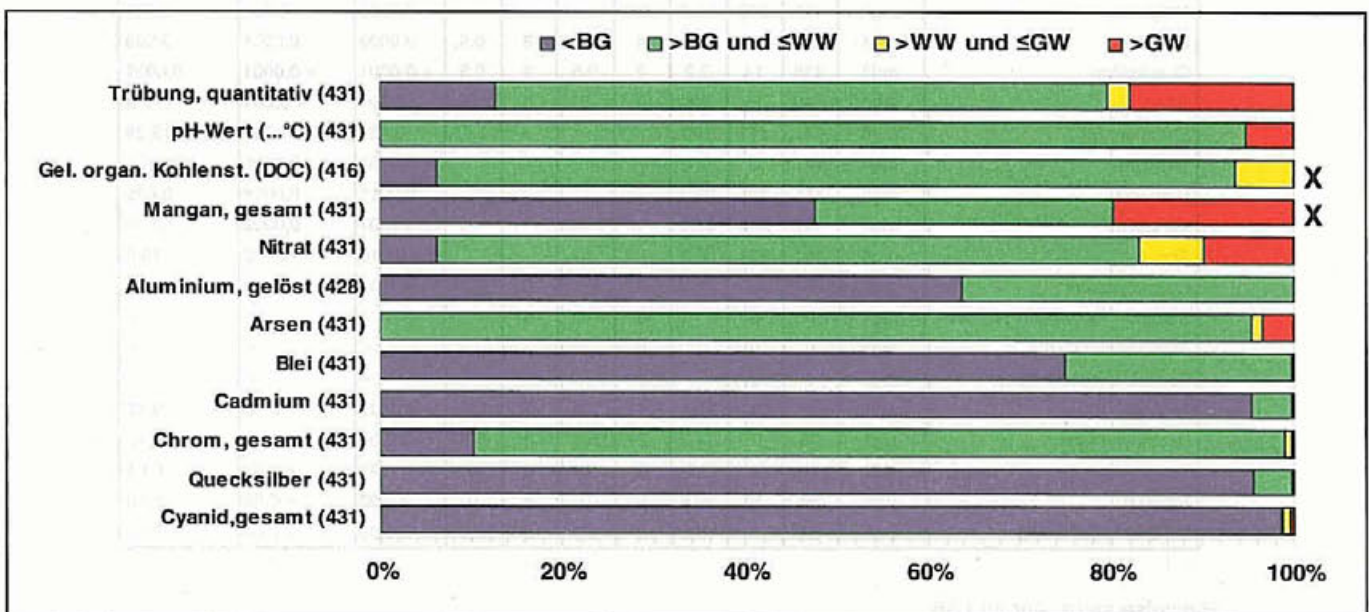


#### Datengrundlage

Beprobte wurden insgesamt 431 Emittentenmessstellen Siedlungen. Generell wurde untersucht auf die Messprogramme: Vor-Ort, Geogen, Schwermetalle und die diesjährigen Zusatzparameter.

#### Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- Gegenüber anderen Teilmessnetzen fällt auf: bei der **Trübung** die höchsten prozentualen Grenzwertüberschreitungen, bei der **Temperatur** bzw. beim **Sauerstoff** die zweithöchsten Perzentil-Werte bzw. die zweitniedrigsten Perzentil-Werte und bei **Eisen** und **Mangan** die zweithäufigsten prozentualen Grenzwertüberschreitungen. Die Ursachen sind ähnlich gestaltet wie bei den Emittenten Industrie, hinzu kommt die in Siedlungen starke Flächenversiegelung, welche die Grundwasserneubildung sehr stark herabsetzt bzw. verhindert. Auch hier müsste das Grundwasser für die Trinkwassernutzung z.T. aufbereitet werden.
- Beim **Nitrat** ist der P-50-Wert weit größer als 15 mg/l. Die natürlichen Nitratgehalte sind zu nahezu zwei Dritteln (zu 62 %) anthropogen erhöht. Dies ist die zweithöchste Überschreitungsquote aller Teilmessnetze.
- **Schwermetalle** und **Cyanide** sind wie bei den Emittentenmessstellen Industrie sehr stark auffällig. Hier werden die höchsten **Arsen-**, **Vanadium-** und Cyanidkonzentrationen gemessen. Es finden sich die zweitmeisten positiven Befunde und/oder prozentualen GW-Überschreitungen bei Cyanid, **Blei**, **Cadmium**, **Chrom**, **Kobalt**, **Molybdaen**, **Nickel**, **Selen** und **Zink**. Die Ursachen der Grenzwertüberschreitungen sind ähnlich gestaltet wie bei den Emittentenmessstellen Industrie. Die Ursache undichte Abwasserkanäle wird über die höchste Nachweisquote und die Maximalwerte von **Bor** bei den Emittentenmessstellen Siedlungen und Industrie angezeigt.
- **Thallium** findet sich nicht. **Quecksilbernachweise** finden sich hier am häufigsten und zwar an 19 Messstellen, Cyanidnachweise an 6 Messstellen.



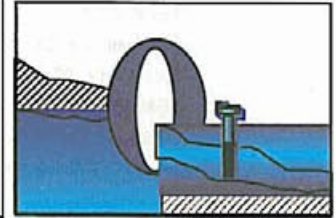
Ergebnisse 1999 : Baden-Württemberg ES												
Parameter	Dim.	Anz.	> BG		> WW		> GW		P50	P90	Maximum	
		Mst.	Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%	(Median)	(P10/)	(Minimum/)	
Temperatur	°C	431	431	100	3	0,7	0	0	13,1	15,8	23,3	
Trübung, quantitativ	FNU	431	376	87,2	88	20,4	77	17,9	0,23	4,9	1000	
SAK 436	1/m	431	303	70,3	30	7	21	4,9	< 0,1	0,38	12,6	
El. Leitf. (25 °C)	mS/m	431	431	100	24	5,6	12	2,8	81,7	136,5	380	
pH-Wert (...°C)		431	431	100	23	5,3	23	5,3	7,12	(6,75/)	7,37 (4,98/)	8,1
Säurekap. bis pH 4,3	mmol/l	415	415	100	-	-	-	-	5,86	7,68	13,42	
Basekap. bis pH 8,2	mmol/l	7	7	100	-	-	-	-	0,78	1,01	1,01	
Summe Erdalkalien (GH)	mmol/l	431	431	100	-	-	-	-	3,75	6,49	17,47	
Sauerstoff	mg/l	430	399	92,8	-	-	-	-	4,6	8,8	14,1	
Sauerstoffsättigung	%	430	399	92,8	-	-	-	-	47,5	85,5	142	
SAK 254	1/m	431	429	99,5	30	7	-	-	1,5	4,4	32	
Gel. organ. Kohlenst. (DOC)	mg/l	416	390	93,8	27	6,5	-	-	0,88	2,4	27	
Calcium	mg/l	431	431	100	9	2,1	6	1,4	120	196	578,8	
Magnesium	mg/l	431	431	100	51	11,8	34	7,9	18,2	45	131	
Natrium	mg/l	431	431	100	7	1,6	5	1,2	14,9	40	280	
Kalium	mg/l	431	428	99,3	51	11,8	40	9,3	2,9	10,9	295,9	
Ammonium	mg/l	431	126	29,2	18	4,2	15	3,5	< 0,01	0,078	11,3	
Eisen, gesamt	mg/l	429	253	59	-	-	57	13,3	0,01	0,39	11	
Mangan, gesamt	mg/l	431	176	40,8	-	-	106	24,6	< 0,005	0,412	5,608	
Chlorid	mg/l	431	431	100	14	3,2	12	2,8	32,5	91,1	585	
Nitrat	mg/l	431	404	93,7	73	16,9	43	10	20,4	49,8	136	
Nitrit	mg/l	6	0	0	0	0	0	0	< 0,01	< 0,01	-	
Sulfat	mg/l	431	430	99,8	32	7,4	32	7,4	48,5	199	1297	
ortho-Phosphat	mg/l	431	321	74,5	-	-	1	0,2	0,054	0,37	7,27	
Silikat [SiO <sub>2</sub> ]	mg/l	431	431	100	-	-	-	-	10,2	13,9	24,6	
Bor	mg/l	431	401	93	66	15,3	3	0,7	0,04	0,133	3,764	
Fluorid	mg/l	431	409	94,9	1	0,2	1	0,2	0,11	0,28	2,43	
Aluminium, gelöst	mg/l	428	155	36,2	0	0	0	0	< 0,005	0,026	0,16	
Antimon	mg/l	431	7	1,6	0	0	0	0	< 0,001	< 0,001	0,002	
Arsen	mg/l	431	431	100	20	4,6	15	3,5	0,0013	0,0047	0,204	
Barium	mg/l	431	428	99,3	2	0,5	1	0,2	0,085	0,249	1,149	
Beryllium	mg/l	430	3	0,7	-	-	-	-	< 0,0005	< 0,0005	0,0057	
Blei	mg/l	431	108	25,1	1	0,2	1	0,2	< 0,0005	0,0015	0,124	
Cadmium	mg/l	431	20	4,6	1	0,2	1	0,2	< 0,0002	< 0,0002	0,0056	
Chrom, gesamt	mg/l	431	387	89,8	4	0,9	1	0,2	0,0014	0,0029	0,116	
Kobalt	mg/l	431	65	15,1	-	-	-	-	< 0,0005	0,0006	0,0082	
Kupfer	mg/l	431	214	49,7	-	-	-	-	< 0,001	0,005	0,507	
Lithium	mg/l	431	403	93,5	-	-	-	-	0,006	0,025	0,659	
Molybdaen	mg/l	431	192	44,5	-	-	-	-	< 0,0005	0,0015	0,0142	
Nickel	mg/l	431	239	55,5	0	0	0	0	0,0007	0,0033	0,034	
Quecksilber	mg/l	431	19	4,4	1	0,2	0	0	< 0,0001	< 0,0001	0,0009	
Selen	mg/l	431	30	7	0	0	0	0	< 0,001	< 0,001	0,006	
Strontium 88	mg/l	431	430	99,8	-	-	-	-	0,383	1,138	9,256	
Thallium	mg/l	431	0	0	-	-	-	-	< 0,0005	< 0,0005	-	
Uran 238	mg/l	431	412	95,6	-	-	-	-	0,0011	0,0039	0,038	
Vanadium	mg/l	430	301	70	-	-	-	-	0,0007	0,0019	0,131	
Zink	mg/l	431	372	86,3	-	-	-	-	0,016	0,143	13,3	
Cyanid, gesamt	mg/l	431	6	1,4	5	1,2	2	0,5	< 0,01	< 0,01	2,43	
Summe LHKW nach TrinkwV	mg/l	0	0		0		0		-	-	-	
Trichlorethen ("Tri")	mg/l	0	0		0		-		-	-	-	
Tetrachlorethen ("Per")	mg/l	0	0		0		-		-	-	-	
Atrazin	µg/l	2	2	100	0	0	0	0	0,075	0,08	0,08	
Desethylatrazin	µg/l	2	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
Terbutylazin	µg/l	2	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	-	
Simazin	µg/l	2	2	100	0	0	0	0	0,06	0,07	0,07	
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	2	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	

Hinweise siehe Anhang A6

### 3.8 Quellmessnetz (QMN)

#### Messnetzziel

Landesweiter Überblick über die Grundwasserbeschaffenheit im Festgesteinsbereich unter Berücksichtigung von Nutzungseinflüssen sowie der Schüttungsmengen.

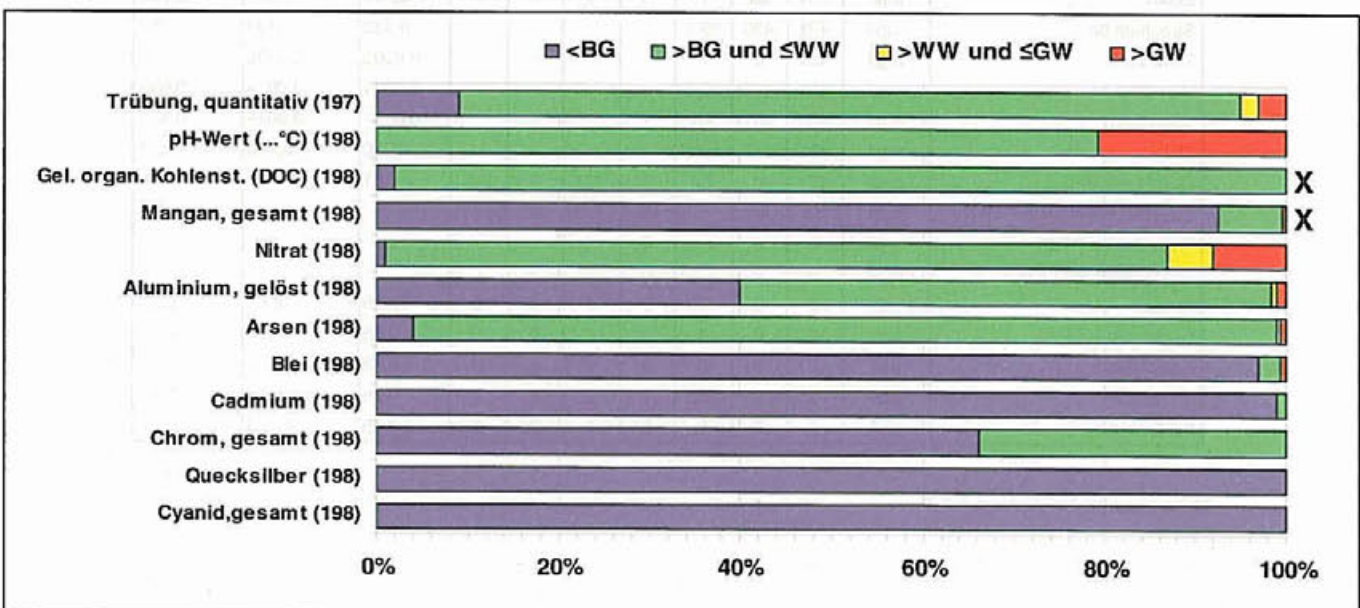


#### Datengrundlage

Beprobte wurden insgesamt 198 Quellen mit einem generellen Untersuchungsumfang auf die Messprogramme: Vor-Ort, Geogen, Schwermetalle und die diesjährigen Zusatzparameter.

#### Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- Gegenüber anderen Teilmessnetzen fällt auf: bei der **Trübung** die wenigen Warn- und Grenzwertüberschreitungen, bei der **Temperatur** die niedrigsten Perzentilwerte, beim **Sauerstoff** der höchste P-50-Wert und die geringsten Nachweisquoten bei **Eisen** und **Mangan**. Dies dokumentiert die primär gute Eignung des Quellwassers für die Trinkwassernutzung, abgesehen von anderen quellspezifischen z.B. hygienischen Problemen. Quellwasser ist meist trübungsfrei, kühl und geschmacklich frisch (sauerstoffreich, eisenfrei). Die höchsten **Leitfähigkeiten** werden im Keuper und Muschelkalk gemessen. Die miteinander gehenden höchsten **Calcium-, Natrium-, Strontium-, Sulfat- und Chloridgehalte** verdeutlichen die geogenen Ursachen: Gips- und Kochsalzauslaugungslösungen in alten, hochmineralisierten Grundwässern, meist an Quellen in Talauen.
- **Nitrat**: der P-50-Wert liegt nahe bei 15 mg/l. Die natürlichen Gehalte sind danach etwa zur Hälfte (zu 49 %) anthropogen erhöht. Dies ist die zweitgeringste Überschreitungshäufigkeit der Konzentration von 15 mg/l.
- Beim **pH-Wert** finden sich mit 20,7 % nahezu genauso viele prozentuale Grenzwertunterschreitungen wie im BMN, meist in den quellreichen Höhenlagen (Odenwald, Schwarzwald). Solche Quellwässer müssen für die Trinkwassernutzung entsäuert werden. Trotz dieser Versauerungsprobleme sind die daraus erwachsenden Schwermetallprobleme hier sehr gering. Nur etwa die Hälfte der höchsten **Aluminiumgehalte** gehen mit niedrigen pH-Werten einher, die andere Hälfte mit höheren pH-Werten. Hier ist natürlicherweise aluminiumreiches Aquifermaterial die Ursache.
- **Schwermetalle** und **Cyanide** sind nicht auffällig. Die grenzwertüberschreitenden **Arsen-** und **Bleigehalte** sind natürlichen und anthropogenen Ursprungs (Erzvorkommen, Bergbauabraumhalden, Schwarz-, Schwäbischer Wald), ebenso die positiven **Cadmiumbefunde** im Südschwarzwald.



Ergebnisse 1999 : Baden-Württemberg QMN											
Parameter	Dim.	Anz. Mst.	> BG		> WW		> GW		P50 (Median)	P90 (P10)	Maximum (Minimum)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	°C	198	198	100	0	0	0	0	9,5	11,3	14,3
Trübung, quantitativ	FNU	197	179	90,9	10	5,1	6	3	0,14	0,9	50
SAK 436	1/m	196	136	69,4	18	9,2	17	8,7	< 0,05	0,3	10,3
El. Leitf. (25 °C)	mS/m	198	198	100	4	2	4	2	62	88,9	330
pH-Wert (...°C)		198	198	100	41	20,7	41	20,7	7,18	(5,92/ 7,45	(4,79/ 8,35
Säurekap. bis pH 4,3	mmol/l	198	198	100	-	-	-	-	5,18	6,79	12,85
Basekap. bis pH 8,2	mmol/l	50	50	100	-	-	-	-	0,615	1,135	1,38
Summe Erdalkalien (GH)	mmol/l	198	198	100	-	-	-	-	3,045	4,56	19,05
Sauerstoff	mg/l	198	196	99	-	-	-	-	9,6	10,7	12,4
Sauerstoffsättigung	%	198	196	99	-	-	-	-	89	98	112
SAK 254	1/m	196	186	94,9	1	0,5	-	-	0,8	2,4	78,8
Gel. organ. Kohlenst. (DOC)	mg/l	198	194	98	0	0	-	-	0,5	0,94	2,1
Calcium	mg/l	198	198	100	2	1	2	1	93,25	138	635
Magnesium	mg/l	198	198	100	18	9,1	10	5,1	9,5	40	100,5
Natrium	mg/l	198	186	93,9	2	1	2	1	4,7	11,8	423
Kalium	mg/l	198	184	92,9	0	0	0	0	1,1	2,3	7,5
Ammonium	mg/l	198	29	14,6	0	0	0	0	< 0,01	< 0,05	0,03
Eisen, gesamt	mg/l	198	72	36,4	-	-	1	0,5	< 0,01	0,021	0,67
Mangan, gesamt	mg/l	198	14	7,1	-	-	1	0,5	< 0,005	< 0,005	0,079
Chlorid	mg/l	198	197	99,5	1	0,5	1	0,5	11,6	35	759
Nitrat	mg/l	198	196	99	26	13,1	16	8,1	14,9	45	86,5
Nitrit	mg/l	69	1	1,4	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	0,01
Sulfat	mg/l	198	197	99,5	6	3	6	3	18	91,6	1628
ortho-Phosphat	mg/l	192	131	68,2	-	-	0	0	< 0,05	0,17	2,91
Silikat [SiO2]	mg/l	198	198	100	-	-	-	-	7,95	14	25,2
Bor	mg/l	198	68	34,3	5	2,5	1	0,5	< 0,01	0,041	2,053
Fluorid	mg/l	198	140	70,7	0	0	0	0	< 0,1	0,21	1,08
Aluminium, gelöst	mg/l	198	119	60,1	3	1,5	2	1	0,006	0,027	0,385
Antimon	mg/l	198	0	0	0	0	0	0	< 0,001	< 0,001	-
Arsen	mg/l	198	190	96	2	1	1	0,5	0,0006	0,0019	0,0115
Barium	mg/l	198	190	96	3	1,5	3	1,5	0,059	0,431	3,59
Beryllium	mg/l	198	16	8,1	-	-	-	-	< 0,0005	< 0,0005	0,00153
Blei	mg/l	198	6	3	1	0,5	1	0,5	< 0,0005	< 0,0005	0,042
Cadmium	mg/l	198	2	1	0	0	0	0	< 0,0002	< 0,0002	0,00124
Chrom, gesamt	mg/l	198	67	33,8	0	0	0	0	< 0,0005	0,0009	0,0047
Kobalt	mg/l	198	4	2	-	-	-	-	< 0,0005	< 0,0005	0,0007
Kupfer	mg/l	198	10	5,1	-	-	-	-	< 0,001	< 0,001	0,004
Lithium	mg/l	198	143	72,2	-	-	-	-	0,003	0,014	0,1
Molybdaen	mg/l	198	30	15,2	-	-	-	-	< 0,0005	0,0007	0,0154
Nickel	mg/l	198	28	14,1	0	0	0	0	< 0,0005	0,0006	0,0042
Quecksilber	mg/l	198	0	0	0	0	0	0	< 0,0001	< 0,0001	-
Selen	mg/l	198	4	2	0	0	0	0	< 0,001	< 0,001	0,0064
Strontium 88	mg/l	198	198	100	-	-	-	-	0,1565	0,926	10,32
Thallium	mg/l	198	0	0	-	-	-	-	< 0,0005	< 0,0005	-
Uran 238	mg/l	198	153	77,3	-	-	-	-	0,0004	0,0027	0,023
Vanadium	mg/l	198	84	42,4	-	-	-	-	< 0,0005	0,0017	0,024
Zink	mg/l	198	70	35,4	-	-	-	-	< 0,005	0,014	1,577
Cyanid, gesamt	mg/l	198	0	0	0	0	0	0	< 0,005	< 0,01	-
Summe LHKW nach TrinkwV	mg/l	19	4	21,1	2	10,5	2	10,5	< 0,001	0,015	0,0288
Trichlorethen ("Tri")	mg/l	19	2	10,5	1	5,3	-	-	< 0,0001	0,0022	0,0278
Tetrachlorethen ("Per")	mg/l	19	3	15,8	1	5,3	-	-	< 0,0001	0,001	0,0148
Atrazin	µg/l	36	12	33,3	2	5,6	1	2,8	< 0,01	0,06	0,15
Desethylatrazin	µg/l	36	16	44,4	5	13,9	5	13,9	< 0,03	0,16	0,7
Terbutylazin	µg/l	35	0	0	0	0	0	0	< 0,01	< 0,02	-
Simazin	µg/l	36	1	2,8	0	0	0	0	< 0,01	0,01	0,01
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	17	1	5,9	1	5,9	1	5,9	< 0,05	< 0,05	0,32

## 4 Ausblick

### Messnetzbetrieb

Im Jahr 2000 steht turnusgemäß die Zustandserhebung des Grundwassers auf landwirtschaftliche Parameter auf dem Programm. Daneben werden die bisher durchgeführten Controlling-Programme sowie die Untersuchungen im Rahmen verschiedener Berichtspflichten gegenüber dem Bund und der EU weitergeführt.

### Qualitätsverbesserung

Die Vervollständigung der Messstellenbeschreibungen ist Voraussetzung für eine sachgerechte Bewertung der Daten und damit eine Daueraufgabe, die auch im Jahr 2000 fortgeführt wird.

### Datenverarbeitung

Nach Fertigstellung der zur Ablösung der Altsysteme erforderlichen Erfassungs- und Auswertefunktionalitäten in der 1. Stufe der Grundwasserdatenbank wird jetzt verstärkt die Visualisierung und die statistische Auswertung von Messwerten in Angriff genommen. Die 2. Stufe der Entwicklung der Grundwasserdatenbank wird im Jahr 2001 abgeschlossen sein.

### Berichtswesen

Die Überarbeitung der Grundsatzpapiere für den Bereich Probennahme und Analytik ist abgeschlossen. Diese technischen Anleitungen liegen als Bericht „Leitfaden für Probennahme und Analytik von Grundwasser“ vor (Reihe Grundwasserschutz, LfU, 2000).

Der neu erschienene Bericht zur Grundwassersituation unter einer Großstadt „Pilotprojekt Karlsruhe – Änderung der Grundwasserbeschaffenheit auf dem Fließweg unter der Stadt“ (Reihe Grundwasserschutz Nr. 7, LfU, 1999) beschreibt die Auswertungen und Ergebnisse eines Verbundprojektes zwischen der Stadt, der Universität Karlsruhe und der LfU. Die chemischen Veränderungen während des Fließweges unter der Stadt offenbaren sich meist eindeutig als Folgen von Verunreinigungen durch Ablagerungen, undichte Kanäle und durch den Versiegelungsgrad der Stadt. Daneben sind

auch eindeutige natürliche geochemische Veränderungen aufgrund der Durchquerung unterschiedlicher naturräumlicher und geologischer Einheiten identifizierbar.

Weiterhin sind die beiden Berichte „Rahmenkonzept Grundwassermessnetz“ (Reihe Grundwasserschutz Nr. 10, LfU, 2000) und „Beprobung von Grundwasser – Literaturstudie“ (Reihe Grundwasserschutz Nr. 9, LfU, 1999) als Neuauflagen erschienen.

Sie sind, wie auch die anderen o.g. Berichte, unter der Bezugsadresse der Justizvollzugsanstalt (JVA) Mannheim wieder erhältlich (s. Impressum).

Die Ergebnisse der Beprobung 1999 werden wieder in bewährter Weise für die einzelnen Landkreise ausgewertet und den regionalen Behörden zur Verfügung gestellt. In 2000 sind zwei Regionalberichte der Gewässerdirektionen Nördlicher Oberrhein/Bereich Heidelberg bzw. Südlicher Oberrhein/Bereich Waldshut fertiggestellt worden: „Pflanzenschutzmittelbelastung im Rhein-Neckar-Raum“ und „Nitratbelastung im südlichen Oberrheingebiet“. Mittelfristig soll ein weiterer Bericht für die Freiburger Bucht entstehen. Darin erfolgt durch Hinzunahme weiterer Daten aus lokalen Messstellen eine differenziertere Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten.

Auch von der LfU sind für 2000 noch zwei Berichte geplant.

Der erste Bericht hat die Erfahrungen und Ergebnisse des abgeschlossenen Projekts „Kontinuierliche Beschaffenheitsmessungen an vier Pilotquellen“ zum Thema.

Der andere Bericht stellt die hier in 1999 gewonnenen Schwermetallergebnisse detaillierter dar und beschreibt die „Schwermetallgehalte im Grundwasser Baden-Württembergs“.

## 5 Literaturverzeichnis

(Veröffentlichungen der letzten 5 Jahre)

### 5.1 Grundwasserüberwachungsprogramm Baden-Württemberg – Ergebnisse

LfU, 1995

Landesanstalt für Umweltschutz Baden – Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm – Ergebnisse der Beprobung 1994“. - Karlsruhe, 1995.

Bárdossy u.a. 1995

Bárdossy, A., Haberlandt, U., Grimm-Strele, J.: „Regional scales of groundwater quality parameters and their dependence on geology and land use“. - In: Kobus, H., Barczewski, B., Koschitzky, H.-P. (Ed.): *Groundwater and Subsurface Remediation*: 195-204, Springer-Verlag, 1995.

LfU, 1996

Landesanstalt für Umweltschutz Baden – Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm – Ergebnisse der Beprobung 1995“. - Karlsruhe, 1996.

LfU, 1996

Landesanstalt für Umweltschutz Baden – Württemberg: „Auswirkungen saurer Niederschläge auf Böden und Gewässer“. - 2. unveränderte Auflage, Karlsruhe, 1996.

LfU, 1996

Landesanstalt für Umweltschutz Baden – Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm – Geogen geprägte Hintergrundbeschaffenheit – Ergebnisse aus dem Basis-messnetz“. - 2. unveränderte Auflage, Karlsruhe, 1996.

LfU, 1996

Landesanstalt für Umweltschutz Baden – Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm: Unsere Grundwasservorräte im Frühjahr 1996“. - Karlsruhe, 1996.

LfU u.a., 1996

Landesanstalt für Umweltschutz Baden – Württemberg, Région Alsace u.a.: „Großräumiges Grundwassermodell Oberrheingraben zwischen Basel und Karlsruhe.“ – Demonstrationsvorhaben zum Schutz und zur Bewirtschaftung des Grundwassers des deutsch-französisch-schweizerischen Oberrheingrabens (LIFE), Zweisprachiger Abschlussbericht mit 14 Karten zur quantitativen Beschreibung des Grundwasservorkommens, Karlsruhe, 1996.

LfU u.a., 1996

Région Alsace, Landesanstalt für Umweltschutz Baden - Württemberg u.a.: „Hydrogeologische Kartierung der Oberrheinebene“. - Fünf bzw. drei Karten mit Beiheften zu Grundwasserhöhengleichen bzw. zur Grundwasserbeschaffenheit (Nitrat, Chlorid, Sulfat); fünf Karten zu Kiesabbaukonzessionsflächen und Trinkwasserschutzgebieten, drei hydrogeologische Profilschnitte Straßburg – Offenburg mit Beiheft, Europäisches Programm INTERREG, Strasbourg, 1996.

LfU, 1997

Landesanstalt für Umweltschutz Baden – Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm – Ergebnisse der Beprobung 1996“. - Handbuch Wasser 3: Bd. 2, Karlsruhe, 1997.

LfU, 1997

Landesanstalt für Umweltschutz Baden – Württemberg (Hrsg.): „Grundwasserüberwachungsprogramm - Einfluss der Probennahme auf die Ergebnisse von LHKW-Befunden“. - Handbuch Wasser 3: Bd. 3, Karlsruhe, 1997.

Bárdossy u.a., 1997

Bárdossy, A., Haberlandt, U., Grimm-Strele, J.: „Interpretation of groundwater quality parameters using additional information“. - In: *Geoenvi - I – Geostatistics for Environmental Applications*, Kluwer Academic Publishers, ISBN 0-7923-4590-8, 1997.

LfU, 1998

Landesanstalt für Umweltschutz Baden – Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm – Ergebnisse der Beprobung 1997“. - Handbuch Wasser 3: Bd. 5, Karlsruhe, 1998.

LfU, 1998

Landesanstalt für Umweltschutz Baden – Württemberg (Hrsg.): „Grundwasserversauerung in Baden-Württemberg“. - Handbuch Wasser 3: Bd. 4, Karlsruhe, 1998.

LfU u.a., 1998

Région Alsace, Landesanstalt für Umweltschutz Baden - Württemberg u.a.: „Das Grundwasser im Oberrheingraben – eine elementare grenzüberschreitende Ressource“. – Informationsmappe mit 25 Blättern, Karlsruhe, 1998.

LfU, 1999

Landesanstalt für Umweltschutz Baden – Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm – Ergebnisse der Beprobung 1998“. – Reihe Grundwasserschutz: Nr. 6, Karlsruhe, 1999.

LfU, 1999

Landesanstalt für Umweltschutz Baden – Württemberg: „Pilotprojekt Karlsruhe: Änderung der Grundwasserbeschaffenheit auf dem Fließweg unter der Stadt – Auswertung und Ergebnisse“. - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 7, Karlsruhe, 1999.

LfU, 1999

Landesanstalt für Umweltschutz Baden – Württemberg (Hrsg.): „Grundwasserüberwachungsprogramm – Beprobung von Grundwasser – Literaturstudie“. - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 9, 4. unveränderte Auflage, Karlsruhe, 1999.

LfU, 2000

Landesanstalt für Umweltschutz Baden – Württemberg (Hrsg.): „Arzneimittelrückstände und endokrin wirkende Stoffe in der aquatischen Umwelt - Literaturrecherche“. - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 8, Karlsruhe, 2000.

LfU, 2000

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

LfU, 2000

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): „Grundwasserüberwachungsprogramm: Leitfaden für Probenahme und Analytik von Grundwasser“. - Reihe Grundwasserschutz, im Druck, Karlsruhe, 2000.

## 5.2 Fachspezifische EDV-Anwendungen

FAW, 1995

Forschungsinstitut für anwendungsorientierte Wissensverarbeitung an der Universität Ulm: „ZEUS – Einführung in der LfU – Abschlussbericht“. - Ulm, 1995.

Schuhmann, 1996

Schuhmann, D.: „Die Methodenbank ZEUS – Ein Werkzeug zur Planung von Grundwassermessnetzen und für die Auswertung der Messergebnisse“. – WasserSpiegel 1, 1996.

IITB, 1997

Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung: „Machbarkeitsstudie: Objektorientierter Zugriff auf Grundwasserdaten“. - Karlsruhe, 1997.

IITB, 1998

Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung: „Teststellung zur Studie Objektorientierter Zugriff auf Grundwasserdaten“. - Karlsruhe, 1998.

IITB, 1999

Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung: „Anwenderforderungen für die Grundwasserdatenbank“. - Karlsruhe, 1999.



IITB, 2000

Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung: „Schulungshandbuch Grundwasserdatenbank Modul 8 des Informationssystems Wasser, Abfall, Altlasten, Boden (WAABIS)“. - Karlsruhe, 2000.

IITB, 2000

Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung: „Feinspezifikation für das IT-Segment GWDB“. - Karlsruhe, 2000.

IITB, 1999

Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung: „Softwarearchitektur für das IT-Segment GWDB“. - Karlsruhe, 1999.

S&K, 2000

Schmidt und Krejci GbR: „Projekt Labdüs 2.0 – Beschreibung Schnittstellen“, 2000.

LfU, 2000

Landesanstalt für Umweltschutz Baden – Württemberg: „Beschaffenheit des Grundwassers, Jahresdatenkatalog 1994 –1998“, 2000.

## Anhang

### A 1 Messstellenarten

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

<b>Alle</b>	=	<b>Alle Messstellen aus allen Teilmessnetzen</b>
<b>BMN</b>	=	<b>Messstellen des Basismessnetzes</b>
<b>RW</b>	=	<b>Rohwassermessstellen der öffentlichen Wasserversorgung</b>
<b>VF</b>	=	<b>Vorfeldmessstellen</b>
<b>EL</b>	=	<b>Emittentenmessstellen Landwirtschaft</b>
<b>EI</b>	=	<b>Emittentenmessstellen Industrie</b>
<b>ES</b>	=	<b>Emittentenmessstellen Siedlung</b>
<b>SE</b>	=	<b>Sonstige Emittentenmessstellen</b>
<b>QMN</b>	=	<b>Messstellen des Quellmessnetzes</b>

### A 2 Messprogramme im Herbst 1999

#### Messprogramm „Vor-Ort-Parameter“

Grundwasserstand und Pumpenförderstrom/Quellschüttung, Farbe-qualitativ, Trübung-qualitativ, Geruch-qualitativ, Temperatur, Elektrische Leitfähigkeit (bei 25°C), pH-Wert (bei ...°C), Sauerstoff, Sauerstoffsättigung.

#### Messprogramm „Geogen“

Farbe-qualitativ, Trübung-qualitativ, Geruch-qualitativ, Temperatur, Elektrische Leitfähigkeit (bei 25°C), pH-Wert (bei ...°C), Sauerstoff, Sauerstoffsättigung, Trübung TE/F, Farbe/SAK-436, Säurekapazität bis pH 8,2 bzw. bis pH 4,3 (bei ...°C), Basekapazität bis pH 4,3 bzw. bis 8,2 (bei ... °C), Summe Erdalkalien (Gesamthärte), SAK-254, DOC, Calcium, Magnesium, Natrium, Kalium, Ammonium, Eisen-gesamt, Mangan-gesamt, Chlorid, Nitrat, Nitrit, Sulfat, Ortho-Phosphat, Bor, Fluorid, Silikat, Aluminium-gelöst.

#### Messprogramm „Schwermetalle-SM“

Antimon, Arsen, Barium, Beryllium, Blei, Cadmium, Chrom-gesamt, Kobalt, Kupfer, Lithium, Molybdän, Nickel, Selen, Thallium, Quecksilber, Vanadium, Zink.

#### „Zusätzliche Parameter“

Strontium-88, Uran-238, Cyanid-gesamt.

#### Messprogramm „Pflanzenschutzmittel-PSM-1“

Atrazin, Simazin, Terbutylazin, Metolachlor, Metazachlor, Desethylatrazin, Desisopropylatrazin, Desethylterbutylazin, Propazin, Bromacil, Hexazinon, Metalaxyl.

## A 3 Statistische Verfahren

### A 3.1 Rangstatistik

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

- Bei Datenkollektiven mit einem hohen Anteil an Messwerten „<BG“ - wobei diese auch noch 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. ), undefiniert ist.
- Bei kleineren Teilkollektiven wirkt sich die hohe Variabilität der Extremwerte besonders stark auf die Mittelwerte aus. Medianwerte sind hier 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. Soweit es jedoch zum allgemeineren Verständnis erforderlich ist, wird parallel dazu auch der Mittelwert angegeben.

### 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).

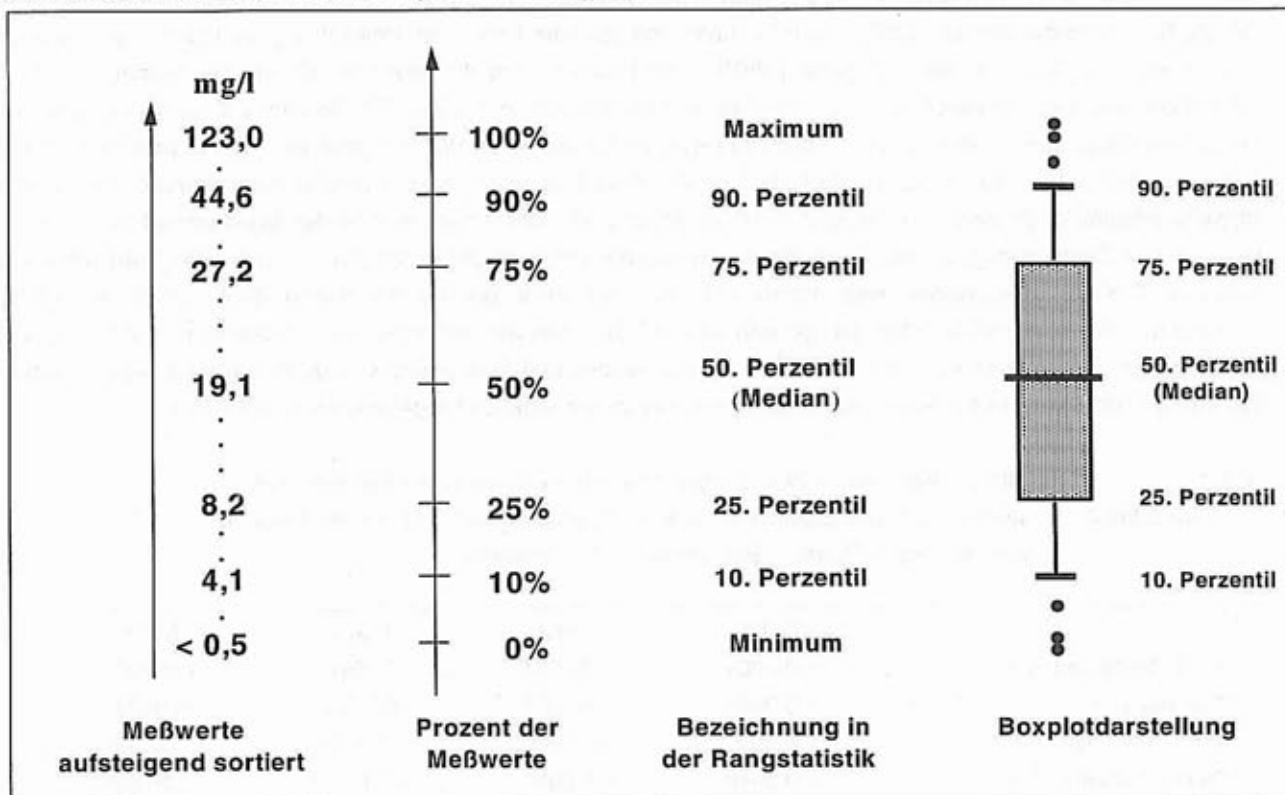


Abbildung A1: Beispiel für die Rangstatistik und die Boxplotdarstellung.

### A 3.3 Zeitreihenstatistik: Trends an 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). Im betrachteten Zeitraum muss aus jedem Jahr mindestens ein Messwert vorliegen. Um keine Verzerrungen durch jahreszeitliche Schwankungen zu erhalten, werden nur die Messwerte der Monate September bis November herangezogen. In diesem Zeitraum findet immer die Herbstbeprobung statt. 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. 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 (GW, WW, BG) darzustellen.

### A 4 Bestimmungsgrenze, Rechenvorschriften, Grenzwert, Warnwert

- Bei der Angabe „Anzahl Messstellen mit Messwerten größer Bestimmungsgrenze“ ist zu berücksichtigen, dass die Bestimmungsgrenzen eines Parameters von Labor zu Labor z.T. unterschiedlich sind (Tab. A.1). 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 bei Angabe von „< 0,05 µg/l“ als negativer Befund angesehen werden muss.
- Lag von einer Messstelle mehr als eine Analyse im Berichtszeitraum vor, wurde jeweils der Medianwert dieser Daten angesetzt. Bei der Ermittlung des Maximums wurde auf die Einzelwerte zurückgegriffen.
- Rechenvorschrift zur Berechnung der Summenparameter: „Summe LHKW nach TrinkwV“:  
Für die Ermittlung der „Summe LHKW nach TrinkwV“ und „Summe PAK nach TrinkwV“ gibt es keine allgemeingültige Rechenvorschrift. Der Parameter „Summe LHKW nach TrinkwV“ wird definitionsgemäß aus der Summe der Stoffe 1,1,1,-Trichlorethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen und Dichlormethan gebildet. Entsprechend Trinkwasserverordnung beträgt der Grenzwert 0,010 mg/l. Die Bestimmungsgrenze für die ersten drei der genannten Stoffe beträgt 0,0001 bis 0,001 mg/l, für Dichlormethan jedoch meist 0,005 bis 0,020 mg/l. Nach der in der Grundwasserdatenbank angewandten Rechenvorschrift für die Summenbildung der LHKW (Tabelle A1) kann beispielsweise der Summenwert „< 0,020 mg/l“ lauten. Ohne Berücksichtigung des „<“-Zeichens, d.h. nur bei Vergleich der reinen Zahlenwerte wäre damit der Grenzwert der TrinkwV überschritten, was naturgemäß zu einer nicht zutreffenden hohen Zahl von Grenzwertüberschreitungen führen würde. Bei den vorliegenden und auch bei allen Auswertungen der vergangenen Jahre werden daher zunächst alle Summenwerte mit „<“-Zeichen ausgeschieden und dann erst gegen den Grenzwert geprüft. Bei der Verarbeitung der Daten in der Grundwasserdatenbank wird daher folgende Vorgehensweise praktiziert:

- Fall 1: Alle Befunde sind „< BG“, der größte Wert „< BG“ wird zum Summenwert.  
Fälle 2 bis 4: Werte „< BG“ und positive Befunde sind gemischt, nur die positiven Befunde werden addiert, Werte „< BG“ bleiben außer Betracht.

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
1,1,1,-Trichlorethan	< 0,0001	< 0,0001	0,0016	< 0,0001
Trichlorethen	< 0,0001	< 0,0001	0,0038	0,0670
Tetrachlorethen	< 0,0001	0,0052	< 0,0001	0,0055
Dichlormethan	< 0,0050	< 0,0050	< 0,0050	0,0780
Summe LHKW nach TrinkwV	< 0,0050	0,0052	0,0054	0,1505

Tabelle A1: Rechenvorschrift für die Summenbildung der LHKW in der Grundwasserdatenbank Baden-Württemberg.

PARAMETER	DIMENSION	ANZ.MST. MW<BG	BESTIMMUNGSGRENZEN *	MINDESTBESTIMMUNGSGRENZEN	WW	GW
Temperatur	°C	0	entfällt	entfällt	20	25
Trübung	TE/F (FNU)	262	0,01 / 0,05	0,05	1,2	1,5
Färbung (SAK-436)	1/m	838	0,01 / 0,02 / 0,05 / 0,1	entfällt	0,4	0,5
El. Leitf. (25 °C)	mS/m	0	entfällt	entfällt	160	200
pH-Wert (...°C)	-	0	entfällt	entfällt	6,5 / 9,5	6,5 / 9,5
Säurekap. bis pH 4,3	mmol/l	2	0,1	entfällt	-	-
Basekap. bis pH 8,2	mmol/l	0	entfällt	entfällt	-	-
Summe Erdalkalien (GH)	mmol/l	0	entfällt	entfällt	-	-
Sauerstoff	mg/l	112	0,1 / 0,2 / 0,5	0,5	-	-
Sauerstoffsättigungsindex	%	93	0,1 / 1,0 / 2,0 / 5,0	-	-	-
SAK-254	1/m	26	0,1 / 0,2 / 0,5	entfällt	5	-
DOC	mg/l	123	0,1 / 0,2 / 0,5	0,2	3	-
Calcium	mg/l	0	entfällt	1,0	320	400
Magnesium	mg/l	0	entfällt	0,5	40	50
Natrium	mg/l	24	0,5 / 2,0	0,5	120	150
Kalium	mg/l	67	0,1 / 0,5	0,5	10	12
Ammonium	mg/l	1895	0,003 / 0,005 / 0,01 / 0,05	0,01	0,4	0,5
Eisen, gesamt	mg/l	0	entfällt	0,01	-	0,2
Mangan, gesamt	mg/l	1853	0,001 / 0,005 / 0,01	0,01	-	0,05
Chlorid	mg/l	6	0,5 / 1,0	0,5	200	250
Nitrat	mg/l	166	0,1 / 0,3 / 0,4 / 0,5 / 2,0	0,5	40	50
Nitrit	mg/l	1018	0,01 / 0,02 / 0,05	0,01	0,08	0,10
Sulfat	mg/l	3	0,5 / 1,0	1,0	240	240
Ortho-Phosphat	mg/l	799	0,01 / 0,03 / 0,05	0,03	-	6,7
Silikat	mg/l	0	entfällt	1,0	-	-
Bor	mg/l	770	0,01 / 0,02 / 0,03	0,02	0,1	1,0
Fluorid	mg/l	280	0,02 / 0,05 / 0,1	0,05	1,2	1,5
Aluminium, gelöst	mg/l	1387	0,003 / 0,005	0,005	0,16	0,20
Antimon	mg/l	2219	0,001	0,001	0,08	0,01
Arsen	mg/l	320	0,0002 / 0,0005 / 0,001 / 0,002 / 0,005	0,0005	0,008	0,010
Barium	mg/l	0	entfällt	0,01	0,8	1,0
Beryllium	mg/l	2134	0,0005	0,001	-	-
Blei	mg/l	2062	0,0005 / 0,001 / 0,005	0,001	0,02	0,04
Cadmium	mg/l	2432	0,0001 / 0,0002	0,0001	0,002	0,005
Chrom, gesamt	mg/l	789	0,0005 / 0,001 / 0,005	0,001	0,01	0,05
Kobalt	mg/l	1919	0,0005	0,001	-	-
Kupfer	mg/l	1277	0,001	0,001	-	-
Lithium	mg/l	225	0,001	-	-	-
Molybdän	mg/l	1361	0,0005	-	-	-
Nickel	mg/l	1544	0,0005 / 0,001 / 0,005	0,001	0,04	0,05
Quecksilber	mg/l	2501	0,0001	0,0001	0,0008	0,0010
Selen	mg/l	0	entfällt	0,01	0,008	0,010
Strontium-90	mg/l	1	0,005	0,05	-	-
Thallium	mg/l	2151	0,0005	0,002	-	-
Uran-238	mg/l	155	0,0001	-	-	-
Vanadium	mg/l	921	0,0005	-	-	-
Zink	mg/l	545	0,005 / 0,01	0,01	-	-
Cyanid, gesamt	mg/l	2532	0,004 / 0,005 / 0,01	0,01	0,01	0,05
Summe LHKW nach TrinkwV	mg/l	387	0,001 / 0,002 / 0,005 / 0,008 / 0,01	entfällt	0,008	0,010
Trichlorethen („Tri“)	mg/l	425	0,0001 / 0,0005 / 0,001	0,0001	0,005	-
Tetrachlorethen („Per“)	mg/l	402	0,0001 / 0,0005 / 0,001	0,0001	0,005	-
Atrazin	µg/l	799	0,01 / 0,02 / 0,03 / 0,05	0,02	0,08	0,10
Desethylatrazin	µg/l	702	0,01 / 0,02 / 0,03 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Terbutylazin	µg/l	1024	0,01 / 0,02 / 0,03 / 0,05	0,02	0,08	0,10
Simazin	µg/l	967	0,01 / 0,02 / 0,03 / 0,05	0,02	0,08	0,10
2,6 Dichlorbenzamid	µg/l	588	0,01 / 0,03 / 0,05	0,05	0,08	0,08

Tabelle A2: Anlässlich der Beprobung 1999 häufig auftretende Bestimmungsgrenzen sowie Warnwerte (WW) des Grundwasserüberwachungsprogrammes und Grenzwerte (GW) nach Trinkwasserverordnung vom 05.12.1990 (Mw = Messwert).

Hinweise zu Tabelle A 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. Die im Grundwasserüberwachungsprogramm geforderten Mindestbestimmungsgrenzen sind extra aufgeführt. Da in 1999 die Mehrzahl der Schwermetalle nur von einem Labor (LFU-Zentrallabor) analysiert wurde, tritt bei den meisten der untersuchten Schwermetalle diesmal nur eine Bestimmungsgrenze auf. Die Anzahl der vorkommenden Werte > BG ergibt sich aus der statistischen Übersicht des Gesamtmessnetzes. Bei Angabe „-“ ist der betreffende Wert nicht festgelegt oder noch nicht festgelegt.

### Grenzwerte und Warnwerte

- Die in Tabelle A2 zusammengestellten Grenzwerte (GW) für chemische Stoffe und einzelne Parameter sind der Anlage 2 und Anlage 4 der Trinkwasserverordnung vom 05.12.1990 entnommen. Diese Grenzwerte gelten nur für Trinkwasser. Die Anwendung der Trinkwassergrenzwerte als Grenzwerte im rechtlichen Sinne auf nicht für Trinkwasserzwecke verwendetes Grundwasser ist nicht zulässig und geschieht hier nur hilfsweise für Vergleichszwecke. Für das Grundwasser gilt das Vorsorgeprinzip, das die Festlegung von Grenzwerten, Richtwerten oder ähnlichen Vorgaben ausschließt. Grundwasserfremde Stoffe dürfen grundsätzlich nicht ins Grundwasser gelangen.
- Warnwerte (WW) wurden im Rahmen des Grundwasserüberwachungsprogrammes festgelegt und haben keinen rechtlichen Charakter. Sie orientieren sich i.a. an gesetzlichen Grenz- und Richtwerten sowie an sonstigen Empfehlungen (z.B. 80% des Trinkwassergrenzwertes). Sie werden bei Bedarf neueren Erkenntnissen angepasst.

## A 5 Darstellung von Konzentrationen in Karten

Für die Kartendarstellungen werden in einigen Fällen unterschiedliche Messstellensymbole verwendet, z.T. je nach Zugehörigkeit zu den verschiedenen Teilmessnetzen. Die gemessenen Konzentrationen werden in Klassen eingeteilt. Pro Karte werden in der Regel vier aus den nachfolgend genannten sechs Klassen verwendet. Für die verschiedenen Konzentrationsklassen gilt folgende Farbcodierung:

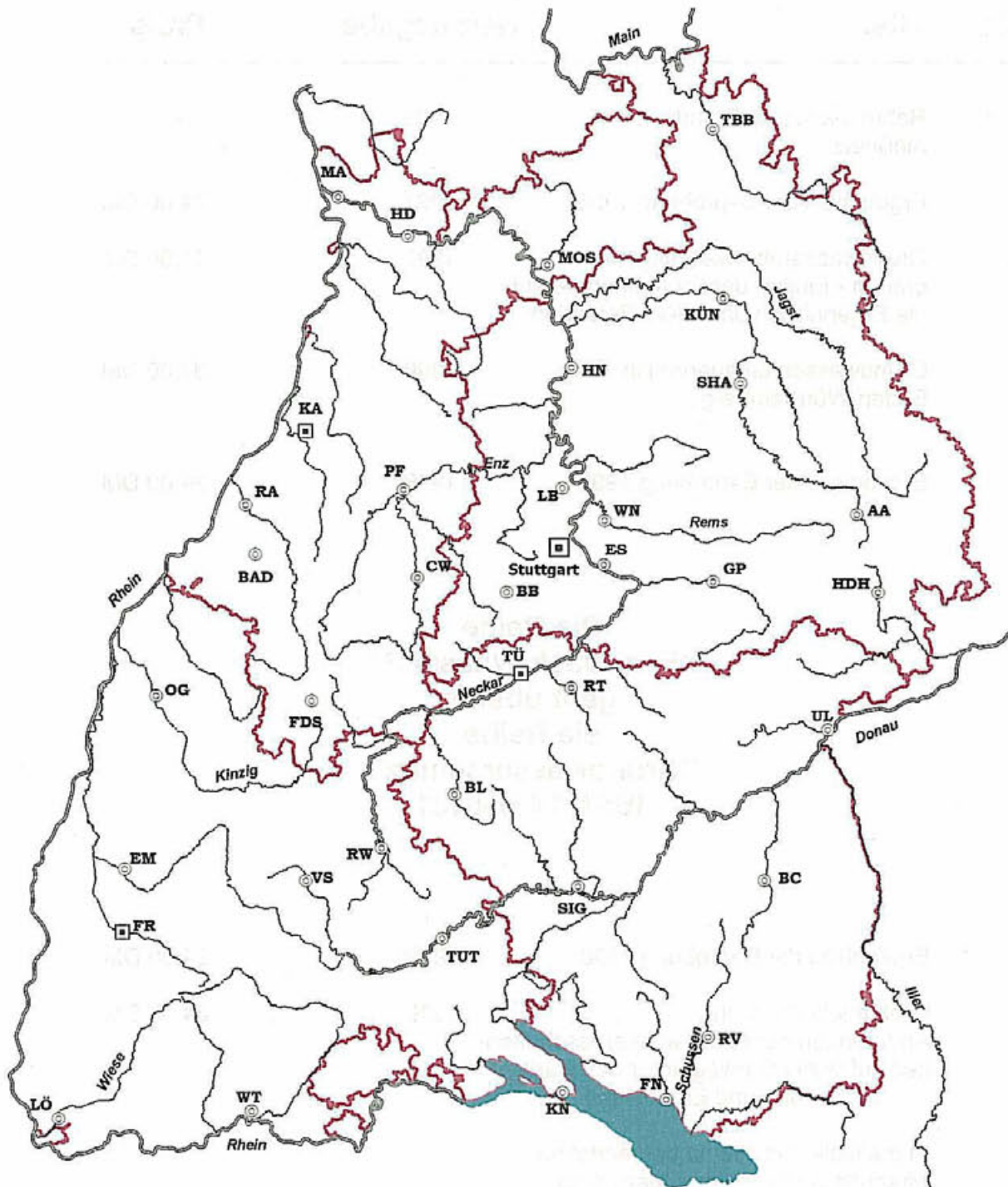
- hellblau = geogene Hintergrundbeschaffenheit oder bei grundwasserfremden Stoffen Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze
- dunkelblau = Konzentrationen bis etwas oberhalb der Hintergrundbeschaffenheit oder bei grundwasserfremden Stoffen geringe ubiquitäre Beeinflussungen
- grün = Konzentrationen merklich oberhalb der Hintergrundbeschaffenheit oder bei grundwasserfremden Stoffen geringfügig erhöhte Konzentrationen
- gelb = Überschreitung des Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogrammes bzw. deutlich erhöhte Konzentrationen (bei pH-Wert: Überschreitung des oberen Grenzwertes von 9,5)
- rot = Überschreitung des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung bzw. stark erhöhte Konzentrationen (bei pH-Wert: Unterschreitung des unteren Grenzwertes von 6,5)
- violett = Konzentrationen weit über dem Grenzwert der Trinkwasserverordnung bzw. dem Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogrammes (bei pH-Wert: weit unterhalb des unteren Grenzwertes von 6,5)

Aus der Klassenzuordnung ergibt sich keine automatische Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit, so dass sich auch kein unmittelbarer Handlungsbedarf aus der Einstufung in diese Klassen ableitet.

## A 6 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 „0,03 µg/l“ als positiver Befund, andererseits ein Wert „< 0,05 µg/l“ als negativer Befund betrachtet wird.

## A 7 Kopiervorlage zur Erstellung einer Orientierungsfolie für die Konzentrationskarten



Zur Lokalisierung der Messstellen, die Folie auf die Karten im Bericht legen

Reihe

ISSN 0941-780X

ISSN 0946-0264

**Handbuch Wasser 3**

**Grundwasserüberwachungsprogramm Baden-Württemberg**

<b>Nr.</b>	<b>Titel</b>	<b>Herausgabe</b>	<b>Preis</b>
1	Rahmenkonzept Grundwasser- meßnetz	1996	-,-
2	Ergebnisse der Beprobung 1996	1997	24,00 DM
3	Grundwasserüberwachungspro- gramm - Einfluß der Probennahme auf die Ergebnisse von LHKW-Befunden	1997	15,00 DM
4	Grundwasserversauerung in Baden-Württemberg	1998	33,00 DM
5	Ergebnisse der Beprobung 1997	1998	24,00 DM

**Die Reihe  
"Handbuch Wasser 3"  
geht über in  
die Reihe  
"Grundwasserschutz"  
ISSN 1437-0131**

6	Ergebnisse der Beprobung 1998	1999	24,00 DM
7	Pilotprojekt Karlsruhe: Änderungen der Grundwasserbeschaffen- heit auf dem Fließweg unter der Stadt - Auswertung und Ergebnisse -	1999	24,00 DM
8	Arzneimittelrückstände und endokrin wirkende Stoffe in der aquatischen Umwelt - Literaturrecherche	2000	18,00 DM
9	Grundwasserüberwachungsprogramm: Beprobung von Grundwasser - Literaturstudie	1999	18,00 DM
10	Grundwasserüberwachungsprogramm: Rahmenkonzept Grundwassermessnetz	2000	15,00 DM



11	Das zentrale Umweltkompetenzsystem ZEUS	in Vorbereitung	15,00 DM (7,67 Euro)
12	Grundwasserüberwachungsprogramm: Grundwasseroberfläche im Oktober 1986 und April 1988 im Oberrheingraben zwischen Karlsruhe und Basel – Erläuterungen und Karten	in Vorbereitung	45,00 DM (23,01 Euro)
13	Beschaffenheit des Grundwassers Jahresdatenkatalog 1994 – 1998 CD-ROM	2000	60,00 DM (30,68 Euro)







LANDESANSTALT FÜR  
UMWELTSCHUTZ  
BADEN-WÜRTTEMBERG