




Grundwasserschutz 27

# Grundwasser-Überwachungsprogramm

 Ergebnisse der Beprobung 2004



Baden-Württemberg



# **GRUNDWASSER- ÜBERWACHUNGSPROGRAMM**

**Ergebnisse der Beprobung 2004**

---

<b>HERAUSGEBER</b>	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (LfU) 76157 Karlsruhe, Postfach 21 07 52 <a href="http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de">www.lfu.baden-wuerttemberg.de</a>
<b>BEARBEITUNG</b>	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Referat 42 - Grundwasser, Baggerseen
<b>REDAKTION</b>	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Referat 42 - Grundwasser, Baggerseen
<b>BEZUG</b>	Diese Broschüre ist für 15,- Euro erhältlich bei der Verlagsauslieferung der LfU, JVA Mannheim - Druckerei Herzogenriedstraße 111, 68169 Mannheim Telefax 0621/398-370 <a href="mailto:bibliothek@lfuka.lfu.bwl.de">bibliothek@lfuka.lfu.bwl.de</a> sowie als Download unter: <a href="http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de/">www.lfu.baden-wuerttemberg.de/</a>
<b>ISSN</b>	1437-0131 (Reihe Grundwasserschutz Bd. 27, 2005)
<b>STAND</b>	August 2005, 1. Auflage
<b>DRUCK</b>	Kraft Druck und Verlag, 76275 Ettlingen Gedruckt auf Recyclingpapier

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

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis .....	6
Die wichtigsten Ergebnisse im Überblick .....	7
<b>1 Grundwassermessnetz Baden-Württemberg .....</b>	<b>16</b>
1.1 Zielsetzung .....	16
1.2 Organisation des Landesmessnetzes .....	16
1.3 Organisation des Kooperationsmessnetzes .....	17
1.4 Qualitätssicherungen im Rahmen des Messnetzbetriebes .....	19
1.4.1 Qualitätssicherung "Stammdaten" .....	19
1.4.2 Qualitätssicherung "Güte-Messwerte" .....	19
1.5 Datenverarbeitung für das Grundwassermessnetz .....	20
1.5.1 SchALVO - Vollzug .....	20
1.5.2 Objektzuordnungsdienst .....	21
1.5.3 GeoPro3D .....	23
1.4.2 Weitere Entwicklung .....	24
<b>2 Das Grundwasser 2004 in Baden-Württemberg .....</b>	<b>25</b>
2.1 Hydrologische Situation .....	25
2.2 Grundwasserneubildung aus Niederschlägen .....	27
2.3 Die Grundwasservorräte 2004 in Baden-Württemberg .....	29
2.3.1 Datengrundlage und allgemeine Zustandsbeschreibung .....	29
2.3.2 Überregionale Grundwasserverhältnisse .....	29
2.4 Nitrat .....	33
2.4.1 Nitrat im Grundwassermessnetz der LfU (Landes-Messnetz) .....	33
2.4.1.1 Statistische Kennzahlen für die verschiedenen Emittentengruppen .....	33
2.4.1.2 Räumliche Verteilung und Regionalisierung .....	35
2.4.1.3 Kurzfristige Veränderungen (Vergleich zum Vorjahr) .....	38
2.4.1.4 Mittelfristige Veränderungen (Entwicklung seit 1994) .....	41
2.4.2 Nitrat in Wasserschutzgebieten (SchALVO-Auswertungen) .....	44
2.4.2.1 Nitratklassengebiete: Kurzfristige zeitliche Veränderungen (Vergleich zu den drei Vorjahren) .....	46

2.4.2.2 Mittelfristige Veränderungen innerhalb und ausserhalb von Wasserschutzgebieten (Entwicklung seit 1994) .....	48
2.5 Pflanzenschutzmittel (PSM) .....	49
2.5.1 Zulassung, Verwendung, Klassifizierung, Umweltrelevanz .....	49
2.5.2 Probennahme und Analytik .....	50
2.5.3 Bisher untersuchte Wirkstoffe .....	51
2.5.4 Phenoxyalkancarbonsäuren .....	53
2.5.5 Bentazon .....	54
2.5.6 Bentazon - Grenzwertüberschreitungen in Wasserschutzgebieten .....	57
2.5.7 Bewertung der Gesamtsituation .....	62
2.6 LHKW - Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe und Vinylchlorid .....	66
2.6.1 Problembeschreibung, Bedeutung .....	66
2.6.2 Probennahme und Analytik .....	68
2.6.3 Bisher untersuchte Stoffe .....	69
2.6.4 Landesweite Situation, räumliche Verteilung .....	69
2.6.5 Tendenzen, Bewertung .....	75
2.7 MKW - Mineralölkohlenwasserstoffe .....	87
2.7.1 Problembeschreibung, Bedeutung .....	87
2.7.2 Probennahme und Analytik .....	87
2.7.3 Landesweite Situation, räumliche Verteilung .....	88
2.7.4 Bewertung .....	89
2.8 PAK - Polyzyclische aromatische Kohlenwasserstoffe .....	91
2.8.1 Problemstellung, Bedeutung, Entstehung und Eintragspfade .....	91
2.8.2 Probennahme und Analytik .....	92
2.8.3 Landesweite Situation, räumliche Verteilung .....	93
2.8.4 Bewertung .....	99
2.9 Komplexbildner EDTA, DTPA und NTA .....	114
2.9.1 Problemstellung, Bedeutung, Entstehung und Eintragspfade .....	114
2.9.2 Probennahme und Analytik .....	116
2.9.3 Landesweite Situation, räumliche Verteilung .....	117
2.9.4 Bewertung .....	118

<b>3</b>	<b>Statistische Übersichten der Teilmessnetze</b>	<b>124</b>
3.1	Trendmessnetz (TMN) – Menge - Grundwasser und Quellen	124
3.2	Gesamtmessnetz - Beschaffenheit	126
3.3	Basismessnetz (BMN)	128
3.4	Rohwassermessstellen (RW)	130
3.5	Emittentenmessstellen Landwirtschaft (EL)	132
3.6	Emittentenmessstellen Industrie (EI)	134
3.7	Emittentenmessstellen Siedlung (ES)	136
3.8	Quellmessnetz (QMN)	138
<b>4</b>	<b>Ausblick und Berichtswesen</b>	<b>140</b>
<b>5</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>144</b>
5.1	Grundwasserüberwachungsprogramm Baden-Württemberg - Ergebnisse	144
5.2	Fachspezifische EDV - Fachanwendungen	149
	<b>Anhang</b>	<b>152</b>
A 1	Messstellenarten	152
A 2	Messprogramme im Herbst 2001	152
A 3	Statistische Verfahren	138
A 3.1	Rangstatistik	153
A 3.2	Rangstatistik und Boxplot	153
A 3.3	Zeitreihenstatistik: Trends an konsistenten Messstellengruppen	154
A 4	Bestimmungsgrenze, Rechenvorschriften, Grenzwert, Warnwert	154
A 5	Darstellung von Konzentrationen in Karten	156
A 6	Hinweise zu den Statistiktabelle	156
A 7	Kopiervorlage mit Land- und Stadtkreisen zur Erstellung einer Orientierungsfolie für die Konzentrationskarten	157

## 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
GÜP	=	Grundwasser-Überwachungs-Programm
GW	=	Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 2001, gültig ab 01.01.2003
GWDB	=	Grundwasserdatenbank der Wasserwirtschaftsverwaltung
GWD-WV	=	Grundwasserdatenbank Wasserversorgung
LABDÜS	=	Labordatenübertragungssystem
LAWA	=	Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LAWA-GFS	=	LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwerte
LfU	=	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
Mst.	=	Messstelle
Mw	=	Messwert
QMN	=	Quellmessnetz
RW	=	Rohwassermessnetz
RW-öWV	=	Rohwasser für öffentliche Wasserversorgung
SE	=	sonstige Emittentenmessstellen
StaLa	=	Statistisches Landesamt
TMN	=	Trendmessnetz Grundwassermenge, Grundwasserstand, Quellschüttung, Lysimeter
TrinkwV	=	Trinkwasserverordnung von 1990 (gültig bis 31.12.2002) oder von 2001 (gültig ab 01.01.2003)
UVB	=	Untere Verwaltungs Behörden
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

### Chemische Parameter:

BTXE	=	Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol (Bestandteil des Ottokraftstoffes, organische Lösemittel)
DEA	=	Desethylatrazin
DTPA	=	Diethylentriaminpentaessigsäure (organischer Komplexbildner)
EDTA	=	Ethylendiamintetraessigsäure (organischer Komplexbildner)
LHKW	=	Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (organische Lösemittel)
MKW	=	Mineralölkohlenwasserstoffe (Benzin, Heizöl, Dieselmotorenöl, Schmieröl, u.a.)
MTBE	=	Methyl-tertiär-butylether (Benzinzusatz)
NTA	=	Nitrilotriessigsäure (organischer Komplexbildner)
PAK	=	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PER	=	Tetrachlorethen (organisches Lösemittel)
PSM	=	Pflanzenschutzmittel
TRI	=	Trichlorethen (organisches Lösemittel)
SAK	=	Spektraler Absorptionskoeffizient
VC	=	Vinylchlorid (Chlorethen)
2,4-D	=	2,4-Dichlorphenoxyessigsäure (Pflanzenschutzmittelwirkstoff)



## Die wichtigsten Ergebnisse im Überblick

Einen Überblick über die Situation bei der **Grundwassermenge** des Landes geben die Daten von rund 220 Trendmessstellen.

Die Daten von weiteren rund 2.550 Landesmessstellen werden für weitere Fragen der Grundwasserbewirtschaftung und für die Bilanzierung mittels großräumiger Grundwassermodelle benötigt.

Die **Grundwasserbeschaffenheit** wurde an insgesamt 2.083 Messstellen des **LfU-Landesmessnetzes** untersucht. Diese Landesmessstellen, aufgliedert in verschiedene Teilmessnetze, dienen der Überwachung und Darstellung der landesweiten Grundwasserbeschaffenheit und dem flächendeckenden Grundwasser- und Umweltschutz auch außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten. Die Untersuchungskosten der oben genannten Messstellen trägt das Land.

Die **Wasserversorgungswirtschaft** Baden-Württembergs stellte im Rahmen der Kooperationsvereinbarung aus dem Jahre 2003 die von den Landratsämtern angeforderten Nitrat-Daten von 2.890 Analysen zu 1.570 **Kooperations-Messstellen in Wasserschutzgebieten** bis zum Stichtag 31.05. 2005 zur Verfügung. Zu 191 Messstellen wurden auch Analysen für sechs Pflanzenschutzmittelwirkstoffe (PSM) übermittelt, welche die LfU für die diesjährigen Untersuchungen benötigt.

Die Kooperations-Messstellen liegen alle in Trinkwasserschutzgebieten und umfassen zum größten Teil Förderbrunnen. Da sich 270 dieser 1.570 Messstellen schon im Landesmessnetz befinden, übermittelten die Wasserversorgungsunternehmen (WVU) letztendlich die Analysen von 1.300 zusätzlichen Messstellen für die Auswertung der Nitrat- und PSM-Situation in den Wasserschutzgebieten.

Dies ist gegenüber dem letzten Jahr mit 485 zusätzlichen Messstellen (Stichtag 31.03.2004) eine erhebliche Steigerung und damit die größte

Messstellenanzahl mit Nitrat und PSM-Analysen seit Beginn der Kooperation vor etwa 20 Jahren.

Im Gegensatz zu den LfU-Berichten der Beprobungen 1990 bis 2002 wird dieser Kooperationsbeitrag - wie schon erstmals in 2003 - gesondert ausgewertet, um eine getrennte Beurteilung zwischen dem für Trinkwasserzwecke genutzten Grundwasser in Wasserschutzgebieten und dem gesamten nicht nur Nutzungsaspekten unterliegendem Grundwasser möglich zu machen.

Nachdem in 2001 industrietypische und in 2002 und 2003 landwirtschaftstypische Parameter untersucht worden waren, standen an den Landesmessstellen im Jahre 2004 wieder **industrietyypische Parameter** wie Leichtflüchtige halogenierte **Kohlenwasserstoffe (LHKW)**, Mineralölkohlenwasserstoffe (**MKW**), Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe (**PAK**), **Cyanide** und die **Komplexbildner EDTA, DTPA und NTA** im Vordergrund.

**Nitrat** und einige **Pflanzenschutzmittel** wurden weiterhin intensiv untersucht.

### Die quantitative Grundwassersituation 2004:

Die sehr niedrigen **Grundwasserstände** zum Jahresende 2003 konnten sich im Jahr 2004 in den meisten Landesteilen nicht erholen, wodurch auch im Jahr 2004 Niedrigwasserstände, wie zuletzt in den Jahren 1976/77 beobachtet wurden. Die Jahressummen der **Niederschläge** lagen mit 94 % leicht unter dem langjährigen Mittel. Das Niederschlagsdefizit ab Februar hat dabei zu einem frühen Ausfall der Grundwasserneubildung im Frühjahr geführt.

Nach der nennenswerten **Grundwasserneubildung** im Januar wurden bereits ab Februar stark rückläufige Bodenwasserversickerungsmengen beobachtet. Nach außergewöhnlich langen Ausfallzeiten der Versickerung über nahezu alle folgenden Monate war erst zum Jahresende aufgrund der überdurchschnittlichen Oktobernieder-

schläge eine Wiederkehr der Grundwasserneubildung eingetreten und hat damit zu einer leichten Entspannung der quantitativen Grundwasserverhältnisse am Jahresende geführt.

Insgesamt waren die **Grundwasserstände** und Quellschüttungen im Jahr 2004 überwiegend unterdurchschnittlich und lagen mit Ausnahme der Schwarzwaldquellen und des südlichen Oberrheingrabens auf insgesamt vergleichbar niedrigem Niveau wie im Vorjahr.

- Die **kurzfristige Entwicklung (10 Jahre)** ist aufgrund der jüngsten trockenen Jahre 2003 und 2004 mittlerweile überwiegend fallend.
- Die **mittelfristige Entwicklung (20 Jahre)** ist deutlich steigend.
- Die **langfristige Entwicklung (50 Jahre)** ist nach wie vor ausgeglichen.

#### Die qualitative Grundwassersituation 2004:

Die **Nitrat-Belastung** ist nach wie vor flächenhaft hoch. Der Nitrat-Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms von 40 mg/l wird an jeder sechsten Landesmessstelle überschritten, der Grenzwert der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) von 50 mg/l an jeder zehnten Landesmessstelle.

Die regionalen Belastungsschwerpunkte liegen nach wie vor in den Räumen Markgräfler Land, Bruchsal-Mannheim-Heidelberg, Kraichgau, Stuttgart-Heilbronn, Main-Tauber-Kreis und Oberschwaben. Daneben liegen einzelne lokale Belastungsschwerpunkte vor.

Bei der **kurzfristigen Nitrat-Entwicklung** (1 Jahr) ist das landesweite Mittel um 0,5 mg/l gesunken. An 44 % der Landesmessstellen sind Zunahmen, an 50 % Abnahmen zu verzeichnen, 6 % verhalten sich indifferent.

Nachdem im Vorjahr Zunahmen an Messstellen mit hohen bis sehr hohen Belastungen zu verzeichnen waren sind in 2004 Zunahmen nur in

der obersten Klasse von größer 80 mg/l auffällig. Dies unterstreicht die Wichtigkeit der ergriffenen landesumweltpolitischen SchALVO - Lenkungsmaßnahmen, besonders in den Problem- und Sanierungsgebieten.

Die **mittelfristige Nitrat-Entwicklung** seit 1994 zeigt an jährlich im Herbst beprobten - d.h. konsistenten - Messstellen, dass der seit 1994 statistisch festgestellte fallende Trend sich fortsetzt.

2004 liegen die Mittelwerte der Nitratkonzentrationen für alle Teilmessnetze deutlich unter den entsprechenden mittleren Gehalten aus dem Jahr 1994 und zwar mit mittleren Abnahmen von etwa 1 - 6 mg/l. Im Teilmessnetz Landwirtschaft wird mit etwa 6 mg/l (16 %) die größte Abnahme festgestellt, jedoch wird hier noch immer an jeder fünften Messstelle der Grenzwert der TrinkwV überschritten. Das Maximum beträgt 230 mg/l Nitrat.

Auch im gesamten Landesmessnetz hat die mittlere Nitratkonzentration von 1994 bis 2004 um etwa 16,0 % abgenommen. Bei Differenzierung zwischen der Messstellenlage innerhalb und außerhalb von Wasserschutzgebieten und der Einbeziehung aller vorliegenden Daten - auch die der Wasserversorgungsunternehmen - ergeben sich jeweils 15 %.

Die Auswertung von Messergebnissen der Jahre 2001 bis 2004 zur **Entwicklung der Nitratbelastung in Wasserschutzgebieten** zeigt folgendes Ergebnis:

Wasserschutzgebiete mit Nitratklasse 1 - **Normalgebiete**: nahezu unveränderte mittlere Konzentrationen mit einer sehr leichten Abnahme um 0,4 mg/l von 2001 auf 2004.

Wasserschutzgebiete mit Nitratklasse 2 - **Problemgebiete**: veränderte mittlere Konzentrationen mit einer auch über 2002 und 2003 registrierten Abnahme um 1,2 mg/l von 2001 auf 2004.

Wasserschutzgebiete mit Nitratklasse 3 - **Sanierungsgebiete**: veränderte mittlere Konzentrationen

nen mit einer auch über 2002 und 2003 registrierten Abnahme um 2,1 mg/l von 2001 auf 2004.

Die Maßnahmen zur Reduzierung der Nitratbelastung im Umweltbereich, in der Landwirtschaft und von Seiten der Wasserversorgungswirtschaft haben in den letzten zehn Jahren erfreulicherweise zu einer Abnahme der Nitratbelastung geführt. Jedoch ist die Belastung in weiten Teilen des Landes nach wie vor hoch, auch in Wasserschutzgebieten.

Bei den diesjährigen landesweiten Untersuchungen zu **Pflanzenschutzmitteln (PSM)** und zu ihren Abbauprodukten stand der in den letzten Jahren von der LfU mit zunehmender Sorge beobachtete Wirkstoff **Bentazon** im Vordergrund. Er wurde seit 1996 mit zunehmenden Befundhäufigkeiten in zugleich hohen Konzentrationen nachgewiesen.

Daneben wurden auch fünf Wirkstoffe aus der Gruppe der **Phenoxyalkancarbonsäuren** untersucht. Die fünf Wirkstoffe **2,4 D**, **Mecoprop**, **Dichlorprop**, **MCPA** und **Dicamba** sind landesweit an maximal fünf Messstellen nachweisbar, an vier Messstellen aber gleich mit hohen den Grenzwert der TrinkwV 2001 überschreitenden Konzentrationen.

**Bentazon** wird in 2004 mit einer Nachweishäufigkeit von 2,3 % an 48 baden-württembergischen Messstellen nachgewiesen. Der Warnwert von 0,08 µg/l wird an 1,2 % der Messstellen überschritten, der Grenzwert der TrinkwV an 0,9 %.

Seit drei Jahren werden 16 mit Bentazon belastete Messstellen in einem Sonderprogramm untersucht. Die mittleren Konzentrationen sind auch in 2004 immer noch hoch und liegen weit über dem Grenzwert der TrinkwV. Dies zeigt wie nachhaltig die Grundwasserverunreinigung mit dem Herbizid Bentazon ist.

Bereits 2001 machte die Landesanstalt für Umweltschutz auf die Bentazonproblematik aufmerksam.

Auch die Wasserversorgungsunternehmen in Baden-Württemberg beklagen die Verunreinigung von Grundwasservorkommen, die zur Trinkwassergewinnung genutzt werden. Mit Bentazon belastete Brunnen müssen entweder geschlossen oder das Rohwasser mit aufwändigen und kostspieligen Reinigungsverfahren aufbereitet werden.

Seit April 2005 hat das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit Regelungen getroffen, die u.a. den Einsatz von bentazonhaltigen Präparaten vor dem 15. April verbieten. Ebenso darf Bentazon auf den Bodenarten „reiner Sand“, „schwach schluffiger Sand“ und „schwach toniger Sand“ nicht angewandt werden.

**Cyanide** werden nur an 1 % der Landesmessstellen gefunden. An diesen 20 Messstellen wird zehnmal der Warnwert und viermal der Grenzwert überschritten. Die Fundorte sind als Schadensfälle bekannt.

Bei den langlebigen synthetischen **Leichtflüchtigen Halogenierten Kohlenwasserstoffen (LHKW)** wird nach wie vor an jeder dritten Messstelle mindestens einer der beiden Stoffe **TRI** und **PER** gefunden. Die landesweite Nachweisquote ist mit 32 % sehr hoch. An jeder neunzehnten Messstelle (5,3%) wird der Grenzwert der TrinkwV 2001 für die LHKW-Summe (TRI + PER) überschritten.

An den Industrie- und Siedlungsmessstellen erreichen die Nachweisquoten der Summe LHKW etwa 50 bis 65 %, davon Grenzwertüberschreitungen von 9 bis 14 %.

Auch im noch nicht für die Trinkwasserversorgung aufbereiteten Rohwasser ist die Nachweishäufigkeit mit etwa 26 % zweistellig und damit hoch. Die Anzahl der Grenzwertüberschreitungen ist mit nur etwa 0,5 % jedoch gering.

Bei der LHKW-Grundwasserbelastung macht sich bei der Summe-LHKW und bei TRI und PER gegenüber 1994 ein deutlicher Belastungsrückgang sowohl bei der Nachweishäufigkeit wie

auch bei den Warn- und Grenzwertüberschreitungen bemerkbar. Dieser kann auf den Erfolg der mittlerweile wirksam werdenden LHKW-Sanierungsmaßnahmen in Begleitung von natürlichen Verdünnungsprozessen zurückgeführt werden. Bei der letzten LHKW-Beprobungsrunde in 2001 waren die Rückgänge bei der Nachweisquote noch nicht so signifikant.

Der in 2004 mit etwa 27 % am häufigsten nachweisbare LHKW-Einzelstoff PER ist nun erstmals der landesweit überhaupt am häufigsten im Grundwasser nachweisbare synthetische Einzelstoff.

Andere, nicht in der TrinkwV mit Grenzwerten versehene **LHKW-Einzelstoffe**, welche aber auch eine Grundwasserbelastung darstellen können, finden sich mit Nachweisquoten von 0,0 % (Dichlormethan) bis 6 % (1,1,1, - Trichlorethan). Warnwertüberschreitungen liegen an maximal 31 Messstellen vor (cis-1,2-Dichlorethen).

Die Grundwasserbelastung mit Trichlormethan (**Chloroform**), das in der neuen Trinkwasserverordnung 2001 als einer von mehreren Einzelstoffen in den neuen Parameter „Summe der Trihalogene“ eingeht, liegt auf geringem bis mittlerem Niveau. Chloroform wird an 115 Messstellen nachgewiesen. Die landesweite Nachweisquote ist mit etwa 5,6 % relativ hoch, mit z.T. höheren Teilmessnetznachweisquoten im Siedlungs- und Industriebereich von etwa 7 - 9 %. Für diese Chloroformbefunde in diesen Teilmessnetzen sind industrielle und siedlungsbedingte Ursachen, wie Deponien, Altlasten und Schadensfälle wahrscheinlich.

Landesweit liegen aber an nur sieben Messstellen Warnwertüberschreitungen vor (0,3 %). Der Grenzwert der TrinkwV 2001 für die Summe der Trihalogene mit Probennahme am Zapfhahn (0,050 mg/l) wird von Chloroform landesweit an keiner Messstelle überschritten, der zweite Grenzwert von 0,010 mg/l mit Probennahme am Wasserwerksausgang einmal.

Im Rohwassermessnetz wird an insgesamt 10 Messstellen Chloroform gefunden. Davon sind

offenbar einige Messstellen durch Chloroform aus Altlasten und Schadensfällen verunreinigt. An anderen Messstellen deutet das Fehlen anderer LHKW auf die Chloroformherkunft aus notwendigen Desinfektionsmaßnahmen in Bauwerken der Wasserversorgung hin. Jedoch wird hier der Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms nie überschritten.

Die Untersuchungen auf den neuen TrinkwV-Parameter „**Vinylchlorid (VC, Chlorethen)**“ erbrachten an 1.520 Messstellen eine Nachweisquote von nur 1,2 % (19 Messstellen). In allen Fällen liegen die sehr hohen Konzentrationen über dem TrinkwV-Grenzwert. Die Fundorte sind nahezu alle als LHKW-Schadensfälle oder als Altlasten bekannt und sind identisch mit den Belastungsschwerpunkten der anderen LHKW, wie z.B. mit den Messstellen an denen der Grenzwert bei der Summe LHKW nach TrinkwV 2001 überschritten ist, d.h. mit hohen und sehr hohen TRI- und PER-Konzentrationen.

Nach 2001 wurde in 2004 die flächenhafte Belastung mit **Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW)** zum zweiten Mal landesweit untersucht. Im Gegensatz zur alten TrinkwV von 1990 sieht die aktuelle TrinkwV 2001 keinen Grenzwert vor, da das Erkennen einer Mineralölbelastung über die Parameter „Geruchsschwellenwert“ und „Geschmack“ ausreichend geregelt ist. Gegenüber 14 positiven Befunden in 2001 wurden in 2004 nur noch an zwei Messstellen MKW gefunden, d.h. an 0,1 % aller Landesmessstellen. An beiden Messstellen wird der Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms, der LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwert und der ehemalige Grenzwert der alten TrinkwV von 1990 überschritten.

Ebenfalls zum zweiten Mal wurde an den Landesmessstellen die flächenhafte landesweite Belastung mit **Polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK)** untersucht.

Von den **16 PAK-Einzelstoffen** (Untersuchungsprogramm der amerikanischen Umweltbehörde EPA) wird an 238 Messstellen mindestens einer der Stoffe nachgewiesen. Dies ist eine hohe Nachweisquote von etwa 11 %. Davon

wird an 138 Messstellen mindestens einer der Stoffe nachgewiesen die lt. LAWA-Geringfügigkeitsschwellen-Bericht (2004) als Einzelstoff oder Bestandteil der Summenbildung von 15 PAK als ökotoxikologisch relevant erachtet werden. Dies ist eine hohe Nachweisquote von etwa 6,6 %.

Es liegen jedoch nur sehr wenige gravierende Belastungen vor, welche meist auf Emissionen aus Industrie, Siedlung und ehemaligen Deponien resultieren.

Meist sind nur geringe PAK-Konzentrationen nachzuweisen, so dass nach **TrinkwV 2001** nur für den Einzelstoff **Benzo(a)pyren** an vier Messstellen Grenzwertüberschreitungen und an weiteren zwei Messstellen Warnwertüberschreitungen nach dem Grundwasserüberwachungsprogramm (GÜP) vorliegen. Dies entspricht einer landesweiten Grenzwertüberschreitungsquote von nur 0,2 %.

Für die ebenfalls grenzwertrelevante **Summe von vier PAK-Einzelstoffen** existiert keine Grenzwertüberschreitung, nur eine GÜP-Warnwertüberschreitung.

Bei den PAK-Einzelstoffen (**PAK n. EPA**), für die es keinen Grenzwert nach TrinkwV gibt, fallen die sehr hohen Nachweisquoten einzelner PAK-Einzelstoffe auf. So sind Naphthalin und Phenanthren häufiger im Grundwasser zu finden als die sechs Einzelstoffe nach TrinkwV 1990 und die vier Einzelstoffe nach TrinkwV 2001. Naphthalin wird an nahezu 7 % aller Messstellen gefunden, Phenanthren an nahezu 4 %, Fluoranthen an 3,8 %, Pyren an 3,5 %.

Die übrigen PAK nach EPA finden sich jeweils an weniger als 50 Messstellen und haben alle eine jeweilige landesweite Nachweisquote von kleiner/gleich 2,0 %.

Bei Anwendung der in 2004 veröffentlichten ökotoxikologisch begründeten **LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwerte (LAWA-GFS)** für PAK-Summen- und Einzelparameter werden die Schwellenwerte an insgesamt 34 verschiedenen

Messstellen überschritten. Dadurch ergibt sich zwar eine wesentlich höhere landesweite Überschreitungsquote von 1,6 % als bei den Grenzwertüberschreitungen der aktuellen bzw. alten TrinkwV mit vier bzw. zwei Messstellen, jedoch ist auch diese als niedrig zu beurteilen.

Das Gesamtbild der relativ vielen PAK-Nachweise mit geringen Konzentrationen und den gleichzeitig wenigen Warn- und sehr wenigen Grenzwertüberschreitungen verweist auf ubiquitäre, diffuse Quellen.

Auch wenn Fluoranthen und die anderen PAK n. EPA oftmals als geringer toxisch eingestuft werden und z.T. natürlich vorkommen können, so sind doch viele der hier positiven und auch hohen Befunde auf anthropogene Verunreinigungen im Umkreis der Messstellen zurückzuführen.

Bei der flächendeckenden Untersuchung auf die industrie- und abwasserbürtigen synthetischen **Komplexbildner EDTA, DTPA und NTA** im Grundwasser wurde in 2004 ein nach der letzten Beprobungskampagne 1998 nicht mehr überraschender hoher Anteil an positiven Befunden, insbesondere bei EDTA, festgestellt. Für diese Stoffe gibt es keine Grenzwerte in der Trinkwasserordnung.

Sowohl die Anzahl der Nachweise und der Warnwertüberschreitungen wie auch die maximalen Konzentrationen zeigen für **EDTA** ein sehr hohes Belastungsniveau und belegen einerseits die flächenhafte Verbreitung von EDTA wie auch die Existenz von lokal sehr hohen Konzentrationen in Belastungszentren.

EDTA findet sich mit einer sehr hohen Nachweisquote landesweit an nahezu jeder vierten Messstelle (23,8 %), mit Warnwertüberschreitungen an jeder achten Messstelle (13,4 %).

Jedoch liegt der Belastungsgrad von 2004 weit unterhalb des Niveaus aus der letzten Komplexbildner-Bestandsaufnahme im Jahr 1998.

Das aktuelle EDTA-Belastungsniveau ist gegenüber 1998 mit einer damaligen Nachweisquote

von 38 % und einer Warnwertüberschreitungsquote von 23 % erheblich gesunken. Damit belegt EDTA in 2004 nicht mehr den Spitzenplatz bei den Grundwasserbelastungen mit synthetischen grundwasserfremden Stoffen, sondern der LHKW-Einzelstoff PER.

Entsprechend den vielseitigen Anwendungen in Industrie und Haushalt kommen als Ursachen sowohl direkte Emissionen von Industrie- und Gewerbebetrieben in Frage als auch indirekte Emissionen über den Belastungspfad Industrie-/Haushalt - Abwasseranlagen - Kläranlagen - Flussuferfiltrat - Grundwasser.

Bei **NTA** ist die Situation in 2004 vergleichsweise wesentlich entspannter. NTA findet sich an 3,1 % aller Messstellen, mit Warnwertüberschreitungen an 1,4 % der Messstellen. Gegenüber 1998 hat sich das Belastungsniveau in etwa halbiert. **DTPA** findet sich mit einer sehr geringen Nachweisquote von 0,4 % nur als lokales Problem an 9 Messstellen z.T. im Bereich der Zellstoff verarbeitenden Industrie. DTPA - Warnwertüberschreitungen existieren an nur 2 Messstellen.

Trotz der gegenüber 1998 gesunkenen Belastung mit Komplexbildnern, geben die nach wie vor hohen Konzentrationen von EDTA in der Fläche Anlass zur Sorge.

Da es sich bei den Komplexbildnern um grundwasserfremde Stoffe handelt, ist auf jeden Fall weiterhin anzustreben, diese vom Grundwasser fernzuhalten. Die Situation ist langfristig nur zu verbessern, wenn der Verbrauch an EDTA durch abbaubare Ersatzstoffe verringert und die Sanierung defekter Kanalnetze weiterbetrieben wird.

Ansatzpunkte und Vorschläge zu Emissionsverminderungsmaßnahmen gibt die aktuelle baden-württembergische Komplexbildner-Stoffbilanzstudie aus dem Jahr 2003.

#### **Fazit:**

Insgesamt bewegen sich die Grundwasserstände in 2004 auf stark unterdurchschnittlichem Niveau, wie es schon im Vorjahr und in manchen Bereichen zuletzt in der Trockenperiode von 1976 bis 1977 der Fall war.

Nitrat stellt nach wie vor die Hauptbelastung des Grundwassers in der Fläche dar. Die im Rahmen der Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) und des Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleichsprogramms (MEKA) durchgeführten Maßnahmen in der Landwirtschaft zeigen Wirkung.

Die zweithäufigste Belastung sind die industrie- und abwasserbürtigen Leichtflüchtigen Halogenierten Kohlenwasserstoffe (LHKW) und der Komplexbildner Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA). Weiterhin stellt die Versauerung im Schwarzwald und Odenwald ein flächenhaftes Problem dar.

Die Belastungen mit langlebigen Pflanzenschutzmitteln und ihren Abbauprodukten (z.B. DEA-Desethyltrazin) sind aufgrund der verhängten Anwendungsverbote und der in den letzten Jahren eingetretenen Abbau- und Verdünnungsvorgänge gesunken.

Dafür stehen nun andere langlebige industrie- und abwasserbürtige Einzelstoffe wie EDTA und die LHKW - insbesondere Tetrachlorethen (PER) - bei den Hauptbelastungen im Vordergrund.

Diese Stoffe sind im Grundwasser seit 2001 häufiger nachweisbar als die Pflanzenschutzmittel und ihre Abbauprodukte und weisen auch höhere Warnwertüberschreitungsquoten auf.

Die großräumigen industriell und landwirtschaftlich verursachten Belastungen des Grundwassers geben trotz deutlicher Verbesserungen der Situation mit Nitrat, LHKW, Komplexbildnern und Pflanzenschutzmitteln weiterhin Anlass zur Besorgnis.

**Bereits eingeleitete Schutzmaßnahmen, die Sanierung der Abwasseranlagen bzw. die Einführung von nicht umweltgefährdenden Ersatzstoffen in der Industrie sind weiter zu verfolgen bzw. zu verbessern.**

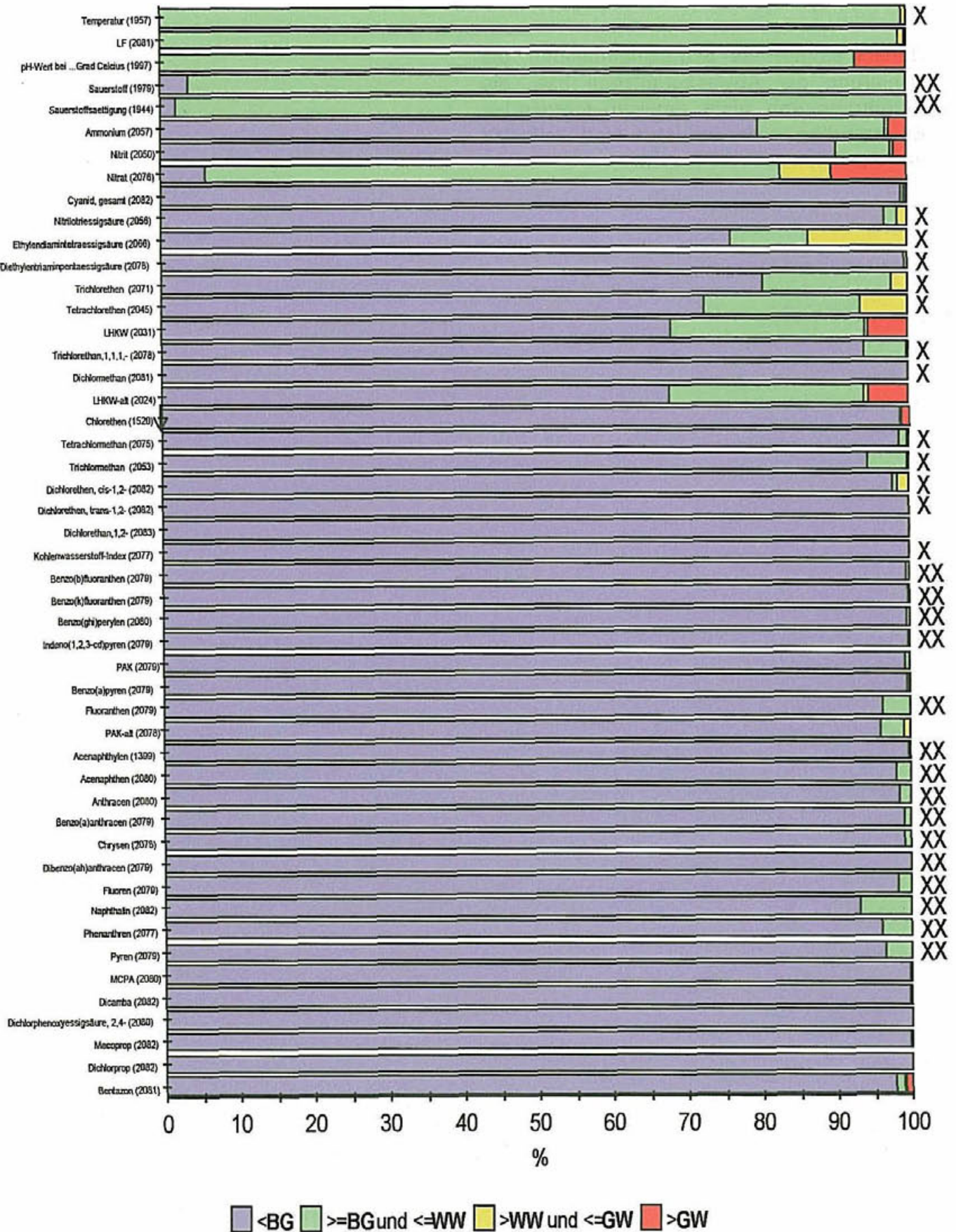


Abbildung 0.1: Übersicht über die Ergebnisse der Beprobung 2004: Prozentuale Verteilung der Messwerte (BG = Bestimmungsgrenze, WW = Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogrammes, GW = Grenzwert der Trinkwasserverordnung, < kleiner als, > größer als, ≤ kleiner gleich, ≥ größer gleich, in Klammern: Anzahl 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 von der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) flächenhaft repräsentative Daten erhoben, erfasst, aufbereitet, ausgewertet und verfügbar gemacht.

Das Grundwassermessnetz als Teil dieses Programms soll:

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

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

Seit Dezember 2000 werden mit der Wasserrahmenrichtlinie der EU (WRRL) erstmals auch für das Grundwasser Grenzwerte für Nitrat und die Pflanzenschutzmittel festgelegt. In den nächsten Jahren sind für das Grundwasser weitere Grenzwerte nach der Wasserrahmenrichtlinie zu erwarten. Das Grundwasserüberwachungsprogramm wird in den nächsten Jahren auf die Anforderungen aus der Wasserrahmenrichtlinie angepasst. Die EU-Trinkwasserrichtlinie von 1998 wurde mit der „Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung vom 21.05.2001“ in deutsches Recht umgesetzt. Die neue TrinkwV gilt ab 01.01.2003 und führte zu z.T. erheblichen Änderungen hinsichtlich des Parameterumfangs und des Geltungsortes der Grenzwerte. Die hier im Bericht gemachten Auswertungen beziehen sich auf die Grenzwerte der TrinkwV 2001.

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 Grundwasserüberwachungsprogramms sind in der unveränderten Neuauflage „Rahmenkonzept Grundwassermessnetz“ beschrieben (LfU, 2000).

## 1.2 Organisation des Landesmessnetzes

Das von der Landesanstalt für Umweltschutz betriebene Landesmessnetz Grundwasser besteht aus:

- dem Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz:
  - Rund 2.200 Messstellen, ca. 600 Quellen, 600 Beobachtungsrohre und 1.000 Brunnen, gegliedert in Teilmessnetze nach Beeinflussungen im Einzugsgebiet und der Nutzung der Messstellen.
  - Die Beauftragung der Analytik zu den rund 2.200 Messstellen erfolgt zentral durch die LfU.
  - Mindestens jährliche Untersuchung aller Messstellen mit jährlich wechselndem Messprogramm
  - Untersuchung von rund 640 Messstellen alle 2 Monate auf Stickstoffparameter
  - Untersuchung von 60 Messstellen alle 2 Monate auf versauerungs- und schüttungsabhängige Parameter
- dem Grundwasserstandsmessnetz:
  - 200 Trend-Messstellen mit wöchentlicher Wasserstandsmessung
  - Der größere Anteil an Grundwasserstands-Landesmessstellen, etwa rund

2.500 Messstellen, ist nicht Gegenstand dieses Berichts, da er bis 31.12.2004 von den ehemaligen Gewässerdirektionen und deren Bereichen und ab 01.01.2005 von den Regierungspräsidien und Landratsämtern hinsichtlich regionaler Fragestellungen verwaltet und ausgewertet wird.

- dem Quellmessnetz
  - rund 200 Messstellen
  - z. Z. an rund 170 Messstellen wöchentliche Messung der Quellschüttung
  - Hydrochemische Untersuchung aller Messstellen im Herbst mit jährlich wechselndem Messprogramm
- dem Lysimetermessnetz
  - 30 Messstellen
  - tägliche bis wöchentliche Messung der Sickerwassermenge.

Die Teilmessnetze und die zugehörige Messstellenanzahl sind in Tab. 1.2.1 gegenübergestellt. Die Organisation der Beprobung der Grundwasserbeschaffenheitsmessstellen und der Messung von Grundwasserstands- bzw. Quellschüttungsmessstellen ist grundlegend unterschiedlich (Tab. 1.2.2).

### 1.3 Organisation des Kooperationsmessnetzes

Das Anfang der achtziger Jahre entwickelte Kooperationsmodell zur Überwachung der Grundwasserbeschaffenheit in Baden-Württemberg konnte bisher vor allem mit den Wasserversorgungsunternehmen realisiert werden.

Grundlage für den Betrieb des Kooperationsmessnetzes war damals 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 Ergebnisse der Wasserversorgungsunternehmen werden in jedem Jahr parallel in einem eigenständigen Bericht der GWD-WV dargestellt.

2003 wurde ein weiterer Kooperationsvertrag zwischen dem Land und der Wasserversorgungswirtschaft abgeschlossen, der beinhaltet, dass die Wasserversorgungswirtschaft für jedes Wasserschutzgebiet Nitrat- und PSM-Werte für die im Rahmen der SchALVO notwendigen Wasserschutzgebiets-Einstufungen analysieren lässt und diese den Landratsämtern übermittelt. Die Landratsämter ihrerseits stufen die Wasserschutzgebiete ein und übermitteln die Nitrat- und PSM-Werte der LfU.

Über diesen Weg stellte die Wasserversorgungswirtschaft Baden-Württembergs zum Stichtag 31.05.2005 Nitrat-Daten von 2.890 Nitratanalysen zu 1.570 Messstellen in Trinkwasserschutzgebieten als Kooperationsbeitrag zur Verfügung. Davon sind 270 Messstellen „Überschneidermessstellen“, d.h. für diese Messstellen liegen schon Daten aus dem Landesmessnetz vor. Z.T. beinhalten diese Analysen mehr Parameter und Stoffe als Nitrat. Die Nitrat-Daten der 1.570 Messstellen gehen im vorliegenden Bericht ausschließlich in die Auswertungen des Nitrat-Teilkapitels über die SchALVO ein.

Weiterhin erreichten die LfU 4.077 WVU-Analysen von vielen Pflanzenschutzmitteln zu 347 Messstellen mit 77 Überschneidermessstellen (Stichtag 31.05. 2005). Davon betrafen das diesjährig von der LfU im Landesmessnetz untersuchte PSM-Programm-2a insgesamt 191 Messstellen mit 5 Überschneidermessstellen (Stichtag 31.03.2005). Die PSM-2a-Daten gehen im vorliegenden Bericht ausschließlich in die Auswertungen des Teilkapitels über die PSM-Sanieungsgebiete ein. Für die Messstellen mit PSM-Analysen liegt nicht immer auch eine Nitratanalyse vor und umgekehrt. Mit Überschneidern erreichten die LfU insgesamt die Nitrat- und PSM-Daten zu 1.595 Messstellen.

Letztlich erreichten die LfU-Grundwasserdatenbank für das Jahr 2004 zusätzlich zum von der LfU betriebenen Landesmessnetz, d.h. ohne Überschneidermessstellen die PSM- und Nitratanalysen von 1.300 verschiedenen WVU-Messstellen.

Tabelle 1.2.1: Übersicht über die Teilmessnetze und ihre Messstellenanzahl, Herbst 2004.

Teilmessnetz	Abk.	Anzahl der beprobten Messstellen im Herbst 2004		
		Land	Kooperationsbeitrag Stichtage 31.05./03.2005	Gesamt
Basismessnetz	BMN	112		
Rohwassermessstellen für die öffentliche Wasserversorgung	RW	171		
Vorfeldmessstellen	VF	59		
Emittentenmessstellen Landwirtschaft	EL	659		
Emittentenmessstellen Industrie	EI	417		
Emittentenmessstellen Siedlung	ES	411		
Sonstige Emittentenmessstellen	SE	64		
Quellmessnetz	QMN	190		
<b>Summe</b>	<b>Alle</b>	<b>2.083</b>		
SchALVO-Messstellen in WSG	SAL	Davon: 515	1.300*	1.815

Grundwassermengenmessnetz	Abk.	Anzahl der beobachteten Messstellen 2004		
		Trendmessnetz	Regionalmessnetz	Gesamt
Grundwasserstand	ST	200	2.663	2.863
Quellschüttung	QS	17	174	191
Lysimeter	Lys	6	29	35
<b>Summe</b>	<b>Alle</b>	<b>223</b>	<b>2.866</b>	<b>3.089</b>

\*Darüber hinaus liegen für 270 Mst. zu den Daten des Landes ergänzende Daten der WVU vor (Überschneider-Mst.). Diese Analysen werden außer in den Wasserschutzgebietskapiteln 2.4.2 und 2.5.6 nicht mit ausgewertet. Für weitere 25 Mst., die nicht zum Landesmessnetz gehören, liegen WVU-Analysen vor.

Tabelle 1.2.2: Organisation der vom Land betriebenen Teilmessnetze.

Organisation	Grundwasserbeschaffenheit	Grundwasserstand/Quellschüttung
Messturnus	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
Organisation	LfU und Regieunternehmen (Vergabe)	LfU, Gewässerdirektionen und deren Bereiche
Datenbeschaffung Auftragsnehmer (Messung, Probennahme, Analytik) Auftragsvoraussetzungen Qualitätssicherung	Probennahme und Analytik durch separate Probennehmer und chemische Labors. Nachweis der Qualifikation u. a. durch: • Akkreditierung nach DIN EN 45001 bzw. DIN EN ISO 17025 • Regelmäßige erfolgreiche Teilnahme an der Analytischen Qualitätssicherung (AQS) mit Ringversuchen und Laborvergleichsuntersuchungen und externen Laborauditorierungen • auftragsspezifische Qualitätssicherungsmaßnahmen • Teilnahme an Probennehmer-Lehrgängen I und II der LfU, Probennehmerkontrollen	Mengenmessung durch freiwillige oder vom Land verpflichtete Beobachter. Unterschiedlicher Datenfluss bei den „Trendmessstellen“ für die landesweite Zustandsbeschreibung und den „Regionalmessstellen“ für den übergeordneten Grundwasserschutz.
Messstelleneigentümer	Größtenteils wird auf Messstellen zurückgegriffen, die nicht in Landesbesitz sind. Private, gewerbliche und kommunale Betreiber stellen sie für die Probennahme bzw. Beobachtung zur Verfügung.	
Kosten	Die Kosten für Probennahme und Analytik bzw. Beobachtung trägt das Land.	
Datenerfassung und Übermittlung	Die mittels LABDÜS (LABorDatenÜbertragungssystem) von den chemischen Labors erfassten Analysen werden dem Regieunternehmen per E-Mail übermittelt.	Die Beobachter übersenden Belege mit den eingetragenen Messdaten. Die Erfassung erfolgt durch die LfU bzw. per Vergabe an Büros.
Datenhaltung	Grundwasserdatenbank (GWDB) der LfU	
Datenplausibilisierung und Qualitätssicherung	Statistische und visuelle Plausibilisierungen beim Einlesen der Messwerte, ggf. Nachanalysen bei den Laboren. Weiterhin: Mehrfachbestimmungen, vergleichende Untersuchungen, Analyse von Rückstellproben und Probennehmerkontrollen vor Ort.	Visuelle Belegprüfungen, Plausibilitätsprüfung beim Einlesen, Kontrolle der Ganglinien, Zeitreihenanalysen

## 1.4 Qualitätssicherungen im Rahmen des Messnetzbetriebes

### 1.4.1 Qualitätssicherung „Stammdaten“

Nach den systematischen Überprüfungen der rund 2.200 von der LfU betriebenen Grundwasser-Beschaffenheits-Messstellen der letzten Jahre werden die Daten zu Bauformen, Ausbauten, Koordinaten, Probennahmestellen, Betreiberadressen, Ansprechpartnern und den Nutzungen der Aufschlüsse im Rahmen des Messbetriebes fortgeschrieben. Diese Aktualisierung der Stammdaten zu den einzelnen Messstellen findet nach jeder Beprobungskampagne durch Aufarbeitung der von den Probennehmern zurückgesandten Beprobungsunterlagen statt.

Eine sachgerechte Probennahme an den richtigen Messstellen wird sichergestellt, indem dem Probennehmer detaillierte Unterlagen und Informationen zu Probennahmen und Messstelle bereitgestellt werden. Messstellenverwechslungen bei der Probennahme werden ausgeschlossen durch den Vergleich der Messstellenfotos der aktuellen Probennahme mit älteren Fotos. Informationen von Probennehmern zur Messstelle oder zur Probennahme werden gesichtet und gegebenenfalls auftretende Unstimmigkeiten mit den Probennehmern, den Messstellenbetreibern oder über die zuständigen Vor-Ort-Behörden geklärt. Für einzelne Messstellen erfolgen zusätzlich spezielle Vor-Ort-Überprüfungen.

In der Grundwasserdatenbank der LfU stehen mittlerweile zu sämtlichen Messstellen Fotodokumentationen und Hydrogeologische Schnitte digital zu Verfügung.

### 1.4.2 Qualitätssicherung „Güte-Messwerte“

Im Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz sind bei der Beauftragung von Probennahme und Analytik seit dem Jahr 2004 für die Auftragnehmer folgende Mindest-Qualifikationen erforderlich:

#### Probennahme:

- Erfolgreiche Teilnahme an den Lehrgängen I und II für Probennehmer beim Grundwassermessnetz, durchgeführt bei VEGAS, Universität Stuttgart
- Der „Leitfaden für Probennahme und Analytik“ der LfU, der u. a. die „Anleitung zur Probennahme von Grund-, Roh- und Trinkwasser“ enthält, ist Vertragsbestandteil (LfU, 2000)
- Die Einhaltung der Probennahme-Vorgaben wird stichprobenartig durch unangekündigte Probennahmekontrollen vor Ort überprüft.

#### Analytik:

- Gültige, für die Grundwasseruntersuchung anwendbare und vollständige Akkreditierung nach DIN EN 45001 bzw. DIN EN ISO 17025 einer evaluierten Akkreditierungsstelle
- Im Vorfeld der Herbstbeprobung 2004 wurde durch die Analytische Qualitätssicherung (AQS) Baden-Württemberg eine Laborvergleichsuntersuchung zu Komplexbildnern und LHKW durchgeführt. Die erfolgreiche Teilnahme daran war zusätzliche Bedingung für den Analysenauftrag für diese ausgewählten Stoffe.
- Zusätzlich finden im Rahmen der einzelnen Beprobungsrunden folgende Qualitätssicherungsmaßnahmen statt:
  - Absicherung von Positiv-Befunden und Grenzwert-Überschreitungen bei PSM, Komplexbildnern, PAK und LHKW durch:
    - Beauftragung von Doppel-Analysen
    - kurzfristige Nachanalyse aus der Rückstellprobe
    - zusätzliche Probennahmen mit drei Parallelmessungen
  - Zusätzliche Stichproben-Analysen aus den Rückstellproben
  - Vergleichende Untersuchungen zu ausgewählten Parametern.

## 1.5 Datenverarbeitung für das Grundwassermessnetz

Im Jahr 2004 wurden für die Grundwasserdatenbank („GWDB“) im wesentlichen Optimierungen der bestehenden Funktionalitäten durchgeführt. Dabei konnte das WAABIS-Modul-8 mit anderen Teilmodulen des Gesamtprojekts über Objektzuordnungen weiter verknüpft werden. Routinemäßig wird es bei etwa 70 Behörden der Landes- und Kommunalverwaltungen verwendet. Im Zuge der Verwaltungsreform wird das Modul auch als Standardplattform zur Erfassung und Auswertung von Grundwasserdaten bei den Regierungspräsidien eingesetzt.

Die Auswertungen und Darstellungen des vorliegenden Berichts, sowie die Regionalberichte 2003 der ehemaligen Gewässerdirektionsbereiche wurden wiederum in weiten Teilen mit der Grundwasserdatenbank erzeugt.

Die Auslieferung der in JAVA programmierten „Grundwasserdatenbank“ an die beteiligten Dienststellen erfolgte in einer weiteren Version 3.0.0 im Dezember.

Schwerpunktt Themen im Jahr 2004 waren:

- **SchALVO-Vollzug:** Abrundung der Auswertemöglichkeiten zur Nitrateinstufung von Wasserschutzgebieten im Rahmen der SchALVO (Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung) als direkte Vollzugsunterstützung der Landratsämter/Stadtkreise
- **Dokumentenverwaltung:** Direkter Abruf von Bilddokumenten über das Intranet, Nutzung eines Content-Management-Systems (Web-Genesis)
- **Objektzuordnungsdienst: Zuordnung von Objekten aus anderen WAABIS-Modulen zu Grundwassermessstellen:**
  - Genehmigungen aus dem Wasserrechtsdienst (Modul 1)

- Schnittstelle zu den Anwendungen der Gesundheitsämter
- Darstellung von Diagrammen der Grundwasserdatenbank im FIS-AGB (Fachinformationssystem Altlasten, Grundwasser gefährdende Flächen, schädliche Bodenveränderungen - Modul 6) Altlasten oder im Gewässerinformationssystem GewIS (Modul 7).
- **Qualitätssicherung im Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz:** Einbindung von Kontrollproben (Vergleichsanalysen, Nachproben und Rückstellproben) zur Überprüfung und Verifizierung von Laborwerten.
- **GeoPro3D:** Dreidimensionale Darstellung der Grundwasserverhältnisse unter Nutzung des Digitalen Höhenmodells und von Kartentexturen.

SchALVO-Vollzug, Objektzuordnungsdienst und GeoPro3D sollen im Folgenden näher erläutert werden.

### 1.5.1 SchALVO-Vollzug

Im Bericht „Ergebnisse der Beprobung 2002“ wurde bereits das SchALVO-Einstufungsmodul erläutert, das für die Landratsämter/Stadtkreise eine wertvolle Hilfe zur Einstufung von Wasserschutzgebieten in Normal-, Problem- und Sanierungsgebiete aufgrund der Nitratbelastung darstellt. Ziel ist, aufgrund der vorliegenden Nitrat-Daten in einem Diagramm eine Einstufungsempfehlung auszusprechen.

In der neuen Version der Grundwasserdatenbank können Wasserschutzgebiete und damit die darin liegenden Messstellen über die Nitratbelastung selektiert und im integrierten Kartografiertool GIStern dargestellt werden.

Die Zuordnungen lassen sich als Berichte mit den messstellen- und wasserschutzgebiets-scharfen Nitratmittelwerten abrufen (Abb. 1.5.1).

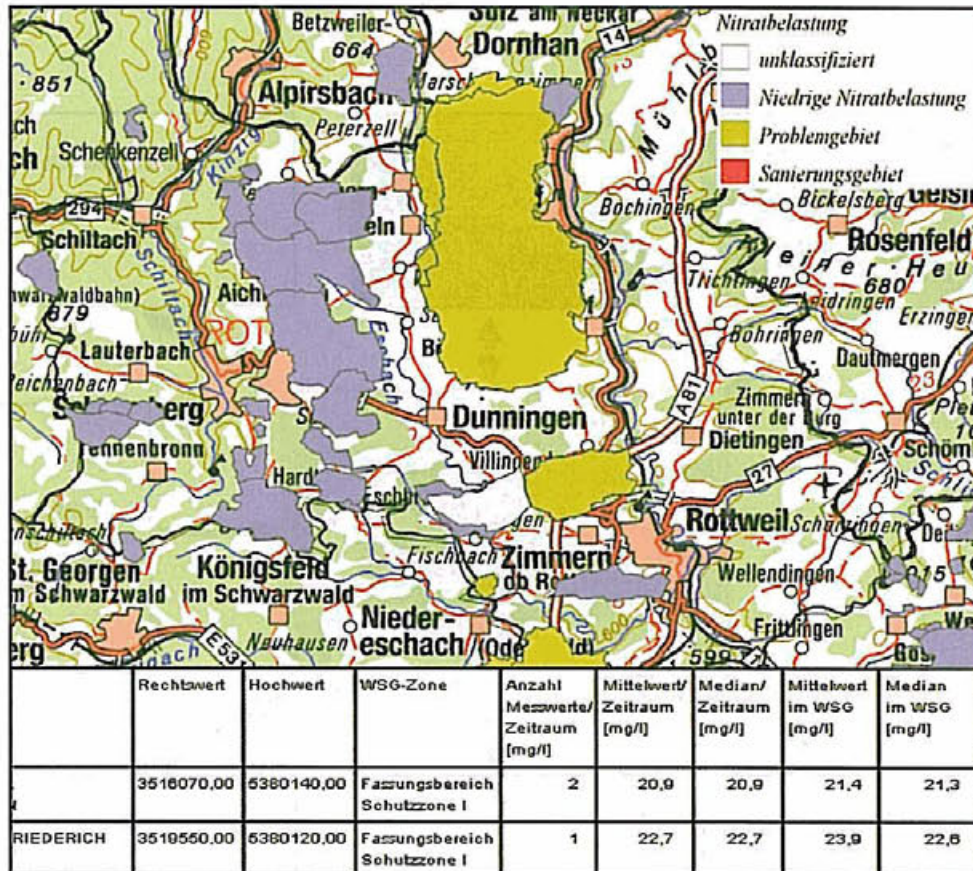


Abb. 1.5.1: SchALVO-Vollzug - Bericht und Karte über die Nitratbelastung.

## 1.5.2 Objektzuordnungsdienst

Nachdem im letzten Jahr die Zuordnung von Grundwassermessstellen zum Modul Wasserentnahmeentgelt (Modul 11) und dem Gewässerinformationssystem (Modul 7) erfolgreich durchgeführt wurde, konnte in der neuen Version auch der Wasserrechtsdienst einbezogen werden (Abb. 1.5.2).

Vorteil ist, dass mit redundanzfreier Datenhaltung genehmigte und festgesetzte Entnahmemengen, sowie Wasserschutzgebietsdaten mit den Auswertemöglichkeiten der Grundwasserdatenbank z.B. als Diagramm, Karte oder Bericht dargestellt werden können.

Umgekehrt können die chemisch-physikalischen Messwerte und die dazugehörigen Berichts- und Diagrammformen aus der Grundwasserdatenbank von anderen Modulen, wie dem FIS-AGB (Modul 6) und dem Gewässerinformationssystem abgerufen werden.

Beispielsweise kann der Bearbeiter von Alllasten die Messwerte von zugeordneten Grundwassermessstellen als Diagramm oder Bericht einsehen, ohne die Grundwasserdatenbank aufzurufen.

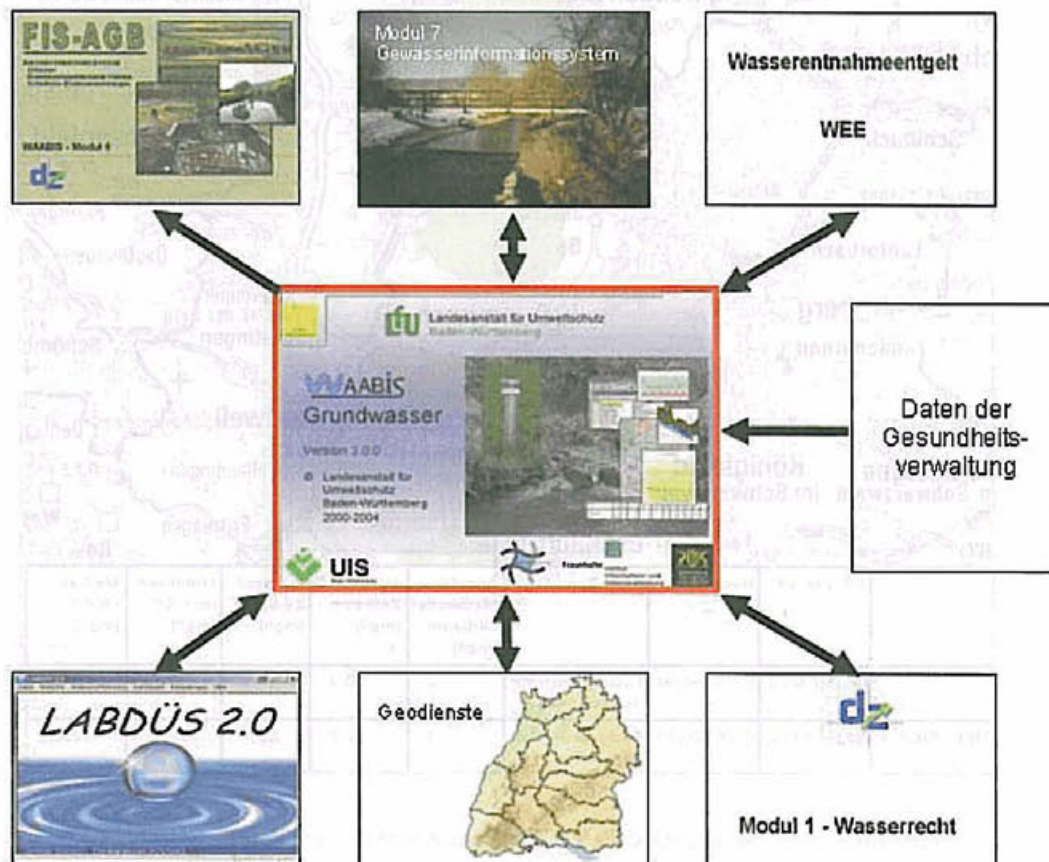


Abb. 1.5.2: Verknüpfungen zu anderen WAABIS-Modulen.

Als weiterer Schritt wurde eine Schnittstelle zu den Trinkwasseranwendungen der Gesundheitsämter geschaffen. Trinkwasserdaten können im Labdüs-Format in die Grundwasserdatenbank

importiert und ausgewertet werden. Dazu wurde der Stoffumfang der GWDB um die mikrobiellen Parameter nach der Trinkwasserverordnung erweitert.

### 1.5.3 GeoPro3D

GeoPro 3D ist ein Verfahren, um geologische Schichtenprofile und die Grundwasserverhältnisse vor Ort (Grundwasserstände) dreidimensional darzustellen

Bisher konnte die Geländehöhe, zum Beispiel an Grundstücken für Neubauten nur grob interpoliert werden. Mit der neuen Version von GeoPro3D kann das vorliegende Digitale

Höhen-Modell zur Darstellung verwendet werden (Abb. 1.5.3).

Damit lassen sich eventuelle Auftriebsprobleme und Kellervernässungen an Bauwerken übersichtlich unter Berücksichtigung des Gelände-Profils und der Kartentextur darstellen.



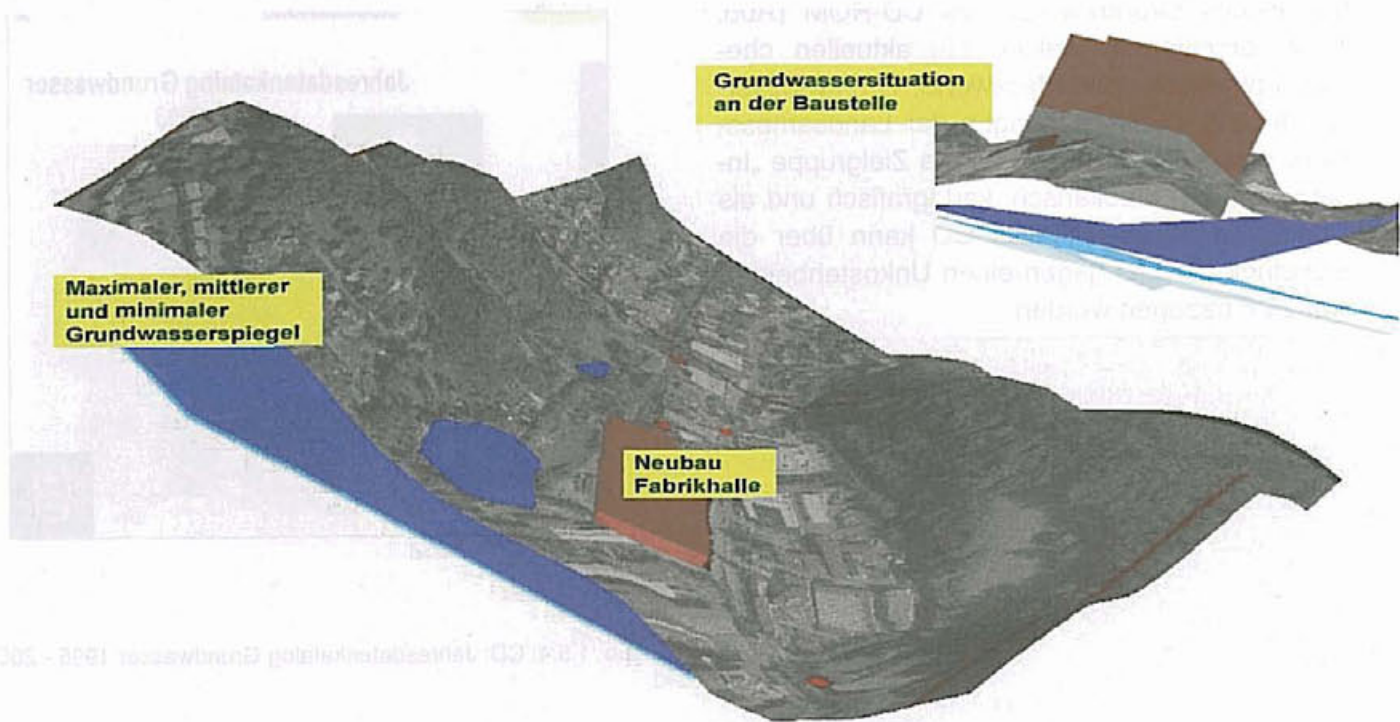


Abb. 1.5.3: Dreidimensionale Darstellung der Grundwasserverhältnisse an einem Bauwerk.

#### 1.5.4 Weiterentwicklung

Für das Jahr 2005 sind folgende Schwerpunktthemen vorgesehen:

- Einbindung der Geometrien der Messstelleneinzugsgebiete mit Verschneidungsmöglichkeiten mit Landnutzungsdaten.
- Erzeugung und grafische Visualisierung von Schichten- und Ausbauprofilen
- Durchgängige Ablaufunterstützung von Veröffentlichungen von Grundwasserdaten im Internet
- Automatisierte Sammelzuordnung von Messstellen mit Flächenobjekten, z.B. Flurstück, Wasserschutzgebiet, Schutzgebieten und Gewässereinzugsgebieten sowie
- Aktualisierung der Einträge in der Beschreibung der Stammdaten.
- Anpassung der SchALVO-Vollzugsunterstützung wegen gesetzlicher Änderungen
- GWDB-Assistent: Die wichtigsten Funktionen werden für die Landratsämter/Stadtkreise als benutzergeführter Dialog (Wizard) in einer einfachen Benutzeroberfläche angeboten. Fortgeschrittene Benutzer können auf die „Classic“- Oberfläche umschalten.

Im Oktober 2004 ist eine für den Zeitraum 1995 bis 2003 aktualisierte Ausgabe des „Jahresdatenkatalogs Grundwasser“ als CD-ROM (Abb. 1.5.4) erschienen, welche die aktuellen chemisch-physikalischen Messwerte, Grundwasserstände und Quellschüttungen der Landesmessstellen der LfU besonders für die Zielgruppe „Ingenieurbüros“ tabellarisch, kartografisch und als Ganglinien bereitstellt. Die CD kann über die Bibliothek der LfU gegen einen Unkostenbeitrag von 25 € bezogen werden.



Abb. 1.5.4: CD: Jahresdatenkatalog Grundwasser 1995 - 2003.

## 2. Das Grundwasser 2004 in Baden-Württemberg

### 2.1 Hydrologische Situation

Das Jahr 2004 war im Vergleich zu den langjährig mittleren Verhältnissen unterdurchschnittlich regenreich. Das Flächenmittel der Niederschlagshöhen betrug 2004 in Baden-Württemberg 903 mm, das sind 94 % des langjährigen Niederschlagsmittelwertes von 1961-1990 (Abb. 2.1.1). Dieser Zustand ist in allen Landesteilen erkennbar.

Die Niederschlagsverteilungen innerhalb des Jahres 2004 weichen von dem langjährig mittleren Gang ab. Das Jahr 2004 zeichnet sich durch permanente Niederschlagsdefizite mit markanten Ausnahmen in den Monaten Januar, August und Oktober aus. Für den Monat Januar wurden für Baden-Württemberg im Flächenmittel 147

mm Niederschlag berechnet, das sind 203 % des langjährigen Monatsmittelwerts.

Die übrigen 9 Monate waren hingegen unterdurchschnittlich regenreich, wobei der Zeitraum von Februar bis April sehr trocken war. Für Februar wurden im Landesmittel 33 mm Niederschlag berechnet, entsprechend 51 % des langjährigen Durchschnitts. Insbesondere im Schwarzwald konnten die nassen Monate Januar, August und Oktober die ansonsten geringen Niederschläge nicht ausgleichen (Abb. 2.1.2).

Niederschläge beeinflussen wegen ihrer Aufenthaltszeit in Deckschicht, ungesättigter Bodenschicht und im Grundwasserleiter (Tage bis mehrere Jahre) meist nicht unmittelbar die gemessenen Stoffkonzentrationen im Grundwasser. Sie wirken sich in Form von Auswaschungs- bzw. Verdünnungseffekten mit zeitlichem Verzug aus.

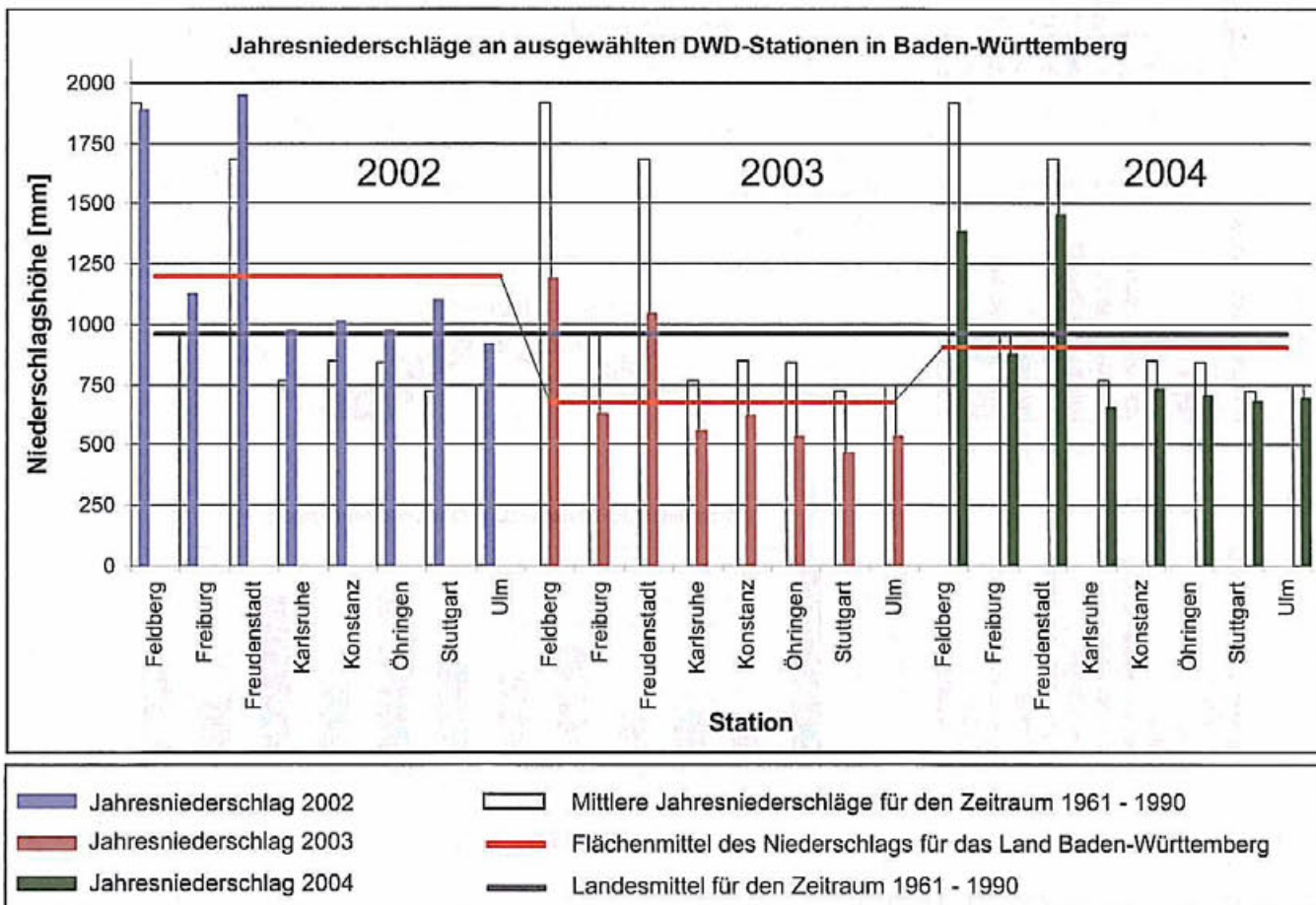
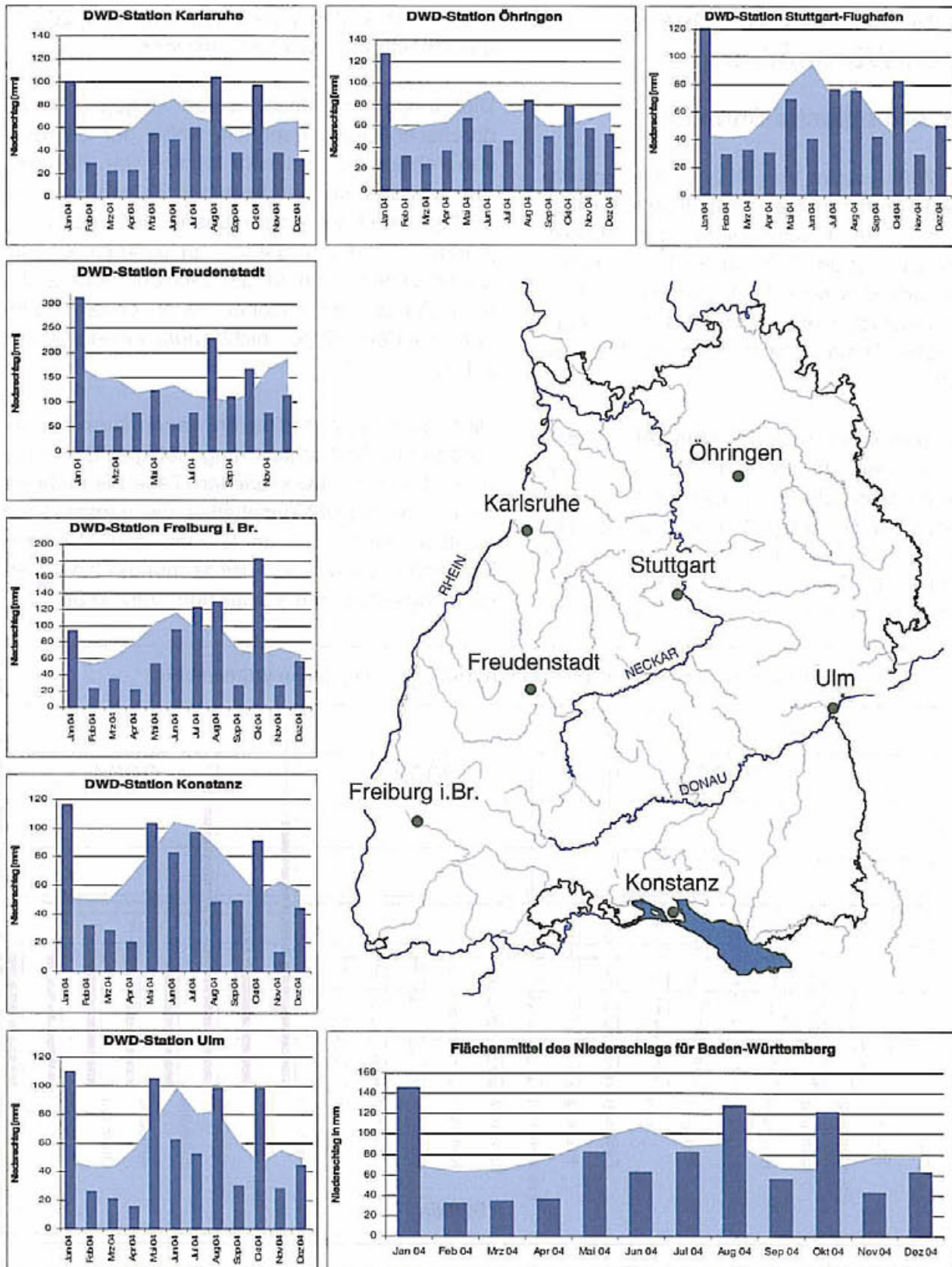


Abbildung 2.1.1: Jahresniederschläge an ausgewählten DWD-Stationen in Baden-Württemberg in den Jahren 2002, 2003 und 2004 (Quelle: DWD).



Langjährig mittlere Monatsniederschlagssummen (mm) (1961-1990)

Monatliche Niederschlagssumme (mm)

Abbildung 2.1.2: Monatliche Niederschlagshöhen an ausgewählten DWD-Stationen in Baden-Württemberg im Jahr 2004 (Quelle: DWD).

## 2.2 Grundwasserneubildung aus Niederschlägen

Die Grundwasserneubildung aus Niederschlägen ist als eine der wichtigsten Komponenten des Grundwasserhaushalts von entscheidender Bedeutung für die Wiederauffüllung der Grundwasservorräte nach Trockenzeiten.

Im zeitlichen Verlauf der Grundwasserstände prägen sich 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 i.d.R. erheblich höher ist als der versickernde Anteil der Sommerniederschläge. 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. Bei der Betrachtung der langjährigen Niederschlags- und Sickerwassermengen der Lysimeter Bonlanden, Lahr und Rielasingen sowie dem Grundwasserstand an benachbarten Messstellen wird deutlich, dass ein Zufluss zum Grundwasser und ein Anstieg des Grundwasserstands in erster Linie von den Winterniederschlägen abhängt (Abb. 2.2.1).

Aufgrund dieser Zusammenhänge erkennt man an zahlreichen Grundwasserstandsganglinien den synchronen Verlauf mit dem für das Grundwasser ausschlaggebenden Niederschlag im Winterhalbjahr. Der im Wesentlichen vom Niederschlag bestimmte oberflächennahe Grundwasserstand steigt i.a. von November bis Februar an und fällt dann bis zum Ende des hydro-

logischen 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.

Die Lysimeterbeobachtungen dokumentieren die im Jahr 2004 geringe Grundwasserneubildung aus Niederschlägen in Baden-Württemberg.

Die unterdurchschnittlichen Frühjahrsniederschläge ab Februar 2004 haben außergewöhnlich lange Ausfallzeiten der Versickerungen und dadurch auch einen frühen Rückgang der Grundwasserstände bewirkt. Einige Lysimeter waren zum Jahresende 2004 immer noch trocken. Die Jahresgänge der Sickerwassermengen entsprechen nicht der erwartungsgemäßen Dynamik.

Die hohen Oktoberniederschläge konnten den nach der mehrmonatigen Trockenzeit leer gelassenen Bodenwasserspeicher wieder auffüllen.

Die leicht unterdurchschnittlichen Niederschläge zum Jahresende hatten damit meist eine signifikante Zunahme der Sickerrate und der Grundwasserstände - insbesondere im Oberrheingraben - auf überdurchschnittliche Werte zur Folge. Im Beprobungszeitraum 2004 musste allerdings nicht mit kurzfristigen Auswaschungseffekten gerechnet werden.

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

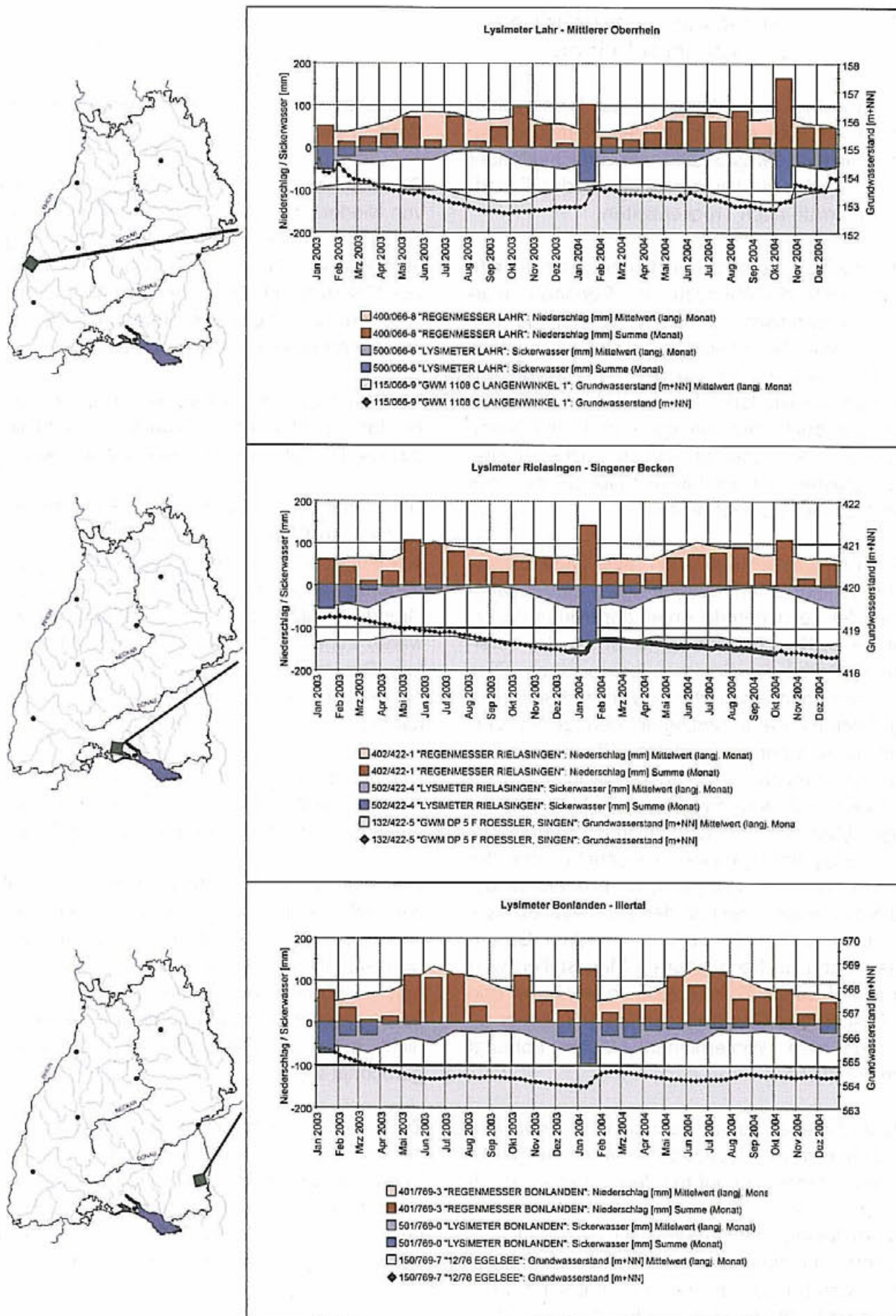


Abbildung 2.2.1: Niederschlag, Sickerung und Grundwasserstand an ausgewählten Lysimeteranlagen in den Jahren 2003 und 2004.

## 2.3 Die Grundwasservorräte 2004 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 2004 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 werden anhand ausgewählter, für die Gesamtheit möglichst repräsentativer Messstellen, sog. Trendmessstellen, durchgeführt.

In Abb. 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 90. Perzentil als Obergrenze und das 10. Perzentil als Untergrenze der Monatswerte aus 20 Beobachtungsjahren definiert. Der langjährige Monatsmedian (20 Jahre) der Einzelmesswerte ist als grüne Linie, die Monatsextrema (20 Jahre) sind als gestrichelte Linien dargestellt.

Die Grundwasservorräte im Jahr 2004 sind im langjährigen Vergleich überwiegend unterdurchschnittlich und bewegen sich in den meisten Landesteilen auf noch niedrigerem Niveau als im Jahr 2003. Die starken Niederschläge im Januar und Oktober 2004 konnten keinen signifikanten Anstieg bewirken. Insbesondere im Illertal und in Teilen des mittleren Oberrheingraben sind nach wie vor deutlich unterdurchschnittliche Verhält-

nisse zu verzeichnen. Die Quellschüttungen haben sich - mit Ausnahmen in Nord-Württemberg - jedoch weitgehend normalisiert.

### 2.3.2 Überregionale Grundwasserverhältnisse

Die messstellenbezogene Beurteilung der aktuellen quantitativen Grundwasserstandsverhältnisse wurde auf der Grundlage der Mittelwerte im Jahr 2004 im mehrjährigen Vergleich (20 Jahre) durchgeführt. Darüber hinaus wurden die jeweiligen Entwicklungstendenzen (lineare Trends aus 20 Beobachtungsjahren) ausgewertet. Die Ergebnisse sind in Abb. 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, gleich bleibenden bzw. abnehmenden Trend.

Aufgrund der niederschlagsbedingten Anstiege im Januar und Oktober 2004 konnten sich die Grundwasserstände in **Hochrhein**, **Wiesental** und **Klettgau** auf insgesamt langjährig durchschnittlichem Niveau halten (Messstelle 0124/123-1 in Abb. 2.3.2).

Auch im Bereich des **südlichen und mittleren Oberrheins** haben die Januar- und Oktoberniederschläge eine Erholung der Grundwasservorräte im Jahr 2004 bewirkt (Messstelle 0124/163-8 in Abb. 2.3.1). Im Markgräfler Land herrschen mittlere Verhältnisse vor, wobei nördlich des Kaiserstuhls kontrastierte Verhältnisse vorliegen. Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen bis leicht steigend.

Die Grundwasserstände im **nördlichen Oberrhein** sind im Jahr 2004 angestiegen und bewegen sich in weiten Bereichen auf mittlerem Niveau. Im **Rhein-Neckar-Raum** werden trotz rückläufiger Entwicklungen im Jahr 2004 nach wie vor leicht überdurchschnittliche Verhältnisse beobachtet (Messstelle 0100/307-1 in Abb. 2.3.1). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen bis leicht steigend.

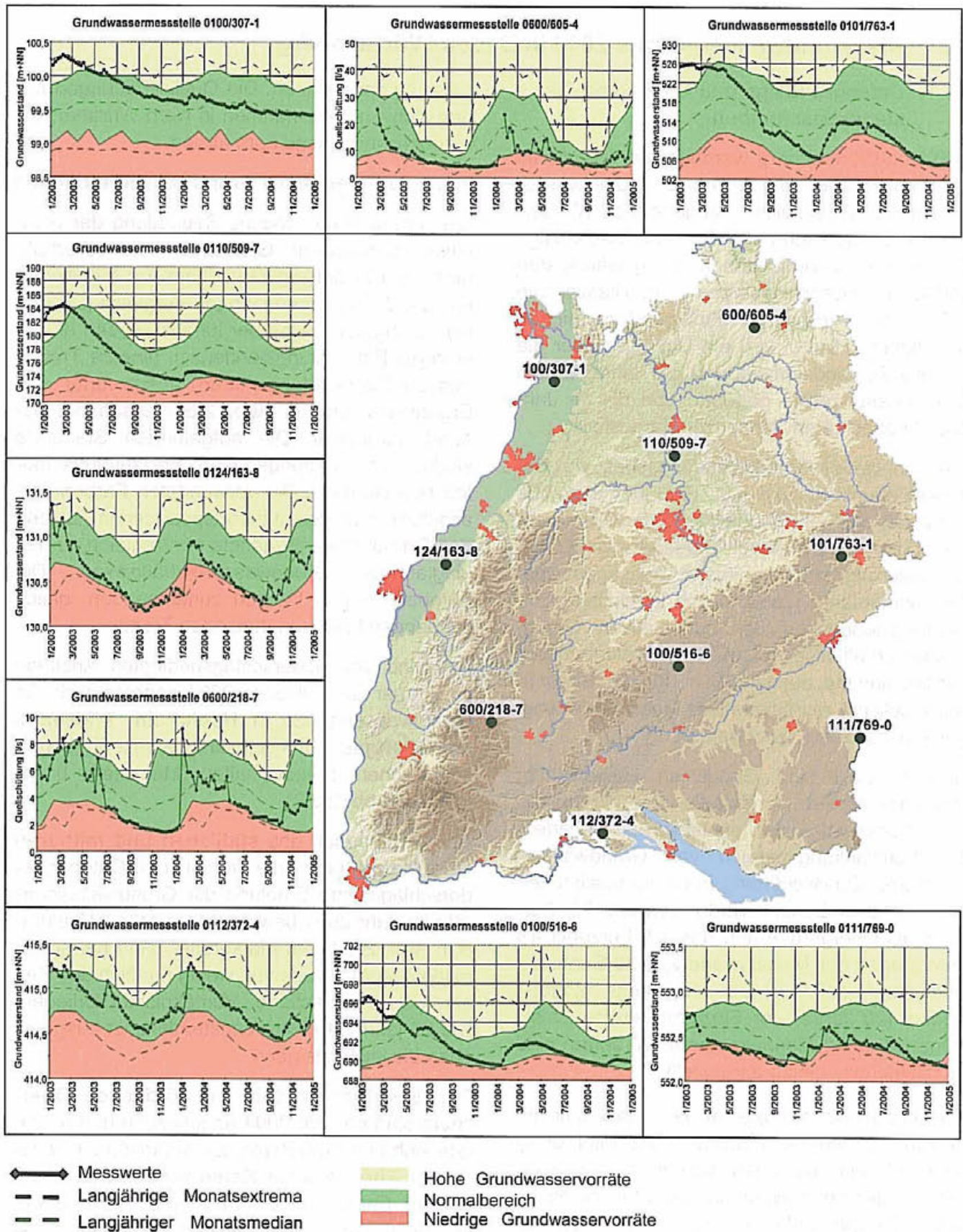


Abbildung 2.3.1: Grundwasserstand/Quellschüttung und zugehöriger Normalbereich aus 20 Beobachtungsjahren an ausgewählten Grundwassermessstellen in den Jahren 2003 und 2004.



Die Grundwasservorräte erreichten im **Singener Becken** im Februar 2004 einen hohen Zustand, entwickelten sich im weiteren Jahresverlauf jedoch deutlich rückläufig bis an die Untergrenze des Normalbereichs im Sommer. Die Herbstniederschläge haben einen anschließenden Anstieg bewirkt (Messstelle 112/372-4 in Abb. 2.3.1). Der Verlauf der Grundwasserstände ist vergleichsweise zu anderen Landesteilen unauffällig. Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen bis leicht steigend.

Die Grundwasserstände in den quartären Talfüllungen des **Donautals** bewegten sich innerhalb des Normalbereichs unauffällig auf leicht überdurchschnittlichem Niveau (Messstelle 0100/270-7 in Abb. 2.3.2). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

Die Grundwasserstände im **Iller- und Rißtal** sowie im **Argendelta** haben sich im Jahr 2004 nicht erholt und bewegen sich nach wie vor auf sehr niedrigem Niveau unterhalb des Normalbereichs. Auch im **Raum Isny** und im Bereich der **Leutkircher Heide** entwickelten sich die Grundwasservorräte im Jahresverlauf stark rückläufig bis unterhalb des Normalbereichs zum Jahresende 2004. Die Jahresniederschläge konnten in diesem Gebiet keine nennenswerte Grundwasserneubildung auslösen (Messstelle 0111/769-0 in Abb. 2.3.1). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist dennoch ausgeglichen.

Die starken Januarniederschläge, die in Baden-Württemberg zu signifikanten Grundwasseranstiegen geführt haben, verursachten im Karstaquifer der **Schwäbischen Alb** eine vergleichsweise mäßige Dynamik. Die Grundwasserstände bewegten sich im Jahresverlauf 2004 ununter-

brochen im unteren Normalbereich (Messstellen 0100/516-6 und 0101/763-1 in Abb. 2.3.1). Die Quellschüttungen sind insbesondere im südlichen Abschnitt unterdurchschnittlich. Die 20-jährigen Trends sind ausgeglichen.

Die Grundwasserstände im Festgestein des **mittleren Neckarraumes** bewegten sich im Jahr 2004 permanent auf unterdurchschnittlichem Niveau an der Untergrenze des Normalbereichs (Messstelle 0110/509-7 in Abb. 2.3.1).

Die Quellschüttungen in den Festgesteinen von **Nord-Württemberg** gingen nach steilen Anstiegen zum Jahresbeginn bereits im Frühjahr auf ein unterdurchschnittliches Niveau zurück. Die durch die Herbstniederschläge verursachten Zunahmen haben dazu geführt, dass die Schüttungen zum Jahresende etwa langjährige Mittelwerte erreichten (Messstelle 0600/605-4 in Abb. 2.3.1). Die langjährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

Die **Schwarzwaldquellen** verfügen über kleinräumige Einzugsgebiete und weisen daher starke, niederschlagsbedingte Schüttungsschwankungen auf. Die Schüttungen stiegen im Frühjahr und Herbst daher bis auf leicht überdurchschnittliche Werte, an, langjährig mittlere Verhältnisse wodurch im Jahresmittel berechnet werden (Messstelle 0601/218-7 in Abb. 2.3.1).

Insgesamt beschreiben die Grundwasserstände und Quellschüttungen ähnlich niedrige Verhältnisse wie im Jahr 2003 und entsprachen weitgehend unterdurchschnittlichen Verhältnissen. Ein 20-jähriger Trend ist insbesondere bei Quellen überwiegend nicht vorhanden (siehe Abb. 2.3.3).

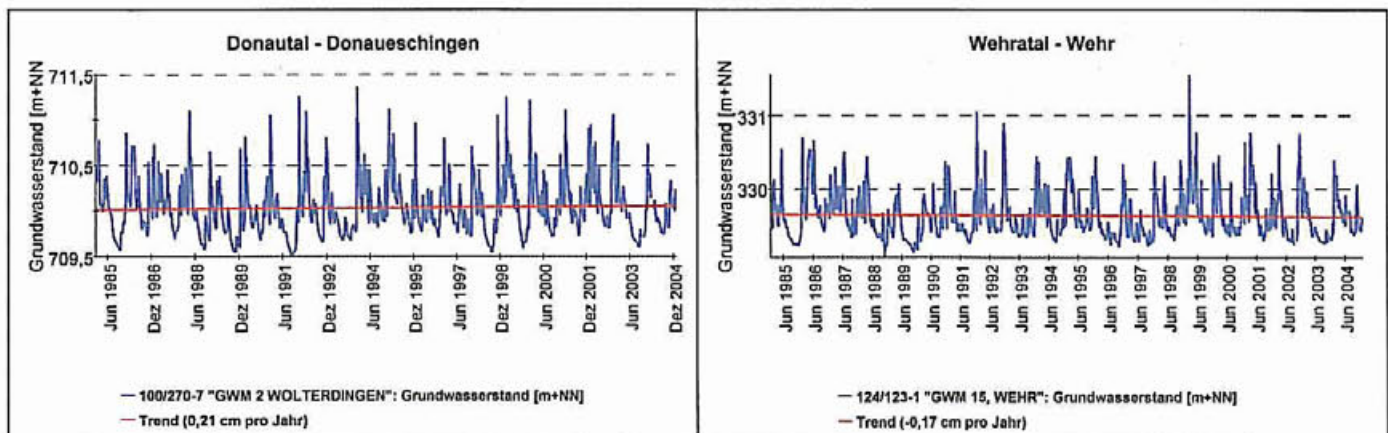


Abbildung 2.3.2: Ganglinien ausgewählter Grundwasserstandsmessstellen mit Trendbetrachtung (1985-2004).

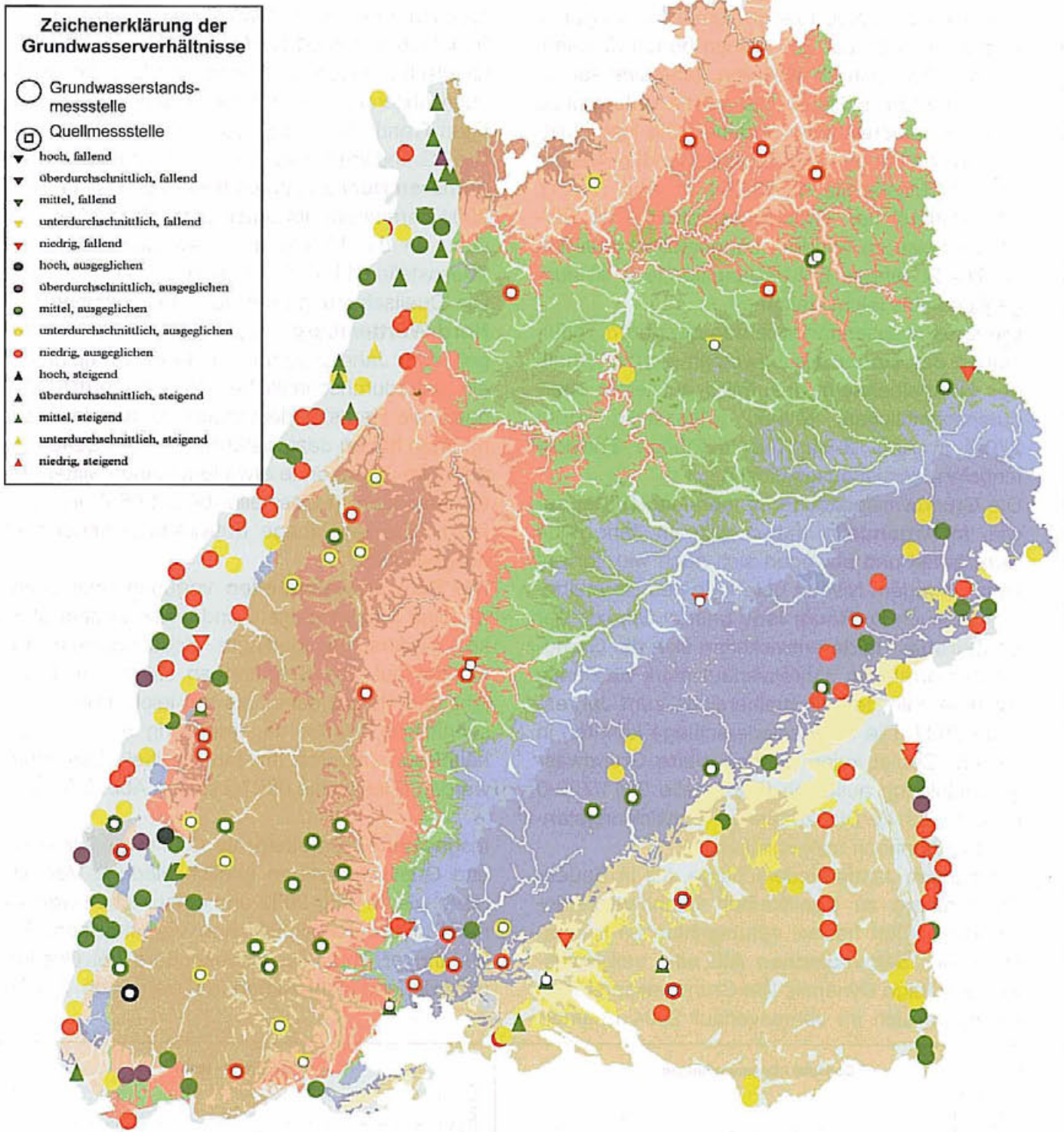


Abbildung 2.3.3: Charakterisierung der mittleren Grundwasserverhältnisse im Jahr 2004 und des Trendverhaltens im Zeitraum 1985 - 2004 (Hintergrunddarstellung: Grundwassereinheiten).

## 2.4 Nitrat

Im Rahmen einer neuen zusätzlichen Kooperationsvereinbarung aus 2003 zwischen dem Land und den baden-württembergischen Wasserversorgungsunternehmen (WVU) erhält die LfU die Daten von der vedewa r.V., die ihrerseits die Nitrat- und Pflanzenschutzmittel-Messwerte im Auftrag der Wasserversorgungsunternehmen zusammenstellt.

Die Landratsämter verwenden die Daten zur Einstufung der Wasserschutzgebiete in Pflanzenschutzmittelsanierungsgebiete bzw. in die drei Nitratklassen: Normal-, Problem- und Sanierungsgebiet.

Der LfU wurden bis zum Stichtag 31.05.2005 insgesamt 2.890 Nitratwerte zu 1.570 Messstellen in Wasserschutzgebieten übermittelt, davon befinden sich 272 Messstellen im LfU-Landesmessnetz (Überschneidermessstellen), so dass letztlich die Gesamtdatenbasis des Landesmessnetzes zu Nitrat durch den Kooperationsbeitrag mit zusätzlichen 1.300 Messstellen ergänzt wird.

Dies ist gegenüber dem letzten Jahr mit 485 zusätzlichen Messstellen (Stichtag 31.03.2004) eine erhebliche und erfreuliche Steigerung. Diese Daten gehen im vorliegenden Bericht in die Auswertungen zur Nitratsituation in den Wasserschutzgebieten mit ein (Kapitel 2.4.2). Bis zum Stichtag 31.03.2005 waren Nitratwerte zu zusätzlichen 1.470 Messstellen bei der LfU eingegangen.

In den nächsten Jahren ist davon auszugehen, dass die Anzahl der von den Wasserversorgern übermittelten Werte noch weiter zunehmen wird. Insbesondere werden ab dem nächsten Jahr in der Datenlieferung mehr Analysenwerte von Pflanzenschutzmitteln enthalten sein.

Der erste Abschnitt 2.4.1 des Nitratkapitels bezieht sich ausschließlich auf die Daten des von der LfU betriebenen Landesmessnetzes mit dem flächendeckenden Überblick über die Nitratbelastung im Lande ohne besondere Berücksichtigung

der Trinkwassernutzung.

Um einen flächendeckend repräsentativen Überblick zu ermöglichen, setzt sich das Landesmessnetz sowohl aus Grundwassermessstellen ohne jegliche Nutzung (Beobachtungsrohre, Quellen) als auch aus Messstellen mit Nutzungen zusammen. Zu letzteren gehören auch Regenbrunnen, Brauchwasserbrunnen und Rohwasserförderbrunnen für die Trinkwasserversorgung von privaten Nutzern (Eigenwasserversorgung) und von kommerziellen Wasserversorgungsunternehmen.

Im zweiten Abschnitt 2.4.2 wird über die Nitratsituation in den nach SchALVO in drei Nitratklassen eingestuften Wasserschutzgebieten berichtet. In diesen Teil fließen - neben den LfU-Landesmessnetzdaten - die WVU-Nitrat-Kooperationsdaten für Wasserschutzgebiete mit ein.

### 2.4.1 Nitrat im Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz der LfU (Landesmessnetz)

Die Landesanstalt für Umweltschutz unterhält ein landesweites Messnetz, das durch die flächendeckende Messstellenverteilung repräsentative Aussagen zur Gesamtsituation der Grundwasserbeschaffenheit des Landes erlaubt. Die wichtigsten Ergebnisse, die sich für Nitrat aus den Untersuchungen in 2004 in diesem Landesmessnetz ergeben, sind in diesem Kapitel zusammengestellt. Im Herbst 2004 wurde im Auftrag der LfU das Grundwasser von 2.076 Messstellen dieses Messnetzes hinsichtlich des Nitratgehaltes analysiert.

#### 2.4.1.1 Statistische Kennzahlen für die verschiedenen Emittentengruppen

Die statistischen Auswertungen der Daten des gesamten Landesmessnetzes sowie der einzelnen Teilmessnetze, die in Abbildung 2.4.1 graphisch aufbereitet und in Tabelle 2.4.1 aufgelistet sind, zeigen, dass das allgemeine Konzentrationsniveau der Nitrat-Belastung nach wie vor relativ hoch ist.

In 2004 lag die Überschreitungshäufigkeit des Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms von 40 mg/l bei 17,2 % und des

Grenzwertes der Umweltqualitätsnorm der WRRL bzw. der TrinkwV von 50 mg/l bei 10,3 % der Messstellen des Landesmessnetzes (Abb. 2.4.1, Tab. 2.4.1).

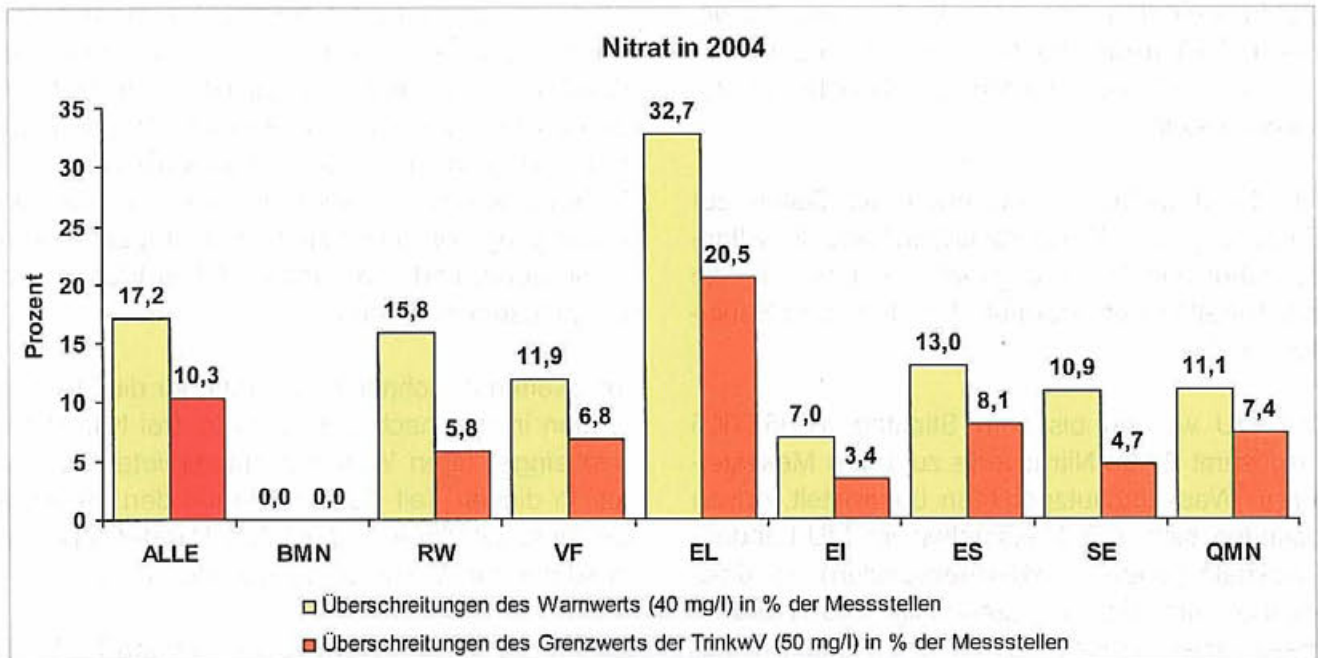


Abbildung 2.4.1: Prozentualer Anteil der Messstellen mit Warn- und Grenzwertüberschreitungen im Gesamtmessnetz und in den Teilmessnetzen in 2004 (Datenbasis: nur Landesmessstellen).

Die Beiträge der verschiedenen Messstellengruppen zur Gesamtbelastung sind wie in 2003 sehr unterschiedlich, wobei die Reihenfolge der Teilmessnetze nach ihrer Überschreitungshäufigkeit unverändert ist. So ergibt sich beispielsweise für das Basismessnetz (BMN) ein unterdurchschnittliches Belastungsniveau, während die Emittentenmessstellen Landwirtschaft (EL) mit einem im Vergleich großen Anteil an Messstellen mit hohen Nitratbelastungen ein überdurchschnittliches Belastungsniveau (Abb. 2.4.1) aufweisen.

Die gegenüber 2003 leichten Rückgänge der Überschreitungshäufigkeiten des Grenz- und Warnwertes im gesamten Landesmessnetz basieren auf den gleichmäßigen Abnahmen in allen einzelnen Teilmessnetzen. Der stärkste

Rückgang der Überschreitungshäufigkeiten ist dabei im Teilmessnetz Vorfeldmessstellen zu verzeichnen, bei dem der prozentuale Anteil an Messstellen mit Grenzwertüberschreitungen von 10,7 % auf 6,8 % gesunken ist.

Beim Teilmessnetz „Landwirtschaft“ (EL), das mit ca. 650 Messstellen das größte Teilmessnetz repräsentiert, ergibt sich eine Abnahme der Messstellen mit Nitratkonzentrationen über 50 mg/l von 21,6 % in 2003 auf 20,5 % bei den Untersuchungen im Herbst 2004.

Die statistischen Kennzahlen des Gesamtmessnetzes sowie der Teilmessnetze Landwirtschaft (EL), Siedlungen (ES), Rohwasser (RW) und des Basismessnetzes (BMN) zeigt Tabelle 2.4.1.

Tabelle 2.4.1: Statistische Kennzahlen Nitrat 2004 (Abkürzungen s. Anhang A1).

	Landes- Messnetz	EL	ES	RW	BMN
Anzahl der Messstellen	2.076	657	409	171	111
Mittelwert in mg/l	23,4	33,0	22,0	20,9	7,9
Medianwert in mg/l	18,2	28,0	18,0	17,0	7,4
Überschreitungen des Warnwerts (40 mg/l) in % der Messstellen	17,2	32,7	13,0	15,8	0,0
Überschreitungen des Grenzwerts der WRRL bzw. TrinkwV (50 mg/l) in % der Messstellen	10,3	20,5	8,1	5,8	0,0

#### 2.4.1.2 Räumliche Verteilung und Regionalisierung

Die großräumige regionale Verteilung der Nitratbelastung wird durch die Abbildungen 2.4.2 und 2.4.3 deutlich und stellt sich im Vergleich zum Vorjahr hinsichtlich der Belastungsschwerpunkte unverändert dar. Erneut sind das Gebiet zwischen Mannheim, Heidelberg und Bruchsal, der Kraichgau, der Neckarraum zwischen Stuttgart und Heilbronn, der Main-Tauber-Kreis, das Markgräfler Land sowie die Region Oberschwaben besonders stark belastet.

Neben diesen Hauptbelastungsregionen gibt es noch einige kleinere Gebiete mit lokal teilweise deutlich erhöhten Nitratkonzentrationen wie das Singener Becken, die Region um Forchheim und Weisweil nördlich des Kaiserstuhls, das Gebiet um Neuried im Ortenaukreis und der östliche Ostalbkreis (Abb. 2.4.2).

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

te (Abb. 2.4.3) zu erstellen, um das großräumige Belastungsniveau zu beschreiben.

Keinesfalls darf dies jedoch dazu verleiten, aus dieser Darstellung lokale Einzelmesswerte abzulesen zu wollen. Dies ist DV-technisch zwar 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 das am Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart speziell entwickelte Kriging-Verfahren SIMIK+ verwendet, in dem die beiden Haupteinflussfaktoren Landnutzung in 16 Klassen und Hydrogeologie („Oberflächennahe Aquifere“) in 21 Klassen berücksichtigt werden. Tiefe Messstellen wurden ausgeschlossen. Abbildung 2.4.3 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 nicht erreicht.

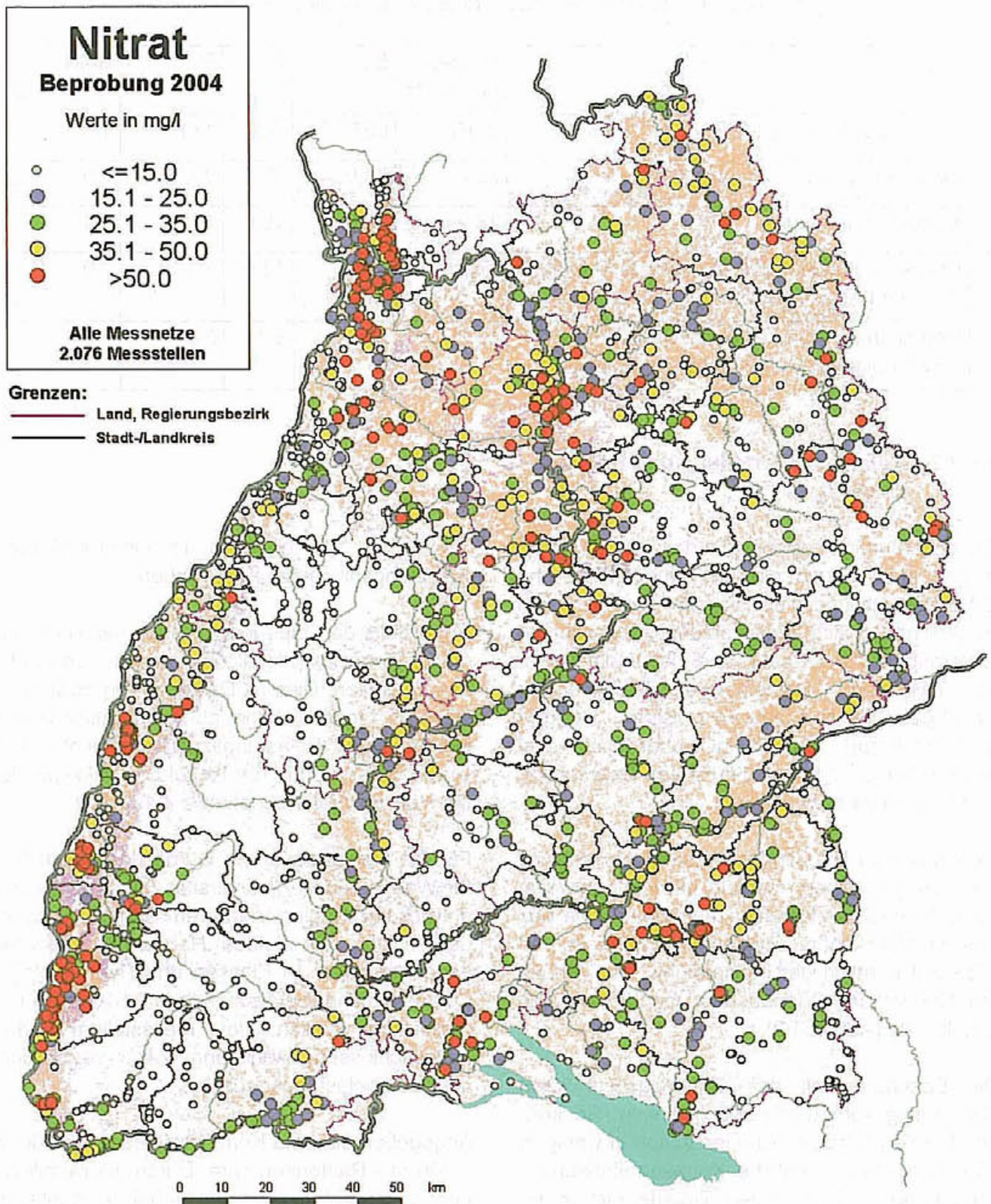


Abbildung 2.4.2: **Nitratgehalte 2004** (Landesmessnetz) mit Landnutzungen im Kartenhintergrund (braune Flächen: Ackerbau und violette Flächen: Weinbau). (Quellenangabe für die Landnutzungsdarstellung: „Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS)“, Bearbeitung durch das Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der Universität Karlsruhe, 1993).

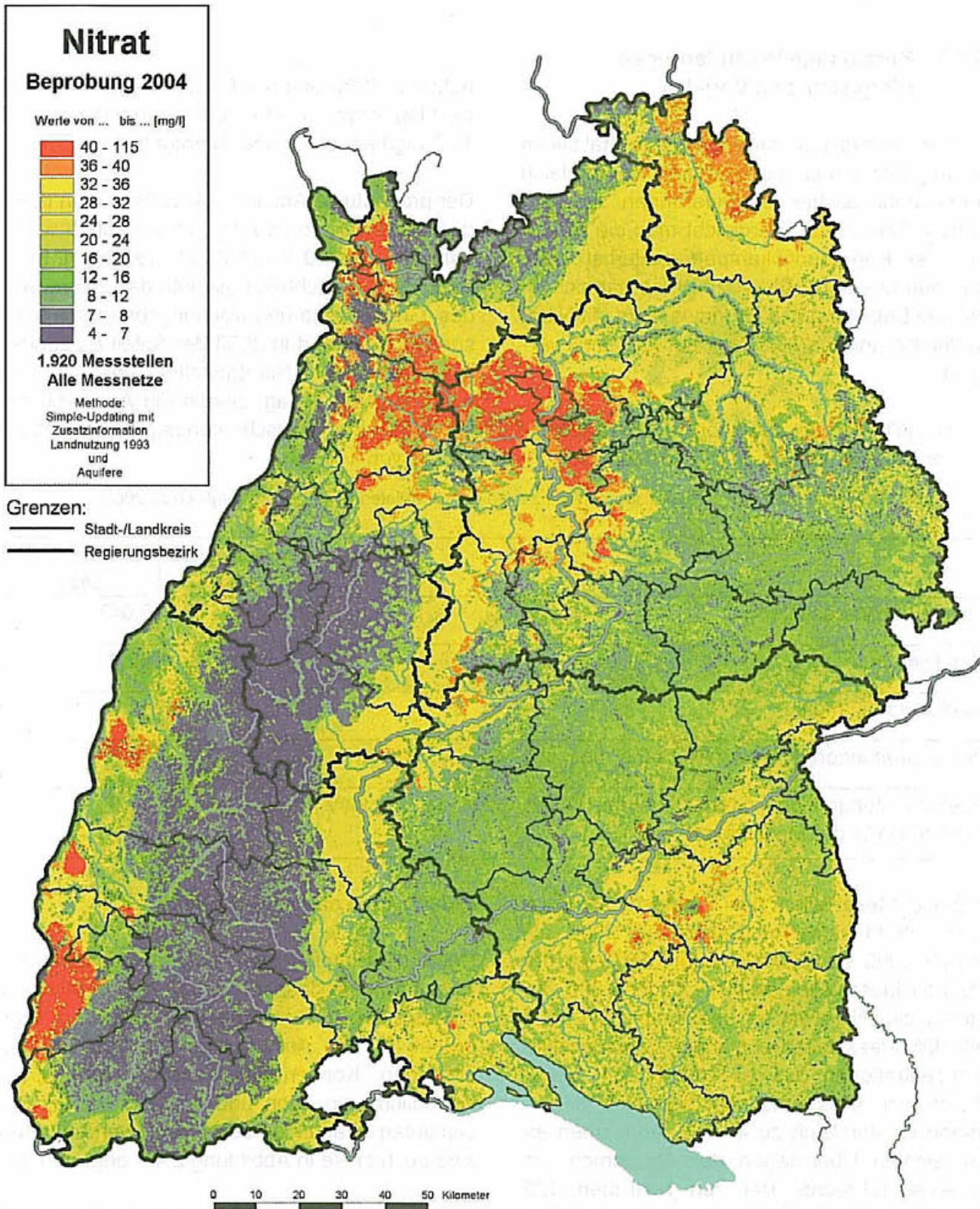


Abbildung 2.4.3: Verteilung Nitratgehalte 2004 im oberflächennahen Grundwasser, regionalisierte Darstellung nur oberflächennaher Messstellen (Anm.: dargestellt sind 1.920 von insgesamt 2.076 Landesmessstellen, da ein Teil der Messstellen in tiefen Aquiferen verfiltert ist oder für Messstellen keine Aquifer- oder Landnutzungsbezeichnung vorliegt).

### 2.4.1.3 Kurzfristige Veränderungen (Vergleich zum Vorjahr)

Bei den wichtigsten summarischen Statistiken sind im gesamten Landesmessnetz im Vergleich zum Vorjahr leichte Veränderungen zu beobachten (Tab. 2.4.2). Vergleicht man die Ergebnisse der Beprobungskampagne Herbst 2004 mit denen aus dem Herbst 2003, so hat sich im Mittel die Belastung des Grundwassers mit Nitrat von durchschnittlich 23,9 mg/l auf 23,4 mg/l verringert.

Anders stellt sich die Situation für den Medianwert der Nitratkonzentration im Landesmess-

netz dar. Während der Median in 2003 bei 18,0 mg/l lag, ergibt sich für 2004 ein um 0,2 mg/l auf 18,2 mg/l angestiegener Nitratgehalt.

Der prozentuale Anteil an Messstellen, an denen der Grenzwert von 50 mg/l überschritten wurde, hat sich von 11,0 % auf 10,3 % verringert. Ebenso ist die Überschreitungsquote des Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms gesunken. Während in 2003 der Anteil an Landesmessstellen mit Nitratgehalten über 40 mg/l noch bei 18,6 % lag, zeigen die Auswertungen für 2004 eine Überschreitungsquote des Warnwertes von 17,2 %.

Tabelle 2.4.2: Statistische Kennzahlen der Nitratdaten von 2004 im Vergleich zu 2003.

	Landesmessnetz 2004	Landesmessnetz 2003
Anzahl der Messstellen	2.076	2.047
Mittelwert in mg/l	23,4	23,9
Medianwert in mg/l	18,2	18,0
Überschreitungen des Warnwerts (40 mg/l) in % der Messstellen	17,2	18,6
Überschreitungen des Grenzwerts der WRRL bzw. der TrinkwV (50 mg/l) in % der Messstellen	10,3	11,0

An 2.009 Messstellen des Landesmessnetzes liegen Nitrat-Messwerte sowohl für 2004 als auch für 2003 vor. Beim direkten Vergleich der einzelnen Messstellen zeigt sich, dass 888 Zunahmen des Nitratwertes (maximal um + 98,9 mg/l) 996 Messstellen mit abgenommenen Nitratkonzentrationen (bis zu - 65,7 mg/l) gegenüberstehen. Dies entspricht bei 44,2 % Zunahmen im Vergleich zu 49,6 % Abnahmen einem leichten Überwiegen der Abnahmen um das etwa 1,1-fache. Bei den restlichen 125 Messstellen sind die Nitratwerte im Vergleich zum Vorjahr unverändert.

Teilt man diese 2.009 Messwerte aus 2004 in sechs Konzentrationsklassen ein und bildet für jede Klasse den Mittelwert der sich aus den Veränderungen von 2004 im Vergleich zu 2003 ergebenden Differenzen, so erhält man die in Ab-

bildung 2.4.4 dargestellte Graphik.

Durch die Einteilung der einzelnen Nitratwerte in Konzentrationsklassen werden die zugehörigen Messstellen den verschiedenen Klassen zugeordnet. Da die Anzahl der Messstellen in den einzelnen Konzentrationsklassen sehr unterschiedlich sein kann und deshalb bei der Gesamtinterpretation berücksichtigt werden muss, sind auch diese in Abbildung 2.4.4 angegeben.

Anhand der Graphik ist zu erkennen, dass im Mittel die Konzentrationszunahmen allein in der Konzentrationsklasse mit den höchsten Nitratgehalten, der Klasse mit Nitratkonzentrationen größer bzw. gleich 80 mg/l, liegen. Die Auswertung ergibt für die 46 stark belasteten Messstellen eine mittlere Zunahme des Nitratgehaltes um 3,9 mg/l.



Für die verbleibenden sechs Konzentrationsklassen lassen sich für jede einzelne Klasse im Mittel Nitrat abnahmen feststellen. Dabei ist die stärkste mittlere Abnahme mit 2,7 mg/l in der Klasse, deren Messstellen Nitratkonzentrationen zwischen 50 und 80 mg/l aufweisen, zu verzeichnen. Die geringsten mittleren Konzentrationen

abnahmen von 0,2 mg/l, 0,4 mg/l und 0,5 mg/l finden sich in den drei untersten Nitratklassen (0 - 25 mg/l). Zu diesen drei Konzentrationsklassen gehören mit 1.306 Messstellen zwei Drittel der insgesamt 2.009 in den Jahren 2004 und 2003 untersuchten Grundwassermessstellen (Abb. 2.4.4).

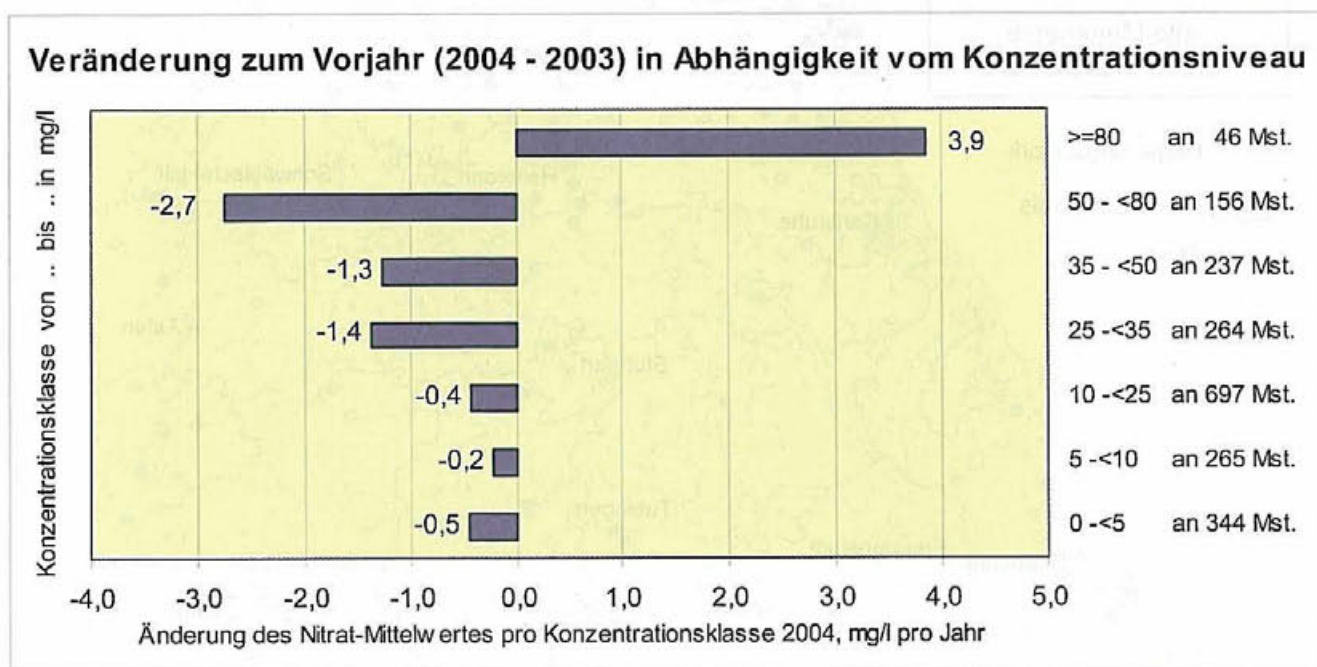


Abbildung 2.4.4: Mittlere Änderung 2004 gegen 2003 in den verschiedenen Konzentrationsklassen.

Diese kurzfristigen Veränderungen der Nitratgehalte dürfen generell jedoch nicht überbewertet werden, da sie in besonderem Maße von den zufälligen Einflüssen der Landnutzungs- und Witterungsbedingungen in den jeweiligen Jahren beeinflusst sind.

Stellt man die Messstellen mit zu- bzw. abnehmenden Nitratgehalten zwischen 2004 und 2003 graphisch dar, so ergibt sich die in Abbildung 2.4.5 wiedergegebene Karte. Dabei sind die Messstellen mit größeren Zu- bzw. Abnahmen (mit Änderungen von mehr als + bzw. - 8 mg/l) farblich hervorgehoben.

Die Karte zeigt, dass die „großen“ Änderungen teilweise räumlich eng benachbart auftreten, wie

beispielsweise in dem Dreieck zwischen Sigmaringen, Ravensburg und Ulm oder im Kreis Heidenheim. Andererseits erkennt man auch Gebiete mit Häufungen starker Abnahmen (z. B. Region um Heilbronn und Tauberbischofsheim) und Zunahmen, wie beispielsweise im Singener Becken oder in der Gegend um Karlsruhe.

In der Region südlich von Heidelberg bis nördlich von Mannheim beziehungsweise im südlichen Oberrheingraben bei Freiburg findet sich ein dichtes Nebeneinander von Zu- und Abnahmen, was für das Überwiegen sehr lokaler Einflüsse im Vergleich zu großräumigen Einflussgrößen, wie geologische Einheiten oder klimatischen Faktoren, spricht (Abb. 2.4.5).

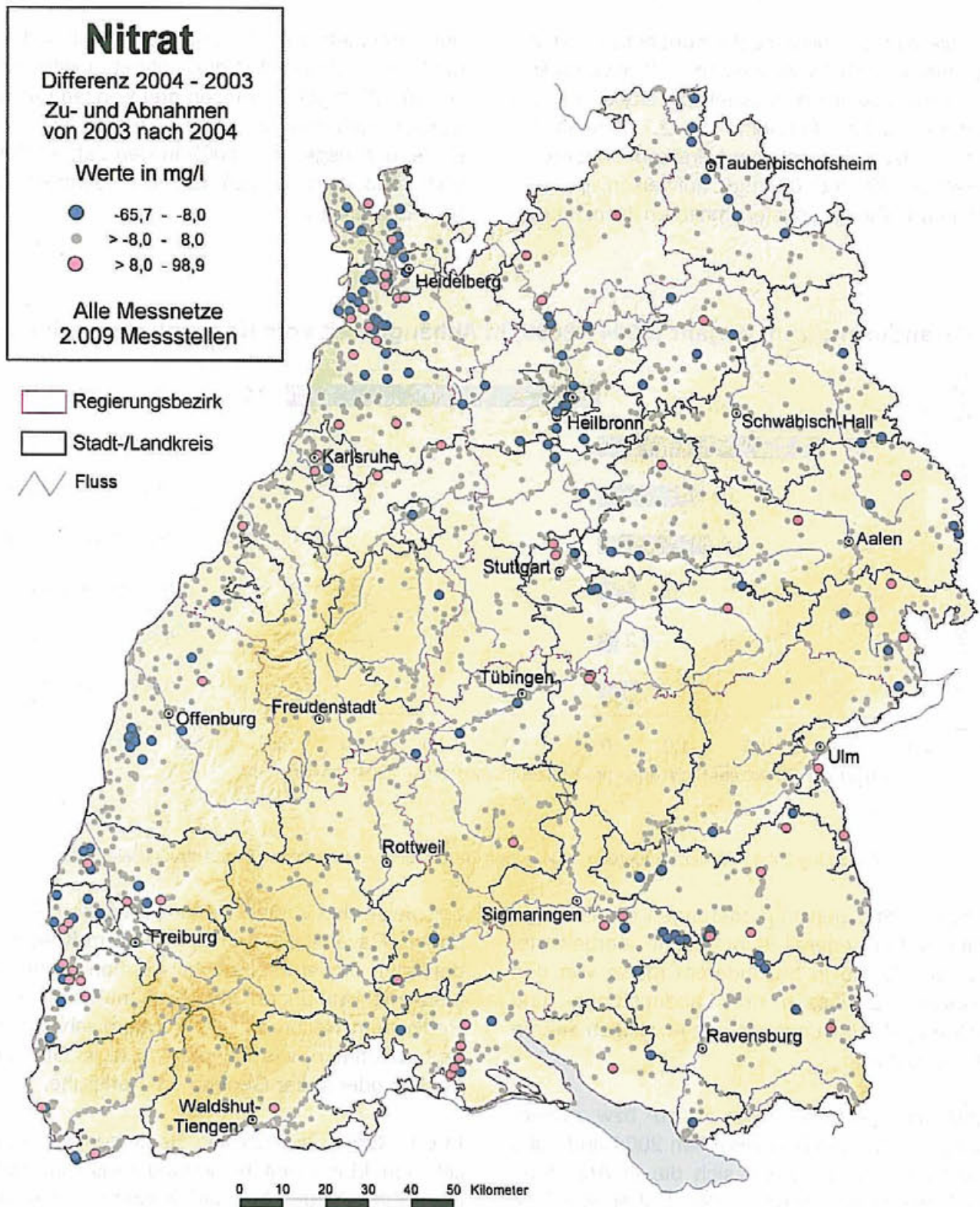


Abbildung 2.4.5: Räumliche Verteilung der kurzfristigen Änderungen der Nitratgehalte (2004 - 2003).

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

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

Unter Einhaltung dieser Bedingungen lassen sich im Landesmessnetz, das einen repräsentativen Überblick für das gesamte Land ermöglicht, somit auch fundierte Aussagen in Bezug auf längerfristige zeitliche Entwicklungen treffen. Durch unvermeidbare Ausfälle einzelner Mess-

stellen in verschiedenen Beprobungsjahren werden die "konsistenten" Datenkollektive kleiner, je größer die betrachteten Zeiträume sind. Für Nitrat ist ein akzeptabler Kompromiss der Zeitraum ab 1994, für den bis 2004 insgesamt 1.704 konsistente Messreihen vorliegen. Das entspricht 82 % aller im Herbst 2004 untersuchten Messstellen.

Eine wichtige, bei der Dateninterpretation zu beachtende Konsequenz dieser Einschränkung ist, dass zwar die statistischen Kennwerte innerhalb dieser Zeitreihen untereinander vergleichbar sind und insofern Aussagen über Entwicklungstendenzen ermöglichen, jedoch das Gesamtniveau der Werte durch die wechselnde Zusammensetzung der konsistenten Reihen in den verschiedenen Zeitspannen durchaus unterschiedlich sein kann.

In den Abbildungen 2.4.6 und 2.4.7 sind die Zeitreihen der konsistenten Messstellengruppen von 1994 bis 2004 jeweils mit den mittleren Nitratgehalten pro Jahr angegeben.

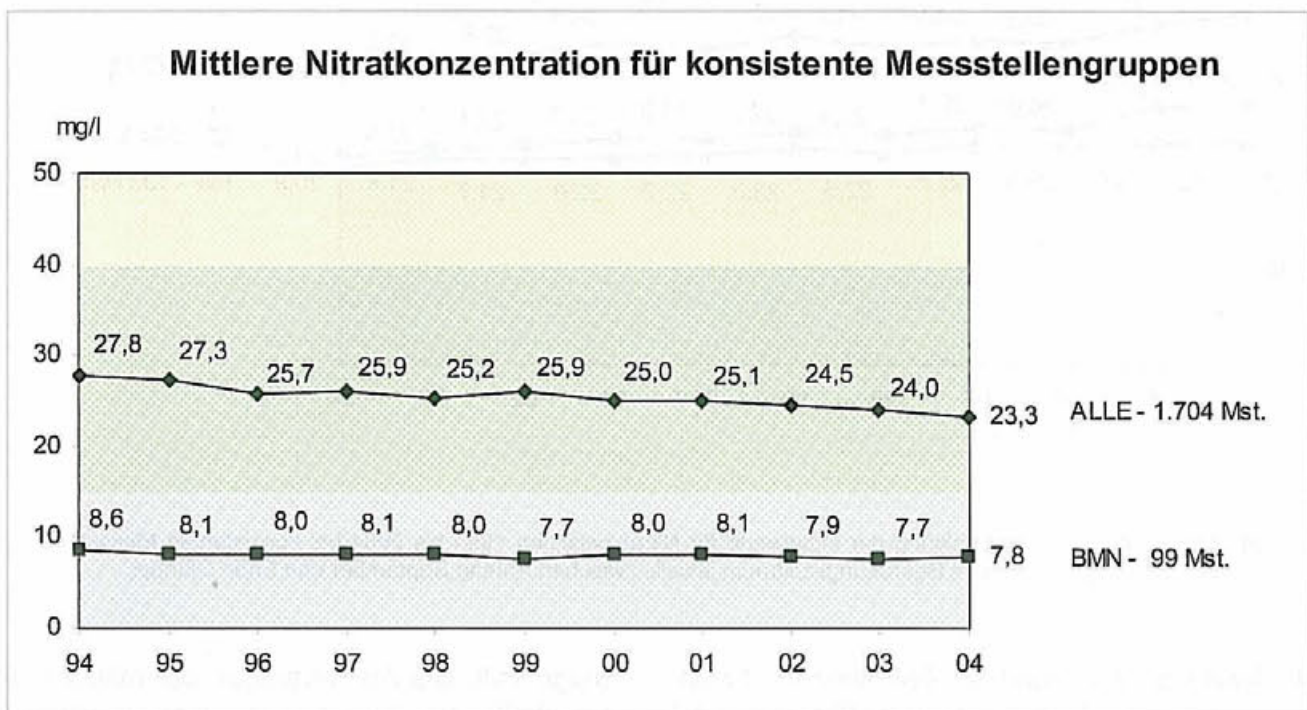


Abbildung 2.4.6: Entwicklung der Mittelwerte für Nitrat zwischen 1994 bis 2004 bei konsistenten Messstellengruppen im Beprobungszeitraum jeweils zwischen Anfang September und Ende Oktober.

Dabei ist in Abbildung 2.4.6 die Zeitreihe für das gesamte Landesmessnetz (ALLE) und zusätzlich die Zeitreihe der konsistenten Messstellen des Basismessnetzes (BMN) dargestellt. Im Gegensatz zum Messnetz ALLE gibt das BMN als Teilmessnetz den Zustand durch anthropogene Einflüsse möglichst wenig beeinflussten Grundwassers wieder.

Diese Informationen bzw. Bereiche werden in den beiden Abbildungen durch die Hintergrundfarben veranschaulicht. Während die hellblaue Farbe für eine Konzentrationsklasse steht, die vor allem durch die geogene Hintergrundbeschaffenheit bzw. geringfügigen anthropogenen Beeinflussungen gekennzeichnet ist, entsprechen der grüne und der gelbe Farbbereich Ni-

trat-Konzentrationen mit geringen bis starken Belastungen.

Die Grenze zwischen dem grünen und gelben Farbbereich stellt dabei die Konzentration von 40 mg/l, dem Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms, dar.

Betrachtet man in Abbildung 2.4.6 die Zeitreihe ALLE mit 1.704 konsistenten Messstellen, so lässt sich feststellen, dass der Mittelwert der Nitratkonzentration von 24,0 mg/l im Jahr 2003 auf 23,3 mg/l in 2004 gesunken ist. Wie zu erwarten, ergeben sich im Basismessnetz nur geringfügige Schwankungen. Der mittlere Nitratgehalt der 99 landesweit verteilten Messstellen liegt für 2004 mit 7,8 mg/l um 0,1 mg/l höher als im Vorjahr.

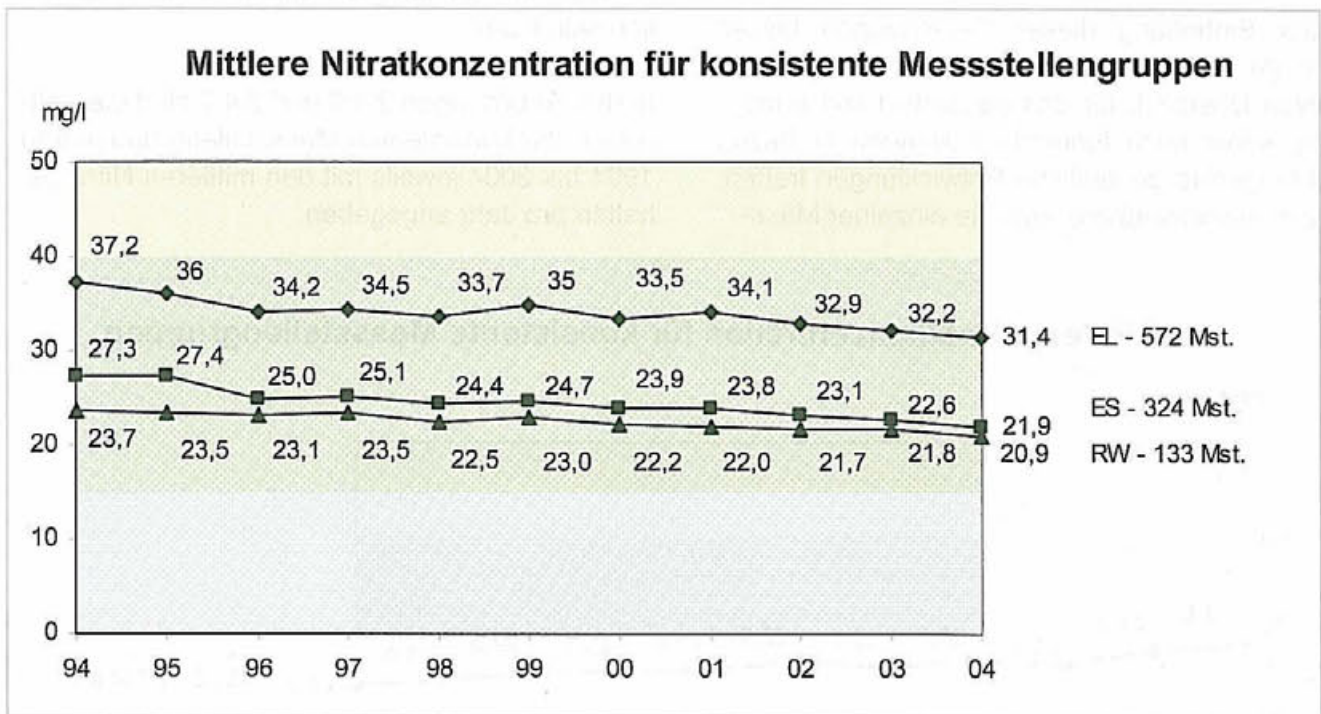


Abbildung 2.4.7: Entwicklung der Mittelwerte für Nitrat zwischen 1994 bis 2004 bei konsistenten Messstellengruppen im Beprobungszeitraum jeweils zwischen Anfang September und Ende Oktober.

In Abbildung 2.4.7 sind die Zeitreihen der konsistenten Messstellengruppen von 1994 bis 2004 für die Teilmessnetze Landwirtschaft (EL), Siedlungen (ES) und Rohwasser (RW) graphisch

dargestellt. Die Auswertungen der mittleren Nitratgehalte pro Jahr zeigen, dass in allen drei Teilmessnetzen die Nitratkonzentrationen weiter abgenommen haben. Im Vergleich zu 2003 hat

sich der mittlere Nitratgehalt bei den Emittentenmessstellen Siedlung (ES) um 0,7 mg/l auf 21,9 mg/l verringert.

Ähnlich ist der Rückgang der Nitratkonzentrationen im Landwirtschaftsmessnetz (EL). Insgesamt hat sich der Nitrat-Mittelwert der 572 konsistenten Messstellen dieses Teilmessnetzes um 0,8 mg/l von 32,2 mg/l in 2003 auf 31,4 mg/l im Jahr 2004 abgeschwächt.

Im Rohwassermessnetz (RW) hat der mittlere Nitratgehalt der 133 konsistenten Messstellen um 0,9 mg/l abgenommen und liegt jetzt bei 20,9 mg/l.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass sich der Trend der seit 1994 sinkenden Nitratbelastungen fortsetzt, sowohl an den konsistenten Messstellen des gesamten Messnetzes als auch an den Messstellen der Teilmessnetze.

In 2004 liegen die Mittelwerte der Nitratkonzentrationen für alle Messnetze mit konsistent beprobten Messstellen deutlich unter den entsprechenden mittleren Gehalten aus dem Jahr 1994 (Abb. 2.4.6 und Abb. 2.4.7). Im gesamten Landesmessnetz hat die mittlere Nitratkonzentration von 1994 bis 2004 um 16,2 % abgenommen. Im Landwirtschaftsmessnetz ist sie um 15,6 % gesunken.

## 2.4.2 Nitrat in Wasserschutzgebieten (SchALVO-Auswertungen)

In Baden-Württemberg werden aufgrund der im Februar 2001 novellierten Schutz- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) alle Wasserschutzgebiete (WSG) von den Landratsämtern in drei Nitratklassen (NK 1 - 3) eingeteilt:

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

Die Ersteinstufung in 2001 erfolgte aufgrund der Datenbasis 1996 - 2000. Diese Einstufungen wurden mit der sogenannten „Deklaratorischen Liste“ im Gesetzblatt Baden-Württemberg vom

28.02.2001 veröffentlicht.

Die in den folgenden Jahren z.T. vollzogenen Umstufungen erfolgten aufgrund der weiteren Nitratkonzentrationsentwicklung nach 2001 unter Berücksichtigung des mittleren Nitratkonzentrationsniveaus und des Trendverhaltens.

Nach den Umstufungen ergibt sich über die Jahre das in Tab. 2.4.3 dargestellte Bild. Durch die Aufhebung, Zusammenlegung und Erweiterung von Wasserschutzgebieten ergeben sich pro Jahr unterschiedliche Gesamtanzahlen.

Landesweit ist die Wasserschutzgebietsgesamtläche von 2001 bis 2005 um etwa 70.000 ha erweitert worden (Tab 2.4.4). Die Lage der Wasserschutzgebiete zeigt Abb. 2.4.8.

Tab. 2.4.3: Anzahl und Verteilung der Wasserschutzgebiete nach der SchALVO - Ersteinstufung 2001 und in den folgenden Jahren bis 2005.

Jahr	2001	2002	2003	2004	2005
Normalgebiete	2.156	2.091	2.055	2.051	2.049
Problemgebiete	319	344	341	323	297
Sanierungsgebiete	182	177	169	155	140
Gesamt	2.657	2.612	2.565	2.529	2.486

Tab. 2.4.4: Gesamtfläche der baden-württembergischen Wasserschutzgebiete zwischen 2001 und 2005 und Flächenanteile der SchALVO-Wasserschutzgebiets-Nitratklassen.

Jahr	Stichtag 15.02.01		Stichtag 31.01.04		Stichtag 31.01.05	
	Fläche [ha]	Anteil [%]	Fläche [ha]	Anteil [%]	Fläche [ha]	Anteil [%]
Normalgebiete	601.080	73,3	633.494	73,6	703.873	78,8
Problemgebiete	163.555	19,9	170.419	19,8	136.684	15,3
Sanierungsgebiete	55.505	6,8	57.304	6,7	52.820	5,9
Gesamt	820.139	100	861.218	100	893.377	100

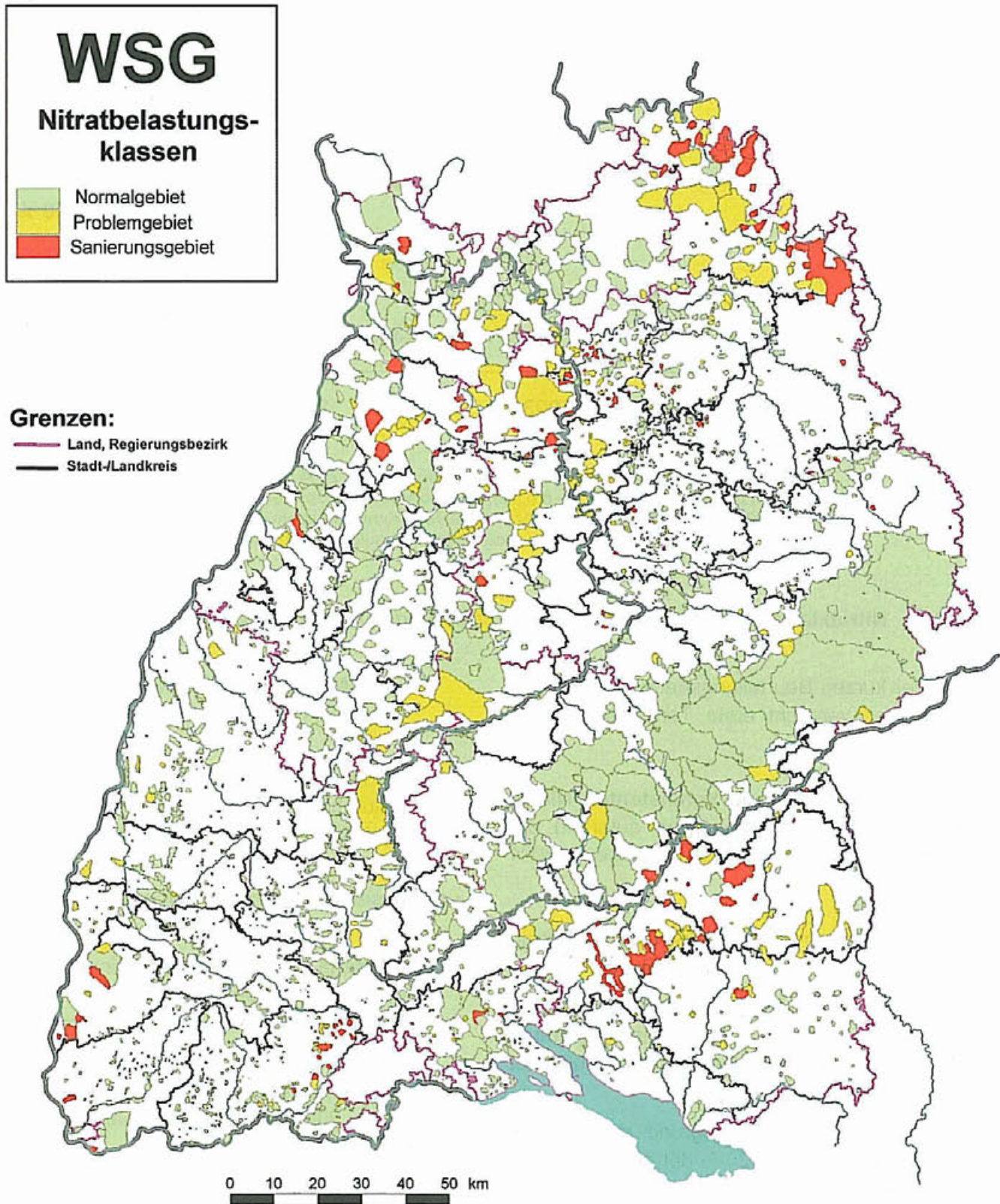


Abb. 2.4.8: Lage der in drei Nitratklassen nach SchALVO eingeteilten Wasserschutzgebiete in Baden-Württemberg (Stand: März 2005).

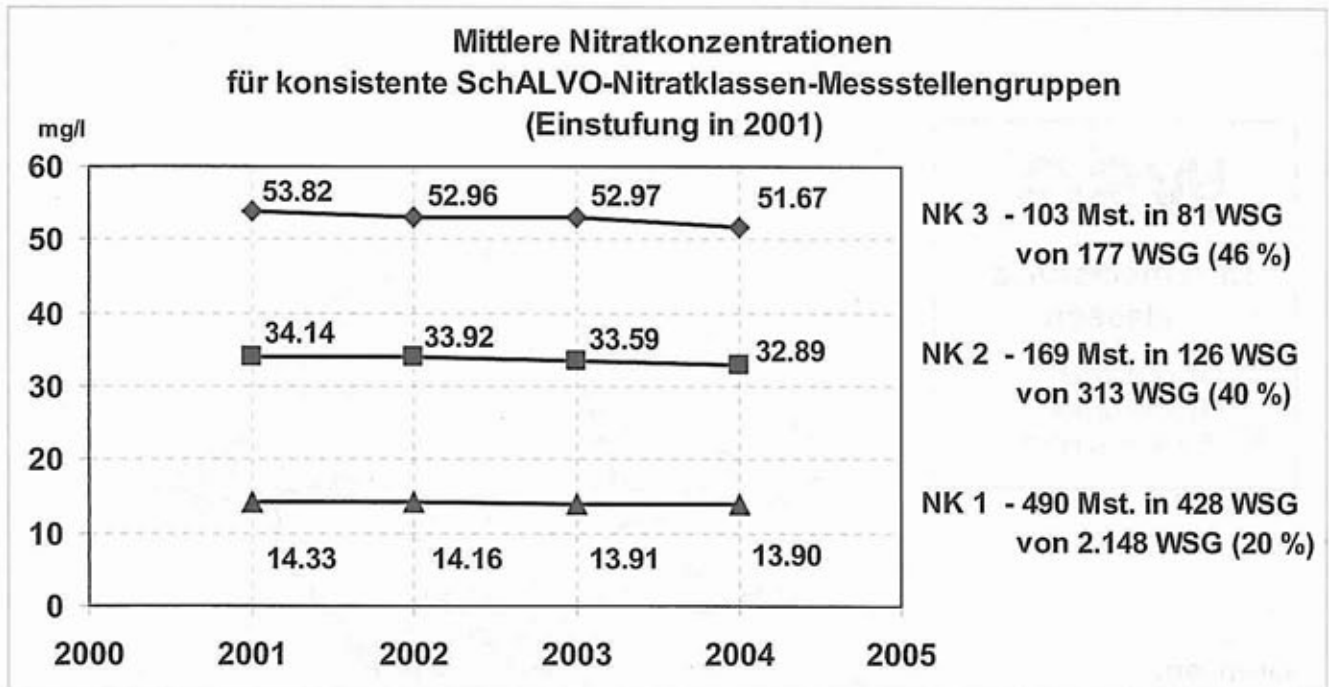


Abb. 2.4.9: Entwicklung der jährlichen Mittelwerte für Nitrat von 2001 bis 2004 für konsistente SchALVO-Nitratklassen-Messstellengruppen über alle pro Jahr und pro Messstelle zur Verfügung stehenden Nitratwerte (SchALVO-Einstufungsbasis: 2001), Abk. siehe Text. Anm. zu Anzahl WSG in den Nitratklassen: Gegenüber Tab. 2.4.3 mit WSG-Stand 2001 ohne mittlerweile aufgehobene und nicht ersetzte WSG.

#### 2.4.2.1 Nitratklassengebiete: Kurzfristige Veränderungen (Vergleich zu den drei Vorjahren)

Trotz der kurzen Beurteilungsdauer von nur vier Jahren wird versucht erste Tendenzen darzustellen.

Die Auswertung über die **konsistenten Nitratklassen - Messstellengruppen** aufgrund der erstmaligen SchALVO-Einstufungsbasis in 2001 zeigt in Abb. 2.4.9:

- **Wasserschutzgebiete (WSG) mit Nitratklasse 1 (NK1) - Normalgebiete:**  
Nahezu unveränderte mittlere Konzentrationen mit einer sehr leichten **Abnahme um etwa minus 0,4 mg/l** von 2001 auf 2004.  
Repräsentativität aufgrund der Ersteinstufung in 2001: 20 % der gesamten NK1 - WSG.
- **Wasserschutzgebiete mit Nitratklasse 2 (NK2) - Problemgebiete:**  
Veränderte mittlere Konzentrationen mit einer auch über 2002 und 2003 registrier-

ten **Abnahme um etwa minus 1,2 mg/l** von 2001 auf 2004.

Repräsentativität aufgrund der Ersteinstufung in 2001: 40 % der gesamten NK2 - WSG.

- **Wasserschutzgebiete mit Nitratklasse 3 (NK3) - Sanierungsgebiete:**  
Veränderte mittlere Konzentrationen mit einer auch über 2002 und 2003 registrierten **Abnahme um etwa minus 2,1 mg/l** von 2001 auf 2004.  
Repräsentativität aufgrund der Ersteinstufung in 2001: 46 % der gesamten NK3 - WSG).  
Die zweite Auswertung über die **nicht konsistenten Nitratklassen - Messstellengruppen** aufgrund der Basis der jeweiligen SchALVO-Einstufungsbasis in jedem Jahr zeigt in Abb. 2.4.10:



- Wasserschutzgebiete mit Nitratklasse 1 (NK1) - **Normalgebiete:**

Nahezu unveränderte mittlere Konzentrationen mit einer leichten **Abnahme um etwa minus 0,6 mg/l** von 2001 auf 2004, von 2002 auf 2003 wurde eine leichte Zunahme um etwa plus 0,5 mg/l registriert.

Repräsentativität aufgrund der jährlichen Ersteinstufungen: 27 - 42 % der gesamten NK1 - WSG pro Jahr.

- Wasserschutzgebiete mit Nitratklasse 2 (NK2) - **Problemgebiete:**

Nahezu unveränderte mittlere Konzentrationen mit einer auch über 2002 und 2003 registrierten leichten **Abnahme um etwa minus 0,7 mg/l** von 2001 auf 2004, von 2003 auf 2004 wurde eine sehr leichte Zunahme um etwa plus 0,1 mg/l registriert.

Repräsentativität aufgrund der jährlichen Ersteinstufungen: 45 - 70 % der gesamten NK2 - WSG pro Jahr.

- Wasserschutzgebiete mit Nitratklasse 3 (NK3) - **Sanierungsgebiete:**

Nahezu unveränderte mittlere Konzentrationen mit einer registrierten sehr leichten **Abnahme um etwa minus 0,3 mg/l** von 2001 auf 2004, von 2001 auf 2002 wurde eine sehr leichte Zunahme von etwa plus 0,4 mg/l registriert.

Repräsentativität aufgrund der jährlichen Ersteinstufungen: 49 - 68 % der gesamten NK3 - WSG pro Jahr.

**Fazit:** Bei allen drei Nitrat-Einstufungsklassen (Normal-, Problem- und Sanierungsgebieten) lassen sich gegenüber 2001 in 2004 bei beiden Auswertungen Abnahmen der jährlichen mittleren Konzentrationen feststellen. Bei Betrachtung der konsistenten Messstellen mit mindestens einer Beprobung pro Jahr ergeben sich für 2004 gegenüber 2001 Abnahmen um 3 - 4 % in allen drei Nitratklassen. Aufgrund der erst kurzen Datenreihe und der hydrologisch extremen Jahre 2003 und 2004 ist die weitere Entwicklung abzuwarten.

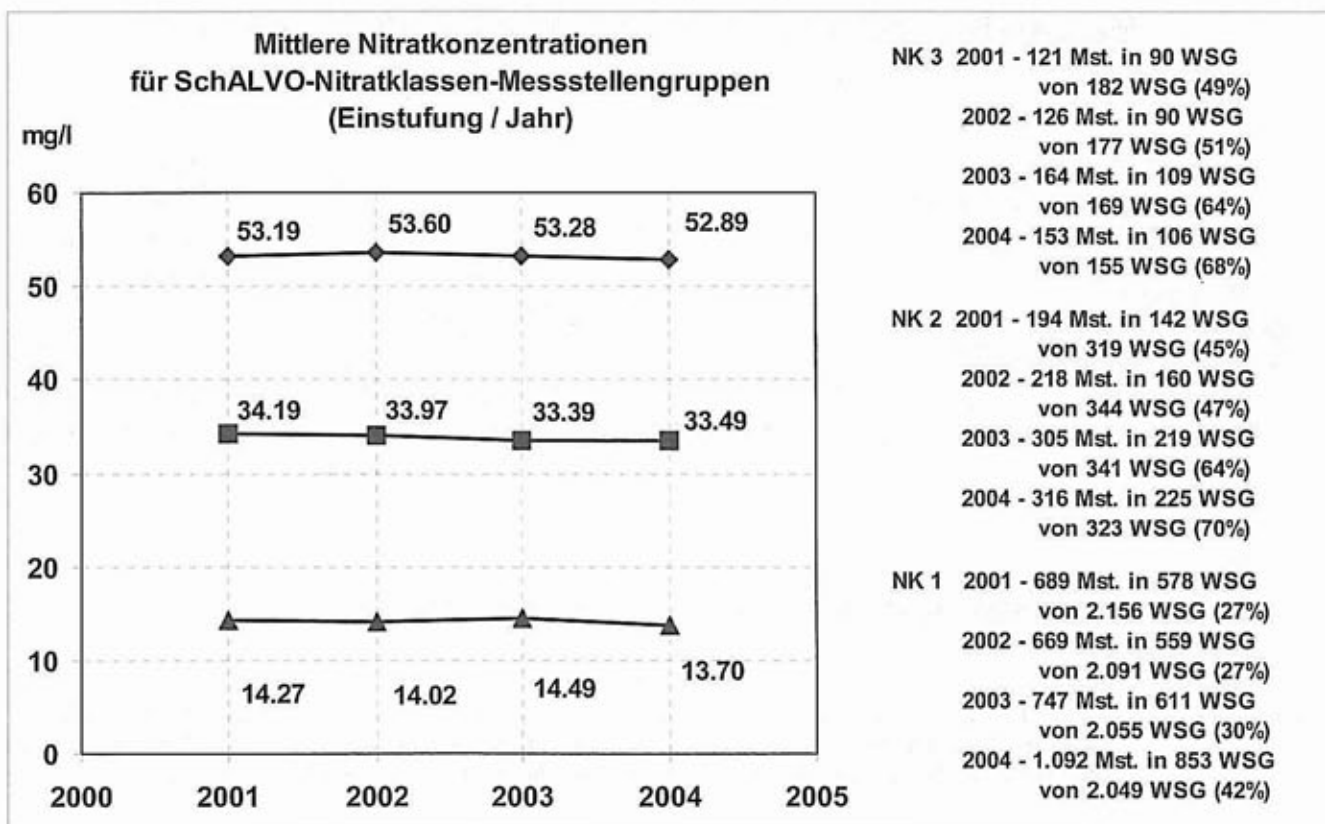


Abb. 2.4.10:

Entwicklung der jährlichen Mittelwerte für Nitrat von 2001 bis 2004 für die pro Jahr eingestufteten SchALVO-Nitratklassen-Messstellengruppen über alle pro Jahr und pro Messstelle zur Verfügung stehenden Nitratwerte (SchALVO-Einstufungsbasis: 2001, 2002, 2003, 2004).

### 2.4.2.2 Mittelfristige Veränderungen innerhalb und außerhalb von Wasserschutzgebieten (Entwicklung seit 1994)

Eine dritte Auswertung (Abb. 2.4.11) zeigt die mittelfristige Entwicklung seit 1994, auch über **konsistente Messstellengruppen, basierend auf der in 2005 aktuellen Lage innerhalb und außerhalb von Wasserschutzgebieten.**

**Fazit:** Auch diese Auswertung zeigt den in den letzten zehn Jahren erheblich abnehmenden Trend bei der Nitratbelastung auf, und zwar sowohl innerhalb wie auch außerhalb von Wasserschutzgebieten.

Die Auswertung der 1.917 Messstellen mit der Differenzierung auf die Messstellenlage innerhalb und außerhalb von Wasserschutzgebieten

lässt, wie schon in den letzten Jahren, keine Unterschiede erkennen.

Bei beiden konsistenten Messstellengruppen existiert ein seit 1994 allgemein **sinkender Trend von etwa 0,36 mg/l/Jahr.**

Bei beiden Gruppen betragen die Abnahmen gegenüber 1994 jeweils etwa 4,1 mg/l, das entspricht je nach Gruppe 14,6 % (außerhalb WSG) bis 15,2 % (innerhalb WSG).

Aufgrund der hydrologisch extremen Jahre 2003 und 2004 ist die weitere Entwicklung abzuwarten.

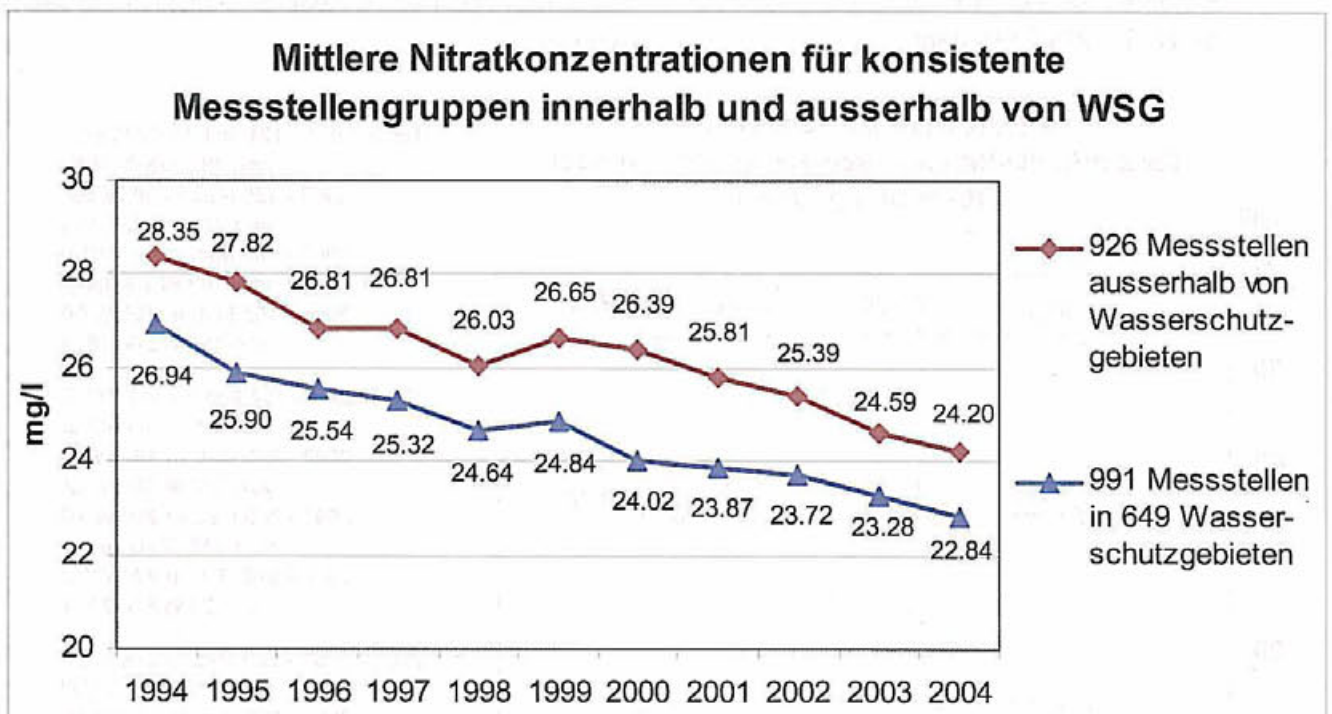


Abb. 2.4.11: Entwicklung der jährlichen Mittelwerte für Nitrat von 1994 bis 2004 für 991 konsistente **Messstellen in Wasserschutzgebieten (WSG)** und für 926 konsistente **Messstellen außerhalb von Wasserschutzgebieten (WSG)** über alle pro Jahr und pro Messstelle zur Verfügung stehenden Nitratwerte.

## 2.5 Pflanzenschutzmittel (PSM)

### 2.5.1 Zulassung, Verwendung, Klassifizierung, Umweltrelevanz

Nach Mitteilung der für die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln zuständigen Biologischen Bundesanstalt bzw. des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL) sind derzeit (Stand 01.01.2005) in der Bundesrepublik Deutschland 253 PSM-Wirkstoffe zugelassen, die in 749 Handelsprodukten auf dem Markt sind.

Die Absatzmenge an PSM-Wirkstoffen belief sich im Jahr 2004 auf 26.579 Tonnen, wobei über die Hälfte dieser Menge auf die Wirkstoffklasse der Herbizide entfiel. Der Anteil an fungiziden Mitteln betrug rund 28 %, während an Insektiziden 1.183 Tonnen abgesetzt wurden, was

einem etwa fünfprozentigen Anteil an der Gesamtmenge entspricht (Tab. 2.5.1).

Der weitaus größte Teil der PSM wird in der Landwirtschaft eingesetzt, während nur ein kleiner Teil der abgesetzten Wirkstoffmenge (etwa 2 %) auf den Bereich Haus und Garten entfällt.

Weiterhin werden Herbizide auf Nichtkulturland, wie auf und an Böschungen, gepflasterten oder nicht versiegelten Brach- und Betriebsflächen, Flugplätzen, Gleisanlagen, Strassen sowie auf Parkplätzen angewendet, um diese Flächen von Pflanzenbewuchs freizuhalten.

Tabelle 2.5.1: Abgesetzte Wirkstoffmengen in Deutschland 2004 (IVA-Mitgliedsfirmen).

Wirkstoffklasse	abgesetzte Wirkstoffmenge in t	Anteil in %
Herbizide	15.113	57
Fungizide	7.547	28
Insektizide	1.183	5
Sonstige	2.736	10
Summe	26.579	100

Quelle: Jahresbericht 2003/2004 des Industrieverbandes Agrar e.V. (IVA).

Neben der Klassifizierung der PSM nach ihrer Wirkung ist es auch gebräuchlich, sie nach Stoffklassen einzuteilen, zu denen sie aufgrund ihrer chemischen Struktur gehören. Damit eng verbunden ist auch die analytische Bestimmungsmethode. Die Stoffklassen, zu denen die wichtigsten synthetisch-organischen Pflanzenschutzmitteln gehören, sind nachfolgend mit beispielhaften Vertretern angegeben.

- **Organochlorverbindungen:**

In der Vergangenheit wurden diese Stoffe in der Regel als Insektizide verwendet. Sie sind meist

schwer abbaubar, reichern sich im Biokreislauf an und sind in der Bundesrepublik schon lange verboten. Beispiele sind: DDT, Hexachlorbenzol, Dieldrin, Lindan.

- **Organophosphorverbindungen:**

Diese Wirkstoffe werden meist als selektive Insektizide oder Akarizide (Milbenbekämpfungsmittel) eingesetzt, deren insektizide Wirkung auf der Hemmung eines für das Nervensystem notwendigen Enzyms (Acetylcholinesterase) besteht. Beispiele: Parathion-Ethyl (E605), Malathion, Chlorpyrifos.

- **Organostickstoffverbindungen:**

Bei den Organostickstoffverbindungen kann man drei Verbindungsklassen unterscheiden. Die Carbamate werden in der Regel als Insektizide eingesetzt und entsprechen in ihrer biologischen Wirkungsweise den Organophosphorverbindungen. Seit dem Anwendungsverbot sehr vieler Organochlorverbindungen haben die Carbamate stetig an Bedeutung gewonnen. Sie gelten als leicht abbaubar. Beispiele: Maneb, Carbofuran, Pirimicarb.

Die Verbindungen, die zur Stoffklasse der Phenylharnstoffe zählen, besitzen in ihrer molekularen Struktur ein Harnstoff- und damit stickstoffhaltiges Grundgerüst. Phenylharnstoffe werden hauptsächlich als Herbizide eingesetzt. Beispiele: Diuron, Chlortoluron, Isoproturon.

Triazine werden oder wurden ebenfalls als Herbizide verwendet. Triazine und ihre Abbauprodukte werden aufgrund ihrer chemischen Struktur im Boden und Wasser nur schwer biologisch abgebaut. Beispiele: Atrazin, Simazin, Terbutylazin.

- **Carbonsäurederivate:**

Aufgrund ihrer chemischen Struktur können die Carbonsäurederivate in Phenoxyalkancarbonsäuren und aliphatische Carbonsäuren unterteilt werden. Gemeinsam ist ihnen, dass sie in der Regel als Herbizide eingesetzt werden und die infolge des Abbaus gebildeten Carbonsäuren nur langsam abgebaut werden. Zudem weisen ihre Salze im Boden eine hohe Mobilität auf. Beispiele: 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure (2,4-D), Mecoprop, Dichlorprop, Dalapon und Trichloressigsäure.

Daneben gibt es zahlreiche Wirkstoffe, die sich keiner der genannten Stoffklassen zuordnen lassen und die verschiedensten Atome wie beispielsweise auch Brom, Fluor, Schwefel, Phosphor, Zinn usw. enthalten.

Nach der Umweltqualitätsnorm der WRRL bzw. der TrinkwV vom 21.05.2001, die zum 01.01.2003 in Kraft getreten ist, gilt generell für die Einzelwerte der PSM-Wirkstoffe und deren

relevante Abbauprodukte ein Grenzwert von 0,1 µg/l. Eine Ausnahme bilden hierbei die vier Organochlorpestizide Aldrin, Dieldrin, Heptachlor und Heptachlorepoxyd, für die nach der neuen TrinkwV ein deutlich niedriger Grenzwert von je 0,03 µg/l festgelegt wurde.

Für die Summe an PSM gilt ein Grenzwert von 0,5 µg/l. Allerdings ist dieser Summenwert nicht wie bei der Summe der LHKW definiert, d.h. es ist nicht festgelegt, wieviele und welche Substanzen zur Summenbildung heranzuziehen sind.

Die genannten Grenzwerte sind Vorsorgewerte, um anthropogene Stoffe vom Trinkwasser fernzuhalten. Einige PSM-Wirkstoffe besitzen humantoxische bzw. karzinogene Eigenschaften oder stehen im Verdacht solche aufzuweisen.

## 2.5.2. Probennahme und Analytik

Die Konzentrationen, mit denen PSM-Wirkstoffe im Grundwasser auftreten, bewegen sich üblicherweise in einem sehr niedrigen Bereich (ng/l bis µg/l). Bereits die Probennahme muss daher mit entsprechender Sorgfalt durchgeführt werden. Die entsprechende Vorgehensweise inklusive der zu verwendenden Probennahmegeräte, Aufbewahrungsbedingungen und Analysemethoden sind im „Leitfaden für Probennahme und Analytik von Grundwasser“ (LfU, 2000) beschrieben.

In den meisten Fällen werden die Wirkstoffe nach einem Anreicherungsschritt (Festphasen- oder Flüssig/Flüssig-Extraktion) mittels der Gaschromatographie (GC) oder der Hochdruck-Flüssigkeits-Chromatographie (HPLC) getrennt und mit einem geeigneten Detektor quantitativ bestimmt. Die Bestimmungsgrenze liegt dabei für die meisten der untersuchten Wirkstoffe bei 0,05 µg/l. In den letzten Jahren werden durch verbesserte Analysemethoden auch niedrigere Bestimmungsgrenzen von beispielsweise 0,02 oder 0,01 µg/l erreicht (s. Anhang Tab. A2). Dieser Sachverhalt ist bei der Interpretation der statisti-

schen Auswertung wie der Anzahl der Positivbefunde zu berücksichtigen.

Die einzelnen Verfahrensschritte bedingen jeweils Ergebnisunschärfen, so dass man bei der Analytik von Pflanzenschutzmitteln und dem damit verbundenen Arbeiten im niedrigen Konzentrationsbereich mit insgesamt höheren Toleranzbereichen als beispielsweise bei der Bestimmung von Nitrat rechnen muss.

In 2004 konnten alle PSM-Befunde mit Grenzwertüberschreitungen an Landesmessstellen durch direkte Paralleluntersuchungen, Analysen von Rückstellproben oder durch erneute Beprobungen mit dreifach parallelen Untersuchungen verschiedener Labore abgesichert werden.

Diese teilweise logistisch und finanziell sehr aufwendigen qualitätssichernden Maßnahmen für Grenzwertüberschreitungen bei Pflanzenschutzmitteln sind nicht zuletzt auch deshalb notwendig, da das Land in einer jährlichen Berichtspflicht dem Umweltbundesamt alle PSM-Befunde eines Kalenderjahres übermittelt. Die Daten der Länder dienen der Biologischen Bundesanstalt bzw. dem Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit letztlich auch der Einschätzung, ob ein bestimmtes Pflanzenschutzmittel in Deutschland weiterhin eine Zulassung erhält.

### 2.5.3. Bisher untersuchte Wirkstoffe

Tabelle 2.5.2 gibt einen Überblick über die hohe Anzahl der Messstellen, die seit 1992 im landesweiten Grundwassermessnetz auf die aufgelisteten PSM-Wirkstoffe untersucht wurden. Damit steht für Baden-Württemberg für sehr viele Wirkstoffe und Abbauprodukte eine große und statistisch verlässliche Datenbasis zur Verfügung. Der Wiederholungsturnus landesweiter Messungen macht dabei auch Aussagen zu Trendentwicklungen möglich.

Aus Kostengründen und aufgrund der sehr breiten Palette überwachungsrelevanter PSM-Parameter war es in den letzten Jahren nicht möglich, jeden Wirkstoff in jedem Jahr zu analysieren. Mehrfach wurden daher bestimmte Stoffe zunächst pilotmäßig an ausgewählten Messstellen und dann je nach Relevanz auch in größerem Umfang untersucht.

Im Jahr 2004 lag der Schwerpunkt der Untersuchungen im Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz in der Analytik ausgewählter Phenoxyalkancarbonsäuren sowie Bentazon, das zur Stoffklasse der Thiadiazine gehört.

Tabelle 2.5.2: Gesamtanzahl der auf PSM untersuchten Messstellen im Grundwassermessnetz 1992 - 2004. Darstellungsvoraussetzung für Wirkstoffe und Abbauprodukte: mindestens 250 untersuchte Messstellen in mindestens einem der Untersuchungsjahre von 1992 - 2004, pro folgendem Untersuchungsjahr nur Nennung von Analysezahlen  $\geq 99$ ; im Fettdruck: Wirkstoffe mit mehr als 2.000 untersuchten Messstellen in mindestens einem Jahr. Quelle: Grundwasserdatenbank, Ergebnisse für 1992-2004 - Stand 04/2005.

Wirkstoff	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
2,4-Dichlorphenoxyessigsäure (2,4D)	334				593				155		2157		2201
2,6-Dichlorbenzamid						2109	213	652	2300	2290	887	652	157
Aldrin	112		122	121	134							2188	
Atrazin	1916	2376	2582	2473	2595	729	1135	1110	2622	2580	1166	653	203
Bentazon	299				558				2150		2135		2194
Bromacil	1554	2106	2356	2234	2348	323	910	835	2365	2343	909	643	160
Carbofuran	143	287	268	275	301	144	119	134	120				
Chlorpyrifos						343					2135		
Chlortoluron	100	109	758	2056	105	271			2216		2191		
Cyanazin	284	263	267	308	535	208	242	283	462	660	249		
DDE, p,p'	733				114					99		2189	
DDT,o,p'	752				114					99		2184	
DDT,p,p'	684				114					99		2189	
Desethylatrazin	1915	2376	2587	2473	2596	737	1135	1110	2623	2591	1166	653	204
Desethylterbutylazin	1775	2268	2483	1193	2494	555	1070	1027	2576	2541	1118	656	197
Desisopropylatrazin	1819	2301	2520	1246	2524	536	1097	1034	2577	2545	1126	652	195
Diazinon	216	201	165	165	173	2218	222	102			2215		
Dicamba											2133		2193
Dichlobenil	202	188	228	237	270	2191	236	125	264	287	189		
Dichlorprop (2,4-DP)	331				590				155		2162		2201
Dieldrin												2186	
Dimethoat	196	224	128	201	146	2190	195		100		2215		
Disulfoton						305					2135		
Diuron	378	509	772	2062	114	606			2220		2192		
Endosulfan, - $\alpha$	752				112							2189	
Endosulfan, - $\beta$	752				112							2189	
Endrin												2189	
Fenitrothion		114			111	2165	160				2184		
Glyphosat						300					196		
Heptachlor												2189	
Heptachlorepoxyd, cis-												2189	
Heptachlorepoxyd, trans-												2189	
Hexachlorbenzol	187				112							2189	
Hexachlorcyclohexan, - $\alpha$	755				114					314		2183	
Hexachlorcyclohexan, - $\beta$	754				114					313		2188	
Hexachlorcyclohexan, - $\gamma$ (Lindan)	767	142	143	130	173					317		2188	
Hexachlorcyclohexan, - $\delta$										314		2188	
Hexazinon	1625	2115	2344	2226	2363	357	940	866	2397	2374	946	647	165
Isodrin												2188	
Isoproturon	144	174	797	2096	129	2196	143		2233		2191		
Linuron		128	754	2016					118		2163		
Malathion		125	121			2171	162				2189		
MCPA					190				155		2160		2199
Mecoprop (MCP)	332				590				156		2162		2201
Metalaxyl	1591	2092	2277	963	2267	271	886	767	2318	2291	857	645	136
Metazachlor	1899	2361	2576	1289	2577	591	1136	1088	2605	2565	1149	657	196
Methabenzthiazuron	99	109	730	2021		243			164		2163		
Metolachlor	1902	2362	2571	1239	2577	610	1135	1087	2605	2550	1126	655	197
Metribuzin	202	259	226	236	277	110	139	114	186	181			
Parathion-ethyl (E 605)	248	200	350	251	350	2203	265	133	211	173	2221		
Parathion-methyl	251	252	368	283	304	143	156	133	117				
Pendimethalin	212	198	223	199	309	2231	245	175	288	270	2201		
Pentachlornitrobenzol (Quintocen)												2189	
Propazin	1739	2235	2482	1254	2471	537	1047	981	2530	2500	1087	657	195
Sebutylazin	291	192	244	204	255	2226	256	192	261	242	2274		
Simazin	1908	2368	2587	2471	2594	688	1137	1108	2623	2588	1165	656	196
TDE,p,p'	699				114							2189	
Terbutylazin	1905	2368	2589	2470	2595	690	1134	1108	2622	2588	1164	658	202
Triallat	226	421	468	308	497	206	188	249	354	294	177		
Trifluralin	164				130	2159	173		141	126	2174		

#### 2.5.4. Phenoxyalkancarbonsäuren

Bei den PSM-Untersuchungen lag der Schwerpunkt in 2004 auf der Analyse ausgewählter Phenoxyalkancarbonsäuren, die in 2000 und 2002 erneut landesweit, d. h. an ca. 2.100 Messstellen, analysiert wurden.

Wie bei den beiden vorhergehenden Beprobungskampagnen wurden die Grundwasserproben auch 2004 auf die Wirkstoffe **2,4-Dichlorphenoxyessigsäure (2,4-D)**, **Dichlorprop (2,4-DP)**, **Mecoprop (MCP)**, **4-Chlor-2-methylphenoxyessigsäure (MCPA)** und **Dicamba** untersucht.

Alle fünf Wirkstoffe werden aufgrund ihrer herbiziden Wirkung eingesetzt und finden sich in zahlreichen Handelsprodukten wieder. Neben Präparaten, die den jeweiligen Einzelwirkstoff enthalten, gibt es zahlreiche Handelsprodukte, die als Kombinationspräparate vertrieben wer-

den und häufig zwei der aufgezählten und untersuchten Phenoxyalkancarbonsäuren enthalten. Die einzelnen Handelsprodukte sind für die verschiedensten Kulturen und damit Anwendungsgebiete zugelassen.

Wegen ihres in der Regel breiten herbiziden Wirkungsspektrums werden 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure (2,4-D), Dichlorprop (2,4-DP), Mecoprop (MCP), 4-Chlor-2-methylphenoxyessigsäure (MCPA) und Dicamba bei den Winter- und Sommerkulturen der Getreidearten Weizen, Gerste, Roggen und Hafer eingesetzt. Präparate mit Dicamba als Wirkstoff dürfen darüber hinaus bei Maiskulturen angewandt werden. Zur Bekämpfung zweikeimblättriger Unkräuter in Rasenflächen und auf Wiesen und Weiden kommen neben Dicamba, Dichlorprop, Mecoprop, 2,4-D und MCPA zur Anwendung. Im Obstanbau dürfen die beiden Herbizide Mecoprop und MCPA eingesetzt werden.

Tabelle 2.5.3: Überschreitungshäufigkeiten von Bestimmungsgrenze, Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms und Grenzwert der TrinkwV für ausgewählte Phenoxyalkancarbonsäuren in 2004.

Parameter	Dimension	Anzahl Mst.	>BG		>WW		>GW		Max
			Mst.	%	Mst.	%	Mst.	%	
2,4-D	µg/l	2080	2	0,1	0	0	0	0	0,08
Mecoprop	µg/l	2082	4	0,2	2	0,1	2	0,1	<b>0,74</b>
Dichlorprop	µg/l	2082	3	0,1	1	0	1	0	<b>0,23</b>
MCPA	µg/l	2080	4	0,2	0	0	0	0	0,08
Dicamba	µg/l	2082	5	0,2	1	0	1	0	<b>5,30</b>

#### Statistische Kennzahlen und regionale Verteilung

Die sich aus den Untersuchungen für das gesamte Landesmessnetz ergebenden statistischen Daten sind in Tabelle 2.5.3 zusammengestellt. Die statistische Auswertung zeigt, dass in 2004 keines der fünf Herbizide im Gesamtmessnetz an mehr als 0,2% der Landesmessstellen nachzuweisen war.

Im Vergleich zu den landesweiten Untersuchungen dieser Wirkstoffe in 2002 sind bei vier der fünf Phenoxyalkancarbonsäuren abnehmende Nachweishäufigkeiten feststellbar. Dabei ergeben sich bei Mecoprop und MCPA die stärksten Rückgänge von 0,5% auf 0,2%.

Im Gegensatz dazu ist die Anzahl der Messstellen mit Dicamba-Befunden über der Bestimmungsgrenze von vier auf fünf Messstellen angestiegen.

Der Grenzwert der Umweltqualitätsnorm der WRRL bzw. der Trinkwasser-Verordnung von 0,1 µg/l wurde landesweit an insgesamt vier Messstellen überschritten. Der höchste Einzelbefund wurde dabei bei einem Pegel im Rhein-Neckar-Kreis, der bei der Beprobung in 2002 noch keine Auffälligkeiten zeigte, festgestellt. Bei der Grundwasserprobe dieser Messstelle ergab sich in 2004 für Dicamba ein Analysewert von 5,3 µg/l. Mecoprop wurde an zwei Messstellen in Bruchsal und Mannheim mit Konzentrationen über dem Grenzwert nachgewiesen, wobei die Messstelle in Bruchsal mit 0,74 µg/l bereits in 2002 eine Mecoprop-Grenzwertüberschreitung aufwies. Die höchste landesweite Dichlorprop-Konzentration mit einem Wert von 0,23 µg/l wurde an einer Messstelle in Altlußheim im Rhein-Neckar-Kreis registriert.

#### 2.5.5. Bentazon

Auch Bentazon wurde bei der Herbstbeprobungskampagne 2004 nach 2000 und 2002 erneut flächendeckend, d. h. an ca. 2.100 Landesmessstellen, untersucht.

Auf die hohen Nachweishäufigkeiten und Bentazonfunde mit Konzentrationen über dem Grenzwert der Trinkwasser-Verordnung in baden-württembergischen Grundwasserproben macht die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg bereits seit Jahren aufmerksam. Auch die Wasserversorgungsunternehmen in Baden-Württemberg beklagen Probleme mit Bentazon verunreinigten Grundwasservorkommen, die zur Trinkwassergewinnung genutzt werden. Mit Bentazon belastete Brunnen müssen entweder geschlossen oder das Rohwasser mit aufwändigen und kostspieligen Reinigungsverfahren aufbereitet werden, womit sich neben der umweltpolitischen auch eine ökonomische Problematik verbindet.

In humusreichen, landwirtschaftlich genutzten Böden wird Bentazon vergleichsweise gut abgebaut. Sehr problematisch sind jedoch die gute Wasserlöslichkeit und die nur schwache Adsorption an der organischen Bodenmatrix, die Bentazon zu einem hochmobilen Pflanzenschutzmit-

tel-Wirkstoff machen. Solche Eigenschaften führen zwangsläufig dazu, dass nicht metabolisiertes Bentazon ins Grundwasser verlagert wird, wo es infolge seiner Stabilität auch noch lange nach dem eigentlichen Eintrag nachzuweisen ist.

In der BRD sind derzeit vier Handelsprodukte mit Bentazon als Herbizid wirkendem Inhaltsstoff zugelassen, die alle von einer Firma hergestellt werden. Während es sich bei den beiden Handelsprodukten Basagran und Basagran-Dryflo um reine Bentazon-Präparate handelt, enthält Artett neben Bentazon den Wirkstoff Terbutylazin und Basagran DP zusätzlich Dichlorprop. Bentazon wirkt als Blattherbizid selektiv gegen zweikeimblättrige Unkräuter.

Die einzelnen Handelsprodukte sind für die Anwendung in verschiedenen Kulturen zugelassen. Basagran Dryflo darf im Erbsenanbau und Artett bei Maiskulturen angewandt werden. Durch das baden-württembergische - über die Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung (SchALVO) geregelte - Anwendungsverbot von Terbutylazin in Wasserschutzgebieten ist es auch nicht erlaubt, Kombinationspräparate, wie Artett, das neben Bentazon Terbutylazin enthält, in den Wasserschutzgebieten des Landes einzusetzen. Basagran und Basagran DP werden hauptsächlich im Getreideanbau eingesetzt. Basagran darf darüber hinaus bei einigen Gemüsekulturen wie beispielsweise Erbsen und Bohnen sowie bei verschiedenen Kräuterarten angewandt werden.

Bis das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit im April 2005 verschiedene Korrekturen bei den Anwendungsbestimmungen für bentazonhaltige Präparate durchführte, war es erlaubt, Basagran auch bei Kartoffelkulturen einzusetzen.

Seit April 2005 ist diese Anwendung neben dem Einsatz von bentazonhaltigen Präparaten vor dem 15. April eines Kalenderjahres verboten. Ebenso gilt seit diesem Zeitpunkt die Anwendungsbestimmung, dass Bentazon auf den Bodenarten reiner Sand, schwach schluffiger Sand und schwach toniger Sand nicht angewandt werden darf.



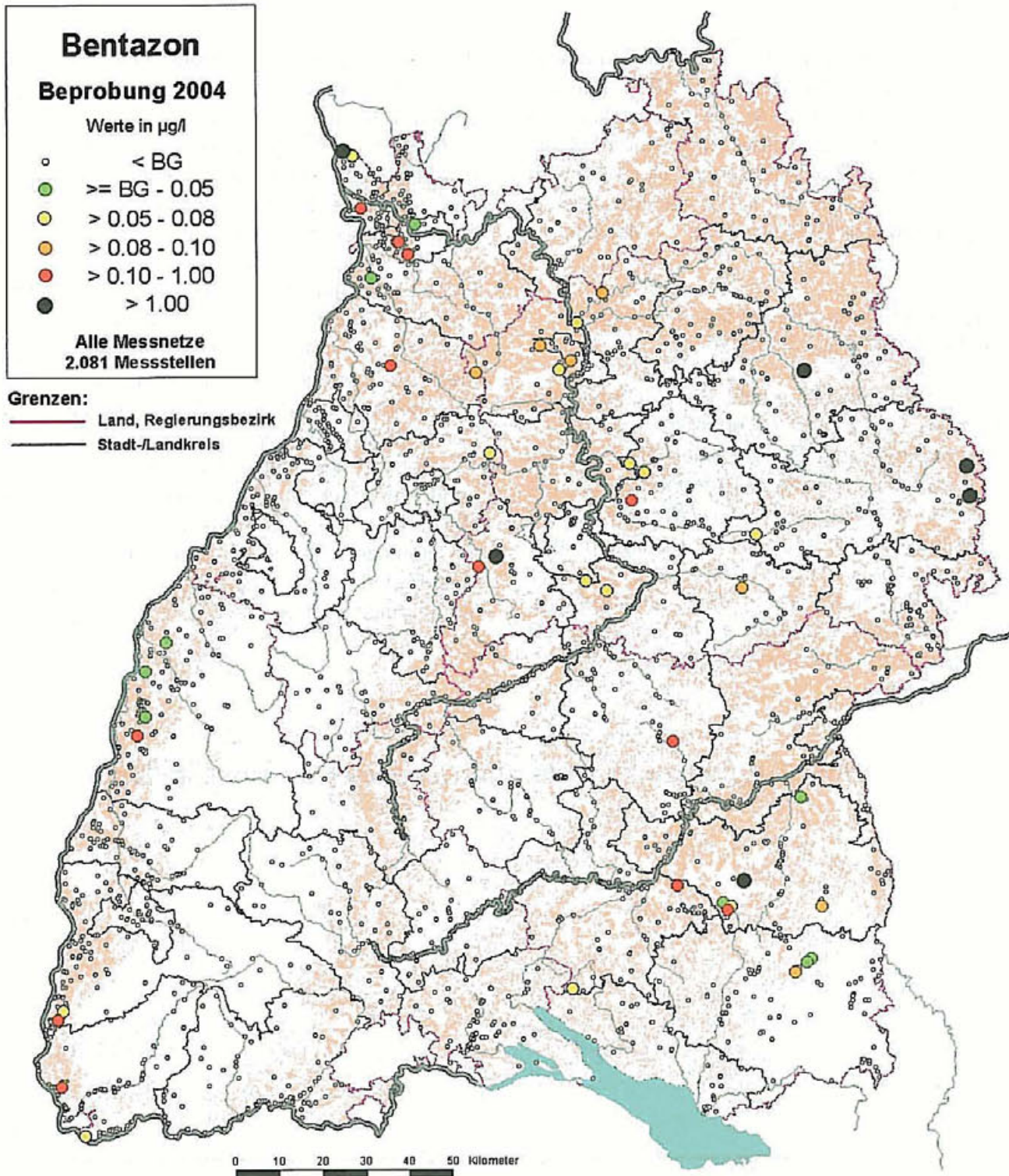


Abbildung 2.5.1: Konzentrationsverteilung des Herbizids **Bentazon** im Jahr 2004 mit Landnutzung (Ackerbau = braun).

## Statistische Kennzahlen und regionale Verteilung

Bentazon wurde im Herbst 2004 im Grundwasserüberwachungsprogramm an 2.081 Landesmessstellen untersucht. An 48 Messstellen ließ sich Bentazon nachweisen, was einem Messstellenanteil von 2,3 % entspricht. Der Warnwert von 0,08 µg/l wurde an 1,2 % der Messstellen überschritten, der Grenzwert an 19 Messstellen (0,9 %).

Die regionale Verteilung der Messergebnisse geht aus Abbildung 2.5.1 hervor.

Wie bereits erwähnt, macht die Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg auf die im Zusammenhang mit Grundwasser-Untersuchungen besorgniserregenden Ergebnisse von mit Bentazon kontaminierten Grundwasserproben bereits seit Jahren aufmerksam. Die Erkenntnisse aus den landesweiten Untersuchungen zur Bentazon-Belastung waren die Grundlage und stellen den Hintergrund für ein im Januar 2002 begonnenes Sonderuntersuchungsprogramm

dar. Im Rahmen dieses dreijährigen Sonderprojektes wurden eine Reihe ausgewählter Messstellen in einem mindestens zweimonatigen Beprobungsrhythmus auf Bentazon untersucht, um eine breitere Datengrundlage zur Entwicklung und Verlauf der Bentazonkonzentrationen belasteter Messstellen zu erhalten.

Im Rahmen der Qualitätssicherung wurden zur Absicherung der einzelnen Messwerte die an den einzelnen Messstellen regelmäßig entnommenen Grundwasserproben jeweils von mindestens zwei unabhängigen Laboratorien analysiert. Von Januar 2002 bis September 2004 wurden 17 Beprobungskampagnen an ausgewählten Landesmessstellen durchgeführt, wobei für 16 Messstellen aus jeder dieser Beprobungsrunde ein Bentazon-Messwert vorliegt und somit 16 Messstellen diese spezielle Konsistenzbedingung erfüllen (vgl. Abb.2.5.2).

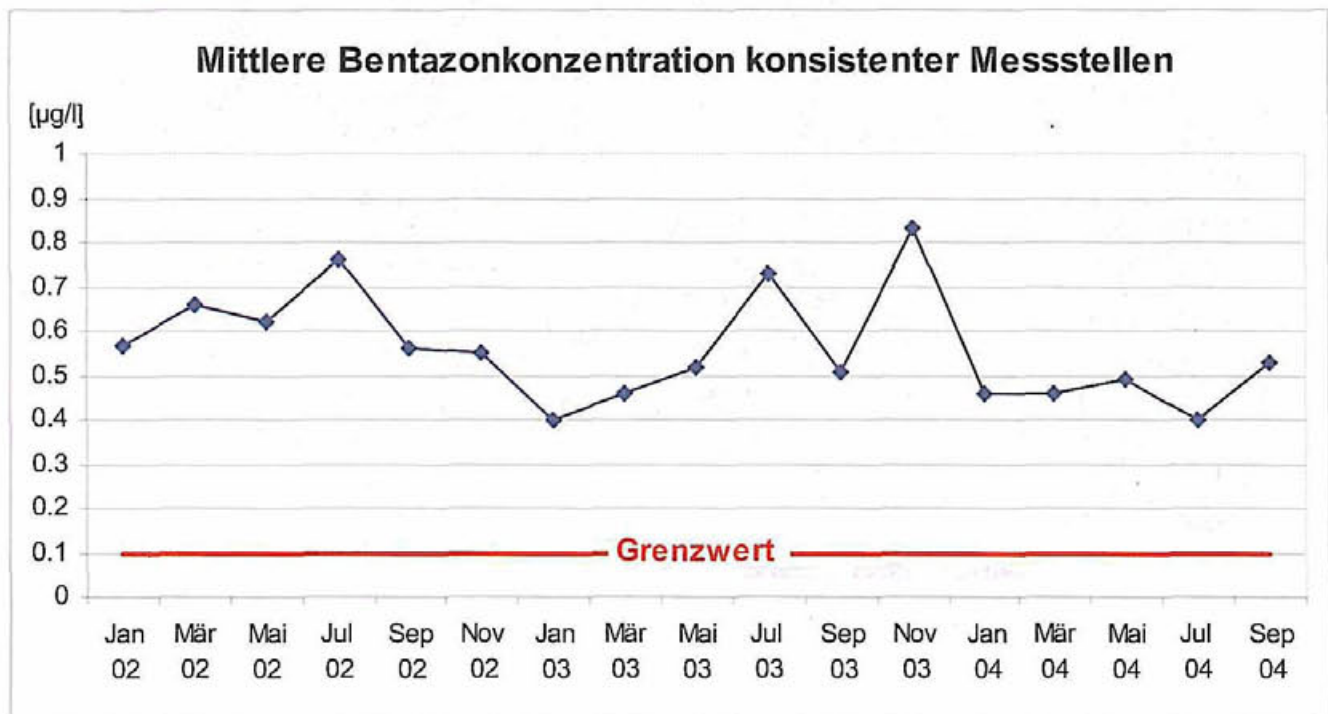


Abbildung 2.5.2: Entwicklung der mittleren Bentazonkonzentration zwischen Anfang 2002 bis 2004 an einer Messstellengruppe mit 16 konsistenten Messstellen.

Von den 16 Bentazonwerten, die zu jeder einzelnen Beprobungsrunde an diesen 16 konsistenten Messstellen vorliegen, wurde jeweils der Mittelwert gebildet und gegen die Zeit aufgetragen. Der dadurch erhaltene Bentazon-Konzentrationsverlauf ist in Abbildung 2.5.2 graphisch dargestellt.

Die mittlere Bentazonkonzentrationen dieser konsistenten Messstellen liegt über den gesamten Zeitraum von knapp 3 Jahren auf sehr hohem Niveau und weit über dem Trinkwasser-Grenzwert von  $0,1 \mu\text{g/l}$ . Abgesehen von hohen mittleren Befundraten wird durch die in der Abbildung wiedergegebene zeitliche Entwicklung der Konzentrationen deutlich, wie nachhaltig sich die Verunreinigung von Grundwässern mit dem Herbizid Bentazon auswirkt. Wird Bentazon infolge seiner hohen Mobilität ins Grundwasser verlagert, bleibt es dort über einen sehr langen Zeitraum erhalten und die Konzentrationen nehmen, unter der Voraussetzung, dass Bentazon nicht weiterhin kontinuierlich eingetragen wird, nur sehr langsam wieder ab. Die 16 Messstellen, die für die Auswertung herangezogen wurden, sind landesweit in Baden-Württemberg verteilt. Ihre Lage zeigt Abbildung 2.5.3.

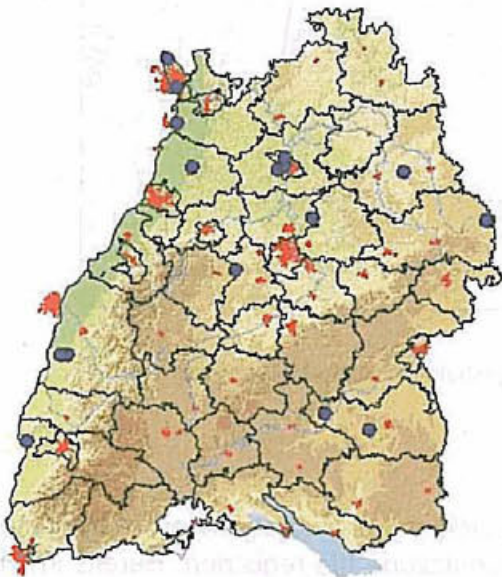


Abbildung 2.5.3: Lage der 16 konsistenten Bentazon-Messstellen.

### 2.5.6. Bentazon-Grenzwertüberschreitungen in Wasserschutzgebieten

Nach § 5 der baden-württembergischen Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung - SchALVO - ist ein Wasserschutzgebiet als Pflanzenschutzmittelsanierungsgebiet einzustufen, wenn ein Pflanzenschutzmittelwirkstoff oder Pflanzenstärkungsmittel oder eines seiner Abbauprodukte eine Konzentration von  $0,1 \mu\text{g/l}$  überschreitet. Die Wasserbehörde kann mittels Allgemeinverfügung die Anwendung des Wirkstoffs bzw. die diesen Wirkstoff enthaltenen Mittel in belasteten Wasserschutzgebieten verbieten.

Eine derartige Allgemeinverfügung wird im Bedarfsfall für solche Pflanzenschutzmittel erlassen, die nach der Pflanzenschutz-Anwendungsverordnung keine W-Auflage haben, d.h. die in Wasserschutzgebieten eingesetzt werden dürfen.

Wie im vorangegangenen Abschnitt erwähnt und anhand der statistischen Übersichtstabelle in Kapitel 3 zu ersehen ist, wurde an Grundwasserproben von 19 Landesmessstellen bei den in 2004 durchgeführten Bentazon-Untersuchungen der Grenzwert von  $0,1 \mu\text{g/l}$  überschritten. Besonders alarmierend ist dabei, dass von diesen 19 Landesmessstellen acht Messstellen in insgesamt sieben Wasserschutzgebieten liegen. Zwei dieser Wasserschutzgebiete befinden sich im Rhein-Neckar-Raum, eins im Landkreis Sigmaringen, zwei im Kreis Biberach und zwei Wasserschutzgebiete liegen im Markgräfler Land in den Landkreisen Breisgau-Hochschwarzwald und Lörrach.

Exemplarisch werden die Bentazon-Untersuchungsergebnisse von fünf dieser sieben Wasserschutzgebieten im nachfolgenden Abschnitt in Form von entsprechenden Ausschnittskarten kurz vorgestellt. Anhand der Beschriftung und der Farbgebung sind die einzelnen Zonen der Wasserschutzgebiete zu erkennen. Die Bentazonkonzentrationen, die bei Untersuchungen durch die Landesanstalt für Umweltschutz an den einzelnen, durch die roten Punkte markierten, Messstellen festgestellt wurden, sind direkt durch entsprechende Textfelder in den Karten

den jeweiligen Messstellen zugeordnet. Neben den Bentazon-Analysen, die im Rahmen der Herbstbeprobungskampagne 2004 erhalten wurden, sind auch Untersuchungsergebnisse aus früheren Jahren in die Betrachtung mit eingeflossen, um so ein vollständigeres Bild zu erhalten.

### Wasserschutzgebiet Eppelheim

Das Wasserschutzgebiet Eppelheim (Abb. 2.5.4) liegt im Rhein-Neckar-Kreis und umfasst eine Gesamtfläche von 150 ha. In 2004 wurden an

zwei Landesmessstellen innerhalb dieses Wasserschutzgebietes Bentazonkonzentrationen, die mit  $0,39 \mu\text{g/l}$  und  $0,2 \mu\text{g/l}$  deutlich über dem Grenzwert der TrinkwV lagen, festgestellt.

Darüber hinaus wurde an einer Messstelle (1238/306-6), die zum Messnetz der Wasserversorgungsunternehmen gehört, im Spätherbst 2004 ein Bentazongehalt von  $0,16 \mu\text{g/l}$  registriert. Diese Messstelle ist im oberen Bildbereich zu erkennen und liegt innerhalb der Schutzzone I, die auf der Karte durch die hellrote Farbe markiert ist (Abb. 2.5.4).



Abbildung 2.5.4: Wasserschutzgebiet Eppelheim im Rhein-Neckar-Kreis.

### Wasserschutzgebiet Efringen-Kirchen neu

Das Wasserschutzgebiet Efringen-Kirchen (Abb. 2.5.5) neu befindet sich südöstlich von Efringen-Kirchen im Landkreis Lörrach und umfasst eine Gesamtfläche von 327 ha. Die Bentazon-Grenzwertüberschreitung, die im Rahmen der Untersuchungen des Grundwasserüberwachungsprogramms im September 2004 in diesem WSG

festzustellen war, wurde an einer Messstelle in der Schutzzone IIIa registriert. Bereits im Herbst 2002 wurde an einer Messstelle innerhalb der Schutzzone I dieses Wasserschutzgebietes eine Bentazonkonzentration von  $0,08 \mu\text{g/l}$  gemessen. In 2004 ergaben die Untersuchungen an dieser Messstelle keinen Positivbefund für Bentazon (Abb. 2.5.5).

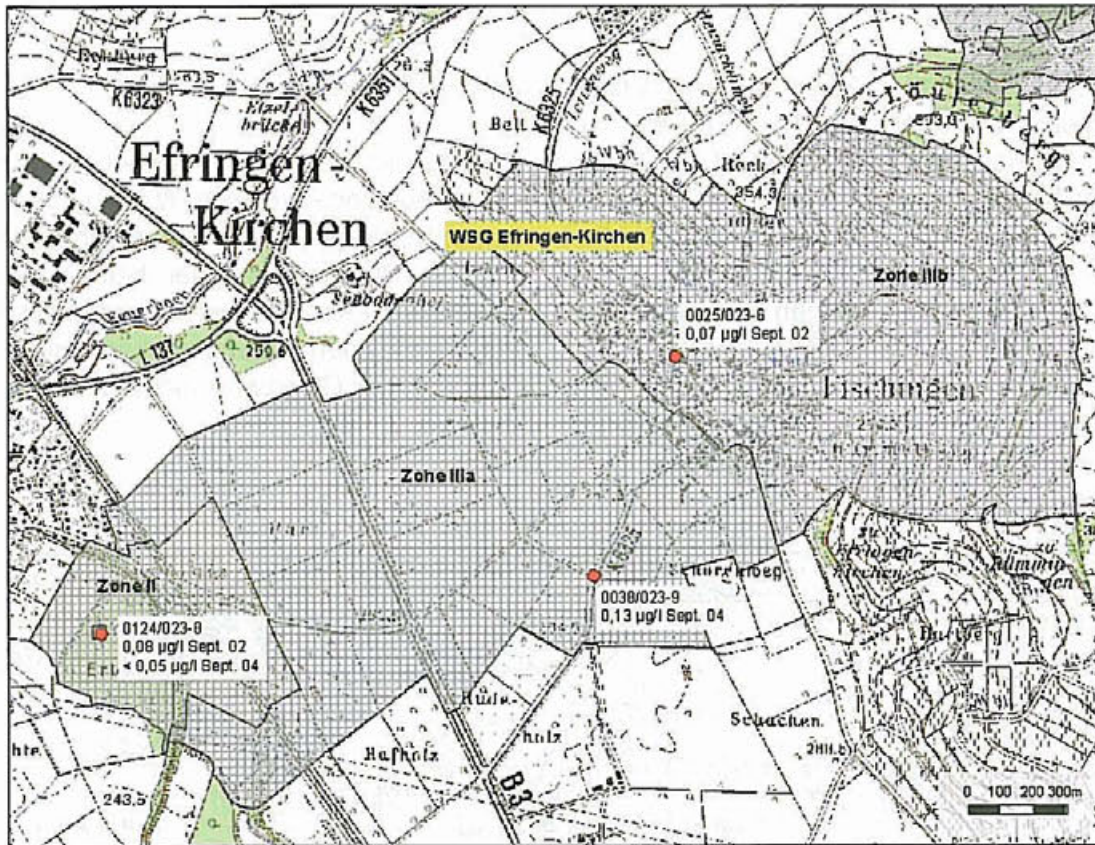


Abbildung 2.5.5: Wasserschutzgebiet Efringen-Kirchen im Landkreis Lörrach.

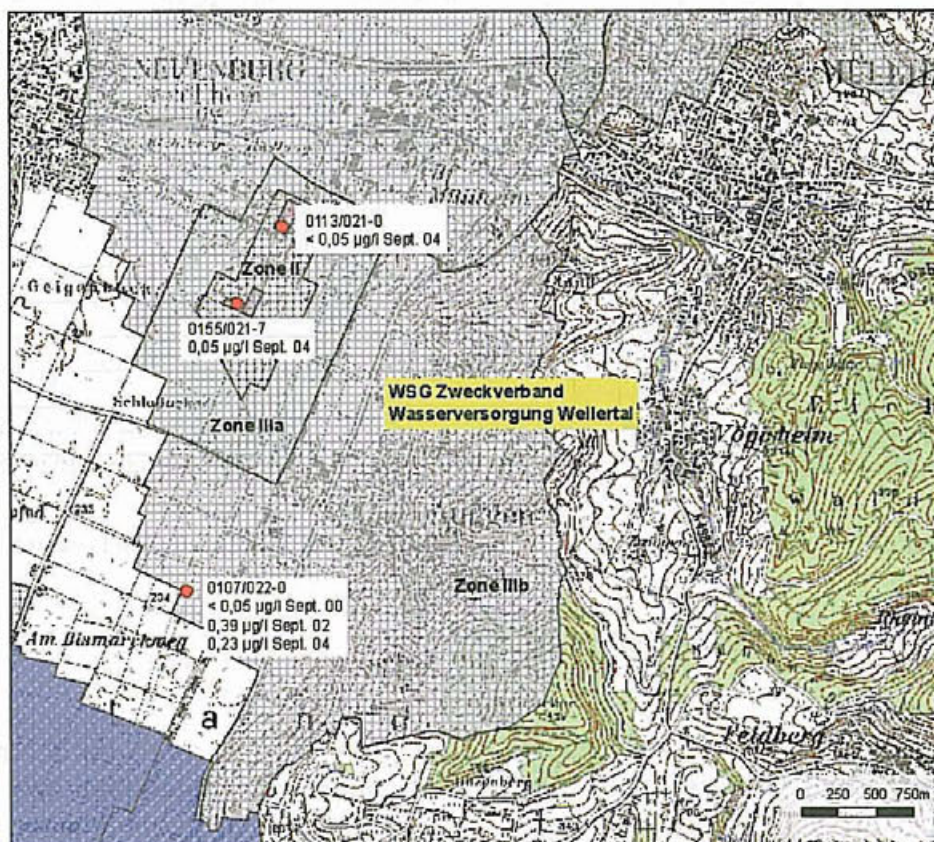


Abbildung 2.5.6: Wasserschutzgebiet Zweckverband WV Weilertal im Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald.

## Wasserschutzgebiet Zweckverband Wasserversorgung Weilertal

Das Wasserschutzgebiet Zweckverband Wasserversorgung Weilertal (Abb. 2.5.6) liegt im Landkreis Breisgau-Hochschwarzwald bei Neuenburg am Rhein und umfasst eine 876 ha große Gesamtfläche. Eine Landesmessstelle, die am Rand der Schutzzone IIIb dieses Wasserschutzgebietes liegt, wies bei den Bentazon-Untersuchungen in 2004 mit  $0,23 \mu\text{g/l}$  erneut eine deutliche Überschreitung des PSM-Grenzwertes von  $0,1 \mu\text{g/l}$  auf, nachdem in 2002 an derselben Messstelle ein Bentazongehalt von  $0,39 \mu\text{g/l}$

analysiert wurde,

Darüber hinaus wurden im Herbst 2004 zwei, in der Schutzzone I dieses Wasserschutzgebietes liegende, Messstellen untersucht. Dabei ließ sich an Proben einer der beiden Messstellen ebenfalls Bentazon nachweisen, wobei mit der festzustellenden Bentazonkonzentration von  $0,05 \mu\text{g/l}$  der Grenzwert nicht überschritten wurde (Abb. 2.5.6).

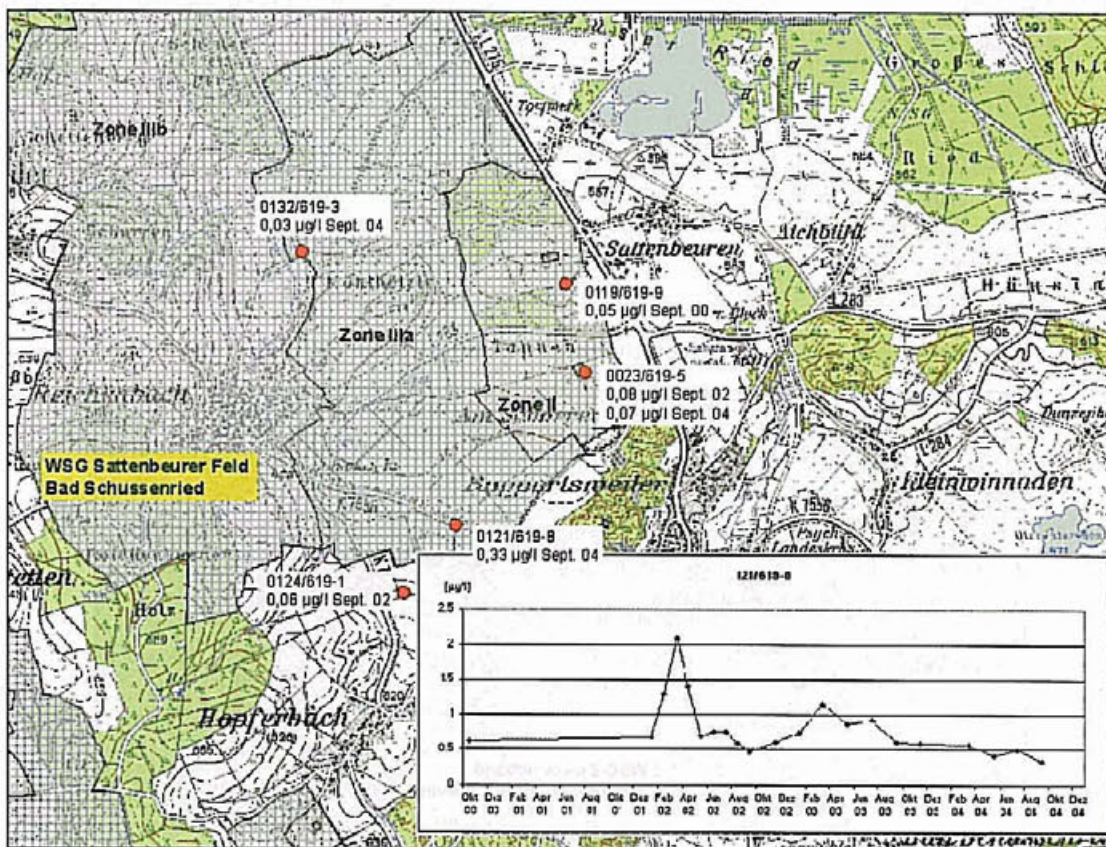


Abbildung 2.5.7: Wasserschutzgebiet Sattenbeurer Feld, Bad Schussenried im Landkreis Biberach.

## Wasserschutzgebiet Sattenbeurer Feld, Bad Schussenried

Das 1.108 ha umfassende Wasserschutzgebiet Sattenbeurer Feld, Bad Schussenried (Abb. 2.5.7) befindet sich im Landkreis Biberach und liegt südwestlich der Kreisstadt. An der Mess-

stelle 0121/619-8, die in der Schutzzone IIIa dieses Wasserschutzgebietes liegt, werden seit Jahren hohe Bentazongehalte nachgewiesen, die mit Konzentrationen zwischen  $0,3 \mu\text{g/l}$  und

2,1 µg/l deutlich über dem zulässigen Grenzwert liegen.

Aufgrund der hohen Bentazonwerte wurde diese Messstelle in das im Kapitel 2.5.5 erläuterte Bentazon-Sondermessprogramm aufgenommen, weshalb nun für diese Landesmessstelle eine dichte Datengrundlage bezüglich der zeitlichen Belastungsentwicklung des betroffenen Grundwassers mit diesem PSM-Wirkstoff vorliegt. Die analysierten Bentazonwerte sind entsprechend der zugehörigen Probennahmezeitpunkte graphisch in dem ebenfalls in Abbildung 2.5.7 dargestellten Diagramm wiedergegeben.

Im Herbst 2004 wurde an dieser Messstelle mit 0,33 µg/l der bislang niedrigste Bentazongehalt in dieser Zeitreihe registriert. Dies ist eine dreifache Überschreitung des Grenzwertes. Die Untersuchung von Grundwasserproben der Messstelle 0023/619-5, die in der Schutzzone I dieses Wasserschutzgebietes liegt, ergab in 2004 mit einer Bentazonkonzentration von 0,07 µg/l einen Wert knapp unter dem Warnwert von 0,08 µg/l (Abb. 2.5.7).

### Wasserschutzgebiet Eichen Zweckverband WV Ahlenbrunnengruppe

Das Wasserschutzgebiet Eichen Zweckverband Wasserversorgung Ahlenbrunnengruppe (Abb. 2.5.8) liegt im Landkreis Biberach westlich der Kreisstadt und umfasst eine Gesamtfläche von 679 ha.

Die im Auftrag der LfU im Bentazon-Sondermessprogramm beprobte Landesmessstelle 0012/669-1 liegt in der Schutzzone IIIb des Wasserschutzgebietes. Auch diese Messstelle wurde im Rahmen des in kurzen Beprobungsabständen in den letzten drei Jahren regelmäßig untersucht. Das Diagramm zur zeitlichen Entwicklung der analysierten Bentazonkonzentrationen in Abbildung 2.5.8 zeigt nachgewiesene Bentazongehalte zwischen 0,6 µg/l und 2,1 µg/l, wobei im September 2004 die untersuchte Grundwasserprobe Bentazon in einer Konzentration von 1,17 µg/l enthielt.

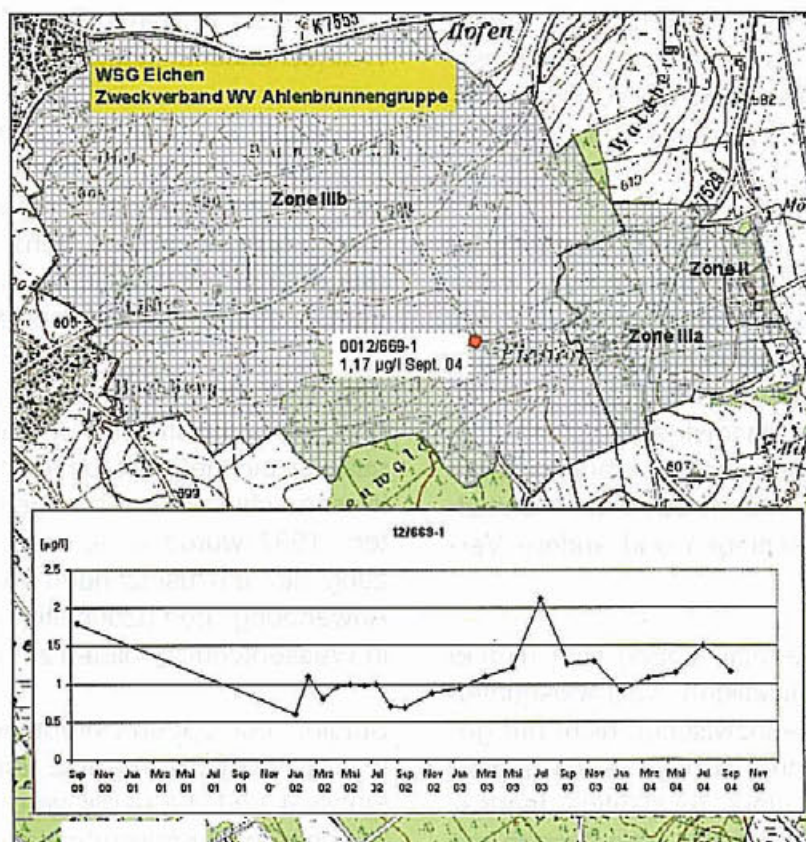


Abbildung 2.5.8: Wasserschutzgebiet Eichen ZV WV Ahlenbrunnengruppe im Landkreis Biberach.

### 2.5.7 Bewertung der Gesamtsituation

In der Grundwasserdatenbank liegen derzeit Analysenergebnisse von 164 PSM-Wirkstoffen und deren Abbauprodukten vor. Davon wurden diejenigen 90 Wirkstoffe ausgewertet und in Tabelle 2.5.4 zusammengestellt, die im Zeitraum von 1992 bis 2004 jeweils an insgesamt mindestens 200 Messstellen untersucht wurden, wobei bei Vorliegen mehrerer Messwerte der Medianwert über den Gesamtzeitraum der betreffenden Messstelle bewertet wurde.

31 Wirkstoffe sind an keiner Messstelle nachweisbar. Zur PSM-Belastung, d.h. mit positiven Befunden im Grundwasser, tragen 59 Wirkstoffe und deren Abbauprodukte bei. Davon werden 30 Stoffe in Konzentrationen unter dem Trinkwassergrenzwert von 0,1 µg/l nachgewiesen. Weitere 23 Wirkstoffe führen zu Überschreitungen des Grenzwertes an bis zu 1 % der Messstellen.

Zur landesweiten Hauptbelastung tragen sechs langlebige Wirkstoffe bzw. deren Abbauprodukte bei, die meist schon seit längerer Zeit nicht mehr zugelassen oder verboten sind, aber deren Stoffkonzentrationen an 1 bis 5,3 % der Messstellen über dem Grenzwert der Umweltqualitätsnorm der WRRL bzw. der TrinkwV vom 21.05.2001 liegen.

In der Reihenfolge ihrer Nachweishäufigkeit 1992-2004 sind dies: Desethylatrazin (30,3 %), Atrazin (23,7 %), 2,6-Dichlorbenzamid (6,3 %), Bentazon (4,3 %), Hexazinon (3,9 %) und Bromacil (3,1 %). Ursachen sind nicht nur ehemalige Anwendungen im landwirtschaftlichen Bereich z.B. im Mais-, Wein- und Obstanbau sowie Erwerbsgärtnereien, sondern auch auf Nichtkulturland wie z.B. Gleisanlagen und andere Verkehrsflächen.

Atrazin und Desethylatrazin (DEA) sind hierbei mit immer noch zweistelligen Nachweisquoten die Hauptvertreter. Die inzwischen nicht nur gegenüber den 90er Jahren sondern auch gegenüber den Vorjahren stark rückläufige landesweite Tendenz bei den hohen Belastungen mit Warn- und Grenzwertüberschreitungen ist als

umweltpolitischer Erfolg der baden-württembergischen und bundesweiten vollständigen Atrazin-Anwendungsverbote von 1988 bzw. 1991 zu werten.

2,6-Dichlorbenzamid ist von allen seit 1992 in Baden-Württemberg untersuchten PSM-Wirkstoffen und PSM-Abbauprodukten die am dritthäufigsten nachzuweisende Substanz. 2,6-Dichlorbenzamid ist das Abbauprodukt von Dichlobenil, dessen bereits eingeschränkte Zulassung seit März 2001 ruhte.

Seit 23. August 2004 ist die Zulassung für Dichlobenil endgültig widerrufen und somit auch jeglicher Einsatz dichlobenilhaltiger Handelsprodukte wie das Aufbrauchen von Restbeständen verboten, da mit der widerrufenen Zulassung ein vollständiges Anwendungsverbot verbunden ist.

Für Bromacil existiert seit 1992 ein vollständiges Anwendungsverbot. Hexazinon hat seit den 90iger Jahren keine Zulassung mehr, außerdem existiert ein Anwendungsverbot in Wasser- und Heilquellenschutzgebieten.

Bentazon wird bei den landesweiten Untersuchungen in Baden-Württemberg am vierthäufigsten gefunden und ist von den sechs als Hauptbelastungsparameter genannten Wirkstoffen das einzige Pflanzenschutzmittel, das derzeit in der Bundesrepublik Deutschland zugelassen ist.

Von 1975 bis Anfang 1997 waren bentazonhaltige Pflanzenschutzmittel mit einer W-Auflage gekennzeichnet, was bedeutet, dass sie nicht in Wasserschutzgebieten angewandt werden durften. 1997 wurde u. a. aufgrund der Herabsetzung der einzusetzenden Aufwandsmenge der Anwendung bentazonhaltiger Handelsprodukte in Wasserschutzgebieten zugelassen.

Studien der baden-württembergischen Landesanstalt für Pflanzenschutz (LfP) zeigen die hohe Mobilität und die damit verbundene Gefahr der Verlagerung bentazonhaltiger Mittel ins Grundwasser.



Ein Blick zu den europäischen Nachbarn macht deutlich, dass Bentazon nicht nur ein bundesdeutsches Problem darstellt. So ist im Jahresbericht 2002 des österreichischen Umweltbundesamtes nachzulesen, dass Bentazon dort das Pflanzenschutzmittel mit der dritthöchsten Überschreitungquote des Trinkwasser-Grenzwertes (0,1 µg/l) ist. Höhere Belastungen finden sich in Österreich nur bei Desethylatrazin und Atrazin.

Die zahlreichen Bentazonbefunde in bundesdeutschen Grundwässern führten Anfang April 2005 zu einigen Konkretisierungen der Anwendungsbestimmungen, die für bentazonhaltige Handelsprodukte gelten. Neben dem Verbot von Bentazon auf besonders durchlässigen Böden wie reinem, schwach schluffigem und schwach tonigem Sand, ist seitdem die Anwendung in Kartoffelkulturen und der generelle Einsatz vor dem 15. April eines Kalenderjahres untersagt.

Bei den landesweiten Untersuchungen in 2004 wurde Bentazon von allen untersuchten Pflanzenschutzmitteln an 2,3% der Landesmessstellen und damit am häufigsten nachgewiesen. Darüber hinaus erwies sich Bentazon als der PSM-Wirkstoff mit den höchsten Quoten an Grenz- und Warnwertüberschreitungen (0,9% bzw. 1,2%).

Langjährige Untersuchungen mit kurzen Beprobungsintervallen an ausgewählten Messstellen und die Ergebnisse bentazonbelasteter Messstellen in Wasserschutzgebieten verweisen auf die nach wie vor nicht zu unterschätzende Bentazon-Problematik.

Die langjährigen PSM-Auswertungen zeigen die Langlebigkeit der Wirkstoffe und ihrer Abbauprodukte.

Nur bei mit Anwendungsbeschränkungen oder Verboten versehenen PSM-Wirkstoffen sind mit der Zeit fallende Nachweistendenzen feststellbar.

Die regionale Verteilung der Messstellen mit den sechs Hauptbelastungsparametern Desethylatrazin, Atrazin, 2,6-Dichlorbenzamid, Bentazon, Bromacil und Hexazinon aus Tabelle 2.5.4 ist in Abbildung 2.5.9 graphisch wiedergegeben.

Für diese Darstellung wurden die Messwerte dieser sechs Wirkstoffe mit Konzentrationen über 0,1 µg/l, die innerhalb der letzten vier Jahre gemessen wurden, berücksichtigt, wobei bei Vorliegen mehrerer Grenzwertüberschreitungen an einer Messstelle nur jeweils der aktuellste Analysenwert pro Parameter für die Abbildung herangezogen wurde.

Tabelle 2.5.4: Belastung der Messstellen des Grundwassermessnetzes mit PSM-Wirkstoffen, die im Gesamtzeitraum von 1992-2004 an jeweils insgesamt mindestens 200 Messstellen untersucht wurden, wobei bei Vorliegen mehrerer Messwerte der Medianwert über den Gesamtzeitraum der betreffenden Messstelle bewertet wurde.

Negative Befunde an allen Messstellen	Positive Befunde an			
	Messstellen, jedoch mit Konzentrationen unter oder gleich 0,1 µg/l	0 bis 1 % der Messstellen mit Konzentrationen über 0,1 µg/l	> 1 bis 3 % der Messstellen mit Konzentrationen über 0,1 µg/l	> 3 % der Messstellen mit Konzentrationen über 0,1 µg/l
2,4-DB	2,4-D	AMPA	2,6-Dichlorbenzamid	Desethylatrazin
2,4,5-T	Alachlor	Desethylterbutylazin	Atrazin	
Aldrin	Aldicarb	Desisopropylatrazin	Bentazon	
Ametryn	Chloridazon	Dichlobenil	Bromacil	
Azinphos-ethyl	Chlorpyrifos	Dichlorprop (2,4-DP)	Hexazinon	
Carbofuran	Chlortoluron	Dimefuron		
Chlorfenvinphos	Cyanazin	Disulfoton		
Desmetryn	Diazinon	Diuron		
Dimethoat	Dicamba	Fenitrothion		
Endosulfan, α-	Dieldrin	Glyphosat		
Endosulfan, β-	HCH, α-	HCH, γ - (Lindan)		
Endrin	HCH, δ -	Hexachlorbenzol (HCB)		
Etrimfos	Heptachlor	Isoproturon		
Fenoprop (2,4,5-TP)	Isodrin	Linuron		
Formothion	Malathion	Mecoprop (MCP)		
HCH, β -	MCPA	Metalaxyl		
Heptachlorepoxyd, cis-	Metamitron	Metolachlor		
Heptachlorepoxyd, trans-	Metazachlor	Oxadixyl		
MCPB	Methabenzthiazuron	p,p'-DDE		
Monolinuron	Metobromuron	Propazin		
Monuron	Metoxuron	Sebutylazin		
Neburon	Metribuzin	Simazin		
o,p'-DDE	o,p'-DDT	Terbutylazin		
o,p'-TDE (o,p'-DDD)	p,p'-DDT			
Parathion-methyl	p,p'-TDE (p,p'-DDD)			
Propoxur	Parathion-ethyl (E-605)			
Quintocen	Pendimethalin			
Terbazil	Prometryn			
Terbutryn	Triallat			
Triadimenol	Trifluralin			
Vinclozolin				

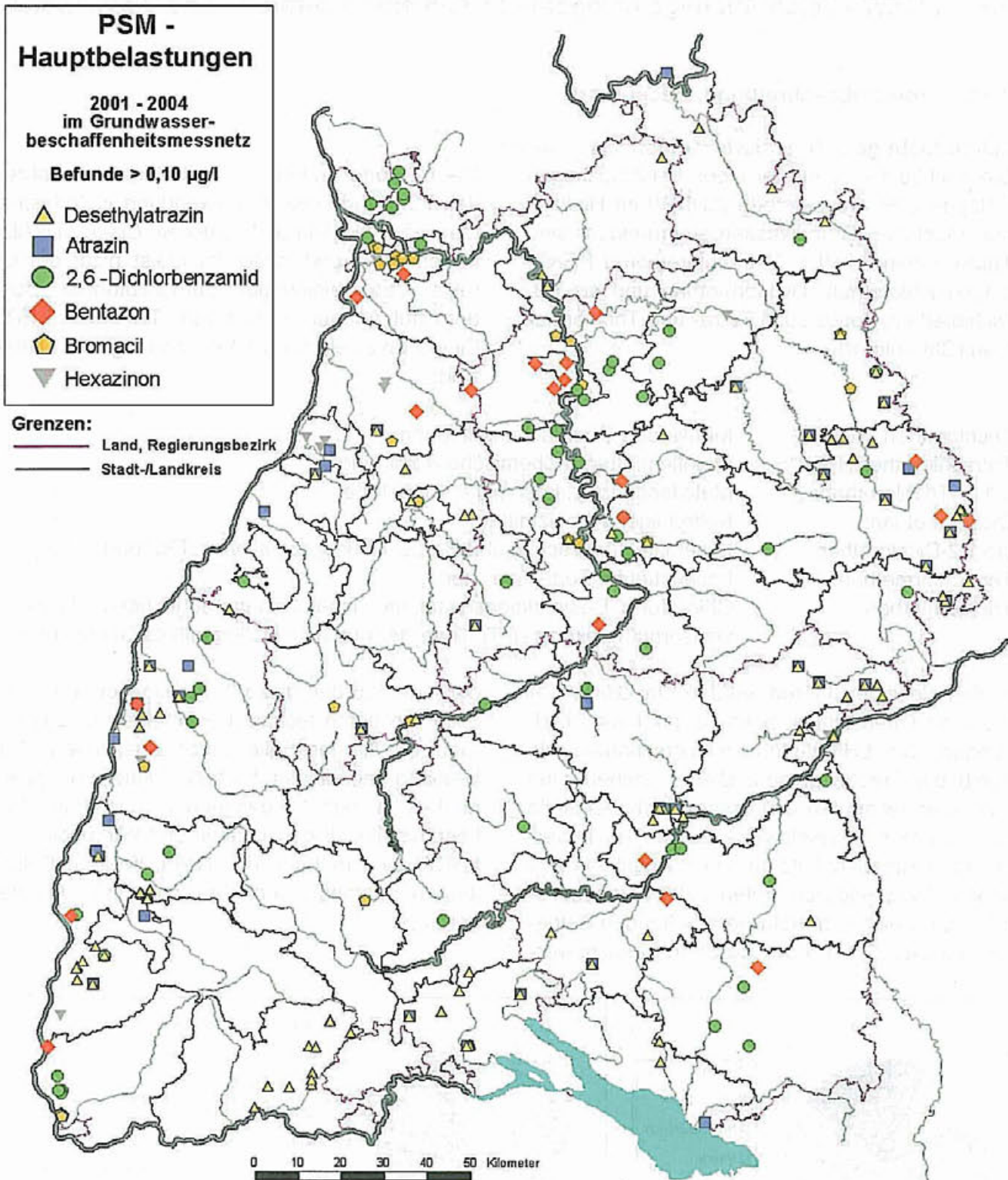


Abbildung 2.5.9:

Messstellen mit Befunden über dem PSM-Grenzwert der TrinkwV für die sechs Hauptbelastungs-Parameter; pro Messstelle jeweils der aktuellste Messwert aus dem Zeitraum 2001 bis 2004 für den jeweiligen PSM-Parameter.

## 2.6 LHKW - Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe und Vinylchlorid

### 2.6.1 Problembeschreibung, Bedeutung

#### Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe

Die wichtigsten Vertreter der Leichtflüchtigen Halogenkohlenwasserstoffe (LHKW) im Hinblick auf mögliche Grundwassergefährdungen sind Trichlorethen („TRI“), Tetrachlorethen („PER“), 1,1,1-Trichlorethan, Dichlormethan und cis-1,2-Dichlorethen, sowie auch Tetra- und Trichlormethan (Chloroform).

Diese Stoffe finden z.T. seit den 20er Jahren des 20. Jahrhunderts Verwendung in Industrie, Gewerbe, Medizin und Haushalt. Cis-1,2-Dichlorethen im Grundwasser ist meist nicht auf direkte Verunreinigungen zurückzuführen, sondern auf Abbauprozesse von „TRI“ und „PER“. Einige Beispiele für die Verwendung von LHKW sind:

Trichlorethen „TRI“:	Metall- und Oberflächenreinigung
Tetrachlorethen „PER“:	Metallentfettung, Chemische Reinigung
1,1,1,-Trichlorethan:	Metallentfettung, Lösemittel, Klebstoffe
Dichlormethan:	Kaltreiniger, Abbeizmittel
cis-1,2-Dichlorethen:	Lösemittel für Wachse und Harze, Abbauprodukt von „TRI“ und „PER“
Tetrachlormethan:	Lösemittel für Fette, Öle, Harze
Trichlormethan:	Chloroform, Desinfektionsmittel, mögliches Nebenprodukt bei der Rohwasseraufbereitung zu Trinkwasser durch Oxidation mittels Ozonierung

In den siebziger Jahren wurden die LHKW der breiteren Öffentlichkeit bekannt, als häufig Meldungen über LHKW-Grundwasserschadensfälle durch die Presse gingen. Diese machen rund 65% aller bekannten Grundwasserschadensfälle aus, während beispielsweise durch Metalle verursachte Schadensfälle nur einen Anteil von 2 % haben. Hauptsächlich treten LHKW-Schadensfälle im Bereich von metallverarbeitenden Betrieben auf (Abb. 2.6.1, Abb. 2.6.2). Verursacht wer-

den oder wurden diese Kontaminationen in 6 % der Fälle durch technische Defekte, dagegen in rund 80 % der Fälle durch unsachgemäßen Umgang mit diesen Stoffen. Sicherlich spielte hierbei in der Vergangenheit auch die Unkenntnis über Eigenschaften und Wirkungen der LHKW eine maßgebliche Rolle. Weitere Belastungen entstehen durch Emissionen aus Alttablagerungen.

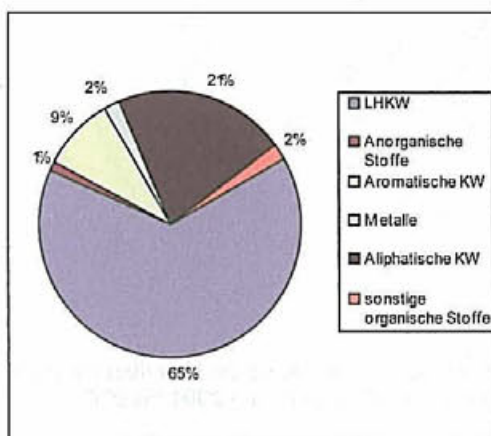


Abbildung 2.6.1:

Häufigkeit von Grundwasserschadensfällen nach Stoffgruppen.

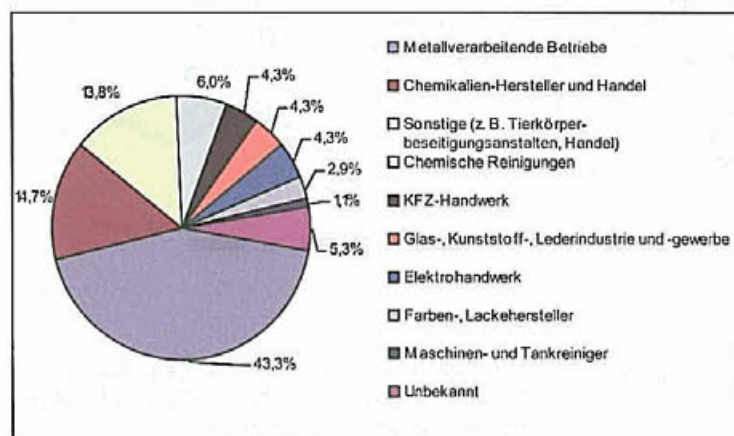


Abbildung 2.6.2:

Verursacher von Grundwasserschadensfällen durch LHKW.

### Vinylchlorid (VC bzw. Chlorethen)

Vinylchlorid ist ein farbloses Gas, das industriell zur Herstellung von Polyvinylchlorid (PVC) verwendet wird.

Nach bisherigem Kenntnisstand sind VC-Kontaminationen meist nicht auf direkten Eintrag zurückzuführen, sondern als Produkt der Abbaureihe TRI und PER / cis-1,2-Dichlorethen / Vinylchlorid.

Gegebenenfalls können auch Anstriche oder Auskleidungen von Wasserfassung, Hochbehältern und Wasserleitungen das Monomer VC abgeben.

Der Abbauprozess läuft bei sauerstofffreien und methanogenen Redoxbedingungen im Grundwasser ab. Nach bisherigen Untersuchungen sind hierbei die VC-Konzentrationen im Vergleich zu den LHKW-Ausgangskonzentrationen von TRI und PER stets deutlich niedriger.

### Grenz-, Warn- und Richtwerte

Eine Übersicht über die Grenzwerte der TrinkwV und über die Warnwerte des Grundwasserüberwachungsprogramms (GÜP) gibt die Tabelle A2 im Anhang.

In der **Trinkwasserverordnung von 1990** war ein Grenzwert für die „**Summe LHKW**“ von 0,010 mg/l festgelegt. Unter der „Summe LHKW“ wurde die Summe der vier Einzelkonzentrationen an 1,1,1-Trichlorethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen und Dichlormethan verstanden. Für diese vier Einzelstoffe und für cis-1,2-Dichlorethen sowie für Vinylchlorid waren damals keine Einzelgrenzwerte vorgesehen, jedoch existierten Warnwerte im Grundwasserüberwachungsprogramm.

Für **Tetrachlormethan** gab es aufgrund seiner höheren Toxizität einen Einzel-Grenzwert von 0,003 mg/l.

In der neuen **Trinkwasserverordnung von 2001** - gültig ab 2003 - werden von den o.g. LHKW nur noch die beiden Stoffe Trichlorethen („TRI“) und Tetrachlorethen („PER“) in einem

neuen Parameter „**Summe LHKW**“ mit einem unveränderten Summengrenzwert von 0,010 mg/l berücksichtigt.

Aufgrund ihres krebserregenden Potentials neu aufgenommen wurden die Stoffe **1,2-Dichlorethan** (GW 0,003 mg/l), **Vinylchlorid (Chlorethen)** (GW 0,0005 mg/l) und die Summe der Trihalogenmethane (GW 0,100 mg/l).

**Trihalogenmethane** sind Desinfektionsmittel, welche über direkte Immissionen ins Grundwasser gelangen können oder über Desinfektionsmaßnahmen in Grundwassererfassungsanlagen und von Wasserrohrleitungen ins Trinkwasser gelangen können.

Ein solches Desinfektionsmittel ist z.B. Chloroform (Trichlormethan). Auch bei der Wasseraufbereitung durch Chlorung oder Oxidation mittels Ozonierung können Trihalogenmethane im Trinkwasser entstehen.

Die Summe der Trihalogenmethane setzt sich aus den folgenden vier Einzelstoffen zusammen: Trichlormethan (Chloroform), Bromdichlormethan, Dibromchlormethan und Tribrommethan (Bromoform).

Von diesen Stoffen wurde bei der Beprobung 2004 nur **Chloroform** untersucht. Durch den neuen Summen-Grenzwert von 0,050 mg/l für die Trihalogenmethane soll der Einsatz von Rohr- und Trinkwasserdesinfektionsmitteln in der Wasserversorgung minimiert werden.

Der Grenzwert gilt an der Stelle im Leitungsnetz, an der das Wasser i.d.R. für den menschlichen Gebrauch entnommen wird, also am Zapfhahn. Eine Untersuchung im Leitungsnetz ist aber nicht erforderlich, wenn am Ausgang des Wasserwerks ein Summengrenzwert der Trihalogenmethane von 0,010 mg/l nicht überschritten wird.

Die beiden deutschen Grenzwerte sind damit niedriger als der EU-Grenzwert von 0,100 mg/l.

Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (**LAWA**) führt in ihrem Bericht zur „Ableitung von **Geringfügigkeitsschwellen**“ (12/2004) folgende ökotoxikologisch begründete Summen- und Einzelstoff-Geringfügigkeitsschwellenwerte (**GFS**) an:

**Summe LHKW n. LAWA** (d.h. Summe der halogenierten C1- und C2-Kohlenwasserstoffe, einschließlich Trihalogenmethane): 0,020 mg/l

**Summe TRI und PER:** 0,010 mg/l.

**1,2 Dichlorethan:** 0,002 mg/l.

**Vinylchlorid (Chlorethen):** 0,0005 mg/l.

### 2.6.2 Probennahme und Analytik

Positive LHKW-Befunde liegen im Grundwasser meist in sehr unterschiedlichen Konzentrationsbereichen von µg/l bis mg/l vor. Daher ist bereits die **Probennahme** mit entsprechender Sorgfalt durchzuführen.

Aufgrund der hohen Flüchtigkeit der LHKW ist insbesondere das Befüllen der Probenflaschen ein sehr kritischer Schritt, bei dem nur durch eine entsprechende Befülltechnik das Ausgasen der LHKW minimiert wird.

Über die Auswirkungen der verschiedenen Befülltechniken und der Probennahmematerialien auf die Konzentrationswerte liegen umfangreiche Untersuchungen vor, u.a. auch der LfU-Bericht „Einfluss der Probennahme auf die Ergebnisse von LHKW-Befunden“ (LfU, 1997).

Proben an Quellen sind direkt an der vorgegebenen Austrittsstelle und an Förderbrunnen nach Ablauf des Standwassers am Entnahmehahn zu entnehmen. Bei Grundwasserbeobachtungsrohren muss vor der Probennahme mindestens 15 Minuten und mindestens das zweifache Standwasservolumen bis zur Konstanz der Elektrischen Leitfähigkeit abgepumpt werden. Die verwendeten Schläuche und Probennahmegeräte dürfen keine Verfälschungen

der Probe hervorrufen. Falls die Probenahmematerialien PVC oder Polypropylen enthalten, kann dies zu Sorptionen von LHKW am Entnahmeschlauch oder -rohr führen und damit Minderbefunde verursachen. Diese Veränderungen sind in den ersten Minuten des Abpumpens besonders hoch, so dass bei Verwendung dieser Materialien länger abgepumpt werden muss, nämlich mindestens 30 Minuten. Diese Vorgehensweise ist im „Leitfaden für Probennahme und Analytik von Grundwasser“ (LfU, 2000) beschrieben.

Die Proben sind bis zur Analyse gekühlt und dunkel in Braunglasflaschen mit Schliffkolbenverschluss oder in Head-Space-Röhrchen zu transportieren und aufzubewahren. Es dürfen keine Kunststoffflaschen verwendet werden. Die Proben dürfen nur maximal einen Tag stehen.

Für die **Analytik** liegen verschiedene DIN-Normen vor. Die Auftrennung der einzelnen Stoffe erfolgt mit Hilfe der Gaschromatografie (GC), entweder unmittelbar aus der Probe (Dampfraum-GC) oder nach einem Anreicherungsschritt durch Flüssig/Flüssig-Extraktion mit einem organischen Lösemittel. Die Identifizierung und Quantifizierung werden mit einem geeigneten Detektor vorgenommen.

Wie bei jeder Bestimmung im Spurenbereich muss man auch bei diesen Methoden mit Ergebnisunsicherheiten rechnen. In der Trinkwasserverordnung von 1990 wurde für die Summe LHKW ein zulässiger Fehler des Messwertes von 0,004 mg/l toleriert, bezogen auf den Grenzwert von 0,01 mg/l entspricht dies einem Fehler von 40%.

Die Ringversuchsergebnisse der AQS Baden-Württemberg zeigen, dass diese Forderungen für die wichtigsten LHKW wie für Tri- und Tetrachlorethen einzuhalten sind.

Die **Bestimmungsgrenzen** (BG) sind von Labor zu Labor unterschiedlich. Daher können sich bei Auswertungen von Messwerten mit Konzentrationen von größer oder gleich der Bestimmungsgrenze andere Anzahlen von Positivbefunden ergeben als in früheren Jahren. Die häufigsten

Bestimmungsgrenzen liegen für die meisten LHKW bei 0,0001 mg/l, für VC bei 0,002 mg/l (s. Anhang Tab. A2), d.h. für VC, dass die derzeit bei den von der LfU beauftragten Laboratorien erreichbare Bestimmungsgrenze um das vierfache über dem aktuellen Trinkwassergrenzwert von 0,0005 mg/l liegt. Daher wurde für das Grundwasserüberwachungsprogramm (GÜP) ein Warnwert festgesetzt, der der derzeitigen möglichen Labor-Bestimmungsgrenze entspricht und damit auch über dem Grenzwert der TrinkwV 2001 liegt.

Die meisten der LHKW-Befunde mit Grenzwertüberschreitungen an Landesmessstellen wurden in 2004 über Rückstellproben oder Nachuntersuchungen durch erneute Probennahmen und vergleichende Untersuchungen mit dreifach paralleler Analytik verifiziert, soweit nicht schon die Vorwerte aus den letzten Jahren Grenzwertüberschreitungen zeigten.

### 2.6.3 Bisher untersuchte Wirkstoffe

Tabelle 2.6.1 gibt einen Überblick über die bisher durchgeführten LHKW-Untersuchungen im Grundwassermessnetz Baden-Württemberg.

Tabelle 2.6.1: Anzahl der auf die „Summe der vier LHKW n. TrinkwV 1990“ untersuchten Messstellen im Grundwassermessnetz 1990 - 2004.

Jahr	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2004
Anzahl untersuchter Messstellen*	935	929	1.650	2.516	2.629	2.548	419	731	2.459	443	521	2.452	2.024

\*(Quelle: Ergebnisberichte der Beprobungen 1990-2004, Fettdruck: vorwiegend im Landesauftrag, Normalschrift: vorwiegend WVU-Kooperationsbeitrag)

### 2.6.4 Landesweite Situation, räumliche Verteilung

#### Summe LHKW n. TrinkwV 1990 bzw. 2001

Für die Summe LHKW n. TrinkwV 1990 bzw. 2001 ist an mindestens 31,9 % bzw. 31,7 % des Gesamtmessnetzes einer der vier bzw. zwei Ein-

Die Messstellenzahl in den Jahren 1990 -1992 ist geprägt durch den schrittweisen Aufbau des Messnetzes, danach wurde drei Jahre lang das gesamte endgültige Messnetz beprobt. Aus finanziellen Gründen wurde erst wieder 1998, 2001 und 2004 eine LHKW-Gesamtbeprobung im Landesauftrag durchgeführt. Die Daten der Jahre 1996, 1997, 1999 und 2000 entstammen somit vorwiegend dem Kooperationsbeitrag der WVU. Die Übersicht zeigt, dass in Baden-Württemberg für die Beurteilung der LHKW-Belastung eine große und statistisch verlässliche Datenbasis zur Verfügung steht. Der oftmalige Wiederholungsturnus landesweiter Messungen macht auch Aussagen zu Trendentwicklungen dieser LHKW möglich.

Auch einige andere LHKW wurden in den letzten Jahren immer landesweit untersucht, wie Tetrachlormethan, Trichlormethan (Chloroform) und cis-1,2-Dichlorethen, in 2001 an 490 Messstellen erstmals auch Vinylchlorid. Für andere LHKW-Parameter nach der neuen TrinkwV 2001 liegen für den o.g. Zeitraum keine Werte bzw. kein vollständiges Wertespektrum vor, um die Summenparameter zu ermitteln: 1,2-Dichlorethan, Summe der Trihalogenmethane: Trichlormethan (Chloroform), Bromdichlormethan, Dibromchloromethan und Tribrommethan (Bromoform).

zelstoffe der Summe der LHKW nachweisbar, d.h. an 645 bzw. 643 Messstellen An 5,9 % bzw. 5,8 % aller Messstellen liegen Warnwertüberschreitungen vor, an 5,3 % Grenzwertüberschreitungen.

Die Lage der Messstellen mit Überschreitungen des neuen Grenzwertes der Summe LHKW von TRI und Per nach der TrinkwV 2001 ist Abb. 2.6.5 zu entnehmen. Abb. 2.4.4 gibt die Verteilung nach der alten TrinkwV wieder. Es gibt nur sehr wenige und sehr geringe lokale Unterschiede zur Summe der vier LHKW n. TrinkwV 1990 (Abb. 2.6.4), da die LHKW-Hauptbelastungen überwiegend durch die Einzelstoffe PER und TRI verursacht werden und diese in die Summenparameter beider Trinkwasserverordnungen eingehen. Die Belastungsschwerpunkte und auch das Belastungsniveau bleiben bis auf wenige Ausnahmen gleich. Die Anwendung des neuen auf zwei Einzelstoffe reduzierten Summenparameters führt zu nahezu keiner zahlenmäßigen Änderung der Bewertung.

In den Teilmessnetzen werden die höchsten prozentualen Nachweise von 65 bis 50 % bei den Emittentenmessstellen Industrie (EI) und Siedlungen (ES) registriert (Abb. 2.6.3a). In diesen Teilmessnetzen sind mit 10,0 bis 14,5 % auch die meisten Warn- und Grenzwertüberschreitungsquoten zu finden.

Bei den 59 Vorfeldmessstellen (VF) bzw. den 508 Rohwassermessstellen (RW) werden zwar auch mit annähernd 45 % bzw. 25 % zweistellige und sehr hohe Nachweisquoten erreicht, jedoch sind hier die Warnwert- und Grenzwertüberschreitungsquoten mit 7,0 und 1,2 % bzw. 7,0 und 0,6 % erheblich niedriger bzw. gering.

Bei den Emittentenmessstellen Landwirtschaft (EL) bzw. im Basis- und Quellmessnetz (BMN, QMN) sind die Nachweishäufigkeiten und die Warnwert- und Grenzwertüberschreitungsquoten im Vergleich zu den letztgenannten Messstellen nochmals geringer.

Die Schwerpunkte der summarischen LHKW-Belastung liegen in städtischen Ballungsräumen wie Stuttgart, Pforzheim, Raum Mannheim/Heidelberg (Abb. 2.6.5) sowie in Städten, in denen die metallverarbeitende Industrie eine lange Tradition hat. Dies sind beispielsweise Reutlingen, Schwenningen, Heidenheim, Biberach, Schwä-

bisch Gmünd, Lahr. Dort liegen auch zahlreiche LHKW-haltige Altlasten.

#### LHKW-Einzelstoffe und Abbauprodukte

Für **Dichlormethan** und für das für die TrinkwV 2001 relevante **1,2-Dichlorethan** existieren keine positiven Befunde, für **trans-1,2-Dichlorethan** nur zwei positive Befunde.

Bei den nachweisbaren LHKW-Einzelstoffen ist das Verteilungsmuster über die Teilmessnetze nahezu gleich (Abb. 2.6.3a, b). Bei den Emittentenmessstellen Industrie (EI) und Siedlungen (ES) ist der Anteil der positiven Befunde und der Warn- und Grenzwertüberschreitungen am höchsten.

Ausnahme ist der LHKW-Einzelstoff Trichlormethan (Chloroform), dessen Nachweishäufigkeit an insgesamt 115 Messstellen gleichmäßiger über die Teilmessnetze verteilt ist. So findet sich Chloroform auch bei den Rohwasser- (RW) und Vorfeldmessstellen (VF), also in Bereichen der Trinkwasserversorgung.

Die jeweils am häufigsten gefundenen Einzelstoffe sind **Tetrachlorethen (PER)** und **Trichlorethen (TRI)** mit jeweils zweistelligen Nachweisquoten von etwa 20 bis 27 % im Gesamtmessnetz (Messstellengruppe „Alle“, Abb. 2.6.3a).

Tetrachlorethen (PER) wird an 27,4 % der Messstellen des Gesamtmessnetzes nachgewiesen, der Warnwert von 0,0050 mg/l wird an 6,5 % der Messstellen überschritten. Für Trichlorethen (TRI) liegen an 19,5 % der Messstellen positive Befunde vor, an 2,2 % der Messstellen Warnwertüberschreitungen. Die Maximalwerte gehen bei PER bis in den zweistelligen Bereich, nämlich bis etwa 40 mg/l, bei TRI bis etwa 3 mg/l.

Mehr als die Hälfte der positiven Befunde an Tetra- und Trichlorethen liegen im unteren Konzentrationsbereich zwischen 0,0001 und 0,001 mg/l. Die höheren Konzentrationen sind auf Schadensfälle wie auf Leckagen und unsachgemäßen Umgang mit LHKW oder auf Altlasten zurückzuführen.



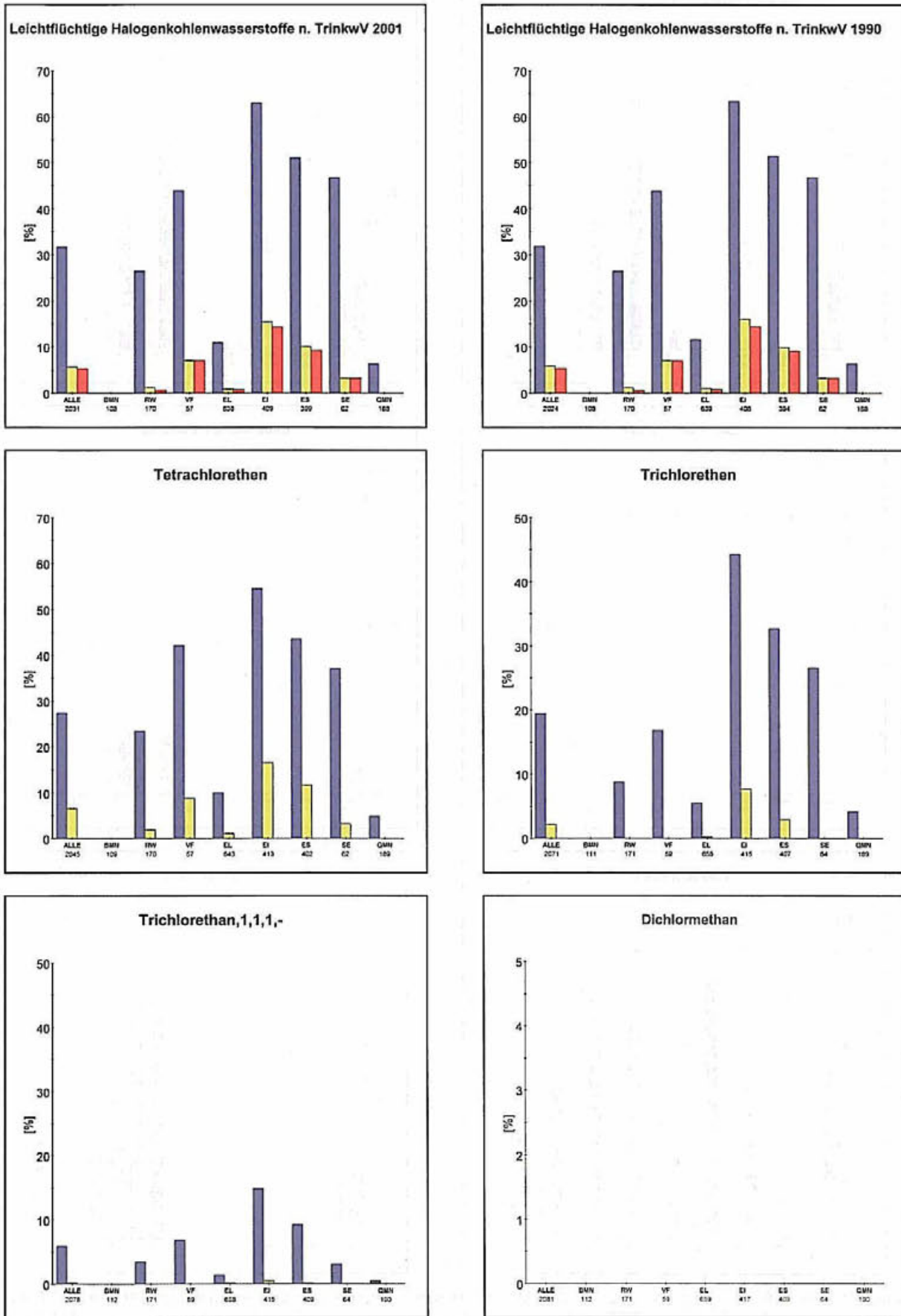


Abbildung 2.6.3a: Überschreitungshäufigkeiten von Bestimmungsgrenzen (BG-Blau Balken), der Warnwerte (WW- gelbe Balken) des Grundwasserüberwachungsprogrammes und der z.T. vorhandenen aktuellen und ehemaligen Grenzwerte (GW-Rote Balken) der Trinkwasserverordnungen von 2001 und 1990 für die Summe LHKW, für ausgewählte LHKW-Einzelstoffe im gesamten Messnetz und in den Teilmessnetzen bei der Beprobung 2004 (Abk. s. Anhang A1). Anm.: Für Dichlormethan existieren keine positiven Befunde (Fortsetzung Abb. 2.6.3b).

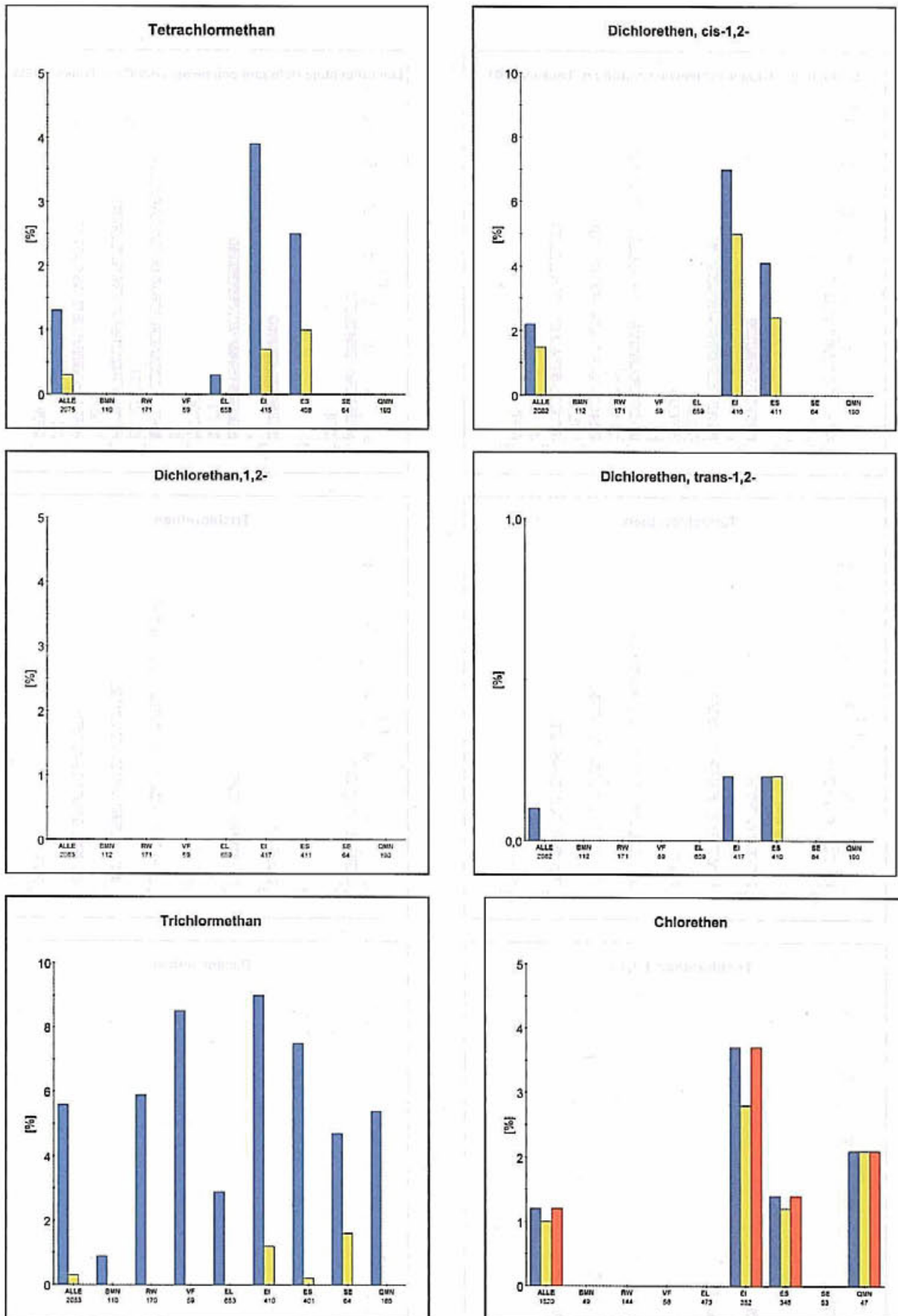


Abbildung 2.6.3b: Fortsetzung von Abb. 2.6.3.a: Überschreitungshäufigkeiten von Bestimmungsgrenzen (BG-Blaue Balken), der Warnwerte (WW- gelbe Balken) des Grundwasserüberwachungsprogrammes und der z.T. vorhandenen aktuellen und ehemaligen Grenzwerte (GW-Rote Balken) der Trinkwasserverordnungen von 2001 und 1990 für die Summe LHKW, für ausgewählte LHKW-Einzelstoffe und für Vinylchlorid (Chlorethen) im gesamten Messnetz und in den Teilmessnetzen bei der Beprobung 2004 (Abk. s. Anhang A1). Anm.: Für 1,2-Dichlorethan existieren keine positiven Befunde.

Die höchste Belastungsquote mit TRI und PER tritt bei den Emittentenmessstellen Industrie (EI) auf (Abb. 2.6.3a). Dort sind an 44,3 bzw. 54,5 % der Messstellen Tri- und/oder Tetrachlorethen nachweisbar. Die beiden Maxima finden sich bei den Emittentenmessstellen Siedlungen (ES). Die regionale Verteilung der TRI- und PER-Konzentrationen zeigt überwiegend die gleichen Belastungsschwerpunkte wie bei der Summe der LHKW n. TrinkwV 1990 und 2001 (Abb. 2.6.6, 2.6.4, 2.6.5).

Als Eintragsquellen kommen in Frage: Produktionsgebäude, in denen LHKW verwendet wurden und werden, Abfällanlagen, Lagertanks oder Altablagerungen. Im Bereich von Siedlungen, wo ebenfalls ein sehr hoher Anteil an Positivbefunden dieser beiden Stoffe vorkommt (32,7 bzw. 43,5 %), liegen häufig Mischgebiete vor, in denen neben Wohnhäusern beispielsweise auch Galvanisierbetriebe oder Chemische Reinigungen existieren oder existierten. Die Übergänge zu den Emittentenmessstellen Industrie sind daher oft fließend.

Deutlich geringer als bei TRI und PER ist die Belastung mit **1,1,1-Trichlorethan** bzw. **Trichlormethan (Chloroform)** mit nur einstelligen Nachweisquoten von 5,9 % bzw. 5,6 % im Gesamtmessnetz und 0,2 % bzw. 0,3 % Warnwertüberschreitungen (Messstellengruppe „Alle“, Abb. 2.6.3a, b).

Bei **1,1,1-Trichlorethan** sind Belastungsschwerpunkte die Emittentenmessstellen Industrie (EI) und Siedlungen (ES) (s. entsprechende Messstellengruppen Abb. 2.6.3a). Die regionale Verteilung der Belastungsschwerpunkte zeigt Abb. 2.6.9. An 93 % der 122 Messstellen mit positiven 1,1,1-Trichlorethan-Nachweisen gibt es gleichzeitig positive Befunden von PER und TRI.

An 8 Messstellen mit sehr geringen 1,1,1-Trichlorethan-Konzentrationen sind keine gleichzeitigen Positivbefunde anderer LHKW festzustellen. Diese Messstellen liegen aber meist auch im Abstrombereich möglicher Emittenten wie Deponien, Abwasseranlagen am Rande von Industriegebieten und Bahnanlagen z.T. mit be-

kannten Schadensfällen.

**Trichlormethan (Chloroform)**, welches in der Trinkwasserverordnung 2001 als einer von mehreren Einzelstoffen in den neuen Parameter „Summe der Trihalogene“ eingeht, wird landesweit an 115 Messstellen positiv nachgewiesen. Der Grenzwert der TrinkwV 2001 für die Summe der Trihalogene mit Probennahme am Zapfhahn wird landesweit an keiner Messstelle überschritten. An nur sieben Messstellen im Lande liegen Warnwertüberschreitungen vor (0,3 %).

Etwa zwei Drittel der betroffenen Messstellen werden von gleichzeitigen positiven Befunden anderer Einzelstoff-LHKW begleitet. An einem Drittel treten keine begleitenden LHKW auf.

Auffällig ist beim Chloroform die gleichmäßigere Verteilung der positiven Befunde über die Teilmessnetze im Vergleich mit den anderen LHKW-Einzelstoffen (Abb. 2.6.3b). Außer im Basis-messnetz (BMN) und bei den Emittentenmessstellen Landwirtschaft (EL) finden sich Nachweishäufigkeiten von 5 bis 9 %.

Die insgesamt sieben Warnwertüberschreitungen existieren nur bei EI, ES und SE. Sie gehen in den meisten Fällen mit positiven Nachweisen anderer LHKW einher. Daher sind für diese Chloroformbefunde in diesen Teilmessnetzen die o.g. industriellen und siedlungsbedingten Ursachen, wie Deponien, Altlasten und Schadensfälle wahrscheinlich. In einigen Fällen liegen Betriebe der chemisch-pharmazeutischen Industrie mit bekannten Schadensfällen im Einzugsgebiet der betroffenen Messstellen.

An etwa einem Drittel der Messstellen liegen positive Chloroformbefunde vor, an denen keine anderen LHKW nachzuweisen sind, wie es z.B. im Vergleich zu den anderen Einzelstoff-LHKW-Befunden an einzelnen Messstellen im Südschwarzwald auffällt (vgl. Abb. 2.6.10). Landesweit gibt es eine derartige Konstellation bei 37 von 115 Messstellen mit positiven Chloroformbefunden. Häufig betroffen sind die Emittentenmessstellen Landwirtschaft (EL), das Quell- und das Rohwassermessnetz (QMN, RW). Da es

sich bei diesen Messstellen oft um Quell- und Brunnenschächte der Eigenwasserversorgung bzw. der öffentlichen Wasserversorgung handelt, ist anzunehmen, dass hier das Chloroform aus den notwendigen Desinfektionsmaßnahmen dieser Bauwerke stammt. Dies ist zum Beispiel von Quellschächten im Südschwarzwald bekannt oder auch in einem Fall eines Hallenbads. Dass der Chloroformeinsatz hier aber verantwortungsbewusst und minimal ist, beweist die nur eine einzige Warnwertüberschreitung bei diesen Messstellen.

Landesweit wird der ab 2003 geltende Grenzwert der Summe der Trihalogene mit Probenahme am Zapfhahn (0,050 mg/l) bei Chloroform nie überschritten, der zweite Grenzwert von 0,010 mg/l mit Probenahme am Wasserwerksausgang nur einmal.

**Tetrachlormethan** bzw. **cis-1,2-Dichlorethen** sind mit einer landesweiten Häufigkeit von rund 1 - 2 % Positivbefunden anzutreffen, d.h. an rund 25 bis 45 Messstellen (Abb. 2.6.3b). Bei Tetrachlormethan wird der alte und neue GÜP-Warnwert landesweit siebenmal überschritten, bei cis-1,2-Dichlorethen an 31 Messstellen (Abb. 2.6.9).

#### **Vinylchlorid (VC) - Chlorethen**

Vinylchlorid (VC) kann einerseits direkt bei der industriellen Herstellung von PVC-Material ins Grundwasser gelangen, kann aber auch indirekt als Abbauprodukt von LHKW-Verunreinigungen im Grundwasser entstehen. VC ist hochgradig krebserregend, deshalb sieht die TrinkwV 2001 einen Einzelstoff-Grenzwert von 0,0005 mg/l vor. Der GÜP-Warnwert beträgt 0,0020 mg/l. Bei den Ergebnissen kann die Einflussnahme von PVC-Wasserrohren nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

#### **VC - Pilotprojekt 2001**

Im Hinblick auf die Umsetzung der EU-Trinkwasserrichtlinie in nationales Recht wurde der neue Parameter Vinylchlorid pilotmäßig erstmals in 2001 an 485 ausgewählten Messstellen untersucht. Die Pilotmessstellen umfassten alle Emittentenmessstellen Industrie sowie besonders

gefährdete Messstellen aus den anderen Teilmessnetzen mit in der Vergangenheit z.T. positiven LHKW-Befunden unterhalb von Wohn-Gewerbe-Mischgebieten, von Deponien, Altablagerungen und Schadensfällen. Die Ergebnisse zeigten über das Gesamtmessnetz und die Teilmessnetze Nachweisquoten von 0,0 bis 5,7 %. Insgesamt waren nur 17 Messstellen betroffen, jedoch gab es gleich 13 Befunde mit Konzentrationen größer als 0,0005 mg/l (EU-Grenzwert). VC-Nachweise fanden sich hauptsächlich bei den Emittenten-Landwirtschaft (EL), Industrie (EI), Siedlungen (ES) und bei den Sonstigen Emittenten (SE). Ursachen waren: Altablagerungen, Deponien, Industrieanlagen, Gewerbeansiedlungen und Schadensfälle.

#### **Ergebnisse 2004**

In 2004 wurde VC an 1.520 ausgewählte Messstellen beprobt. Grund für diese Reduzierung war der Ausschluss von Messstellen bei denen aufgrund der bauwerklichen Probenahmekonstellationen Messwertverfälschungen durch eine starke Ausgasung des sehr stark ausgasungsempfindlichen Chlorethens angenommen werden konnte.

An 19 Messstellen gibt es positive Befunde mit gleichzeitigen Grenzwertüberschreitungen (1,2 %). Davon sind sechs Messstellen mit den Befunden von 2001 identisch. Die meisten positiven Befunde gibt es bei den Emittentenmessstellen Industrie (EI) und Siedlungen (ES), einen Befund im Quellmessnetz (QMN) (Abb. 2.6.11). In den anderen Teilmessnetzen gibt es keine positiven Befunde. Das Maximum beträgt 0,3140 mg/l.

Die betroffenen Messstellen liegen nahezu alle in Stadtteilen großer bis mittelgroßer Städte mit einer langen Tradition in den Gewerbe- und Industriesparten: Metall mit Galvanisierabteilungen, Elektronik, Textil und Leder, Kunststoff, Chemie. Dort befinden sich auch entsprechend viele LHKW-haltige Altlasten, u.a. auch eine Sonderabfalldeponie. Die Fundorte sind nahezu alle als LHKW-Schadensfälle bekannt und sind identisch mit den Belastungsschwerpunkten der anderen LHKW, wie z.B. mit den Messstellen mit

Grenzwert überschreitenden Konzentrationen bei der Summe LHKW n. TrinkwV 2001, d.h. mit hohen und sehr hohen TRI- und PER-Konzentrationen (vgl. entsprechende Abbildungen).

An 17 der 19 betroffenen Messstellen werden die positiven VC-Befunde gleichzeitig von positiven Befunden anderer Einzelstoff-LHKW begleitet, z.T. auch nur allein von cis-1,2-Dichlorethen.

Die gleichzeitig oft vorhandene Sauerstoffarmut und die oftmalige Anwesenheit des anderen LHKW-Abbauprodukts cis-1,2-Dichlorethen verweisen eher auf die Herkunft des Vinylchlorids aus Abbauvorgängen von LHKW als auf direkte Verunreinigungen mit VC. Solche können jedoch nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Tabelle 2.6.2 zeigt entsprechende Einzelanalysen von ausgewählten Messstellen mit positiven VC-Befunden mit Bezug zu anderen LHKW-Konzentrationen, zum Sauerstoffgehalt und zu den möglichen Ursachen, deren gesamtheitliche Betrachtung zur o.g. Annahme führen.

Die Konzentrationen der Ausgangs-LHKW sowie der Zwischen- und Abbauprodukte cis-1,2-Dichlorethen und VC weisen keine Korrelationen auf. In Einzelfällen ist die VC-Konzentration größer als die Summe der zwei LHKW der TrinkwV 2001. Daher wird die Aufnahme von VC als neuem Parameter in die TrinkwV 2001 begrüßt.

An nur zwei der 19 Messstellen sind keine gleichzeitig begleitenden anderen LHKW-Einzelstoffe zugegen, an einer großen schüttungsstarken Quelle und an einer Messstelle in der Nähe einer Kunststofffabrik mit einem LHKW-Schadensfall im Einzugsgebiet. Im letzteren Fall wurden bis 2001 andere LHKW-Einzelstoffe in sehr geringen Konzentrationen gefunden, auch das Abbauprodukt cis-1,2-Dichlorethen. VC war auch in 2001 zugegen. Aufgrund dieser Befunde kann das alleinige Vorkommen von VC in 2004 als der übrig gebliebener Reststoff der LHKW-Abbauvorgänge interpretiert werden.

## 2.6.5 Tendenzen, Bewertung

### Zeitliche Entwicklung

Die zeitliche Entwicklung der LHKW-Belastungen ist für die Parameter Summe LHKW nach TrinkwV 2001 und für die Einzelstoffe PER und TRI in den Abbildungen 2.6.7 und 2.6.8 anhand von konsistenten Datensätzen von 1994 bis 2004 dargestellt.

Die Messstellen sind differenziert nach dem Gesamtmessnetz („Alle“) und den Teilmessnetzen Rohwassermessstellen („RW“) und Emittentenmessstellen Industrie („EI“).

Weiterhin wird unterschieden nach Positiv-Befunden größer oder gleich der Bestimmungsgrenze und/oder nach Warn- und/oder Grenzwertüberschreitungen.

Die 1.846 Messstellen der Messstellengruppe „ALLE“ repräsentieren etwa 91 % des Gesamtmessnetzes.

Bei den prozentualen Überschreitungsquoten der Grenz- und Warnwerte und der Bestimmungsgrenzen bei der Summe LHKW und der Einzelstoffe TRI und PER werden landesweit bei allen drei Messstellengruppen gegenüber 1994 eindeutige Belastungsrückgänge festgestellt (Abb. 2.6.7, 2.6.8), insbesondere bei den am stärksten belasteten Emittentenmessstellen Industrie (EI).

Ausnahme ist die gegenüber 1994 gleich bleibende Warnwertüberschreitungsquote beim Rohwassermessnetz (RW), jedoch handelt es sich bei der Quote von 1,3 % (Summe LHKW) um lediglich zwei Messstellen.

Mst.	Lage der Messstelle	Summe LHKW n. TrinkwV 2001	Tetra-chlorethen	Tri-chlorethen	cis-1,2-Dichlor-ethen	Chlorethen (VC)	Sauerstoff
229/066-5	Metallindustrie, Schadensfall	0,0002	< 0,0001	0,0002	0,063	0,0220	3,0
374/066-7	Chemische Industrie, Schadensfall	0,0002	< 0,0001	0,0002	0,075	0,0010	-
80/763-3	Metallindustrie, Schadensfall	1,7600	1,1000	0,6600	0,410	0,0040	8,5
78/308-4	Elektroindustrie, Deponie, Schadensfall	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,033	0,1140	0,8
16/116-4	Elektroindustrie, Feinmechanik, Optik, Deponie	0,0215	0,0160	0,0055	< 0,005	0,0010	0,5
43/861-3	Chemische Industrie, Textilindustrie	0,0126	0,0006	0,0120	0,118	0,1160	0,1
4/657-7	Metallindustrie, Deponie	0,0002	0,0001	0,0001	0,047	0,0730	4,9
316/066-0	Metallindustrie (mit Galvanik), Deponie, Altlast, Schadensfall	0,0094	0,0013	0,0081	0,069	0,0010	-
32/461-3	Sonderabfalldeponie außer Betrieb	5,2320	3,7420	1,4900	0,848	0,0080	-
8/362-5	Textilindustrie, Schadensfall	0,7101	0,6420	0,0681	0,565	0,0364	6,0
94/356-8	Papier-/Pappe-/Zellstoffindustrie, Kunststoffindustrie, Deponie außer Betrieb	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,001	0,0062	< 0,5

Tabelle 2.6.2: Ausgesuchte Positivbefunde von Chlorethen-(VC)-Untersuchungen bei der Herbstbeprobung 2004 in mg/l mit Bezug zu Konzentrationen anderer LHKW (mg/l) und dem Sauerstoffgehalt (mg/l).

### Bewertung

Die landesweite LHKW-Belastung ist nach wie vor sehr hoch. An jeder dritten Messstelle des Gesamtmessnetzes (31,7 %) ist mindestens eines der zwei LHKW für die Summe LHKW nach der TrinkwV 2001 nachweisbar.

Diese sehr hohe Befundrate hat sich auch durch die neue TrinkwV nicht geändert, da der neue Summenparameter mit TRI und PER die beiden wesentlichen Einzelstoffe berücksichtigt.

Bei den stark belasteten Grundwassermessstellen mit hohen Konzentrationen über dem Warn- und über dem Grenzwert der Summe der zwei LHKW nach der TrinkwV 2001 macht sich jedoch innerhalb der letzten zehn Jahre ein deutlicher Belastungsrückgang bemerkbar, insbesondere bei den Messstellen in Industriegebieten.

Dies kann auf den Erfolg der vielen mittlerweile wirksam werdenden Sanierungsmaßnahmen in Begleitung von natürlichen Verdünnungsprozessen zurückgeführt werden.

Der mittlerweile sorgsamere Umgang mit den wassergefährdenden Stoffen und der Ersatz oder die Vermeidung dieser Stoffe in Industrie, Gewerbe und Haushalt haben die Entstehung neuer Schadensfälle mit hohen Konzentrationen verhindert.

Tetrachlorethen („PER“) ist der am häufigsten nachweisbare LHKW-Einzelstoff mit einer über die letzten zehn Jahre nahezu unveränderten und immer noch anhaltend sehr hohen Einzelnachweishäufigkeit von landesweiten etwa 27 %. TRI findet sich mit einer Nachweisquote von nahezu 20 %.

Die Nachweisquote von PER war in 2001 erstmals höher als die eines Pflanzenschutzmittels oder eines seiner Abbauprodukte. So war 1998 die Nachweisquote von „Desethylatrazin“ mit 34,3 % (2001: 23,9 %) noch höher als die von „PER“ mit 29,0 % (2001: 28,5 %).

Die Nachweisquote von PER liegt in 2004 erstmals auch höher als die von anderen im letzten Jahrzehnt untersuchten synthetischen Stoffen. Wies im Jahre 1998 der Komplexbildner EDTA

noch eine Nachweisquote von 38 % auf, so ist in 2004 diese Quote auf nun 24 % gesunken und liegt damit unter der Nachweisquote von PER.

Die baden-württembergischen Untersuchungen auf den neuen TrinkwV-Parameter „Vinylchlorid (VC)“ erbrachten an 1.520 Messstellen eine Nachweisquote von nur 1,2 %. Immer lagen die sehr hohen Konzentrationen über dem TrinkwV-Grenzwert.

Die Ursachen der VC-Nachweise liegen offenbar nicht direkt in den VC-Emissionen in das Grundwasser sondern beruhen auf Abbauprozessen anderer LHKW.

VC ist hauptsächlich an Messstellen mit Einflüssen von Schadensfällen und Altlasten sowie von Deponien, zu finden.

Die Höhe der Befunde untermauert die Erkenntnis, dass die Konzentrationen des Abbauprodukts VC nicht immer kleiner als die Konzentrationen der Ausgangs-LHKW sein müssen.

Daher wird die Neuaufnahme des krebserregenden Vinylchlorids (VC) in die deutsche Trinkwasserordnung 2001 begrüßt.

Der andere in der TrinkwV mit einem Einzelgrenzwert berücksichtigte Einzelstoff 1,2-Dichlorethan findet sich erfreulicherweise an keiner Messstelle.

Andere nicht in der TrinkwV mit Grenzwerten versehene LHKW-Einzelstoffe, welche aber auch eine Grundwasserbelastung darstellen können, finden sich mit Nachweisquoten von 0,0 % bis 6 %.

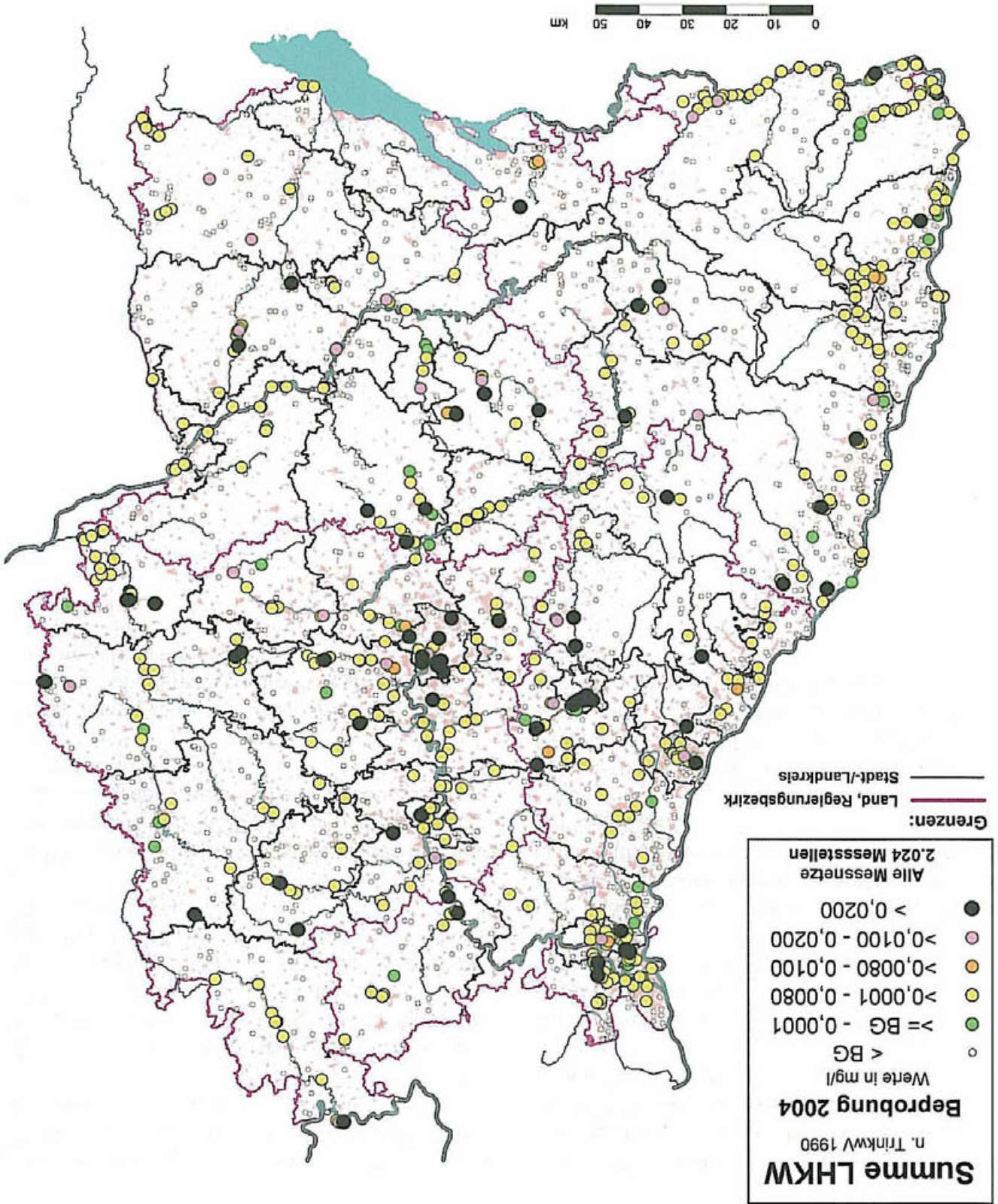


Abbildung 2.6.4: Konzentrationsverteilung 2004 der Summe der vier LHKW nach Trinkw 1990 (PER, TRI, Dichloroethan, 1,1,1 Trichlorethan) mit Landnutzungen (Industrie und Siedlungen = rosa). Anm.: Orange, Violette und schwarze Punkte sind Überschreitungen des alten Warnwertes für die Summe der vier LHKW des Grundwasserüberwachungsprogramms, violette und schwarze Punkte sind gleichzeitig Überschreitungen des alten Grenzwertes für die Summe der vier LHKW nach Trinkw 1990 und wären Überschreitungen des neuen Grenzwertes nach Trinkw 2001. Schwarze Punkte kennzeichnen gleichzeitig Überschreitungen des LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwertes für die Summe aller LHKW, allein durch die Konzentrationen der Summe der vier LHKW nach Trinkw 1990.



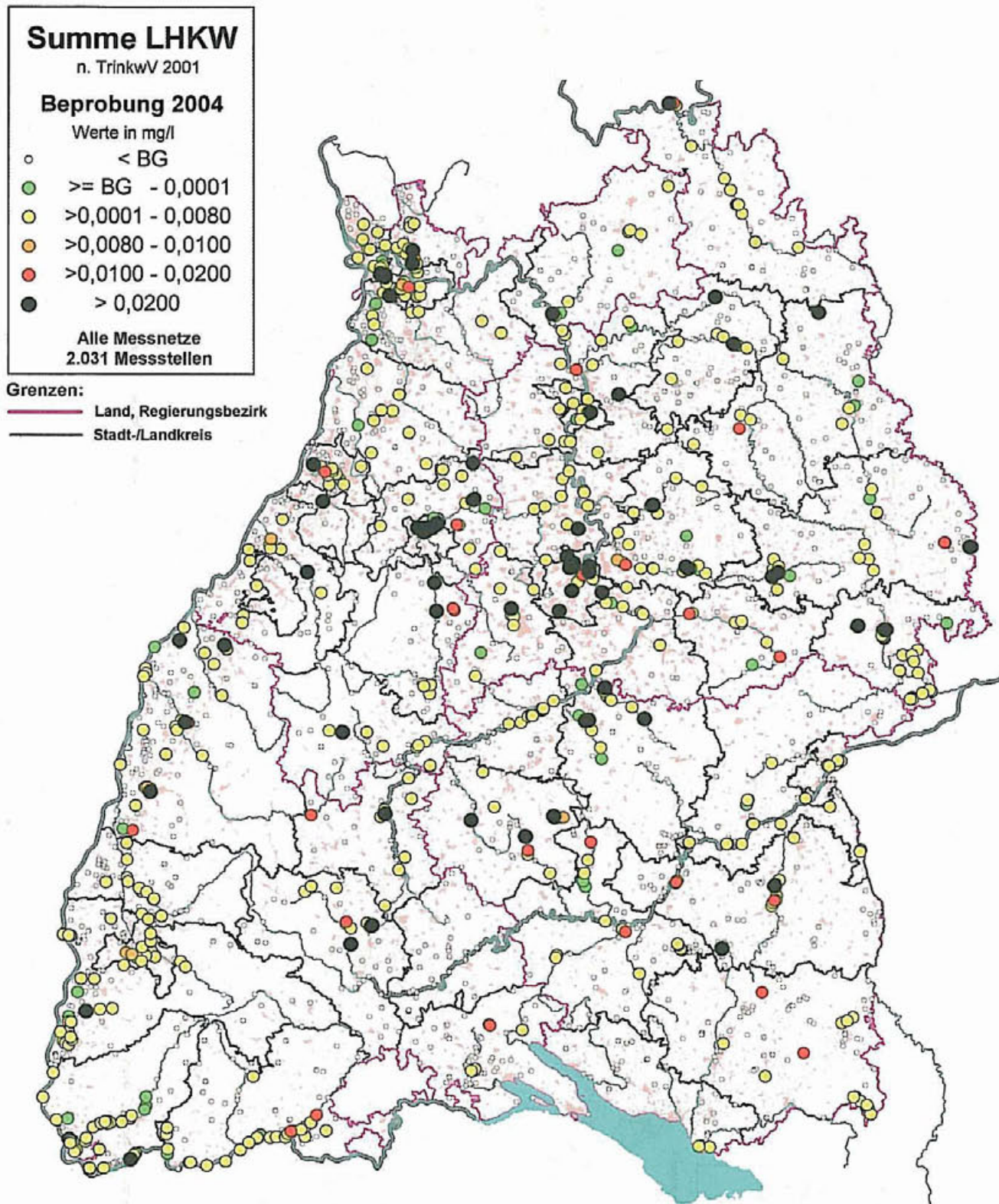


Abbildung 2.6.5:

Konzentrationsverteilung 2004 der **Summe der zwei LHKW nach TrinkwV 2001** mit Landnutzungen (Industrie und Siedlungen = rosé). Orange, rote und schwarze Punkte sind Überschreitungen des neuen Warnwertes für die „Summe der zwei LHKW“ des Grundwasserüberwachungsprogramms. Rote und schwarze Punkte sind gleichzeitig Überschreitungen des Grenzwertes für die „Summe der zwei LHKW“ der TrinkwV 2001. Schwarze Punkte kennzeichnen gleichzeitig Überschreitungen des LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwertes für die Summe aller LHKW, allein durch die Konzentrationen der Summe der zwei LHKW nach TrinkwV 2001.

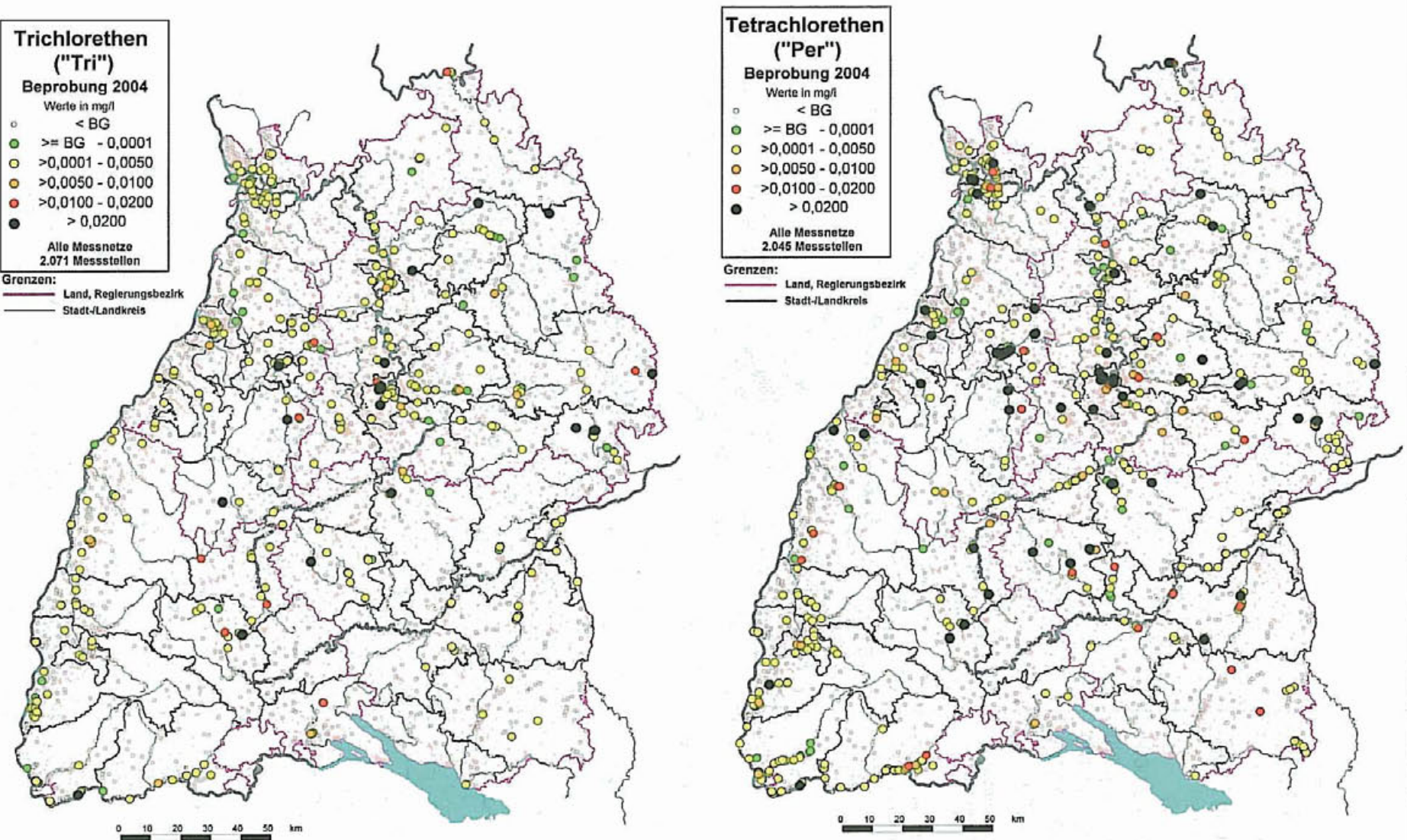


Abbildung 2.6.6: Konzentrationsverteilung von Trichlorethen (TRI) und Tetrachlorethen (PER) 2004 mit Landnutzungen (Industrie und Siedlungen = rose). Anm.: Orange, rote und schwarze Punkte sind Überschreitungen des jeweiligen Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms. Rote und schwarze Punkte sind gleichzeitig Überschreitungen des Grenzwertes der TrinkwV 2001 für die Summe der zwei LHKW und der LAWA-Geringfügigkeitsschwelle für die Summe aller LHKW, allein durch die Konzentration eines der beiden Einzelstoffe.

ALLE - 1.846 Mst.

RW - 155 Mst.

EI - 368 Mst.

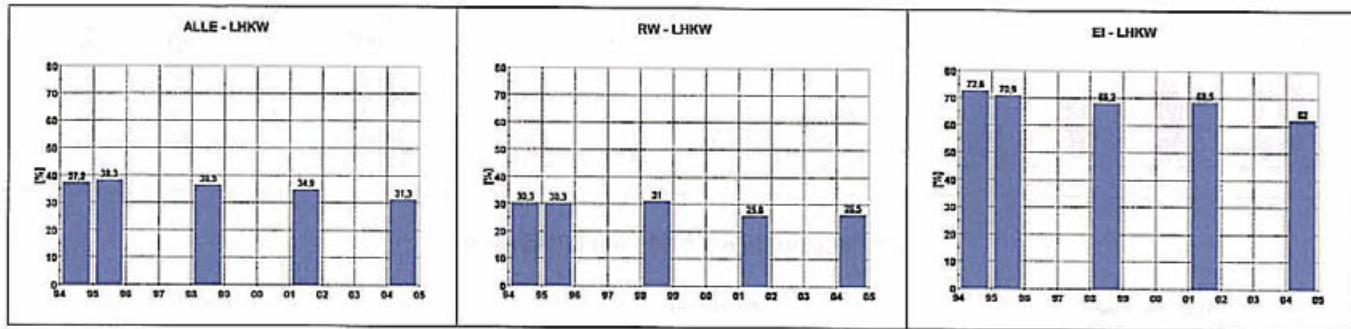
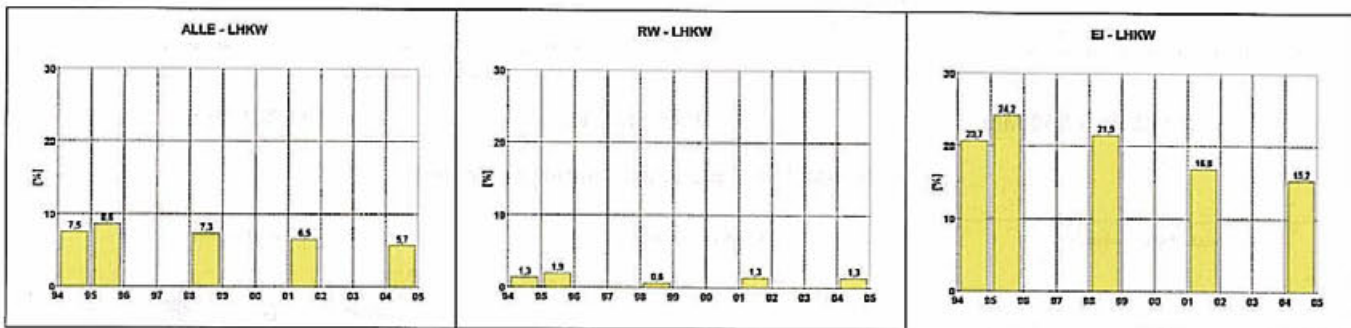
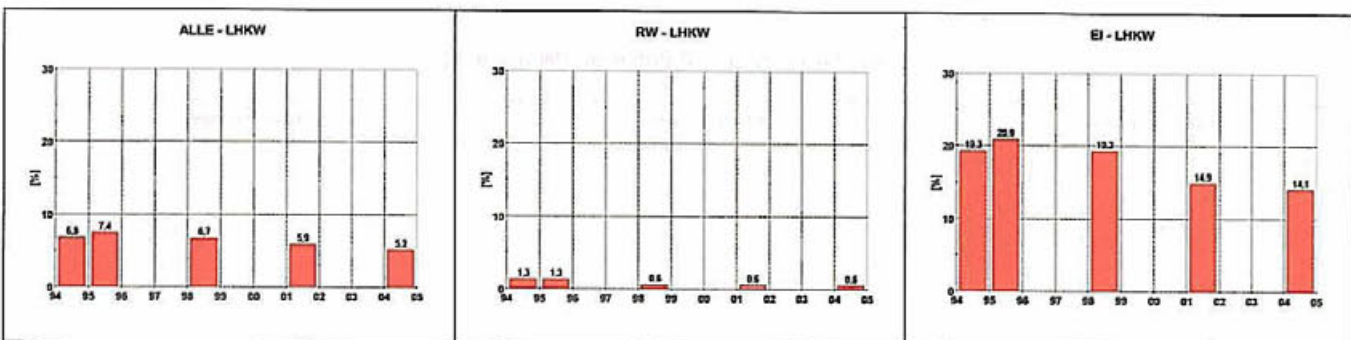
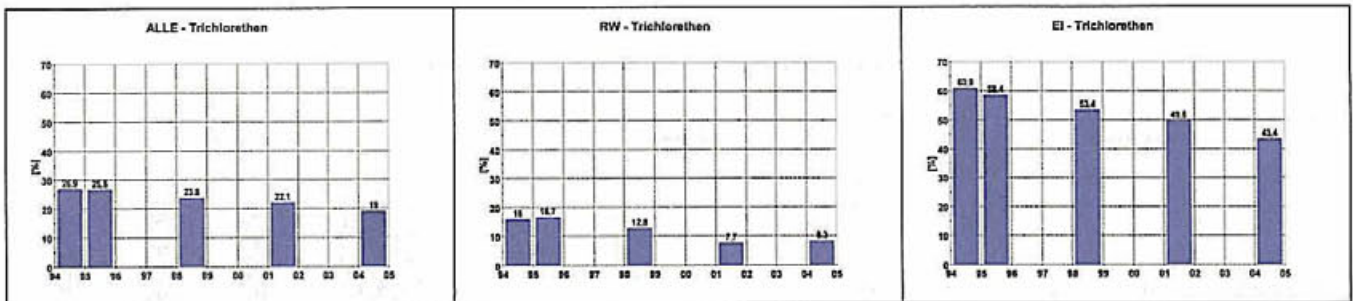
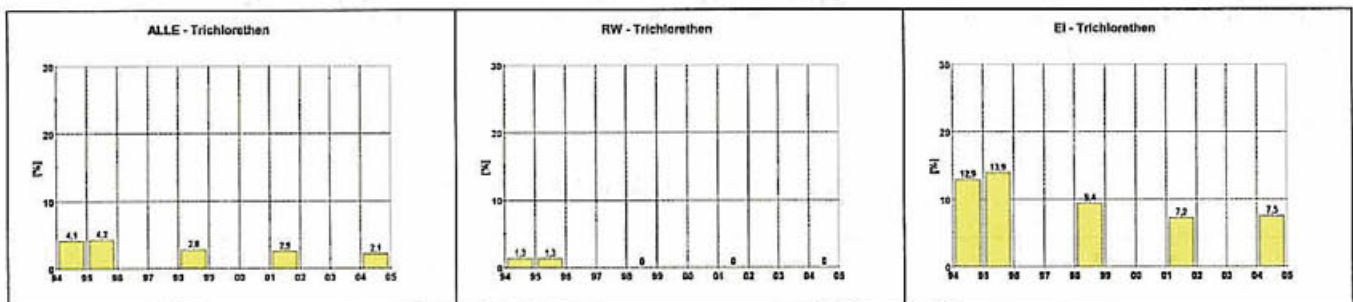
a) % Messstellen  $\geq$  BG (Bestimmungsgrenzen)b) % Messstellen  $>$  0,008 mg/l (Warnwert)c) % Messstellen  $>$  0,010 mg/l (Grenzwert Trinkwasserverordnung von 2001)

Abb. 2.6.7: Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten der **Summe LHKW** nach TrinkwV 2001 an konsistenten Messstellengruppen von 1994 bis 2004 (Datengrundlagen: Konsistente Messstellengruppen 1994, 1995, 1998, 2001, 2004; Beprobungszeitraum jeweils September bis Oktober, Abk. s. Anhang A1):  
 a) der Bestimmungsgrenzen (größer oder gleich der BG)  
 b) der Konzentration von 0,008 mg/l (größer Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms)  
 c) der Konzentration von 0,010 mg/l (größer Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 2001).

ALLE - 1.883 Mst.

RW - 156 Mst.

EI - 373 Mst.

a) % Messstellen  $\geq$  BG (Bestimmungsgrenzen)b) % Messstellen  $>$  0,005 mg/l (Warnwert)

ALLE - 1.859 Mst.

RW - 155 Mst.

EI - 371 Mst.

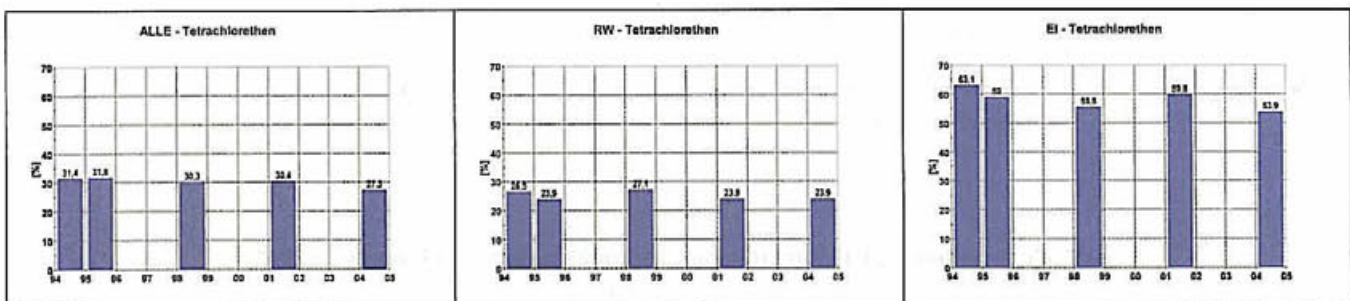
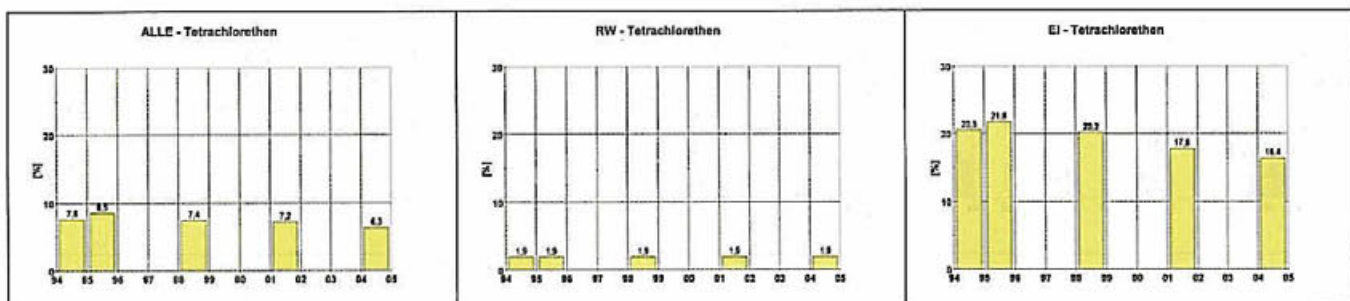
a) % Messstellen  $\geq$  BG (Bestimmungsgrenzen)b) % Messstellen  $>$  0,005 mg/l (Warnwert)

Abb. 2.6.8:

Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten der Trichlorethen- (TRI) und Tetrachlorethenkonzentrationen (PER) an konsistenten Messstellengruppen von 1994 bis 2004 (Datengrundlagen: Konsistente Messstellengruppen 1994, 1995, 1998, 2001, 2004, Beprobungszeitraum jeweils September bis Ende Oktober; Abk. s. Anhang A1):

a) der Bestimmungsgrenzen (größer oder gleich der BG)

b) der Konzentration von 0,005 mg/l (größer Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms).

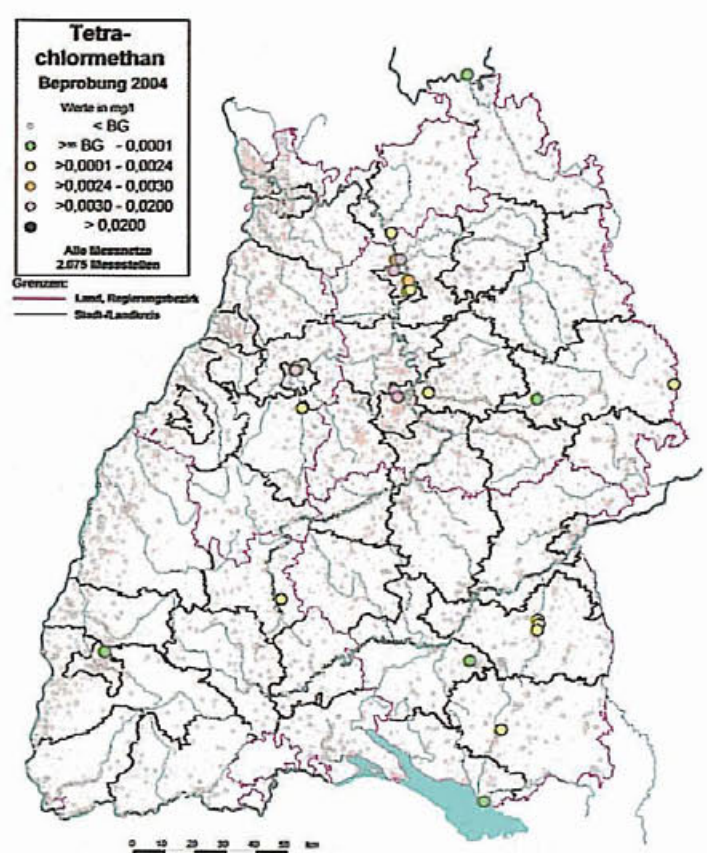
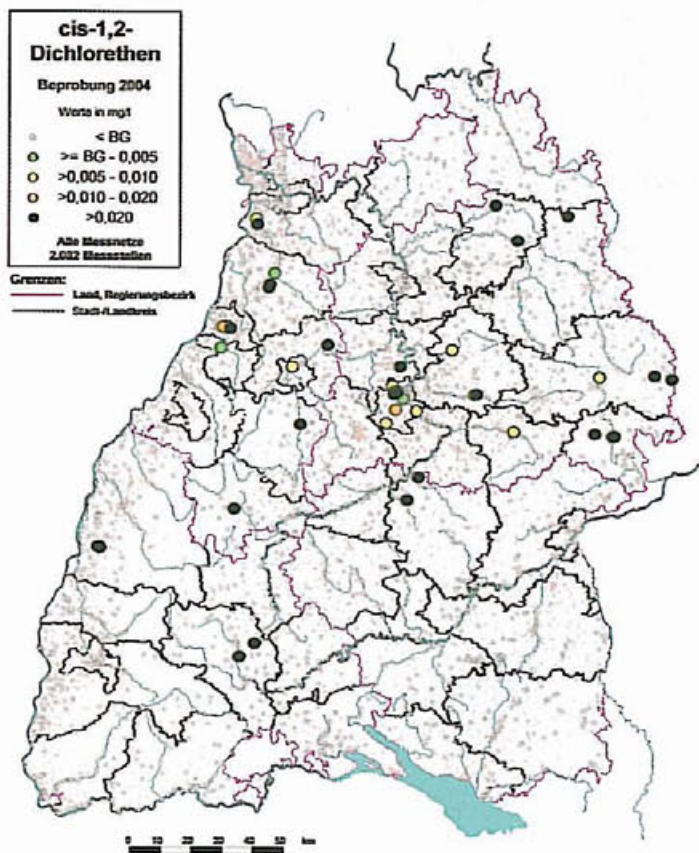
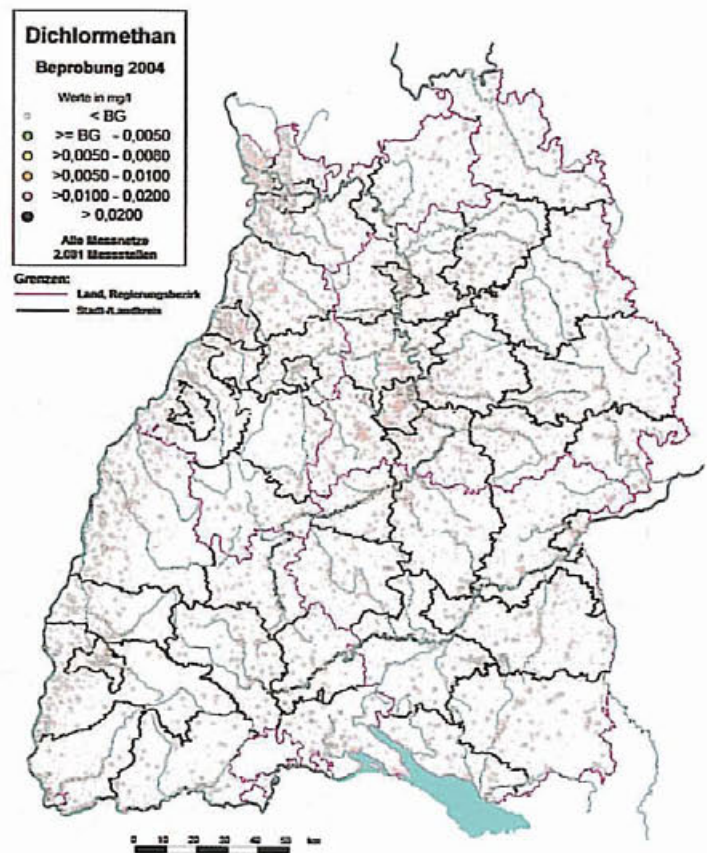
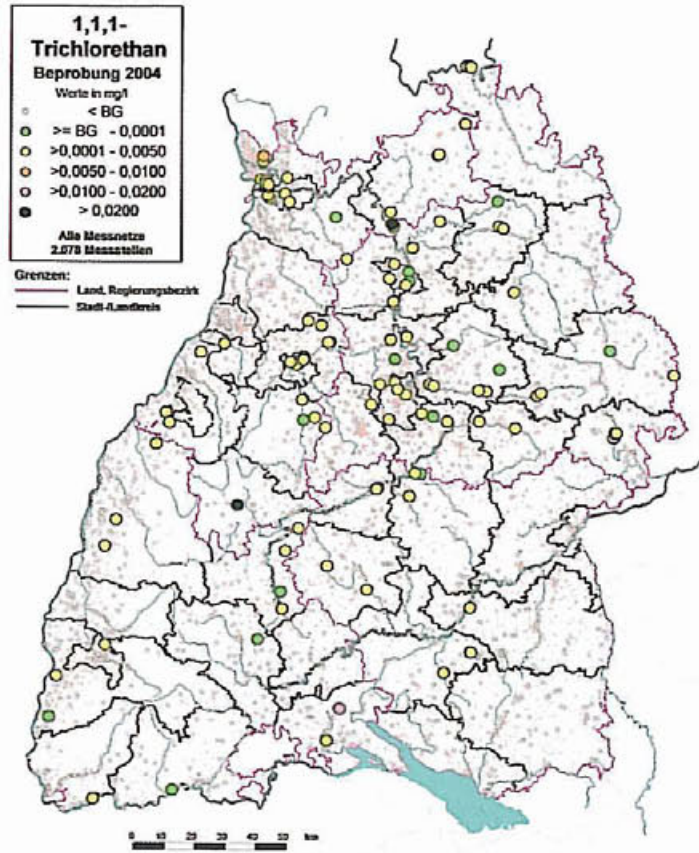


Abbildung 2.6.9:

Konzentrationsverteilung 1,1,1-Trichlorethan, Dichlormethan, cis-1,2-Dichlorethen, Tetrachlormethan 2004 mit Landnutzungen (Industrie und Siedlungen = rosa). Anm.: Orange, rote und schwarze Punkte sind Überschreitungen des jeweiligen Einzelstoff-Warmerwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms. In der TrinkwV 2001 gibt es keinen Einzelstoff-Grenzwert mehr für Tetrachlormethan. Für diesen Stoff kennzeichnen violette Punkte Überschreitungen des Summen-Grenzwertes nach TrinkwV 1990, allein durch die Konzentration dieses Einzelstoffes. Schwarze Punkte kennzeichnen gleichzeitig Überschreitungen des LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwertes für die Summe aller LHKW, allein durch die Konzentration des jeweiligen Einzelstoffes. Dichlormethan ohne positive Befunde.

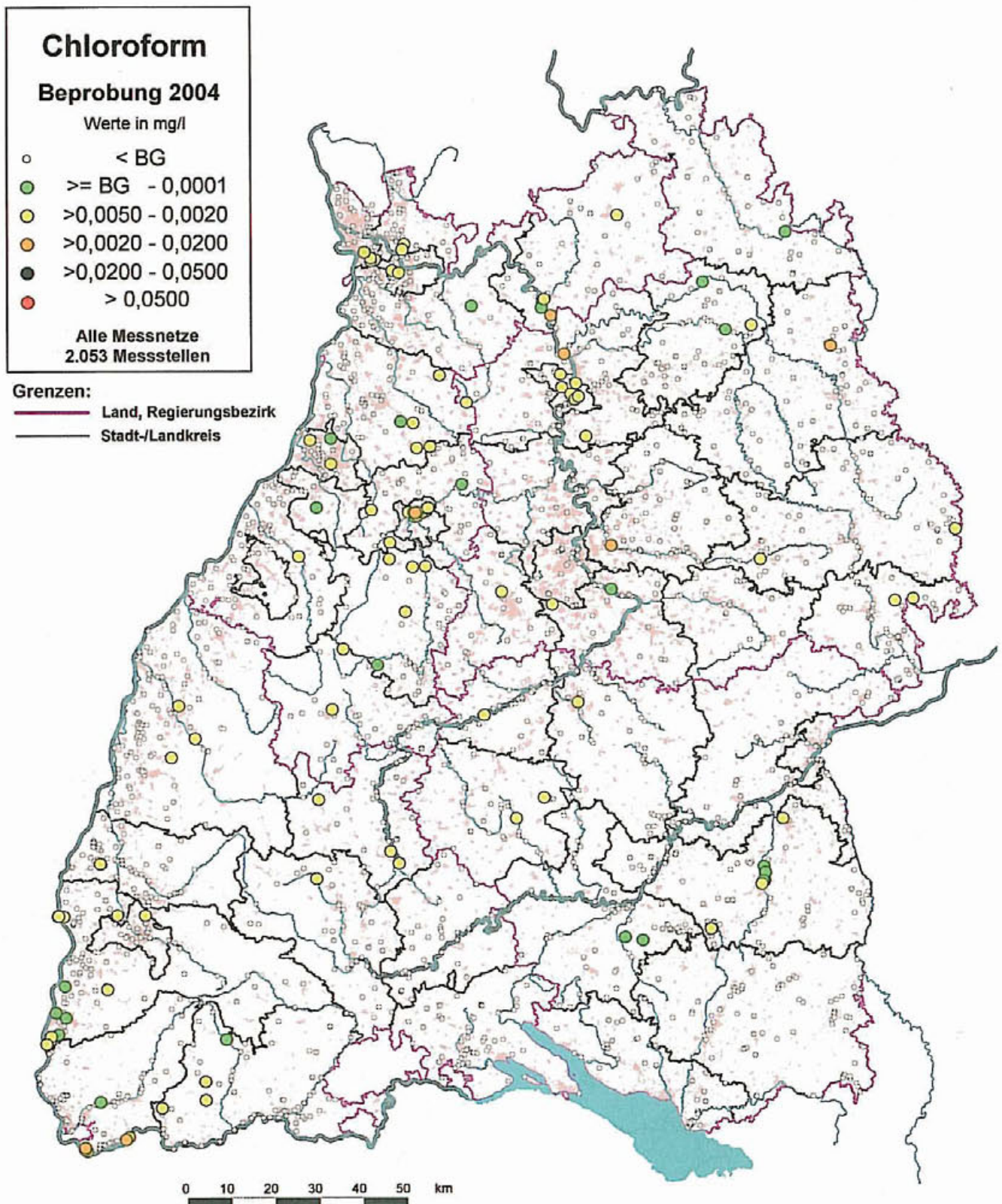


Abbildung 2.6.10:

Konzentrationsverteilung **Chloroform (Trichlormethan)** 2004 mit Landnutzungen (Industrie und Siedlungen = rosé). Anm.: Orange, rote und schwarze Punkte sind Überschreitungen des Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms. In der TrinkwV 2001 gibt es keinen Einzelstoff-Grenzwert. Chloroform geht aber ein in die grenzwertrelevante Summe der Trihalogenmethane (Probennahme am Zapfhahn). Rote bzw. schwarze Punkte (aber beides nicht vorhanden) wären Überschreitungen dieses Summen-Grenzwertes bzw. des LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwertes für die Summe aller LHKW, allein durch die Konzentration des Einzelstoffes.

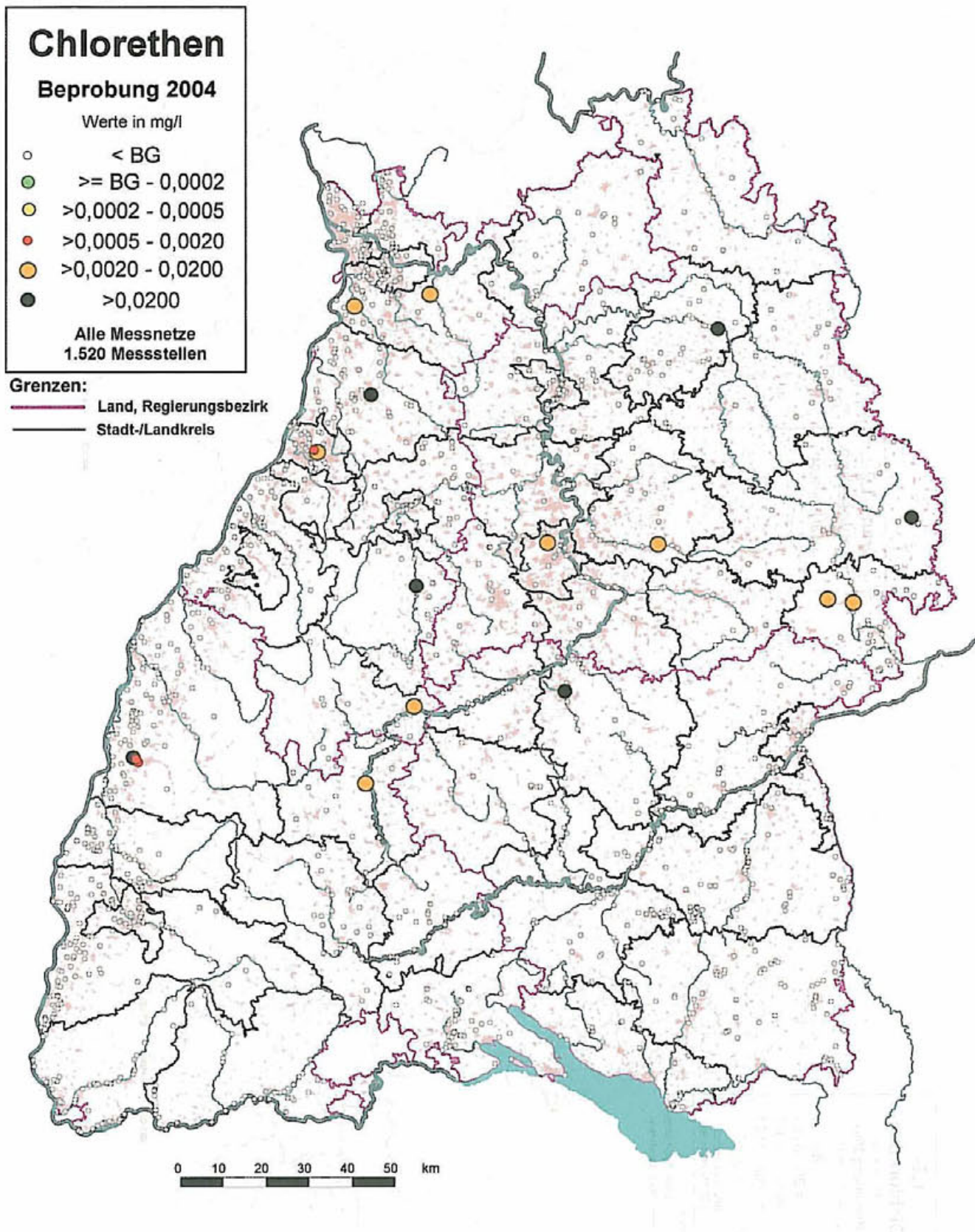


Abbildung 2.6.11: Konzentrationsverteilung **Vinylchlorid (VC, Chlorethen)** 2004 mit Landnutzungen (Industrie und Siedlungen = rosé). Anm.: Rote, orange und schwarze Punkte sind Überschreitungen des Einzelstoff-Grenzwertes der TrinkwV 2001 und des LAWA-Einzelstoff-Geringfügigkeitsschwellenwertes. Schwarze Punkte sind Überschreitungen des LAWA-Summen-Geringfügigkeitsschwellenwertes für die Summe aller LHKW, allein durch die Konzentration des Einzelstoffes.

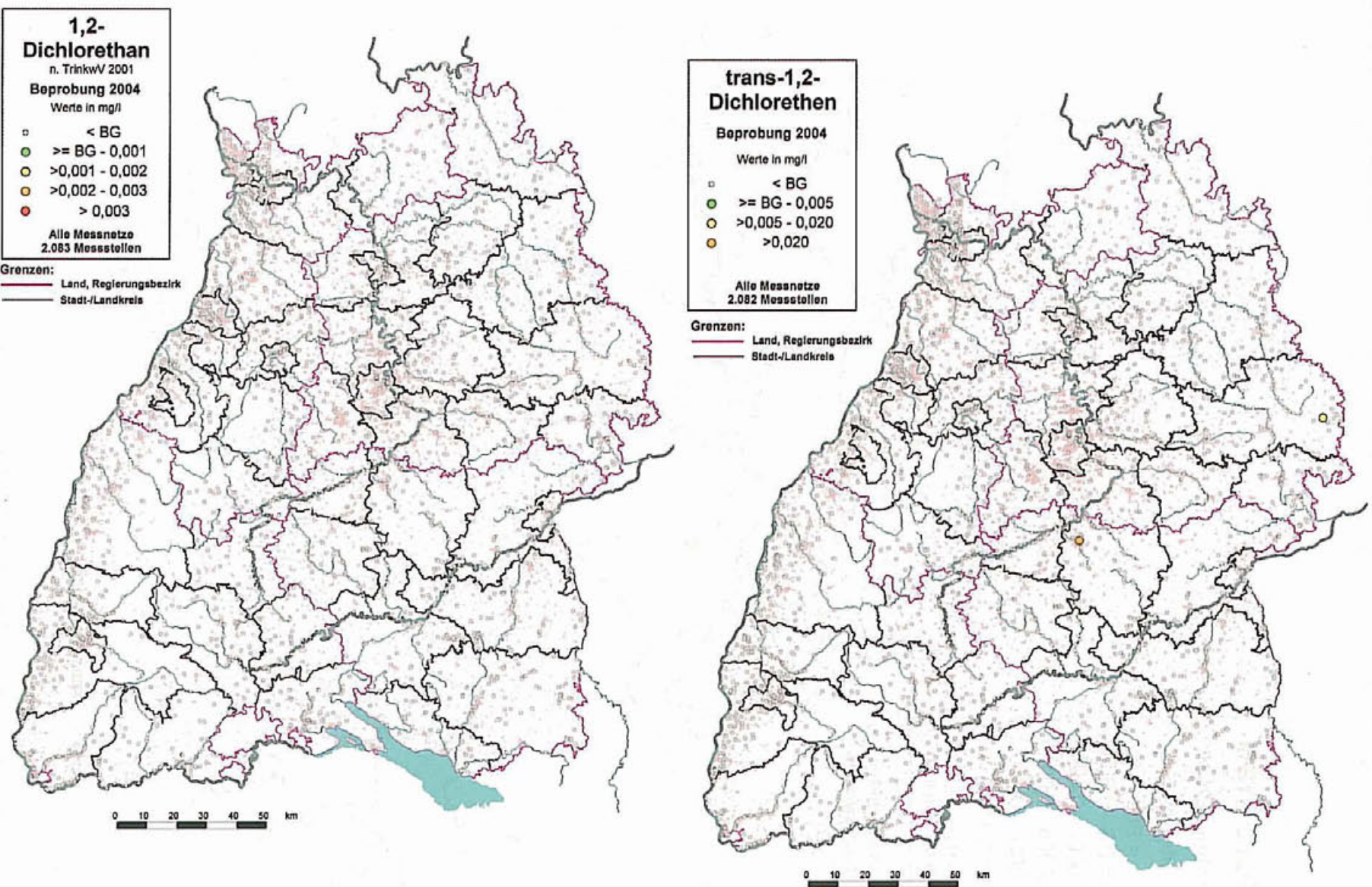


Abbildung 2.6.12:

Konzentrationsverteilung trans-1,2-Dichlorethan und 1,2-Dichlorethan 2004 mit Landnutzungen (Industrie und Siedlungen = rose). Anm.: Nur für 1,2-Dichlorethan existiert ein Einzelstoff-Grenzwert in der TrinkwV 2001. Für 1,2-Dichlorethan existieren aber keine positiven Befunde. Bei trans-1,2-Dichlorethan sind orange Punkte Überschreitungen des GÜP-Einzelstoff-Warmwertes bzw. des LfUWA-Summen-Geringfügigkeitschwellenwertes, allein durch die Konzentration dieses Einzelstoffes.



## 2.7 MKW - Mineralölkohlenwasserstoffe

### 2.7.1 Problembeschreibung, Bedeutung

Kohlenwasserstoffe sind organische Verbindungen, die in der Natur vor allem in Mineralöl und Erdgas vorkommen. Diese werden als Mineralölprodukte genutzt z.B. als Petroleum oder Heizöl, Benzin-, Diesel-, Kerosintreibstoffe.

Durch undichte Tanks, Transportleitungen oder undichte Abwasseranlagen sowie durch Unfälle oder unvorsichtige Handhabung können Kohlenwasserstoffe in Boden und ins Grundwasser gelangen. Bei ausreichend großem Grundwasserabstand verhindert meist die Bodenpassage eine Grundwasserkontamination. Böden mit hohem Humusgehalt können Mineralöl besser binden als humusarme Böden.

Gelangt Öl in Boden und Grundwasser, wird es unter aeroben Verhältnissen unter Verbrauch von Sauerstoff langsam mikrobiell abgebaut, soweit Sauerstoff vorhanden ist oder über das Sickerwasser nachgeliefert wird. In Bereichen mit hohen MKW-Belastungen ist das Grundwasser daher oft sauerstoffarm bis sauerstofffrei. Unter anaeroben Bedingungen ist die Oxidation nochmals langsamer und von der Existenz von anderen Sauerstoffquellen, wie z.B. von Nitrat und Sulfat abhängig. Für die vollkommene Oxidation von 1 mg Mineralöl werden etwa 4 mg Nitrat verbraucht.

Gelöste oder emulgierte Kohlenwasserstoffe können dem Trinkwasser noch in sehr großer Verdünnung einen unangenehmen Geruch oder Geschmack verleihen. Daher sah die TrinkwV von 1990 für den Parameter „Gelöste oder emulgierte Kohlenwasserstoffe - Mineralöle“ eine Konzentration von 0,01 mg/l als Grenzwert vor. Die Bestimmung dieses Parameters war laut Trinkwasserverordnung an das Analytikverfahren H 18 der Deutschen Einheitsverfahren (DEV) gebunden.

Auch mit niedrigeren Konzentrationswerten gilt ein Trinkwasser laut TrinkwV 1990 als ungeeignet, wenn es nach Öl riecht oder schmeckt.

Die **TrinkwV 2001** sieht keinen explizit ausgewiesenen Parameter für Mineralölkohlenwasserstoffe vor und damit auch **keinen Grenzwert**, da das Erkennen einer Mineralölbelastung über die Parameter „Geruchsschwellenwert“ und „Geschmack“ ausreichend geregelt ist. Die **LAWA (2004)** sieht einen Geringfügigkeitsschwellenwert (**GFS**) von 100 µg/l vor.

### 2.7.2 Probennahme und Analytik

Die Konzentrationen, mit denen MKW im Grundwasser auftreten, bewegen sich üblicherweise im Bereich von einigen µg/l bis mg/l, je nach Stärke der Kontamination und je nach Entfernung zur Emissionsquelle.

Die hier aufgeführten landesweiten Untersuchungen auf Mineralölkohlenwasserstoffe wurden nicht mit der Methode H 18 nach DEV (1981) zur „Bestimmung der gelösten und emulgierten Kohlenwasserstoffen“ durchgeführt, sondern mit der seit Juni 2001 verbindlich eingeführten Deutschen-Einheitsverfahren-(DEV)-Methode H 53 „Bestimmung des **Kohlenwasserstoffindex**“. Es erlaubt die Bestimmung ab Konzentrationen oberhalb von 0,05 bis 0,10 mg/l (s. Anhang Tabelle A2), meist erst ab 0,10 mg/l.

Nach Paralleluntersuchungen und Literaturangaben liefern die beiden verschiedenen Methoden bei Grundwasserproben aber ähnliche Ergebnisse.

In Anbetracht der Bestimmungsmöglichkeiten der Laboratorien wird im Grundwasserüberwachungsprogramm ein **Warnwert** von 0,1 mg/l festgelegt.

Die MKW-Befunde mit Warnwertüberschreitungen an Landesmessstellen wurden in 2004 z.T. über Rückstellproben oder Nachuntersuchungen durch erneute Probennahmen und vergleichende Untersuchungen mit dreifach paralleler Analytik verifiziert.

### 2.7.3 Landesweite Situation, räumliche Verteilung, Bewertung

Die nach 2001 in 2004 zum zweiten Mal landesweit durchgeführten Bestimmungen des Kohlenwasserstoff-Index zeigen positive Befunde an 2 Messstellen, d.h. an 0,1 % aller Messstellen (Abb. 2.7.1 und 2.7.2).

Die eine der betroffenen Messstellen gehört zum Verdichtungsmessnetz Siedlungen (VMS), die andere zum Vorfeldmessnetz (VF). Beide Messstellen liegen in Wasserschutzgebieten.

In den anderen Teilmessnetzen gibt es keinerlei Nachweise (Abb. 2.7.1).

Die beiden Konzentrationen betragen 0,16 und 0,20 mg/l. An beiden Messstellen wird der Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms (0,1 mg/l) überschritten.

In der TrinkwV 2001 gibt es für die Mineralölkohlenwasserstoffe keinen Grenzwert mehr. Jedoch ist der in den Probennameprotokollen und Analysen bei den organoleptischen Parametern (Geruch, Färbung, Trübung) dokumentierte Hinweis auf hier vorliegende Öl- oder Dieselkontaminationen eindeutig. Bei Anwendung des Grenzwertes der alten TrinkwV von 1990 für den Parameter „Gelöste und emulgierte Kohlenwasserstoffe“ (0,01 mg/l) wären beide Fälle auch gleichzeitig Grenzwertüberschreitungen.

Die eine Messstelle liegt auf einem Tankstellengelände in einem Siedlungsgebiet, die andere im Bereich von Heizöltanks an einem Forschungsgebäude inmitten von Ackerbauflächen.

Im weiteren Einzugsgebiet beider Messstellen liegen auch Altablagerungen, welche aber weniger als Ursachen in Betracht kommen.

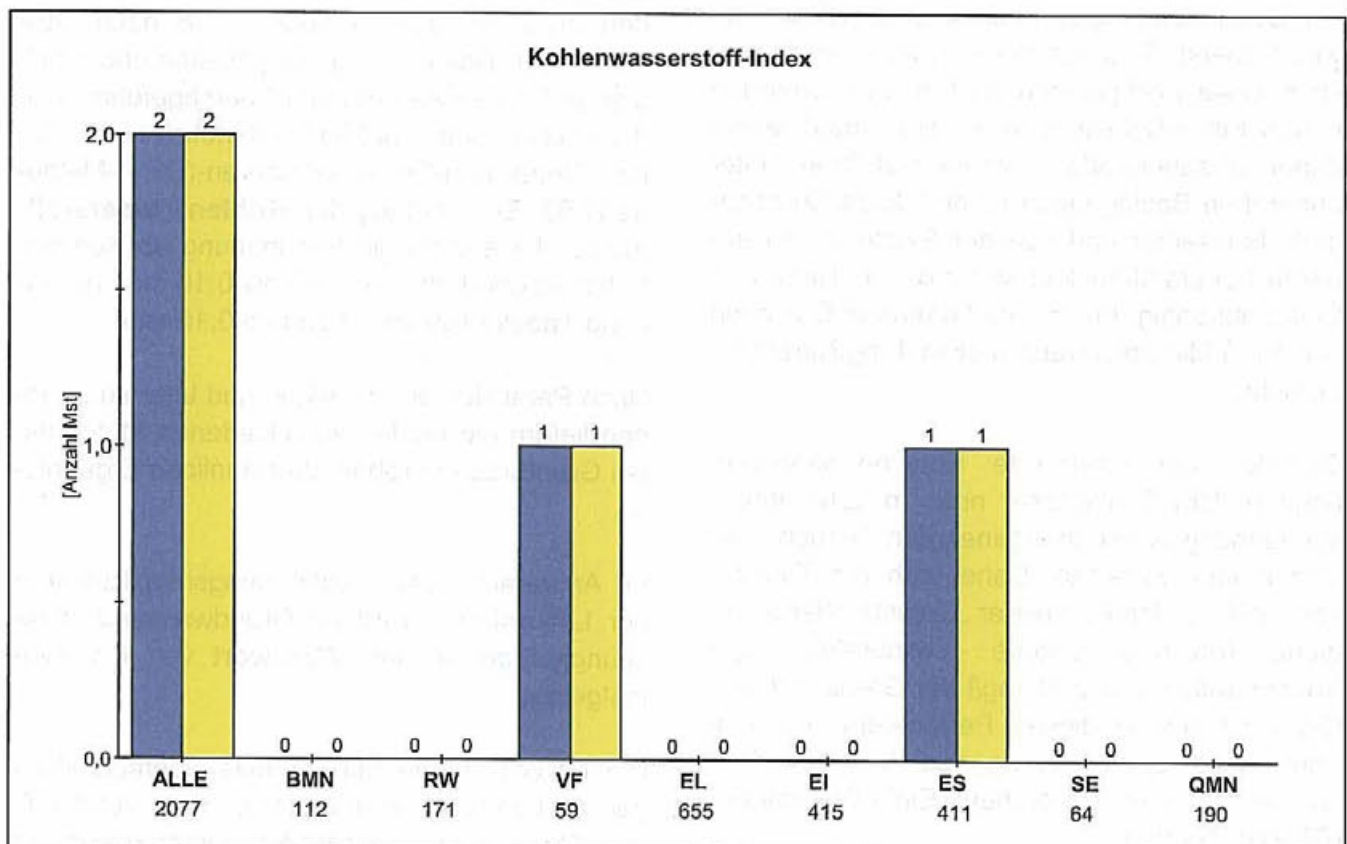


Abbildung 2.7.1: Absolute Überschreitungshäufigkeiten der Bestimmungsgrenze (BG) (Blaue Balken) und des Warnwertes (gelbe Balken) für den Kohlenwasserstoff-Index im gesamten Messnetz (Alle) und in den Teilmessnetzen bei der Beprobung 2004 (Abk. für Teilmessnetze s. Anhang A1). Anm.: In der TrinkwV 2001 gibt es für diesen Parameter keinen Grenzwert, daher sind hier auch keine roten Balken dargestellt.

Die Messstelle auf dem Tankstellengelände hatte in den früheren Beprobungsrunden auch sehr hohe Befunde an Benzolen, Xylolen und MTBE.

Die andere Messstelle im Bereich der Heizöltanks weist auch z.T. sehr hohe Konzentrationen an PAK auf. Die hier gefundenen Konzentrationen von nicht in der TrinkwV 2001 enthaltenen Einzel-PAK sind landesweit die höchsten (Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren).

#### 2.7.4 Bewertung

Die landesweite flächenhafte Belastung mit Mineralölkohlenwasserstoffen ist mit nur zwei positiven Befunden, welche gleichzeitig Überschreitungen des GÜP-Warnwertes und des LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwertes darstellen, nur sehr geringfügig. Schon die Beprobungsrunde 2001 erbrachte ein ähnliches Ergebnis. Von den in 2001 landesweit 14 positiven Befunden bestätigten sich in 2004 zwölf nicht mehr, zwei Messstellen waren in 2004 aus technischen Gründen nicht mehr beprobbar.

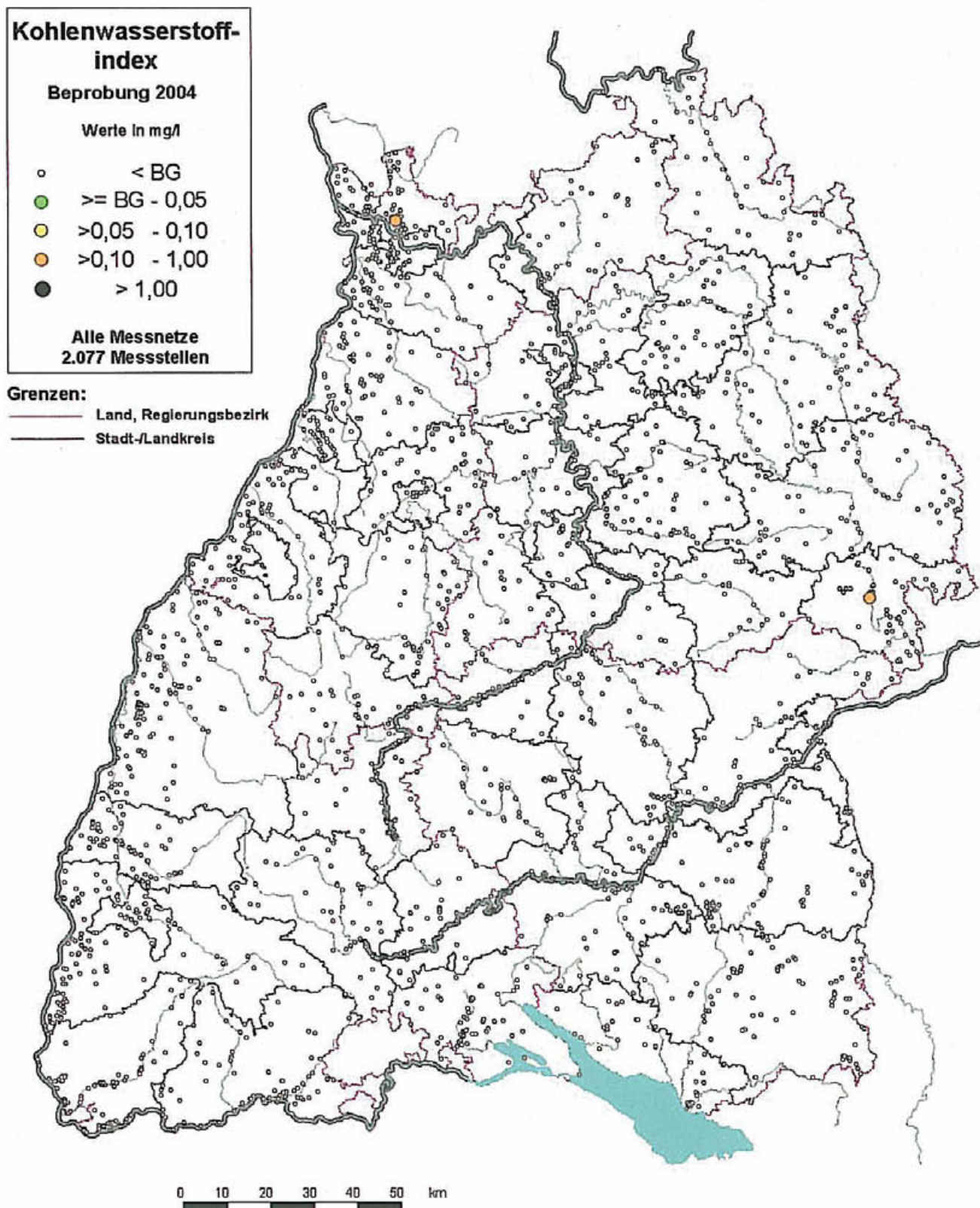


Abbildung 2.7.2: Konzentrationsverteilung des **Kohlenwasserstoff-Index** 2004 mit Landnutzungen (Industrie und Siedlungen = rosé). Anm.: Die TrinkwV 2001 kennt für diesen Parameter keinen Grenzwert. Die vorhandenen beiden orangenen Punkte kennzeichnen Messstellen mit Überschreitungen des Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms und gleichzeitig Überschreitungen des ehemaligen Grenzwertes der TrinkwV 1990 und des LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwertes.

## 2.8 PAK - Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

### 2.8.1 Problemstellung, Bedeutung, Entstehung und Eintragspfade

#### Problemstellung, Bedeutung

Die Substanzklasse der Polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffe (PAK) umfasst eine Gruppe von mehreren hundert Verbindungen, deren Grundgerüst zwei oder mehr kondensierte Benzolringe enthält. Die einzelnen Verbindungen unterscheiden sich in ihrer Toxizität.

Da ein Teil der PAK als kanzerogen gilt, sehen die alte und die aktuelle Trinkwasserverordnung (TrinkwV) von 1990 und 2001 den Parameter „Summe PAK“ vor, aber mit unterschiedlichen Einzelstoffen und unterschiedlichen Grenzwerten.

In der **alten TrinkwV von 1990** wurden zur Summenbildung die Konzentrationen von **sechs Referenzstoffen** einzeln gemessen und zur „Summe PAK“ addiert. Der Summen-Grenzwert betrug 0,2 µg/l, der Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogrammes (GÜP) 0,05 µg/l. Für die Einzelstoffe existierten keine Einzelgrenzwerte. Auch gab es im Grundwasserüberwachungsprogramm keine einzelnen Warnwerte.

Die sechs Einzelstoffe der „Summe PAK nach TrinkwV 1990“ sind:

- Fluoranthen
- Benzo(a)pyren
- **Benzo(b)fluoranthen**
- **Benzo(k)fluoranthen**
- **Benzo(ghi)perylen**
- **Indeno(1,2,3-cd)pyren**

Die Trinkwasserverordnung (**TrinkwV von 2001**) - **gültig ab 2003** - sieht für die „Summe PAK“ die o.g. **vier fett gedruckten Einzelstoffe** vor. Der neue Grenzwert (Probennahme am Zapfhahn) liegt mit 0,1 µg/l nur halb so hoch wie der Grenzwert der TrinkwV von 1990. Der neue Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogrammes (GÜP) beträgt 0,08 µg/l. Für die Ein-

zelstoffe existieren keine Einzelgrenzwerte. Auch gibt es im Grundwasserüberwachungsprogramm keine einzelnen Warnwerte.

Zusätzlich ist in der neuen TrinkwV 2001 **Benzo(a)pyren** aus der Summe der PAK herausgenommen worden und aufgrund seiner erhöhten Toxizität zukünftig als Einzelparameter mit einem Grenzwert von 0,01 µg/l ausgewiesen.

**Fluoranthen** ist in der neuen TrinkwV aufgrund seiner als geringer eingestuften Toxizität und aufgrund seines auch natürlichen Vorkommens gänzlich entfallen.

Daneben wird zur Beschreibung der PAK-Belastung der Umwelt zusätzlich zu den o.g. sechs PAK eine Auswahl von weiteren zehn PAK verwendet. Für diese PAK-Einzelstoffe existieren in der neuen TrinkwV 2001 bzw. in der alten TrinkwV 1990 keine Grenzwerte. Auch gibt es keine GÜP-Warnwerte. Auf Vorschlag der amerikanischen Umweltbehörde Environmental Protection Agency (EPA) sollen insgesamt 16 einzelne PAK (16 PAK nach EPA) untersucht werden.

Die **zehn zusätzlichen PAK nach EPA** sind:

- Acenaphtylen
- Acenaphthen
- Fluoren
- Phenanthren
- Anthracen
- Benzo(a)anthracen
- Pyren
- Chrysen
- Dibenzo(ah)anthracen
- Naphthalin

Im **Altlastenbereich** umfasst die Analytik im Regelfall die genannten 4 Einzelstoffe der TrinkwV 2001 und Benzo(a)pyren. Wenn zusätzlich andere PAK auftreten, sind diese nach einem Schreiben des Bundesgesundheitsamtes vom 04.06.1992 mit Verweis auf § 2, Abs. 3

TrinkwV (1990), ebenfalls in die Summenbildung aufzunehmen (BGA, 1992). Da die Leitparameter der TrinkwV die alllasten- und schadenfalltypischen PAK nur zu einem geringen Anteil erfassen, wird für die Regeluntersuchung bei Grundwasserschadensfällen oft die besser geeignete o.g. Parameterliste (16 Einzelstoffe) der Umweltschutzbehörde der USA (EPA) zugrunde gelegt.

In der Liste der **prioritären Stoffe der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)** vom 20.11.2001 finden sich die Einzelstoffe der Summe der PAK nach TrinkwV und Benzo(a)pyren in der Kategorie „Prioritäre gefährliche Stoffe“, weiterhin Anthracen und Naphthalin in der Kategorie „Zu überprüfende Prioritäre Stoffe“ und Fluoranthen in der Kategorie „Prioritäre Stoffe, die nicht als prioritäre gefährliche Stoffe“ eingestuft werden.

Die Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (**LAWA**) führt in ihrem Bericht zur „Ableitung von **Geringfügigkeitsschwellen**“ (12/2004) folgende ökotoxikologisch begründete Geringfügigkeitsschwellenwerte (**GFS**) an:

**Summe 15 PAK nach LAWA** (d.h. 16 PAK nach EPA ohne Naphthalin):  
0,200 µg/l

4 Einzelstoffe der PAK-Summe nach TrinkwV 2001: je 0,025 µg/l  
Benzo(a)pyren: 0,010 µg/l  
Fluoranthen: 0,025 µg/l

Weiterhin gilt für einzelne PAK nach EPA:

Anthracen: 0,010 µg/l  
Dibenzo(ah)anthracen: 0,010 µg/l  
Naphthalin: 1,00 µg/l

### Entstehung und Eintragspfade

PAK entstehen bei der unvollständigen Verbrennung organischen Materials. Sie kommen im Rauch von Hausbrand und Industrieanlagen, in Autoabgasen und Zigarettenrauch vor, aber auch in Produkten aus Kohle und Öl, z.B. in bituminösen und in teerhaltigen Straßenbelägen.

Neue Wasserrohre mit innerem teerhaltigem „Schwarzanstrich“ können über mehrere Monate lang PAK abgeben. Auch beim Räuchern oder Grillen entstehen PAK. Naphthalin war auch Bestandteil von Insektenabwehrmitteln wie z.B. von Mottenkugeln.

Über den Luftpfad werden die PAK ubiquitär verbreitet. Sie lagern sich im Boden bevorzugt an Bodenpartikel an und gelangen über Staub, PAK-haltigen Ruß und Straßenabrieb direkt in die Umwelt, auch ins Abwasser. Daher können auch Klärschlämme PAK-haltig sein.

Das Auftreten von PAK in Erdöl, Bakterien und Pflanzen ist ein Hinweis auf biologische Synthesevorgänge, also darauf, dass PAK auch natürlicherweise entstehen, insbesondere der Einzelstoff Fluoranthen.

PAK haben als Grundwasserverunreinigungen eine meist nur untergeordnete Bedeutung. Dies liegt hauptsächlich an ihrer sehr geringen Wasserlöslichkeit und der hohen Sorptionsfähigkeit an viele Bodenbestandteile, wie Humusstoffe und Tonminerale.

PAK können von Bakterien unter Sauerstoffverbrauch abgebaut werden. Somit ergibt sich eine sehr geringe geochemische Mobilität dieser Stoffe.

Im Wasser besser löslich sind die Naphthenverbindungen. Sie finden sich oft in Ölfeldwässern oder in der Nähe von öl- und bitumenhaltigen Schichten.

Hohe PAK-Konzentrationen im Grundwasser werden meist nur abstromig von erdöl- und kohleverarbeitenden Industrien, Abwasseranlagen oder Deponien und Altablagerungen wie im Bereich ehemaliger Kokereien (Gaswerke) gefunden. In den Kokereien wurde aus Kohle früher Gas und Koks gewonnen.

Meist ist der Einzelstoff Fluoranthen am häufigsten nachweisbar.

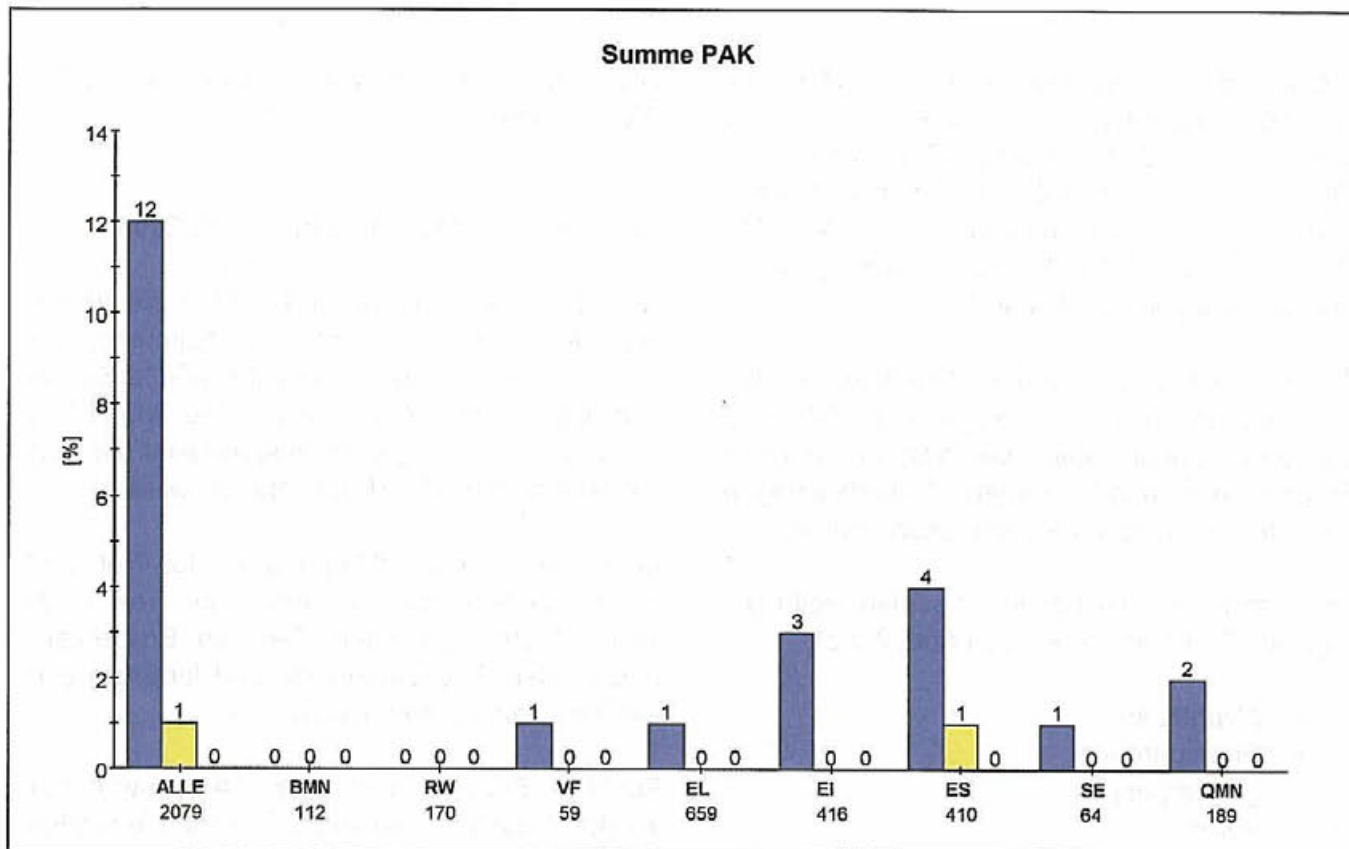


Abbildung 2.8.1: Anzahl der Überschreitungen von Bestimmungsgrenzen (BG-Blau Balken), der Warnwerte (WW) (Gelbe Balken) des Grundwasserüberwachungsprogrammes (und des Grenzwerts (GW) (Rote Balken), Anm.: Keine Grenzwertüberschreitungen vorhanden) für die **Summe PAK** der **TrinkwV 2001** im gesamten Messnetz und in den Teilmessnetzen bei der Beprobung 2004 (Abk. s. Anhang A1).

### 2.8.2 Probennahme und Analytik

PAK wurden in 2001 erstmals an allen Landesmessstellen und in allen Teilmessnetzen untersucht, um die flächenhafte landesweite Belastungssituation darzustellen und zu beschreiben. Die Beprobungsrunde in 2004 stellt die zweite flächenhafte Bestandsaufnahme dar.

Die Konzentrationen, mit denen PAK im Grundwasser auftreten, bewegen sich üblicherweise im sehr niedrigen Bereich von ng/l bis µg/l, je nach Stärke der Kontamination und je nach Entfernung zur Emissionsquelle.

Die Bestimmungsgrenzen in der Beprobungsrunde 2004 sind von Labor zu Labor unterschiedlich. Sie liegen für die meisten Einzelstoffe bei 0,005 µg/l (s. Anhang Tab. A2). In den letzten Jahren werden bei den PAK durch die mittlerweile verbesserten Analysemethoden auch

niedrigere Bestimmungsgrenzen von 0,001 und 0,002 µg/l erreicht.

Etwa ein Drittel der positiven PAK-Befunde bei der Summe der vier PAK nach TrinkwV 2001 (0,08 µg/l) wurden in 2004 über Rückstellproben oder über Nachuntersuchungen über erneute Probenahmen und anschließender vergleichender Untersuchung mit anonymisierten Proben mit dreifach paralleler Analytik bei verschiedenen Laboren verifiziert.

### 2.8.3 Landesweite Situation, räumliche Verteilung

Die 16 untersuchten PAK-Einzelstoffe werden mit jeweiligen landesweiten Nachweisquoten zwischen 0,0 und nahezu 7 % im Grundwasser gefunden. An 238 Messstellen (etwa 11 %) wird mindestens einer der 16 PAK-Einzelstoffe gefunden. Die maximale Einzelstoffkonzentration

beträgt 1,550 µg/l bei Fluoren. Die Verteilung der absoluten Anzahlen der positiven Befunde der Einzelstoffe und der Summen-Parameter nach TrinkwV 1990 und 2001 im Gesamtmessnetz und in den Teilmessnetzen zeigen die Abb. 2.8.1, 2.8.2 und 2.8.9a und b, die Karten die regionale Verteilung der Befunde.

Die Beteiligung natürlicher Ursachen an den Konzentrationen oder die Abgabe von PAK aus Wasserfassungen mit teerhaltigem innerem Schwarzanstrich in beprobten Wasserfassungen können jedoch nicht ausgeschlossen werden.

Nach ihrer Nachweishäufigkeit sortiert ergibt sich folgende Reihenfolge (s. auch Abb. 2.8.2):

- *Naphthalin*
- Phenanthren
- Fluoranthen
- Pyren
- Acenaphthen
- Fluoren
- *Anthracen*
- Chrysen
- Benzo(a)anthracen
- Benzo(a)pyren
- Benzo(ghi)perylen
- Benzo(b)fluoranthen
- Indeno(1,2,3-cd)pyren
- Benzo(k)fluoranthen
- Acenaphthylen
- *Dibenzo(ah)anthracen*

Bei der Beurteilung der Befunde ist die Einstufung der verschiedenen Einzel-PAK in verschiedene Kategorien zu berücksichtigen. So sind in der TrinkwV 2001 vier Einzelstoffe enthalten (fett markierte Stoffe), in der TrinkwV 1990 waren es sechs Einzelstoffe (unterstrichene Stoffe). Zehn der sechzehn weiter untersuchten anderen PAK nach EPA sind und waren nie Bestandteile der alten und neuen Trinkwasserverordnung. Jedoch sind einige wegen ihrer ökotoxikologischen Relevanz von der LAWA mit Geringfügigkeitschwellenwerten (GFS) versehen (kursiv markierte Stoffe). Die restlichen sieben Einzelstoffe (nicht markierte Stoffe) sind nur Teilbestandteil der Summe 15 PAK nach LAWA, für welche

auch ein ökotoxikologisch begründeter GFS-Wert existiert.

### PAK nach TrinkwV 2001 (gültig ab 2003)

Abb. 2.8.1 gibt einen Überblick über die Verteilung der positiven Befunde des Summenparameters im Gesamtmessnetz (Alle) mit 12 Befunden und in den Teilmessnetzen. Die Abb. 2.8.3, 2.8.4, 2.8.5, 2.8.8 geben entsprechend die Verteilung der Befunde der Einzelstoffe wieder.

Im Basismessnetz (BMN) und bei den Rohwassermessstellen (RW) werden keine PAK nach TrinkwV 2001 gefunden. Bei den Emittentennessstellen Siedlungen (ES) und Industrie (EI) existieren die meisten Nachweise.

Für die **Summe von vier PAK nach der TrinkwV 2001** ist die Anzahl der landesweiten positiven Befunde an nur 12 Messstellen mit einer landesweiten Nachweisquote von nahezu nur einem halben Prozent (0,6 %) sehr gering. Alle vier Einzelstoffe tragen mit Nachweisen an je fünf bis acht Messstellen gleichermaßen zu den Befunden bei, kein Einzelstoff steht im Vordergrund. Im Umfeld von 10 der 12 Messstellen finden sich als mögliche Ursachen: Regenüberlaufbecken, ehemalige Deponien und Sonderabfalldeponien, Schadensfälle, Abwasser- und Bahnanlagen, Autobahnen, Bundesstrassen, Erdölpipelines und Industriegebiete. An zwei Messstellen im Quellmessnetz (QMN) im Schwarzwald können die positiven Befunde auf natürliche Ursachen (u.a. Moore), einen möglichen inneren Schwarzanstrich in den Quellfassungen, auf undichte Abwasseranlagen von Weilern auf den Höhenlagen oder auf atmosphärischen Eintrag zurückzuführen sein. In den hier vorliegenden sehr gering mineralisierten Quellwässern können sich atmosphärische Einträge über Luft und Niederschlag schnell bemerkbar machen.

Landesweit wird an keiner Messstelle der Grenzwert der TrinkwV 2001 überschritten. Es gibt landesweit nur eine Warnwertüberschreitung in einem mittelstädtischen Gewerbegebiet (Emitten-



tenmessstelle Siedlungen (ES)) mit dem landesweiten Maximalwert von 0,083 µg/l. Dabei wird die für 15 Einzel-PAK von der LAWA vorgesehene Geringfügigkeitsschwelle (GFS) für die Summe-PAK (0,200 µg/l) nicht überschritten.

Für die vier Einzelstoffe der Summe-PAK der TrinkwV 2001 existieren **LAWA-Einzelstoff-Geringfügigkeitsschwellenwerten (LAWA-GFS)** von je 0,025 µg/l. Alle vier Stoffe gelten als prioritäre gefährliche Stoffe nach WRRL. Die LAWA-GFS werden je einmal bei Benzo(b)fluoranthen und Benzo(ghi)fluoranthen an zwei verschiedenen Messstellen überschritten. Die beiden Messstellen liegen auf Industriebereichen, eine der Messstellen ist mit der Messstelle der o.g. Warnwertüberschreitung identisch.

**Benzo(a)pyren** wird in der TrinkwV 2001 aufgrund seiner hohen toxikologischen Relevanz (prioritärer gefährlicher Stoff nach WRRL) als Einzelparameter mit einem eigenen Grenzwert von 0,01 µg/l aufgeführt. Dieser Wert wird von der LAWA auch als Geringfügigkeitsschwellenwert geführt. In 2004 wird Benzo(a)pyren an acht Messstellen gefunden. Mögliche Belastungsursachen sind Regenüberlaufbecken, Abwasser- und Bahnanlagen, ehemalige Deponien und Sonderabfalldeponien, Autobahnen und Industriegebiete.

Die landesweite Nachweisquote ist mit 0,4 % sehr gering. An sechs dieser Messstellen existieren Warnwertüberschreitungen (0,3 %), wobei vier Befunde gleichzeitige Grenzwertüberschreitungen (0,2 %) und Überschreitungen der LAWA-Einzelstoff-Geringfügigkeitsschwelle von 0,01 µg/l darstellen.

An den sechs belasteten Messstellen wird/würde weder der neue noch der alte Grenzwert für die Summe-PAK überschritten, obwohl oft gleichzeitig andere Einzelstoffe der Summe-PAK nachgewiesen werden können. Daher ist die ökotoxikologisch begründete Neuaufnahme von Benzo(a)pyren als grenzwertrelevanter Einzel-Parameter in die TrinkwV 2001 begründet und erfreulich.

## PAK nach TrinkwV 1990

Bei Anwendung der **Summe von sechs PAK nach der alten TrinkwV von 1990** auf die Ergebnisse der Beprobungsrunde 2004 wäre unter Berücksichtigung der zusätzlichen Einzel-PAK **Fluoranthen** und Benzo(a)pyren die Anzahl der landesweiten positiven Befunde an 82 Messstellen mit einer landesweiten Nachweisquote von nahezu 4 Prozent sehr viel höher als bei Anwendung der neuen TrinkwV 2001 (Abb. 2.8.2, 2.8.6), da insbesondere Fluoranthen mit einer relativ hohen Nachweisquote von 3,8 % an der Summenbildung beteiligt wäre. Fluoranthen wird landesweit an 79 Messstellen gefunden (Abb. 2.8.2, 2.8.7). Damit ist Fluoranthen der am häufigsten an den 82 positiven Nachweise der Summe der PAK nach TrinkwV 1990 beteiligte Einzelstoff. Die anderen fünf PAK findet man nur an jeweils 5 bis 8 Messstellen.

Es gäbe landesweit 16 Warnwertüberschreitungen, aber an nur zwei Messstellen würde der damalige Grenzwert der TrinkwV 1990 und damit auch schon der LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwert für die Summe von 15 PAK überschritten werden. Ursachen für die beiden Grenzwertüberschreitungen sind allein die hohen Konzentrationen von Fluoranthen, andere PAK sind nicht beteiligt. Die beiden betroffenen Emittentenmessstellen Landwirtschaft liegen beide in der Nähe einer Autobahn, die eine zusätzlich nahe eines Industriegebiets, einer Bundesstrasse und einer Bahnanlage.

Bei Fluoranthen wird der **LAWA-Einzelstoff-Geringfügigkeitsschwellenwert** von 0,025 µg/l an 17 Messstellen überschritten. Fluoranthen gilt nach WRRL als „prioritärer Stoff, der nicht als prioritär gefährlicher Stoff eingestuft wird“.

Im **Vergleich mit den Befunden aus 2001** ergibt sich für die **Summe PAK n. TrinkwV 1990** folgendes Bild. Von den damaligen 11 Messstellen mit Grenzwertüberschreitungen waren 2004 zwei aus technischen Gründen nicht mehr beprobbar, z.B. auch eine Messstelle im Bereich eines Gaswerks. An zwei der elf Messstellen werden 2004 wiederum die damaligen Grenz-

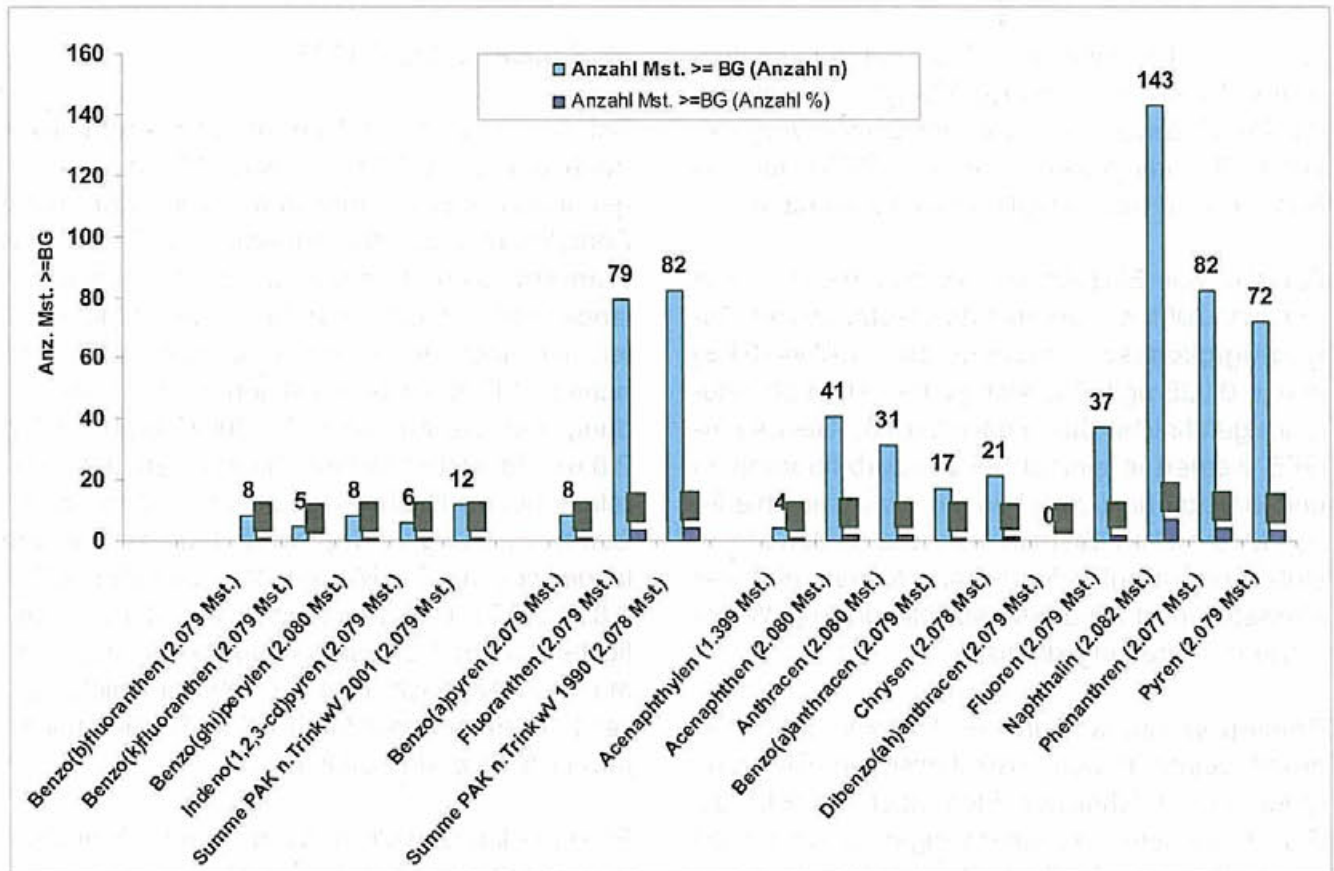


Abb. 2.8.2: Absolute Anzahl (hellblaue Balken) und prozentuale Überschreitungshäufigkeiten (dunkelblaue Balken) von Bestimmungsgrenzen (Nachweisshäufigkeit) der sechs einzelnen PAK nach TrinkwV 1990, für die Summen PAK nach TrinkwV 1990 und 2001 und für die restlichen zehn einzelnen PAK nach EPA im gesamten Messnetz, Beprobung 2004, Abk. s. Anhang A1.

wertüberschreitungen vorgefunden. An einer Messstelle ist in 2004 die Konzentration unter die Grenzwerte nach TrinkwV 1990 und 2001 gesunken, bewegt sich aber noch im nachweisbaren Wertebereich. An den übrigen sechs Messstellen sind die Werte in 2004 bis unter die Bestimmungsgrenze gefallen.

#### Zusätzliche zehn PAK-Einzelstoffe nach EPA und Überschreitungen der LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwerte

Bei den PAK-Einzelstoffen für die es keinen TrinkwV-Grenzwert gibt, die jedoch von der amerikanischen EPA als weitere Parameter bei Umweltuntersuchungen vorgeschlagen werden (**PAK nach EPA**) und für die z.T. gleichzeitig LAWA - Einzelstoff - Geringfügigkeitsschwellenwerte existieren (Anthracen, Dibenzo(ah)anthracen, Naphthalin), fallen in einigen Fällen die hohen bzw. sehr hohen Nachweisquoten zwischen

3,5 (Pyren, Phenanthren) und nahezu 7 % (Naphthalin) auf (Abb. 2.8.2). Davon gelten nur Anthracen und Naphthalin bei der WRRL als „zu überprüfende prioritäre Stoffe“.

Als einziger Stoff nicht nachweisbar war **Dibenzo(ah)anthracen**, für welchen von der LAWA mit 0,01 µg/l ein Einzelstoff - Geringfügigkeitsschwellenwert vorgesehen ist.

Keine **Überschreitungen der LAWA-Einzelstoff-Geringfügigkeitsschwellenwerte** (GFS) gibt es bei Naphthalin (1 µg/l) und Dibenzo(ah)anthracen (0,01 µg/l), Überschreitungen bei Anthracen (0,01 µg/l) an 19 Messstellen.

Für die Summe von 15 PAK (d.h. 16 PAK nach EPA ohne Naphthalin) wird der GFS-Wert von 0,200 µg/l landesweit an 21 Messstellen überschritten (Tab. 2.8.1, Abb. 2.8.14). Dreizehn dieser Messstellen sind Emittentenmessstellen Industrie und Siedlungen. Zwei dieser Messstellen

weisen gleichzeitig Überschreitungen des Benzo(a)pyren-Einzelgrenzwertes nach TrinkwV 2001 auf, zwei zusätzliche Messstellen würden bei Anwendung der TrinkwV von 1990 für den Summen-Grenzwert Überschreitungen aufweisen. Für die GFS-Wert-Überschreitungen sind hauptsächlich folgende Einzelstoffe mit jeweiligen Konzentrationen von größer/gleich 0,100 µg/l verantwortlich: Phenanthren (10 Fälle), Acenaphthen (5 Fälle), Fluoranthen (4 Fälle), Pyren (3 Fälle), Fluoren (3 Fälle), Acenaphthylen soweit gemessen (2 Fälle) und je ein Fall Anthracen und Benzo(a)anthracen.

An 138 Messstellen wird mindestens einer der 15 PAK-Einzelstoffe gefunden, einschließlich Naphthalin (16 PAK) an 238 Messstellen.

Von den zusätzlich gemessenen zehn PAK-Einzelstoffen nach EPA werden am häufigsten und an jeweils mehr als fünfzig Messstellen nachgewiesen (Abb. 2.8.2): **Naphthalin** an 143 Messstellen (6,9 % aller Messstellen), **Phenanthren** an 82 Messstellen (3,9 % aller Messstellen) und **Pyren** an 72 Messstellen (3,5 % aller Messstellen). Die übrigen PAK nach EPA finden sich jeweils an weniger als 50 Messstellen und haben alle eine jeweilige landesweite Nachweisquote von  $\leq 2,0$  %.

Naphthalin und Phenanthren werden häufiger nachgewiesen als jeder andere PAK-Einzelstoff nach TrinkwV 1990 und nach TrinkwV 2001 (Abb. 2.8.2, 2.8.11, 2.8.13).

Die regionale Verteilung der Befunde zeigen die Karten.

Die Verteilung der positiven Befunde in den Teilmessnetzen (Befundraten) zeigen die Abb. 2.8.9a und b. Am häufigsten sind die Einzel-PAK nach EPA an den Emittentenmessstellen Siedlungen (ES), Industrie (EI) und an den Vorfeldmessstellen (VF) nachweisbar. Aber auch in den anderen Teilmessnetzen finden sich positive Befunde, so auch bei den Emittentenmessstellen Landwirtschaft (EL) z.B. beim Naphthalin.

An Messstellen mit Nachweisen der Einzelstoffe der PAK nach TrinkwV 2001 (12 Mst.) werden auch zusätzlich die folgenden PAK nach EPA gefunden: Pyren an nahezu zwei Dritteln (9 Mst.) dieser Messstellen, Phenanthren an etwas mehr als der Hälfte (7 Mst.) und Naphthalin an einem Viertel (3 Mst.).

Die maximalen Konzentrationen aller Einzel-PAK nach EPA werden an Messstellen gefunden an denen es gleichzeitig keine Nachweise der Einzelstoffe der Summe-PAK nach TrinkwV 2001 gibt, jedoch werden für einige Stoffe an einigen Messstellen die LAWA-Einzelstoff-Geringfügigkeitsschwellenwerte überschritten:

Die **maximale Naphthalinkonzentration** von etwa 0,8 µg/l wird an einer tiefen Basismessstelle in einem Moor im Südschwarzwald gefunden. Einige andere positive Befunde anderer PAK nach EPA begleiten den Naphthalinbefund, auch Fluoranthen, jedoch keine Einzel-PAK nach TrinkwV 2001. Der LAWA-Einzelstoff-Geringfügigkeitsschwellenwert von 1 µg/l wird nicht überschritten. Bei dem artesischen Brunnen kommen als Ursachen in Frage: die natürliche PAK-Synthese aus organischen Moorb Bestandteilen oder historische Verbrennungsvorgänge im Moor beim evtl. vorgenommenen Torfabbau, auch historische Köhlertätigkeiten oder eine in der Nähe dokumentierte Altlast.

Die **maximalen Konzentrationen von Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren** von etwa 0,4 bis 1,6 µg/l werden gleichzeitig an einer Messstelle im Bereich von Heizöltanks gefunden. Diese Messstelle weist auch einen positiven Befund mit Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW) auf.

Die **maximale Konzentration von Anthracen** von etwa 0,17 µg/l wird an einer Messstelle im Siedlungsgebiet im Bereich eines Abwassersammlers, einer Bahnanlage und einer ehemaligen Deponie gefunden. Einige andere positive Befunde anderer PAK nach EPA begleiten den Anthracenbefund, auch Fluoranthen, jedoch keine Einzel-PAK nach TrinkwV 2001. Der LAWA-

Einzelstoff-Geringfügigkeitsschwellenwert von 0,01 µg/l wird hier überschritten.

Die **maximale Konzentration von Phenanthrenen** von etwa 0,55 µg/l wird an einer Messstelle in einer Großstadt gefunden. Einige andere positive Befunde anderer PAK nach EPA und von LHKW begleiten den Phenanthrenbefund, auch Fluoranthen, jedoch keine Einzel-PAK nach TrinkwV 2001.

Die **maximale Konzentration von Pyren** von etwa 0,19 µg/l wird an einer Messstelle unterstromig eines Dorfes im Bereich einer Autobahn gefunden. Einige andere positive Befunde anderer PAK nach EPA begleiten den Pyrenbefund, auch Fluoranthen, jedoch keine Einzel-PAK nach TrinkwV 2001.

Die **maximale Konzentration von Benzo(a)anthracen** von 0,23 µg/l wird an einer Messstelle unterstromig eines Dorfes im Bereich eines Industriebetriebs, einer Autobahn, einer Bundesstrasse und einer Bahnanlage gefunden. Einige andere positive Befunde anderer PAK nach EPA begleiten den Benzo(a)anthracenbefund, auch Fluoranthen, jedoch keine Einzel-PAK nach TrinkwV 2001.

Die **maximale Konzentration von Chrysen** von 0,30 µg/l wird an einer Messstelle in einer Großstadt im Bereich einer Abwasseranlage und eines Regenüberlaufbeckens gefunden. Einige andere positive Befunde anderer PAK nach EPA begleiten den Chrysenbefund, auch alle Einzel-PAK nach TrinkwV 2001. Bei Benzo(a)pyren liegt eine Grenzwertüberschreitung vor, bei der Summe-PAK nach TrinkwV 2001 nicht.

#### **LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwerte (LAWA-GFS) von 2004**

Die 2004 veröffentlichten **LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwerte (LAWA-GFS)** berücksichtigen aus ökotoxikologischen Gründen einerseits einen Summenparameter für 15 PAK- Einzelstoffe, d.h. alle 16 PAK nach EPA ohne Naphthalin, da diese 15 PAK-Einzelstoffe eindeutig

als potentiell toxikologisch relevant gelten. Für das nicht als eindeutig toxikologisch relevant geltende Naphthalin und für die Methylnaphthaline wird ein organoleptisch begründeter Schwellenwert ausgewiesen. Weiterhin existieren für die fünf PAK- Einzelstoffe nach TrinkwV 2001 unterschiedliche Einzelstoff-Geringfügigkeitsschwellenwerte, wie auch für weitere drei PAK nach EPA: Anthracen, Dibenzo(ah)Anthracen und Fluoranthen.

Für die Beprobungsrunde 2004 ergeben sich für Überschreitungen der LAWA-GFS folgende Ergebnisse:

Anthracen:	19 Messstellen
Dibenzo(ah)Anthracen:	0 Messstellen
Fluoranthen:	17 Messstellen
Naphthalin:	0 Messstellen
<b>Benzo(a)pyren:</b>	4 Messstellen
<b>Benzo(b)fluoranthen:</b>	1 Messstelle
<b>Benzo(k)fluoranthen:</b>	0 Messstellen
<b>Benzo(ghi)fluoranthen:</b>	1 Messstelle
<b>Indeno(123-cd)pyren:</b>	0 Messstellen
Summe 15 PAK:	21 Messstellen

Die Anzahl der bei der Summe von 15 PAK von der GFS-Überschreitung betroffenen 21 Messstellen entspricht einer landesweiten Quote von 1,0 %, die GFS-Überschreitungs-Quoten der anderen Einzel-PAK liegen alle unter 1 %.

Insgesamt sind 34 verschiedene Messstellen von den Überschreitungen der GFS-Werte betroffen, dies ist eine Quote von 1,6 %.

Die einzelnen Messstellen mit höheren Pak-Belastungen mit GFS-Überschreitungen liegen meist in städtischen Ballungsräumen wie im Raum Mannheim/Heidelberg, Stuttgart und Karlsruhe (Abb. 2.8.14), aber auch in oder am Rande einzelner mittelgroßer und kleiner Siedlungsgebiete im ländlichen Raum.

Als Ursachen für diese PAK-Belastungen sind identifizierbar: in der Mehrzahl Altablagerungen und geschlossene Deponien aller Art, darunter auch Sonderabfalldeponien, in weiteren Fällen: Altablagerungen von ehemaligen Gas-, Kraft-

und Hüttenwerken, Industrieanlagen jeglicher Art - auch der Autoherstellung, Gewerbetriebe (Tankstelle), Abwasseranlagen, Regenüberlaufbecken, Heizöltanks, nahe gelegene Verkehrsflächen (Autobahnen, Landstraßen, Bahnanlagen, Flugplatz, Parkplatz), Raffinerie, Kaserne und Erdöl- und Erdgaspipelines. In zwei Fällen kommen auch Moore und Humusanreicherungen im Wald als natürliche Ursachen in Betracht. Eine eindeutige Zuordnung zu nur einer Ursache ist meist nicht möglich, da im Einzugsgebiet der betroffenen Messstellen oft auch Deponien liegen.

#### 2.8.4 Bewertung

Von den 16 PAK-Einzelstoffen nach dem Untersuchungsprogramm der amerikanischen Umweltbehörde EPA wird an 238 Messstellen mindestens einer der Stoffe nachgewiesen. Dies ist eine hohe Nachweisquote von etwa 11 %. Davon wird an 138 Messstellen mindestens einer der Stoffe nachgewiesen die lt. LAWA-Geringfügigkeitsschwellen-Bericht (2004) als Einzelstoff oder Bestandteil der Summenbildung von 15 PAK als ökotoxikologisch relevant erachtet werden. Dies ist eine hohe Nachweisquote von etwa 6,6 %.

Es liegen jedoch nur sehr wenige gravierende Belastungen vor, welche meist auf Emissionen aus Industrie, Siedlung und ehemaligen Depo- nien resultieren.

Das Gesamtbild der relativ vielen positiven Nachweise mit geringen Konzentrationen und den gleichzeitig wenigen Warn- und sehr wenigen Grenzwertüberschreitungen verweist auf ubiquitäre, diffuse Quellen der positiven PAK-Nachweise.

Da PAK-Einzelstoffe auch natürlicherweise vorkommen können, kann die Beteiligung natürlicher Ursachen an den Nachweisen nicht ausgeschlossen werden. Natürliche Ursachen können sein: Emissionen aus bitumen- und tonhaltigen Gesteinen oder aus Anreicherungen organischer Substanzen aus den Humusaufgaben in Waldböden oder aus moorigen Böden. Weitere Ursa-

che können PAK-Emissionen aus evtl. noch vorhandenen teerhaltigen inneren Schwarzanstrichen in den beprobten Wasserfassungen sein.

Bei der Beurteilung ist zwischen verschiedenen Kriterien zu unterscheiden, z.B. wie der neuen TrinkwV von 2001 - gültig ab 2003 - und den ökotoxikologisch begründeten neuen LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwerten (2004), ebenso ob Einzelstoffe beurteilt werden oder verschiedene Summenbildungen. Daneben wird die alte TrinkwV von 1990 - gültig bis 2002 - als Vergleich herangezogen werden.

Meist sind nur geringe PAK-Konzentrationen nachzuweisen, so dass nach neuer **TrinkwV 2001** nur für den Einzelstoff Benzo(a)pyren an nur vier Messstellen Grenzwertüberschreitungen und an weiteren zwei Messstellen GÜP-Warnwertüberschreitungen vorliegen (Tab. 2.8.1). Dies entspricht einer landesweiten Grenzwertüberschreitungsquote von nur 0,2 %. Für die ebenfalls grenzwertrelevante Summe von vier PAK-Einzelstoffen existiert keine Grenzwertüberschreitung, nur eine GÜP-Warnwertüberschreitung.

Bei Anwendung der nicht mehr gültigen **TrinkwV 1990**, welche die Summe von sechs PAK berücksichtigte und keine grenzwertrelevanten Einzelstoffe auswies, würden sich zwei Grenzwertüberschreitungen ergeben (Tab. 2.8.1), jedoch an zwei anderen Messstellen als bei der TrinkwV 2001, da der für die Überschreitungen verantwortliche Einzelstoff Fluoranthren bei der Summe-PAK der neuen TrinkwV nicht mehr berücksichtigt wird.

Bei den PAK-Einzelstoffen für die es keinen TrinkwV-Grenzwert gibt, die jedoch von der amerikanischen Umweltbehörde EPA weiterhin bei Umweltuntersuchungen als Parameter vorgeschlagen werden (**PAK nach EPA**) und für die z.T. LAWA-Einzelstoff-Geringfügigkeitsschwellenwerte existieren, fallen die sehr hohen Nachweisquoten einzelner PAK-Einzelstoffe auf. So sind Naphthalin und Phenanthren häufiger im Grundwasser zu finden als die sechs Einzelstof-

fe nach TrinkwV 1990 und die vier Einzelstoffe nach TrinkwV 2001. Naphthalin wird an nahezu 7 % aller Messstellen gefunden, Phenanthren an nahezu 4 %, Fluoranthen an 3,8 %, Pyren an 3,5 %. Die übrigen PAK nach EPA finden sich jeweils an weniger als 50 Messstellen und haben alle eine jeweilige landesweite Nachweisquote von kleiner/gleich 2,0 %.

Auch wenn Fluoranthen und die anderen PAK nach EPA oftmals als geringer toxisch eingestuft werden und z.T. natürlich vorkommen können, so sind doch viele der hier positiven und auch hohen Befunde auf anthropogene Verunreinigungen im Umkreis der Messstellen zurückzuführen.

Bei Anwendung der in 2004 veröffentlichten ökotoxikologisch begründeten **LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwerte (LAWA-GFS)** für Summen- und Einzelparameter kommen an einzelnen Messstellen nur Überschreitungen des GFS-Summenwertes vor, wie auch Überschreitungen des Summenwertes mit gleichzeitigen Überschreitungen von GFS-Einzelwerten und nur Einzelwertüberschreitungen. Letztendlich werden die Schwellenwerte an insgesamt 34 verschiedenen Messstellen überschritten. Dadurch ergibt sich zwar eine wesentlich höhere landesweite Überschreitungsquote von 1,6 % als bei den Grenzwertüberschreitungen der aktuellen bzw. alten TrinkwV mit vier bzw. zwei Messstellen, jedoch ist auch diese als niedrig zu beurteilen.

Tabelle 2.8.1: Positive PAK-Befunde: Vergleich der Überschreitungen von LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwerten (GFS), von verschiedenen GÜP-Warnwerten (WW) und Grenzwerten (GW) der TrinkwV von 1990 und 2001 (Abk.: LAWA = Länderarbeitsgemeinschaft Wasser).

	Anzahl Mst.	LAWA GFS Werte	> BG	> LAWA GFS 2004	> WW 1990 0,05 µg/l	> WW 2003 0,08 µg/l	> GW 1990 0,20 µg/l	> GW 2003 0,10 µg/l
Benzo(b)fluoranthen	2.079	0,025	8	1	-	-	-	-
Benzo(k)fluoranthen	2.079	0,025	5	0	-	-	-	-
Benzo(ghi)perylene	2.080	0,025	8	1	-	-	-	-
Indeno(1,2,3-cd)pyren	2.079	0,025	6	0	-	-	-	-
Summe 4 PAK TrinkwV ab 2003	2.079		12	0	-	1	-	0
Benzo(a)pyren	2.079	0,010	8	4	-	6	-	4
Fluoranthen	2.079	0,025	79	17	-	-	-	-
Summe 6 PAK TrinkwV 1990	2.078		82	2	16	-	2	-
Dibenzo(ah)anthracen	2.079	0,010	0	0	-	-	-	-
Anthracen	2.080	0,010	31	19	-	-	-	-
Naphthalin	2.082	1,000	143	0	-	-	-	-
Summe 15 PAK n. LAWA	2.080	0,200	138	21	-	-	-	-

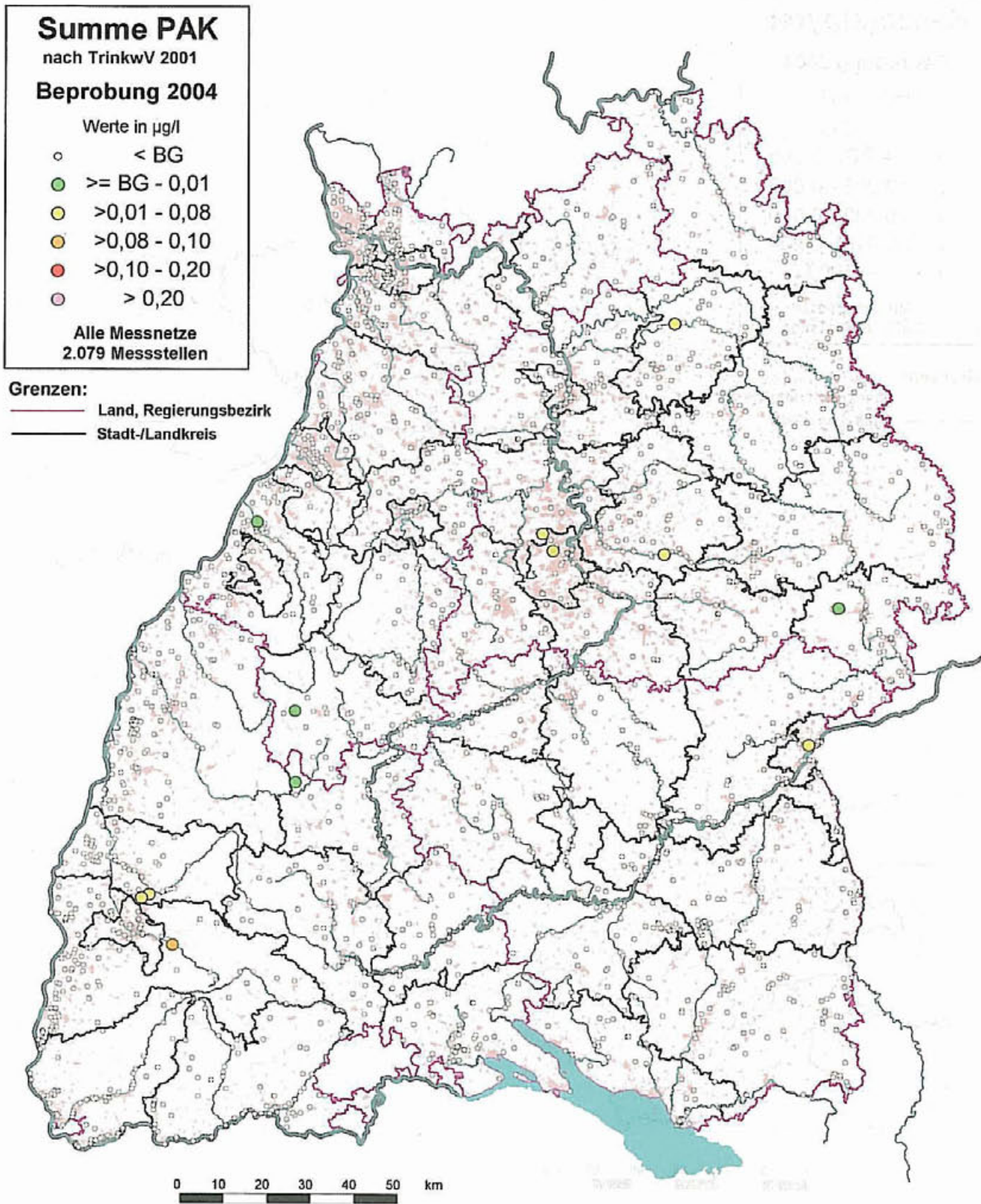


Abbildung 2.8.3: Konzentrationsverteilung der **Summe der vier PAK nach TrinkwV 2001**, Beprobungsrunde 2004 (mit Landnutzungen Siedlung und Industrie = rosé). Anm.: Rote (aber nicht vorhandene) Messstellen stellen Überschreitungen des aktuellen Grenzwertes nach TrinkwV 2001 dar, orangene Messstellen und höhere Konzentrationen Überschreitungen des aktuellen Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms. Die alte TrinkwV von 1990 berücksichtigte zur Summenbildung sechs Einzelstoffe. Violette (aber nicht vorhandene) Messstellen wären bei Anwendung der alten TrinkwV von 1990 Überschreitungen des damaligen Grenzwertes, allein durch die Konzentrationen von nur vier PAK-Einzelstoffen und sind gleichzeitig Überschreitungen des LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwertes für die Summe von 15 PAK.

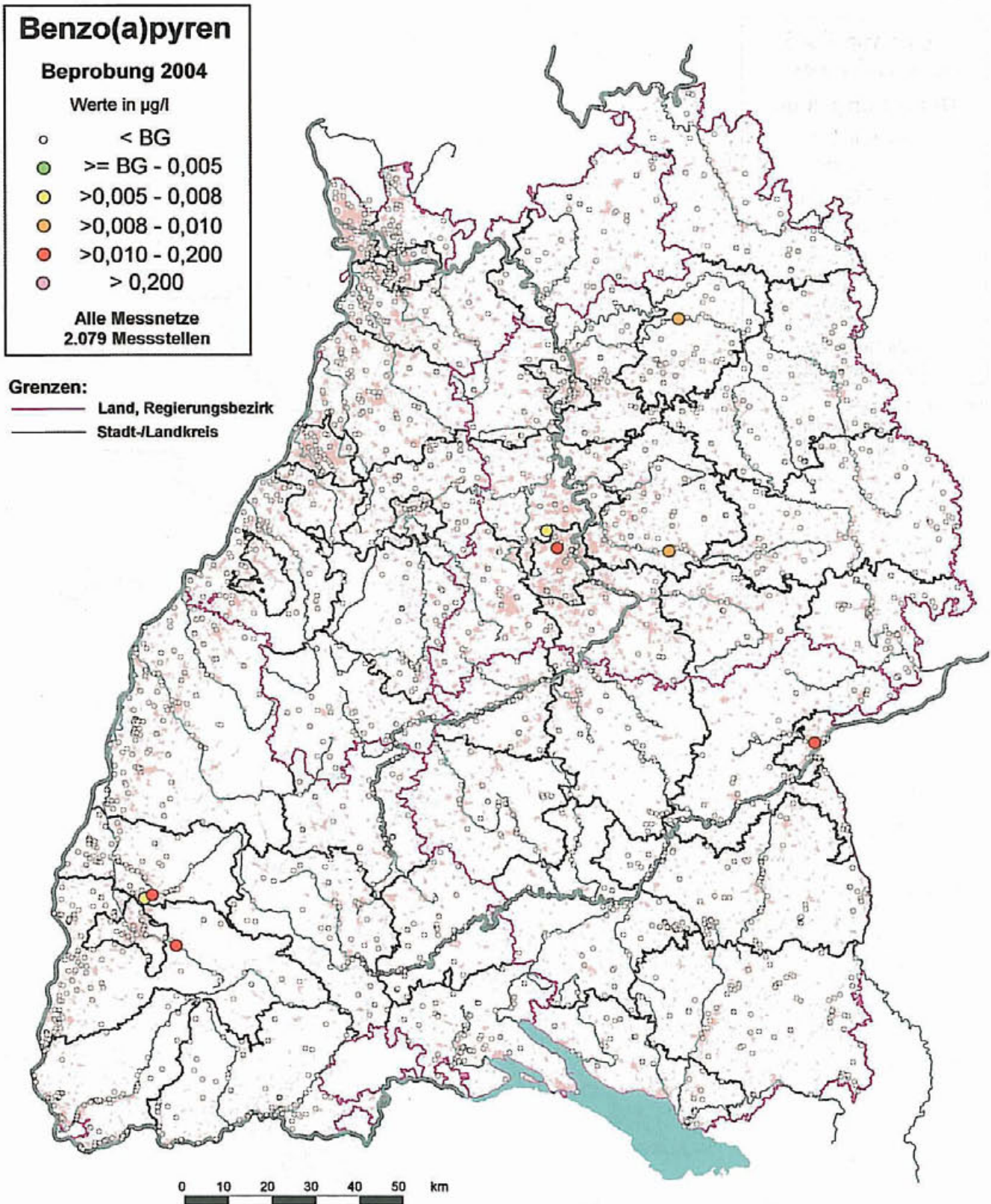


Abbildung 2.8.4:

Konzentrationsverteilung **Benzo(a)pyren** 2004 (mit Landnutzungen Industrie und Siedlungen = rosé). Anm.: Benzo(a)pyren ging in die alte TrinkwV von 1990 als Einzelstoff mit in die Summenbildung der Summe von sechs PAK ein. In der neuen TrinkwV 2001 wird Benzo(a)pyren bei der PAK-Summenbildung nicht mehr berücksichtigt. Es existiert zukünftig ein Einzelgrenzwert und Warnwert für Benzo(a)pyren, auch eine LAWA Einzelstoff-Geringfügigkeitsschwelle. Violette (aber nicht vorhandene) Messstellen wären bei Anwendung der alten TrinkwV 1990 Überschreitungen des damaligen Grenzwertes für die Summe-PAK, allein durch die Konzentration von Benz(a)pyren. Rote Messstellen sind bei Anwendung der neuen TrinkwV 2001 Überschreitungen des aktuellen Einzelgrenzwertes und des LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwert für den Einzelstoff Benzo(a)pyren, orangene Messstellen und höhere Konzentrationen Überschreitungen des aktuellen GÜP-Einzel-Warnwertes.



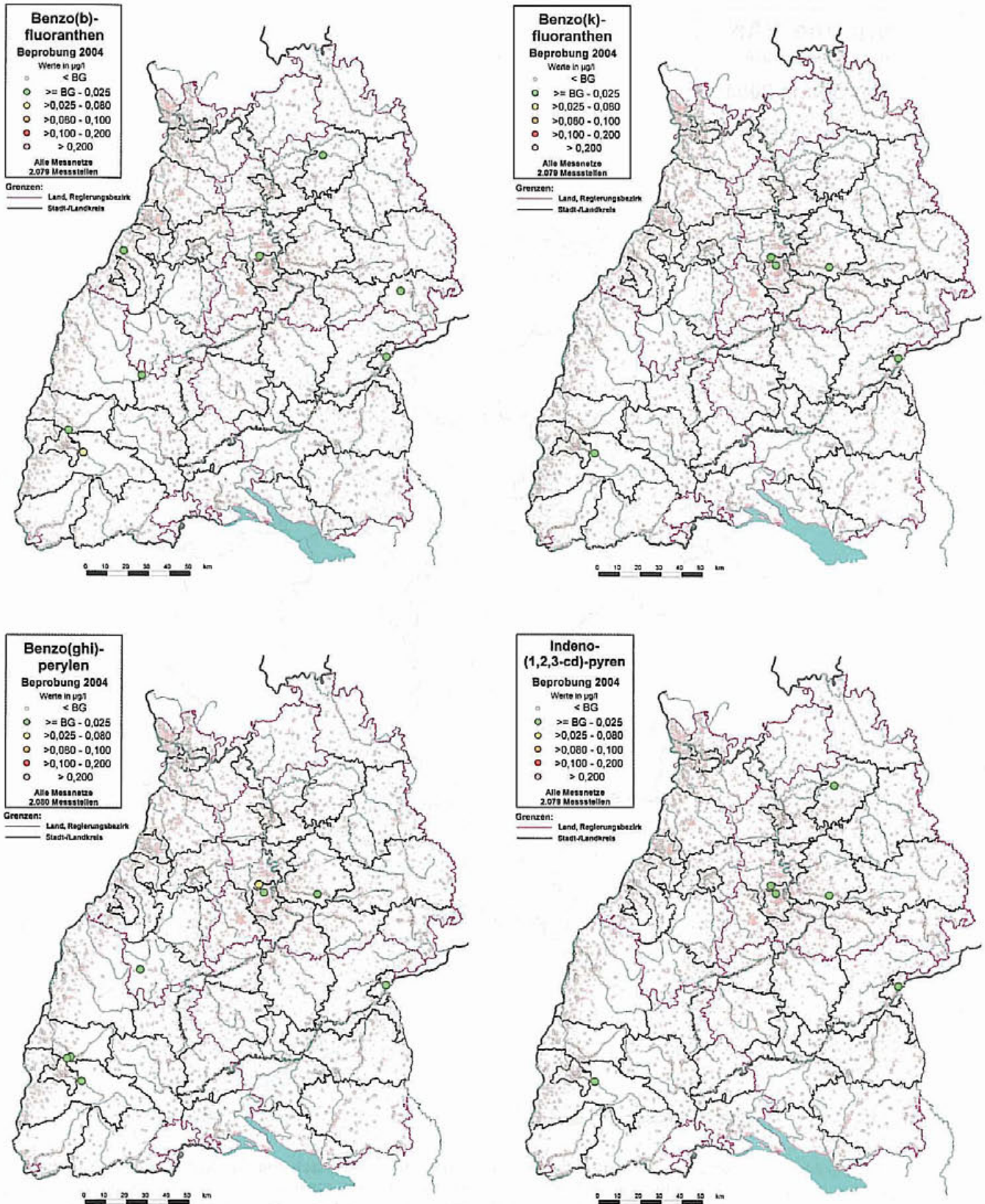


Abb. 2.8.5: Konzentrationsverteilungen **Benzo(b)fluoranthen**, **Benzo(k)fluoranthen**, **Benzo(ghi)perylen**, **Indeno(1,2,3-cd)pyren** 2004 (mit Landnutzungen Industrie und Siedlungen = rosé). Die Stoffe sind die vier Einzelstoffe für die **Summe-PAK nach TrinkwV 2001**. Es existiert jeweils kein Einzelgrenzwert oder Warnwert, aber jeweils eine LAWA-Einzelstoff-Geringfügigkeitsschwelle. Rote (aber nicht vorhandene) Messstellen sind bei Anwendung der neuen TrinkwV 2001 Überschreitungen des aktuellen Grenzwertes, orangene (aber nicht vorhandene) Messstellen Überschreitungen des aktuellen GÜP-Warnwertes jeweils für die Summe-PAK, allein durch die Konzentration des jeweiligen Einzelstoffs, violette (aber nicht vorhandene) Messstellen wären bei Anwendung der alten TrinkwV 1990 Überschreitungen des damaligen Summen-Grenzwertes. Bei gelben Messstellen und höheren Konzentrationen ist der jeweilige LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwert für den Einzelstoff überschritten.

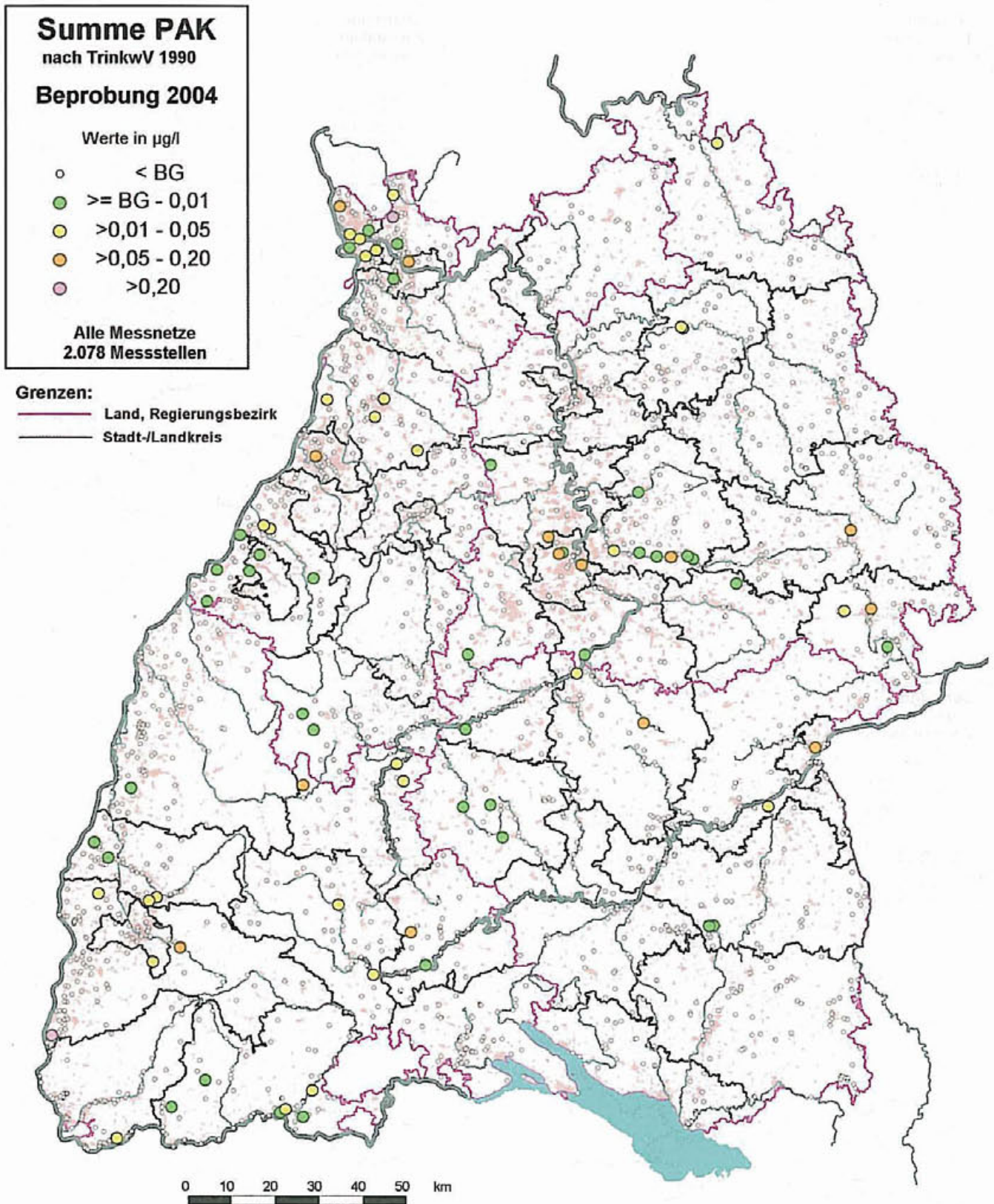


Abbildung 2.8.6:

Konzentrationsverteilung der **Summe der sechs PAK nach alter TrinkwV 1990**, Beprobungsrunde 2004 (mit Landnutzungen Siedlung und Industrie = rosé). Anm.: Violette Messstellen wären bei Anwendung der alten TrinkwV von 1990 Überschreitungen des damaligen Grenzwertes und sind zugleich Überschreitungen des LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwertes für die Summe von 15 PAK, allein durch die Summe der sechs Einzel-PAK. Orangene Messstellen und höhere Konzentrationen wären Überschreitungen des alten Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms (GÜP). Die neue TrinkwV 2001 berücksichtigt zur Summenbildung nur noch vier Einzelstoffe.

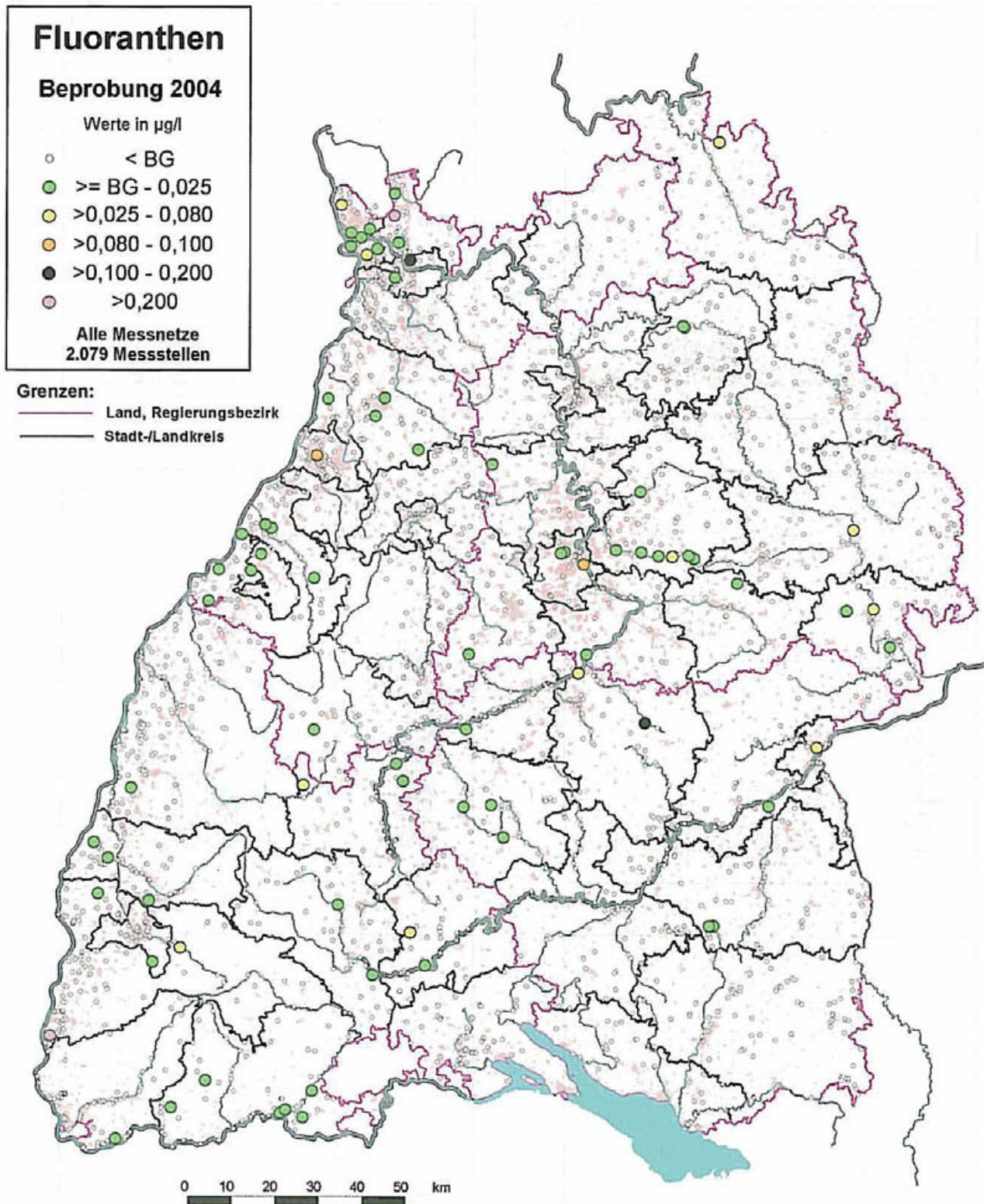


Abbildung 2.8.7: Konzentrationsverteilung Fluoranthen 2004 (mit Landnutzungen Industrie und Siedlungen = rosé). Anm.: Fluoranthen ging in die alte TrinkwV von 1990 als Einzelstoff mit in die Summenbildung der Summe von sechs PAK ein. In der neuen TrinkwV 2001 wird Fluoranthen nicht mehr berücksichtigt. Es existiert zukünftig auch kein Einzelgrenzwert oder Warnwert für Fluoranthen, aber ein LAWA-Einzelstoff-Geringfügigkeitsschwellenwert. Violette Messstellen sind Überschreitungen des LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwertes für die Summe von 15 PAK und wären bei Anwendung der alten TrinkwV von 1990 Überschreitungen des damaligen Grenzwertes für die Summe-PAK, allein durch die Konzentration von Fluoranthen, violette, schwarze und orangene Messstellen wären Überschreitungen des aktuellen Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms für die Summe-PAK. Schwarze und violette Messstellen wären bei Anwendung der neuen TrinkwV 2001 Überschreitungen des Grenzwertes nach TrinkwV 2001, wenn Fluoranthen weiterhin Bestandteil der Summenbildung wäre, orangene Messstellen und höhere Konzentrationen wären Überschreitungen des neuen GÜP-Summen-Warnwertes. Bei gelben Messstellen und höheren Konzentrationen ist der LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwert für den Einzelstoff-Fluoranthen überschritten.

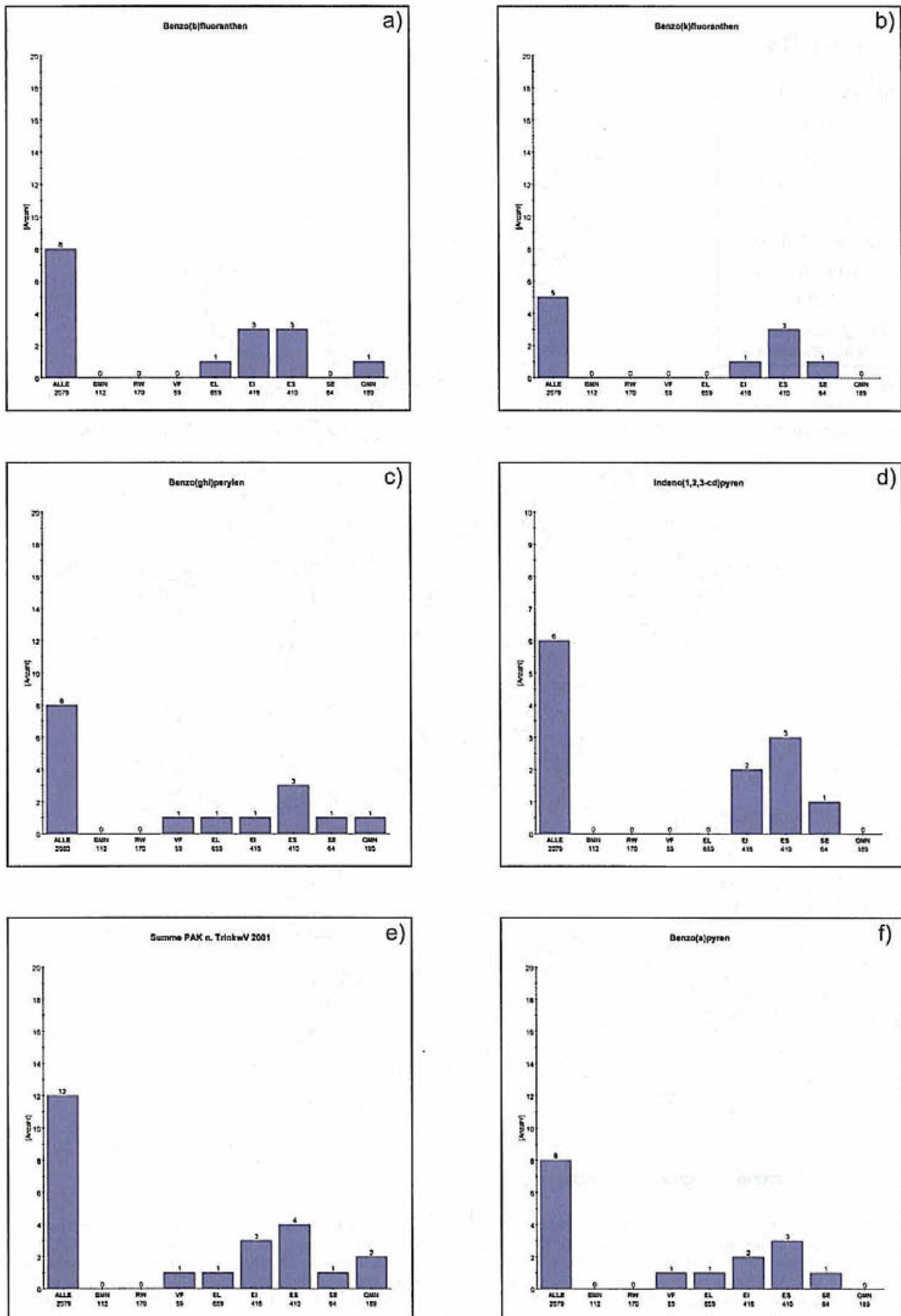


Abbildung 2.8.8: Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten der Bestimmungsgrenzen für PAK nach **neuer TrinkwV 2001** im gesamten Messnetz und in den Teilmessnetzen bei der Beprobung 2004: für die vier Einzel-PAK für die Berechnung der Summe-PAK (Abb.: a - d), für die Summe-PAK (Abb.: e) und für Benzo(a)pyren (Abb.: f) (Abk. für die Teilmessnetze s. Anhang A1).

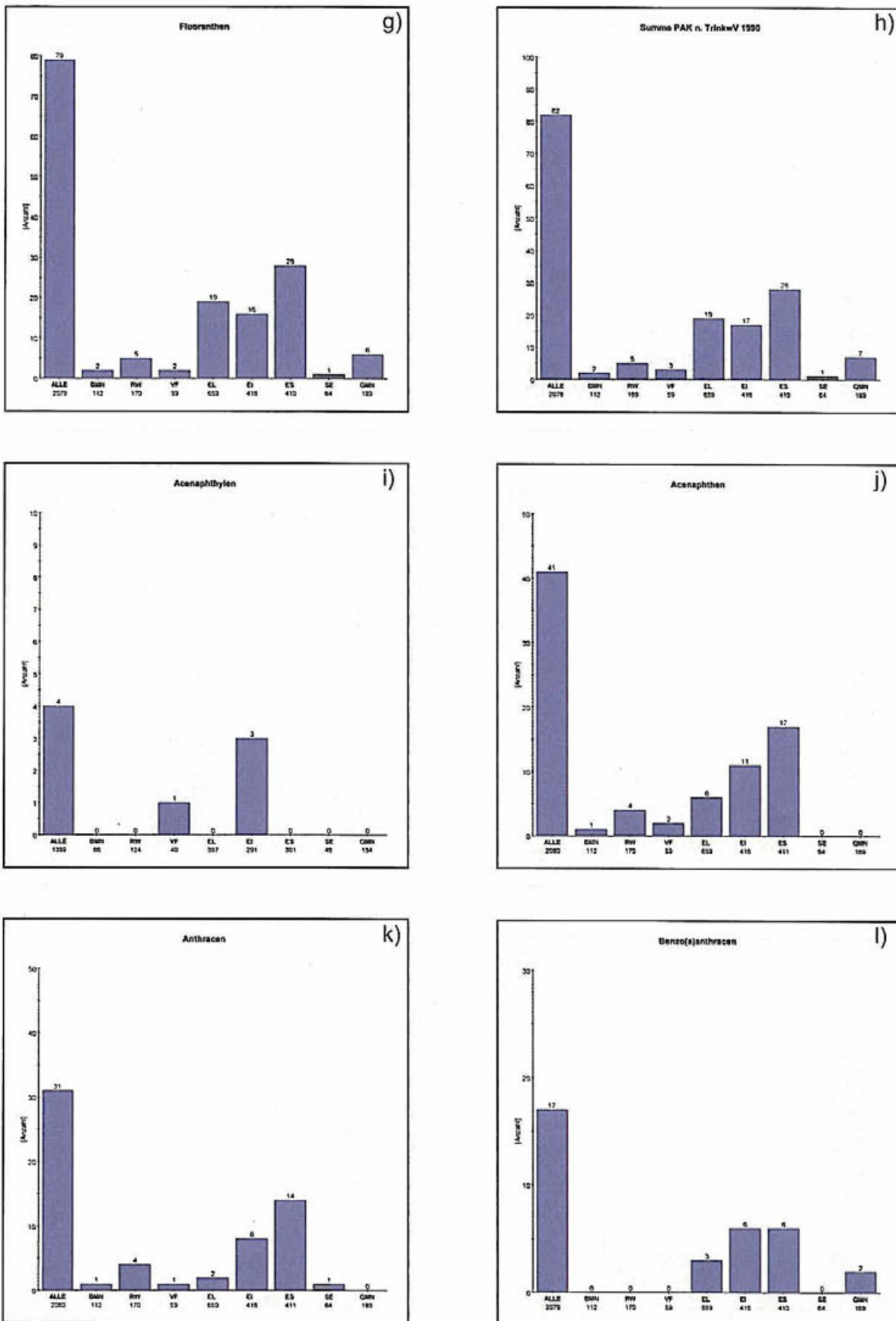


Abbildung 2.8.9 a: Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten der Bestimmungsgrenzen für zusätzlich zu der TrinkwV 2001 untersuchte PAK-Parameter und PAK-Einzelstoffe im gesamten Messnetz und in den Teilmessnetzen bei der Beprobung 2004: für **Fluoranthen** (Abb.: g), für die **Summe-PAK n. alter TrinkwV 1990** (Abb.: h), welche sich aus den Einzelstoffen der Abb. a, b, c, d, f, g addiert, und den **Einzel-PAK nach EPA** (Fortsetzung s. Abb. 2.8.9 b) (Abk. für die Teilmessnetze s. Anhang A1).

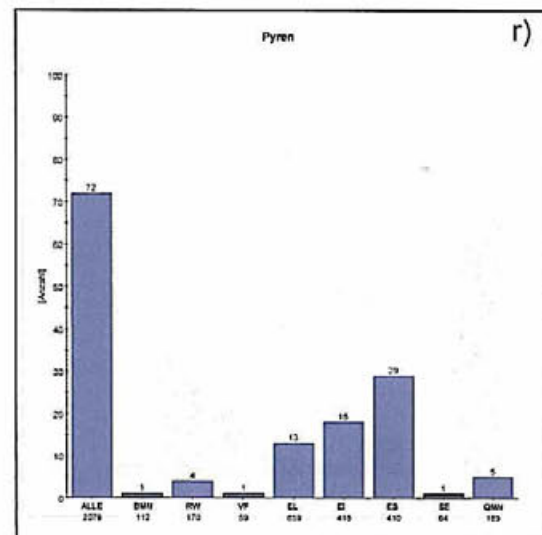
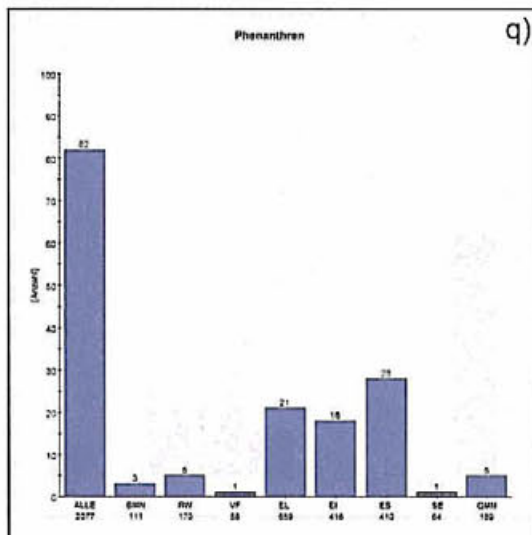
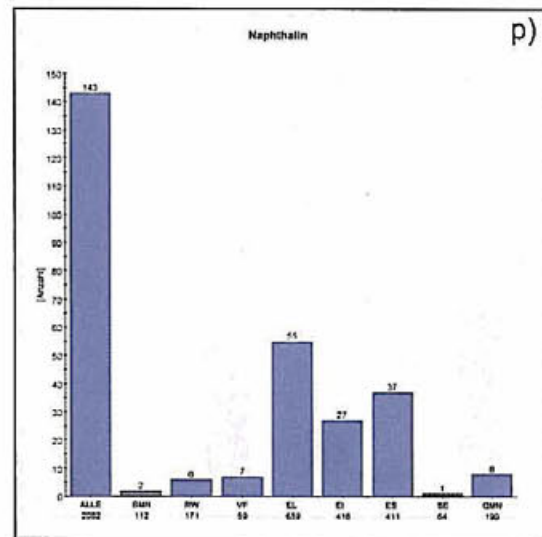
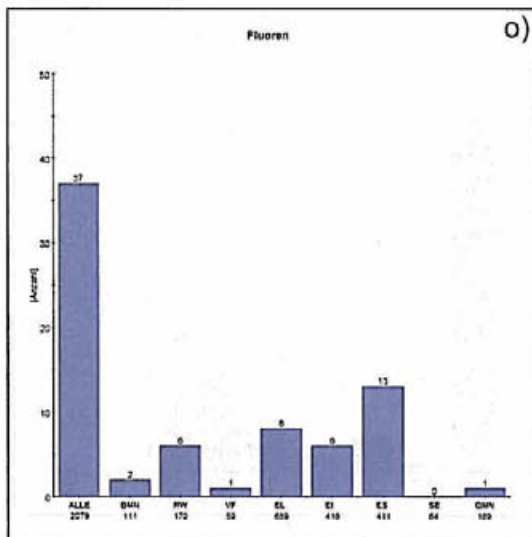
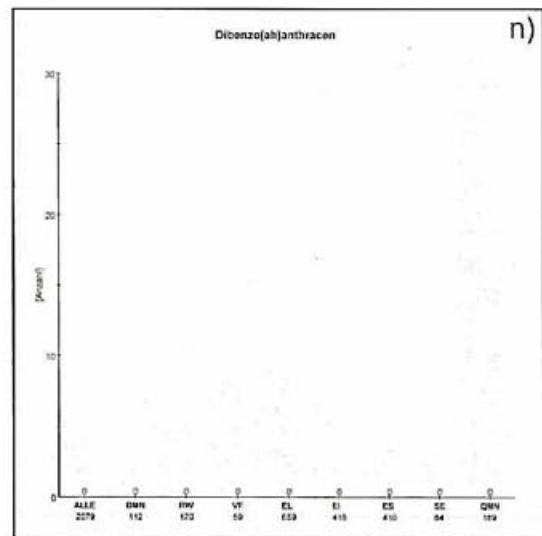
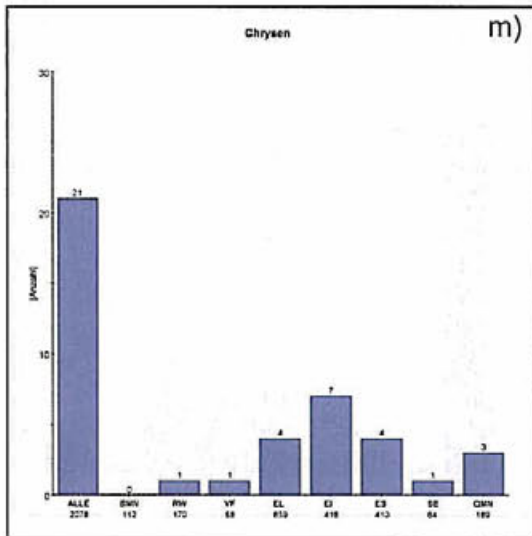


Abbildung 2.8.9b:

Fortsetzung von Abb 2.8.9 a: Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten der Bestimmungsgrenzen im gesamten Messnetz und in den Teilmessnetzen bei der Beprobung 2004; für die zusätzlich untersuchten Einzel-PAK nach EPA (Abk. für Teilmessnetze s. Anhang A1).

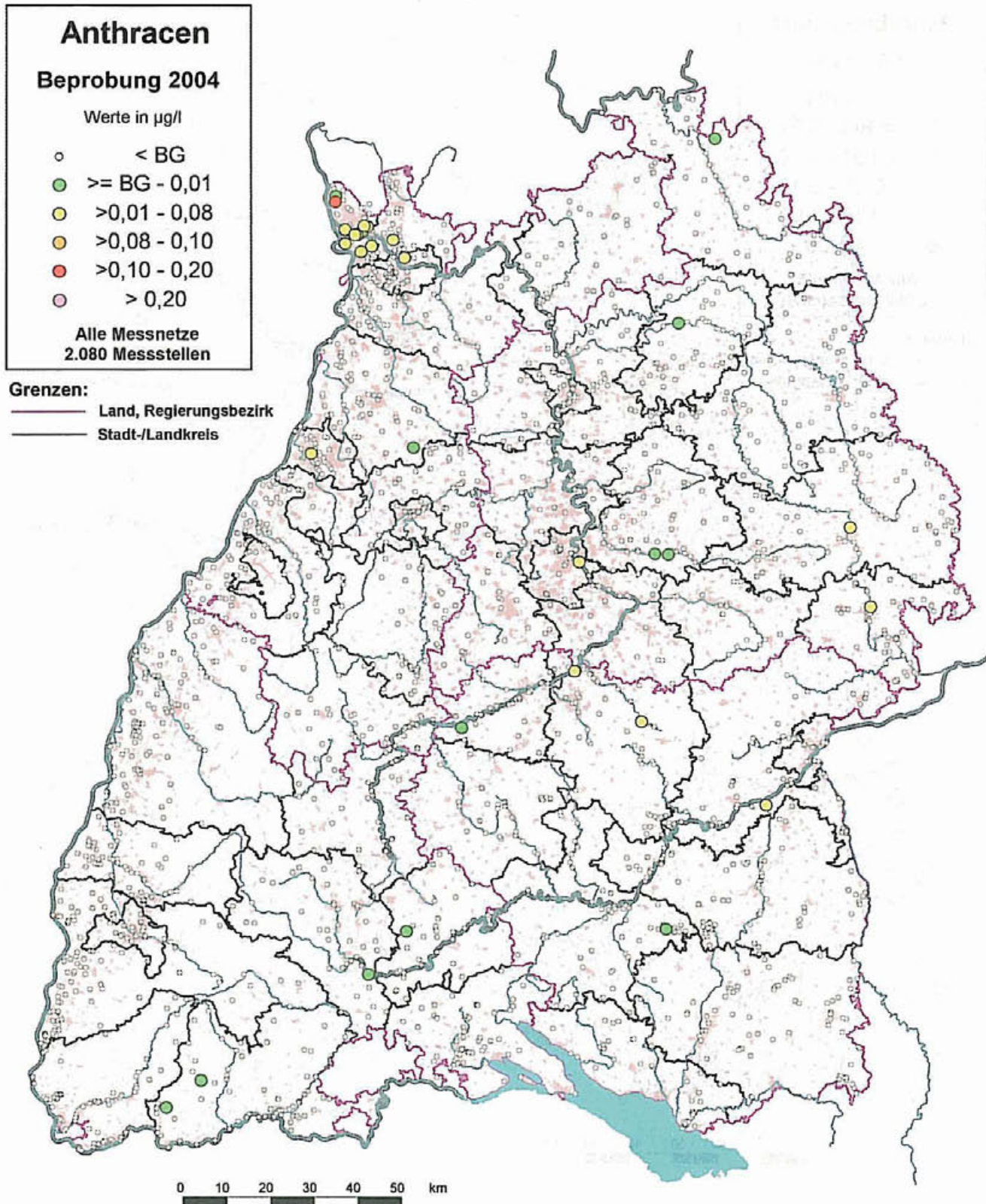


Abb. 2.8.10:

Konzentrationsverteilung Anthracen 2004 (mit Landnutzungen Industrie und Siedlungen = rosé). Anm.: Anthracen war und ist weder Bestandteil der alten noch der neuen TrinkwV. Es existiert kein Warnwert, aber ein LAWA-Einzelstoff-Geringfügigkeitsschwellenwert. Violette (aber nicht vorhandene) Messstellen sind Überschreitungen des aktuellen LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwertes für die Summe von 15 PAK, allein durch Anthracen. Gelbe Messstellen und höhere Konzentrationen sind Überschreitungen des aktuellen LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwertes für den Einzelstoff Anthracen.

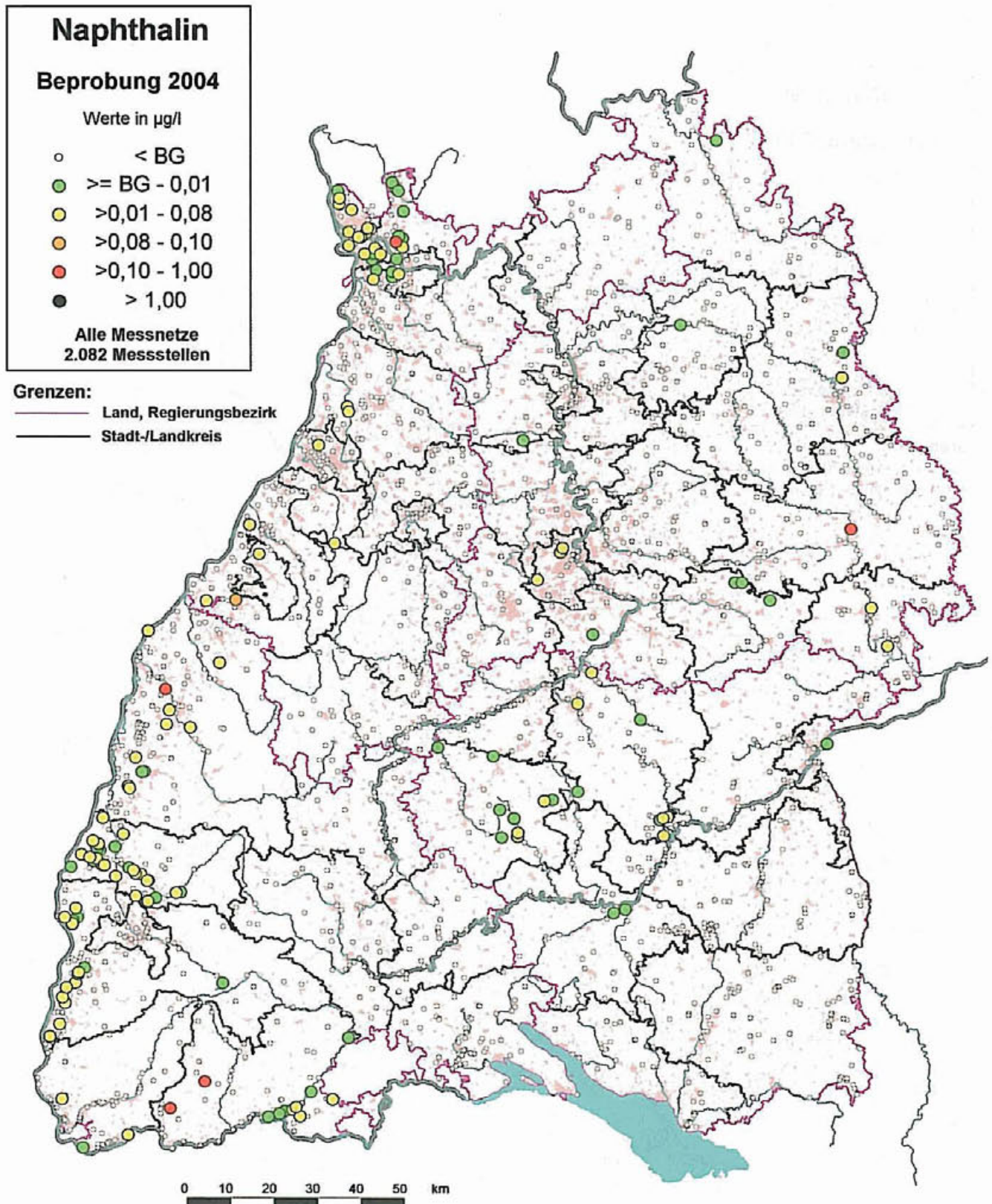


Abbildung 2.8.11: Konzentrationsverteilung Naphthalin 2004 (mit Landnutzungen Industrie und Siedlungen = rose). Anm.: Naphthalin war und ist weder Bestandteil der alten noch der neuen TrinkwV. Es existiert kein Warnwert, aber ein LAWA-Einzelstoff-Geringfügigkeitsschwellenwert. Naphthalin geht auch nicht in die Summe der 15 PAK n. LAWA ein. Schwarze (aber nicht vorhandene) Messstellen sind Überschreitungen des aktuellen LAWA-Einzelstoff-Geringfügigkeitsschwellenwertes.



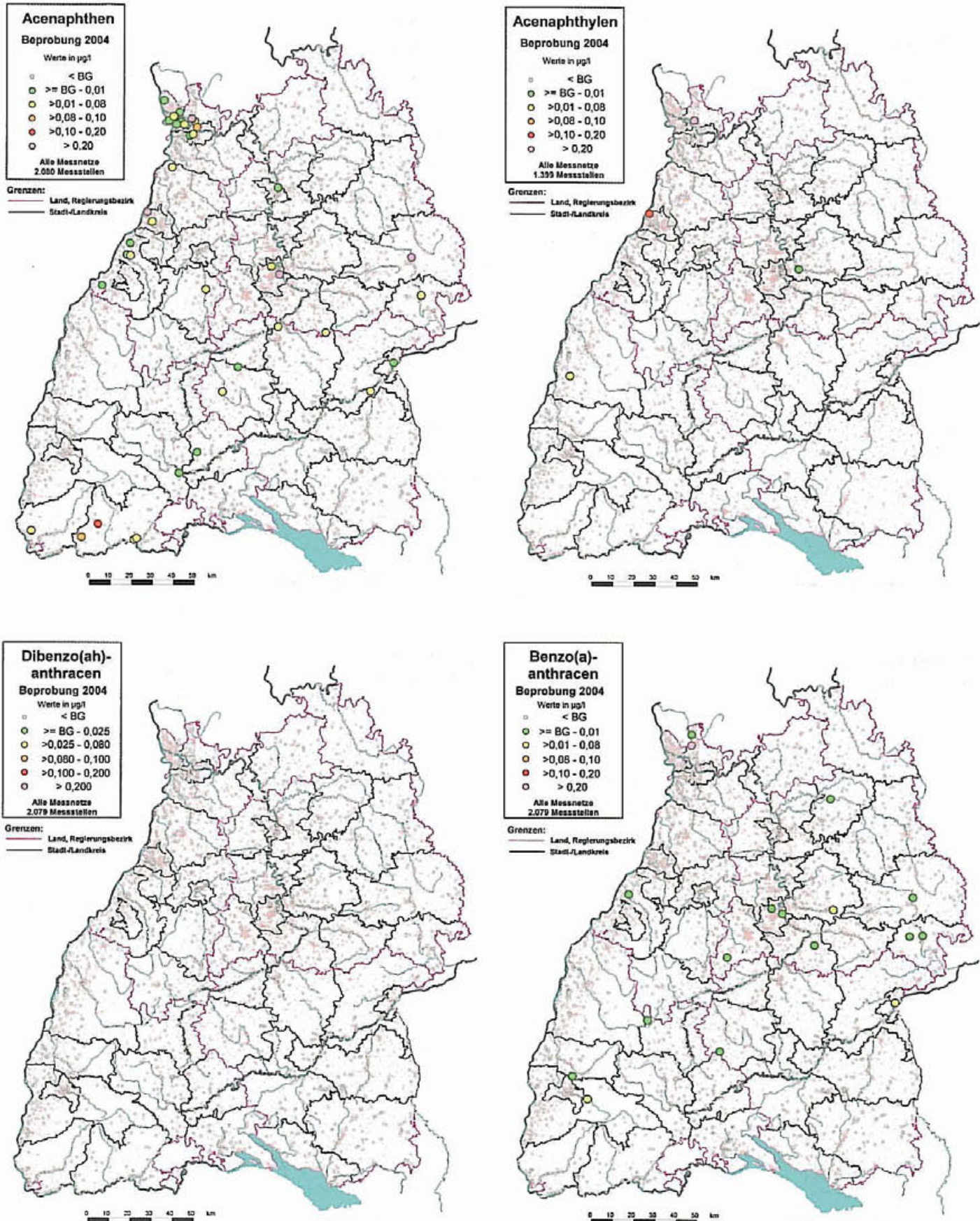


Abb. 2.8.12: Konzentrationsverteilungen Acenaphthen, Acenaphthylen, Dibenzo(ah)anthracen, Benzo(a)anthracen 2004 (mit Landnutzungen Industrie und Siedlungen = rosé). Die Stoffe sind keine Bestandteile der TrinkwV von 1990 und 2001. Es existieren keine GÜP-Warnwerte. Nur für Dibenzo(ah)anthracen gibt es eine LAWA-Einzelstoff-Geringfügigkeitsschwelle von 0,025 µg/l, jedoch gibt es keine positiven Befunde. Violette Messstellen kennzeichnen Überschreitungen des LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwertes für die Summe der 15 PAK, allein durch die Konzentration des jeweiligen Einzelstoffs.

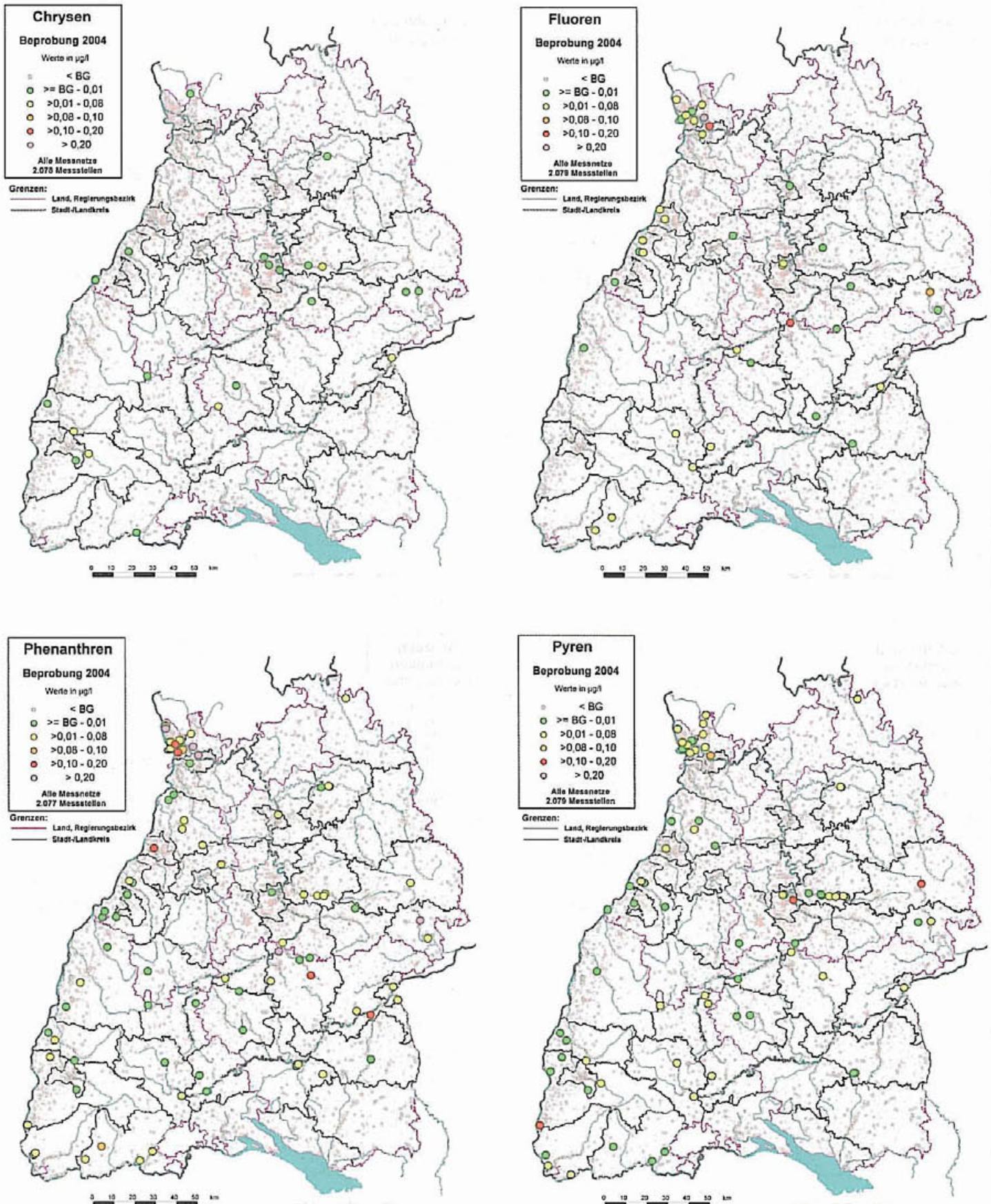


Abb. 2.8.13: Konzentrationsverteilungen **Chrysen, Fluoren, Phenanthren, Pyren** 2004 (mit Landnutzungen Industrie und Siedlungen = rosé). Die Stoffe sind keine Bestandteile der TrinkwV von 1990 und 2001. Es existieren keine GÜP-Warnwerte und keine LAWA-Einzelstoff-Geringfügigkeitsschwellen. Violette Messstellen kennzeichnen Überschreitungen des LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwerts für die Summe der 15 PAK, allein durch die Konzentration des jeweiligen Einzelstoffs.

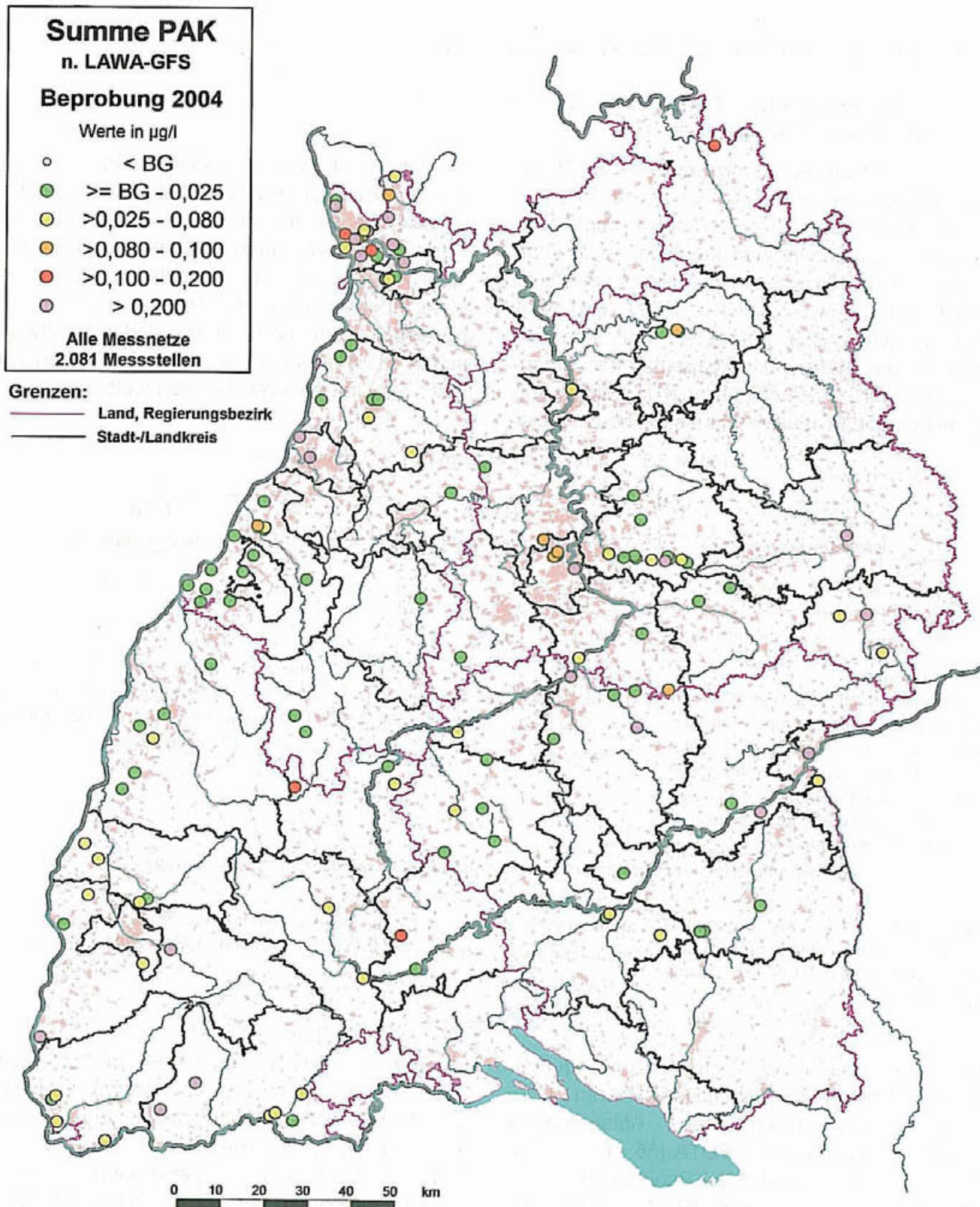


Abb. 2.8.14: Konzentrationsverteilung **Summe von 15 Pak nach LAWA-GFS** (mit Landnutzungen Industrie und Siedlungen = rose). Von den 16 PAK n. EPA gehen - außer Naphthalin - alle in diese Summe ein. Für die Summe der 15 PAK existiert ein LAWA-Summen-Geringfügigkeitsschwellenwert (GFS) von  $0,200 \mu\text{g/l}$ . Violett gekennzeichnete Messstellen kennzeichnen Überschreitungen des LAWA-Summen-Geringfügigkeitsschwellenwertes.

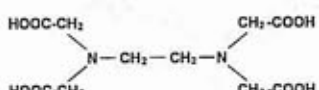
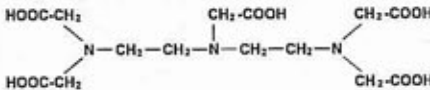
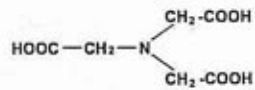
## 2.9 Komplexbildner EDTA, DTPA und NTA

### 2.9.1 Problemstellung, Bedeutung, Entstehung und Eintragspfade

EDTA (Ethylendiamintetraessigsäure), DTPA (Diethylentriaminpentaessigsäure) und NTA (Nitrilotriessigsäure) sind organische Komplexbildner, die mit mehrwertigen Metall-Ionen „Chelatkomplexe“ bilden. Diese Komplexe sind sehr stabil und gut wasserlöslich. EDTA und NTA werden synthetisch hergestellt und kommen nicht in der Natur vor. Aufgrund ihrer Eigenschaften werden Komplexbildner in zahlreichen Branchen und Produkten eingesetzt und zumeist

mit dem gereinigten Abwasser aus Industrie und Privathaushalt an die Umwelt abgegeben, insbesondere an die für das geklärte Abwasser als Vorfluter fungierenden Oberflächengewässer. Über die Flussuferfiltration gelangen die Komplexbildner auch ins Grundwasser. Aufgrund ihres großen Einsatzspektrums und ihrer chemischen Stabilität kann man diese Stoffe heute in fast allen Umweltbereichen nachweisen.

Tabelle 2.9.1: Kurzinformation zu EDTA, DTPA und NTA.

EDTA Ethylendiamintetraessigsäure	DTPA Diethylentriaminpentaessigsäure	NTA Nitrilotriessigsäure
		
<b>Verwendung:</b> Metallverarbeitung, Galvanik, Wasch- und Reinigungsmittel, Fotochemikalien, Textil- u. Lederindustrie, Kosmetika, Pharmazeutik, Medizin, Labordiagnostik, Lebensmittelverarbeitung, Pflanzenwachstum fördernde und schützende Präparate, Papierherstellung.	<b>Verwendung:</b> Papierindustrie, Wasch- und Reinigungsmittel, Fotochemikalien, Medizin, Labordiagnostik	<b>Verwendung:</b> Wasch- und Reinigungsmittel, Galvanik, Papierindustrie, Textil- u. Lederindustrie, Wasserbehandlung (Wasserenthärtung)
<b>Immissionsfrachten von Emittenten in die baden-württembergischen Gewässer 2002:</b> EDTA: 142 t, DTPA: 75,6 t, NTA: 17,6 t = 235,2 t		
<b>Vorkommende maximale Konzentrationen/Jahr 1994 - 2004:</b> Rhein in BW: 2,5 - 10 µg/l, Neckar: 9 - 56 µg/l, Donau: 5 - 13 µg/l	<b>Vorkommende maximale Konzentrationen/Jahr 1994 - 2004:</b> Rhein in BW: <1 - 5,9 µg/l, Neckar: 1,1 - 10 µg/l, Donau: < 1 - 1,4 µg/l	<b>Vorkommende maximale Konzentrationen/Jahr 1994 - 2004:</b> Rhein in BW: <0,5 - 4 µg/l, Neckar: 1,5 - 7 µg/l, Donau: < 0,7 - 2 µg/l

In Baden-Württemberg ist/war der Anwendungsbereich Waschen/Reinigen/Desinfizieren bzw. Entfernen/Verhinderung von Ablagerungen Haupteinsatzbereich von EDTA (55 - 65 %) und NTA (> 95 %), von DTPA der Papiererzeugungsbzw. -verarbeitungsbereich (80 - 90 %) und untergeordnet der Wasch- und Reinigungsmittelbereich (10 - 15 %). Weitere EDTA-Einsatzbereiche sind die Oberflächenbehandlung (15 - 20 %) z.B. von Metallteilen und der Zusatz in Mitteln zum Pflanzenwachstum und -schutz (20 %) insbesondere zur Vitalisierung von Rasenflächen, Bäumen und Gehölzen mittels Blattdü-

ngung im privaten und gewerblichen Gartenbau, Zierpflanzen-, Obst- und Weinanbau. Hier wird die Verfügbarkeit und Langzeitwirkung von Spurenelementen - wie Metallen - für/an die/den Pflanzen durch die im Präparat enthaltene Chelatlösung gefördert. In Lebensmitteln ist EDTA als Zusatzstoff E385 seit 1998 für bestimmte Konserven und Halbfettmargarinen zur Erhöhung der Haltbarkeit und als Farbstabilisator zugelassen. Die Wirkungsweise beruht auf dem Abfangen von Metallionen, die enzymatische Zersetzungsprozesse in Lebensmitteln und z.B. auch Kosmetika beschleunigen.

Entsprechend den Anwendungsbereichen finden sich EDTA und NTA in der Kanalisation und der Kläranlage wieder. EDTA-Komplexe sind wesentlich stabiler als NTA-Komplexe. EDTA wird bei der Abwasserreinigung weder biologisch abgebaut noch durch Adsorption entfernt. Es wird als wasserwerksgängig bezeichnet, da bei der Uferfiltration keine Elimination stattfindet. Zerstört werden EDTA-Komplexe praktisch nur durch die Ozonierung bei der Wasseraufbereitung. NTA hingegen ist biologisch gut abbaubar. In einer gut funktionierenden und nitrifizierenden Kläranlage wird NTA zu über 90 % eliminiert.

In Oberflächengewässern ist EDTA der am häufigsten gefundene anthropogene Spurenstoff. Im Grundwasser Baden-Württembergs war EDTA 1998 an etwa 38 % aller untersuchten 2.100 Grundwassermessstellen zu finden. Dies ist eine sehr hohe Nachweisquote, vergleichbar mit der damaligen Belastung an Pflanzenschutzmitteln und deren Abbauprodukten (Desethylatrazin 34 %) oder an LHKW (Summe LHKW 36 %). Seit vielen Jahren laufen Bestrebungen, EDTA durch weniger umweltrelevante Stoffe zu ersetzen. In Reinigungsmitteln ist NTA der bedeutendste Ersatzstoff für EDTA. Im Jahre 1991 wurde zwischen der Industrie und den Wasserbehörden eine freiwillige Vereinbarung abgeschlossen, die EDTA-Frachten in den Fließgewässern bis 1998 zu halbieren. Dieses Ziel wurde bis 1998 noch nicht erreicht, bis zu diesem Zeitpunkt war eine Verminderung um rund 30 - 40 % festzustellen. Auch die Verlängerung der Vereinbarung bis 2001 brachte noch nicht das gewünschte Resultat. Es kann sogar ein gegenläufiger Trend festgestellt werden, da mit dem reduzierten EDTA-Einsatz andere auch ökologisch bedenkliche Komplexbildner vermehrt zum Einsatz kommen.

Für Baden-Württemberg wurde in den letzten Jahren eine Stoffbilanzstudie in Auftrag gegeben, welche Auskunft über die Herkunft und den Verbleib dieser Stoffe gibt (Landesanstalt für Umweltschutz, Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg: Verminderung der Emission schwer abbaubarer Komplexbildner in Baden-Württemberg. - Karlsruhe, 2003). Insgesamt wurden in 2002 berechnete 708 t Komplex-

bildner in Baden-Württemberg von Betrieben emittiert. Emittenten sind Direkt- und Indirekteinleiter aus Industrie und Sonstigen Quellen (Abfallbehandlung, Deponien). Allein 21 von 131 beprobten Betrieben emittieren 90 % der durch die Beprobungen erfassten Emissionsfracht. Weitere berechnete 97 t stammen aus Privathaushalten. Haupteintragsquelle für EDTA ist demnach dessen industrielle Verwendung, die Emissionen aus den Haushalten sind demgegenüber untergeordnet. Beim Durchlaufen des Stoffflusses wird die gesamte Emissionsfracht von 805 t nennenswert reduziert, so dass sich schließlich in den Gewässern nur noch eine Immissionsfracht von 235,5 t wieder findet. An manchen Kläranlagen in Baden-Württemberg finden sich in den beprobten Abläufen Frachten von 1 bis 40 kg/Tag EDTA, 0 bis 3 kg/Tag NTA und 0 bis 14 kg/Tag DTPA. DTPA ist aber primär ein lokales Problem an wenigen Standorten von Großanwendern der Papier-/ Zellstoffindustrie, dagegen sind die EDTA- und NTA-Belastungen an sehr vielen Kläranlagen zu finden.

Die Humantoxizität von EDTA ist gering. Komplexbildner gelten jedoch als ökologisch bedenklich. EDTA, NTA und DTPA sind in Wassergefährdungsklasse 2 (=wassergefährdend) eingestuft. In der Trinkwasserverordnung sind keine Grenzwerte vorgesehen, auch gibt es keinen LAWA-Geringfügigkeitsschwellenwert. Jedoch existieren im Grundwasserüberwachungsprogramm Warnwerte von jeweils 1,0 µg/l. Das Gefährdungspotential von EDTA wird im Wesentlichen darin gesehen, dass es in Sedimenten fixierte Schwermetalle remobilisieren kann. Metallionen, die in solchen Komplexen gebunden sind, sind gegenüber Wasserorganismen wesentlich weniger toxisch als die freien Metallionen. In einigen Ländern wie der Schweiz, den USA und Kanada wird NTA in Waschmitteln als Ersatzstoff für Phosphat zur Wasserenthärtung eingesetzt. In einigen Ländern hat bei NTA der Verdacht auf Karzinogenität, zu einer Reduzierung des NTA-Einsatzes geführt bzw. NTA ist mit einem Bann belegt. Auch NTA kann Schwermetalle, insbesondere Nickel und Kupfer aus Sedimenten remobilisieren.

## 2.9.2 Probennahme und Analytik

Komplexbildner wurden in 1998 erstmals an allen Landesmessstellen und in allen Teilmessnetzen untersucht, um die flächenhafte landesweite Belastungssituation darzustellen und zu beschreiben. Die Beprobungsrunde in 2004 stellt die zweite flächenhafte Bestandsaufnahme dar. Die Bestimmungsgrenzen in der Beprobungsrunde 2004 sind von Labor zu Labor unterschiedlich. Sie liegen für EDTA und NTA meist bei 0,5 µg/l und auch bei 0,1 µg/l, für DTPA etwa höher, nämlich bei 0,5 und 1,0 µg/l (s. Anhang Tab. A2).

Um Kontaminationen bei der Probennahme weitgehend ausschließen zu können, wurden

die Probenehmer vertragsmäßig angewiesen, die Probennahmegefäße nicht nur dreimal sondern fünfmal mit dem Probenwasser vorzuspülen. Jedoch kann bei der Herkunftsbeurteilung der Komplexbildner eine Herkunft aus Reinigungsaktionen in den beprobten Wasserefassungen seitens der Wasserversorgungsunternehmen nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

Etwa ein Viertel der positiven Komplexbildnerbefunde wurden in 2004 über erneute Probenahmen und Nachuntersuchungen und anschließender vergleichender Untersuchung mit anonymisierten Proben mit dreifach paralleler Analytik bei verschiedenen Laboren verifiziert.

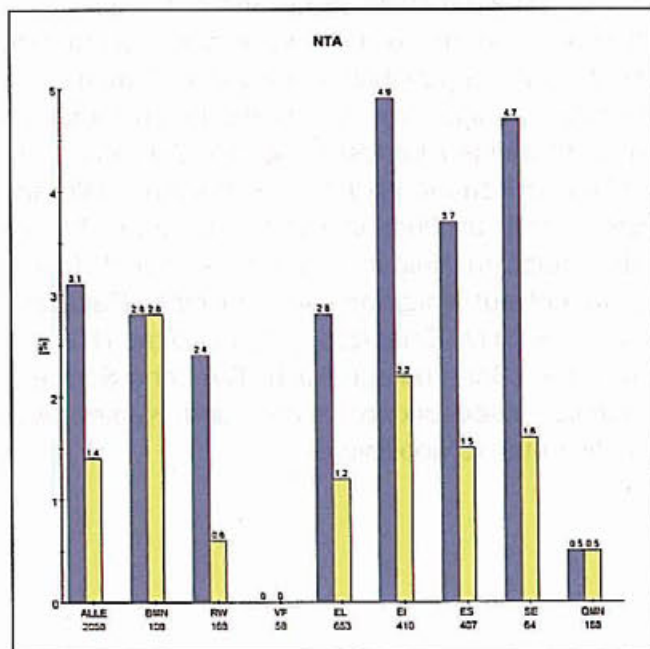
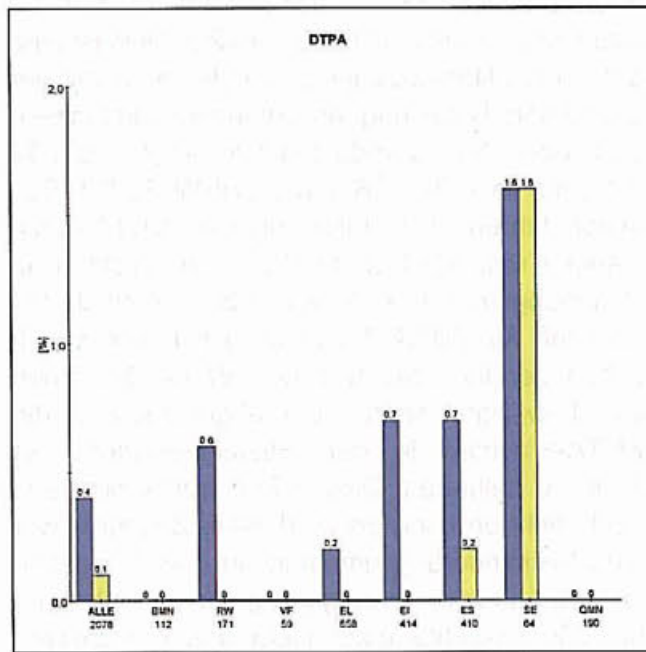
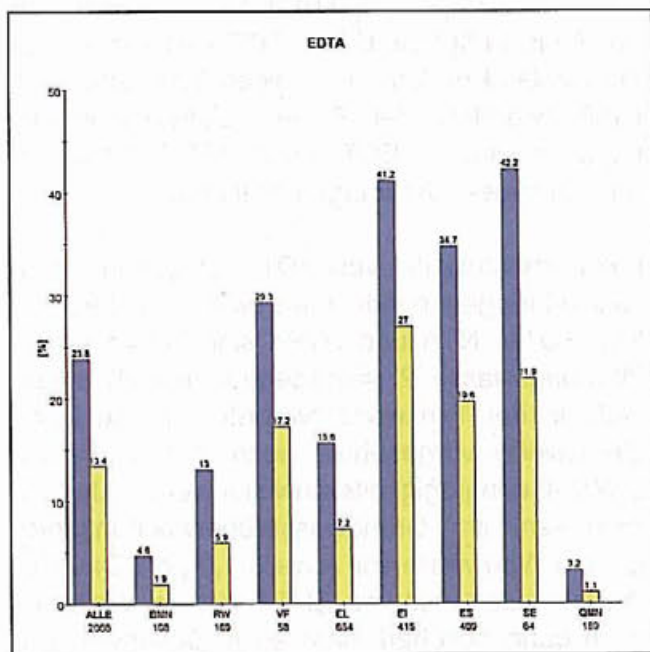


Abb. 2.9.1:

EDTA, DTPA, NTA - Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten von Bestimmungsgrenzen (BG-Blau Balken) und der GÜP-Warnwerte (WW - gelbe Balken) im gesamten Messnetz (Alle) und in den Teilmessnetzen bei der Beprobung 2004 (Abk. s. Anhang A1), (Anm.: Grenzwerte n. TrinkwV existieren nicht).

### 2.9.3 Landesweite Situation, räumliche Verteilung, Bewertung

Grenzwerte für Trinkwasser oder Grundwasser sind für EDTA, DTPA und NTA nicht festgelegt, daher werden für die Auswertungen die Warnwerte des Grundwasserüberwachungsprogrammes von jeweils 1 µg/l herangezogen.

Das landesweite Gesamtergebnis 2004 zeigt Tab. 2.9.2 im Vergleich zum Ergebnis aus 1998. Die prozentuale Verteilung der positiven Befunde und Warnwertüberschreitungen im Gesamtmessnetz und in den Teilmessnetzen zeigt die Abb. 2.9.1. Die Karten in den Abb. 2.9.2, 2.9.3, 2.9.4 zeigen die regionale Verteilung der Befunde.

Tab. 2.9.2.: Statistische Kennzahlen der Komplexbildner-Befunde in 2004 im Vergleich zu 1998.

	EDTA 1998	EDTA 2004	NTA 1998	NTA 2004	DTPA 2004
Anzahl der Messstellen	2.131	2.066	2.131	2.056	2.078
Überschreitungen der Bestimmungsgrenze (% Mst.)	37,6	23,8	6,7	3,1	0,4
Warnwertüberschreitungen (% Mst.)	22,6	13,4	3,0	1,4	0,1
Medianwert [µg/l]	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 1,0
Maximum [µg/l]	86,0	77,0	29,0	10,4	2,7

Die Komplexbildner werden mit landesweiten Nachweisquoten von etwa 0,5 % bei DTPA über 3,1 % bei NTA bis 24 % bei EDTA (Tab. 2.9.2). An etwa 500 Messstellen wird mindestens einer der Komplexbildner gefunden. Davon wird an etwa 300 Messstellen der Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms überschritten. Dies sind etwa 15 % aller untersuchten Messstellen. Die maximale Einzelstoffkonzentration beträgt 77 µg/l bei EDTA, etwa 10 µg/l bei NTA. An etwa 3 % der Messstellen liegt die EDTA-Konzentration über 5 µg/l, an 10 % aller Messstellen über 1,5 µg/l. Hauptbelastungsstoff ist EDTA. Bei NTA ist das Belastungsniveau deutlich geringer, offenbar aufgrund der besseren biologischen Abbaubarkeit. Nur maximal 1,4 % aller Messstellen weisen NTA-Konzentrationen von mehr als 1 µg/l, d.h. nur 18 Messstellen. Nur eine Messstelle weist eine Konzentration von größer als 10 µg/l NTA auf. DTPA wird nur an 9 Messstellen gefunden. Die wenigen DTPA-Fundorte hauptsächlich im Grundwasser des Alpenvorlands bestätigen die Einschätzung der o.g. baden-württembergischen Komplexbildner-Stoffbilanzstudie, dass DTPA hauptsächlich ein

lokales Problem an wenigen Standorten ist.

Sowohl die Nachweisquoten, die Warnwertüberschreitungsquoten wie auch die maximalen Konzentrationen stellen bei EDTA für eine landesweite Bestandsaufnahme ein sehr hohes Belastungsniveau dar und belegen einerseits die flächenhafte Verbreitung von EDTA, wie auch die Existenz einer flächenhaften Belastung mit hohen Konzentrationen und von lokal sehr hoch belasteten Bereichen. Jedoch liegt der Belastungsgrad von 2004 weit unterhalb dem noch höheren Niveau aus der letzten Komplexbildner-Bestandsaufnahme aus 1998.

Die Verteilung der Messwerte auf die unterschiedlichen Teilmessnetze zeigt (Abb. 2.9.1), dass Belastungen mit den Komplexbildnern EDTA, DTPA und NTA in erster Linie an Messstellen im Einflussbereich von Industrie (EI), Siedlung (ES) und sonstigen Emittenten (SE, u. a. Kläranlagen) zu finden sind. An rund 35 - 40 % der Industrie- und Siedlungsmessstellen ist EDTA zu finden. Etwa 20 - 27 % dieser Messstellen weisen gleichzeitig hohe EDTA-Konzen-

trationen von mehr als 1 µg/l (GÜP-Warnwert) auf. Die positiven Befunde sind über das ganze Land verteilt, wobei regionale Belastungsschwerpunkte in den Ballungszentren sowie in sehr vielen Flusstälern zu erkennen sind, wie dem Rhein, der Kinzig, der Wiese, dem Neckar, dem Kocher, der Rems, der Donau und der Schussen. In den Flusstälern führt das Grundwasser einen hohen Anteil von eingesickertem Flusswasser, welches aufgrund der Einleitung von gereinigtem Abwasser aus Kläranlagen mit Komplexbildnern belastet ist, so dass die Komplexbildnerbelastung des Grundwassers verständlich ist.

Im Bereich der belasteten EDTA-Messstellen finden sich viele Hinweise auf wahrscheinliche Ursachen, welche zum größten Teil mit den o.g. möglichen Emittentenarten identisch sind. Sowohl direkte Emissionen auf dem Gelände von Industrie- und Gewerbebetrieben, von Kläranlagen etc. als auch indirekte Emissionen über den Belastungspfad Industrie-/Haushalt - Abwasseranlagen - Kläranlagen - Flusssuferfiltrat - Grundwasser sind identifizierbar.

Als recherchierte wahrscheinliche Ursachen kann eine Vielzahl von Emittenten genannt werden: Recyclingunternehmen, Schwimmbäder, Tankstellen offenbar mit Waschanlagen, Abwasseranlagen wie Kläranlagen und Abwassersammler, Regenüberlaufbecken, Deponien und Altlasten, Betriebe der Nahrungs- und Lebensmittelindustrie, der Chemie, der Textil- und Papierherstellung, der Elektro- und Metallindustrie, Galvanikbetriebe und eine Lackfabrik, auch finden sich Gärtnereien, Rasensportplätze und Friedhöfe. Zwei der DTPA-Fundorte im Alpenvorland finden sich Bereich einer Kläranlage mit den in der baden-württembergischen Komplexbildner-Stoffbilanzstudie ermittelten höchsten DTPA-Abgabefrachten an den Fluss Schussen. Diese Kläranlage erhält einen großen Abwasseranteil von einer Zellstofffabrik.

#### 2.9.4 Bewertung

Bei der flächendeckenden Untersuchung auf die drei synthetischen Komplexbildner EDTA, DTPA

und NTA im Grundwasser wurde in 2004 ein nach der letzten Beprobungskampagne 1998 nicht mehr überraschender hoher Anteil an positiven Befunden festgestellt, insbesondere bei EDTA.

Sowohl die Nachweisquoten, die Warnwertüberschreitungsquoten wie auch die maximalen Konzentrationen stellen bei EDTA für eine landesweite Bestandsaufnahme ein sehr hohes Belastungsniveau dar und belegen einerseits die flächenhafte Verbreitung von EDTA wie auch die Existenz von lokal sehr hoch belasteten Belastungszentren. Jedoch liegt der Belastungsgrad von 2004 weit unterhalb dem noch höheren Niveau aus der letzten Komplexbildner-Bestandsaufnahme aus 1998.

EDTA findet sich mit einer sehr hohen Nachweisquote landesweit an nahezu jeder vierten Messstelle (23,8 %), mit Warnwertüberschreitungen an jeder achten Messstelle (13,4 %). Die aktuellen EDTA-Befundraten in 2004 entsprechen den Größenordnungen der in den letzten Jahren festgestellten flächenhaften Belastungen mit LHKW und PSM und deren Abbauprodukten, wie „PER“ mit 27 % Nachweisquote in 2004 (1998: 29 %) und von „Desethylatrazin“ mit 23,9 % in 2001 (1998: 34,3 %).

Jedoch ist das aktuelle EDTA-Belastungsniveau gegenüber 1998 mit einer damaligen Nachweisquote von 38 %) und einer Warnwertüberschreitungsquote von 23 % erheblich gesunken. Damit nimmt EDTA in 2004 nicht mehr den Spitzenplatz bei den Grundwasserbelastungen mit synthetischen grundwasserfremden Stoffen i.e.S. aufgrund der Einstufung nach Nachweisquoten ein, sondern der CKW-Einzelstoff PER. Jedoch belegt EDTA nach wie vor den Spitzenplatz bei der Grundwasserbelastungseinstufung nach der Warnwertüberschreitungsquote. Die EDTA-Warnwertüberschreitungsquote von etwa 13 % liegt nur knapp unter der in 2004 festgestellten Nitrat-Warnwertüberschreitungsquote von etwa 17 %.

Entsprechend den vielseitigen Anwendungen in Industrie und Haushalt kommen als Ursachen sowohl direkte Emissionen auf dem Gelände



von Industrie- und Gewerbebetrieben, von Kläranlagen etc. in Frage als auch indirekte Emissionen über den Belastungspfad Industrie-/Haushalt - Abwasseranlagen - Kläranlagen - Flussuferfiltrat - Grundwasser.

Bei NTA ist die Situation in 2004 vergleichsweise wesentlich entspannter. NTA findet sich an 3,1 % aller Messstellen, mit Warnwertüberschreitungen an 1,4 % der Messstellen. Gegenüber 1998 hat sich das Belastungsniveau in etwa halbiert. DTPA findet sich mit einer sehr geringen Nachweisquote von 0,4 % nur als lokales Problem an 9 Messstellen. DTPA-Warnwertüberschreitungen existieren an nur 2 Messstellen.

Trotz der gegenüber 1998 gesunkenen Belastung mit Komplexbildnern, gibt die nach wie vor als sehr hohe Flächenbelastung eingestufte EDTA-Situation in 2004 und insbesondere die z.T. auch flächenhaft vorhandenen hohen bis sehr hohen EDTA-Konzentrationen Anlass zur Sorge. Da es sich bei den Komplexbildnern um grundwasserfremde Stoffe handelt, ist auf jeden Fall weiterhin anzustreben, diese vom Grundwasser fernzuhalten. Die Situation ist langfristig nur zu verbessern, wenn der Verbrauch an EDTA durch abbaubare Ersatzstoffe verringert wird und die Sanierung defekter Kanalnetze weiterbetrieben wird. Ansatzpunkte und Vorschläge zu Emissionsverminderungsmaßnahmen gibt die o.g. aktuelle baden-württembergische Komplexbildner-Stoffbilanzstudie aus dem Jahr 2003.

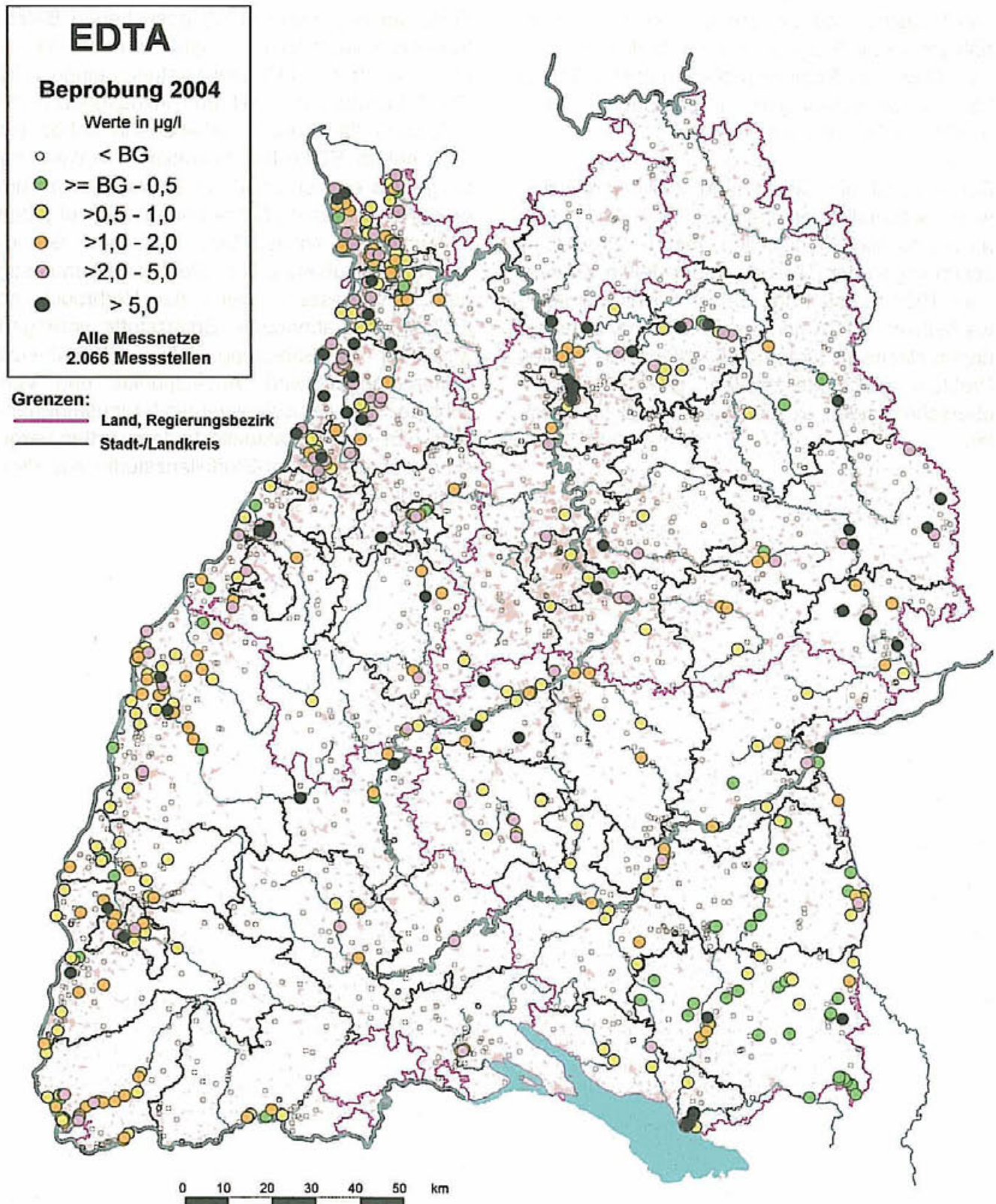


Abbildung 2.9.2: Konzentrationsverteilung EDTA, 2004.

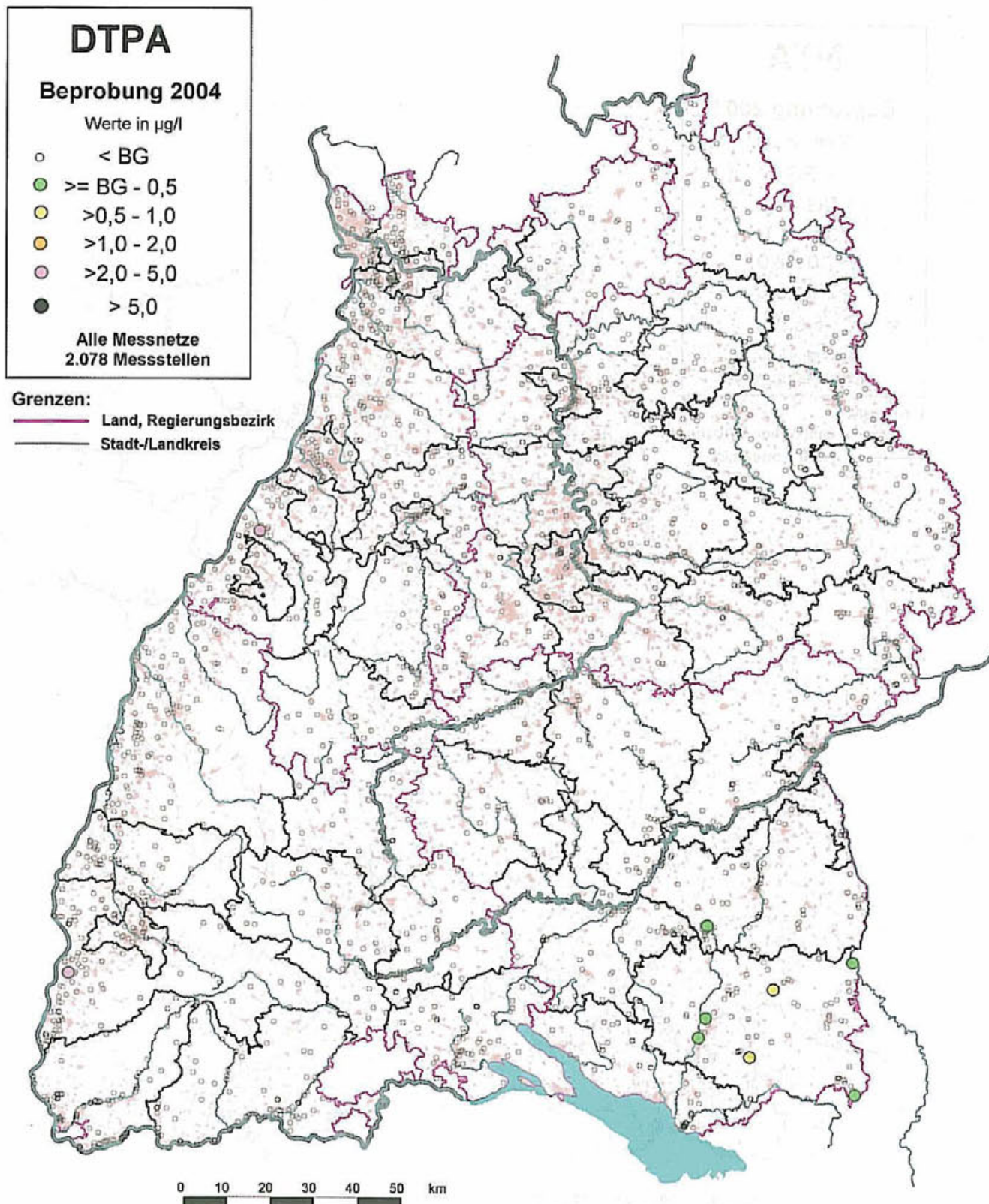


Abbildung 2.9.3: Konzentrationsverteilung DTPA, 2004.

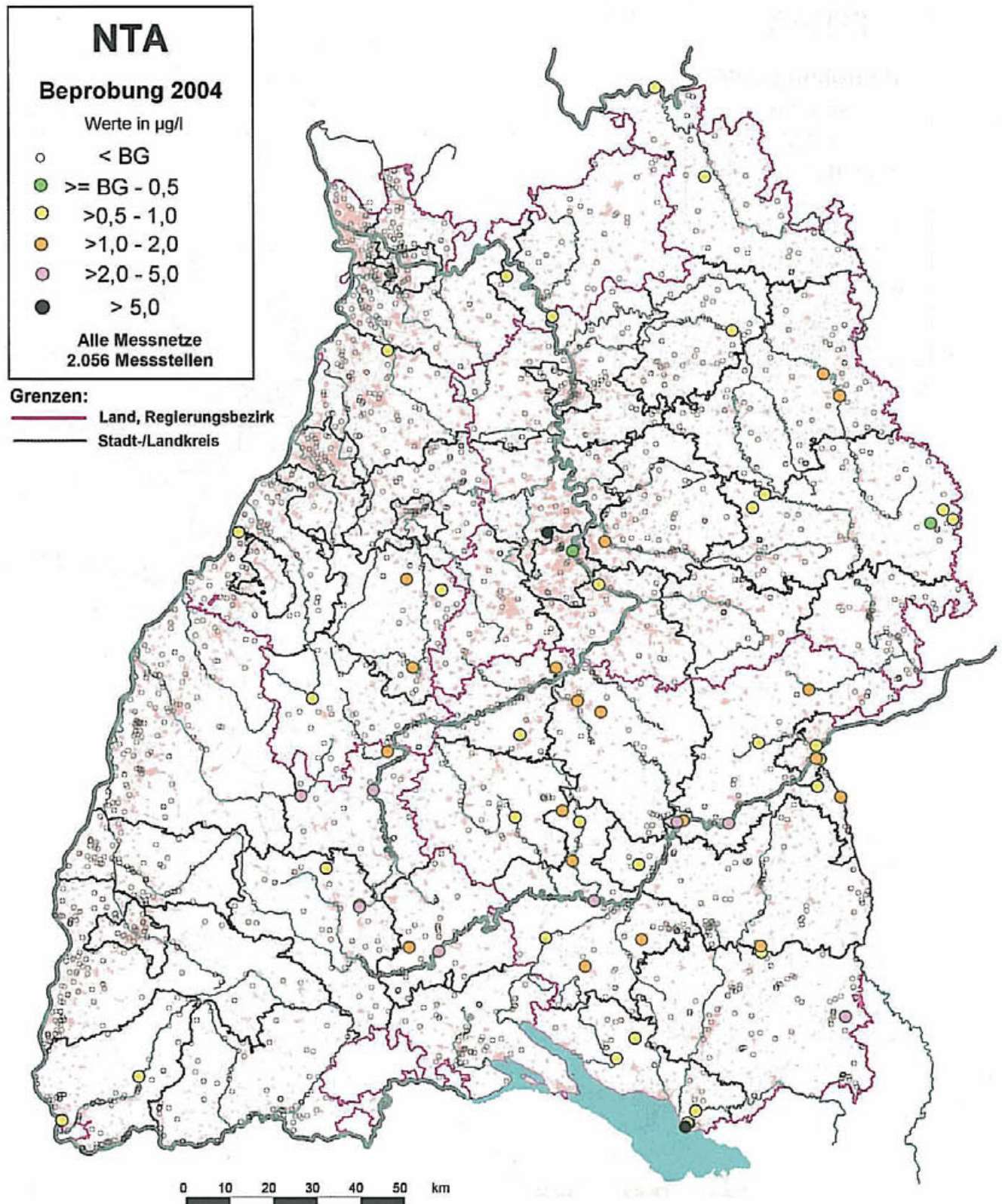


Abbildung 2.9.4: Konzentrationsverteilung NTA, 2004.



### 3 Statistische Übersichten der Teilmessnetze

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

##### Messnetzziel

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



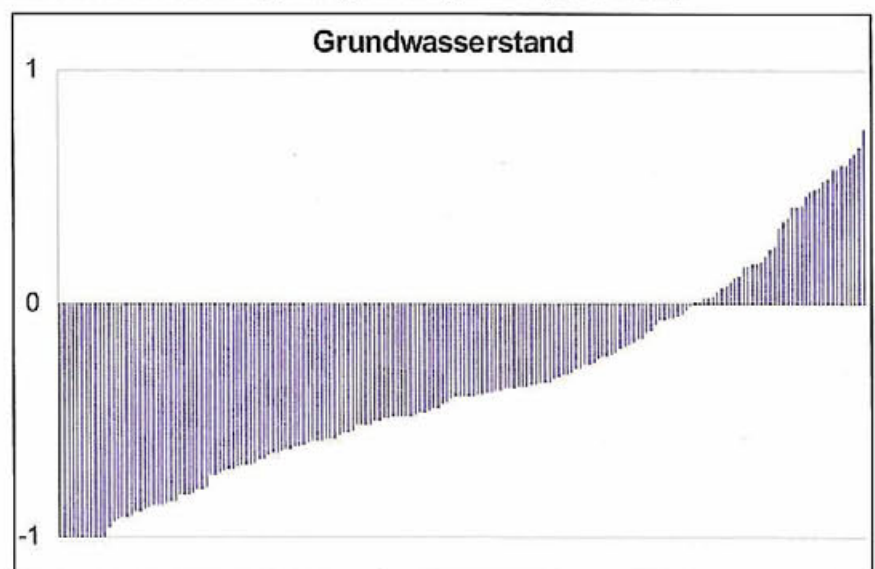
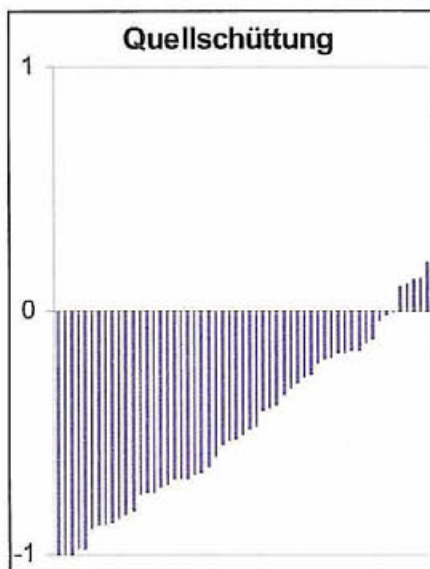
##### Datengrundlage

Auswahl von ca. 340 repräsentativen und funktionsfähigen Messstellen mit beschleunigter Datenübermittlung: 204 Grundwasserstandsmessstellen (wöchentlicher Beobachtungsurnus), 126 Quellen (wöchentliche bis monatliche Messung) und 5 Lysimeter (tägliche bis wöchentliche Beobachtung).

##### Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- Insgesamt bewegten sich die Grundwasserstände und Quellschüttungen im **Jahr 2004** auf vergleichbarem Niveau wie im Vorjahr und entsprachen weitgehend unterdurchschnittlichen Verhältnissen.
- Die **Grundwasserstände** sind im langjährigen Vergleich sehr unterdurchschnittlich und bewegen sich in den meisten Landesteilen auf noch niedrigerem Niveau als im Jahr 2003. Die starken Niederschläge im Januar und Oktober 2004 konnten keinen signifikanten Anstieg bewirken. Insbesondere in den südöstlichen Landesteilen und im mittleren Oberrheingraben sind nach wie vor deutlich unterdurchschnittliche Verhältnisse zu verzeichnen. Der kurzfristige Trend (10 Jahre) ist überwiegend fallend, der mittelfristige Trend (20 Jahre) ist jedoch mittlerweile deutlich steigend. Die langfristige Tendenz (50 Jahre) ist ausgeglichen.
- Die mittleren Jahreswerte der **Quellschüttungen** sind mit Ausnahmen im Schwarzwald unterdurchschnittlich. Die sehr ungleiche Niederschlagsverteilung über das Jahr 2004 findet sich im Gang der Quellschüttungen wieder, wonach eine Zunahme zum Jahresende festzustellen ist. Der kurzfristige (10 Jahre) Trend ist leicht fallend, die mittelfristigen (20 Jahre) und langfristigen Entwicklungen (50 Jahre) sind weitgehend unauffällig.

#### Normierte Jahresmittelwerte 2004 im langjährigen Vergleich (seit 1955)



Erläuterung: Dargestellt wird pro Messstelle der - gegen den seit 1955 jeweils kleinsten (-1) bzw. größten (+1) Jahresmittelwert - normierte Jahresdurchschnitt im Jahr 2004.

Ergebnisse 2004 Baden-Württemberg TMN Grundwasserstand (Auswahl)										
Messstelle	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum		Jahresmaximum		Mittelwert 2004	Trend		
			2004		2004			[cm/Jahr]		
			[m+NN]	Datum	[m+NN]	Datum		10 Jahre	20 Jahre	50 Jahre
116/022-0	Markgräfler Rheinebene	Quartär	216,17	05.01.	217,49	07.06.	216,38	-2,2	-1,2	-2,3
124/023-8	Markgräfler Rheinebene	Quartär	239,98	04.10.	240,42	19.04.	240,17	2,5	4,7	-1,5
115/066-9	Offenburger Rheinebene	Quartär	152,83	04.10.	153,96	20.12.	153,27	-3,7	1,0	0,3
115/067-0	Offenburger Rheinebene	Quartär	160,45	05.01.	160,88	27.12.	160,63	-0,5	0,5	-
133/068-0	Offenburger Rheinebene	Quartär	170,84	05.01.	171,42	15.11.	171,08	-1,1	0,6	0,2
102/070-7	Freiburger Bucht	Quartär	217,37	04.10.	218,57	01.11.	217,69	-1,4	0,5	0,0
130/070-4	Markgräfler Rheinebene	Quartär	199,96	19.01.	200,85	29.11.	200,53	-0,7	1,8	-1,9
140/073-4	Dinkelberg	Quart. Talfüllungen	316,41	20.09.	317,69	12.01.	316,84	1,4	1,7	-
112/074-9	Hochrheintal	Quart. Talfüllungen	260,78	05.01.	261,02	29.03.	260,93	-0,1	0,9	-
109/113-6	Offenburger Rheinebene	Quartär	124,65	09.08.	125,48	19.01.	124,94	-1,4	0,4	0,0
126/114-5	Offenburger Rheinebene	Quartär	139,10	12.01.	139,91	26.01.	139,44	-0,6	1,0	0,1
103/115-2	Offenburger Rheinebene	Quartär	144,20	09.08.	145,17	27.12.	144,54	-7,8	-6,3	-0,9
110/116-6	Offenburger Rheinebene	Quartär	155,84	04.10.	156,62	27.12.	156,22	-0,2	1,0	-1,5
124/119-0	Freiburger Bucht	Quartär	220,91	11.10.	221,81	12.01.	221,25	-1,3	7,8	0,1
124/123-1	Dinkelberg	Quart. Talfüllungen	329,38	13.09.	330,40	19.01.	329,67	-0,5	-0,2	-
134/123-7	Hochschwarzwald	Quart. Talfüllungen	385,15	20.12.	386,57	19.01.	385,76	-2,6	-1,6	-
105/164-3	Offenburger Rheinebene	Quartär	156,18	28.06.	157,12	16.02.	156,68	-7,2	0,5	-0,1
110/210-0	Nördliche Oberrhein-Niederung	Quartär	105,57	05.01.	106,28	26.01.	105,83	-0,6	0,5	-
115/211-5	Nördliche Oberrhein-Niederung	Quartär	109,84	05.01.	110,68	19.01.	110,18	-0,8	-0,3	-0,2
712/256-2	Nördliche Oberrhein-Niederung	Quartär / tief	92,57	09.08.	93,88	19.01.	92,93	3,1	-2,7	-
123/257-3	Nördliche Oberrhein-Niederung	Quartär	97,78	22.11.	98,43	19.01.	98,05	2,3	1,6	-
227/259-1	Hardtebenen	Quartär	108,63	27.12.	109,07	29.03.	108,84	0,1	1,1	2,0
150/260-6	Hardtebenen	Quartär	112,29	13.12.	112,74	23.02.	112,5	-1,0	-1,5	2,0
733/304-4	Hessische Rheinebene	Quartär / tief	91,70	09.08.	92,08	25.10.	91,88	9,6	5,8	-
104/305-6	Neckar-Rheinebene	Quartär	87,36	05.01.	89,39	19.01.	89,15	-1,8	0,9	-0,1
107/305-0	Neckar-Rheinebene	Quartär	95,68	27.12.	96,02	02.02.	95,81	7,5	6,3	0,6
747/305-0	Neckar-Rheinebene	Quartär / tief	94,72	27.12.	95,25	05.01.	94,97	6,2	6,6	-
742/306-9	Hardtebenen	Quartär / tief	96,11	20.12.	96,71	12.01.	96,37	11,4	0,4	-
100/307-1	Hardtebenen	Quart. Hangschutt	99,42	20.09.	99,72	26.01.	99,53	5,6	1,2	-1,7
108/308-7	Hardtebenen	Quartär	106,18	13.12.	106,47	16.02.	106,33	-1,6	0,3	-1,3
101/320-1	Baar	Quart. Talfüllungen	674,45	02.08.	675,26	19.01.	674,72	-1,2	0,2	-1,1
117/320-4	Baar	Quart. Talfüllungen	671,08	26.07.	671,78	27.12.	671,34	-2,3	-1,8	-
100/355-1	Bergstraße	Quartär	96,74	09.08.	97,01	01.03.	96,81	3,5	6,7	1,3
101/372-4	Hegau	Quartär	413,25	06.09.	414,35	19.01.	413,54	-0,6	-0,2	-
100/516-6	Mittlere Kuppenalb	Malm Weißjura	689,57	12.01.	691,86	19.04.	690,65	-3,6	2,3	-
115/619-0	Donau-Ablach-Platten	Quartär	579,51	05.01.	580,09	05.04.	579,83	-1,5	1,2	-
130/623-6	Bodenseebecken	Quartär	398,95	20.12.	399,54	19.01.	399,2	-0,9	1,7	-
163/669-2	Riss-Aitrach-Platten	Quartär	539,69	20.12.	540,10	12.07.	539,81	-0,1	-0,1	-
101/713-8	Albuch und Härtsfeld	Malm Weißjura	536,96	20.09.	545,01	19.01.	538,82	1,7	-1,7	-
103/714-0	Lonetal-Flächenalb	Malm Weißjura	533,40	20.12.	546,78	19.01.	538,74	54,1	6,8	-
125/721-3	Riss-Aitrach-Platten	Quartär	651,59	05.01.	652,28	16.02.	651,93	0,6	0,0	-
102/762-4	Albuch und Härtsfeld	Malm Weißjura	500,47	25.10.	503,52	26.01.	501,71	-2,1	3,4	-
125/762-9	Albuch und Härtsfeld	Malm Weißjura	489,21	14.09.	492,37	23.02.	491,12	5,2	4,3	-
154/767-1	Unteres Illertal	Quartär	507,04	20.12.	507,85	19.01.	507,29	1,4	1,4	-
161/768-5	Unteres Illertal	Quartär	532,07	13.12.	532,76	19.01.	532,32	-1,0	-0,7	-
160/770-4	Unteres Illertal	Quartär	607,29	20.12.	608,33	09.02.	607,63	-2,2	-0,8	-
138/771-6	Riss-Aitrach-Platten	Quartär	627,43	05.01.	628,19	19.01.	627,81	-0,3	-0,5	-
145/771-8	Westallgäuer Hügelland	Quartär	644,53	05.01.	647,11	19.04.	646,39	6,0	2,4	-
110/773-2	Adelegg	Quartär	713,24	20.12.	715,05	22.03.	714,11	1,1	0,6	-
113/813-6	Lonetal-Flächenalb	Malm Weißjura	458,86	20.09.	462,91	19.01.	459,59	2,8	-1,6	-
121/814-4	Lonetal-Flächenalb	Quart. Talfüllungen	453,46	27.12.	454,41	26.01.	453,98	6,9	-0,2	-
100/863-0	Ries-Alb	Malm / tief	447,51	20.12.	450,17	15.03.	448,7	11,6	0,9	-

Ergebnisse 2004 Baden-Württemberg TMN Quellschüttung (Auswahl)										
Messstelle	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum		Jahresmaximum		Mittelwert 2004	Trend		
			2004		2004			[l/s/Jahr]		
			[l/s]	Datum	[l/s]	Datum		10 Jahre	20 Jahre	50 Jahre
600/068-1	Kaiserstuhl	Kristallin	1,18	01.11.	1,43	15.05.	1,29	0,1	0,0	0,0
602/118-0	Mittlerer Schwarzwald	Buntsandstein	0,37	17.05.	1,02	02.02.	0,52	0,0	0,0	0,0
600/222-6	Hochschwarzwald	Kristallin	1,15	08.01.	3,33	23.01.	2,29	-0,1	0,0	0,0
600/263-6	Nördlicher Talschwarzwald	Buntsandstein	5,42	12.07.	20,78	19.01.	10,50	-0,5	0,0	-0,1
602/320-8	Baar-Alb und Oberes Donautal	Malm Weißjura	0,79	27.08.	3,77	16.02.	1,94	-0,1	0,0	0,0
600/321-0	Hegau-Alb	Tertiär	0,43	04.10.	1,66	15.03.	0,96	-0,1	0,0	0,0
600/407-7	Kraichgau	Höherer Keuper	1,28	20.09.	2,48	26.01.	1,70	0,0	0,0	0,0
600/468-4	Baar-Alb und Oberes Donautal	Malm Weißjura	41,00	05.01.	224,00	19.01.	114,68	1,0	2,2	-
602/521-3	Oberschwäbisches Hügelland	Quartär Moränen	0,50	15.07.	1,19	15.01.	0,73	0,0	0,0	0,0
600/554-9	Bauland	Muschelkalk	17,10	05.01.	84,56	14.01.	39,38	-2,2	0,1	0,0
600/564-8	Mittleres (Schwäb.) Albvorland	Lias und Dogger	0,02	13.06.	0,08	18.05.	0,04	0,0	0,0	0,0
600/607-8	Hohenloher-Haller-Ebenen	Lettenkeuper	1,44	31.10.	3,12	09.02.	2,17	-0,1	0,0	0,0
603/657-5	Kocher-Jagst-Ebenen	Muschelkalk	0,23	13.09.	10,00	02.02.	1,50	-0,1	0,0	0,0
601/759-1	Schwäb.-Frank. Waldberge	Höherer Keuper	1,97	05.01.	3,45	19.04.	2,65	0,0	0,0	0,0

### 3.2 Gesamtnetz - Beschaffenheit

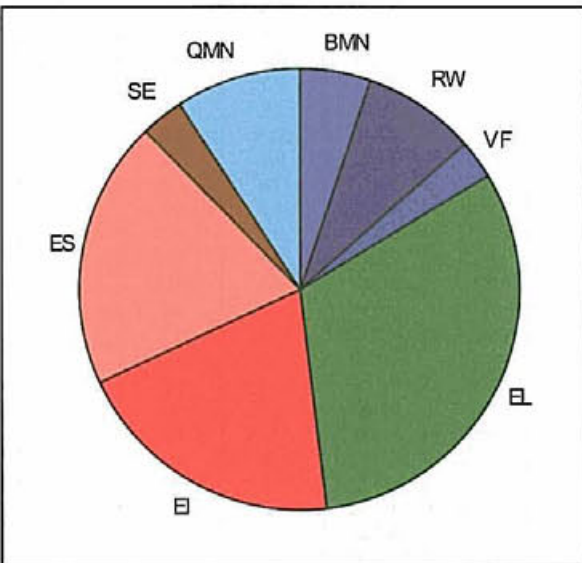
#### Messnetzziel

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

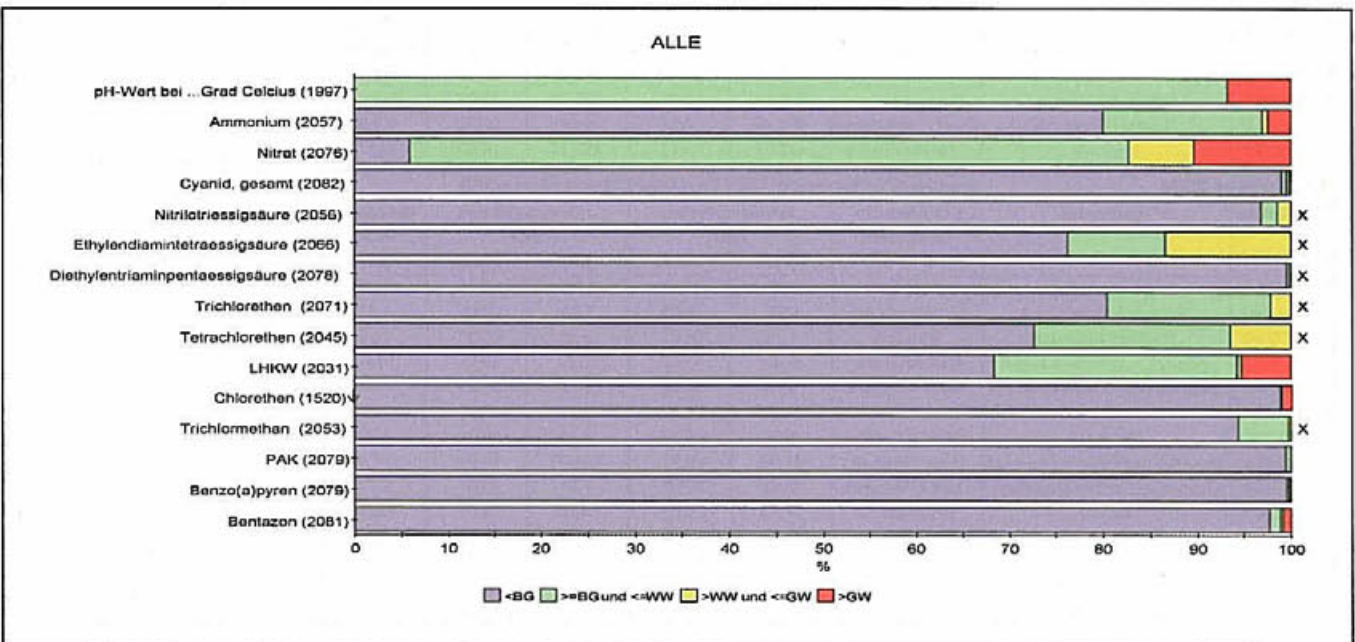
#### Datengrundlage

Ausgewertet wurden für das Jahr 2004 die Daten von insgesamt 2.083 Landesmessstellen. Die vom Land betriebenen Messstellen wurden auf folgende landesweiten Messprogramme untersucht (Messprogramm-Parameter: s. Anhang A2):

MESSPROGRAMM	BMN	RW/VF	EL	EI / ES / SE	QMN
Vor-Ort-Parameter	•	•	•	•	•
Messprogr. LHKW, PAK, MKW	•	•	•	•	•
Messprogr. CN, Komplexbildner	•	•	•	•	•
Messprogramm Anorg. N, PSM-2a	•	•	•	•	•



Messnetz	Messstellen Anzahl	Messstellen Anteil %
BMN	112	5.4
RW	171	8.2
VF	59	2.8
EL	659	31.6
EI	417	20.0
ES	411	19.7
SE	64	3.1
QMN	190	9.1
<b>Summe</b>	<b>2.083</b>	<b>100</b>





## Ergebnisse 2004:

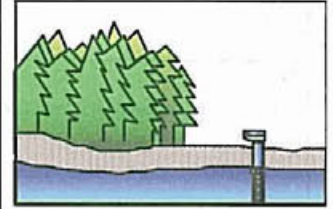
## Baden-Württemberg ALLE

Parameter	Dimen- sion	Anz. Mst	>BG		>WW		>GW		P50 (Median)	P90	Maximum (Minimum)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	Grad C	1957	1957	100,0	14	0,7	-	-	12,2	15,3	40,3
Leitfähigkeit,elektrisch bei ...Grad Celsius	mS/m	2081	2081	100,0	22	1,1	4	0,2	65,2	100,3	540,0
pH-Wert bei ...Grad Celcius	-	1997	1997	100,0	135	6,8	135	6,8	7,17	7,44	(4,63)/9,07
Sauerstoff	mg/l	1979	1906	96,3	-	-	-	-	6,0	9,7	11,6
Sauerstoffsättigung	%	1944	1906	98,0	-	-	-	-	59,0	92,0	104,0
Ammonium	mg/l	2057	412	20,0	61	3,0	49	2,4	<0,010	0,060	21,000
Nitrit	mg/l	2050	197	9,6	46	2,2	35	1,7	<0,01	<0,01	0,80
Nitrat	mg/l	2076	1954	94,1	358	17,2	213	10,3	16,2	50,9	232,5
Cyanid, gesamt	mg/l	2082	20	1,0	10	0,5	4	0,2	<0,010	<0,010	0,920
Nitritriessigsäure	ug/l	2056	64	3,1	29	1,4	-	-	<0,5	<0,5	10,4
Ethylendiamintetraessigsäure	ug/l	2066	492	23,8	277	13,4	-	-	<0,5	1,5	77,0
Diethylentriaminpentaessigsäure	ug/l	2078	9	0,4	2	0,1	-	-	<1,0	<1,0	2,7
Trichlorethen	mg/l	2071	403	19,5	45	2,2	-	-	<0,0001	0,0005	2,7400
Tetrachlorethen	mg/l	2045	560	27,4	132	6,5	-	-	<0,0001	0,0023	40,0000
leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 21.05.01]	mg/l	2031	643	31,7	117	5,8	108	5,3	<0,0001	0,0034	42,7400
Trichlorethan, 1,1,1,-	mg/l	2078	122	5,9	4	0,2	-	-	<0,0001	<0,0001	0,4100
Dichlormethan	mg/l	2081	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	-
Leichtfluechtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	mg/l	2024	645	31,9	119	5,9	107	5,3	<0,0050	<0,0050	42,7409
Chlorethen	mg/l	1520	19	1,2	15	1,0	19	1,2	<0,0020	<0,0020	0,3140
Tetrachlormethan	mg/l	2075	28	1,3	7	0,3	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0084
Trichlormethan	mg/l	2053	115	5,6	7	0,3	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0140
Dichlorethen, cis-1,2-	mg/l	2082	46	2,2	31	1,5	-	-	<0,005	<0,005	3,580
Dichlorethen, trans-1,2-	mg/l	2082	2	0,1	1	0,0	-	-	<0,005	<0,005	0,033
Dichlorethan, 1,2-	mg/l	2083	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,001	<0,001	-
Kohlenwasserstoff-Index	mg/l	2077	2	0,1	2	0,1	-	-	<0,10	<0,10	0,20
Benzo(b)fluoranthen	ug/l	2079	8	0,4	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,036
Benzo(k)fluoranthen	ug/l	2079	5	0,2	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,023
Benzo(ghi)perylene	ug/l	2080	8	0,4	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,029
Indeno(1,2,3-cd)pyren	ug/l	2079	6	0,3	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,021
Summe polycycl. arom. Kohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 21.05.01]	ug/l	2079	12	0,6	1	0,0	0	0,0	<0,005	<0,005	0,083
Benzo(a)pyren	ug/l	2079	8	0,4	6	0,3	4	0,2	<0,005	<0,005	0,024
Fluoranthen	ug/l	2079	79	3,8	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,320
Summe Polycyc. arom. Kohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	ug/l	2078	82	3,9	16	0,8	2	0,1	<0,005	<0,005	0,320
Acenaphthylene	ug/l	1399	4	0,3	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,465
Acenaphthen	ug/l	2080	41	2,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,828
Anthracen	ug/l	2080	31	1,5	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,177
Benzo(a)anthracen	ug/l	2079	17	0,8	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,230
Chrysen	ug/l	2078	21	1,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,030
Dibenzo(ah)anthracen	ug/l	2079	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Fluoren	ug/l	2079	37	1,8	-	-	-	-	<0,005	<0,005	1,550
Naphthalin	ug/l	2082	143	6,9	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,760
Phenanthren	ug/l	2077	82	3,9	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,550
Pyren	ug/l	2079	72	3,5	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,191
4-Chlor-2-methylphenoxyessigsäure	ug/l	2080	4	0,2	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	0,08
Dicamba	ug/l	2082	5	0,2	1	0,0	1	0,0	<0,05	<0,05	5,30
Dichlorphenoxyessigsäure, 2,4-	ug/l	2080	2	0,1	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	0,08
Mecoprop	ug/l	2082	4	0,2	2	0,1	2	0,1	<0,05	<0,05	0,74
Dichlorprop	ug/l	2082	3	0,1	1	0,0	1	0,0	<0,05	<0,05	0,23
Bentazon	ug/l	2081	48	2,3	26	1,2	19	0,9	<0,05	<0,05	6,10

### 3.3 Basismessnetz (BMN)

#### Messnetzziel

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

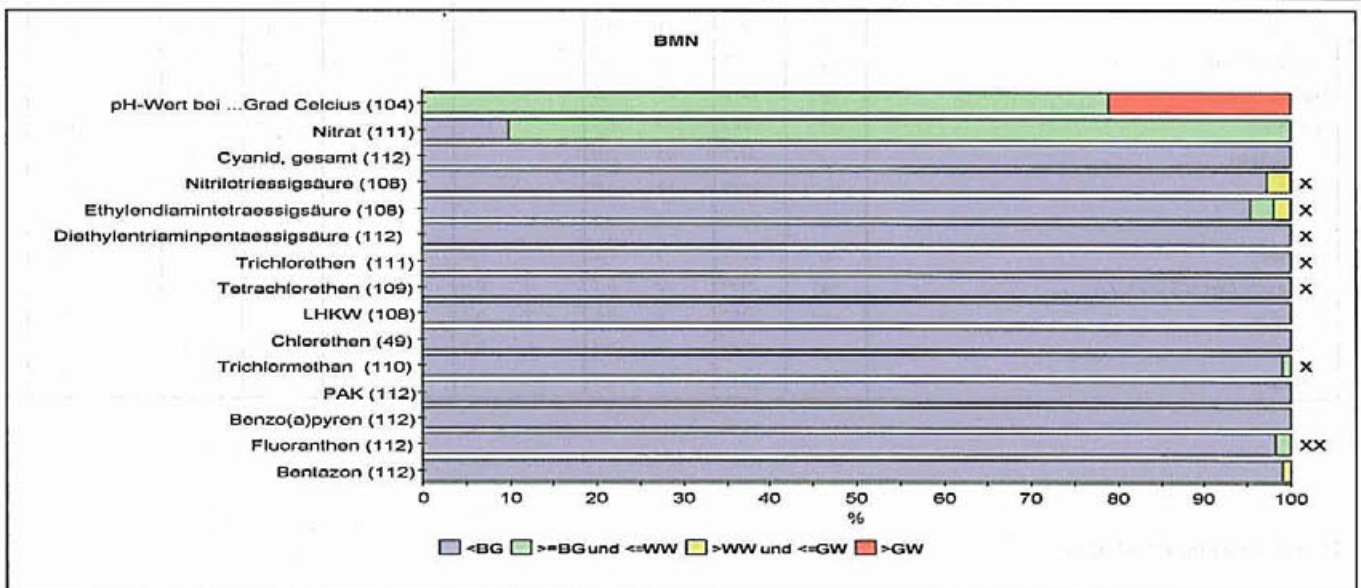


#### Datengrundlage

Beprobte wurden 112 Messstellen in verschiedenen Grundwasserlandschaften Baden-Württembergs. Generell wurde untersucht auf die Messprogramme: „Vor-Ort“, „LHKW“, „PAK“, „MKW“, „Cyanid“, „Komplexbildner“, „Anorganischer Stickstoff“, „PSM-2a“ und die diesjährigen LHKW-Zusatzparameter.

#### Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- Beim **Nitrat** sind die statistischen Kennzahlen gegenüber dem Vorjahr nahezu unverändert. Das Maximum von 33,1 mg/l ist nach wie vor auf landwirtschaftlichen Einfluss zurückzuführen.
- Der einzige **PSM**-Nachweis aller untersuchten PSM-Wirkstoffe existiert für **Bentazon** mit einer hohen den Warnwert überschreitenden Konzentration. Die Messstelle besitzt neben einem großen bewaldeten Teileinzugsgebiet auch ein ackerbaulich genutztes Teileinzugsgebiet.
- Für **Cyanid**, **Kohlenwasserstoff-Index**, **DTPA** und **Chlorethen (VC)** existieren keine Nachweise.
- Der einzige **LHKW**-Nachweis aller untersuchten LHKW existiert für Chloroform (**Trichlormethan**) an einem tiefen nicht für die Wasserversorgung genutzten Brunnen in einem Moor im Südschwarzwald. Chloroformbefunde existieren hier seit den 1980er Jahren und sind offenbar auf Desinfektionsmaßnahmen oder die u.g. Deponie zurückzuführen. Hier wird auch die landesweit maximale **Naphthalin**konzentration von etwa 0,8 µg/l vorgefunden. Einige andere positive Befunde anderer **PAK** n. EPA begleiten den Naphthalinbefund, auch Fluoranthene, jedoch keine Einzel-PAK n. TrinkwV ab 2003. Bei dem artesischen Brunnen kommen als Ursachen in Frage: die natürliche PAK-Synthese aus organischen Moorb Bestandteilen, historische Verbrennungsvorgänge im Moor beim evtl. vorgenommenen Torfabbau, auch historische Köhlerarbeiten oder eine in der Nähe dokumentierte Altlast, die evtl. auch die Chloroformbefunde erklären kann.
- **Komplexbildner**: Die 2 bis 3 z.T. hohen warnwertüberschreitenden Konzentrationen von **EDTA** und **NTA** finden sich z.T. gleichzeitig an Messstellen mit bewaldeten Einzugsgebieten. Jedoch führen offenbar Emissionen von Dörfern mit Abwassersammlern, Regenrückhaltebecken und von Kläranlagen an Flüssen zu den Befunden.
- Die hohe **pH** - Grenzwertunterschreitungsquote von 21 % ist durch saure Quellen in den Höhenlagen von Schwarzwald, Odenwald und Keuperbergland verursacht. Das Maximum von 9,07 findet sich an einer sehr tiefen, in der Oberen Meeresmolasse verfilterte Messstelle am Bodensee.



## Ergebnisse 2004:

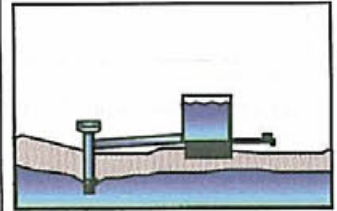
## Baden-Württemberg BMN

Parameter	Dimen- sion	Anz. Mst	>BG		>WW		>GW		P50 (Median)	P90	Maximum (Minimum)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	Grad C	96	96	100,0	3	3,1	-	-	9,8	13,9	40,3
Leitfähigkeit,elektrisch bei ...Grad Celsius	mS/m	112	112	100,0	0	0,0	0	0,0	42,8	65,6	98,5
pH-Wert bei ...Grad Celcius	-	104	104	100,0	22	21,2	22	21,2	7,29	7,59	(4,63)/9,07
Sauerstoff	mg/l	96	89	92,7	-	-	-	-	9,2	10,7	11,5
Sauerstoffsättigung	%	94	89	94,7	-	-	-	-	85,5	98,7	102,0
Ammonium	mg/l	108	20	18,5	0	0,0	0	0,0	<0,010	0,150	0,320
Nitrit	mg/l	111	3	2,7	1	0,9	1	0,9	<0,01	<0,01	0,26
Nitrat	mg/l	111	100	90,1	0	0,0	0	0,0	7,4	14,9	33,1
Cyanid, gesamt	mg/l	112	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,010	<0,010	-
Nitritriessigsäure	ug/l	108	3	2,8	3	2,8	-	-	<0,5	<0,5	1,9
Ethylendiamintetraessigsäure	ug/l	108	5	4,6	2	1,9	-	-	<0,5	<0,5	3,9
Diethylentriaminpentaessigsäure	ug/l	112	0	0,0	0	0,0	-	-	<1,0	<1,0	-
Trichlorethen	mg/l	111	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,0001	<0,0001	-
Tetrachlorethen	mg/l	109	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,0001	<0,0001	-
leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 21.05.01]	mg/l	108	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,0001	<0,0001	-
Trichlorethan, 1,1,1,-	mg/l	112	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,0001	<0,0001	-
Dichlormethan	mg/l	112	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	-
Leichtfluechtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	mg/l	108	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,0050	<0,0050	-
Chlorethen	mg/l	49	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,0020	<0,0020	-
Tetrachlormethan	mg/l	110	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,0001	<0,0001	-
Trichlormethan	mg/l	110	1	0,9	0	0,0	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0007
Dichlorethen, cis-1,2-	mg/l	112	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	-
Dichlorethen, trans-1,2-	mg/l	112	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	-
Dichlorethan, 1,2-	mg/l	112	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,001	<0,001	-
Kohlenwasserstoff-Index	mg/l	112	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,10	<0,10	-
Benzo(b)fluoranthen	ug/l	112	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Benzo(k)fluoranthen	ug/l	112	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Benzo(ghi)perylene	ug/l	112	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Indeno(1,2,3-cd)pyren	ug/l	112	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Summe polycycl. arom. Kohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 21.05.01]	ug/l	112	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,005	<0,005	-
Benzo(a)pyren	ug/l	112	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,005	<0,005	-
Fluoranthen	ug/l	112	2	1,8	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,009
Summe Polycycl. arom. Kohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	ug/l	112	2	1,8	0	0,0	0	0,0	<0,005	<0,005	0,009
Acenaphthylen	ug/l	66	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Acenaphthen	ug/l	112	1	0,9	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,130
Anthracen	ug/l	112	1	0,9	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,010
Benzo(a)anthracen	ug/l	112	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Chrysen	ug/l	112	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Dibenzo(ah)anthracen	ug/l	112	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Fluoren	ug/l	111	2	1,8	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,060
Naphthalin	ug/l	112	2	1,8	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,760
Phenanthren	ug/l	111	3	2,7	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,090
Pyren	ug/l	112	1	0,9	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005
4-Chlor-2-methylphenoxyessigsäure	ug/l	112	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Dicamba	ug/l	112	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Dichlorphenoxyessigsäure, 2,4-	ug/l	112	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Mecoprop	ug/l	112	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Dichlorprop	ug/l	112	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Bentazon	ug/l	112	1	0,9	1	0,9	0	0,0	<0,05	<0,05	0,10

### 3.4 Repräsentatives Rohwassermessnetz (RW)

#### Messnetzziel

Landesweiter repräsentativer Überblick über das zur öffentlichen Wasserversorgung genutzte Grundwasser.



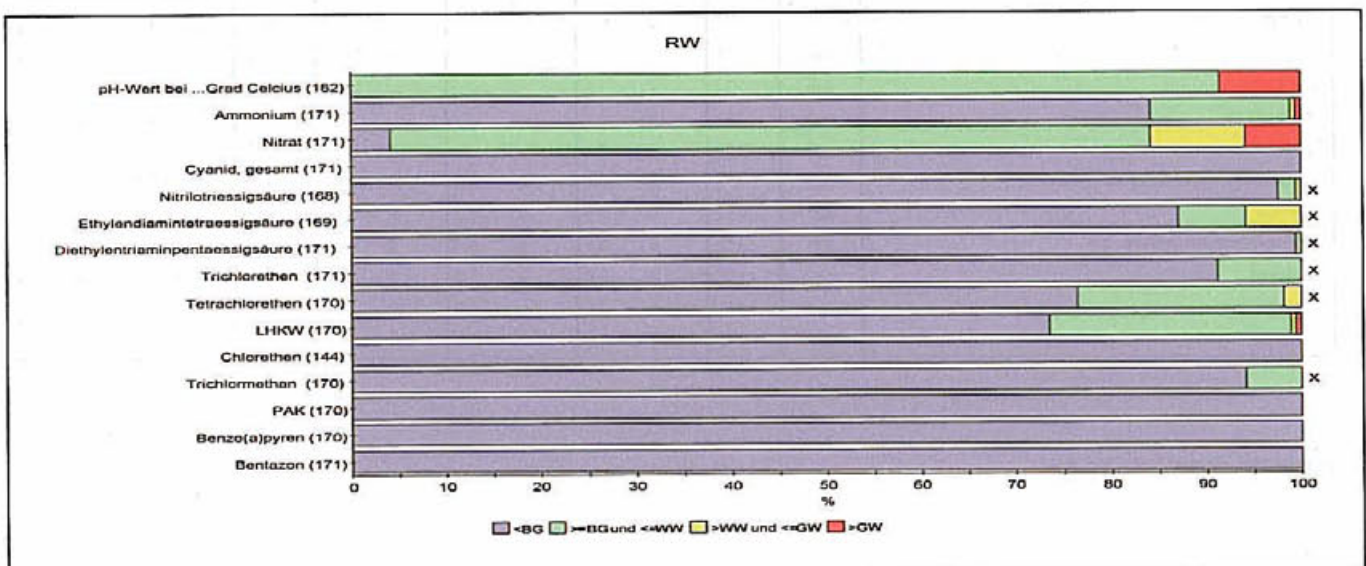
#### Datengrundlage

Ausgewertet wurden 171 repräsentative Rohwassermessstellen aus dem Landesmessnetz. Generell wurde untersucht auf die Messprogramme: „Vor-Ort“, „LHKW“, „PAK“, „MKW“, „Cyanid“, „Komplexbildner“, „Anorganischer Stickstoff“, „PSM-2a“ und die diesjährigen LHKW-Zusatzparameter.

#### 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.

- **Nitrat:** An jeder siebzehnten Messstelle liegt der Nitratgehalt über dem Grenzwert von 50 mg/l.
- Der einzige **PSM-Nachweis** aller untersuchten PSM-Wirkstoffe existiert für **Dicamba**. Die Messstelle besitzt ein auch ackerbaulich genutztes Teileinzugsgebiet.
- **Komplexbildner:** **DTPA** wird einmal gefunden, **NTA** an 4 Messstellen mit Siedlungen, Fließgewässern und Abwasseranlagen im Einzugsgebiet, **EDTA** an 22 Messstellen, davon zehn mit Warnwertüberschreitungen an Messstellen mit bewaldeten und ackerbaulich genutzten Einzugsgebieten in denen als mögliche Ursachen aber auch Fließgewässer und Siedlungen, Abwasseranlagen und Deponien liegen.
- Für den **Kohlenwasserstoff-Index**, **PAK-Einzelstoffe** der Summe PAK n. TrinkwV 2001, **Benzo(a)pyren** und **Cyanide** existieren keine Nachweise. Andere einzelne PAK werden je an bis zu sechs Messstellen gefunden.
- **LHKW:** An etwa jeder vierten Messstelle wird mindestens ein Stoff der **Summe LHKW** n. TrinkwV v. 2001 gefunden. Jedoch sind die Konzentrationen gering, so dass nur zwei Warn- und eine Grenzwertüberschreitung vorliegt. Letztere liegt in einem Bereich mit einer ehemaligen Deponie. Die **VC-(Chlorethen)-Analysen** sind alle negativ. **Chloroform** wird in sehr geringen Konzentrationen ohne Warnwertüberschreitung an 10 Messstellen nachgewiesen. Die Befunde werden in sechs Fällen von Nachweisen anderer LHKW-Einzelstoffe begleitet, offenbar meist verursacht durch Altablagerungen und ehemalige Schadensfälle. Bei den anderen Messstellen ohne gleichzeitige Nachweise anderer LHKW sind offenbar Desinfektionsmaßnahmen in den Wassergewinnungsanlagen die Ursachen für die Chloroformherkunft.
- An nahezu jeder zwölften Messstelle finden sich Unterschreitungen des unteren **pH-Grenzwertes**.



## Ergebnisse 2004:

## Baden-Württemberg RW

Parameter	Dimen- sion	Anz. Mst	>BG		>WW		>GW		P50 (Median)	P90	Maximum (Minimum)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	Grad C	164	164	100,0	0	0,0	-	-	11,4	13,2	16,5
Leitfaehigkeit,elektrisch bei ...Grad Celsius	mS/m	171	171	100,0	0	0,0	0	0,0	62,8	90,7	125,0
pH-Wert bei ...Grad Celcius	-	162	162	100,0	14	8,6	14	8,6	7,20	7,42	(5,87)/7,78
Sauerstoff	mg/l	170	169	99,4	-	-	-	-	5,9	9,4	10,6
Sauerstoffsattigung	%	169	169	100,0	-	-	-	-	56,0	90,0	104,0
Ammonium	mg/l	171	27	15,8	2	1,2	1	0,6	<0,010	0,020	1,150
Nitrit	mg/l	171	13	7,6	3	1,8	0	0,0	<0,01	<0,01	0,09
Nitrat	mg/l	171	164	95,9	27	15,8	10	5,8	17,0	43,8	87,2
Cyanid, gesamt	mg/l	171	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,010	<0,010	-
Nitritriessigsäure	ug/l	168	4	2,4	1	0,6	-	-	<0,5	<0,5	1,8
Ethylendiamintetraessigsäure	ug/l	169	22	13,0	10	5,9	-	-	<0,5	0,6	9,8
Diethylentriaminpentaessigsäure	ug/l	171	1	0,6	0	0,0	-	-	<1,0	<1,0	0,9
Trichlorethen	mg/l	171	15	8,8	0	0,0	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0017
Tetrachlorethen	mg/l	170	40	23,5	3	1,8	-	-	<0,0001	0,0006	0,0240
leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 21.05.01]	mg/l	170	45	26,5	2	1,2	1	0,6	<0,0001	0,0006	0,0246
Trichlorethan, 1,1,1,-	mg/l	171	6	3,5	0	0,0	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0007
Dichlormethan	mg/l	171	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	-
Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	mg/l	170	45	26,5	2	1,2	1	0,6	<0,0050	<0,0050	0,0250
Chlorethen	mg/l	144	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,0020	<0,0020	-
Tetrachlormethan	mg/l	171	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,0001	<0,0001	-
Trichlormethan	mg/l	170	10	5,9	0	0,0	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0019
Dichlorethen, cis-1,2,-	mg/l	171	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	-
Dichlorethen, trans-1,2,-	mg/l	171	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	-
Dichlorethan, 1,2,-	mg/l	171	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,001	<0,001	-
Kohlenwasserstoff-Index	mg/l	171	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,10	<0,10	-
Benzo(b)fluoranthren	ug/l	170	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Benzo(k)fluoranthren	ug/l	170	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Benzo(ghi)perylen	ug/l	170	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Indeno(1,2,3-cd)pyren	ug/l	170	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Summe polycycl. arom. Kohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 21.05.01]	ug/l	170	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,005	<0,005	-
Benzo(a)pyren	ug/l	170	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,005	<0,005	-
Fluoranthren	ug/l	170	5	2,9	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,195
Summe Polycyc. arom. Kohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	ug/l	169	5	3,0	1	0,6	0	0,0	<0,005	<0,005	0,195
Acenaphthylen	ug/l	124	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Acenaphthen	ug/l	170	4	2,4	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,090
Anthracen	ug/l	170	4	2,4	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,045
Benzo(a)anthracen	ug/l	170	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Chrysen	ug/l	170	1	0,6	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006
Dibenzo(ah)anthracen	ug/l	170	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Fluoren	ug/l	170	6	3,5	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,142
Naphthalin	ug/l	171	6	3,5	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,550
Phenanthren	ug/l	170	5	2,9	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,370
Pyren	ug/l	170	4	2,4	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,072
4-Chlor-2-methylphenoxyessigsäure	ug/l	171	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Dicamba	ug/l	171	1	0,6	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	0,06
Dichlorphenoxyessigsäure, 2,4-	ug/l	171	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Mecoprop	ug/l	171	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Dichlorprop	ug/l	171	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Bentazon	ug/l	171	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-

### 3.5 Emittentenmessstellen Landwirtschaft (EL)

#### Messnetzziel

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

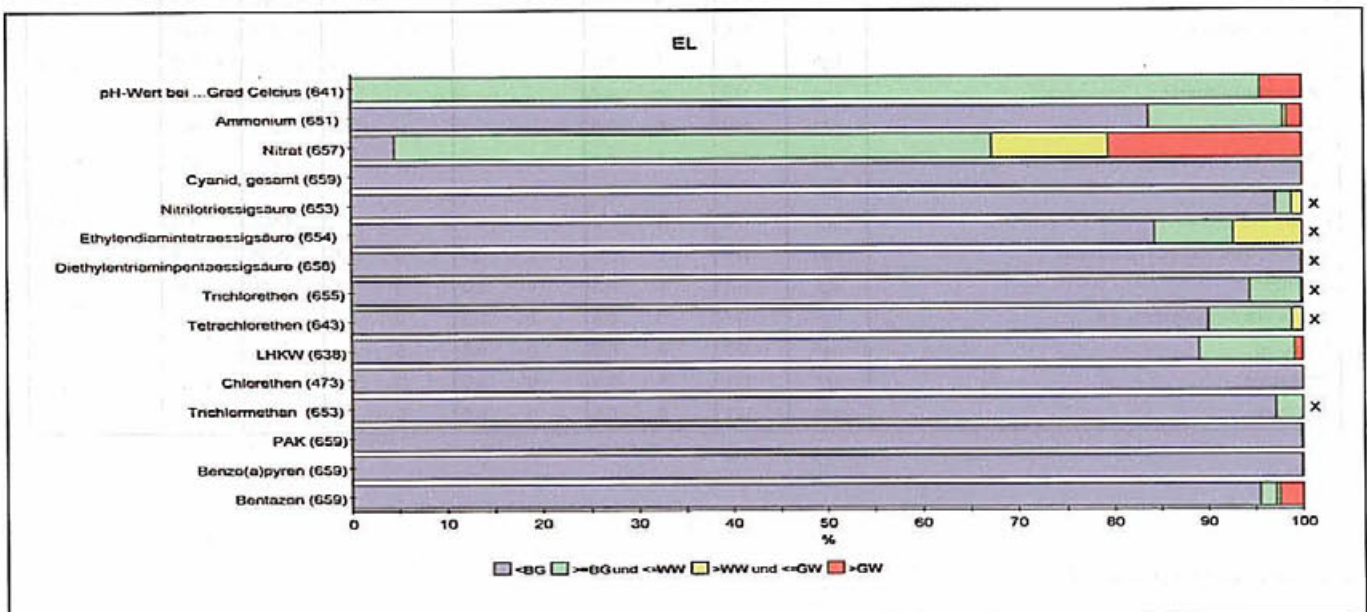


#### Datengrundlage

Die insgesamt 659 beprobten Emittentenmessstellen Landwirtschaft wurden generell untersucht auf die Messprogramme: „Vor-Ort“, „LHKW“, „PAK“, „MKW“, „Cyanid“, „Komplexbildner“, „Anorganischer Stickstoff“, „PSM-2a“ und die diesjährigen LHKW-Zusatzparameter.

#### Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- Die **Nitratbelastung** ist nach wie vor die höchste aller Teilmessnetze, an jeder fünften Messstelle wird der Grenzwert von 50 mg/l überschritten.
- **PSM: Bentazon** findet sich mit einer hohen Nachweisquote an nahezu 5 % aller Mst., davon an der Hälfte dieser Mst. mit hohen Konzentrationen über dem Grenzwert. Das Maximum von 6,10 µg/l beträgt das sechzigfache des Grenzwertes. Von den anderen vier untersuchten PSM ist nur **Dicamba** nicht nachweisbar. **MCPA, MCPP, 2,4-D, 2,4-DP** sind je an zwei bis vier Mst. nachweisbar, davon an zwei Mst. mit Grenzwertüberschreitungen.
- Für den **Kohlenwasserstoff-Index** und für die **Cyanide** existieren keine Nachweise, für die **PAK-Einzelstoffe** der Summe PAK n. TrinkwV 2001 und **Benzo(a)pyren** je ein Nachweis aber ohne Grenzwertüberschreitung. Andere einzelne PAK werden je an bis zu 55 Mst. gefunden.
- **LHKW**: Positive **VC-(Chlorethen)**-Analysen liegen nicht vor. **Chloroform** (Trichlormethan) wird in sehr geringen Konzentrationen ohne Warnwertüberschreitungen an 19 Mst. (2,9 %) nachgewiesen, oft begleitet von anderen LHKW. Bei der Summe LHKW n. TrinkwV 2001 wird an 11 % der Mst. mindestens ein Einzel-LHKW nachgewiesen, an 6 Mst. wird der Grenzwert überschritten. In den von Chloroform- und LHKW-Verunreinigungen Eintragsgebieten finden sich als mögliche Ursachen: Altablagerungen, Deponien, Abwasseranlagen in dörflichen und mittelstädtischen Siedlungen, Industrieunternehmen, z.B. die Branchen: Abfallwirtschaft, Metall, Chemie. Chloroform-Befunde können auch auf Desinfektionen der Brunnen- und Quellenbauwerke beruhen.
- **Komplexbildner**: **DTPA** wird an 1 Mst. an einem Fließgewässer gefunden, **NTA** an 18 Mst., **EDTA** an 102 Mst. mit einer Nachweisquote von 16 %. An nahezu der Hälfte der Mst. wird der Warnwert überschritten. NTA wird meist gleichzeitig von EDTA begleitet. Neben den oben bei den LHKW genannten Ursachen kommen Kläranlagen und die Lage an Flüssen in Betracht (Uferfiltrat).



## Ergebnisse 2004:

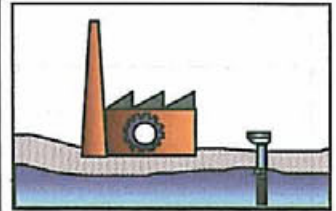
## Baden-Württemberg EL

Parameter	Dimen- sion	Anz. Mst	>BG		>WW		>GW		P50 (Median)	P90	Maximum (Minimum)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	Grad C	633	633	100,0	0	0,0	-	-	11,8	14,5	19,4
Leitfähigkeit,elektrisch bei ...Grad Celsius	mS/m	659	659	100,0	0	0,0	0	0,0	65,6	92,6	199,5
pH-Wert bei ...Grad Celcius	-	641	641	100,0	28	4,4	28	4,4	7,16	7,43	(5,28)/7,91
Sauerstoff	mg/l	641	620	96,7	-	-	-	-	6,7	9,7	10,8
Sauerstoffsättigung	%	628	616	98,1	-	-	-	-	66,0	93,0	104,0
Ammonium	mg/l	651	106	16,3	13	2,0	10	1,5	<0,010	0,020	7,826
Nitrit	mg/l	653	46	7,0	10	1,5	8	1,2	<0,01	<0,01	0,46
Nitrat	mg/l	657	627	95,4	215	32,7	135	20,5	28,0	68,7	232,5
Cyanid, gesamt	mg/l	659	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,010	<0,010	-
Nitritriessigsäure	ug/l	653	18	2,8	8	1,2	-	-	<0,5	<0,5	2,7
Ethylendiamintetraessigsäure	ug/l	654	102	15,6	47	7,2	-	-	<0,5	0,8	36,0
Diethylenetriaminpentaessigsäure	ug/l	658	1	0,2	0	0,0	-	-	<1,0	<1,0	0,5
Trichlorethen	mg/l	655	36	5,5	1	0,2	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0190
Tetrachlorethen	mg/l	643	64	10,0	7	1,1	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0510
leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 21.05.01]	mg/l	638	70	11,0	6	0,9	5	0,8	<0,0001	0,0001	0,0510
Trichlorethan, 1,1,1,-	mg/l	658	9	1,4	1	0,2	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0170
Dichlormethan	mg/l	659	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	-
Leichtfluechtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	mg/l	639	74	11,6	7	1,1	5	0,8	<0,0050	<0,0050	0,0510
Chlorethen	mg/l	473	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,0020	<0,0020	-
Tetrachlormethan	mg/l	658	2	0,3	0	0,0	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0005
Trichlormethan	mg/l	653	19	2,9	0	0,0	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0012
Dichlorethen, cis-1,2-	mg/l	659	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	-
Dichlorethen, trans-1,2-	mg/l	659	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	-
Dichlorethan, 1,2-	mg/l	659	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,001	<0,001	-
Kohlenwasserstoff-Index	mg/l	655	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,10	<0,10	-
Benzo(b)fluoranthen	ug/l	659	1	0,2	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006
Benzo(k)fluoranthen	ug/l	659	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Benzo(ghi)perylen	ug/l	659	1	0,2	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005
Indeno(1,2,3-cd)pyren	ug/l	659	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Summe polycycl. arom. Kohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 21.05.01]	ug/l	659	1	0,2	0	0,0	0	0,0	<0,005	<0,005	0,011
Benzo(a)pyren	ug/l	659	1	0,2	0	0,0	0	0,0	<0,005	<0,005	0,007
Fluoranthen	ug/l	659	19	2,9	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,320
Summe Polycyc. arom. Kohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	ug/l	659	19	2,9	3	0,5	2	0,3	<0,005	<0,005	0,320
Acenaphthylen	ug/l	397	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Acenaphthen	ug/l	659	6	0,9	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,020
Anthracen	ug/l	659	2	0,3	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,010
Benzo(a)anthracen	ug/l	659	3	0,5	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,230
Chrysen	ug/l	659	4	0,6	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,021
Dibenzo(ah)anthracen	ug/l	659	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Fluoren	ug/l	659	8	1,2	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,030
Naphthalin	ug/l	659	55	8,3	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,074
Phenanthren	ug/l	659	21	3,2	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,071
Pyren	ug/l	659	13	2,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,191
4-Chlor-2-methylphenoxyessigsäure	ug/l	659	4	0,6	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	0,08
Dicamba	ug/l	659	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Dichlorphenoxyessigsäure, 2,4-	ug/l	657	2	0,3	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	0,08
Mecoprop	ug/l	659	2	0,3	1	0,2	1	0,2	<0,05	<0,05	0,15
Dichlorprop	ug/l	659	2	0,3	1	0,2	1	0,2	<0,05	<0,05	0,23
Bentazon	ug/l	659	30	4,6	19	2,9	16	2,4	<0,05	<0,05	6,10

### 3.6 Emittentenmessstellen Industrie (EI)

#### Messnetzziel

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

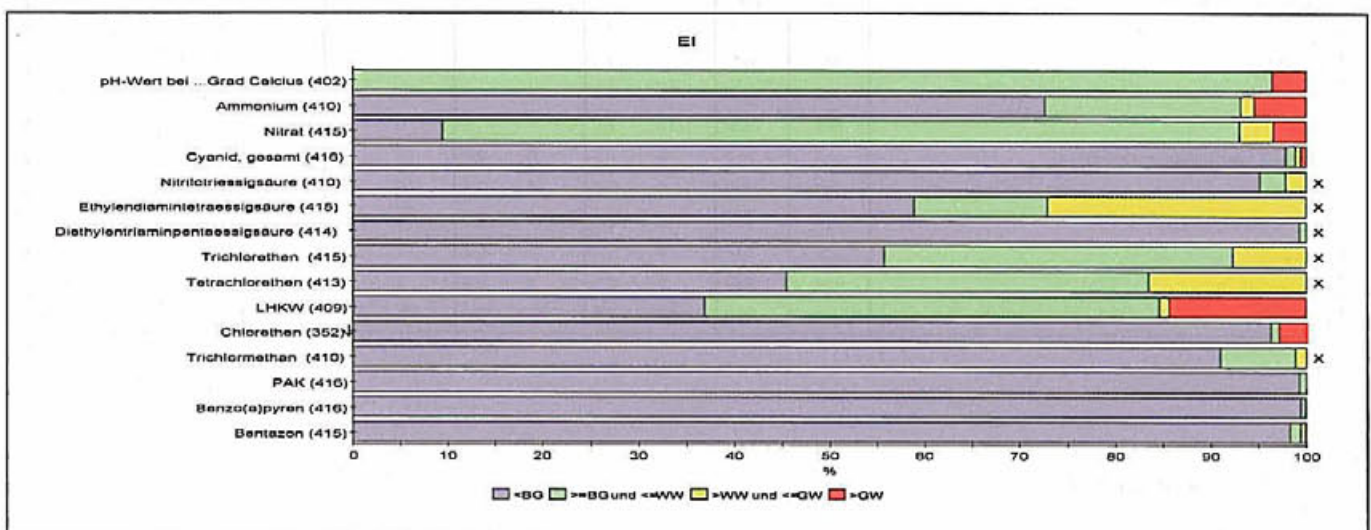


#### Datengrundlage

Die 417 Emittentenmessstellen Industrie wurden generell untersucht auf die Messprogramme: „Vor-Ort“, „LHKW“, „PAK“, „MKW“, „Cyanid“, „Komplexbildner“, „Anorganischer Stickstoff“, „PSM-2a“ und die diesjährigen LHKW-Zusatzparameter.

#### Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- Beim **Kohlenwasserstoff-Index** liegen keine Positivbefunde vor. **Cyanide** werden an 9 Mst. mit zwei Grenzwertüberschreitungen gefunden meist einhergehend mit z.T. hohen LHKW-Befunden. Diese Mst. liegen nahezu in Industriegebieten mit Altablagerungen, Schadensfällen und Deponien.
- **PAK**-Einzelstoffe der Summe PAK n. TrinkwV 2001 werden ohne Grenzwertüberschreitung an 3 Mst. gefunden. Hier begleiten z.T. auch andere PAK die Befunde. Andere PAK wie Fluoranthen bzw. Naphthalin werden an maximal 16 bzw. 27 Mst. nachgewiesen. Für **Benzo(a)pyren** existieren 2 Nachweise, aber ohne Grenzwertüberschreitung.
- **Komplexbildner**: **DTPA** wird ohne Warnwertüberschreitung an 3 Mst. nachgewiesen. **NTA** wird mit einer hohen Nachweisquote von etwa 5 % an 20 Messstellen gefunden, bzw. mit einer Warnwertüberschreitungsquote von 2 %, hier meist gleichzeitig mit EDTA., insbesondere an Mst. mit Metallbetrieben (Galvanik), Textil- und Lebensmittelbetrieben im Einzugsgebiet. Die NTA-Nachweisquote ist die höchste aller Teilmessnetze, wie auch die von **EDTA** mit etwa 40 %. Bei EDTA wird an jeder vierten Mst. der Warnwert überschritten. Mögliche Ursachen sind: Emissionen aus Industriebetrieben (Elektro-, Farben-, und o.g. Branchen), Altablagerungen, Deponien, Abwasser-sammlern und die Lage an Fließgewässern mit oberstromigen Kläranlagen (Uferfiltrat).
- Bei der Summe **LHKW** n. TrinkwV 2001 wird an nahezu zwei von drei Mst. (63 %) mindestens ein einzelnes LHKW nachgewiesen, an jeder siebten Mst. mit Grenzwertüberschreitungen. **PER** und **TRI** finden sich hier mit größten Teilmessnetz-nachweisquoten von 45 bzw. 55 %, wie auch bei **Chlorethen (VC)** mit 13 Grenzwertüberschreitungen. **Chloroform** wird an jeder 11ten Mst. gefunden. In den von VC-, Chloroform- und LHKW-Verunreinigungen betroffenen Eintragsgebieten finden sich als mögliche Ursachen häufig Altablagerungen, Sonderabfalldeponien und Industrieunternehmen mit ehemaligen Schadensfällen insbesondere von Metall verarbeitenden Betrieben mit Galvanik, von Kunststoff-, Farben-, Chemie-, Elektro- und Abfallrecyclingunternehmen. Auch finden sich Abwasser-, Regenwasser- und Bahnanlagen. Chloroform-Ursachen s. auch Kap. 3.7.
- **PSM**: **Bentazon** findet sich an 7 Mst. in Industriegebieten am Rande von mittelgroßen Städten.





## Ergebnisse 2004:

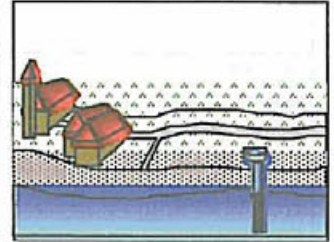
## Baden-Württemberg EI

Parameter	Dimen- sion	Anz. Mst	>BG		>WW		>GW		P50 (Median)	P90	Maximum (Minimum)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	Grad C	400	400	100,0	7	1,8	-	-	13,8	16,8	24,1
Leitfähigkeit,elektrisch bei ...Grad Celsius	mS/m	416	416	100,0	11	2,6	2	0,5	72,7	123,0	540,0
pH-Wert bei ...Grad Celcius	-	402	402	100,0	14	3,5	14	3,5	7,16	7,46	(5,74)/8,87
Sauerstoff	mg/l	401	378	94,3	-	-	-	-	4,0	8,1	10,5
Sauerstoffsättigung	%	391	381	97,4	-	-	-	-	45,0	80,0	102,0
Ammonium	mg/l	410	112	27,3	28	6,8	22	5,4	<0,010	0,165	21,000
Nitrit	mg/l	407	52	12,8	11	2,7	9	2,2	<0,01	0,01	0,80
Nitrat	mg/l	415	376	90,6	29	7,0	14	3,4	15,0	34,5	123,0
Cyanid, gesamt	mg/l	416	9	2,2	5	1,2	2	0,5	<0,010	<0,010	0,310
Nitritriessigsäure	ug/l	410	20	4,9	9	2,2	-	-	<0,5	<0,5	10,4
Ethylendiamintetraessigsäure	ug/l	415	171	41,2	112	27,0	-	-	<0,5	3,5	58,0
Diethyltriaminpentaessigsäure	ug/l	414	3	0,7	0	0,0	-	-	<1,0	<1,0	0,7
Trichlorethen	mg/l	415	184	44,3	32	7,7	-	-	<0,0001	0,0024	1,8400
Tetrachlorethen	mg/l	413	225	54,5	68	16,5	-	-	0,0001	0,0142	3,1400
leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 21.05.01]	mg/l	409	258	63,1	63	15,4	59	14,4	0,0004	0,0190	4,9800
Trichlorethan,1,1,1,-	mg/l	415	62	14,9	2	0,5	-	-	<0,0001	0,0002	0,4100
Dichlormethan	mg/l	417	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	-
Leichtfluechtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	mg/l	406	257	63,3	65	16,0	59	14,5	<0,0050	0,0200	4,9824
Chlorethen	mg/l	352	13	3,7	10	2,8	13	3,7	<0,0020	<0,0020	0,1160
Tetrachlormethan	mg/l	415	16	3,9	3	0,7	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0063
Trichlormethan	mg/l	410	37	9,0	5	1,2	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0140
Dichlorethen, cis-1,2-	mg/l	416	29	7,0	21	5,0	-	-	<0,005	<0,005	0,565
Dichlorethen, trans-1,2-	mg/l	417	1	0,2	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	0,006
Dichlorethan, 1,2-	mg/l	417	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,001	<0,001	-
Kohlenwasserstoff-Index	mg/l	415	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,10	<0,10	-
Benzo(b)fluoranthen	ug/l	416	3	0,7	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,019
Benzo(k)fluoranthen	ug/l	416	1	0,2	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005
Benzo(ghi)perylene	ug/l	416	1	0,2	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,029
Indeno(1,2,3-cd)pyren	ug/l	416	2	0,5	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,017
Summe polycycl. arom. Kohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 21.05.01]	ug/l	416	3	0,7	0	0,0	0	0,0	<0,005	<0,005	0,070
Benzo(a)pyren	ug/l	416	2	0,5	1	0,2	0	0,0	<0,005	<0,005	0,009
Fluoranthen	ug/l	416	16	3,8	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,094
Summe Polycyc arom Kohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	ug/l	416	17	4,1	4	1,0	0	0,0	<0,005	<0,005	0,094
Acenaphthylen	ug/l	291	3	1,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,125
Acenaphthen	ug/l	416	11	2,6	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,299
Anthracen	ug/l	416	8	1,9	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,070
Benzo(a)anthracen	ug/l	416	6	1,4	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,009
Chrysen	ug/l	416	7	1,7	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,008
Dibenzo(ah)anthracen	ug/l	416	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Fluoren	ug/l	416	6	1,4	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,085
Naphthalin	ug/l	416	27	6,5	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,104
Phenanthren	ug/l	416	18	4,3	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,280
Pyren	ug/l	416	18	4,3	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,137
4-Chlor-2-methylphenoxyessigsäure	ug/l	416	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Dicamba	ug/l	416	2	0,5	1	0,2	1	0,2	<0,05	<0,05	5,30
Dichlorphenoxyessigsäure, 2,4-	ug/l	416	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Mecoprop	ug/l	416	1	0,2	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	0,06
Dichlorprop	ug/l	416	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Bentazon	ug/l	415	7	1,7	2	0,5	1	0,2	<0,05	<0,05	0,28

### 3.7 Emittentenmessstellen Siedlung (ES)

#### Messnetzziel

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

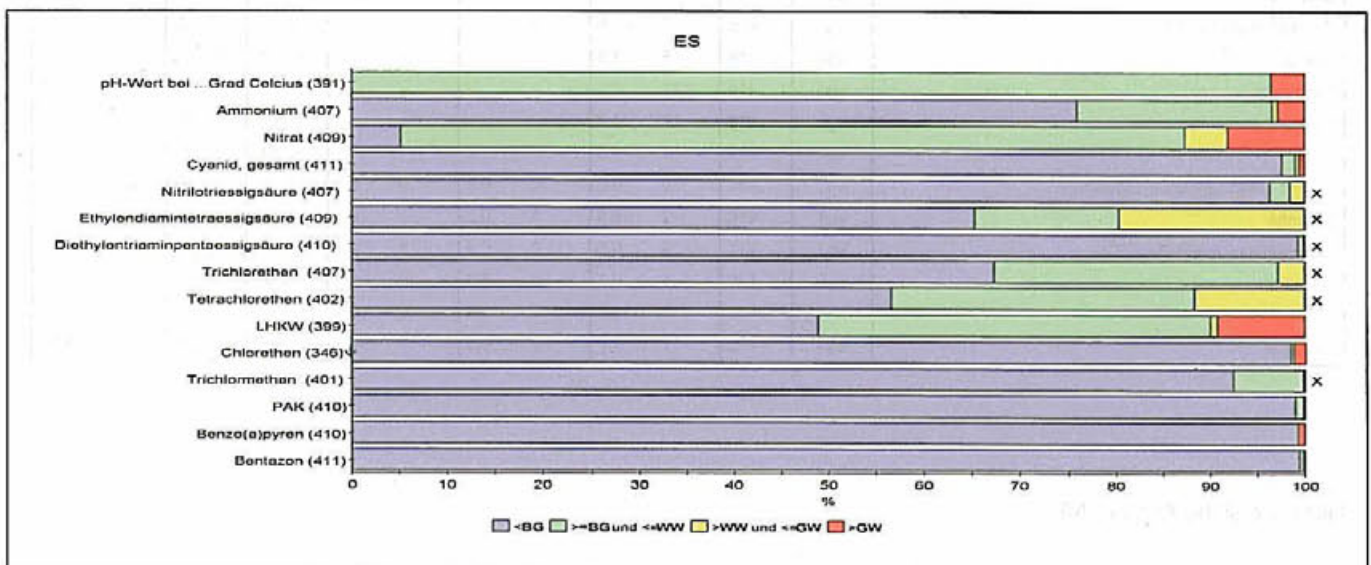


#### Datengrundlage

Die insgesamt 411 beprobten Emittentenmessstellen Siedlungen wurden generell untersucht auf die Messprogramme: „Vor-Ort“, „LHKW“, „PAK“, „MKW“, „Cyanid“, „Komplexbildner“, „Anorganischer Stickstoff“, „PSM-2a“ und die diesjährigen LHKW-Zusatzparameter.

#### Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- Beim **Kohlenwasserstoff-Index** gibt es einen Positivbefund an einer Tankstelle. **Cyanide** werden an 10 Mst. mit zwei Grenzwertüberschreitungen gefunden meist einhergehend mit z.T. hohen LHKW-Befunden. Diese Mst. liegen nahezu alle in den alten Industriegebieten von Stuttgart mit bekannten Altablagerungen, früheren Schadensfällen und einer Sonderabfalldeponie außer Betrieb.
- **PAK**-Einzelstoffe der Summe PAK n. TrinkwV 2001 werden ohne Grenzwertüberschreitung an 4 Mst. gefunden. Hier begleiten z.T. auch andere PAK die Befunde. Andere PAK wie Fluoranthen bzw. Naphthalin werden an maximal 28 bzw. 37 Mst. nachgewiesen. Für **Benzo(a)pyren** existieren 3 grenzwertüberschreitende Nachweise an Mst. in Industriegebieten z.B. mit einer Sondermülldeponie, einem Abwassersammler oder Regenüberlaufbecken.
- **Komplexbildner**: **DTPA** wird an 3 Mst. gefunden, davon einmal im Schussental mit einer für ihre hohen DTPA-Frachten bekannten Kläranlage (Zellstoffindustrie) im Oberlauf. **NTA** wird an 15 Messstellen gefunden, meist ohne gleichzeitige Begleitung von EDTA. **EDTA** wird mit sehr hohen Nachweis- bzw. Warnwertüberschreitungsquoten von 35 % bzw. 20 % nachgewiesen. Mögliche Ursachen sind: Emissionen aus Industriebetrieben, Altablagerungen, Deponien, Abwassersammeln und die Lage an Fließgewässern mit oberstromigen Kläranlagen (Uferfiltrat).
- Bei der Summe **LHKW** n. TrinkwV 2001 wird an mehr als der Hälfte der Messstellen (51 %) mindestens ein einzelnes LHKW nachgewiesen. An jeder zehnten Mst. finden sich Grenzwertüberschreitungen. Hier findet sich auch das landesweite PER- und **Chlorethen (VC)**-Maximum. Bei VC wird an 5 Mst. der Grenzwert überschritten. **Chloroform** wird an jeder 13ten Mst. gefunden. In den von den VC-, Chloroform- und LHKW-Verunreinigungen betroffenen Eintragsgebieten finden sich als mögliche Ursachen häufig Altablagerungen, auch Sonderabfalldeponien und Industrieunternehmen mit ehemaligen Schadensfällen, Abwasser- und Bahnanlagen, Straßen, Stadt- und Kraftwerke. Chloroform-Nachweise können auch durch Desinfektionsmaßnahmen verursacht sein.



## Ergebnisse 2004:

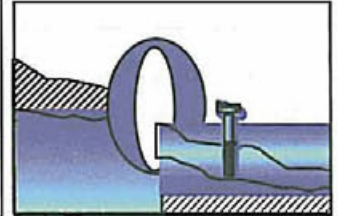
## Baden-Württemberg ES

Parameter	Dimension	Anz. Mst	>BG		>WW		>GW		P50 (Median)	P90	Maximum (Minimum)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	Grad C	379	379	100,0	4	1,1	-	-	13,1	15,6	20,9
Leitfähigkeit,elektrisch bei ...Grad Celsius	mS/m	411	411	100,0	8	1,9	1	0,2	71,6	121,7	336,0
pH-Wert bei ...Grad Celcius	-	391	391	100,0	14	3,6	14	3,6	7,13	7,37	(5,27)/7,85
Sauerstoff	mg/l	388	375	96,6	-	-	-	-	4,5	8,5	10,7
Sauerstoffsättigung	%	377	372	98,7	-	-	-	-	46,0	83,0	103,0
Ammonium	mg/l	407	98	24,1	14	3,4	12	2,9	<0,010	0,080	3,430
Nitrit	mg/l	398	61	15,3	17	4,3	13	3,3	<0,01	0,02	0,40
Nitrat	mg/l	409	388	94,9	52	12,7	33	8,1	18,0	46,0	121,2
Cyanid, gesamt	mg/l	411	10	2,4	4	1,0	2	0,5	<0,010	<0,010	0,920
Nitritriessigsäure	ug/l	407	15	3,7	6	1,5	-	-	<0,5	<0,5	6,8
Ethylendiamintetraessigsäure	ug/l	409	142	34,7	80	19,6	-	-	<0,5	2,2	44,0
Diethylentriaminpentaessigsäure	ug/l	410	3	0,7	1	0,2	-	-	<1,0	<1,0	2,7
Trichlorethen	mg/l	407	133	32,7	12	2,9	-	-	<0,0001	0,0010	2,7400
Tetrachlorethen	mg/l	402	175	43,5	47	11,7	-	-	<0,0001	0,0068	40,0000
leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 21.05.01]	mg/l	399	204	51,1	40	10,0	37	9,3	0,0001	0,0081	42,7400
Trichlorethan,1,1,1,-	mg/l	409	38	9,3	1	0,2	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0054
Dichlormethan	mg/l	409	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	-
Leichtfluechtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	mg/l	394	203	51,5	39	9,9	36	9,1	<0,0050	0,0075	42,7409
Chlorethen	mg/l	346	5	1,4	4	1,2	5	1,4	<0,0020	<0,0020	0,3140
Tetrachlormethan	mg/l	408	10	2,5	4	1,0	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0084
Trichlormethan	mg/l	401	30	7,5	1	0,2	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0022
Dichlorethen, cis-1,2-	mg/l	411	17	4,1	10	2,4	-	-	<0,005	<0,005	3,580
Dichlorethen, trans-1,2-	mg/l	410	1	0,2	1	0,2	-	-	<0,005	<0,005	0,033
Dichlorethan,1,2-	mg/l	411	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,001	<0,001	-
Kohlenwasserstoff-Index	mg/l	411	1	0,2	1	0,2	-	-	<0,10	<0,10	0,20
Benzo(b)fluoranthen	ug/l	410	3	0,7	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,036
Benzo(k)fluoranthen	ug/l	410	3	0,7	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,023
Benzo(ghi)perylene	ug/l	410	3	0,7	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,010
Indeno(1,2,3-cd)pyren	ug/l	410	3	0,7	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,021
Summe polycycl. arom. Kohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 21.05.01]	ug/l	410	4	1,0	1	0,2	0	0,0	<0,005	<0,005	0,083
Benzo(a)pyren	ug/l	410	3	0,7	3	0,7	3	0,7	<0,005	<0,005	0,024
Fluoranthen	ug/l	410	28	6,8	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,180
Summe Polycyc. arom. Kohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	ug/l	410	28	6,8	6	1,5	0	0,0	<0,005	<0,005	0,180
Acenaphthylen	ug/l	301	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Acenaphthen	ug/l	411	17	4,1	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,100
Anthracen	ug/l	411	14	3,4	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,177
Benzo(a)anthracen	ug/l	410	6	1,5	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,026
Chrysen	ug/l	410	4	1,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,030
Dibenzo(ah)anthracen	ug/l	410	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Fluoren	ug/l	411	13	3,2	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,200
Naphthalin	ug/l	411	37	9,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,060
Phenanthren	ug/l	410	28	6,8	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,550
Pyren	ug/l	410	29	7,1	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,100
4-Chlor-2-methylphenoxyessigsäure	ug/l	410	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Dicamba	ug/l	411	1	0,2	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	0,06
Dichlorphenoxyessigsäure, 2,4-	ug/l	411	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Mecoprop	ug/l	411	1	0,2	1	0,2	1	0,2	<0,05	<0,05	0,74
Dichlorprop	ug/l	411	1	0,2	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	0,05
Bentazon	ug/l	411	2	0,5	1	0,2	1	0,2	<0,05	<0,05	0,82

### 3.8 Quellmessnetz (QMN)

#### Messnetzziel

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

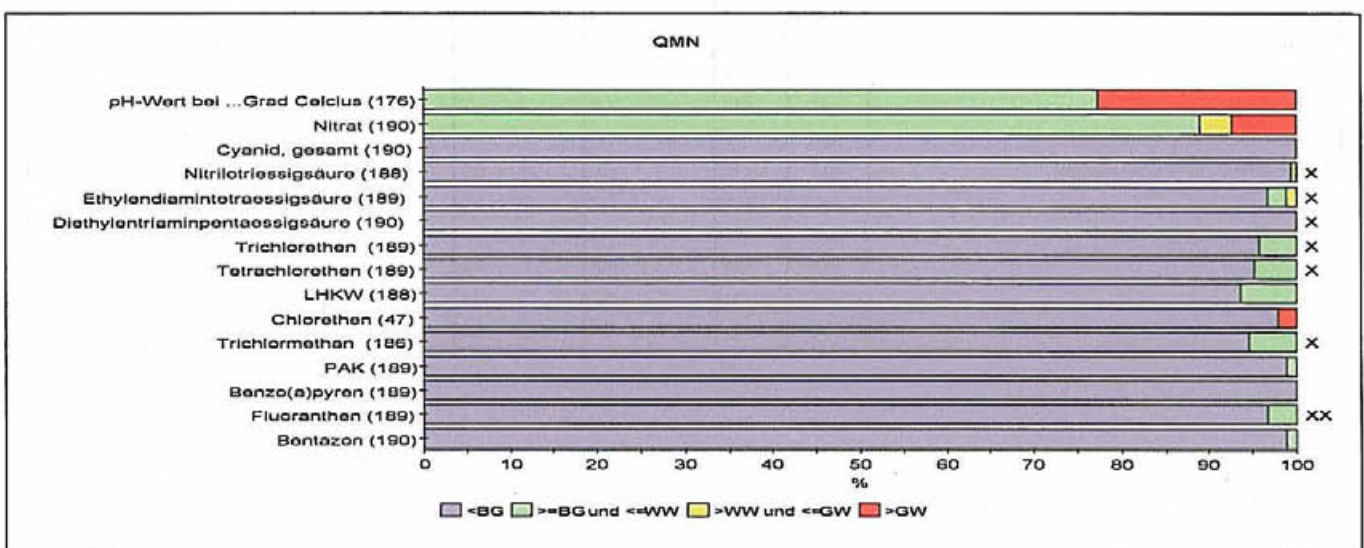


#### Datengrundlage

Die insgesamt 190 beprobten Quellen wurden generell untersucht auf die Messprogramme: „Vor-Ort“, „LHKW“, „PAK“, „MKW“, „Cyanid“, „Komplexbildner“, „Anorganischer Stickstoff“, „PSM-2a“ und die diesjährigen LHKW-Zusatzparameter.

#### Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- **Nitrat:** Als Resultat der landwirtschaftlichen Düngeeinflüsse in Ackerbau- und Weinbauregionen liegt der Nitratgehalt an jeder vierzehnten Quelle über dem Grenzwert von 50 mg/l.
- **Komplexbildner:** DTPA wird nicht gefunden, NTA einmal mit einer höheren warnwertüberschreitenden Konzentration an einer großen Quelle mit Siedlungen und einer Deponie im Einzugsgebiet. Bei den sechs EDTA-Befunden handelt es sich um Quelleinzugsgebiete mit Wald, Siedlungen, Abwasseranlagen, Regenüberlaufbecken, Deponien, aber auch mit Sonderkulturen und Weinanbau.
- Für den **Kohlenwasserstoff-Index** und **Cyanide** existieren keine Nachweise. **PAK**-Einzelstoffe der Summe PAK n. TrinkwV 2001 werden an zwei Quellen mit bewaldeten Einzugsgebieten gefunden. Hier begleiten z.T. auch andere PAK die Befunde. Fluoranthen bzw. Naphthalin werden an sechs bzw. acht Quellen nachgewiesen. Warn- und Grenzwerte werden nicht überschritten.
- **Chloroform** (Trichlormethan) wird in sehr geringen Konzentrationen hauptsächlich an Quellen im Schwarzwald nachgewiesen, ohne dass andere begleitende LHKW nachgewiesen werden. Die Gehalte sind offenbar auf hygienisch notwendige Desinfektionsmaßnahmen in den Quellschächten zurückzuführen. Warnwertüberschreitungen existieren nicht.
- An 12 Quellen wird mindestens ein Stoff der **Summe LHKW** n. TrinkwV v. 2001 gefunden. Dabei handelt es sich immer um Quellen mit größtenteils von Forst und Landwirtschaft genutzten Einzugsgebieten. Jedoch führen hier in nahezu der Hälfte der Fälle im Einzugsgebiet gelegene Altlablagerungen zu den LHKW-Verunreinigungen. In zwei Fällen liegen die Altlablagerungen in ehemaligen Steinbrüchen. Der Warn- und der Grenzwert werden nie überschritten. **VC (Chlorethen)** wird einmal mit einer Grenzwertüberschreitung an einer Karstquelle gefunden.
- **PSM: Bentazon** findet sich an zwei Quellen im Lettenkeuper, an denen auch die hohen Nitratgehalte einen landwirtschaftlichen Einfluß anzeigen. Die anderen PSM sind nicht nachweisbar.
- Nahezu an jeder vierten Quelle finden sich Unterschreitungen des unteren **pH**-Grenzwertes.



Ergebnisse 2004:

Baden-Württemberg QMN

Parameter	Dimension	Anz.	Mst.	>BG %	>WW %	>GW %	P50 (Median)	P90 (Minimum)
Temperatur	Grad C	169	169	100,0	0,0	-	9,6	11,5
Leitfähigkeit,elektrisch bei ... Grad Celsius	mS/m	189	189	100,0	3	1,6	53,1	75,5
pH-Wert bei ... Grad Celsius	-	176	176	100,0	40	22,7	7,20	7,47
Sauerstoff	mg/l	165	165	100,0	-	-	9,6	10,7
Sauerstoffsättigung	%	169	169	100,0	-	-	89,0	99,0
Ammonium	mg/l	189	13	6,9	0	0,0	<0,010	<0,010
Nitrit	mg/l	190	1	0,5	0	0,0	<0,01	<0,01
Nitrat	mg/l	190	190	100,0	21	11,1	13,4	41,9
Cyanid, gesamt	mg/l	190	0	0,0	0	0,0	<0,010	<0,010
Nitrofloressigsäure	ug/l	188	1	0,5	1	0,5	<0,5	<0,5
Ethylendiamintetraessigsäure	ug/l	189	6	3,2	2	1,1	<0,5	<0,5
Diethylentriaminpentaessigsäure	ug/l	190	0	0,0	0	0,0	<1,0	<1,0
Trichlorethen	mg/l	189	8	4,2	0	0,0	<0,0001	<0,0001
Tetrachlorethen	mg/l	189	9	4,8	0	0,0	<0,0001	<0,0001
leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. Trinkw v. 21.05.01]	mg/l	188	12	6,4	0	0,0	<0,0001	<0,0001
Trichlorethan, 1,1,1-	mg/l	190	1	0,5	0	0,0	<0,0001	<0,0001
Dichlormethan	mg/l	190	0	0,0	0	0,0	<0,005	<0,005
leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. Trinkw v. 05.12.1990]	mg/l	188	12	6,4	0	0,0	<0,0050	<0,0050
Chlorethen	mg/l	47	1	2,1	1	2,1	<0,0020	<0,0020
Tetrachlormethan	mg/l	190	0	0,0	0	0,0	<0,0001	<0,0001
Trichlormethan	mg/l	186	10	5,4	0	0,0	<0,0001	<0,0001
Dichlorethen, cis-1,2-	mg/l	190	0	0,0	0	0,0	<0,005	<0,005
Dichlorethen, trans-1,2-	mg/l	190	0	0,0	0	0,0	<0,005	<0,005
Dichlorethan, 1,2-	mg/l	190	0	0,0	0	0,0	<0,001	<0,001
Kohlenwasserstoff-Index	mg/l	190	0	0,0	0	0,0	<0,10	<0,10
Benzo(b)fluoranthren	ug/l	189	1	0,5	-	-	<0,005	<0,005
Benzo(k)fluoranthren	ug/l	189	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005
Benzo(ghi)perylene	ug/l	190	1	0,5	-	-	<0,005	<0,005
Indeno(1,2,3-cd)pyren	ug/l	189	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005
Summe polycycl. arom. Kohlenwasserstoffe [n. Trinkw v. 21.05.01]	ug/l	189	2	1,1	0	0,0	<0,005	<0,005
Benzo(a)pyren	ug/l	189	0	0,0	0	0,0	<0,005	<0,005
Fluoranthren	ug/l	189	6	3,2	-	-	<0,005	<0,005
Summe Polycyc. arom. Kohlenwasserstoffe [n. Trinkw v. 05.12.1990]	ug/l	189	7	3,7	1	0,5	<0,005	<0,005
Acenaphthylene	ug/l	134	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005
Acenaphthen	ug/l	189	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005
Anthracen	ug/l	189	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005
Benzo(a)anthracen	ug/l	189	2	1,1	-	-	<0,005	<0,005
Chrysen	ug/l	189	3	1,6	-	-	<0,005	<0,005
Dibenzo(ah)anthracen	ug/l	189	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005
Fluoren	ug/l	189	1	0,5	-	-	<0,005	<0,005
Naphthalin	ug/l	190	8	4,2	-	-	<0,005	<0,005
Phenanthren	ug/l	189	5	2,6	-	-	<0,005	<0,005
Pyren	ug/l	189	5	2,6	-	-	<0,005	<0,005
4-Chlor-2-methylphenoxyessigsäure	ug/l	190	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05
Dicamba	ug/l	190	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05
Dichlorphenoxyessigsäure, 2,4-	ug/l	190	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05
Mecoprop	ug/l	190	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05
Dichlorprop	ug/l	190	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05
Benazon	ug/l	190	2	1,1	0	0,0	<0,05	<0,05

## 4 Ausblick und Berichtswesen

### Messnetzbetrieb

Im Jahr 2005 steht wieder die landesweite Zustandserhebung des Grundwassers auf natürlich vorhandene - geogene - Stoffe und Parameter auf dem Programm. Dabei werden neben Nitrat auch Schwermetalle untersucht. Weiterhin werden landesweit einige Pflanzenschutzmittel und ihre Abbauprodukte untersucht: die Triazine, wie z.B. Atrazin und Desethylatrazin, und Hexazinon, Bromacil und 2,4 Dichlorbenzamid. Daneben werden die bisher durchgeführten Controllingprogramme sowie die Untersuchungen im Rahmen verschiedener Berichtspflichten gegenüber dem Bund und der EU weitergeführt (u.a. Nitrit, Nitrat, Ammonium, PSM).

An einigen wenigen Grundwassermessstellen werden die Langzeituntersuchungen im Hinblick auf die Versauerung und die Untersuchungen auf den PSM-Wirkstoff Bentazon weitergeführt. Die Untersuchungen sollen eine Beobachtung des kurz- und längerfristigen Belastungsverlaufs möglich machen. Bentazon wird zur Nachverfolgung ehemals und aktuell hoher Befunde untersucht.

### Qualitätsverbesserung

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

### Datenverarbeitung

Im Jahr 2004 wurde die „Grundwasserdatenbank“ (WAABIS-Modul-8, „GWDB“), die von den ca. 70 Dienststellen der Landes- und Kommunalverwaltung genutzt wird, weiter ausgebaut.

Neben den Optimierungen bei den bisher realisierten Funktionalitäten konnte die Grundidee des WAABIS-Projekts weiter verfolgt werden, durch Verknüpfung der WAABIS-Anwendungen redundanzfrei modulübergreifende Auswertungen zu ermöglichen. Über den Objektzuordnungsdienst können neu genehmigte Entnah-

memengen aus Tatbeständen des Wasserrechtdienstes (Modul1) mit den Grundwasserobjekten der „GWDB“ verknüpft werden. Damit stehen auch alle Objektdaten und Messwerte für die gewohnten Auswertungsmöglichkeiten der „GWDB“ bereit. Weiterhin können Daten aus der amtlichen Trinkwasserüberwachung der Gesundheitsämter importiert und für Auswertungen genutzt werden.

Für das Jahr 2005 ist eine konsequente Weiterführung der Umsetzung von Anforderungen der beteiligten Dienststellen vorgesehen, diesmal besonders im grafischen und kartografischen Bereich. Dazu zählen unter anderem die Umsetzungen der Daten der hydrogeologischen Kurzprofile in grafische Bohrprofile und die Landnutzungsstatistik aus Messstelleneinzugsgebieten.

### Berichtswesen-Neuerscheinungen-Projekte

Als LfU-Dokumentation erscheint im Sommer 2005 das Handbuch Grundwasserdatenbank, welches anhand von vielen grafisch anschaulich aufbereiteten Beispielen die zahlreichen statistischen Auswertungs- und Darstellungsmöglichkeiten von Grundwasserstands-, Quellschüttungsdaten und chemisch-physikalischen Messwerten aufzeigt. Das Handbuch erleichtert somit das Datenhandling im Dienstgebrauch und dient sowohl dem Lerneinstieg für Erstbenutzer als auch als Nachschlagewerk für den routinierten Anwender.

Im Internet wird seit Mai 2001 unter dem Stichwort **GuQ - Grundwasserstände und Quellschüttungen** über die aktuellen Grundwassermengenverhältnisse in Baden-Württemberg berichtet. Die Seite wird monatlich aktualisiert. Eine landesweite Übersichtskarte zeigt die regionalen Verhältnisse an ausgewählten Messstellen. Ganglinien belegen die kurzfristige Entwicklung, Trendlinien die langfristige Tendenz über die letzten 30 Jahre und darüber hinaus. Texte bewerten die Situation, technische Stammdaten und Fotos liefern weitere Informationen: <http://www2.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt4/guq>. Seit Herbst 2004 sind auch die Messergebnisse des wägbaren **Lysimeters** Büchig-Blankenloch (bei Karlsruhe) abrufbar. Dargestellt

sind hier die Ganglinien der Parameter Niederschlag, Bodenwassergehalt, Versickerung, Lufttemperatur, Globalstrahlung und Verdunstung.

Auf den Internetseiten der LfU <http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de/servlet/is/887/> werden u.a. unter der Rubrik „Service - Veröffentlichungen - Grundwasserschutz, Wasserversorgung“ auch Auszüge der jährlichen Berichte „**Ergebnisse der Beprobungen**“ angeboten, z.T. auch die kompletten Berichte. Die LfU-Berichte in Papierform sind unter der **Bezugsadresse** der Justizvollzugsanstalt (JVA) Mannheim erhältlich (Adresse s. Anhang oder Impressum).

Die „**Regionalberichte 2003** des Grundwasserüberwachungsprogramms“ sind von den folgenden ehemaligen Gewässerdirektionen und Bereichen veröffentlicht worden: **Gewässerdirektion Südlicher Oberrhein/Hochrhein: Bereich Waldshut-Tiengen** für den Stadtkreis Freiburg, die Landkreise Waldshut, Lörrach, Breisgau-Hochschwarzwald; **Gewässerdirektion Neckar: Bereich Künzelsau** für den Hohenlohekreis und den Main-Tauber-Kreis, **Bereich Kirchheim** für die Landkreise Böblingen, Esslingen und Göppingen, **Bereich Besigheim** für die Stadtkreise Heilbronn und Stuttgart und für die Landkreise Rems-Murr, Ludwigsburg und Heilbronn, **Bereich Ellwangen** für den Ostalbkreis und die Landkreise Schwäbisch-Hall und Heidenheim; **Gewässerdirektion Donau-Bodensee: Bereich Riedlingen** für den Zollernalbkreis und die Landkreise Sigmaringen und Biberach, **Bereich Ulm** für die Landkreise Tübingen, Reutlingen, für den Alb-Donau-Kreis und für die Stadt Ulm, **Bereich Ravensburg** für die Landkreise Bodensee und Ravensburg.

Die „**Regionalberichte für 2004** - Ergebnisse der Beprobung“ werden wieder in bewährter Weise für die einzelnen Stadt- und Landkreise ausgewertet und zukünftig von den Regierungspräsidien zur Verfügung gestellt.

Bei der Fortschreibung der **Hydrogeologischen Erkundung Taubertal - Main-Tauber-Kreis** wurde die dritte Mappe fertig gestellt (HGE Taubertal - Mappe 3, 2005, erhältlich Herbst 2005).

Neben der aktualisierten **Hydrologischen Grundkarte** mit einem Überblick über die wasserwirtschaftlichen Bauwerke und hydrologischen Messeinrichtungen, liegen nun auch Karten und andere Auswertungen zur **Grundwasserdynamik**, zum **Grundwasserhaushalt** und **Grundwasserschutz** vor. Die sechs Karten umfassen die Themen Grundwassergleichenplan für den Muschelkalkaquifer, Markierungsversuche, Grundwasserneubildung, Niederschlag, Verdunstung, Anteil des Basisabflusses am Gesamtabfluss, Mittlere Niedrigwasserabflusspenden, Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung und Dolinen, Landnutzung. Nahezu alle zur Auswertung erhobenen Rohdaten liegen in für den Benutzer weiter auswertbarer Form auf einer CD bei (Word, EXCEL, ARC-VIEW).

Im Jahr 2004 fertig gestellt wurde die Mappe 2 der **Hydrogeologischen Erkundung Mittlere Alb** (HGE Mittlere Alb 2, 2004). Nun liegen auch Karten und Auswertungen zur **Geologie** und zur **Grundwasserdynamik** vor, welche auch die hier im Karstgebiet starke Kommunikation zwischen Oberflächengewässern und Grundwässern ausführlich berücksichtigen. Die vier Karten zeigen die Grundwassergleichenpläne für den Oberjura und für das Quartär im Donautal.

Ebenfalls im letzten Jahr fertig gestellt wurde die Mappe 1 der **Hydrogeologischen Erkundung Enzkreis** (HGE Enzkreis Mappe 1, 2004). Sie enthält die **Hydrologische Grundkarte** mit einem Überblick über die wasserwirtschaftlichen und hydrogeologisch relevanten Bauwerke und die Wasserschutzgebiete. Im Beiheft sind in umfangreichen Tabellen die im Erkundungsgebiet zahlreich vorhandenen Messeinrichtungen aufgelistet.

Weiterhin fertig gestellt wurde die dritte Mappe der **Hydrogeologischen Erkundung Enztal - Pforzheim** (HGE Enztal - Pforzheim Mappe 3, 2004). Die Mappe enthält Karten und andere Auswertungen zur **Grundwasserdynamik**, zum **Grundwasserhaushalt** und **Grundwasserschutz**. Die sieben Karten umfassen die Themen Grundwassergleichenplan für die Aquifere Oberer Muschelkalk, Buntsandstein und Quar-

tär, jeweils für eine Grundwasserhoch- und -niedrigwasserstands-situation, Markierungsversuche, Grundwasserneubildung, Niederschlag, Verdunstung, Anteil des Basisabflusses am Gesamtabfluss, Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung und Dolinen. Nahezu alle zur Auswertung erhobenen Rohdaten liegen in für den Benutzer weiter auswertbarer Form auf einer CD bei (Word, EXCEL).

Die o.g. Mappen der Hydrogeologischen Erkundungen sind ab 2005 über die **Bezugsadressen** der Landesanstalt für Umweltschutz (LfU) und des Regierungspräsidiums Freiburg - Abteilung 9 - Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) beziehbar, z.T. auch über die Regierungspräsidien Karlsruhe und Tübingen (Tübingen: <http://www.rp.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1155498/index.html>. oder <http://www.rp.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1156405/index.html>). Die HGE-Karten mit Beiheften sind für den konkreten Planungsgebrauch in Behörden und Planungsbüros auch als CD erhältlich.

Das grenzüberschreitende von der EU geförderte **INTERREG-III-Projekt** zur Modellierung der Grundwasserbelastung durch Nitrat (**MONIT**) im Oberrheingraben läuft weiter (Elsaß, Schweiz, Baden-Württemberg). Hauptanliegen ist es, die **Nitrateinträge** genauer zu beschreiben und deren Transport zu **modellieren**, um die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Reduzierung der Nitratbelastung im Grundwasser besser bewerten zu können. Verhaltensänderungen von Landwirten als Reaktion auf politische Maßnahmen sollen untersucht und in einem sozio-ökonomischen Modell nachgebildet werden. Dadurch kann eine Abschätzung der Effizienz von geplanten Maßnahmen zur langfristigen Reduzierung von Stickstoff im Boden und damit auch von Nitrat im Grundwasser erfolgen.

Stickstoffumsätze im Boden-Pflanze-System sowie der Nitrateintrag aus dem Boden ins Grundwasser werden unter Berücksichtigung der angebauten Kulturarten, klimatischen Faktoren, Bodenparameter und der Bewirtschaftungsweise (z.B. Düngungspraxis, Zwischenfrüchte) mo-

delliert. Bodenkundliche Vor-Ort-Untersuchungen und Analysen der Stickstoffisotope in Bodenlösung, Sicker- und Grundwasser sollen helfen, die bisherigen Kenntnisse über die Herkunft des Nitrat aus anthropogenen oder natürlichen Quellen und Prozessen zu erweitern.

Mit einem grenzüberschreitenden Grundwasserströmungsmodell werden u.a. detaillierte Untersuchungen zum Wasseraustausch zwischen Oberflächengewässern und Grundwasser durchgeführt. Dazu trägt auch die weiterführende Erkundung des hydrogeologischen Aufbaus des Oberrheingrabens bei, wie z.B. mit Hilfe von flusseismischen Untersuchungen. Auf Grundlage des grenzüberschreitenden Grundwasserströmungsmodells werden Berechnungen des regionalen historischen Nitrattransports im Grundwasser durchgeführt und Betrachtungen zur zukünftigen Entwicklung angestellt.

Neben der „Nitratmodellierung“ werden weitere Interreg-III-Projekte in Zusammenarbeit mit französischen und Schweizer Partnern durchgeführt: Die Erarbeitung von **Indikatoren** zur Überwachung der Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers im Oberrheingraben und die Erstellung von **pädagogischen Modellen** über die Funktionsweise des Grundwassers, um die Öffentlichkeit zu sensibilisieren. Alle Interreg-III-Projekte werden von der EU zu 50 % mitfinanziert.

Ergebnisse der o.g. Projekte wurden u.a. am „Tag des Wassers“ im März 2004 und 2005 und auf einem Kolloquium bei der LfU im Mai 2005 vorgestellt, weiterhin auch auf der Tagung **RÉALISE - Resau Alsace de Laboratoires en Ingénierie de Sciences pour l'Environnement** in Strasbourg.

Seit April 2004 präsentiert sich das Projekt **Monit** unter der Verantwortlichkeit der LfU im Internet und ist unter folgender URL erreichbar: <http://www2.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt4/monit>.

Die umfangreichen Zwischenergebnisse des MONIT-Projekts wurden auf dem von der LfU in Karlsruhe im April 2005 organisierten Kongress



„MoNit - Entwicklungen von Prognosewerkzeugen“ präsentiert, unter Einbeziehung aller schweizerischen, französischen und deutschen Projektpartner.

Die Beprobung und Analytik bei der grenzüberschreitenden **Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben 2003** ist abgeschlossen. Die Daten von 1.728 Mst. wurden ausgewertet und erste Karten erstellt. Diese Ergebnisse wurden auf einer Pressekonferenz im April 2005 vorgestellt. Weitere Karten und ein zweisprachiger Bericht zu den Ergebnissen sind in Bearbeitung. Das Projektgebiet erstreckt sich im Gegensatz zur Nitratmodellierung weiter bis in den nördlichen Oberrheingebiet hinein. Beteiligte Länder sind neben den o.g. INTERREG-Projektpartnern auch Rheinland-Pfalz und Hessen, so dass das Projekt den gesamten Oberrheingraben erfasst.

Das Projekt Erhebung und Beschreibung der **Grundwasserfauna Baden-Württembergs** ist beendet. Gemeinsam mit dem Institut für regionale Umweltforschung und Umweltbildung (I-FU) am Institut für Biologie der Universität Koblenz-Landau wurden von der LfU 250 geeignete Messstellen ausgesucht. Die Fangkampagnen und das Identifizieren und Auszählen der Grundwassertiere und die Ergebnisdarstellung sind abgeschlossen. Der Bericht ist in Bearbeitung. Auf einem LfU-Kolloquium im November 2003 wurden erste Ergebnisse vorgestellt.

Für den Herbst 2005 ist wieder eine aktualisierte Ausgabe des „Elektronischen **Jahresdatenkatalogs Grundwasser**“ als CD-ROM geplant, die die aktuellen chemisch-physikalischen Messwerte, Grundwasserstände und Quellschüttungen der Landesmessstellen der LfU - besonders für die Zielgruppe „Ingenieurbüros“ - tabellarisch, kartografisch und als Ganglinien für den Zeitraum von 1995 bis 2004 bereitstellt.

Die Arbeiten zur **Reduktion des Beobachtungsumfangs im Grundwasserstandsmessnetz** haben begonnen. Ziel ist es, rund ein Drittel der laufenden Beobachtungskosten einzusparen.

## 5. Literaturverzeichnis

Veröffentlichungen der letzten 5 bis 7 Jahre mit Beteiligung der LfU.

Weitere Veröffentlichungen - LfU-Reihe-Grundwasserschutz und über Umweltinformationen - Wasser - sind im Internet unter <http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de> zusammengestellt. Der monatlich aktualisierte Zustandsbericht über den Entwicklungsstand der Grundwasservorräte in Baden-Württemberg (Grundwasserstände und Quellschüttungen - „GuQ“) ist unter <http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt4/guq/> in Karten, Ganglinien und Textform abrufbar.

### 5.1 Grundwasserüberwachungsprogramm Baden-Württemberg - Ergebnisse

Auckenthaler u.a., 2005

Auckenthaler, A., Seiberth, C., Affolter, A., Casper, M. (2005): „Untersuchung der Nitratherkunft im Bodenwasser und Grundwasser - Untersuchungskonzept und erste Resultate“. - In: LfU (Hrsg.): „MONIT - Entwicklung von Prognosewerkzeugen - Zwischenpräsentation - Tagung 15.04.2005 in Karlsruhe“. - Tagungsband: 83 - 96, Karlsruhe, 2005.

Beha u.a., 2005

Beha, A., Fink, M., Korte, S., van Dijk, P. (2005): „Ackerschlagsbezogene Modellierung des Nitrataustrags - das Modell STICS“. - In: LfU (Hrsg.): „MONIT - Entwicklung von Prognosewerkzeugen - Zwischenpräsentation - Tagung 15.04.2005 in Karlsruhe“. - Tagungsband: 75 - 82, Karlsruhe, 2005.

Casper u.a., 2005

Casper, M., Grimm-Strele, J., Gudera, T., Korte, S., Lambrecht, H., Schneider, B., van Dijk, P., Rinaudo, J. D., Finck, M. (2005): „Das EU-Projekt MoNit: Entscheidungshilfesystem zur Bewertung der Wirkung von Maßnahmen und veränderten Rahmenbedingungen auf die Nitratbelastung des Grundwassers im Oberrhein-

graben: Modellkopplung und Szenarienabbildung“. - In: Tagungsunterlagen - <http://www.lfu.rwth-aachen.de/TDH2005> - Tag der Hydrologie 2005, Aachen, 2005.

Fink u.a., 2005

Fink, M., Steiner, M., Auckenthaler, A., Korte, S. (2005): „Datengrundlagen für die N-Modelle STOFFBILANZ und STICS: Deutschland und Schweiz“. - In: LfU (Hrsg.): „MONIT - Entwicklung von Prognosewerkzeugen - Zwischenpräsentation - Tagung 15.04.2005 in Karlsruhe“. - Tagungsband: 125 - 143, Karlsruhe, 2005.

Grimm - Strele u.a., 2005

Grimm - Strele, J., Casper, M., Korte, S., Lambrecht, H. (2005): „Modellkopplung und Szenarien“. - In: LfU (Hrsg.): „MONIT - Entwicklung von Prognosewerkzeugen - Zwischenpräsentation - Tagung 15.04.2005 in Karlsruhe“. - Tagungsband: 155 - 164, Karlsruhe, 2005.

Gudera u.a., 2005

Gudera, T., Koch, P., Wingerling, M., Toulet, F. (2005): „Länderübergreifende Modellierung der Grundwasserverhältnisse im Oberrheingraben zwischen Karlsruhe und Basel - 1995 bis 2005“. - In: LfU (Hrsg.): „MONIT - Entwicklung von Prognosewerkzeugen - Zwischenpräsentation - Tagung 15.04.2005 in Karlsruhe“. - Tagungsband: 41 - 60, Karlsruhe, 2005.

LfU u.a., 2005

LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Regierungspräsidium Freiburg Abt. Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (RP-LGRB), Regierungspräsidium Stuttgart, Landratsamt Main-Tauber-Kreis, Gewässerdirektion Neckar - Bereich Künzelsau: „Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg Taubertal - Main-Tauberkreis-Mappe 3 - Grundwasserdynamik, Grundwasserhaushalt, Grundwasserschutz.“ - Mappe mit Beiheft, Tabellen, 7 Karten (u.a. aktualisierte Hydrologische Grundkarte, Grundwassergleichenplan, Markierungsversuche, Grundwasserneubildung, Niederschlag, Verdunstung, Basisabfluss/Gesamtabfluss, Niedrigwasserabflussspenden, Schutzfunktion der Grundwasserüber-

deckung, Landnutzung), 1 CD-ROM; Bezug über LfU oder RP-LGRB-Freiburg; Künzelsau, 2005.

Lambrecht u.a., 2005

Lambrecht, H., Koller, R., Grimm-Strele, J. (2005): „Modélisation de la pollution des eaux souterraines par les nitrates dans la vallée du Rhin Supérieur (MoNit): un projet transfrontalier d'INTERREG IIIa“. - In: Tagung - „RÉALISE Réseau Alsace de Laboratoires en Ingénierie et Sciences pour l'Environnement“. - Strasbourg, 31.01.05, Tagungsunterlagen, 2005.

Lambrecht u.a., 2005

Lambrecht, H., Fink, M., Korte, S., Casper, M., Grimm-Strele, J. (2005): „Flächenhafte Abbildung von Stickstoff - Umsätzen im Projektgebiet - das Modell STOFFBILANZ“. - In: LfU (Hrsg.): „MONIT - Entwicklung von Prognosewerkzeugen - Zwischenpräsentation - Tagung 15.04.2005 in Karlsruhe“. - Tagungsband: 97 - 104, Karlsruhe, 2005.

Simon, 2005

Simon, M. (2005): „Das Untersuchungsgebiet Oberrheingraben“. - In: LfU (Hrsg.): „MONIT - Entwicklung von Prognosewerkzeugen - Zwischenpräsentation - Tagung 15.04.2005 in Karlsruhe“. - Tagungsband: 11 - 26, Karlsruhe, 2005.

Casper u.a., 2004

Casper, M., Grimm-Strele, J., Gudera, T., Simon, M., van Dijk, P., Resch, K.: „Modellierung des Nitratreintrages und Nitrattransportes im Grundwasser des Oberrheingrabens - Modellierungskonzept und Datenmanagement in einem länderübergreifenden Projekt (MoNit)“. - In: Tagungsunterlagen - Tag der Hydrologie 2004, Potsdam, 2004.

Gudera u.a., 2002

Gudera, T., Lang, U., Rausch, R.: „Modellierung des regionalen Grundwasserhaushalts für das Gebiet der Heilbronner Mulde“. - Zeitschrift Grundwasser 7: 224 - 232, 2002.

LfU u.a., 2004

LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB), Gewässerdirektion Donau - Bodensee - Bereiche Ulm und Riedlingen: „Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg Mittlere Alb 2 - Grundwasserdynamik - Grundwassergleichen“. - Mappe mit Beiheft, vier Grundwassergleichenplänen, Tabellen der Stichtagsmessergebnisse, 1 CD-ROM; Bezug über LfU, RP-LGRB-Freiburg oder RP-Tübingen; Ulm, 2004.

LfU u.a., 2004

LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB), Landratsamt Enzkreis, Große Kreisstadt Pforzheim, Gewässerdirektion Nördlicher Oberrhein - Bereich Freudenstadt: „Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg Enztal - Pforzheim Mappe 3 - Grundwasserdynamik, Grundwasserhaushalt, Grundwasserschutz.“ - Mappe mit Beiheft, Tabellen, 7 Karten (u.a. vier Grundwassergleichenpläne, Markierungsversuche, Grundwasserneubildung, Niederschlag, Verdunstung, Basisabfluss/ Gesamtabfluss, Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung), 1 CD-ROM; Bezug über LfU, RP-Karlsruhe oder RP-LGRB-Freiburg; Freudenstadt, 2004.

LfU u.a., 2004

LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB), Landratsamt Enzkreis, Gewässerdirektion Nördlicher Oberrhein - Bereich Freudenstadt: „Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg Enzkreis - Mappe 1 - Hydrologische Grundkarte“. - Beiheft mit 1 Hydrologischen Grundkarte mit Wasserschutzgebieten, Tabellen der hydrologischen Messeinrichtungen, 1 CD-ROM; Bezug über RP-Karlsruhe oder RP-LGRB-Freiburg; Freudenstadt, 2004.

LfU u.a., 2004

LfU - Landesanstalt für Umweltschutz und UVM - Ministerium für Umwelt und Verkehr (Hrsg.), Universität Freiburg - Institut für Hydrologie:

„Wasser- und Boden-Atlas Baden-Württemberg (WaBoA)". - Thematische Karten zu Oberirdischen Gewässern, Boden und Bodenwasserhaushalt, Grundwasser, Gewässerökologie und Gewässerschutz (Zweite Kartenlieferung, weitere Themen folgen in Ergänzungslieferungen), Atlas, 2 CD-ROM, Karlsruhe, 2004.

Lang & Gudera, 2004

Lang, U. & Gudera, T. (2004): "Conception of the simulation of regional nitrate transport in the Upper Rhine". - In: "International Conference on Finite-Element Models, MODFLOW and More - Carlsbad 2004, Czech Republic". - Tagungsunterlagen, 2004.

Usländer u.a., 2004

Usländer, Th., Grimm-Strele, J., Sonnentag, O.: „Regionalisierte Darstellung der Grundwasserbeschaffenheit mit Hilfe des geostatistischen Interpolationsverfahrens SIMIK-Plus". - Workshop des Arbeitskreises „Umweltdatenbanken" der Fachgruppe 4.6.1 „Informatik im Umweltschutz" der Gesellschaft für Informatik (GI).

Bárdossy u.a., 2003

Bárdossy, A., Giese, H., Grimm - Strele, J., Barufke, K.-P.: „SIMIK+ - GIS - implementierte Interpolation von Grundwasserparametern mit Hilfe von Landnutzungs- und Geologiedaten". - HW - Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 47, H. 1: 13 - 20, 2003.

Böhm, u.a., 2003

Böhm, S., Grimm-Strele, J., Schmidt, V., Schneider, B.: „Untersuchung der Grundwasserbeschaffenheit in Baden - Württemberg mit Methoden der räumlichen Statistik". - HW - Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 47, H. 1: 2 - 12, 2003.

Böhm, 2003

Böhm, S.: „Asymptotische Signifikanztests für stationäre zufällige Mengen und ihre Anwendung bei der Untersuchung der Grundwasserbeschaffenheit in Baden - Württemberg". - Berichte aus der Mathematik, Shaker Verlag Aachen, 200 S., 2003.

LfU u.a., 2003

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, LGRB - Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg und Büro Hydrag: „Hydrogeologische Kartierung - Ostalb". - Textheft 131 S., Schubert mit 10 Karten: Hydrologische Messeinrichtungen, Quellen, Geologie, hydrogeologische Schnitte, Grundwasseroberfläche, Klimatische Wasserbilanz, Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung, Landnutzung, 1 CD-ROM, Bezug über LGRB, Freiburg, 2003.

Blankenhorn, 2002

Blankenhorn, I.: „MTBE - Messungen im Grundwasser Baden - Württemberg". - In: Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg (Hrsg.): „MTBE - Fachgespräch am 21.02.2002 in Karlsruhe - Tagungsband". - Reihe Luftqualität, Lärm, Verkehr Nr. 5: S. 49 - 56, Karlsruhe 2002.

Gudera u.a., 2002

Gudera, T., Lang, U., Rausch, R.: „Modellierung des regionalen Grundwasserhaushalts für das Gebiet der Heilbronner Mulde". - Zeitschrift Grundwasser 7: 224 - 232, 2002.

LfU u. a., 2002

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg und LGRB - Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden - Württemberg (Hrsg.): „Fortschreibung Hydrogeologische Karte und regionales Grundwassermodell - Heilbronner Mulde". - 36 S., Anhang mit drei Karten zur Grundwasseroberfläche im Unteren Keuper und im Muschelkalk, 1 CD-ROM, Reihe Grundwasserschutz: Nr. 22, Karlsruhe, Freiburg, 2002.

LfU u.a., 2002

LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB), Große Kreisstadt Pforzheim, Landratsamt Enzkreis, Gewässerdirektion Nördlicher Oberrhein - Bereich Freudenstadt: „Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg Enztal - Pforzheim - Mappe 2 - Hydrogeologischer Bau, Grundwasserglei-

chen". - Neu überarbeitete Hydrologische Grundkarte mit Wasserschutzgebieten, Beiheft mit Tabellen der hydrologischen Messeinrichtungen und Schuber: 6 Schichtlagerungskarten, 1 hydrogeologischer Schnitt, 1 Grundwassergleichenplan, 1 CD-ROM; Bezug über RP-Karlsruhe oder RP-LGRB-Freiburg; Freudenstadt, 2002.

LfU u.a., 2003

LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB), Gewässerdirektion Donau - Bodensee - Bereich Ulm: „Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg Mittlere Alb 1 - Hydrologische Grundkarte“. - Hydrologische Grundkarte mit Wasserschutzgebieten, Beiheft mit Tabellen der hydrologischen Messeinrichtungen, 1 CD-ROM; Bezug über RP-LGRB-Freiburg oder RP-Tübingen; Ulm, 2003.

LfU u.a., 2003

LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB), Landratsamt Main-Tauber-Kreis, Gewässerdirektion Neckar - Bereich Künzelsau: „Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg Taubertal Mappe 2 - Hydrogeologischer Bau“. - Beiheft mit Tabellen, 6 Karten (u.a. Schichtlagerung, Hydrogeologische Schnitte, abgedeckte hydrogeologische Karte, quartäre Überdeckung), 1 CD-ROM; Bezug über RP-LGRB-Freiburg; Künzelsau, 2003.

Reinstorf u.a., 2002

Reinstorf, F., Binder, M., Walther, W., Hölscher, J., Bittersohl, J., Grimm-Strele, J.: „Regionalization of Diffuse Air Born Impacts on Basis of Data from Existing Measurement Networks in Lower Saxony and Saxony (Germany) - Assessment of the Suitability Of Interpolation Methods“. - 3<sup>rd</sup> International Conference on Water Resources and Environment Research (ICWRER), 22.-25.07.2002 in Dresden.

Walther u.a., 2002

Walther, W., Reinstorf, F., Hölscher, J., Bittersohl, J., Grimm - Strele, J.: „Regionalisierung

luftgetragener diffuser Stoffeinträge anhand von Daten aus bestehenden Messnetzen in Niedersachsen und Sachsen - ein Methodenvergleich“. - KA - Korrespondenz Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall (49), Nr. 6: 816 - 825, 2002.

Wingering, 2002

Wingering, M.: „Grundwasserstände und Quellschüttungen „GuQ“ im Internet“. - HW - Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 46, H. 3: 110 - 118, 2002.

Grimm-Strele, 2001

Grimm-Strele, J.: „Grundwasser im Blickpunkt“. - In: Brauner-Noack, M.: „Trinkwasser-Grundwasserschutz“-WWT-Wasserwirtschaft-Wassertechnik, 1/2001: 50 - 52, 2001.

Grimm-Strele, 2001

Grimm-Strele, J.: „Grenzüberschreitender Gewässerschutz am Oberrhein“. - gwa-Gas-Wasser-Abwasser (Schweiz) 12/2001: 817 - 823, 2001.

Grimm-Strele, 2001

Grimm-Strele, J.: „Regionalisierung der Grundwasserbeschaffenheit in Baden-Württemberg“. - In: Niedersächsisches Landesamt für Bodenforschung (Hrsg.): „Aufbruch nach Europa - Hydrogeologie vor neuen Aufgaben“. Tagung 14./15.11.2001-Geozentrum Hannover. Arbeitshefte Wasser 1/2001: 59-63, 2001.

LfU, 2001

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: „Atlas des Grundwasserzustandes in Baden-Württemberg“. - Flächendeckende Übersicht über den qualitativen Grundwasserzustand für 55 chemisch-physikalische Parameter wie z.B. Nitrat, Chlorid, Phosphat, Sauerstoff, Schwermetalle u.a. Strontium, Tritium, Uran, Molybdän, Pflanzenschutzmittel, Chlorierte Kohlenwasserstoffe, EDTA; Regionalisierung der Punktdaten mittels Simple-Updating-Kriging und flächenhafte Darstellung in 55 Einzelkarten, Reihe Grundwasserschutz: Nr. 19, Karlsruhe, 2001.

LfU, 2001

Landesanstalt für Umweltschutz Baden - Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm - Grundwasseroberfläche im Oktober 1986, April 1998 und September 1991 im Oberrheingraben zwischen Karlsruhe und Mannheim“. - 30 Seiten, Anhang mit 6 Grundwasserhöhengleichenkarten, Reihe Grundwasserschutz: Nr. 18, Karlsruhe, 2001.

LfU, 2001

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Beprobung 2000“. - Reihe Grundwasserschutz: Nr.16, Karlsruhe, 2001.

LfU, 2001

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: „Statistische Signifikanztests zur Bewertung von Änderungen der Grundwasserbeschaffenheit“. - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 17, Karlsruhe, 2001.

LfU u.a., 2001

LfU - Landesanstalt für Umweltschutz und UVM - Ministerium für Umwelt und Verkehr (Hrsg.), Universität Freiburg - Institut für Hydrologie: „Wasser- und Boden-Atlas Baden-Württemberg (WaBoA)“. - Thematische Karten zu Oberirdischen Gewässern, Boden und Bodenwasserhaushalt, Grundwasser, Gewässerökologie und Gewässerschutz (Erste Kartenlieferung, weitere Themen folgen in Ergänzungslieferungen), Atlas, 1 CD-ROM, Karlsruhe, 2001.

LfU, 2001

Landesanstalt für Umweltschutz Baden - Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm: Geogen geprägte Hintergrundbeschaffenheit - Ergebnisse aus dem Basismessnetz“. Nachdruck der 2. unveränderten Auflage von 1994, Karlsruhe, 2001.

LfU u.a., 2000

Région Alsace, LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau u.a.: „Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im

Oberrheingraben - Basel bis Raum Rastatt - Lauterbourg“. - Fünf Teilberichte u.a. zu: Ergebnisse der Beprobungskampagne 1996/1997, Ergebnisse in tiefen Grundwasserbereichen, Maßnahmenvorschläge zur Bekämpfung der Belastung des Grundwassers im Oberrheingraben, Zusammenfassung und Empfehlungen, Vorbereitungsarbeiten, 50 Karten zur Grundwasserbeschaffenheit u.a.: Nitrat, Chlorid, Sulfat, Sauerstoff, Pflanzenschutzmittel, Schwermetalle, Chlorierte Kohlenwasserstoffe, Europäisches Programm INTERREG II und PAMINA, Strasbourg, 2000.

LfU, 2000

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm - Ergebnisse der Beprobung 1999“. - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 14, Karlsruhe, 2000.

LfU, 2000

Landesanstalt für Umweltschutz Baden - Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm - Grundwasseroberfläche im Oktober 1986 und April 1998 im Oberrheingraben zwischen Karlsruhe und Basel“. - 22 Seiten, Anhang mit 10 Grundwasserhöhengleichenkarten, Reihe Grundwasserschutz: Nr. 12, 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.): „Arzneimittelrückstände und endokrin wirkende Stoffe in der aquatischen Umwelt - Literaturrecherche“. - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 8, Karlsruhe, 2000.

LfU u.a., 2000

LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB), Landratsamt Main-

Tauberkreis, Gewässerdirektion Neckar-Bereich Künzelsau: „Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg „Taubertal“ - Hydrologische Grundkarte“. - Hydrologische Grundkarte, Beiheft mit Tabellen der hydrologischen Messeinrichtungen; Bezug über RP-LGRB-Freiburg; Künzelsau, 2000.

LfU u.a., 2000

LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB), Große Kreisstadt Pforzheim, Landratsamt Enzkreis, Gewässerdirektion Nördlicher Oberrhein-Bereich Freudenstadt: „Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg - Enztal - Hydrologische Grundkarte“. - Hydrologische Grundkarte, Beiheft mit Tabellen der hydrologischen Messeinrichtungen; Bezug über RP-Karlsruhe oder RP-LGRB-Freiburg; Freudenstadt, 2000.

Pruess u.a., 2000

In: Pruess, A., Borho, W., Kohl, R., Grimm-Strele, J., Wilpert, K., Hug, R. (2000): „Depositionsmessungen in Baden-Württemberg“. - In: Ihle, P. (Hrsg.): „Atmosphärische Stoffeinträge in der Bundesrepublik Deutschland“. - B.G. Teubner Verlag, Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden, 2000.

LfU, 1999

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

LfU, 1999

Landesanstalt für Umweltschutz Baden - Württemberg: „Dem Wasser auf der Spur - Ein Film über das Lebenselixier Wasser“. - VHS-Video, 15 Minuten, Karlsruhe, 1999.

UVM u.a., 1999

Ministerium für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg, Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten, Ministerium für Umwelt und Forsten Rheinland-Pfalz(Hrsg.): „Hydrogeologische Kartierung und Grundwas-

serbewirtschaftung Rhein-Neckar-Raum - Fortschreibung 1983 - 1998“. - Schuber mit 155 S. Beiheft, 18 Karten zu hydrogeologischen Schnitten, Grundwasseroberfläche, Druckverteilung, Grundwasserneubildung, Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung, Boden, Grundwasserbeschaffenheit, Ergebnisse des großräumigen Grundwassermodells, 1 CD-ROM, Stuttgart, Wiesbaden, Mainz, 1999.

## 5.2 Fachspezifische EDV-Anwendungen

LfU, 2005

D. Schuhmann:

„Handbuch Grundwasserdatenbank“, CD-ROM, Überarbeitete Ausgabe, Lose-Blatt-Reihe für die WAABIS-Dienststellen, Karlsruhe, 2005.

Teil 1: Einführung, Benutzerdefinierte Objekte, Objektarten und Stammdaten, Gütemesswerte und Probenahmedaten

Teil 2: Mengennesswerte, GIS-Tools, Der Diagrammdienst

Teil 3: Berichte, SchALVO-Vollzugsunterstützung, Importfunktionen, Labdüs, Exportfunktionen

Teil 4: Objektzuordnungen, Datenaustauschdienst, GeoPro3D, Anhang

Disy, 2004

C. Hofmann u.a. (Fa. Disy Informationssysteme GmbH): „disy Cadenza: Plattform für Berichts- und Auswertesysteme insbesondere im Umweltbereich“. - In: Mayer-Föll, R. (Hrsg.): Project AJA - Anwendung Java-basierter und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung - Phase V 2004. - Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe (FZKA) Nr. 7077, 2004.

IPF, LfU 2004

D. Hilbring, J. Wiesel (Institut für Photogrammetrie, Universität Karlsruhe), B. Schneider (LfU): „GIS-Tools 3D - Integration und Visualisie-

rung von hoch auflösenden Geländemodellen und Weiterentwicklung von GeoPro3D". - In: Mayer-Föll, R. (Hrsg.): Project AJA - Anwendung Java-basierter und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung - Phase V 2004. - Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe (FZKA) Nr. 7077, 2004.

IITB, LfU u.a., 2004

T. Usländer u.a. (Fraunhofer-Gesellschaft IITB): „WaterFrame - Integrierte Gewässerinformationssysteme in Baden-Württemberg, Thüringen und Bayern". - In: Mayer-Föll, R. (Hrsg.): Project AJA - Anwendung Java-basierter und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung - Phase V 2004. - Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe (FZKA) Nr. 7077, 2004.

IPF, LfU 2003

D. Hilbring, J. Wiesel (Institut für Photogrammetrie, Universität Karlsruhe), B. Schneider (LfU): „GIStern3D – Erstellung und Implementierung eines Konzepts für die Visualisierung von digitalen Geländemodellen in GIStern und Weiterentwicklung in GeoPro". - In: Mayer-Föll, R. (Hrsg.): Project AJA – Anwendung Java-basierter und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung – Phase VI. - Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe (FZKA) Nr. 6950, 2003.

LfU, 2004

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: „Jahresdatenkatalog Grundwasser 1995-2003".-Physikalisch-chemische Messwerte für ca. 2.300 Messstellen, Grundwasserstandsdaten und Quellschüttungen für ca. 300 Messstellen für die Jahre 1995 bis 2002; Grafische Benutzeroberfläche, Kartografische und tabellarische Darstellungsmöglichkeiten, Diagramme und Zeitreihen, Exportmöglichkeiten in MS-EXCEL und MS-ACCESS, Reihe Grundwasserschutz: Nr. 26, CD-ROM, Karlsruhe, 2004.

IITB, LfU u.a., 2003

„WRRL-IS: Innovative Fachdienste für Gewässerinformationssysteme". - In: Mayer-Föll, R. (Hrsg.): Project AJA - Anwendung Java-basierter und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung - Phase VI. - Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe (FZKA) Nr. 6950, 2003.

Disy, 2003

C.Hofmann u.a. (Fa. Disy Informationssysteme GmbH): „disy Cadenza: Übersicht und ausgewählte Lösungsbeispiele für Berichts- und Auswertesysteme" - In: Mayer-Föll, R. (Hrsg.): Project AJA - Anwendung Java-basierter und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung – Phase VI. - Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe (FZKA) Nr. 6950, 2003.

LfU, 2003

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: „Jahresdatenkatalog Grundwasser 1995-2002".-Physikalisch-chemische Messwerte für ca. 2.300 Messstellen, Grundwasserstandsdaten und Quellschüttungen für ca. 300 Messstellen für die Jahre 1995 bis 2002; Grafische Benutzeroberfläche, Kartografische und tabellarische Darstellungsmöglichkeiten, Diagramme und Zeitreihen, Exportmöglichkeiten in MS-EXCEL und MS-ACCESS, Reihe Grundwasserschutz: Nr. 24, CD-ROM, Karlsruhe, 2003.

IPF, 2002

Hilbring, D. (Institut für Photogrammetrie, Universität Karlsruhe): „3D-Grundwasseranalyse von Bauvorhaben mittels GeoPro3D" - In: Proceedings of the 16th International Conference: Informatics for Environmental Protection. - Vienna, 2002.

IITB, 2002

Usländer, T., Bonn G. (Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung IITB): „Layered Information System Architecture for the Implementation of the European Water



Framework Directive". - In: Proceedings of the 16th International Conference: Informatics for Environmental Protection. - Vienna 2002.

IPF, LfU 2002

D. Hilbring, J. Wiesel (Institut für Photogrammetrie, Universität Karlsruhe), B. Schneider (LfU): „GIStern3D - Weiterentwicklung von GeoPro3D und Neuentwicklung des Height-Service für die Integration digitaler Geländemodelle". In: Mayer-Föll, R. (Hrsg.): Project AJA - Anwendung Java-basierter und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung - Phase-III. - Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe (FZKA) Nr. 67, 2002.

IITB, 2002

Usländer, T. (IITB): „Kooperative Weiterentwicklung der Fachanwendungen WAABIS-Grundwasser in Baden-Württemberg und FIS Gewässer in Thüringen". - In: Mayer-Föll, R. (Hrsg.): Project AJA - Anwendung Java-basierter und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung - Phase-III. -Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe (FZKA) Nr. 67, 2002.

LfU, 2001

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: „Jahresdatenkatalog Grundwasser 1995-2000".-Physikalisch-chemische Messwerte für ca. 2.300 Messstellen, Grundwasserstandsdaten und Quellschüttungen für ca. 300 Messstellen für die Jahre 1995 bis 2000; Grafische Benutzeroberfläche, Kartografische und tabellarische Darstellungsmöglichkeiten, Diagramme und Zeitreihen, Exportmöglichkeiten in MS-EXCEL und MS-ACCESS, Reihe Grundwasserschutz: Nr. 20, CD-ROM, Karlsruhe, 2001.

IITB, 2001

Usländer, Th., Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung (IITB): "Informationsaufbereitung in der WAABIS-Fachanwen-

dung Grundwasser in Baden-Württemberg unter Berücksichtigung von Anforderungen des Freistaates Thüringen" in: Mayer-Föll, R.; Keitel, A.; Geiger, W. (Hrsg.): Abschlussbericht Projekt AJA Phase II, 2001.

IITB, 2001

Usländer, Th., Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung (IITB): „Nutzung von GIs-Komponenten in der Verwaltung - Die Fachanwendung Grundwasser als Teil des Umweltinformationssystems Baden-Württemberg" - GIS-Forum: Kommunale GIS: Von Anforderungen zu Lösungen" im Rahmen des Kongresses Zukunft Kommune 2001, Karlsruhe.

IITB, 2001

Usländer, Th., Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung (IITB): „Die Fachanwendung Grundwasser des UIS Baden-Württemberg auf der Grundlage des WAABIS – Dienstekonzeptes" - GI-Workshop Umweltdatenbanken Jena, 2001.

IITB, 2000

Usländer, Th., Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung (IITB): „Entscheidungskriterien und Architekturvarianten beim Einsatz von Java am Beispiel eines datenbankgestützten Umwelt-Informationssystems" - Fachkonferenz „Java-based E-Business" der IIR-Deutschland GmbH, München, 2000.

IITB u. LfU, 2000

Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung (IITB), Landesanstalt für Umweltschutz: „Weiterentwicklung der Entwicklungsumgebung WAABIS am Beispiel der Fachanwendung Grundwasser". - In: R. Mayer-Föll, A. Keitel, A. Jaeschke (Hrsg.): „Projekt AJA - Anwendung JAVA-basierter Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung-Phase-I-2000".-Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe - FZKA 6565, Karlsruhe, 2000.

## Anhang

### A 1 Messstellenarten

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

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

### A 2 Messprogramme im Herbst 2004

#### Messprogramm „Vor-Ort-Parameter“

Grundwasserstand und Pumpenförderstrom/Quellschüttung, Farbe-qualitativ, Trübung-qualitativ, Geruch-qualitativ, Temperatur, Elektrische Leitfähigkeit (bei 20°C), pH-Wert (bei ...°C), Sauerstoffkonzentration, Sauerstoffsättigungsindex, z.T.: Säure- und Basekapazität, Summe Erdalkalien.

#### Messprogramm „Industrie-Leichtflüchtige Halogenierte Kohlenwasserstoffe - 10 LHKW (CKW)“

2 LHKW für die Summe LHKW nach aktueller TrinkwV v. 2001: Trichlorethen (TRI), Tetrachlorethen (PER).

2 LHKW nach aktueller TrinkwV v. 2001: 1,2-Dichlorethan, Chlorethen (Vinylchlorid, VC - an 1.592 ausgesuchten Mst.).

4 LHKW für die Summe LHKW nach alter TrinkwV v. 1990: 1,1,1-Trichlorethan, Trichlorethen (TRI), Tetrachlorethen (PER), Dichlormethan.

Zusätzlich: 1 LHKW nach alter TrinkwV v. 1990: Tetrachlormethan.

Zusätzliche 2 LHKW: Trichlormethan (Chloroform), cis-1,2-Dichlorethen, trans-1,2-Dichlorethen.

#### Messprogramm „Industrie-Polyzyklische Aromatische Kohlenwasserstoffe-16 PAK“

4 PAK für die Summe PAK nach aktueller TrinkwV v. 2001: Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(ghi)perylen, Indeno(1,2,3-cd)pyren.

1PAK nach aktueller TrinkwV v. 2001: Benzo(a)pyren.

6 PAK für die Summe PAK nach alter TrinkwV v. 1990: Fluoranthren, Benzo(b)fluoranthren, Benzo(k)fluoranthren, Benzo(a)pyren, Benzo(ghi)perylen, Indeno(1,2,3-cd)pyren.

Zusätzliche 10-PAK für die 16-PAK nach EPA ohne Summenbildung: Acenaphthylen (an 1.488 Mst.), Acenaphten, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Benzo(a)anthracen, Pyren, Chrysen, Dibenz(a,b)anthracen, Naphthalin.

#### Aus dem Messprogramm „Industrie - Mineralölkohlenwasserstoffe, Cyanid, Komplexbildner“

Mineralölkohlenwasserstoffe (MKW): Kohlenwasserstoff-Index, Cyanid-gesamt, Komplexbildner: Nitritotriessigsäure (NTA), Ethylendiamintetraessigsäure (EDTA), Diethylentriaminpentaessigsäure (DTPA).

#### Aus dem Messprogramm „Landwirtschaft“

Ammonium, Nitrat, Nitrit.

#### Aus dem Messprogramm „Pflanzenschutzmittel-PSM-2a“

Bentazon, Mecoprop, Dichlorprop, 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure (2,4-D), Dicamba, 4-Chlor-2-methylphenoxyessigsäure.

## A 3 Statistische Verfahren

### A 3.1 Rangstatistik

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

- Bei Datenkollektiven mit einem hohen Anteil an Messwerten „<BG“ - wobei diese auch 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. Parallel dazu wird 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).

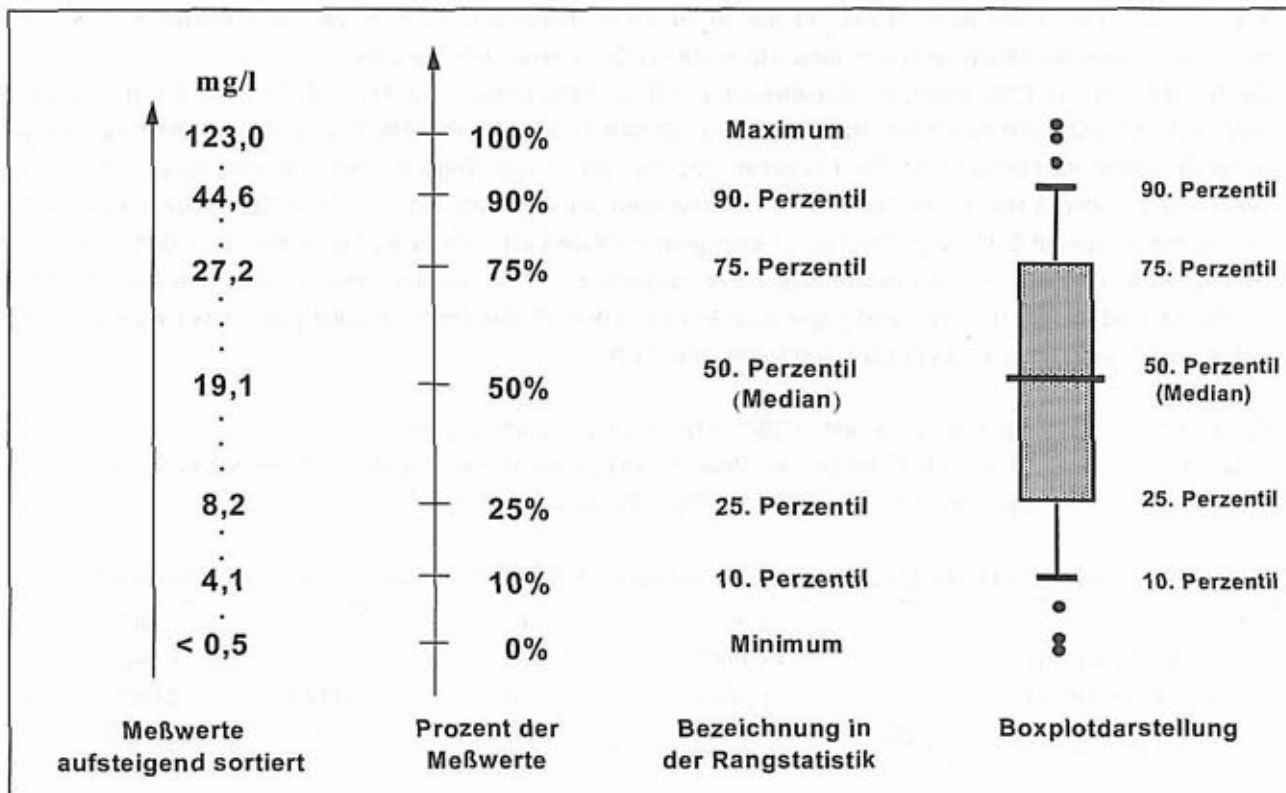


Abbildung A1: Beispiel für die Rangstatistik und die Boxplotdarstellung.

### A 3.3 Zeitreihenstatistik: Trends an konsistenten und periodisch konsistenten Messstellen- gruppen

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

- Bei Parametern, die überwiegend positive Befunde, d.h. Werte „> Bestimmungsgrenze“ aufweisen wie Nitrat, Summe Erdalkalien etc., werden die statistischen Kennzahlen (z.B. Mittelwert, Medianwert, 90. Perzentil) ermittelt.
- Bei Spurenstoffen führt die Anwendung von Medianwerten häufig nicht zu einer Aussage über das mittlere Verhalten, weil die Zahl der positiven Befunde i.d.R. geringer ist als die Zahl der Messwerte „<BG“. Für diese Stoffe ist es daher sinnvoll, die Belastung anhand der Veränderung, z.B. des 90. Perzentils oder der Überschreitungshäufigkeit von Vergleichswerten (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. A2). Bei den Auswertungen führt dies dazu, dass z.B. ein kleinerer Konzentrationswert (z.B. „0,03 µg/l“) als positiver Befund bewertet wird, während der höhere Zahlenwert 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 2001“ als Beispiel für die Ermittlung von Werten von Summenparametern: Für die Ermittlung der „Summe LHKW nach TrinkwV 2001“ gibt es keine allgemeingültige Rechenvorschrift. Der Parameter „Summe LHKW nach TrinkwV 2001“ wird definitionsgemäß aus der Summe der beiden Stoffe Trichlorethen und Tetrachlorethen gebildet. Entsprechend Trinkwasserverordnung von 2001 beträgt der Grenzwert 0,010 mg/l. Die Bestimmungsgrenze für die beiden Stoffe beträgt 0,0001 bis 0,001 mg/l. Bei den vorliegenden und auch bei allen Auswertungen der vergangenen Jahre werden zunächst alle Summenwerte mit „<“-Zeichen ausgeschieden und dann erst gegen den Grenzwert geprüft. Bei der Verarbeitung der Daten in der Grundwasserdatenbank wird daher folgende Vorgehensweise praktiziert:

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

Fälle 3 + 4: Werte „< BG“ und positive Befunde sind gemischt, nur die positiven Befunde werden zum Summenwert addiert, Werte „< BG“ bleiben außer Betracht.

Tabelle A1: Rechenvorschrift für die LHKW-Summenbildung nach TrinkwV 2001 in der Grundwasserdatenbank.

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

Parameter	Dimension	Anz.Mst. MW<BG	Bestimmungsgrenzen *	Mindestbestimmungsgrenzen	WW	GW
Temperatur	Grad C	0	entfällt	entfällt	20,0	-
Leitfähigkeit,elektrisch bei ...Grad Celsius	mS/m	0	entfällt	entfällt	200,0	250,0
pH-Wert bei ...Grad Celsius	-	0	entfällt	entfällt	6,50 / 9,50	6,50 / 9,50
Sauerstoff	mg/l	72	0,1 / 0,2 / 0,5	0,5	-	-
Ammonium	mg/l	1645	<b>0,010</b>	0,010	0,400	0,500
Nitrit	mg/l	1853	<b>0,01</b>	0,01	0,08	0,10
Nitrat	mg/l	122	0,1 / 0,4 / 0,5	0,5	40,0	50,0
Cyanid, gesamt	mg/l	2062	0,002 / 0,005 / <b>0,010</b>	0,010	0,010	0,050
Nitritriessigsäure	ug/l	1992	0,1 / 0,5	0,5	1,0	-
Ethylendiamintetraessigsäure	ug/l	1574	0,1 / 0,5	0,5	1,0	-
Diethylentriaminpentaessigsäure	ug/l	2069	0,5 / 1,0	1,0	1,0	-
Trichlorethen	mg/l	1668	<b>0,0001</b>	0,0001	0,0050	-
Tetrachlorethen	mg/l	1485	<b>0,0001</b>	0,0001	0,0050	-
leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. TrinkV v. 21.05.01]	mg/l	1388	<b>0,0001</b>	entfällt	0,0080	0,0100
Trichlorethan,1,1,1,-	mg/l	1956	<b>0,0001</b>	0,0001	0,0050	-
Dichlormethan	mg/l	2081	0,001 / 0,005	0,005	0,008	-
Leichtfluechtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. TrinkV v. 05.12.1990]	mg/l	1379	<b>0,0050</b>	entfällt	0,0080	0,0100
Chlorethen	mg/l	1501	0,0001 / 0,0005 / 0,0010 / <b>0,0020</b>	0,0020	0,0020	0,0005
Tetrachlormethan	mg/l	2047	<b>0,0001</b>	0,0001	0,0024	-
Trichlormethan	mg/l	1938	<b>0,0001</b>	0,0001	0,0020	-
Dichlorethen, cis-1,2-	mg/l	2036	0,001 / 0,005	0,005	0,010	-
Dichlorethen, trans-1,2-	mg/l	2080	0,001 / 0,005 / 0,010	0,005	0,020	-
Dichlorethan,1,2-	mg/l	2083	<b>0,001</b>	0,001	0,002	0,003
Kohlenwasserstoff-Index	mg/l	2075	0,05 / 0,10	0,10	0,10	-
Benzo(b)fluoranthren	ug/l	2071	0,002 / 0,005	0,010	-	-
Benzo(k)fluoranthren	ug/l	2074	0,002 / 0,005	0,010	-	-
Benzo(ghi)perylene	ug/l	2072	0,002 / 0,005	0,010	-	-
Indeno(1,2,3-cd)pyren	ug/l	2073	0,002 / 0,005	0,010	-	-
Summe polycycl. arom. Kohlenwasserstoffe [n. TrinkV v. 21.05.01]	ug/l	2067	0,002 / 0,005	entfällt	0,080	0,100
Benzo(a)pyren	ug/l	2071	0,002 / 0,005	0,005	0,008	0,010
Fluoranthren	ug/l	2000	0,002 / 0,005	0,010	-	-
Summe Polycyc. arom. Kohlenwasserstoffe [n. TrinkV v. 05.12.1990]	ug/l	1996	0,002 / 0,005	0,010	0,050	0,200
Acenaphthylene	ug/l	1395	<b>0,005</b>	0,010	-	-
Acenaphthen	ug/l	2039	0,002 / 0,005	0,010	-	-
Anihracen	ug/l	2049	0,002 / 0,005	0,010	-	-
Benzo(a)anthracen	ug/l	2062	0,002 / 0,005	0,010	-	-
Chrysen	ug/l	2057	0,002 / 0,005	0,010	-	-
Dibenzo(ah)anthracen	ug/l	2079	0,002 / 0,005	0,010	-	-
Fluoren	ug/l	2042	0,002 / 0,005	0,010	-	-
Naphthalin	ug/l	1939	0,002 / 0,005	0,010	-	-
Phenanthren	ug/l	1995	0,002 / 0,005	0,010	-	-
Pyren	ug/l	2007	0,002 / 0,005	0,010	-	-
4-Chlor-2-methylphenoxyessigsäure	ug/l	2076	0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Dicamba	ug/l	2077	0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Dichlorphenoxyessigsäure, 2,4-	ug/l	2078	0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Mecoprop	ug/l	2078	0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Dichlorprop	ug/l	2079	0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Bentazon	ug/l	2033	0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,10

Tabelle A2: Bei der **Beprobung 2004** häufig auftretende Bestimmungsgrenzen sowie Warnwerte (WW) des Grundwasserüberwachungsprogramms und Grenzwerte (GW) nach Trinkwasserverordnung vom 21.05.2001, soweit nicht anders angegeben. (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. Die Anzahl der vorkommenden Werte „> BG“ ergibt sich aus der statistischen Übersicht des Gesamtmessnetzes (Kap. 3.2). 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 Trinkwasserverordnung vom 21.05.2001 bzw. der WRRL entnommen. Die Grenzwerte gelten für Trinkwasser mit Ausnahme der Grenzwerte für Nitrat und Pflanzenschutzmittel, welche in der WRRL auch für das Grundwasser festgeschrieben sind. 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. Die Trinkwasserverordnung vom 05.12.1990 war bis zum 31.12.2002 gültig, ab 01.01.2003 gilt die Trinkwasserverordnung vom 21.05.2001.
- Warnwerte (WW) wurden im Rahmen des Grundwasserüberwachungsprogramms 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 anhand von Messstellenpunkten (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 fünf bis sechs aus den nachfolgend genannten sechs Klassen verwendet. Für die verschiedenen Konzentrationsklassen, ausser wenn anders vermerkt, gilt folgende Farbcodierung:

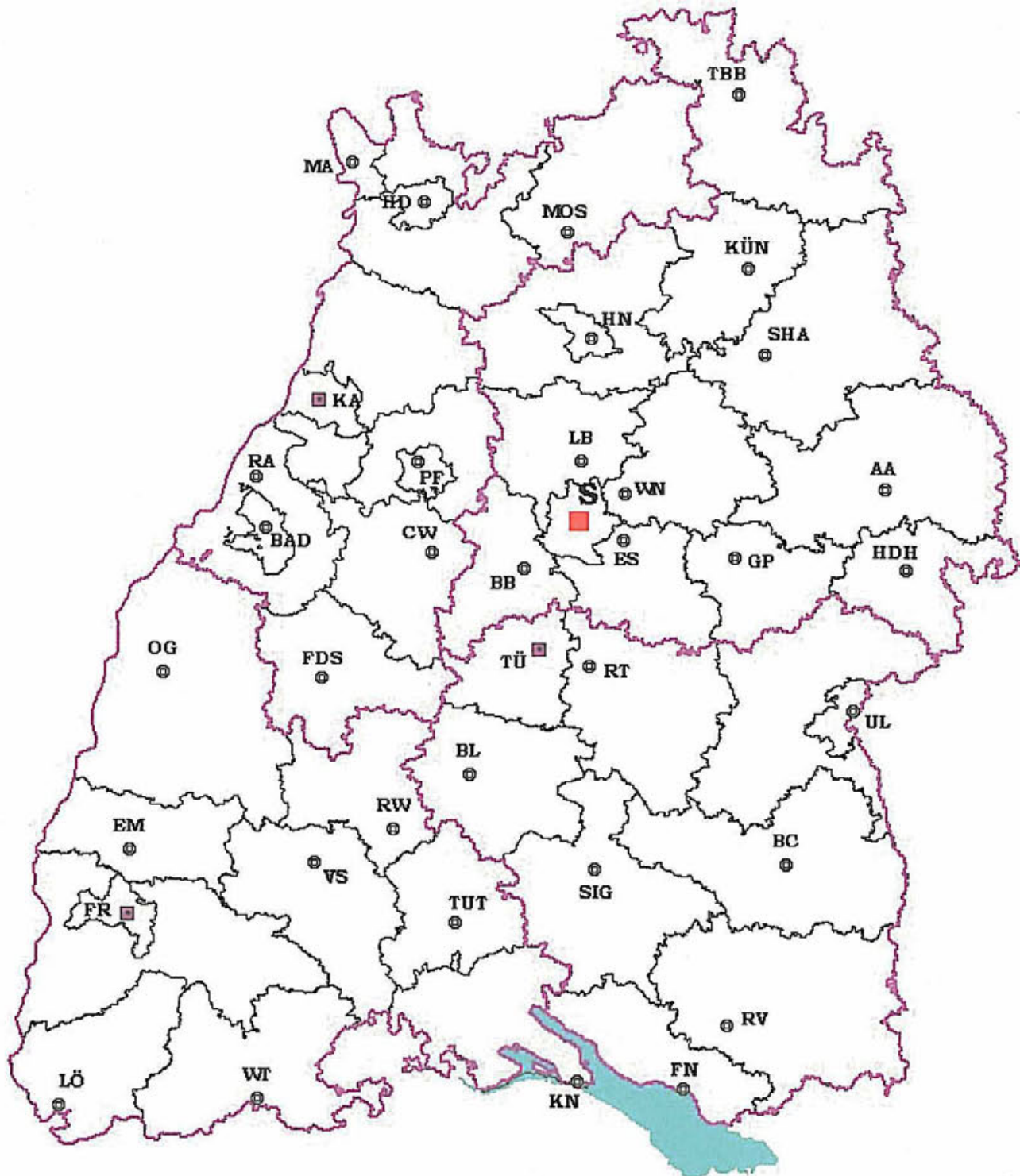
- |   |   |  |
|---|---|--|
| • Hellblau, oder kleiner grauer o. weißer Punkt | = | geogene Hintergrundbeschaffenheit oder bei grundwasserfremden Stoffen Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze  |
| • Dunkelblau                                    | = | Konzentrationen bis etwas oberhalb der Hintergrundbeschaffenheit   |
| • grün  | = | Konzentrationen merklich oberhalb der Hintergrundbeschaffenheit oder bei grundwasserfremden Stoffen geringfügig erhöhte Konzentrationen  |
| • gelb  | = | Konzentrationen erheblich oberhalb der Hintergrundbeschaffenheit oder bei grundwasserfremden Stoffen merklich erhöhte Konzentrationen (bei Nitrat > 35 mg/l bis ≤ 50 mg/l, Nitratwarnwert = 40 mg/l) |
| • orange  | = | Überschreitung des Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms (Ausnahme Nitrat s. gelb) bzw. deutlich erhöhte Konzentrationen (beim pH-Wert: Überschreitung des oberen Grenzwertes von 9,5)     |
| • rot   | = | Überschreitung des Grenzwertes der neuen Trinkwasserverordnung ab 2003 bzw. stark erhöhte Konzentrationen (beim pH-Wert: Unterschreitung des unteren Grenzwertes von 6,5)                            |
| • violett                                       | = | Überschreitung des Grenzwertes der alten Trinkwasserverordnung von 1990 gültig bis Ende 2002   |
| • schwarzer Punkt                               | = | variabel   |

O.g. Farbcodierung gilt nicht für Karten mit regionalisierten Konzentrationsdarstellungen. Aus der o.g. 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 von „0,03 µg/l“ als positiver Befund, andererseits ein größerer Wert von „< 0,05“ µg/l als negativer Befund betrachtet wird.

## A 7 Kopiervorlage mit Land- und Stadtkreisen zur Erstellung einer Orientierungsfolie für die Konzentrationskarten



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











