

Grundwasser- überwachungsprogramm Ergebnisse der Beprobung 2001



Grundwasser- überwachungsprogramm Ergebnisse der Beprobung 2001



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

Karlsruhe 2002

Impressum

Herausgeber	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 76157 Karlsruhe • Postfach 21 07 52 http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de
ISSN	1437-0131 (Bd. 21, 2002)
Bearbeitung	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg Abteilung 4 - Wasser und Altlasten
Umschlaglayout	Stephan May • Grafik-Design, 76227 Karlsruhe
Titelbild	Jutta Ruloff • Dipl. Designerin, 76275 Ettlingen
Druck	Greiserdruck, 76437 Rastatt
Umwelthinweis	gedruckt auf Recyclingpapier aus 100 % Altpapier
Bezug über	Verlagsauslieferung der LfU bei JVA Mannheim – Druckerei, Herzogenriedstr. 11, 68169 Mannheim Telefax: 0621 / 398-370
Preis	15,- Euro

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

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	6
Die wichtigsten Ergebnisse im Überblick	7
1 Grundwassermessnetz Baden-Württemberg	16
1.1 Zielsetzung	16
1.2 Organisation des Landesmessnetzes	16
1.3 Organisation des Kooperationsmessnetzes	17
1.4 Qualitätssicherungen im Rahmen des Messnetzbetriebes	17
1.4.1 Stammdaten der Messstellen	17
1.4.2 Messwerte zur Grundwasserbeschaffenheit	20
1.5 Datenverarbeitung für das Grundwassermessnetz	20
2 Das Grundwasser 2001 in Baden-Württemberg	23
2.1 Hydrologische Situation	23
2.2 Grundwasserneubildung aus Niederschlägen	25
2.3 Die Grundwasservorräte 2001 in Baden-Württemberg	27
2.3.1 Datengrundlage und allgemeine Zustandsbeschreibung	27
2.3.2 Überregionale Grundwasserverhältnisse	27
2.4 Nitrat	31
2.4.1 Statistische Kennzahlen für die verschiedenen Emittentengruppen	31
2.4.2 Räumliche Verteilung	31
2.4.3 Kurzfristige zeitliche Veränderungen (Vergleich zum Vorjahr)	33
2.4.4 Mittelfristige Veränderungen	34
2.4.5 Nitratentwicklung innerhalb und außerhalb von Wasserschutzgebieten	37
2.4.6 Tiefes Grundwasser	37
2.4.7 Bewertung	38
2.5 Pflanzenschutzmittel (PSM)	39
2.5.1 Zulassung, Verwendung, Klassifizierung, Umweltrelevanz	39
2.5.2 Probennahme und Analytik	40
2.5.3 Bisher untersuchte Wirkstoffe	42
2.5.4 Triazine	42

2.5.5	Phenylharnstoffe und andere stickstoffhaltige Herbizide	48
2.5.6	Weitere Herbizide und Fungizide	52
2.5.7	Bewertung der derzeitigen Gesamtsituation	53
2.6	LHKW - Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe, Vinylchlorid (Chlorethen)	55
2.6.1	Problembeschreibung, Bedeutung	55
2.6.2	Probennahme und Analytik	57
2.6.3	Bisher untersuchte Stoffe	58
2.6.4	Landesweite Situation, räumliche Verteilung	58
2.6.5	Tendenzen, Bewertung	62
2.7	MKW - Mineralölkohlenwasserstoffe	78
2.7.1	Problembeschreibung, Bedeutung	78
2.7.2	Probennahme und Analytik	78
2.7.3	Landesweite Situation, räumliche Verteilung, Bewertung	80
2.8	PAK - Polyzyclische aromatische Kohlenwasserstoffe	82
2.8.1	Problemstellung, Bedeutung	82
2.8.2	Probennahme und Analytik	83
2.8.3	Landesweite Situation, räumliche Verteilung, Bewertung	84
2.9	MTBE - Methyl-tertiär-butylether - Untersuchungen in 2001	101
2.9.1	Benzinzusatz MTBE	101
2.9.2	Ergebnisse	101
2.9.3	Bewertung	102
2.10	Vergleichsuntersuchungen: TOC / DOC, TON / DON, ortho-Phosphat / Gesamtphosphor, SAK-254, Permanganat-Index	103
2.10.1	Aufgabenstellung	103
2.10.2	Probenvorbehandlung	104
2.10.3	Ergebnisse	105
2.10.4	Zusammenfassung und Bewertung	109
2.11	Versauerung - pH-Wert	110
2.11.1	Problembeschreibung, Bedeutung	110
2.11.2	Landesweite Situation, räumliche Verteilung, Tendenzen, Bewertung	110

3	Statistische Übersichten der Teilmessnetze	114
3.1	Trendmessnetz (TMN) – Menge - Grundwasser und Quellen	114
3.2	Gesamtmessnetz - Beschaffenheit	116
3.3	Basismessnetz (BMN)	118
3.4	Rohwassermessstellen (RW)	120
3.5	Emittentenmessstellen Landwirtschaft (EL)	122
3.6	Emittentenmessstellen Industrie (EI)	124
3.7	Emittentenmessstellen Siedlung (ES)	126
3.8	Quellmessnetz (QMN)	128
4	Ausblick und Berichtswesen	130
5	Literaturverzeichnis	133
5.1	Grundwasserüberwachungsprogramm Baden-Württemberg - Ergebnisse	133
5.2	Fachspezifische EDV - Fachanwendungen	135
	Anhang	137
A 1	Messstellenarten	137
A 2	Messprogramme im Herbst 2001	137
A 3	Statistische Verfahren	138
A 3.1	Rangstatistik	138
A 3.2	Rangstatistik und Boxplot	138
A 3.3	Zeitreihenstatistik: Trends an konsistenten Messstellengruppen	139
A 4	Bestimmungsgrenze, Rechenvorschriften, Grenzwert, Warnwert	139
A 5	Darstellung von Konzentrationen in Karten	141
A 6	Hinweise zu den Statistiktabelle	141
A 7	Kopiervorlage mit Land- und Stadtkreisen zur Erstellung einer Orientierungsfolie für die Konzentrationskarten	142

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 vom 05.12.1990
GWDB	=	Grundwasserdatenbank der Wasserwirtschaftsverwaltung
GWD-WV	=	Grundwasserdatenbank Wasserversorgung
LABDÜS	=	Labordatenübertragungssystem
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 oder 2001
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, Alllasten, Boden
WVU	=	Wasserversorgungsunternehmen
WW	=	Warnwert des Grundwasserbeschaffenheitsmessnetzes

Chemische Parameter:

AOX	=	Adsorbierbare, organisch gebundene Halogene
DOC	=	Gelöster organischer Kohlenstoff
DON	=	Gelöster organischer Stickstoff
BTXE	=	Benzol, Toluol, Xylole, Ethylbenzol (Bestandteil des Ottokraftstoffes, organische Lösemittel)
DEA	=	Desethylatrazin
EDTA	=	Ethylendiamintetraessigsäure (organischer Komplexbildner)
LHKW	=	Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (organische Lösemittel)
MKW	=	Mineralölkohlenwasserstoffe (Benzin, Heizöl, Dieselmotortreibstoff, Schmieröl, u.a.)
MTBE	=	Methyl-tertiär-butylether (Benzinzusatz)
NTA	=	Nitritriessigsäure (organischer Komplexbildner)
o-PO4	=	(gelöstes) ortho-Phosphat
PAK	=	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
P-Ges.	=	Gesamtphosphor
PSM	=	Pflanzenschutzmittel
SAK	=	Spektraler Absorptionskoeffizient
TOC	=	Gesamter organischer Kohlenstoff
TON	=	Gesamter organischer Stickstoff
VC	=	Vinylchlorid (Chlorethen)

Die wichtigsten Ergebnisse im Überblick

Der Überblick über die **Grundwassermengensituation** des Landes basiert für den vorliegenden Bericht auf den Daten von rund 220 Trendmessstellen.

Die Daten von weiteren rund 2.550 Landesmessstellen wurden erfasst und ausgewertet. Diese Daten spielen bei der Grundwasserbewirtschaftung und den zur Bilanzierung eingesetzten großräumigen Grundwassermodellen eine bedeutende Rolle.

Die **Grundwasserbeschaffenheit** wurde an insgesamt 2.655 verschiedenen Messstellen des Landesmessnetzes untersucht. Die Untersuchungskosten an 2.113 Messstellen trägt das Land. Die Wasserversorgungswirtschaft stellte 1.010 Analysedaten von insgesamt 795 Messstellen als Kooperationsbeitrag zur Verfügung.

Nachdem 1998 die industrierelevanten, 1999 die „geogenen“ und 2000 die landwirtschaftstypischen Parameter untersucht wurden, standen 2001 wieder die industrietypischen Untersuchungen im Vordergrund. Nitrat und die Pflanzenschutzmittelproblematik wurden weiterhin intensiv untersucht.

Die quantitative Grundwassersituation des Jahres 2001 stellt sich wie folgt dar:

- Die Jahressummen der **Niederschläge** entsprachen insgesamt langjährig überdurchschnittlichen Verhältnissen. Die Monate März und September zeichnen sich dabei durch allgegenwärtig hohe Niederschlagsmengen aus. Die Niederschlagsmengen der Monate Juli und August waren dagegen allgemein unterdurchschnittlich.
- Der Jahresgang der **Grundwasserneubildung** entsprach der erwartungsgemäßen Dynamik. Die anhaltend trockenen Sommermonate führten zu ausgeprägten Ausfallzeiten der Lysimeter in Oberrhein und Illertal. Die März- und Septemberrniederschläge verursachten im Frühjahr und zum Jahresende beträchtliche Versickerungsraten.

- Insgesamt waren die **Grundwasserstände** und **Quellschüttungen** im Jahr 2001 überdurchschnittlich, lagen mit Ausnahme des südöstlichen Landesteils auf insgesamt höherem Niveau als im Vorjahr.
- Die **kurzfristige Entwicklung (10 Jahre)** ist mit wenigen Ausnahmen steigend.
- Bei der **mittelfristigen Entwicklung (20 Jahre)** wird der im vergangenen Jahr erstmals festgestellte Wendepunkt bestätigt: Der Trend ist in allen Landesteilen ausgeglichen.
- Die **langfristige Entwicklung (50 Jahre)** der Grundwasserstände ist aber nach wie vor überwiegend fallend.

Die qualitative Grundwassersituation des Jahres 2001 stellt sich wie folgt dar:

- Bei den langlebigen Chlorierten Kohlenwasserstoffen (CKW) wird an jeder dritten Messstelle mindestens ein Stoff aus der **Summe der vier Leichtflüchtigen Halogenierten Kohlenwasserstoffe (LHKW)** gefunden. Die landesweite Nachweisquote ist damit zweistellig (33,8%) und sehr hoch. An jeder achtzehnten Messstelle (5,5%) wird der Grenzwert der aktuellen TrinkwV von 1990 überschritten. Durch die zukünftige TrinkwV ab 2003 entfällt der o.g. Summenparameter aus vier Stoffen und wird durch die Summe der zwei häufigsten Kohlenwasserstoffe TRI und PER ersetzt. Die zukünftige Anwendung dieses neuen Summenparameters wird jedoch zu nahezu keiner zahlenmässigen Änderung der o.g. Bewertung ab 2003 führen.

In Industrie- und Siedlungsbereichen existieren sehr hohe zweistellige Nachweisquoten der Summe LHKW von 50 bis 70 % mit Grenzwertüberschreitungsquoten von 10 bis 16 %.

Auch in Bereichen der Trinkwasserversorgung - im noch nicht für die Trinkwasserversorgung aufbereitetem Rohwasser - ist die

Nachweishäufigkeit mit etwa 20 % zweistellig und damit hoch. Jedoch ist hier die Anzahl der Grenzwertüberschreitungen mit nur etwa 1% sehr gering.

Bei den stark belasteten Grundwassermessstellen mit hohen grenzwertüberschreitenden Konzentrationen bei der Summe der vier LHKW nach der aktuellen TrinkwV 1990 macht sich jedoch gegenüber den Vorjahren ein deutlicher Belastungsrückgang bemerkbar. Dies kann auf den Erfolg der mittlerweile wirksam werdenden Sanierungsmaßnahmen in Begleitung von natürlichen Verdünnungsprozessen zurückgeführt werden.

Auch 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.

- Die LHKW-Hauptbelastungseinzelstoffe **PER** und **TRI** werden mit landesweit zweistelligen Nachweisquoten von 20 bis 30 % gefunden.

In Industrie- und Siedlungsbereichen existieren sehr hohe TRI- und PER-Nachweisquoten von 35 - 60 % und sehr hohe, auch zweistellige Warnwertüberschreitungsquoten bis zu 18 %.

Tetrachlorethen („**PER**“) ist der am häufigsten nachweisbare LHKW-Einzelstoff mit einer über die letzten zehn Jahre nur leicht gesunkenen, nahezu unveränderten und immer noch anhaltend sehr hohen Einzelstoffnachweishäufigkeit von landesweiten 29 %. An 6,5 % aller Messstellen wird der Warnwert überschritten.

Die Nachweisquote von PER mit 29 % ist in 2001 aufgrund der im letzten Jahrzehnt nachlassenden Belastung mit Pflanzenschutzmitteln nun erstmals höher als die eines Pflanzenschutzmittels oder eines seiner Abbauprodukte. So war beim letzt möglichen Vergleich mit der Beprobungsrunde 1998 die Nachweisquote von „Desethylatrazin-DEA“ mit 34 % (1998) noch höher als die von „PER“ mit 29 % (1998). Heute in 2001 liegt die Nachweisquote von DEA mit 23,9 %

niedriger als die PER-Nachweisquote von gegenüber 1998 unveränderten 29 %.

- Die Grundwasserbelastung mit **weiteren LHKW**, welche für die aktuelle Trinkwasserverordnung eine Rolle spielen, ist unterschiedlich. **Dichlormethan** wird landesweit an nur drei Messstellen gefunden (0,1 %), an keiner Messstelle wird der Warnwert überschritten. **Tetrachlormethan** wird landesweit an 34 Messstellen (1,4 %) mit nur 2 Grenzwertüberschreitungen im Siedlungs- und Industriebereich nachgewiesen (0,1 %). **1,1,1-Trichlorethan** wird landesweit an 170 Messstellen nachgewiesen (6,9 %), mit sehr hohen Teilmessnetznachweisquoten im Siedlungs- und Industriebereich von 10 bis 20 %. Es liegen aber landesweit an nur 7 Messstellen Warnwertüberschreitungen vor (0,3 %).

Die Grundwasserbelastung mit **Trichlormethan (Chloroform)**, welches in der zukünftigen Trinkwasserverordnung ab 2003 als einer von mehreren Einzelstoffen in den neuen Parameter „Summe der Trihalogene“ eingeht, liegt auf geringem oder mittlerem Niveau. Chloroform wird an 185 Messstellen nachgewiesen. Die landesweite Nachweisquote ist mit etwa 8 % relativ hoch, mit z.T. höheren Teilmessnetznachweisquoten im Siedlungs- und Industriebereich von etwa 10 %. Daher sind für diese Chloroformbefunde in diesen Teilmessnetzen industrielle und siedlungsbedingte Ursachen, wie Deponien, Altlasten und Schadensfälle wahrscheinlich. Landesweit liegen aber an nur drei Messstellen Warnwertüberschreitungen vor (0,1 %). Der Grenzwert der zukünftigen TrinkwV ab 2003 für die Summe der Trihalogene mit Probennahme am Zapfhahn (0,050mg/l) wird von Chloroform landesweit an keiner Messstelle überschritten, der zweite Grenzwert von 0,010 mg/l mit Probennahme am Wasserwerksausgang auch nicht.

Im Rohwassermessnetz wird an insgesamt 39 Messstellen Chloroform gefunden. Davon sind offenbar 16 Messstellen durch Chloroform aus Altlasten und Schadensfällen verunreinigt. An den restlichen 23 dieser

Messstellen deutet das Fehlen anderer LHKW auf die Chloroformherkunft aus notwendigen Desinfektionsmaßnahmen in Bauwerken der Wasserversorger hin, wie z.B. auf die Desinfektion von Quellschächten. Jedoch wird hier nur einmal der Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms überschritten. Der Grenzwert der zukünftigen TrinkwV ab 2003 für die Summe der Trihalogene wird nie überschritten. Dies zeugt vom verantwortungsbewussten Umgang mit den Desinfektionsmitteln seitens der Wasserwerke.

- Im Hinblick auf die Umsetzung der EU-Trinkwasserrichtlinie in nationales Recht wurde der neue Parameter **Vinylchlorid (VC, Chlorethen)** pilotmäßig erstmals an nahezu 500 Messstellen untersucht. VC kann einerseits direkt bei der industriellen Herstellung von PVC-Material ins Grundwasser gelangen, andererseits kann es aber auch indirekt als Abbauprodukt von LHKW-Verunreinigungen mit TRI und PER im Grundwasser entstehen. Wie die anderen LHKW steht auch VC im Verdacht krebserregend zu sein, deshalb sieht die EU-Richtlinie und die zukünftige deutsche Trinkwasserverordnung ab 2003 einen Grenzwert von 5 µl vor.

VC findet sich an etwa 20 Messstellen (etwa 4 %) im Bereich unterhalb von Altablagerungen, Deponien, Industrieanlagen, Gewerbeansiedlungen und Schadensfällen. Bei gleich 80 % dieser Fälle wird der Grenzwert der zukünftigen TrinkwV und der Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms überschritten.

Die gleichzeitig meist vorhandene Sauerstoffarmut und oftmalige Anwesenheit des anderen LHKW-Abbauprodukts cis-1,2-Dichlorethen verweisen eher auf die Herkunft des Vinylchlorids aus Abbauvorgängen von anderen LHKW als auf direkte VC-Verunreinigungen.

Die VC-Ergebnisse untermauern die Erkenntnis, dass die Konzentrationen des Abbauprodukts VC nicht immer kleiner als die Konzentrationen der Ausgangs-LHKW sein

müssen. In Einzelfällen ist die VC-Konzentration grösser als die Summe der vier LHKW n. TrinkwV 1990. Daher kann die Aufnahme von VC als neuem Parameter in die EU-Trinkwasser-Richtlinie und in die neue deutsche Trinkwasserverordnung begrüßt werden.

Weiterhin kann VC in Einzelfällen hohe Konzentrationen über dem LHKW-Summen-Grenzwert nach TrinkwV 1990 erreichen, obwohl bei diesem Parameter keine Grenzwertüberschreitung vorliegt.

- Erstmals wurde an den Landesmessstellen die flächenhafte landesweite Belastung mit **Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW)** untersucht. Es wurde das neue DEV-Analytikverfahren H 53 zur Bestimmung des Kohlenwasserstoff-Index angewandt, für welches kein TrinkwV-Grenzwert existiert. An 14 Messstellen werden MKW gefunden, d.h. an 0,7 % aller Landesmessstellen. Die meisten Nachweise finden sich erwartungsgemäß im Industrie- und Siedlungsbereich, aber vereinzelt auch an Messstellen mit landwirtschaftlichem oder waldbedecktem Einzugsgebiet. Hier könnten u. U. im Einzugsgebiet gelegene lokale Emittenten wie Deponien, Altablagerungen, erdölverarbeitende Betriebe und Öltransportleitungen, Flugplätze und Straßen als Ursachen in Frage kommen. An fünf Messstellen wird der Warnwert überschritten.
- Erstmals wurde an den Landesmessstellen die flächenhafte landesweite Belastung mit **Polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK)** untersucht. PAK werden mit einer hohen landesweiten Nachweisquote an etwa fünf Prozent aller Messstellen gefunden, offenbar hauptsächlich abstromig von Altablagerungen und ehemaligen Depo-nien - auch unterhalb von mineralölverarbeitenden Betrieben und Tankstellen, nicht nur in Siedlungsgebieten, sondern auch im ländlichen Raum. Jedoch ist die Anzahl der landesweiten Grenzwertüberschreitungen der Summe PAK n. aktueller TrinkwV mit 0,5 % gering.

Zur landesweiten Hauptbelastung trägt hauptsächlich der PAK-Einzelstoff **Fluoranthen** bei. Die sehr häufigen Nachweise anderer für die Trinkwasserverordnungen von 1990 und 2001 nicht relevanter PAK-Einzelstoffe (PAK n. EPA) sind sehr auffällig. So sind Naphthalin und Phenanthren häufiger im Grundwasser zu finden als die sechs Einzelstoffe nach TrinkwV von 1990.

Aus Sicht des Grundwasserschutzes ist der zukünftige Wegfall von Fluoranthen als Bestandteil des PAK-Summen-Grenzwertes in der zukünftigen TrinkwV ab 2003 unverständlich. Denn Fluoranthen ist bisher der PAK-Einzelstoff, der aufgrund seiner Nachweishäufigkeit und der Höhe der Befunde am häufigsten zu trinkwasserrelevanten Grenzwertüberschreitungen der Summe PAK nach der alten TrinkwV von 1990 führte und damit auch zum Ausschluss von für die Trinkwasserversorgung nicht geeignetem Grundwasser.

- Die Untersuchungen von 1999 und 2000 auf den Kraftstoffzusatz **Methyl-tertiär-butylether (MTBE)** an 26 besonders gefährdeten Messstellen wurden im Jahr 2001 auf 46 weitere Messstellen ausgedehnt. In vier Fällen, d.h. an 8,7 % der untersuchten Messstellen, war MTBE nachweisbar, aber im Gegensatz zu den letzten beiden Jahren nur in niedrigen Konzentrationen knapp über der analytischen Bestimmungsgrenze von 0,2 µg/l. Parallelanalysen auf BTEX und Mineralölkohlenwasserstoffe waren negativ. Aufgrund der Lage der Messstellen auf Industriegeländen und auf einer militärischen Altanlage können jedoch Kraftstoffversickerungen nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Um nähere Erkenntnisse über diffuse MTBE-Einträge zu bekommen, ist geplant, bei der Herbstbeprobung 2002 die MTBE-Grundwasseruntersuchungen auf 350 - 500 Messstellen im Rheingraben, in der angrenzenden Vorgebirgszone und im Schwarzwald auszuweiten.
- **Nitrat** stellt nach wie vor die Hauptbelastung des Grundwassers in der Fläche dar.

- Die **Nitratbelastung** ist anhaltend hoch. An jeder zehnten Messstelle wird der Nitratgrenzwert der Trinkwasser- und der Nitratrichtlinie (50 mg/l) und an jeder sechsten Messstelle der Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms (40 mg/l) überschritten.

An den Emittentenmessstellen Landwirtschaft liegt die Überschreitungshäufigkeit des Warnwertes weiterhin mit 35,9 % deutlich höher als z.B. bei den Rohwassermessstellen mit 9,8 %.

Auffällig ist im Vergleich zum Vorjahr jedoch die Erhöhung der Belastung im oberen Konzentrationsbereich und dass sich die Abnahme der Konzentration im unteren Konzentrationsbereich nicht fortgesetzt hat.

Die regionalen Belastungsschwerpunkte liegen unverändert in den Räumen Markgräfler Land, Bruchsal/Mannheim/Heidelberg, Kraichgau, Stuttgart/Heilbronn, Main-Tauber-Kreis und Oberschwaben.

- Bei den **Pflanzenschutzmitteln** sind das seit 1991 verbotene **Totalherbizid Atrazin** bzw. sein Abbauprodukt **Desethylatrazin (DEA)** nach wie vor am häufigsten nachweisbar. Auch mehr als zehn Jahre nach dem Verbot finden sich diese Stoffe immer noch an 16,4 % bzw. 23,9 % aller Messstellen. Dies zeigt die umweltrelevante Langlebigkeit dieser Agrochemikalie auf.

Überschreitungen des Grenzwertes nach der Trinkwasserrichtlinie finden sich noch an 1,5 % bzw. 3,6 % aller Messstellen. Warnwertüberschreitungen finden sich an 2,1 % (Atrazin) bzw. an 4,8 % (DEA) aller Messstellen.

Im Vergleich zu den Vorjahren ergeben sich jedoch deutliche und erhebliche Abnahmen, sowohl bei der Nachweishäufigkeit als auch bei der Anzahl der Warn- und Grenzwertüberschreitungen, auch in landwirtschaftlichen Bereichen. Dies gilt auch für das andere Triazin **Simazin** und sein Abbauprodukt **Desethylsimazin** (Desisopropylatrazin). Gegenüber 2000 ist die landesweite Messstellenanzahl mit Grenzwertüberschreitungen von Desethylatrazin derart gesunken,

dass nicht mehr jede zwanzigste Messstelle betroffen ist, sondern nur noch jede achtundzwanzigste.

- Das Abbauprodukt **2,6-Dichlorbenzamid** des Totalherbizids Dichlobenil stellt sich weiterhin als problematisch dar, obwohl die in den letzten Jahren zunehmende landesweite Nachweisquote nun abnimmt und zwar von 6,7 % in 2000 auf 6,0 % in 2001. Wie schon in 2000 ist 2,6-Dichlorbenzamid auch in 2001 die PSM-Substanz mit der landesweit zweithäufigsten Warn- und Grenzwertüberschreitungsquote nach Desethylatrazin. Von allen dreizehn untersuchten PSM-Substanzen ist es am dritthäufigsten nachweisbar. 2,6-Dichlorbenzamid findet sich derzeit an jeder siebzehnten Messstelle, nicht nur in Weinanbauereichen, sondern auch im Siedlungs- und Rohwasserbereich.
- **Andere Totalherbizide** wie **Bromacil** bzw. **Hexazinon** sind hauptsächlich im Einzugsgebiet nichtlandwirtschaftlicher Flächen, wie Gleisanlagen, Betriebsflächen und Parkplätzen zu finden. Die Belastungen in 2001 sind aufgrund der Langlebigkeit dieser Wirkstoffe nach wie vor hoch, wie schon in 2000 und von 1994 bis 1996. Gegenüber 2000 sind die Nachweisquoten in 2001 gering um 0,2 % bis 0,4 % gesunken. An ein bis zwei Prozent aller Messstellen werden die Grenzwerte der aktuellen TrinkwV von 1990 überschritten. Die Anzahl der Grenzwertüberschreitungen ist in 2001 gegenüber 1995 jedoch stark gesunken: für Bromacil von 3,0 % auf 1,6 % bzw. für Hexazinon von 2,6 auf 1,0 %. Dies ist ein Erfolg der bundesweiten Anwendungseinschränkungen. Die generellen oder Teilanwendungsverbote bzw. die zurückgezogenen Zulassungen für diese Wirkstoffe sollten daher beibehalten werden.
- In 30 Grundwassermessstellen wurden die Parameter **TOC, DOC, DON, Permanganatindex, SAK-254, Gesamtphosphat und ortho-Phosphat** gemessen.
Die Ergebnisse sollen den Kenntnisstand zur Umsetzung der **Europäischen Wasserrahmenrichtlinie (WRRL)** zur Verbesserung

der Oberflächengewässerqualität hinsichtlich des **grundwasserbürtigen Nährstoffeintrags** unterstützen und zwar hinsichtlich der Frage, ob die bisherig üblichen Analysen auf gelöste Spezies wie ortho-Phosphat und DOC zur Eintragabschätzung ausreichend sind oder durch andere Parameter ausreichend repräsentiert werden können.

Die Stichprobenergebnisse zeigen:

- **Gesamter-Organischer-Kohlenstoff:** TOC/DOC - die Messung nur eines Parameters entweder TOC oder DOC ist ausreichend.
- **Gesamt-Organischer-Stickstoff:** TON- und DON-Gehalte sind mit Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze von 1 mg/l sehr gering. Die Erfassung der anorganischen Spezies Nitrit, Nitrat, Ammonium ist ausreichend.
- Ersatz durch andere Parameter: Es gibt keine allgemeingültigen Zusammenhänge zwischen **SAK-254 und Permanganat-Index** zu DOC und Gesamtphosphat. Die Messungen von SAK-254 und Permanganat können daher nicht durch die Messung anderer Parameter ersetzt werden und können diese auch nicht ersetzen.
- **Gesamtphosphat:** es besteht kein Zusammenhang zwischen den Gehalten an gelöstem ortho-Phosphat und Gesamtphosphat. Die Messung einer der beiden Parameter kann daher die Messung des anderen nicht ersetzen. Die Analytik auf Gesamtphosphat ergibt erheblich größere Konzentrationen als bei ortho-Phosphat.

Die Untersuchungen werden mit einem größeren Stichprobenumfang weitergeführt.

- Niedrige **pH-Werte** mit Grenzwertüberschreitungen werden wie schon in den letzten Jahren in Gebieten mit weichen Wässern im Schwarzwald und Odenwald gemessen.

Allerdings stagniert die Versauerungstendenz erfreulicherweise. Im Gesamtmessnetz wird der TrinkwV-Grenzwert von 6,5 pH an 7,1 % der Messstellen unterschritten. An vier dieser versauerungsgefährdeten Messstellen können gleichzeitige Überschreitungen des Aluminium-Grenzwertes der aktuellen Trinkwasserverordnung von 1990 beobachtet werden.

Fazit:

- Insgesamt bewegen sich die Grundwasserstände und Quellschüttungen im Jahr 2001 auf überdurchschnittlichem Niveau. Die Grundwasserneubildung fand hauptsächlich im Frühjahr und zum Jahresende statt.
- Die kurzfristige Entwicklung der letzten 10 Jahre ist mit wenigen Ausnahmen steigend.
- Die mittelfristige Entwicklung der letzten 20 - Jahre ist in allen Landesteilen generell ausgeglichen, wogegen der 50-Jahre-Trend immer noch fallend ist.
- Die flächenhafte Belastung mit leichtflüchtigen halogenierten Kohlenwasserstoffen (LHKW) ist nach wie vor sehr hoch. An jeder dritten Messstelle des Gesamtmessnetzes ist mindestens eines der vier LHKW der aktuellen TrinkwV von 1990 nachweisbar. Diese Nachweisquote ist nun seit nahezu zehn Jahren unverändert.
- Landesweite Grenzwertüberschreitungen für die Summe der vier LHKW der aktuellen TrinkwV von 1990 gibt es an jeder achtzehnten Messstelle. Auch mit der neuen Beurteilungsgrundlage der zukünftigen TrinkwV ab 2003 wird diese zahlenmäßig hohe Belastungssituation unverändert bleiben.
- In den LHKW-Hauptbelastungsbereichen sinken jedoch erfreulicherweise die sehr hohen Konzentrationen weiterhin. Nur noch an 16 % aller Messstellen im Industrie- und Gewerbebereich sind Grenzwertüberschreitungen der aktuellen TrinkwV von 1990 zu vermelden. 1992 waren es noch 24 %. Gründe dafür sind die seit Jahrzehnten in Baden-Württemberg bestehenden Sicherheitsmaßnahmen in Industrie und Gewerbe im Umgang mit wassergefährdenden Stoffen, welche das Entstehen neuer Schadensfälle vermeiden. Zusätzlich wirken sich an vielen Messstellen die mit finanzieller Unterstützung des Landes vor Jahren eingeleiteten Sanierungsmaßnahmen und der natürliche Verdünnungsprozess vermindern auf die hohen Konzentrationen aus.
- Tetrachlorethen („PER“) ist der am häufigsten nachweisbare LHKW-Einzelstoff mit einer über die letzten zehn Jahre unveränderten und immer noch anhaltend hohen Einzelstoffnachweishäufigkeit von landesweiten 29 %.
- Aufgrund der im letzten Jahrzehnt nachlassenden Belastung mit Pflanzenschutzmitteln ist die Grundwasserbelastung mit LHKW-Einzelstoffen - wie z.B. mit „PER“ - nun erstmals wieder höher als die eines Pflanzenschutzmittels oder eines seiner Abbauprodukte. Im Vergleich von PER mit anderen synthetischen Grundwasserbelastungen weist nur der Komplexbildner EDTA noch höhere Nachweishäufigkeiten auf, wie zuletzt in 1998 mit einer EDTA-Nachweisquote von 38% gemessen wurde.
- Deutlich geringer als bei TRI und PER ist die landesweite Belastung mit 1,1,1-Trichlorethan bzw. Trichlormethan (Chloroform) mit nur einstelligen Nachweisquoten von 7 - 8 % im Gesamtmessnetz und mit nur geringen Warnwertüberschreitungen von weniger als einem halben Prozent. Der Grenzwert der zukünftigen TrinkwV ab 2003 für die Summe der Trihalogene (Grenzwert ab Wasserwerk), in die Chloroform mit anderen LHKW eingeht, wird bei Chloroform nie überschritten. Häufigste Nachweisursachen sind offenbar Schadensfälle und Altlasten.

- Die Neuaufnahme des krebserregenden Vinylchlorids (VC) in die neue deutsche Trinkwasserverordnung ab 2003 ist auch aufgrund der baden-württembergischen Pilotbefunde begrüßenswert. VC kann in Einzelfällen hohe Konzentrationen über dem LHKW-Summen-Grenzwert erreichen, obwohl beim letzteren Parameter keine Grenzwertüberschreitung vorliegt. Im Nachweisfall von VC treten zu 80 % gleich Überschreitungen des neuen EU-Grenzwertes auf.

Die Herkunft des Vinylchlorids im Grundwasser ist offenbar hauptsächlich auf die Bildung von VC aus dem Abbau anderer LHKW-Verunreinigungen zurückzuführen, nicht auf direkte VC-Verunreinigungen aus Industrie und Gewerbe.

- Erstmals wurde an den Landesmessstellen die flächenhafte landesweite Belastung mit Mineralölkohlenwasserstoffen (MKW) untersucht. Zur Bestimmung wurde das neu eingeführte Analytikverfahren H 53 angewandt. Die landesweite flächenhafte Belastung mit Mineralölkohlenwasserstoffnachweisen an 0,7 % aller Messstellen ist nicht groß, abgesehen von einzelnen lokalen Verunreinigungen.
- Erstmals wurde an den Landesmessstellen die flächenhafte landesweite Belastung mit Polycyclischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) untersucht. PAK werden mit einer hohen landesweiten Nachweisquote an etwa fünf Prozent aller Messstellen gefunden, offenbar hauptsächlich abstromig von Altablagerungen und ehemaligen Deponien, nicht nur in Siedlungsgebieten, sondern auch im ländlichen Raum. Jedoch ist die Anzahl der landesweiten Grenzwertüberschreitungen mit weniger als einem Prozent gering. Die Nachweisquote ist damit nicht zweistellig wie bei einigen PSM und den LHKW.

Zur landesweiten Hauptbelastung trägt hauptsächlich der PAK-Einzelstoff Fluoranthen bei. Die sehr häufigen Nachweise anderer für die Trinkwasserverordnungen

von 1990 und 2001 nicht relevanter PAK-Einzelstoffe (PAK n. EPA) sind sehr auffällig. So ist Naphthalin und Phenanthren häufiger im Grundwasser zu finden als die sechs Einzelstoffe nach TrinkwV von 1990.

Aus Sicht des Grundwasserschutzes ist der zukünftige Wegfall von Fluoranthen als Bestandteil des PAK-Summen-Grenzwertes in der zukünftigen TrinkwV ab 2003 unverständlich, denn Fluoranthen ist bisher der PAK-Einzelstoff, der aufgrund seiner Nachweishäufigkeit und der Höhe der Befunde am häufigsten zu trinkwasserrelevanten Grenzwertüberschreitungen der Summe PAK nach der alten TrinkwV von 1990 und damit zum Ausschluss von für die Trinkwasserversorgung nicht geeignetem Grundwasser führte.

- Die Nitrat-Belastung ist nach wie vor flächenhaft hoch. Der Nitrat-Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms von 40 mg/l wird an 17 % aller Messstellen überschritten, also an fast jeder sechsten Messstelle, der Grenzwert der Trinkwasserverordnung an zehn Prozent aller Messstellen.
- Die Anzahl der Warn- und Grenzwertüberschreitungen bei Nitrat ist gegenüber dem Vorjahr nahezu unverändert. Auffallend sind die im Vergleich zum Vorjahr großen Belastungszunahmen im oberen Konzentrationsbereich.
- Der seit 1994 statistisch leicht fallende Nitrat-Trend bleibt trotz der Konstanz der Werte zwischen 2000 und 2001 erhalten und signifikant. Das mittlere Belastungsniveau liegt unter dem Niveau von 1992.
- Der seit 1994 statistisch feststellbare Trend tritt gleichermaßen innerhalb wie außerhalb von Wasserschutzgebieten auf.
- Auswirkungen der überdurchschnittlichen Sickerwassermenge des Frühjahrs 2001 lassen sich statistisch im Mittel nicht feststellen.
- Bei den Pflanzenschutzmitteln sind die Atrazin- bzw. Desethylatrazinbelastungen

immer noch so hoch, dass sie bei den Pflanzenschutzmitteln immer noch die Hauptbelastungen darstellen. Die Belastungen nehmen aber weiterhin deutlich und erheblich ab. Besonders erfreulich sind für beide Stoffe die sehr starken Abnahmen von 2000 auf 2001, wie auch für Simazin. Bei der Triazin-Belastung ist offenbar ein Wendepunkt erreicht. Die Abnahmen sind als umweltpolitischer Erfolg der baden-württembergischen und bundesweiten Atrazin-Verbote zu werten. Aber auch mehr als zehn Jahre nach dem Anwendungsverbot finden sich Atrazin und Desethylatrazin als „landwirtschaftliche Altlasten“ landesweit immer noch an jeder sechsten bzw. vierten Messstelle.

- Auch die aktuellen Belastungen durch die Totalherbizide Bromacil und Hexazinon, sind gegenüber 1994 stark gesunken.
- Das PSM-Abbauprodukt 2,6-Dichlorbenzamid ist wie schon in 2000 weiterhin die PSM-Substanz mit den landesweit zweithäufigsten Grenzwertüberschreitungen. 2,6-Dichlorbenzamid findet sich derzeit an jeder siebzehnten Messstelle, nicht nur in Weinanbaubereichen, sondern auch im Siedlungs- und Rohwasserbereich. Die Nachweishäufigkeit ist in 2001 gegenüber 2000 nur leicht gesunken.
- Mögliche Grundwasserbelastungen müssen weiterhin zur Nichtzulassung von PSM führen.
- Der für die Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) benötigte Analytikumfang zur Abschätzung des grundwasserbürtigen Nährstoffeintrags in die Oberflächengewässer muss um den Parameter Gesamtposphat erweitert werden. Die bisher im Grundwasserbereich allgemein übliche alleinige Analyse auf das gelöste ortho-Phosphat führt zu einer Minderbewertung des Phosphatnährstoffeintrags.
- Bei der Grundwasserversauerung kann es weiterhin keine Entwarnung geben. Die Versauerungstendenz stagniert gegenüber den letzten Jahren.
- Die in 2001 ausgeweiteten MTBE-Untersuchungen auf weitere Verdachtsmessstellen erbrachten in etwa 9 % der Fälle positive Befunde, aber keine so deutlich erhöhten Gehalte des Kraftstoffzusatzes MTBE wie in den letzten Jahren. Trotz des vorgefundenen eher niedrigen Belastungsbereichs und trotz der gleichzeitig negativen Befunde von BTEX und von Mineralölkohlenwasserstoffen können aufgrund der Lage der Messstellen direkte und punktuelle Versickerungen nicht gänzlich ausgeschlossen werden. Das MTBE-Programm wird zur Erfassung eines möglicherweise existierenden diffusen Eintrags in 2002 vorsorglich ausgeweitet.
- Die großräumigen industriellen und landwirtschaftlichen Belastungsverhältnisse des Grundwassers geben trotz einiger Verbesserungen bei der Belastungssituation mit einigen Pflanzenschutzmitteln weiterhin Anlass zur Besorgnis. Bereits eingeleitete Schutzmaßnahmen sind weiter zu verfolgen bzw. zu verbessern.

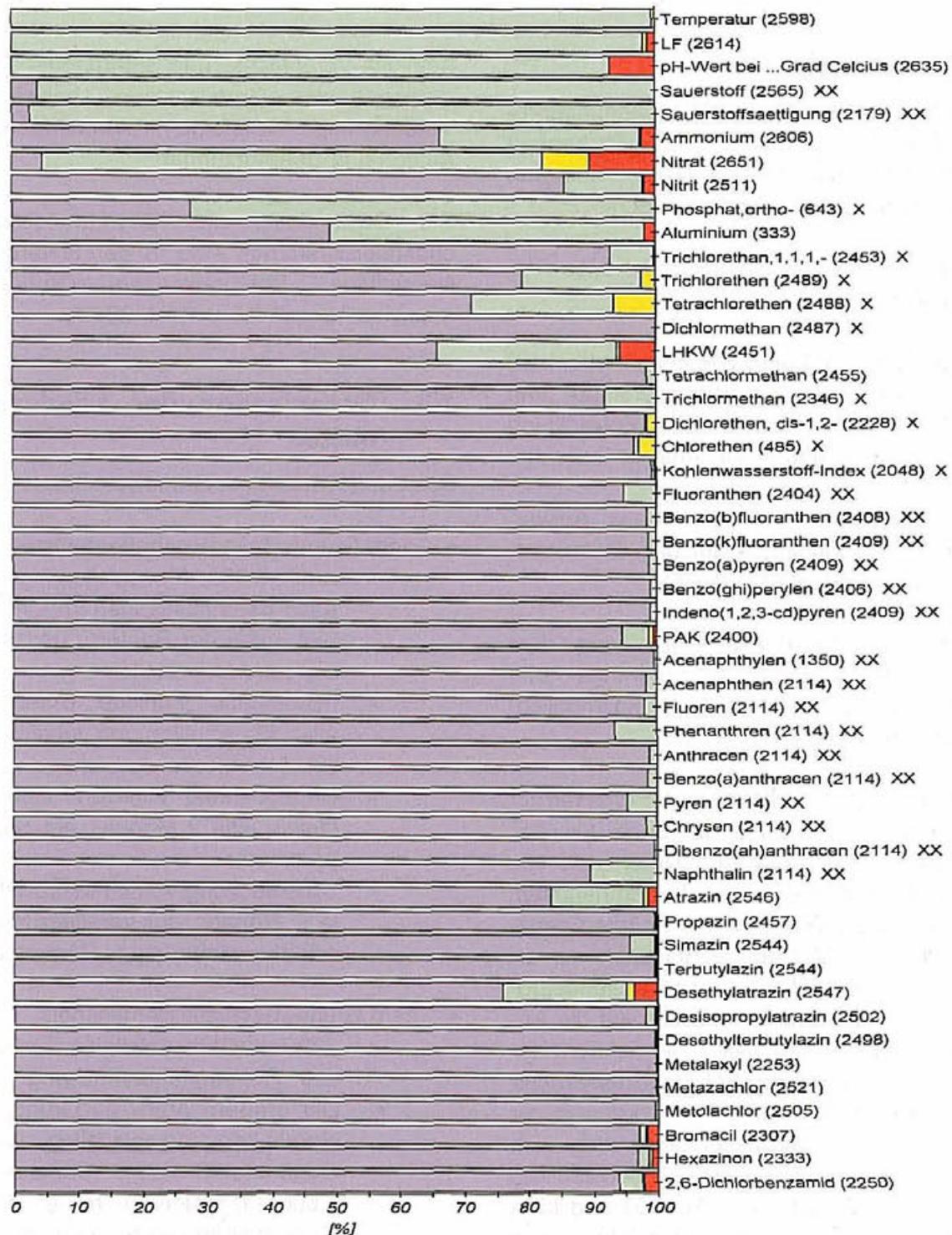


Abbildung 0.1: Übersicht über die Ergebnisse der Beprobung 2001: Prozentuale Verteilung der Messwerte (BG = Bestimmungsgrenze, WW = Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogrammes, GW = Grenzwert der Trinkwasserverordnung, < kleiner als, > größer als, ≤ kleiner gleich, ≥ größer gleich, in Klammern: Anzahl 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 flächenhaft repräsentative Daten erhoben, erfasst, aufbereitet, ausgewertet und verfügbar gemacht.

Das Grundwassermessnetz als Teil dieses Programmes soll

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

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

Seit Dezember 2000 werden mit der Wasserrahmenrichtlinie der EU 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 werden. Die neue EU-Trinkwasserrichtlinie von 1998 wurde mit der „Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung vom 21.05.2001“ in deutsches Recht umgesetzt. Die zukünftige TrinkwV gilt ab 01.01.2003 und führt zu z.T. erheblichen Änderungen hinsichtlich des Parameterumfangs und des Geltungsortes der Grenzwerte. Z.B. gelten die Grenzwerte mancher Stoffe am Zapfhahn des Verbrauchers.

Ein repräsentatives Grundwassermessnetz mit den zugehörigen Untersuchungsprogrammen, aktuellen Datendiensten und Bewertungen ist zugleich ein Frühwarnsystem für großräumige

natürlich verursachte und anthropogene Veränderungen des Grundwassers, beispielsweise Versauerung, Klimafolgen, Belastungsveränderungen und Übernutzungen.

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

1.2 Organisation des Landesmessnetzes

Das Landesmessnetz Grundwasser besteht aus:

- dem Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz:
 - rund 3.000 Messstellen, gegliedert nach Beeinflussungen im Eintragsgebiet, nach der Bauform und der Nutzung der Messstellen
 - mindestens jährliche Untersuchung aller Messstellen mit jährlich wechselndem Messprogramm
 - Untersuchung von rund 600 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 ist nicht Gegenstand dieses Berichts (rund 2.500 Messstellen), da er von den Gewässerdirektionen und den Bereichen hinsichtlich der Fragestellungen zum übergebietlichen Grundwasserschutz verwaltet wird.
- dem Quellschüttungsmessnetz
 - 200 Messstellen
 - z. Z. an rund 100 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 nur gemeinsam mit den Wasserversorgungsunternehmen weitergeführt werden.

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

Die dort eingehenden Daten werden der LfU für die landesweite Berichterstattung übermittelt. Die Ergebnisse der Wasserversorgungsunternehmen werden parallel in einem eigenständigen Bericht der GWD-WV dargestellt.

Zum Stichtag 20.02.2002 wurden aus der GWD-WV insgesamt 1.010 Analysen von 795 verschiedenen WVU-Messstellen (Fassungen der öffentlichen Wasserversorgung) bereitgestellt.

Davon konnten 164 Analysen von 126 Messstellen bei der LfU aus verschiedenen Gründen nicht ausgewertet werden (DV-technische Probleme, nicht eindeutige Messstellenzuordnung,

keine Zuordnung zu WVU, fehlende Stammdaten).

Letztlich konnten für das Jahr 2001 zusätzlich zu dem vom Land betriebenen Messnetz 846 WVU-Analysen von 669 verschiedenen WVU-Messstellen in die Grundwasserdatenbank der LfU eingelesen, ausgewertet und im vorliegenden Bericht interpretiert werden (Tab. 1.2.1).

Die regionale Verteilung dieser WVU-Kooperationsmessstellen zeigt Abbildung 1.3.1. Für 127 Messstellen liegen zu den Daten des Landes ergänzende Daten der WVU vor.

Mit anderen Partnern wie z. B. der Industrie oder der Landwirtschaft stehen Kooperationsbeiträge in wünschenswertem Umfang nach wie vor aus.

1.4 Qualitätssicherungen im Rahmen des Messnetzbetriebes

1.4.1 Stammdaten der Messstellen

Die seit 1997 laufende Überprüfung der Stammdaten der rd. 2.200 Landes-Grundwasser-Beschaffenheits-Messstellen ist abgeschlossen. Überprüft wurden insbesondere die Daten zu Bauformen, Ausbauten, Koordinaten, Probenahmestellen, Betreiberadressen, Ansprechpartnern und Nutzungen der Aufschlüsse. Abgeschlossen ist auch der Abgleich zwischen den Messstellenstammakten und dem Inhalt der Grundwasserdatenbank (GWDB). Für rund die Hälfte der 200 Trendmessstellen des Grundwasserstandsmessnetzes und für die 200 Quellen stehen für 2002 weitere Vor-Ort-Überprüfungen an.

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

Tabelle 1.2.1: Übersicht über die Teilmessnetze und ihre Messstellenanzahl in 2001.

Teilmessnetz		Anzahl der beprobten Messstellen 2001		
Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz	Abk.	Land	Kooperationsmessnetz	Gesamt
Basismessnetz	BMN	110		110
Rohwassermessstellen für die öffentliche Wasserversorgung	RW	163	542*	705
			(+ 126* + 127* = 795)	
Vorfeldmessstellen	VF	59		59
Emittentenmessstellen Landwirtschaft	EL	672		672
Emittentenmessstellen Industrie	EI	427		427
Emittentenmessstellen Siedlung	ES	427		427
Sonstige Emittentenmessstellen	SE	66		66
Quellmessnetz	QMN	189		189
Summe	Alle	2.113	542	2.655

Grundwassermengennessnetz		Anzahl der beobachteten Messstellen 2001		
Abk.	Trendmessnetz	Regionalmessnetz	Gesamt	
Grundwasserstand	ST	200	2.663	2.863
Quellschüttung	QS	17	174	191
Lysimeter	Lys	6	29	35
Summe	Alle	223	2.866	3.089

* Darüberhinaus liegen für weitere 127 Mst. zu den Daten des Landes ergänzende Daten der WVU vor. Bei weiteren 126 Messstellen der WVU gab es Probleme bei der Übertragung und Zuordnung, so dass sich der WVU-Kooperationsbeitrag auf insgesamt 795 Messstellen beläuft.

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
Messung	<p>Probennahme und Analytik durch chemische Labors. Nachweis der Qualifikation u. a. durch:</p> <ul style="list-style-type: none"> Regelmäßige erfolgreiche Teilnahme an der Analytischen Qualitätssicherung (AQS) mit Ringversuchen und externen Laborauditorierungen) Teilnahme an Probennahme-Lehrgängen der LfU 	Mengenmessung durch freiwillige oder vom Land verpflichtete Beobachter. Unterschiedlicher Datenfluss bei den „Trendmessstellen“ für die landesweite Zustandsbeschreibung und den „Regionalmessstellen“ für den übergebietlichen Grundwasserschutz.
Messstelleneigentümer	Größtenteils wird auf Messstellen zurückgegriffen, die nicht in Landesbesitz sind. Private, gewerbliche und kommunale Betreiber stellen die Messstellen zur Probennahme/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 der LfU per Diskette 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	Statistische und visuelle Plausibilisierungen beim Einlesen der Messwerte, ggf. Nachanalysen bei den Labors. Weiterhin: Mehrfachbestimmungen, vergleichende Untersuchungen, Analyse von Rückstellproben und Probennahmekontrollen vor Ort.	Visuelle Belegprüfungen, Plausibilitätsprüfung beim Einlesen, Kontrolle der Ganglinien, Zeitreihenanalysen sind vorgesehen.

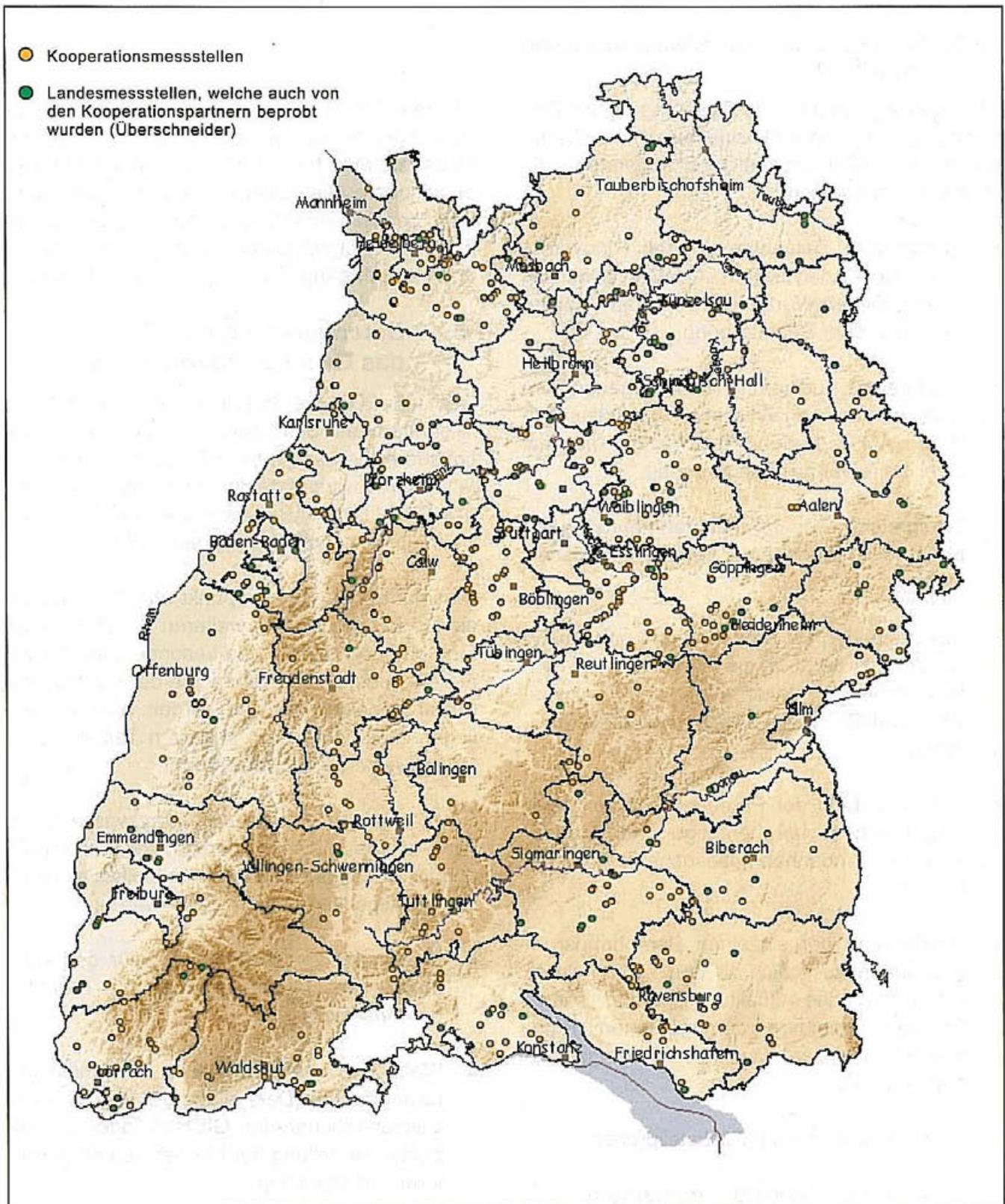


Abbildung 1.3.1: Kooperationsmessstellen der Wasserversorgungsunternehmen (WVU) im Rohwassermessnetz: Regionale Verteilung im Jahre 2001.

1.4.2 Messwerte zur Grundwasserbeschaffenheit

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

- Erfolgreiche Teilnahme an den Ringversuchen der Analytischen Qualitätssicherung (AQS) Baden-Württemberg in den beiden Jahren vor der Beauftragung.
- Erfolgreiche Auditierung (Laborbegehung) im Rahmen der Analytischen Qualitätssicherung (AQS) Baden-Württemberg maximal zwei Jahre vor der Beauftragung.
- Erfolgreiche Teilnahme an den Lehrgängen I und II für Probennehmer beim Grundwassermessnetz.
- Der „Leitfaden für 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 durch stichprobenartige und unangekündigte Probennahmebesuche vor Ort überprüft.
- Im Rahmen der einzelnen Beprobungsrunden finden zusätzlich zu den zentral durch die Analytische Qualitätssicherung (AQS) Baden-Württemberg durchgeführten Ringversuchen weitere Qualitätssicherungsmaßnahmen statt:
 - Entnahme von Rückstellproben
 - Vergleichende Untersuchungen
 - Nachuntersuchungen auffälliger Werte durch zusätzliche Probennahmen mit dreifach paralleler Analytik.

Ab dem Jahr 2002 wird als Qualifikation für einen Auftrag im Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz eine für Grundwasseruntersuchungen anwendbare Akkreditierung oder eine Zulassung nach der Trinkwasserverordnung Voraussetzung sein. Die erfolgreiche Teilnahme an den Probennehmer-Lehrgängen ist weiterhin erforderlich.

1.5 Datenverarbeitung für das Grundwassermessnetz

Das Jahr 2001 wurde genutzt, um bei 44 Landratsämtern und Stadtkreisen, 13 Gewässerdirektionsbereichen sowie bei der LfU die zweite Stufe der Grundwasserdatenbank (GWDB - Modul 8 des Projekts WAABIS - Wasser Abfall Altlasten Boden Informationssystem) einzuführen.

Diesmal lag der Schwerpunkt auf der automatisierten Erzeugung von weiteren Ergebnisberichten und Diagrammen, die besonders im Hinblick auf die neuen Regionalberichte der Gewässerdirektionsbereiche realisiert wurden. Auch der vorliegende Bericht wurde in weiten Teilen mit der Grundwasserdatenbank erzeugt.

Die in JAVA programmierte „Grundwasserdatenbank“ wurde in zwei weiteren Versionen im Mai und im November an die Dienststellen ausgeliefert, wichtige Neuerungen dabei waren:

- Erzeugung von Serienbriefen für den automatisierten Datenrücklauf an die Betreiber der Messstellen
- Weitere Diagrammformen: Ganglinien und Kartogramme (Darstellung der klassifizierten Konzentrationen im GISform oder klassifizierte Darstellung der Messstellen nach Bauform und Objekttyp)
- Ergänzung der Berichtsformen, z.B. für Sickerwassermengen- und Niederschlagsmengenmessungen oder Messstellenbeschreibungen. Außerdem wurde die Exportmöglichkeit aller Berichtsformen nach Excel ermöglicht.

- Interner Datenaustauschdienst zur Übertragung der Messstellenzuständigkeit oder zum Austausch von neuen Messwerten
 - Automatisierte Statistikberechnungen bei der Messwertselektion
 - Optimierungen bei der Benutzerführung hinsichtlich der Selektion von Messstellen und der besseren Verknüpfung von GIStern und GWDB
 - Manuelle Erfassung von Probennahmedaten und chemisch-physikalischen Messwerten ohne Labdüs (Labordatenübertragungssystem)
 - Ausbau des Verarbeitungs- und Auswerteteils für Entnahmemengen mit neuen Berichtsarten und Diagrammen
 - SchALVO-Modul zur Unterstützung der Einstufung von Wasserschutzgebieten für die Unteren Verwaltungsbehörden. Dabei werden die beiden Module 8 „GWDB“ und 7 „Gewässerinformationssystem Gewis“ eng aneinander gekoppelt.
 - Erzeugung von Isolinien aus Grundwasserstandsdaten im GIStern
 - Zuordnung, Haltung und Ausgabe von Messstellenfotos und Dokumenten in der Datenbank (Abb. 1.5.1).
- Damit stehen dem Sachbearbeiter alle wesentlichen Funktionen zur Datenerfassung, Datenauswertung bis hin zur automatisierten Erstellung von Karten Diagrammen und Berichten zur Verfügung.
- Dennoch werden im Jahr 2002 wiederum zwei Versionen mit Erweiterungen ausgeliefert. Für Mai 2002 wurden folgende Schwerpunkte gesetzt:

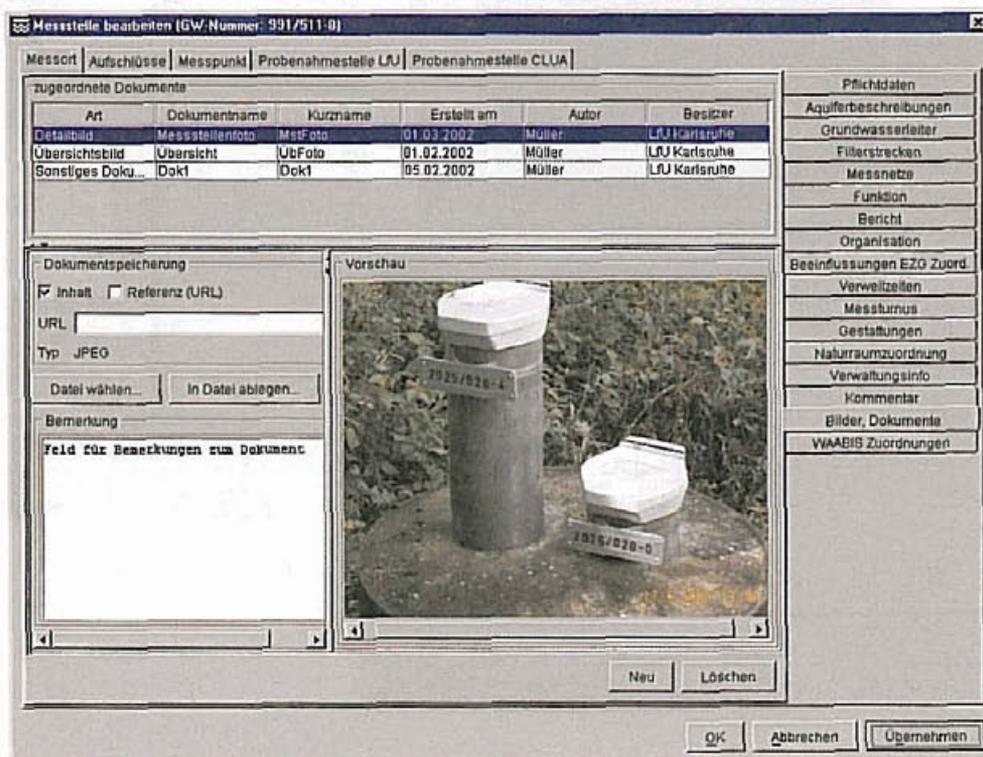


Abb. 1.5.1: Zuordnung von Messstellenfotos in der Grundwasserdatenbank.

Desweiteren wurde die neue Version des „Elektronischen Jahresdatenkatalogs Grundwasser 1995 – 2000“ als CD-ROM veröffentlicht.

Darin enthalten sind physikalisch-chemische Messwerte, Grundwasserstandsdaten und Quellschüttungen der Jahre 1995 bis 2000 aus dem Teil des Grundwassermessnetzes des Landes, der von der LfU betrieben wird. Weitere Messdaten können beim jeweils zuständigen Gewässerdirektionsbereich vorliegen.

Der Jahresdatenkatalog ist als Windows-Anwendung (Version 2 in Visual Basic) mit einer grafischen Benutzeroberfläche entwickelt wor-

den. Eine starke Anlehnung an die Oberfläche des Jahresdatenkatalogs „Beschaffenheit der Fließgewässer“ der LfU ermöglicht den dort gewohnten Zugang auch zu den Grundwasserdaten.

Diese lassen sich auf einfache Art und Weise selektieren und kartografisch, tabellarisch sowie als Diagramm darstellen. Für weitergehende Analysen oder aufwendige, grafische Auswertungen sind sie in andere Umgebungen wie MS-EXCEL, MS-ACCESS etc. exportierbar.

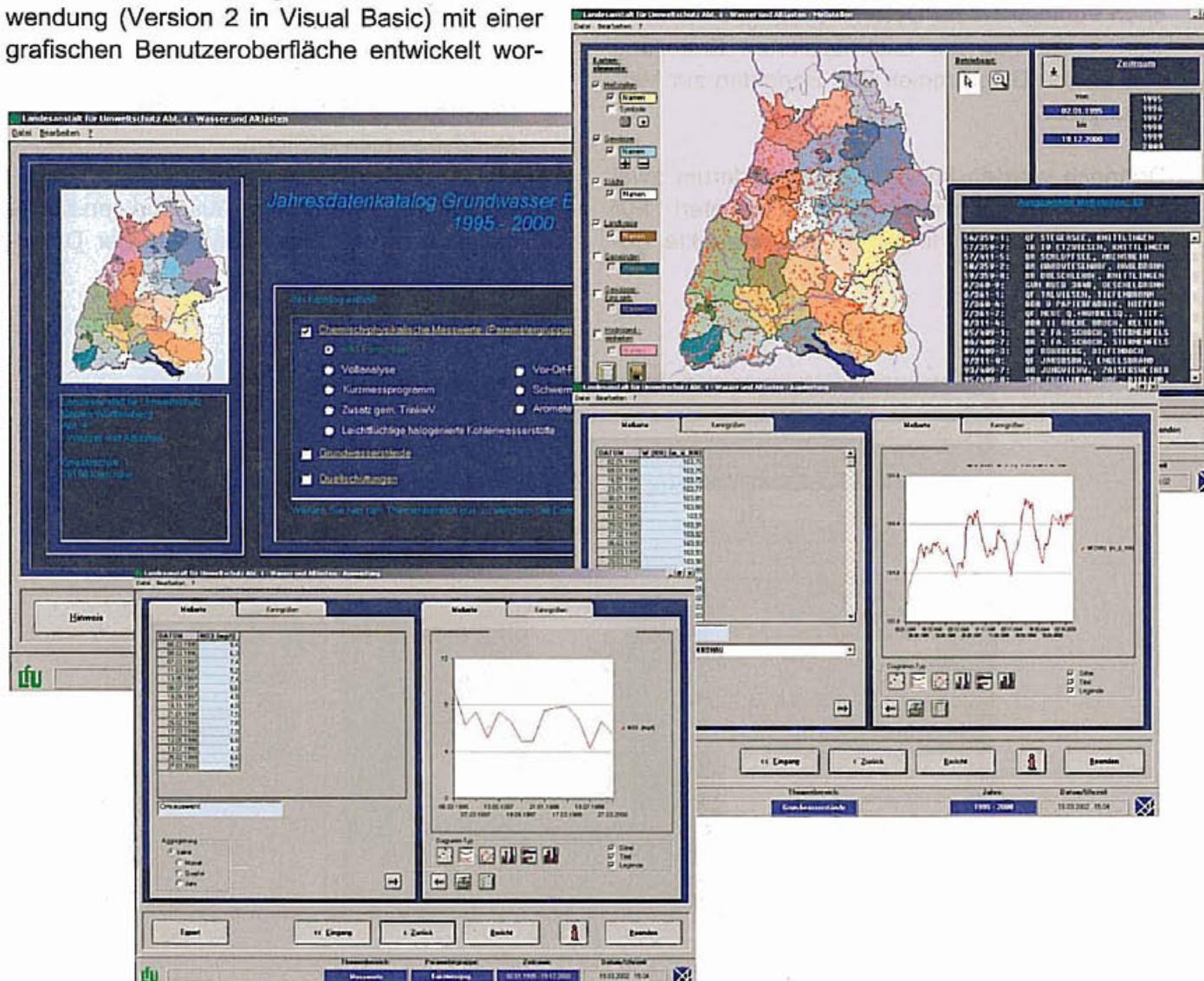


Abb. 1.5.2: Selektionsmasken und Auswertungen des Elektronischen Jahresdatenkatalogs.

2 Das Grundwasser 2001 in Baden-Württemberg

2.1. Hydrologische Situation

Das Jahr 2001 war im Vergleich zu den langjährig mittleren Verhältnissen deutlich überdurchschnittlich regenreich. Das Flächenmittel der Niederschlagshöhen betrug 2001 in Baden-Württemberg 1.102 mm, das sind 113 % des langjährigen Niederschlagsmittelwertes von 1961-1990 (Abbildung 2.1.1). Dieser Zustand ist in allen Landesteilen erkennbar.

Die Niederschlagssummen verdeutlichen starke monatliche Kontraste und regionale Verschiedenheiten. Die Monate März und September zeichnen sich dabei durch allgegenwärtig hohe Niederschlagsmengen aus. 174 mm Niederschlag wurden für Baden-Württemberg im Flächenmittel für den Monat März berechnet, das sind 254 % der langjährigen Erfahrungswerte. Die Monate Juli und August waren dagegen allgemein unterdurchschnittlich. Die Nieder-

schlagsverhältnisse sind in den restlichen Monaten regional differenziert zu betrachten. Beispielsweise erreichte der in den nördlichen Landesteilen trockene Monat Mai im Süden ein nahezu mittleres Niveau. Insgesamt liegen der landesweit überdurchschnittlichen Jahressumme von 1.102 mm Niederschlag stark differenzierte Monatsverhältnisse zugrunde (Abbildung 2.1.2).

Die Niederschläge beeinflussen wegen der Transportzeiten durch die Deckschichten 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. Die hohen Niederschläge im September haben bereichsweise zu erhöhten Auswaschungen geführt, deren Auswirkungen im Rahmen der Herbstbeprobung 2001 sicherlich wahrnehmbar sein können. Quellen mit hohen Anteilen an jungem Grundwasser sind besonders betroffen.

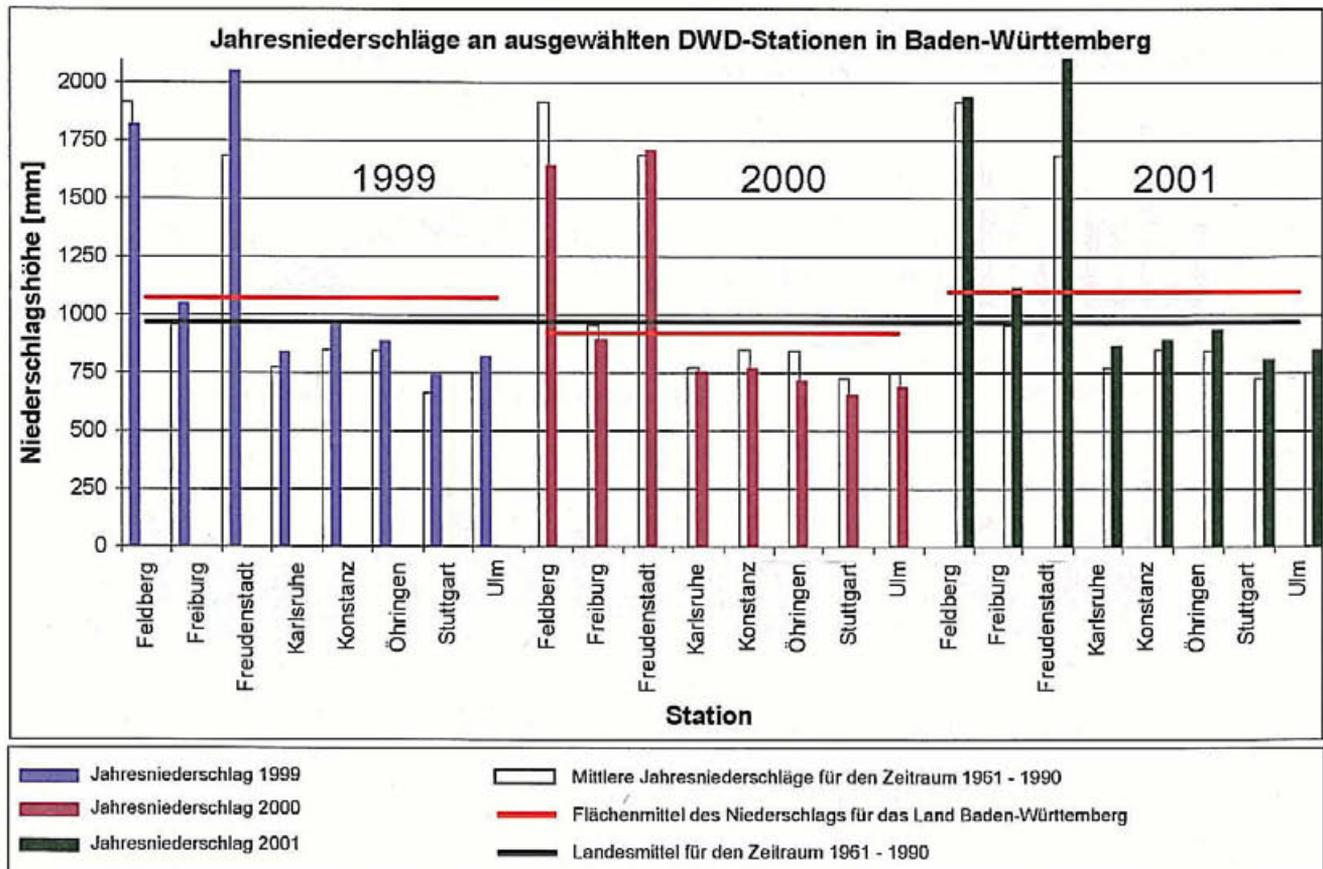
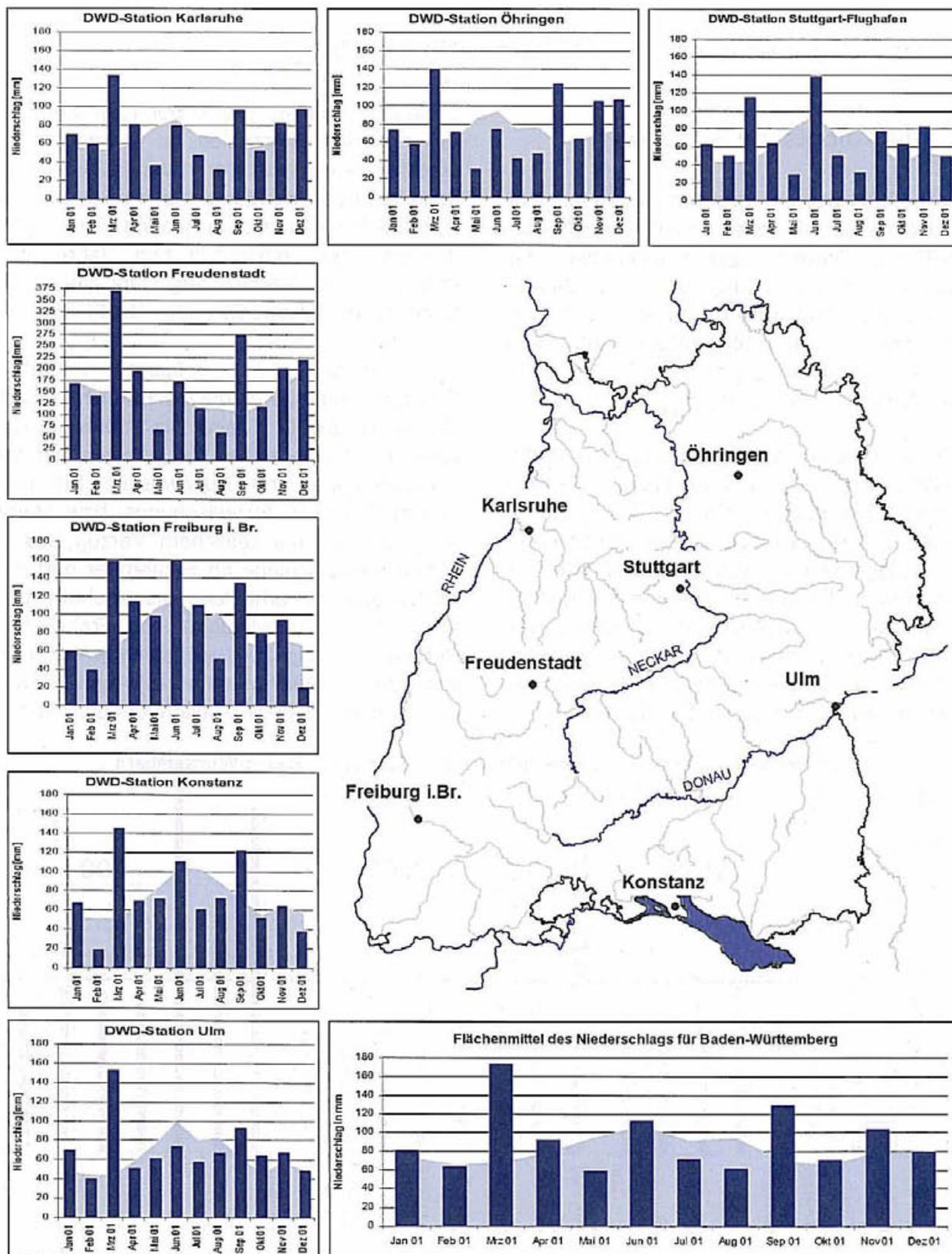


Abbildung 2.1.1: Jahresniederschläge an ausgewählten DWD-Stationen in Baden-Württemberg in den Jahren 1999, 2000 und 2001 (Quelle: DWD).



■ Langjährig mittlere Monatsniederschlagssummen (mm) (1961-1990)

■ Monatliche Niederschlagssumme in 2001 (mm)

Abbildung 2.1.2: Monatliche Niederschlagshöhen an ausgewählten DWD-Stationen in Baden-Württemberg im Jahr 2001 (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 Willstätt, Steisslingen und Egelsee sowie dem Grundwasserstand an benachbarten Messstellen wird deutlich, dass ein Zufluss zum Grundwasser und ein Anstieg des Grundwasserstands in erster Linie von den Winterniederschlägen abhängen (Abbildung 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 Grund-

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

Die Lysimeterbeobachtungen dokumentieren die im Jahr 2001 differenzierten Grundwasserneubildungsverhältnisse in Baden-Württemberg. Die Jahregänge der Sickerwassermengen entsprechen der erwartungsgemäßen Dynamik. Die in Oberrheingebiet und Illertal anhaltend trockenen Sommermonate waren im Singener Becken allerdings wenig ausgeprägt. Die Lysimeter fielen dort vergleichsweise kurzzeitig trocken.

Die überdurchschnittlichen Niederschläge im März und teilweise im April 2001 bewirkten starke Versickerungen, die zu einem deutlichen Anstieg der Grundwasservorräte führten.

Die hohen Septemberniederschläge konnten den nach der mehrmonatigen Trockenzeit stark beeinträchtigten Bodenwasserspeicher effizient aufbauen. Die eher durchschnittlichen Niederschläge zum Jahresende hatten damit eine signifikante Zunahme der Sickerrate auf überdurchschnittliche Werte zur Folge. Im Beprobungszeitraum 2001 musste daher mit kurzfristigen Auswaschungseffekten gerechnet werden. Die Grundwasserstände lagen zum Jahresende 2001 auf entsprechend überdurchschnittlichem Niveau.

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

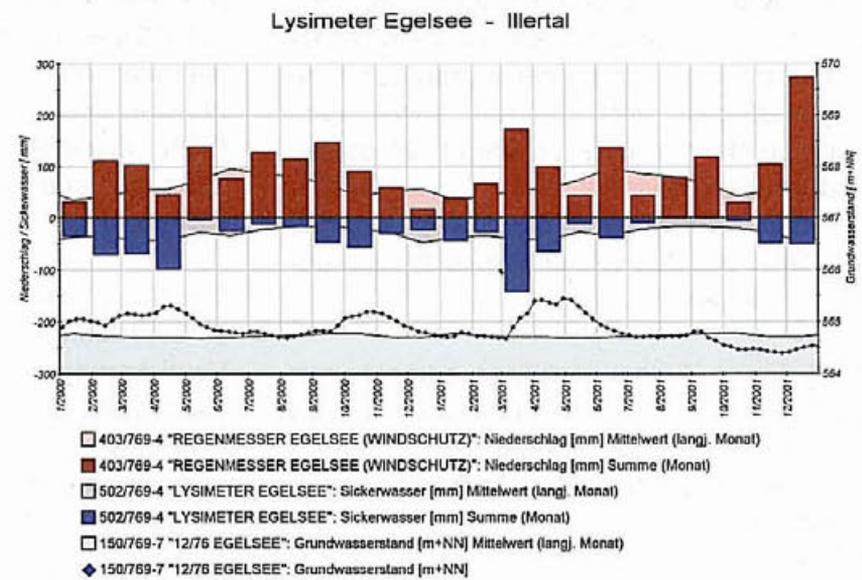
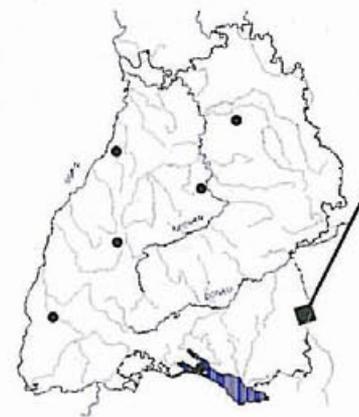
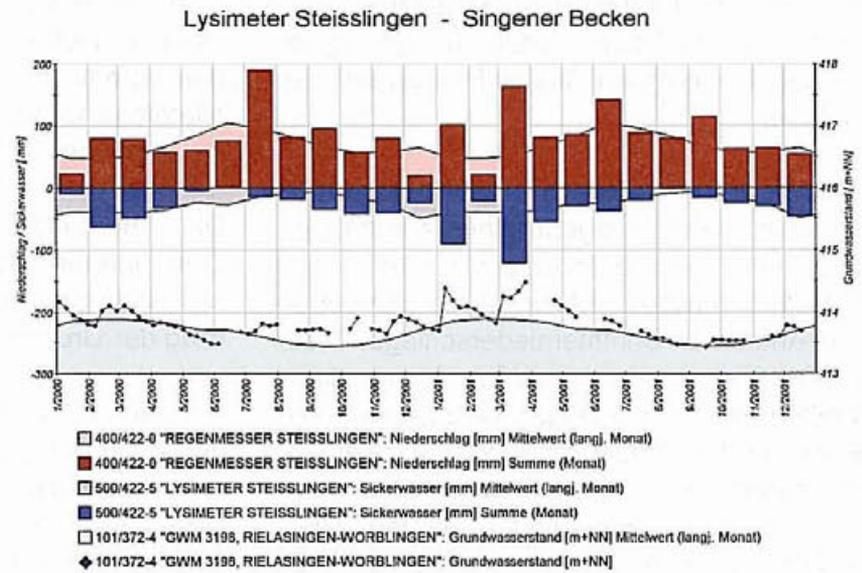
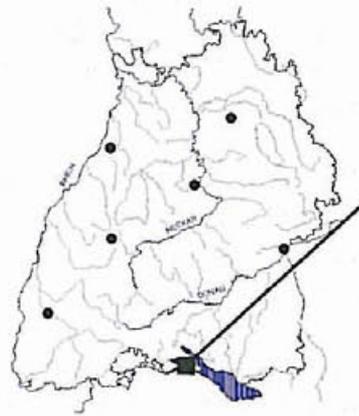
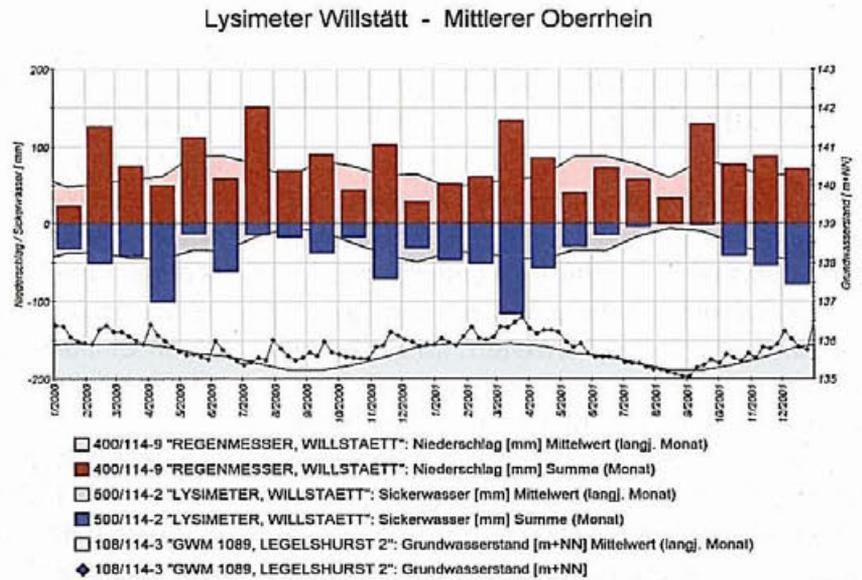
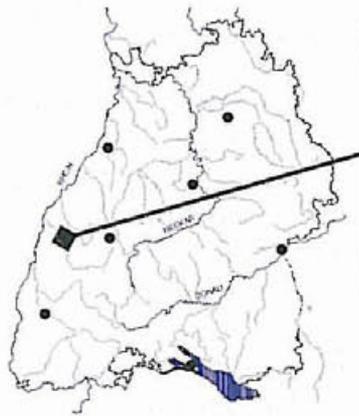


Abbildung 2.2.1: Niederschlag, Sickerung und Grundwasserstand an ausgewählten Lysimeteranlagen in den Jahren 2000 und 2001.

2.3 Die Grundwasservorräte 2001 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 2001 beobachteten Tendenzen dargestellt.

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

In Abbildung 2.3.1 sind Ganglinien ausgewählter Trendmessstellen dargestellt. Der Normalbereich repräsentiert den statistisch zu erwartenden Schwankungsbereich von Grundwasserstand oder Quellschüttung in einem bestimmten Monat. Dieser Bereich wird durch das 90. Perzentil als Obergrenze und das 10. Perzentil als Untergrenze der Monatswerte aus 20 Beobachtungsjahren definiert. Der mittelfristige Monatsmedian (20 Jahre) der Einzelmesswerte ist als grüne Linie, die Monatsextrema (20 Jahre) sind als gestrichelte Linien dargestellt.

Die Grundwasservorräte im Jahr 2001 sind im langjährigen Vergleich insgesamt überdurchschnittlich. Im Oberrheingraben waren dabei hohe Grundwasserverhältnisse zu verzeichnen, die im Rhein-Neckar-Raum sogar auf ein extrem hohes Niveau angestiegen sind. Im Illertal hatte sich nach den sehr hohen Verhältnissen im ver-

gangenen Jahr, die Grundwassersituation in 2001 weitgehend normalisiert.

2.3.2 Überregionale Grundwasserverhältnisse

Die messstellenbezogene Beurteilung der aktuellen quantitativen Grundwasserstandsverhältnisse wurde auf der Grundlage der Mittelwerte im Jahr 2001 im mehrjährigen Vergleich (20 Jahre) durchgeführt. Darüber hinaus wurden die jeweiligen Entwicklungstendenzen (lineare Trends aus 20 Beobachtungsjahren) ausgewertet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2.3.3 zusammenfassend dargestellt. Die aufgeführten Standorte sind für die zugehörigen Grundwasserlandschaften repräsentativ. Die verwendeten Farben veranschaulichen den standortspezifischen Zustand des Grundwasserdargebots im Vergleich zu den langjährigen Grundwasserverhältnissen. Die Symbole stehen für den zunehmenden, gleichbleibenden bzw. abnehmenden Trend.

Nach dem deutlichen Anstieg im März 2001, bereichsweise bis auf das zwanzigjährige Höchstniveau, entsprachen die Grundwasserstände in **Hochrhein, Wiesental und Klettgau** zum Jahresende langjährig mittleren Verhältnisse (Messstelle 0110/073-8 in Abb. 2.3.2)

Im Bereich des **südlichen Oberrheins** bewegten sich die Grundwasserstände im Jahr 2001 permanent auf überdurchschnittlichem Niveau (Messstelle 0115/066-9). Die mittelfristige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

Die Grundwasserstände im **nördlichen Oberrhein** erreichten im Jahr 2001 dauerhaft extrem hohe Verhältnisse in allen Aquiferstockwerken (Messstelle 0119/307-5). Im **Rhein-Neckar-Raum** wurden die höchsten Grundwasserstände seit 30 Jahren beobachtet. Die 20-Jahre Entwicklung ist dort mittlerweile steigend.

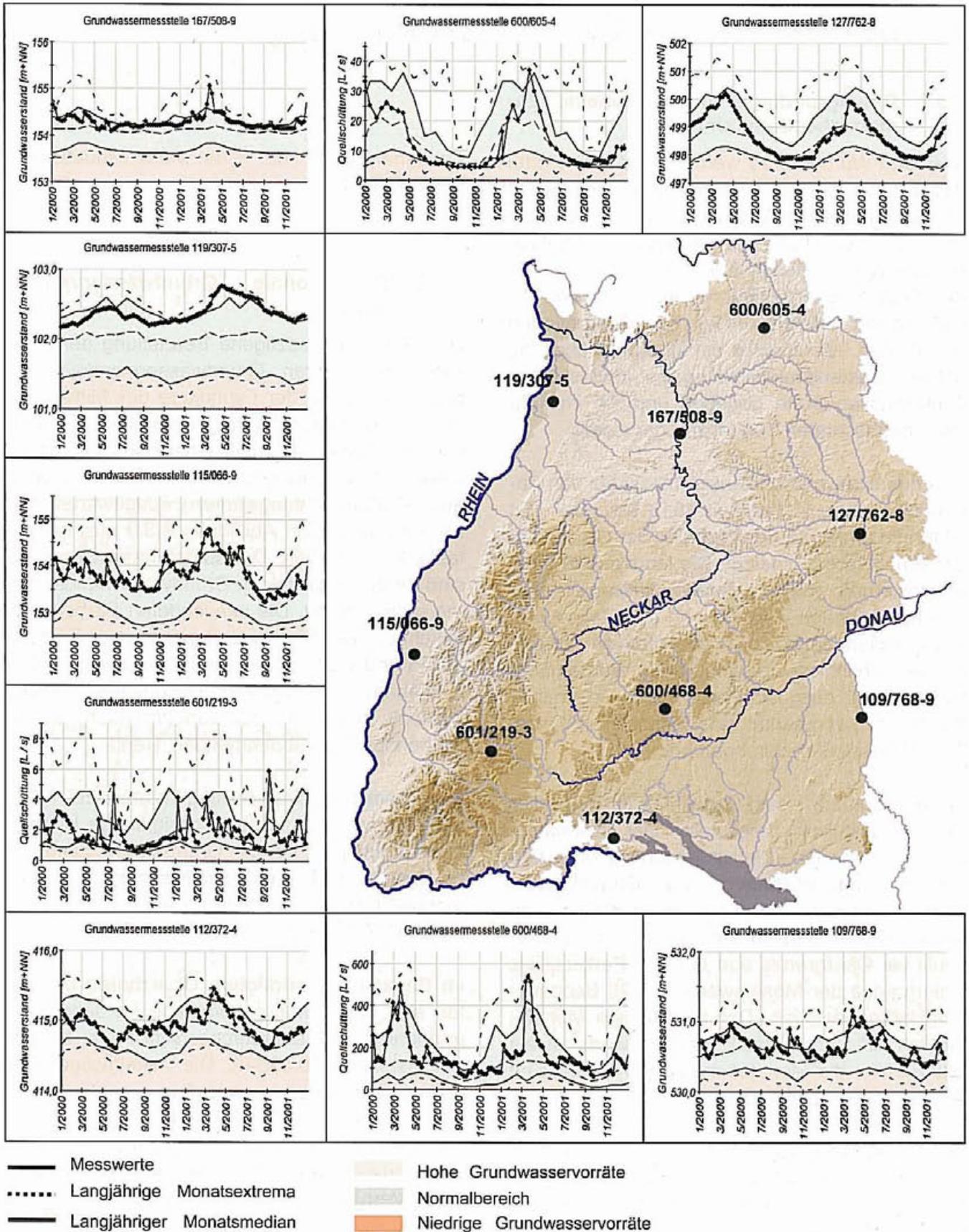


Abbildung 2.3.1: Grundwasserstand/Quellschüttung und zugehöriger Normalbereich aus 20 Beobachtungsjahren an ausgewählten Grundwassermessstellen in den Jahren 2000 und 2001.

Die Grundwasservorräte waren im Jahr 2001 im **Singener Becken** überdurchschnittlich. Nach den Märznieberschlägen stieg der Pegel generell an, im Singener Raum sogar bis auf einen extrem hohen Zustand. Demgegenüber hatte sich im Raum Rielasingen bereits zum Jahresende eine nahezu mittlere Situation eingestellt (Messstelle 112/372-4).

Die Grundwasserstände in den quartären Tal-füllungen des **Donautals** bewegten sich innerhalb der Normalbereiche auf mittlerem bis leicht überdurchschnittlichem Niveau. Die mittelfristige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen (Messstelle 0100/270-7 in Abb. 2.3.2).

Die Entwicklung der Grundwasservorräte der **Leutkircher Heide**, der **Iller-** und **Rißtäler** sowie im **Raum Isny** und im **Argendelta** war unauffällig im Jahr 2001. Starke Frühjahrsniederschläge bewirkten zum Jahresbeginn 2001 einen steilen Anstieg der Grundwasservorräte bis oberhalb des Normalbereichs (Messstelle 0109/768-9). Im weiteren Jahresverlauf pendelte sich der Grundwasserspiegel auf langjährig mittlere Werte ein. Die mittelfristige Entwicklungstendenz ist mittlerweile ausgeglichen.

Die starken Frühjahrsniederschläge, die in Baden-Württemberg zu steilen Grundwasseranstiegen auf langjährige Höchstwerte geführt hatten, verursachten im Karstaquifer der **Schwäbischen Alb** eine vergleichsweise unauffällige Dynamik. Nach überhöhtem Niveau im Frühjahr entsprach der Grundwassergang zum Jahresende den langjährigen Verhältnissen

(Messstellen 0600/468-4 und 0127/762-8). Die 20-jährigen Trends sind ausgeglichen.

Die Grundwasserstände im Festgestein des **mittleren Neckarraumes** bewegten sich im Jahr 2001 permanent auf überdurchschnittlichem Niveau (Messstelle 0167/508-9).

Die Quellschüttungen in den Festgesteinen von **Nord-Württemberg** erreichten im Frühjahr 2001 ein niederschlagsbedingt hohes Niveau, teilweise bis über den Normalbereich hinaus. Der Rückgang hielt anschließend bis November an, wobei die Schüttungswerte in den unteren Normalbereich sanken (Messstelle 0600/605-4). Die langjährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

Die Mehrzahl der **Schwarzwaldquellen** verfügen über kleinräumige Einzugsgebiete und weisen daher starke, niederschlagsbedingte Schüttungsschwankungen auf. Die Schüttungen stiegen im Frühjahr und Herbst daher über die Normalbereiche hinaus, entsprachen zum Jahresende allerdings den langjährigen Erfahrungswerten (Messstelle 0601/219-3).

Insgesamt beschrieben die Grundwasserstände und Quellschüttungen ähnliche Verhältnisse wie im Jahr 2000 und entsprachen weitgehend überdurchschnittlichen Verhältnissen. Die mittelfristige Tendenz (20 Jahre) ist insbesondere bei Quellen überwiegend ausgeglichen (siehe Abb. 2.3.3).

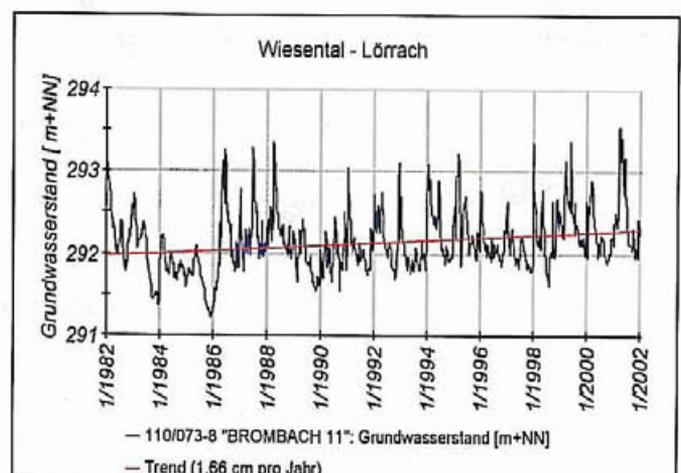
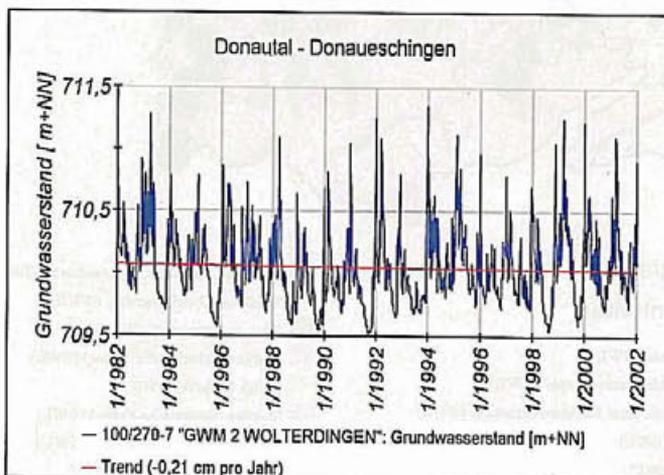


Abbildung 2.3.2: Ganglinien ausgewählter Grundwasserstandsmessstellen mit Trendbetrachtung im Zeitraum 1982-2001.

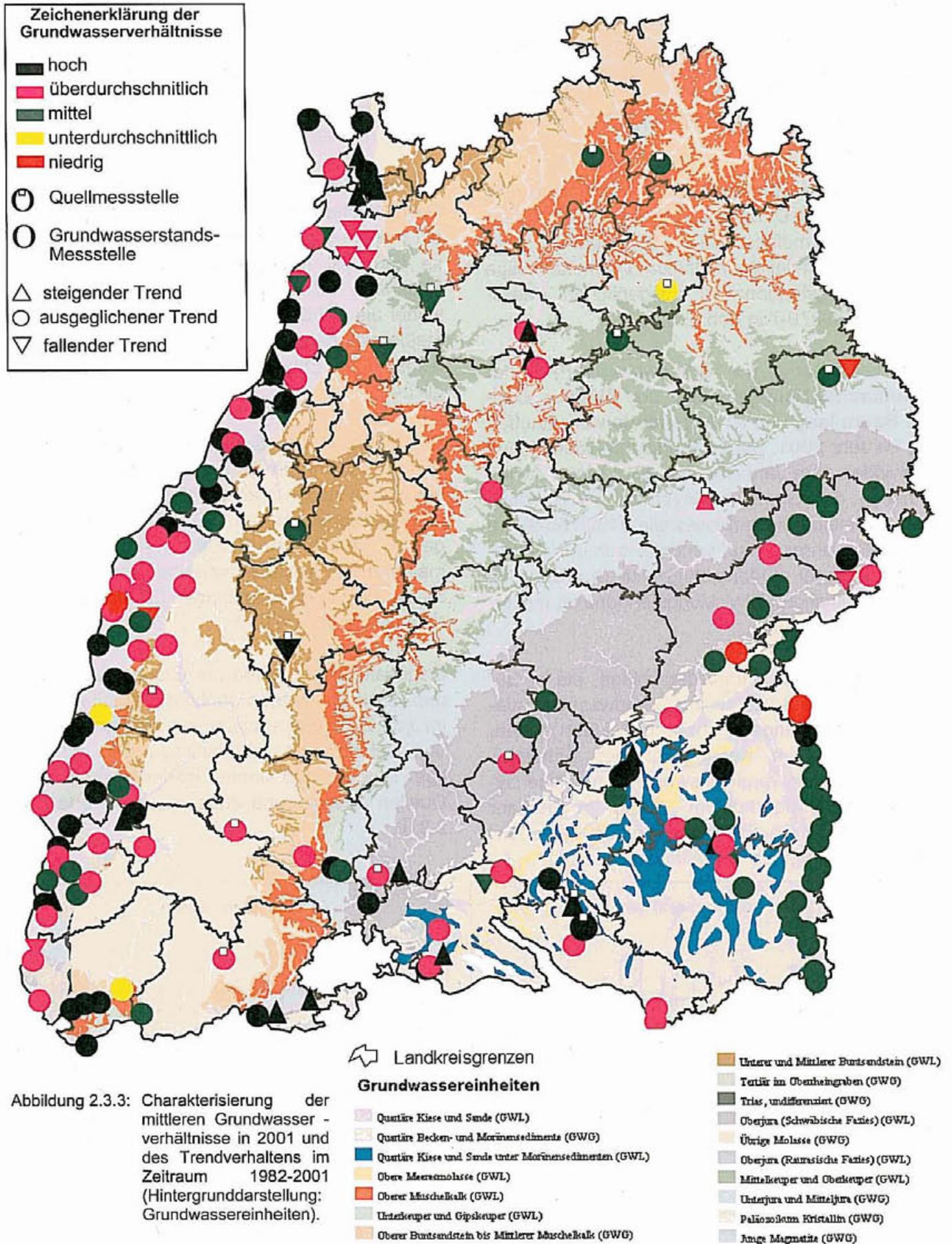


Abbildung 2.3.3: Charakterisierung der mittleren Grundwasser - verhältnisse in 2001 und des Trendverhaltens im Zeitraum 1982-2001 (Hintergrunddarstellung: Grundwassereinheiten).

2.4 Nitrat

2.4.1 Statistische Kennzahlen für die verschiedenen Emittentengruppen

Das allgemeine Konzentrationsniveau der Nitratbelastung ist anhaltend hoch.

Es hat keine wesentliche Veränderungen zum Vorjahr gegeben (Abb. 2.4.1, Tabelle 2.4.1). Die Überschreitungshäufigkeiten im Gesamtmessnetz, d. h. inklusive der Kooperationsdaten, liegen bei

- Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms (40 mg/l): **17,3 %**

- Grenzwert der Trinkwasserverordnung (50 mg/l): **10,1 %**

Die Reihenfolge der Teilmessnetze nach ihren Überschreitungshäufigkeiten ist ebenfalls unverändert.

Abb. 2.4.1 und Tab. 2.4.1 verdeutlichen den höheren Anteil an Messstellen mit hohen Nitratbelastungen im Teilmessnetz Landwirtschaft.

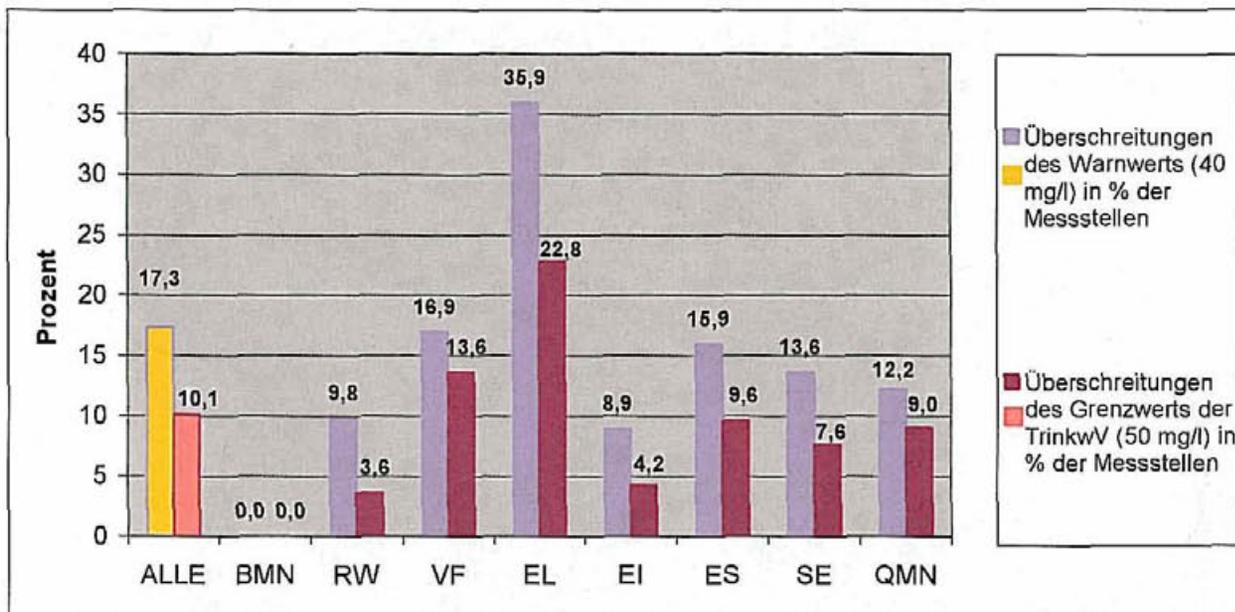


Abb. 2.4.1: Prozentualer Anteil der Messstellen mit Warn- und Grenzwertüberschreitungen im Gesamtmessnetz und in den Teilmessnetzen (Abkürzungen s. Anhang A1).

2.4.2 Räumliche Verteilung

Die regionale Verteilung der Nitratbelastung ist im Vergleich zu den Vorjahren großräumig unverändert mit den Belastungsschwerpunkten Kraichgau, dem Gebiet zwischen Mannheim, Heidelberg und Bruchsal, Neckarraum nördlich von Stuttgart bis Heilbronn, Main-Tauber-Kreis, Markgräfler Land und Region Oberschwaben, sowie - als kleinere Belastungsgebiete, das Gebiet um Neuried im Ortenaukreis, das Gebiet um Forchheim/Weisweil nördlich des Kaiserstuhls,

das Singener Becken und der östliche Ostalbkreis (Abb. 2.4.2).

Die konzentrationssenkenden Einflüsse von Flusswasserinfiltrationen, gering belasteten Randzuflüssen, hohem Denitrifikationspotential insbesondere in Gebieten mit niedrigen Sauerstoffgehalten und viel organischer Substanz, aber auch Erhöhungen z. B. unter trocken gelegten Niedermooren sind bereits im Vorjahresbericht diskutiert worden.

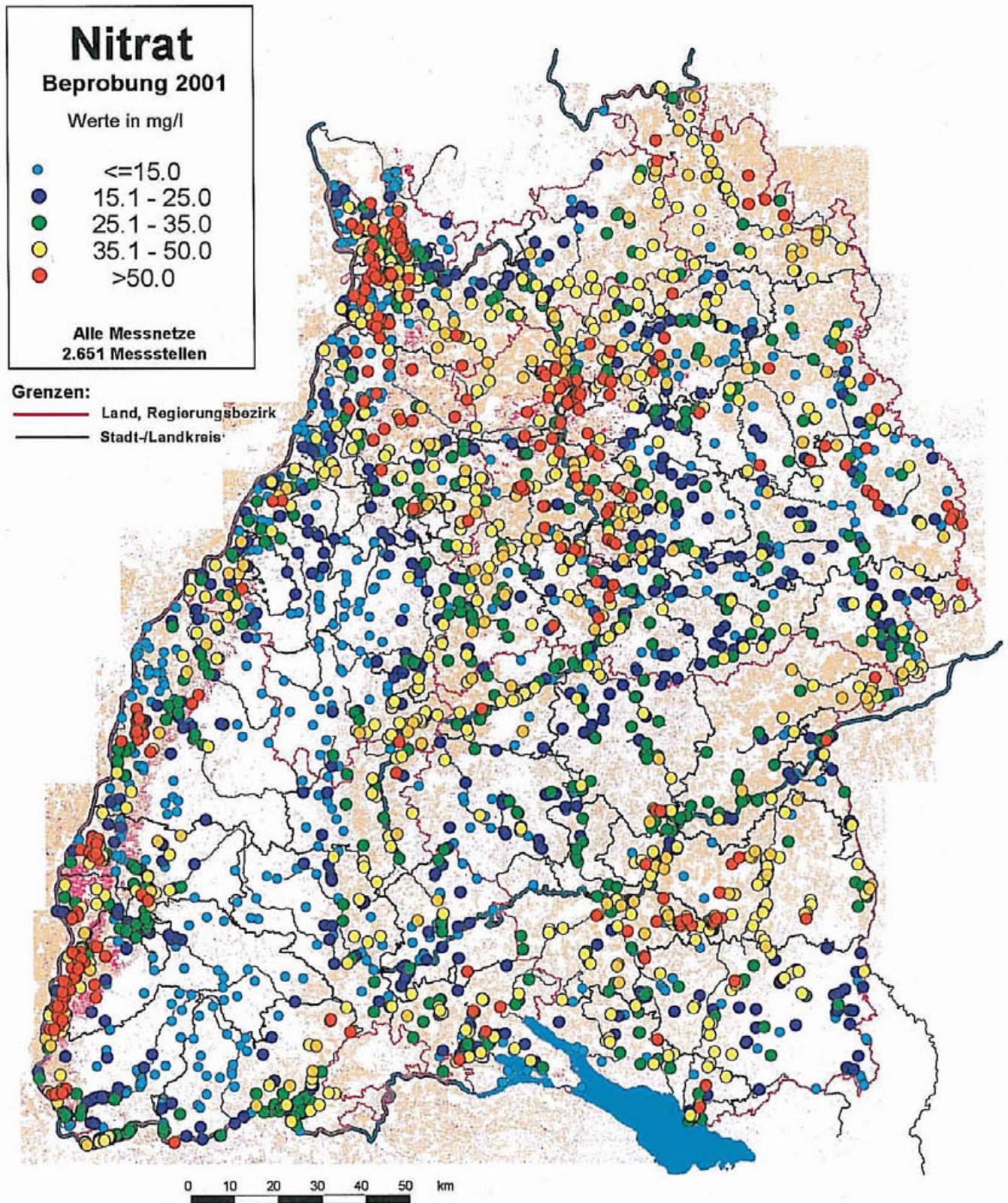


Abbildung 2.4.2:

Nitratgehalte 2001 mit Landnutzungen Ackerbau (braun) und Weinbau (violett). (Quellenangabe für die Landnutzungsdarstellung: „Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS)“, Bearbeitung durch das Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der Universität Karlsruhe, 1993).

Tabelle 2.4.1: Statistische Kennzahlen Nitrat 2001 (Abkürzungen s. Anhang A1).

	Gesamt- messnetz	EL	ES	RW	BMN
Anzahl der Messstellen	2.651	672	427	702	110
Mittelwert in mg/l	24,0	35,7	24,0	19,8	8,1
Medianwert in mg/l	19,0	30,7	20,1	16,3	7,6
Überschreitungen des Warnwerts (40 mg/l) in % der Messstellen	17,3	35,9	15,9	9,8	0,0
Überschreitungen des Grenzwerts der TrinkwV (50 mg/l) in % der Messstellen	10,1	22,8	9,6	3,6	0,0

2.4.3 Kurzfristige zeitliche Veränderungen (Vergleich zum Vorjahr)

Bei den wichtigsten summarischen Statistiken sind im gesamten „landesweiten“ Messnetz im Vergleich zum Vorjahr keine relevanten Veränderungen zu beobachten (Tab. 2.4.2).

Der Einfluss einer überdurchschnittliche Versickerung im Frühjahr 2001 (Abb. 2.2.1), nach der evtl. mit kurzfristigen Auswaschungseffekten gerechnet werden konnte, lässt sich mit diesen Auswertungen nicht belegen.

Eine deutliche andere Verteilung als im Vorjahr zeigt sich allerdings bei der Abhängigkeit der Zu- und Abnahmen vom Konzentrationsniveau (Abb. 2.4.3). Die Mittelwerte für verschiedene Konzentrationsklassen zeigen bei den sehr hohen Konzentrationen (Nitratgehalte im Herbst 2001 \geq 80 mg/l) einen markanten Anstieg vom Jahr 2000 zum Jahr 2001, während die Änderungen in den anderen Konzentrationsklassen geringfügig waren.

Tabelle 2.4.2: Veränderung zum Vorjahr: Statistische Kennzahlen.

	Gesamt- messnetz 2001	Gesamt- messnetz 2000
Anzahl der Messstellen	2.651	2.690
Mittelwert in mg/l	24,0	23,9
Medianwert in mg/l	19,0	18,5
Überschreitungen des Warnwerts (40 mg/l) in % der Messstellen	17,3	17,2
Überschreitungen des Grenzwerts der TrinkwV (50 mg/l) in % der Messstellen	10,1	10,2

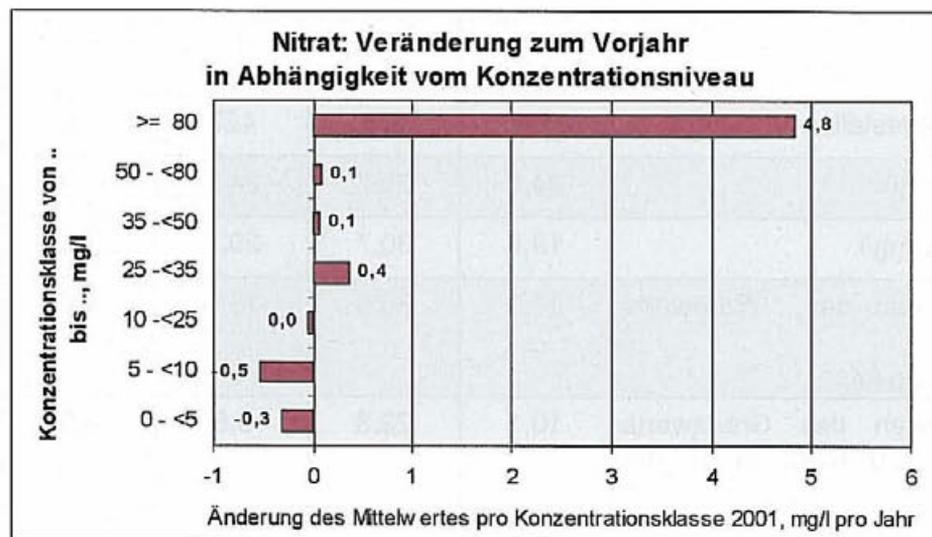


Abbildung 2.4.3: Mittlere Änderung 2001 gegen 2000 in den jeweiligen Konzentrationsklassen.

Die Karte der Änderungen der Nitratgehalte zwischen dem Jahr 2001 und dem Jahr 2000 (Abb. 2.4.4) zeigt, dass die "großen" Änderungen von mehr als +, bzw. – 8 mg/l pro Jahr teilweise räumlich eng benachbart auftreten (z. B. im Raum Sigmaringen-Ravensburg-Biberach und Hohenloher Ebene), andererseits sich aber auch Gebiete mit einer Häufung starker Änderungen abzeichnen. Besonders im oberen Neckar tritt eine Häufung von Konzentrationsanstiegen auf, aber auch im Oberrheingraben in den Gebieten nördlich des Kaiserstuhls, bei Neuried-Ichenheim-Meißenheim und zwischen Rastatt und Rheinstetten.

Viele starke Zunahmen, aber auch etliche starke Abnahmen treten im Gebiet südlich von Heidelberg bis nördlich von Mannheim auf. Ein dichtes Nebeneinander von Zu- und Abnahmen ist ein Zeichen für das Überwiegen sehr lokaler Einflüsse im Vergleich zu großräumigeren Einflüssen wie geologische Einheiten oder klimatische Faktoren.

2.4.4 Mittelfristige Veränderungen

► Veränderungen seit 1992

Eine Mindestbedingung für eine zeitliche Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist die Konsistenz der Messreihen (Beprobungsbericht 2000).

Durch unvermeidbare Ausfälle einzelner Messstellen in verschiedenen Beprobungsjahren werden die "konsistenten" Datenkollektive immer kleiner, je längere Zeiträume betrachtet werden. Für Nitrat ist ein akzeptabler Kompromiss der Zeitraum **ab 1992**, für den bis 2001 1.231 konsistente Messreihen vorliegen. Das entspricht 46,4 % aller im Herbst 2001 beprobten 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, dass aber das Gesamtniveau der Werte durch die wechselnde Zusammensetzung der konsistenten Reihen in den verschiedenen Zeitspannen durchaus verschieden sein kann.

Beispielsweise liegt der Gesamtmittelwert der konsistenten Reihe 2001 für das Jahr 2000 bei 25,5 mg/l (Abb. 2.4.5), während er in der konsistenten Reihe [1992-2000] bei 26,3 mg/l lag (Beprobungsbericht 2000). Der tatsächliche aktuelle Zustand wird am besten durch den Mittelwert aller 2.652 im Herbst 2001 beprobten Messstellen beschrieben (24,0 mg/l), vgl. Abschnitt 2.4.1.

Nitrat

Differenz 2001 - 2000

Werte in mg/l

Zu- und Abnahmen von 2000 nach 2001

- -105,5 - -8,0
- > -8,0 - 8,0
- > 8,0 - 71,3

Alle Messnetze
2.452 Messstellen

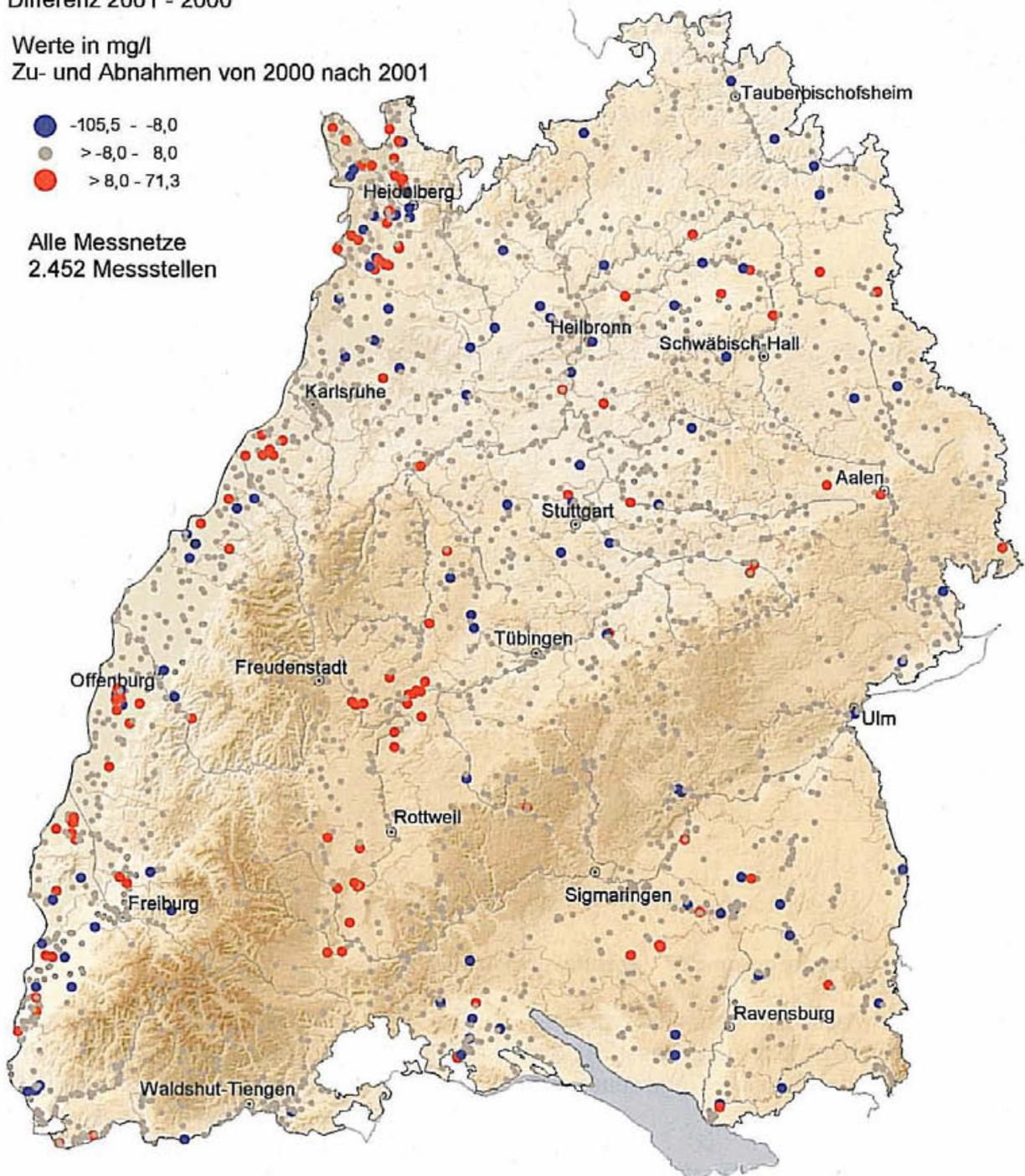


Abb. 2.4.4: Räumliche Verteilung der Änderung der Nitratgehalte Jahr 2001-2000.

Die Zeitreihen für das Gesamtmessnetz und die Teilmessnetze bestätigen, dass im Jahr 2001 im Vergleich zum Vorjahr insgesamt nur vernachlässigbare Änderungen auftraten. Die landesweite Belastung liegt zwar unter dem Niveau von 1992, ist aber im Vergleich zum Vorjahr konstant geblieben oder sogar leicht angestiegen. Das trifft sowohl auf den Landesmittelwert als auch auf die mittleren Konzentrationen in den Teilmessnetzen zu.

Es gilt jedoch nicht für das Basismessnetz, dort sind die Werte seit 1992 angestiegen.

Die Medianwerte, die weniger auf Extremwerte reagieren, zeigen generell einen ähnlichen Verlauf wie die arithmetischen Mittelwerte. Sie liegen mit wenigen Ausnahmen um 5 bis 6 mg/l unter den entsprechenden Mittelwerten.

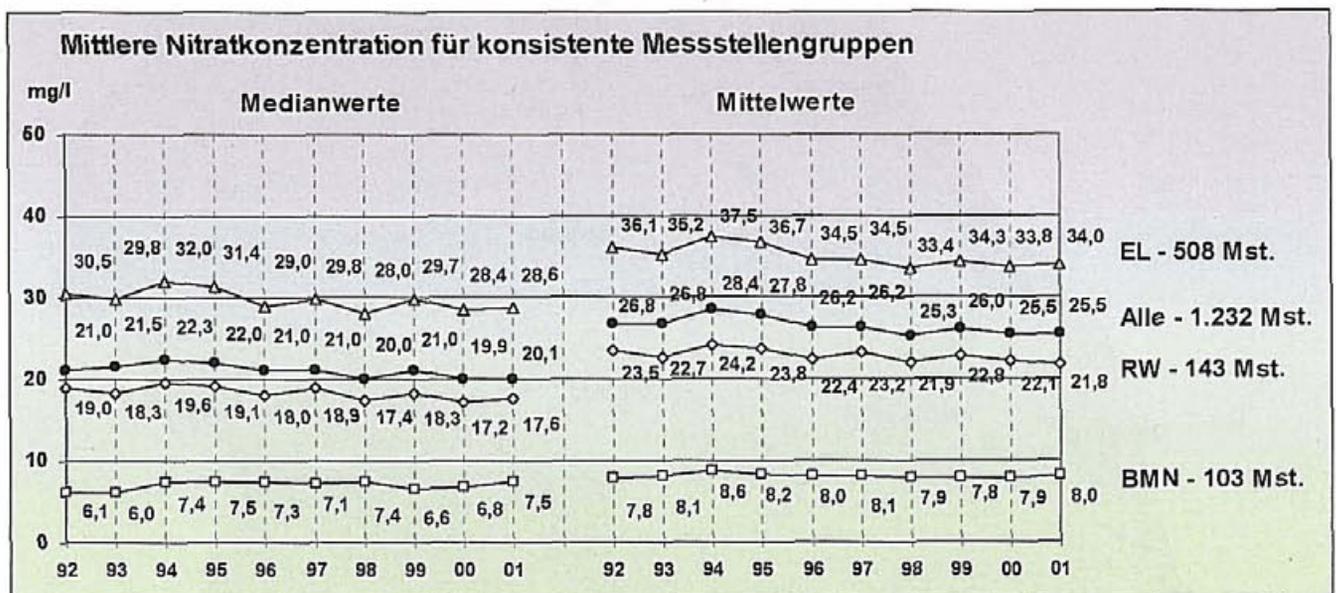


Abb. 2.4.5: Entwicklung der Median- und Mittelwerte Nitrat 1992 bis 2001 für konsistente Messstellengruppen, Beprobungszeitraum jeweils September bis November.

► Statistische Interpretation der Veränderungen seit 1994

Der Verlauf der Messwerte ist für die verschiedenen Teilmessnetze ähnlich. Er lässt die Annahme zu, dass ab 1994 eine Trendwende eingetreten ist.

Für den Zeitraum seit 1994 bis 2001 ist der fallende lineare Trend für die Gruppe „Alle“ in der konsistenten Gruppe [92,01] mit $-0,40 \text{ mg/l/Jahr}$ signifikant (Bestimmtheitsmaß 0,73).

Die Zusammenfassung aller Messstellen in einer konsistenten Gruppe unterstellt, dass alle Messstellen aus derselben Grundgesamtheit stammen und denselben Einflüssen unterliegen.

Durch die Analyse der Zeitreihen für jede einzelne Messstelle können demgegenüber auch lokale Unterschiede und Einflüsse berücksichtigt werden. Dazu wäre jedoch für jede Messstelle individuell der Zeitpunkt der Trendumkehr zu ermitteln.

Bei Ansatz desselben Zeitpunktes (1994) der Trendumkehr liegen auf dem 90 % -Signifikanzniveau für 36,6 % aller Messstellen (auf dem 70 % -Niveau für 59,8 % aller Messstellen) signifikante Trends vor. Im Mittel ergibt sich bei einer Trendumkehr ab 1994 in der gesamten Gruppe ebenfalls eine leichte Abnahme der Nitratgehalte.

2.4.5 Nitratentwicklung innerhalb und außerhalb von Wasserschutzgebieten

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

fe der Meldungen der UVB's für die SchALVO-Novelle den Wasserschutzgebieten zugeordnet.

Relativ zu den Höchstwerten aus dem Jahr 1994 haben die Nitratgehalte sowohl innerhalb als auch außerhalb der Wasserschutzgebiete um rd. 10 % abgenommen.

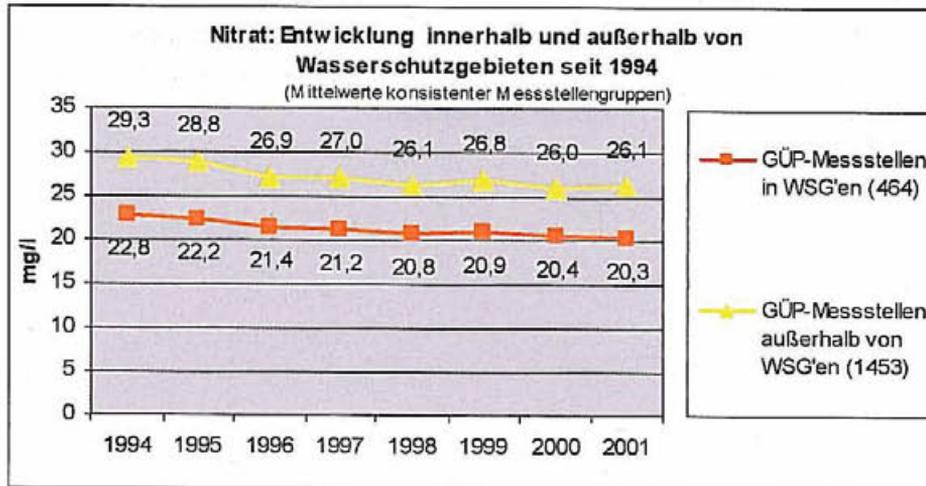


Abbildung 2.4.6:

Mittelwerte der konsistenten Reihen [1994, 2001] nach Lage zum WSG.

2.4.6 Tiefes Grundwasser

Bei den vorstehenden Auswertungen wurde jeweils (außer für die regionalisierte Darstellung) das gesamte Messnetz zugrunde gelegt. Es ist zu erwarten, dass tiefliegende und damit relativ geschützte Grundwasservorkommen eine deutlich geringere Belastung und langsamer steigende Trends aufweisen. Bei den 1.917 Messstellen der konsistenten Reihe [94,01] wurden deshalb 53

Messstellen, die tiefes Grundwasser erschließen, separat ausgewertet (Abb. 2.4.7).

Trendverhalten und Konzentrationsniveau zeigen erwartungsgemäß deutliche Unterschiede. Das Konzentrationsniveau für die 53 Messstellen im tiefen Grundwasser liegt bei 11,1 mg/l, der Trend ist vernachlässigbar gering.

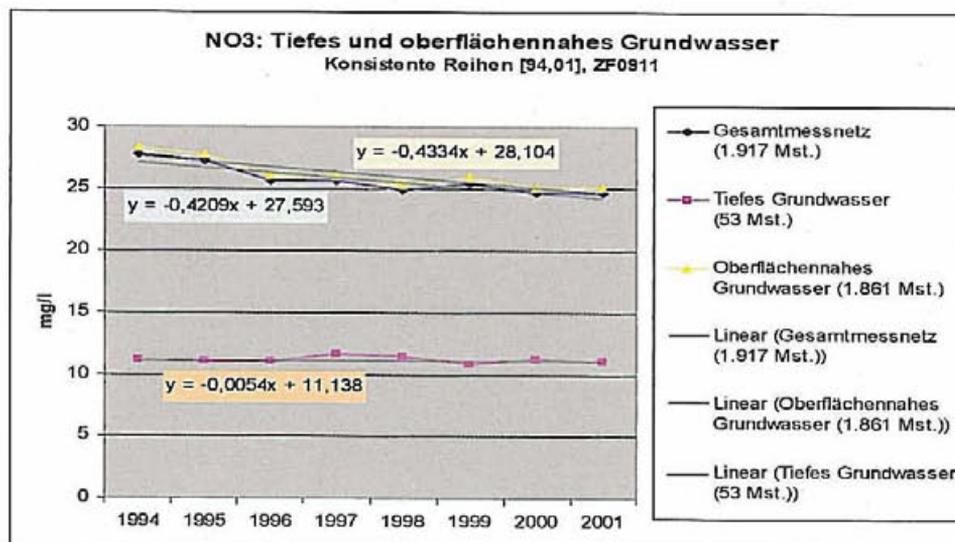


Abb. 2.4.7:

Zeitliche Entwicklung der Nitratkonzentration in tiefen und in oberflächennahen Grundwasservorkommen von 1994 bis 2001.

2.4.7 Bewertung

Der seit dem Jahr 1994 bei den Median- und Mittelwerten konsistenter Messstellengruppen statistisch feststellbare, leicht abnehmende Trend gilt trotz Stagnation oder sogar leichter Zunahme im Vergleich zum Vorjahr auch für das Jahr 2001.

Bei den ermittelten Größenordnungen der Trends von rd. 0,4 mg/l pro Jahr würde es für das am höchsten belastete Teilmessnetz Landwirtschaft noch 23 Jahre dauern, bis der Mittelwert der Konzentrationen von derzeit rd. 34 mg/l auf einen Wert von beispielsweise 25 mg/l zurückgegangen wäre.

Es zeigen sich keine statistisch belegbaren Unterschiede bei der Nitratentwicklung im Grundwasser innerhalb und außerhalb von Wasserschutzgebieten. Mit der zum 01.03.2001 novellierten Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung wurden die landwirtschaftlichen Schutzbestimmungen in Wasserschutzgebieten mit hohen Nitratbelastungen des Grundwassers erheblich verstärkt. Ziel ist es, damit die Nitratbelastung des Grundwassers in diesen Gebieten deutlich schneller als bisher zu senken.

2.5 Pflanzenschutzmittel (PSM)

2.5.1 Zulassung, Verwendung, Klassifizierung, Umweltrelevanz

In den letzten Jahren waren in der Bundesrepublik Deutschland bis zu etwa 280 PSM-Wirkstoffe zugelassen, die in mehr als 1100 Handelsprodukten auf dem Markt waren.

Etwa die Hälfte entfiel auf die Wirkstoffklasse der Herbizide, rund ein Drittel auf die Fungizide, Insektizide waren mit etwa 5 % vertreten. Der weitaus größte Teil der PSM wird in der Landwirtschaft und in der Erwerbsgärtnerei eingesetzt, ein kleinerer Teil von etwa 2 % in Haus und Garten.

Ein weiterer Herbizidanwendungsbereich ist auf Nichtkulturland, wie auf und an Böschungen, gepflasterten oder nicht versiegelten Brach- und Betriebsflächen, Flugplätzen, Gleisanlagen, Straßen, Parkplätzen u.a., um auch diese Flächen von Pflanzenbewuchs freizuhalten.

Für die Anwendung auf solchen Flächen ist jedoch eine Ausnahmegenehmigung erforderlich.

Neben der Klassifizierung der PSM nach ihrer Wirkung ist es auch gebräuchlich, sie nach den Stoffklassen einzuteilen, zu denen sie aufgrund ihrer chemischen Struktur gehören. Damit eng verbunden ist auch die analytische Bestimmungsmethode. Die wichtigsten Stoffklassen von synthetischen organischen PSM sind:

- **Organochlorverbindungen:**

In der Vergangenheit wurden diese Stoffe häufig als Insektizide verwendet. Sie sind meist schwer abbaubar, reichern sich im Biokreislauf an und sind in der Bundesrepublik bis auf wenige Ausnahmen schon lange verboten. Beispiele: DDT, HCB, Dieldrin, Lindan.

- **Organophosphorverbindungen:**

Diese Wirkstoffe werden meist verwendet als selektive Insektizide oder Akarizide (Milbenbekämpfungsmittel). In der Regel sind sie

gut abbaubar. Beispiele: Parathion-Ethyl (E605), Malathion.

- **Organostickstoffverbindungen:**

Carbamate können je nach Struktur insektizide, herbizide oder fungizide Wirkung haben und sind meist leicht abbaubar. Beispiele: Maneb, Carbofuran, Pirimicarb.

Phenylharnstoffe werden oder wurden hauptsächlich als Herbizide eingesetzt. Sie gelten als leicht abbaubar. 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:**

Phenoxyalkancarbonsäurederivate haben herbizide Wirkung. Die durch Abbau gebildeten Carbonsäuren werden nur langsam abgebaut. Beispiele: 2,4-D, Mecoprop.

Derivate **aliphatischer Carbonsäuren**. Beispiele: Dalapon, Trichloressigsäure

Daneben gibt es zahlreiche Wirkstoffe, die nicht den genannten Stoffklassen zuzuordnen sind. Solche Stoffe enthalten beispielsweise sowohl Stickstoff- als auch Phosphoratome und/oder darüberhinaus noch Chlor, Brom, Schwefel, Zinn, usw.

In der TrinkwV vom 05.12.1990 und auch in der zukünftigen TrinkwV ab 2003 sind Grenzwerte für die PSM und ihre Abbauprodukte festgeschrieben: 0,1 µg/l für den PSM-Einzelstoff und

0,5 µg/l für die Summe.

Allerdings ist dieser Summenwert nicht wie bei der Summe der vier LHKW nach TrinkwV 1990 definiert, d.h. es ist nicht festgelegt, welche Substanzen zur Summenbildung herangezogen werden sollen.

Die genannten Grenzwerte sind nicht toxikologisch begründet, sondern reine Vorsorgewerte, um anthropogene Stoffe vom Trinkwasser fernzuhalten. Einige PSM-Wirkstoffe stehen im Verdacht, humantoxische Eigenschaften zu besitzen.

2.5.2. Probennahme und Analytik

Die Konzentrationen, mit denen PSM-Wirkstoffe im Grundwasser auftreten, bewegen sich üblicherweise im sehr niedrigen Bereich von ng/l bis µg/l.

Bereits die Probennahme muss daher mit entsprechender Sorgfalt durchgeführt werden. Die Vorgehensweise ist im „Leitfaden für Probennahme und Analytik von Grundwasser“ beschrieben (LfU, 2000).

Demnach sind Proben bei Quellen an der vorgegebenen Austrittsstelle zu entnehmen, bei Förderbrunnen nach Ablauflassen des Standwassers am Entnahmehahn.

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. Die Proben sind bis zur Analyse gekühlt in Braunglasflaschen zu transportieren und aufzubewahren. Das für die Bestimmung der PSM erforderliche Probenvolumen beträgt üblicherweise ein bis zwei Liter je Aufbereitungsgang.

Für die Untersuchung der gängigsten PSM liegen DIN-Normen vor. Viele der dort nicht ge-

nannten Wirkstoffe können jedoch mit den zur Verfügung stehenden Verfahren analysiert werden. Darüber hinaus gibt es noch weitere, (bisher) nicht genormte oder im Normungsverfahren befindliche Bestimmungsmethoden.

In den meisten Fällen werden die Wirkstoffe nach einem Anreicherungsschritt (Festphasenextraktion oder Flüssig/Flüssig-Extraktion) mittels Gaschromatographie (GC) oder Hochleistungs-Flüssigchromatographie (HPLC) getrennt und mit einem geeigneten Detektor quantitativ bestimmt.

Die einzelnen Verfahrensschritte bedingen jeweils Ergebnisunsicherheiten, so dass man bei der PSM-Analytik mit ihren niedrigen Konzentrationen mit insgesamt höheren Toleranzbereichen als bei anderen Stoffen rechnen muss, wie z.B. bei Nitrat.

Die TrinkwV toleriert einen Fehler von ±0,05 µg/l, bezogen auf den Trinkwassergrenzwert von 0,1 µg/l entspricht dies 50 %.

Die Ringversuchsergebnisse der Analytischen Qualitätssicherung Baden-Württemberg (AQS) zeigen, dass diese Anforderung bei vielen, aber nicht bei allen Wirkstoffen erreicht werden kann.

Die mehrfache Wiederholung der Ringversuche mit den gleichen Substanzen und auch im Grundwassermessnetz durchgeführte Laborvergleichuntersuchungen haben gezeigt, dass sich gerade bei den Triazinen die Qualität der Analytik in den letzten Jahren verbessert hat. Dies muss man bei der Bewertung von Ergebnissen älterer Ringversuche berücksichtigen.

Die Bestimmungsgrenzen sind von Labor zu Labor unterschiedlich. Sie liegen für die meisten Wirkstoffe bei 0,05 µg/l. In den letzten Jahren werden gerade bei den meisten Triazinen durch die mittlerweile verbesserten Analysemethoden auch niedrigere Bestimmungsgrenzen von 0,02 oder sogar 0,01 µg/l erreicht (s. Anhang Tab. A2). Daher können sich bei Auswertungen von Messwerten mit Konzentrationen von größer oder gleich der Bestimmungsgrenze höhere An-

Tabelle 2.5.1: Gesamtanzahl der auf PSM untersuchten Messstellen im Grundwassermessnetz 1989 - 2001. Darstellungsvoraussetzung für Wirkstoffe, Metaboliten und Abbauprodukte: mindestens 200 untersuchte Messstellen in mindestens einem der Untersuchungsjahre von 1989 - 2001, pro folgendem Untersuchungsjahr nur Nennung von Analysezahlen >100; im Fettdruck: Wirkstoffe mit mehr als 2.000 untersuchten Messstellen in mindestens einem Jahr; Quelle: Datenbankauswertungsergebnisse für 1989-2000-Stand 03/2001; für 2001-Stand 06/2002.

Wirkstoff	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
2,4-D			295	333				594				155	
2,6-Dichlorbenzamid									2109	213	652	2294	2286
Alachlor						125	119	156					313
Aldicarb							113						311
Atrazin	514	1101	1125	1907	2373	2585	2473	2595	729	1105	1110	2601	2580
Bentazon			267	299				559				2150	
Bromacil		367	443	1547	2106	2354	2234	2349	323	880	835	2359	2343
Carbofuran		106		144	285	268	275	301	144	119	134	120	
Chlorfenvinphos						201	119	159					
Chlorpyrifos									343				
Chlortoluron				101	109	760	2056	105	271			2213	
Cyanazin		198	194	286	261	267	308	535	208	242	283	462	656
DDE, p,p'			115	728				114					
DDT, o,p'				680				114					
DDT, p,p'			115	748				114					
Desethylatrazin	503	1097	1122	1908	2373	2585	2473	2597	208	1108	1109	2602	2583
Desethylterbutylazin		344	883	1767	2266	2482	1193	2493	555	1040	1027	2557	2534
Desisopropylatrazin		510	922	1811	2299	2519	1246	2524	536	1067	1034	2561	2538
Desmetryn		111		213	197	162	173	195	113	126	118	129	
Diazinon		168	118	218	199	165	165	173	2219	222	102		
Dichlobenil				204	186	228	237	270	2191	236	124	253	278
Dichlorprop (2,4-DP)			292	331				591				155	
Dimethoat		158	110	198	222	128	201	146	2190	195		100	
Disulfoton									305				
Diuron			138	372	510	774	2062	114	606			2218	
Endosulfan, - α			114	748				112					
Endosulfan, - β			114	748				112					
Fenitrothion					112			111	2165	160			
Glyphosat									300				
Hexachlorcyclohexan, - α			114	751				114					314
Hexachlorcyclohexan, - β			114	750				114					313
Hexachlorcyclohexan, - γ				762	142	143	130	173					315
Hexachlorcyclohexan, - δ													313
Hexazinon		350		1678	2113	2342	2226	2364	357	910	866	2386	2369
Isoproturon			107	144	174	799	2096	129	2196	143		2231	
Linuron					128	756	2016					118	
Malathion					123	121			2171	162			
Mecoprop (MCP)			293	331				591				155	
Metalaxyl		282	719	1584	2090	2276	963	2273	271	858	767	2311	2289
Metazachlor	427	1081	1079	1892	2359	2574	1289	2577	591	1106	1088	2583	2555
Methabenzthiazuron				100	109	732	2021		243			164	
Melbromuron					112	174	371		134				
Metolachlor	474	1071	1089	1894	2360	2569	1239	2577	610	1105	1087	2562	2541
Metoxuron					112	174	371		134				
Metribuzin		104	128	204	257	226	236	277	110	139	113	186	179
Monolinuron				100		131	297						
Neburon									302				
Parathion-ethyl (E 605)		140	143	250	198	350	251	350	2203	265	133	209	170
Parathion-methyl		180	168	253	250	368	283	304		156	133	117	
Pendimethalin			132	212	198	223	199	309	2232	245	175	286	267
Propazin	110	430	892	1732	2233	2480	1254	2471	537	1017	981	2511	2493
Sebutylazin			104	293	190	244	204	255	2226	256	192	244	231
Simazin	500	1091	1108	1900	2366	2585	2471	2594	668	1107	1108	2601	2580
TDE, p,p'			114	693				114					
Terbazil								292		110	140	233	221
Terbutylazin	476	1082	1097	1897	2366	2587	2471	2595	690	1107	1108	2600	2580
Triallat				228	421	468	308	497	206	188	249	354	292
Trifluralin				165				130	2159	173		139	124
Vinclozolin			113	206	137	134	120	213		114		112	112

zahlen von Positivbefunden ergeben als in früheren Jahren.

Die meisten der PSM-Befunde mit Grenzwertüberschreitungen an Landesmessstellen wurden in 2001 über Rückstellproben oder Nachuntersuchungen durch erneute Probennahmen und vergleichende Untersuchungen mit dreifach paralleler Analytik verifiziert.

2.5.3 Bisher untersuchte Wirkstoffe

Tabelle 2.5.1 gibt einen Überblick über die Anzahl der auf PSM untersuchten Messstellen seit Inbetriebnahme des zweiten Teilmessnetzes - des Grobrastermessnetzes im Jahr 1989.

Anfang der neunziger Jahre wurde das Messnetz zügig schrittweise vergrößert und regelmäßig die Konzentration der Triazine verfolgt, nach-

2.5.4 Triazine

Atrazin und Desethylatrazin

Statistische Kennzahlen

Aus den landesweiten Beprobungsergebnissen ist für die langlebigen Triazine ein weiterer erheblicher und deutlicher Belastungsrückgang bei Atrazin und Desethylatrazin (DEA) ersichtlich.

In 2001 wird die seit 1992 landesweit geringste Anzahl an Warn- und Grenzwertüberschreitungen bei beiden Stoffen festgestellt.

Die Belastung ist aber nach wie vor sehr hoch. Die Stoffe sind auch dreizehn Jahre nach dem baden-württembergischen Atrazinverbot in 1988 und elf Jahre nach dem bundesweiten Verbot von 1991 immer noch als „landwirtschaftliche Altlasten“ mit zweistelligen Nachweisquoten zu finden. Dies zeigt die umweltrelevante Langlebigkeit dieser Agrochemikalien auf.

Das Totalherbizid Atrazin wurde seit Ende der sechziger Jahre in großem Umfang im Maisanbau und auch in vielen anderen Bereichen, wie auf Nichtkulturland und in Haus und Garten ein-

dem von Seiten der Laboratorien hierfür eine entsprechende Routineanalytik zur Verfügung stand.

In den letzten Jahren wurde aus Kostengründen nicht mehr jeder Wirkstoff in jedem Jahr gemessen. In 2001 lagen die Untersuchungsschwerpunkte in der Messung von: Atrazin, Simazin, Terbutylazin, Desethylatrazin, Desisopropylatrazin, Desethylterbutylazin, Propazin, Metolachlor, Metazachlor, Bromacil, Hexazinon, Metalaxyl, 2,6-Dichlorbenzamid.

Die Übersicht in Tab 2.5.1 zeigt, dass in Baden-Württemberg für die Belastungsbeurteilung für sehr viele PSM-Wirkstoffe und Abbauprodukte eine große und statistisch verlässliche Datenbasis zur Verfügung steht. Der oftmalige Wiederholungsturnus landesweiter Messungen macht auch Aussagen zu Trendentwicklungen möglich.

gesetzt. Aufgrund seiner hohen Stabilität ist es jedoch immer noch im Grundwasser vorhanden und der am häufigsten nachweisbare Wirkstoff.

Im Gesamtmessnetz lag die Atrazin-Nachweisfrequenz in den letzten Jahren bei maximal 32 %. Der Konzentrationswert von 0,1 µg/l (=Trinkwassergrenzwert) wurde zeitweise an bis zu 6,0 % der Messstellen überschritten, die Spitzenwerte lagen bei mehreren µg/l.

In 2001 liegt die Nachweisfrequenz für Atrazin bei 16,4 % aller Messstellen, die Grenzwertüberschreitungsquote bei 1,5 %. In 2000 lauteten die entsprechenden Daten 22,0 % und 1,8 %. Dies dokumentiert den erheblichen und deutlichen Rückgang der Atrazin-Nachweisquote.

Das Hauptabbauprodukt des Atrazin ist das Desethylatrazin (DEA), das sich im Untergrund wesentlich mobiler als sein Ausgangswirkstoff ver-

hält. Dieses führt im Grundwasser zu einer dementsprechend höheren Belastung und zeigte sich bis 1997 in positiven Befunden an bis zu 38 % aller Messstellen sowie an Grenzwertüberschreitungsquoten bis zu 9 %.

In 2001 liegt die Nachweishäufigkeit für DEA bei 23,9 % aller Messstellen, die Grenzwertüberschreitungsquote bei 3,6 % (s. Kapitel 3 - Statistische Übersichten). In 2000 lauteten die entsprechenden Daten 28,7 % und 5,0 %. Dies dokumentiert die erheblichen und deutlichen Rückgänge bei der DEA-Nachweisquote und auch bei den Grenzwertüberschreitungen.

Regionale Verteilung

Die höchsten Belastungen mit Atrazin und Desethylatrazin sind nach wie vor im Oberrheingraben, in Ostwürttemberg und den östlichen Landesteilen (Alb-Donau-Kreis, Ostalbkreis, LK Heidenheim) zu verzeichnen (ohne Abbildungen, Abb. s. Bericht der Beprobung 2000, LfU 2001).

Im Teilmessnetz „Sonstige Emittenten (SE)“ im Bereich von Gleisanlagen, Straßen und Kläranlagen finden sich in 2001 höchste Nachweisquoten für beide Stoffe mit 35 - 40 % (2000: jeweils etwa 40 %), mit Grenzwertüberschreitungsquoten von 1,5 - 4,5 % (2000: 2 - 5 %), was auf ehemalige Atrazinapplikationen auch in diesen Bereichen schließen lässt. Auch hier sind gegenüber 2000 die Nachweishäufigkeiten und die Anzahl der Grenzwertüberschreitungen gesunken.

Vermehrt positive Befunde sind weiterhin hauptsächlich bei den Emittentennessstellen Landwirtschaft „EL“ in Ackerbaugebieten (Mais) festzustellen. Hier finden sich mit 9,5 % bzw. 7,4 % die meisten DEA-Warn- bzw. Grenzwertüberschreitungen (2000: jeweils etwa 10%). Auch hier sind bei DEA die Nachweishäufigkeiten und die Anzahl der Grenzwertüberschreitungen gegenüber 2000 gesunken.

Weitere positive Befunde und Grenzwertüberschreitungen liegen unterstromig von Weinanbaugebieten, Gärtnereien, Obstbaumkulturen, städtischen Grünflächen und Nichtkulturland vor,

wie z.B. in Siedlungen und Industriebereichen, auch an Straßen.

Zeitliche Entwicklung

Die zeitliche Entwicklung der Atrazin- und Desethylatrazinbelastungen ist in Abbildung 2.5.1 und Abb. 2.5.2 anhand von 1.161 bzw. 1.163 Messstellen mit konsistenten Datensätzen dargestellt und zwar differenziert nach dem Gesamtmessnetz („Alle“) und den Teilmessnetzen Rohwasser („RW“) und den Emittenten Landwirtschaft („EL“).

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

Die 1.163 Messstellen repräsentieren rund 46 % des Gesamtmessnetzes.

Messstellengruppe „Alle“

Landesweit wird bei der Messstellengruppe „Alle“ in 2001 bei beiden Stoffen bei den Warn- und Grenzwertüberschreitungen nicht nur das Niveau der Belastungshöhepunkte 1993-1995 unterschritten, sondern auch das Belastungsniveau von 1992. Diese erstmals in 2000 absehbare Entwicklung hat sich also weiter fortgesetzt.

Bei Atrazin hat die Zahl der Warn- und der Grenzwertüberschreitungen von 1992 bis 2001 um rund zwei Drittel abgenommen. Ähnliches gilt für DEA, wenn auch mit geringeren Abnahmen um etwa die Hälfte gegenüber 1992.

Die Zahl der positiven Befunde insgesamt ist in 2001 sowohl für Atrazin als auch für DEA erstmals unter das Niveau von 1992 gesunken. Dies ist eine weitere erfreuliche Entwicklung, da im letzten Jahr in 2000 bei beiden Stoffen im Vergleich mit 1992 erst ein ungefähres Gleichstand erreicht war (Abb. 2.5.1 und 2.5.2).

Messstellengruppe „Rohwasser (RW)“

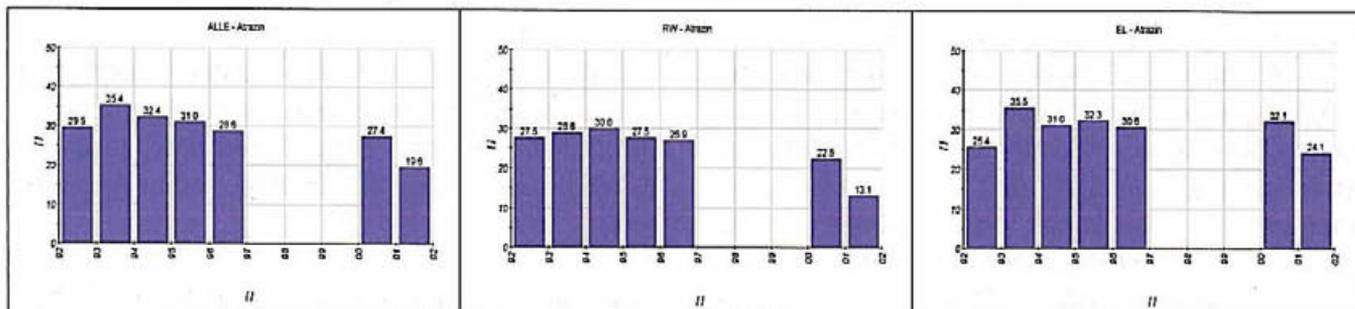
Im Rohwasser für die Trinkwassernutzung (Messstellengruppe „RW“) tritt in 2001 wie schon

ALLE - 1161 Mst.

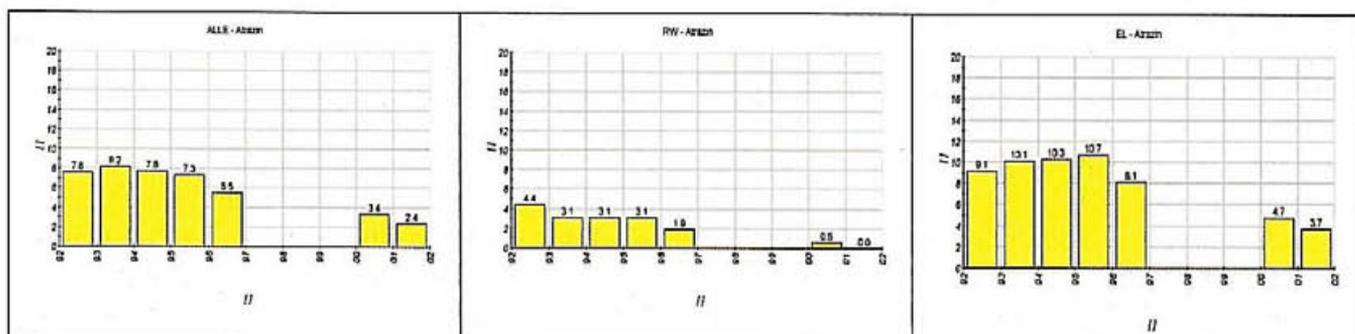
RW - 160 Mst.

EL - 507 Mst.

a) % Messstellen \geq BG (Bestimmungsgrenze)



b) % Messstellen $>$ 0,08 $\mu\text{g/l}$ (Warnwert)



c) % Messstellen $>$ 0,1 $\mu\text{g/l}$ (Grenzwert Trinkwasserverordnung)

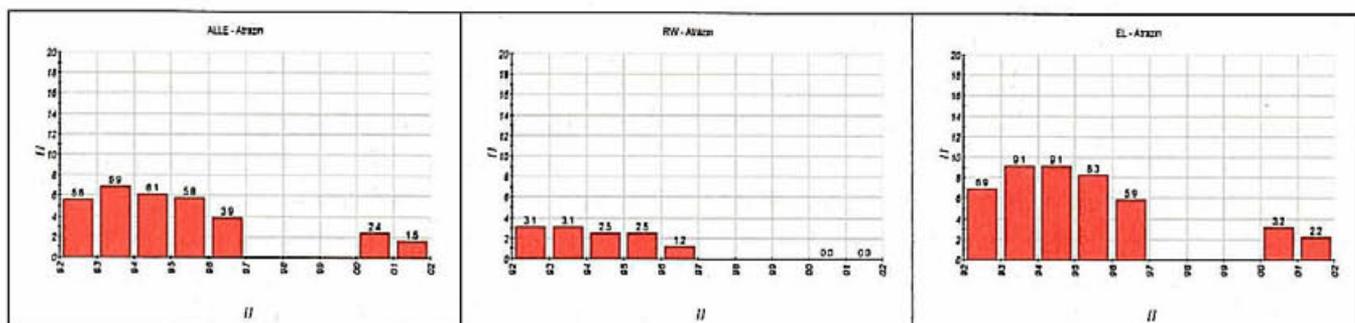


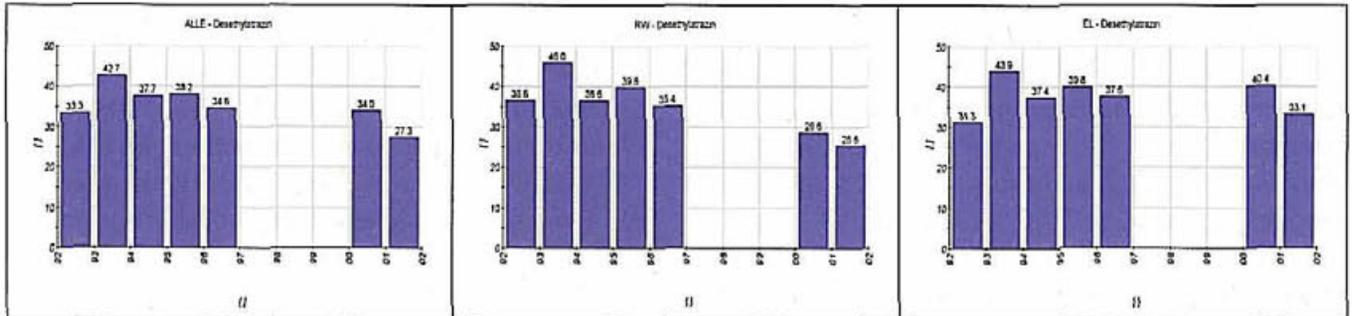
Abb. 2.5.1: Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten der Atrazinkonzentrationen an konsistenten Messstellengruppen von 1992 bis 2001 (Datengrundlagen: Konsistente Messstellengruppen 1992 bis 1996, 2000 bis 2001, Beprobungszeitraum jeweils September bis November, Abk. s. Anhang A1):
 a) der Bestimmungsgrenzen (größer oder gleich der BG)
 b) der Konzentration von 0,08 $\mu\text{g/l}$ (Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms)
 c) der Konzentration von 0,10 $\mu\text{g/l}$ (Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 1990).

ALLE – 1163 Mst.

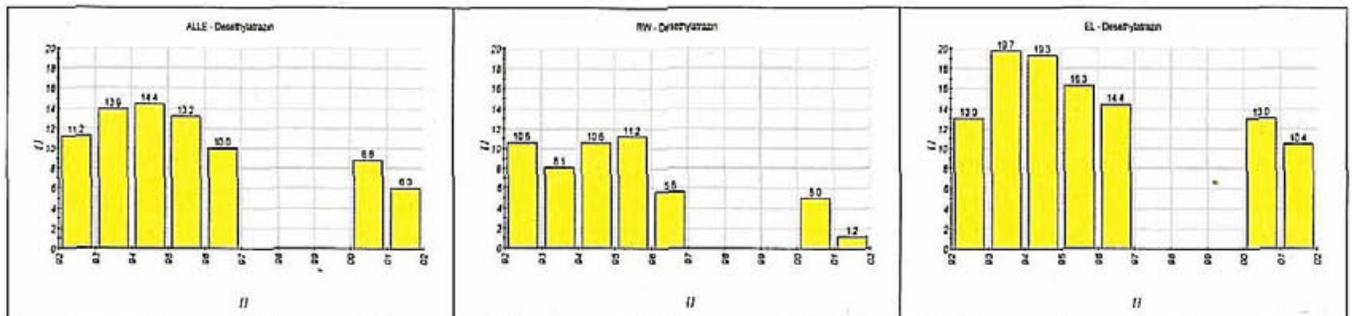
RW – 161 Mst.

EL – 508 Mst.

a) % Messstellen \geq BG (Bestimmungsgrenze)



b) % Messstellen $>$ 0,08 $\mu\text{g/l}$ (Warnwert)



c) % Messstellen $>$ 0,1 $\mu\text{g/l}$ (Grenzwert Trinkwasserverordnung)

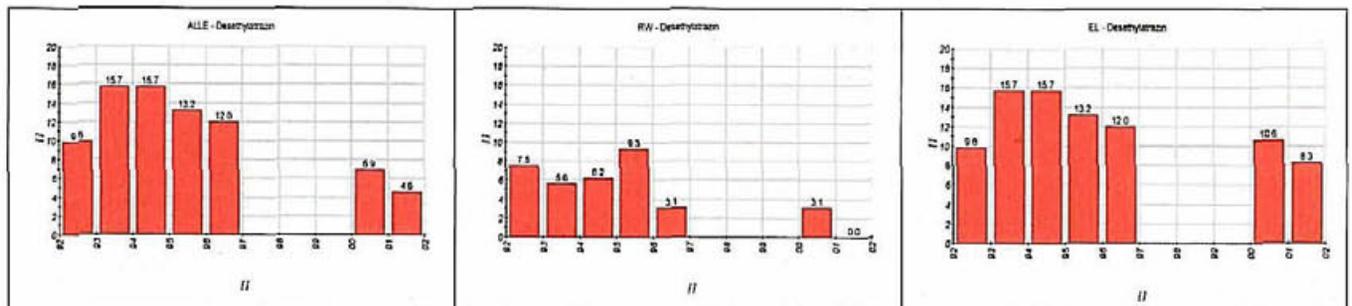


Abb. 2.5.2: Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten der **Desethylatrazin**konzentrationen an konsistenten Messstellengruppen von 1992 bis 2001 (Datengrundlagen: Konsistente Messstellengruppen 1992 bis 1996 und 2000 bis 2001, Beprobungszeitraum jeweils September bis November, Abk. s. Anhang A1):
 a) der Bestimmungsgrenzen (größer oder gleich der BG)
 b) der Konzentration von 0,08 $\mu\text{g/l}$ (Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms)
 c) der Konzentration von 0,10 $\mu\text{g/l}$ (Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 1990).

in 2000 keine Atrazin-Grenzwertüberschreitung mehr auf. Neu ist, dass in 2001 auch keine Warnwertüberschreitung mehr vorliegt. Auch bei DEA sind gegenüber 1992 die Warn- und Grenzwertüberschreitungsquoten weiterhin sehr deutlich gesunken, wie auch die Anzahl der Positivbefunde bei Atrazin und Desethylatrazin. Es existiert in 2001 keine DEA-Grenzwertüberschreitung mehr. Dies ist als längerfristiger umweltpolitischer Erfolg des baden-württembergischen Atrazin-Anwendungsverbots in Trinkwasserschutzgebieten von 1988 zu werten.

Messstellengruppe „Emittenten-Landwirtschaft (EL)“

In landwirtschaftlichen Bereichen (Messstellengruppe „EL“) sind die Atrazinbelastungen mit Warn- und Grenzwertüberschreitungen gegenüber 1992 um etwa die Hälfte bis zwei Drittel gesunken.

Bei den DEA-Warn- und Grenzwertüberschreitungsquoten zeigt sich in 2001 eine weitergehende sehr deutliche Abnahme gegenüber den Belastungshöhepunkten von 1993 bis 1995. Dies deutete sich schon in 2000 an. Erstmals ist aber auch eine Verbesserung der Belastungssituation gegenüber 1992 zu erkennen. Dies war in 2000 noch nicht erkennbar.

Erstmals ist auch im landwirtschaftlichen Bereich die Zahl der positiven Atrazin- bzw. DEA-Befunde unter bzw. nahezu auf das Niveau von 1992 gesunken. Dies ist eine weitere erfreuliche Entwicklung, da im letzten Jahr in 2000 das Nachweisniveau bei beiden Stoffen noch immer über dem Niveau von 1992 lag (Abb. 2.5.1 und 2.5.2).

Andere Triazine

Mit wesentlich geringerer Nachweishäufigkeit als bei Atrazin und DEA werden die Herbizide Simazin und Terbutylazin sowie ihre Abbauprodukte Desethylsimazin (=Desisopropylatrazin) und Desethylterbutylazin im Grundwasser gefunden.

Regionale Verteilung

Belastungsschwerpunkte sind weiterhin Siedlungs-, Industrie-, Gleisanlagenbereiche und

landwirtschaftliche Bereiche mit Ackerflächen. Eintragsquellen sind z.B. Anwendungen im Mais- und Weinanbau, in Gärtnereien und im Obstanbau, auf städtischen Grünflächen und auf Nichtkulturland z.B. auf Gleisanlagen. In den Teilmessnetzen „Emittenten Industrie (EI) und Emittenten Siedlungen (ES)“ sind höhere Nachweisquoten zu finden als bei den „Emittenten Landwirtschaft (EL)“ (s. Kapitel 3 - Statistische Übersichten). Bei den „Sonstigen Emittenten (SE)“ im Bereich von Gleis- und Kläranlagen ist für Simazin die höchste Nachweisquote von etwa 15 % zu finden.

Statistische Kennzahlen und zeitliche Entwicklung

Bei **Simazin** betrug der maximale Anteil an positiven Befunden in den letzten Jahren etwa 12 % und der Anteil der Grenzwertüberschreitungen maximal 1,0 %.

Die entsprechenden Zahlen in den Vorjahren für **Terbutylazin** sind 3% bzw. 0,7 %. In 2001 liegen die landesweiten Nachweis- bzw. Grenzwertüberschreitungsquoten für Terbutylazin bei gegenüber 1996 nahezu unveränderten und gegenüber 2000 unveränderten 0,6 bzw. 0,2 % (1996: 0,9 % bzw. 0,2 %).

Simazin, mit der nach wie vor vierthäufigsten Nachweisquote aller PSM-Wirkstoffe und Abbauprodukte, findet sich in 2001 mit einer erstmals gegenüber 1996 und auch gegenüber 2000 wesentlich gesunkenen landesweiten Nachweisquote bzw. Grenzwertüberschreitungsquote von 4,3 % bzw. 0,3 % (1996: 7,2 bzw. 0,7 %; 2000: 6,3 bzw. 0,5 %). Auch die Auswertung der längerfristigen Entwicklung an konsistenten Messstellen zeigt diese stark abnehmende Tendenz auf (Abb. 2.5.3), nicht nur bei den Warn- und Grenzwertüberschreitungen, sondern auch bei den Nachweisquoten der positiven Befunde, sogar auch im landwirtschaftlichen Bereich (EL).

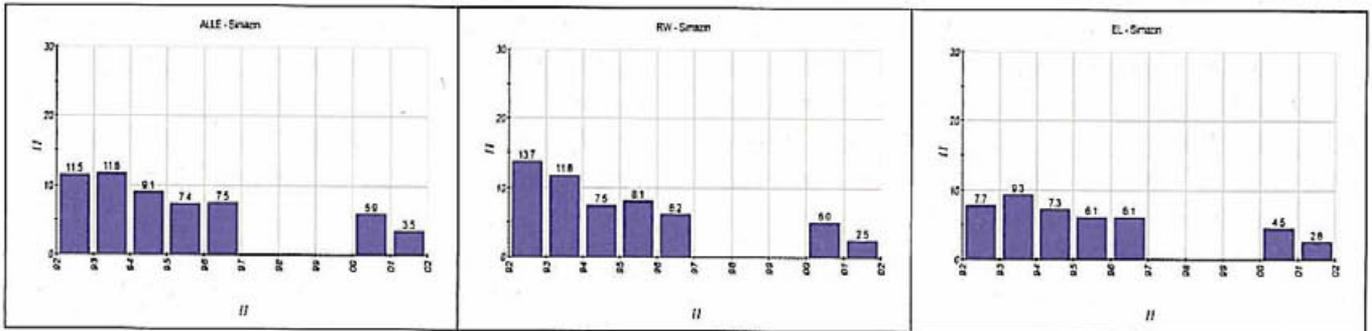
Auch das Simazin-Abbauprodukt Desethylsimazin (=Desisopropylatrazin) wird in 2001 mit einer gegenüber den Vorjahren wesentlich gesunkenen Häufigkeit an nur noch 1,9 % aller Messstellen gefunden (1996: 3,3%; 2000: 2,8 %).

ALLE – 1165 Mst.

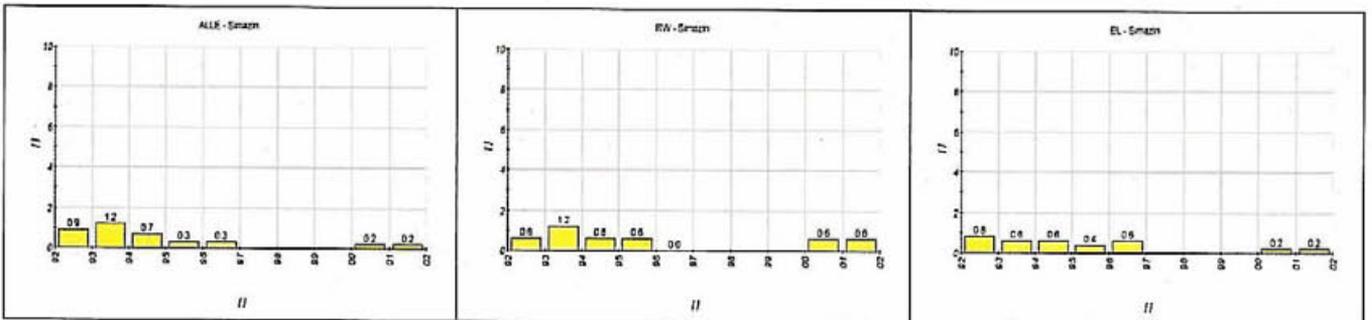
RW – 161 Mst.

EL – 508 Mst.

a) % Messstellen \geq BG (Bestimmungsgrenze)



b) % Messstellen $>$ 0,08 $\mu\text{g/l}$ (Warnwert)



c) % Messstellen $>$ 0,1 $\mu\text{g/l}$ (Grenzwert Trinkwasserverordnung)

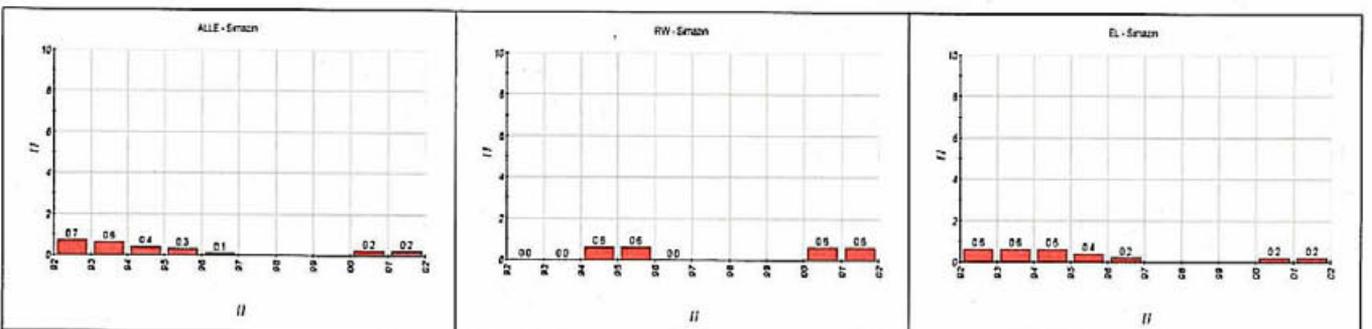


Abb. 2.5.3: Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten der Simazinkonzentrationen an konsistenten Messstellengruppen von 1992 bis 2001 (Datengrundlagen: Konsistente Messstellengruppen 1992 bis 1996 und 2000 bis 2001, Beprobungszeitraum jeweils September bis November, Abk. s. Anhang A1):
 a) der Bestimmungsgrenzen (größer oder gleich der BG)
 b) der Konzentration von 0,08 $\mu\text{g/l}$ (Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms)
 c) der Konzentration von 0,10 $\mu\text{g/l}$ (Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 1990).

2.5.5 Phenylharnstoffe und andere stickstoffhaltige Herbizide

Regionale Verteilung

Die Wirkstoffe **Bromacil** und **Hexazinon** fanden in erster Linie als Totalherbizide auf Nichtkulturland wie Wegen, Plätzen, Verkehrs- und Betriebsflächen etc. Verwendung. Dies zeigt sich im Grundwasser darin, dass man diese Wirkstoffe bei durch Industrie und Siedlung beeinflussten Messstellen sowohl überproportional häufiger als auch in höheren Konzentrationen findet, als im landwirtschaftlichen Bereich (s. Kap. 3 Statistische Übersicht). Die regionale Verteilung der Befunde ist im letztjährigen Beprobungsbericht 2000 ausführlich dargestellt (LFU, 2001).

Beide Wirkstoffe wurden früher auch zur Vegetationskontrolle auf Bahnanlagen verwendet und treten dort aufgrund ihrer Langlebigkeit noch immer oft und in vergleichsweise hohen Konzentrationen auf. Deshalb werden im Teilmessnetz „Sonstige Emittenten (SE)“ an Gleisanlagen und auch an Kläranlagen die höchsten Nachweisquoten von 20 - 30 % und die höchsten Grenzwertüberschreitungsquoten von 7 - 12 % gefunden.

Die unterschiedlichen Größenordnungen zwischen landesweiten Befunden (Messstellengruppe Alle) und den sehr hohen Befundraten im Teilmessnetz Sonstige Emittenten (SE) (Messstellengruppe SE) verdeutlichen auch die Abb. 2.5.4 und Abb. 2.5.5 mit den Darstellungen der zeitlichen Entwicklung an konsistenten Messstellen.

Statistische Kennzahlen und zeitliche Entwicklung

Bei Bromacil und Hexazinon betragen die landesweiten Grenzwertüberschreitungsquoten etwa 1 - 2 % und die Nachweisquoten je etwa 3 %.

Gegenüber 1996 und 2000 haben die landesweiten Nachweisquoten in 2001 abgenommen: Bromacil: 3,0 %, 2000: 3,4%, 1996: 3,8%; Hexazinon: 3,2 , 2000: 3,4 %, 1996: 4,3%.

Die landesweite Grenzwertüberschreitungsquote ist bei Hexazinon in 2001 gegenüber 1996 um etwa die Hälfte gefallen: 2001: 1,0 %, 2000: 1,2 %, 1996: 2,2 %, bei Bromacil um etwa ein Viertel: 2001: 1,6 %, 2000: 1,8 %, 1996: 2,3 %. Gegenüber 2000 sind also nur geringere Veränderungen eingetreten als gegenüber 1996.

Bei **Bromacil** zeigt die Abb. 2.5.4 mit den Trendauswertungen an konsistenten Messstellengruppen in 2000 und 2001 gegenüber 1994 bei den Warn- und Grenzwertüberschreitungen bei den Messstellengruppen „Alle“ und „Rohwasser (RW)“ ein stark gesunkenes Belastungsniveau. Bei den Rohwasser-Messstellen existiert in 2001 keine Grenzwertüberschreitung mehr.

Bei **Hexazinon** zeigt die Abb. 2.5.5 in 2000 und 2001 gegenüber 1994 bei den Warn- und Grenzwertüberschreitungen bei den Messstellengruppen „Alle“ und „Rohwasser (RW)“ ebenfalls ein stark gesunkenes Belastungsniveau. Bei den Rohwasser-Messstellen existiert seit 1995 keine Grenzwertüberschreitung mehr.

Im Hauptbelastungsbereich „**Sonstige Emittenten (SE)**“ sind in 2000 und 2001 bei den Warn- und Grenzwertüberschreitungen beider Wirkstoffe gegenüber 1994 sehr starke Belastungsrückgänge zu verzeichnen, um etwa die Hälfte bis zwei Drittel. Im Vergleich 2001 zu 2000 ist allerdings bei den Bromacil-Warnwertüberschreitungen eine Zunahme von 2000 auf 2001 ersichtlich. Bei den Hexazinon-Grenzwertüberschreitungen ist in 2001 nur ein Gleichstand mit 2000 erreicht. Bei den Befunden größer der Bestimmungsgrenze ist bei beiden Wirkstoffen und in den Messstellengruppen „ALLE“ und „SE“ die Belastungssituation in 2001 gegenüber 1994 nur etwas verbessert. Insbesondere bei den „Sonstigen Emittenten“ im Gleis- und Kläranlagenbereich ist die Belastungssituation mit jeweils zweistelligen Nachweisquoten von 20 bis 30 % noch sehr hoch. Dagegen ist bei den Rohwasser messstellen (RW) eine Verbesserung eingetreten.

ALLE – 1867 Mst.

RW – 177 Mst.

SE – 60 Mst.

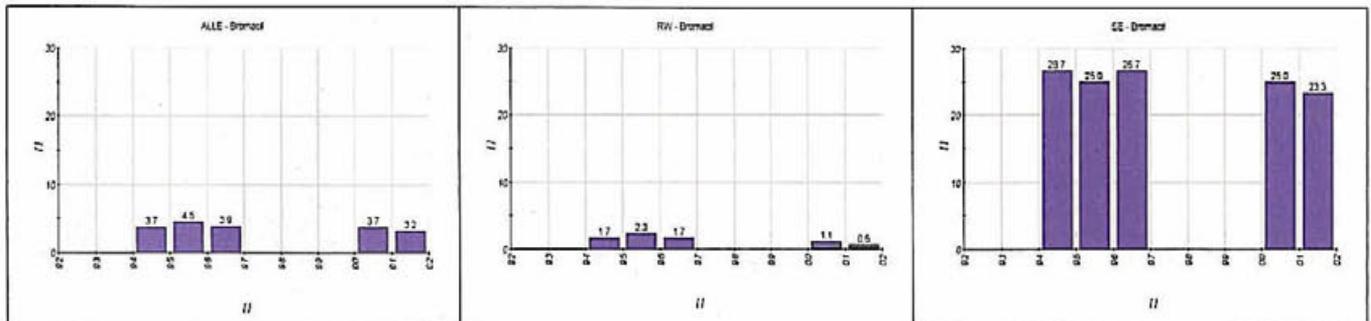
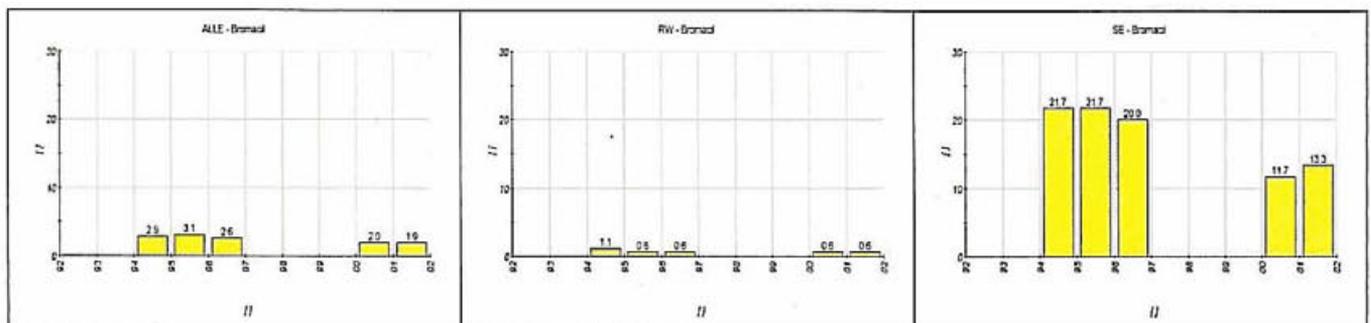
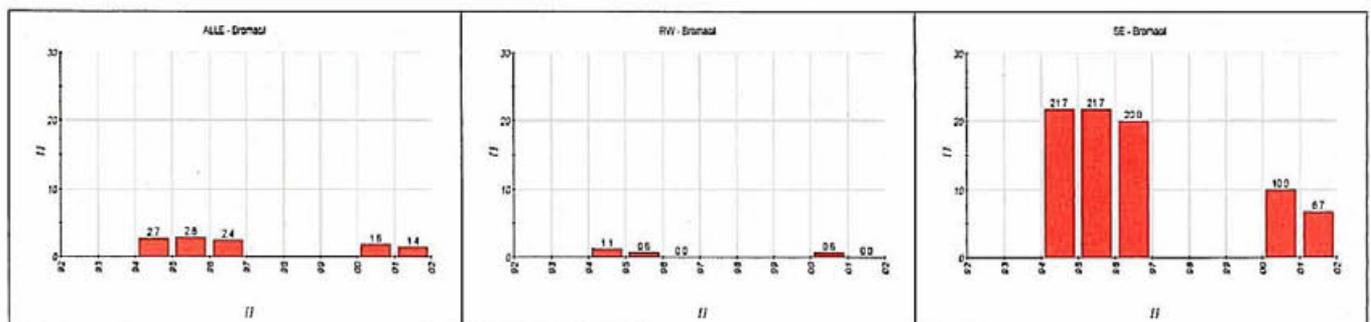
a) % Messstellen \geq BG (Bestimmungsgrenze)b) % Messstellen $>$ 0,08 μ g/l (Warnwert)c) % Messstellen $>$ 0,1 μ g/l (Grenzwert Trinkwasserverordnung)

Abb. 2.5.4: Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten der **Bromacil**konzentrationen an konsistenten Messstellengruppen von 1994 bis 2001 (Datengrundlagen: Konsistente Messstellengruppen 1994 bis 1996 und 2000 bis 2001, Beprobungszeitraum jeweils September bis November, Abk. s. Anhang A1):
 a) der Bestimmungsgrenzen (größer oder gleich der BG)
 b) der Konzentration von 0,08 μ g/l (Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms)
 c) der Konzentration von 0,10 μ g/l (Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 1990).

ALLE – 1856 Mst.

RW – 176 Mst.

SE – 60 Mst.

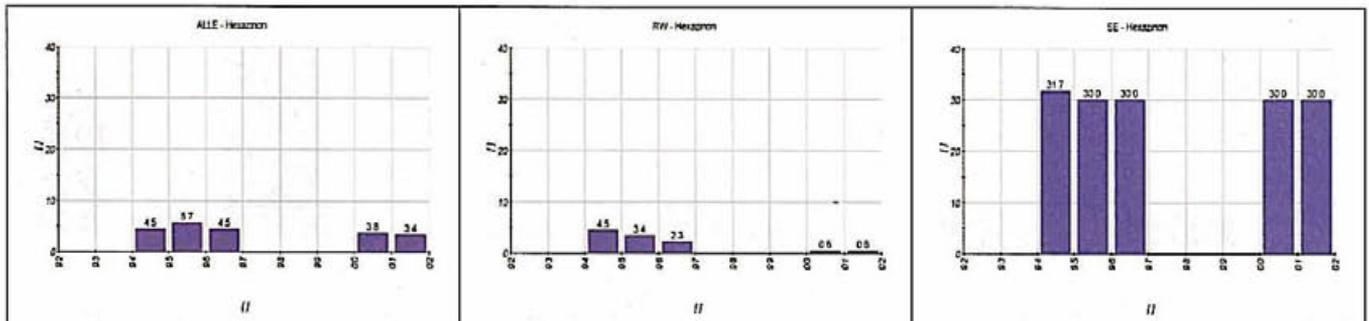
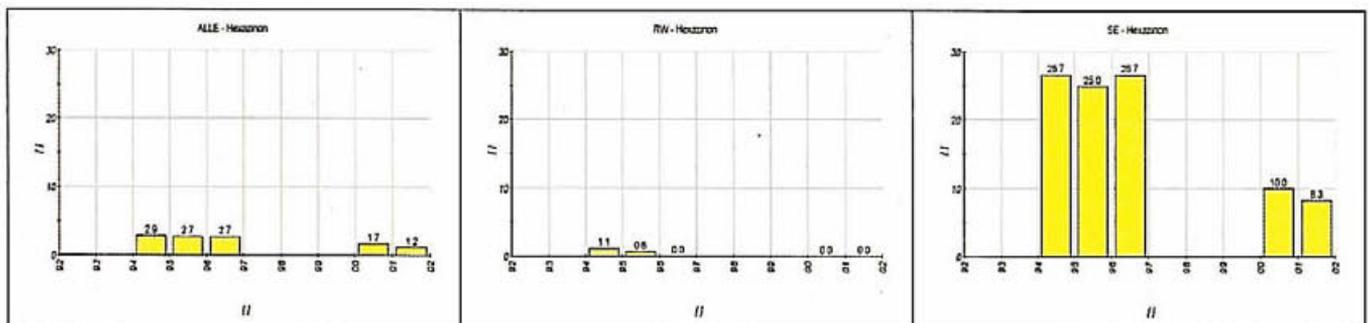
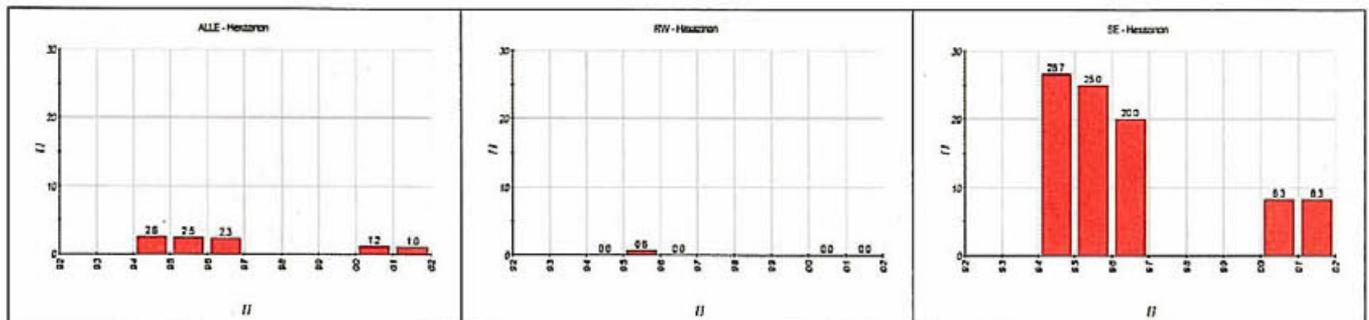
a) % Messstellen \geq BG (Bestimmungsgrenze)b) % Messstellen $>$ 0,08 $\mu\text{g/l}$ (Warnwert)c) % Messstellen $>$ 0,1 $\mu\text{g/l}$ (Grenzwert Trinkwasserverordnung)

Abb. 2.5.5: Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten der **Hexazinon**konzentrationen an konsistenten Messstellengruppen von 1994 bis 2001 (Datengrundlagen: Konsistente Messstellengruppen 1994 bis 1996 und 2000 bis 2001, Beprobungszeitraum jeweils September bis November, Abk. s. Anhang A1):
 a) der Bestimmungsgrenzen (größer oder gleich der BG)
 b) der Konzentration von 0,08 $\mu\text{g/l}$ (Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms)
 c) der Konzentration von 0,10 $\mu\text{g/l}$ (Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 1990).

ALLE – 1990 Mst.

RW – 157 Mst.

EL – 655 Mst.

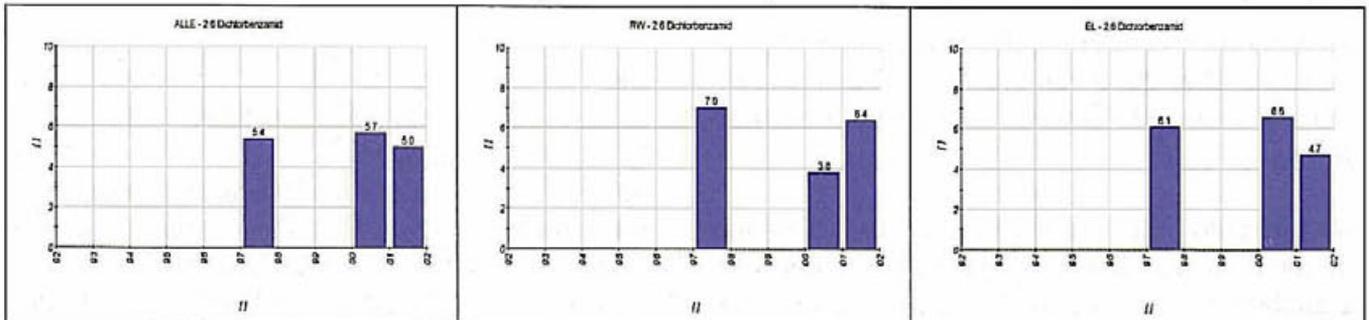
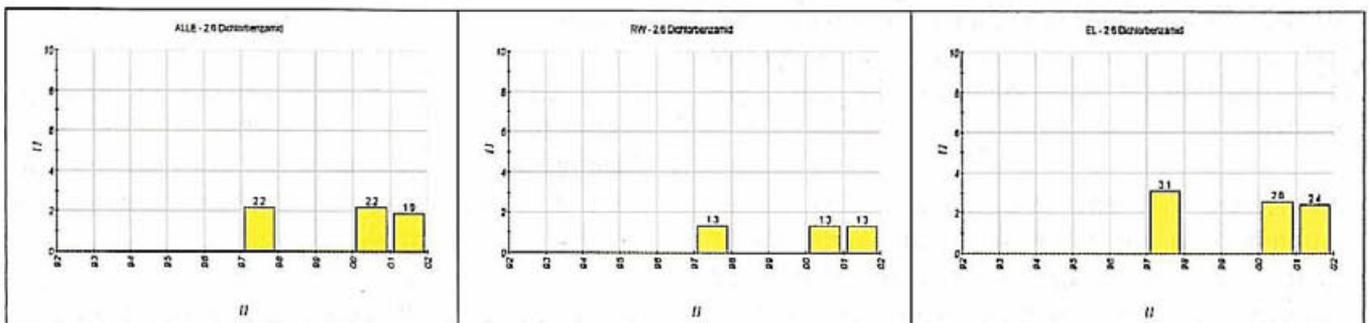
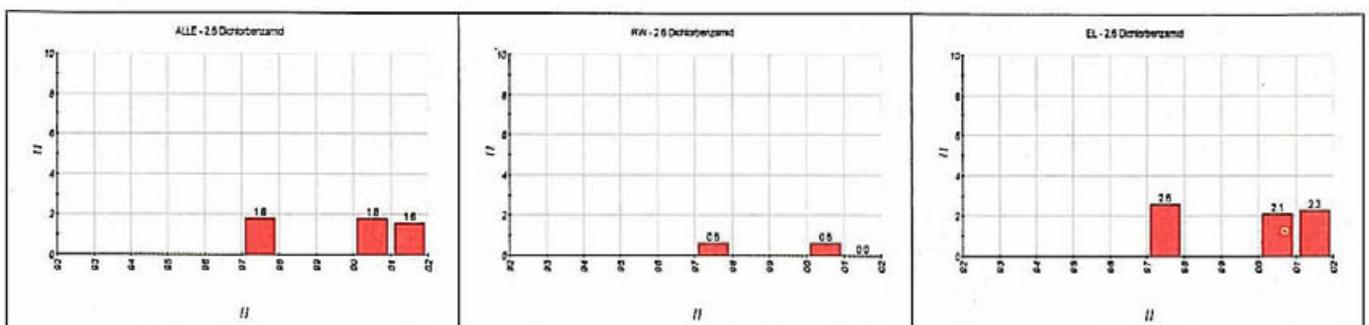
a) % Messstellen \geq BG (Bestimmungsgrenze)b) % Messstellen $>$ 0,08 $\mu\text{g/l}$ (Warnwert)c) % Messstellen $>$ 0,1 $\mu\text{g/l}$ (Grenzwert Trinkwasserverordnung)

Abb. 2.5.6: Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten der 2,6-Dichlorbenzamidkonzentrationen an konsistenten Messstellengruppen von 1997 bis 2001 (Datengrundlagen: Konsistente Messstellengruppen 1997, 2000 bis 2001, Beprobungszeitraum jeweils September bis November, Abk. s. Anhang A1):

a) der Bestimmungsgrenzen (größer oder gleich der BG)

b) der Konzentration von 0,08 $\mu\text{g/l}$ (Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms)

c) der Konzentration von 0,10 $\mu\text{g/l}$ (Grenzwert der Trinkwasserverordnung von 1990).

2.5.6 Weitere Herbizide und Fungizide

Metalaxyl wurde hauptsächlich als Fungizid im Kartoffelanbau verwendet, fand aber auch auf Erdbeerefeldern Verwendung. Dort findet sich in 2001 auch die landesweit höchste Einzelkonzentration. Die landesweite Nachweishäufigkeit ist gegenüber 2000 von 0,5 % auf 0,2 % gesunken. Es existiert nur eine Grenzwertüberschreitung.

Metazachlor bzw. Metolachlor sind dagegen in 2001 wieder etwas häufiger nachweisbar, Metazachlor an fünf Messstellen in 2001 gegenüber drei Messstellen in 2000 bzw. Metolachlor an 15 gegenüber 14. Auch sind bei Metazachlor wieder an zwei Messstellen Überschreitungen des Warnwertes zu registrieren. In 2000 war letzteres bei Metazachlor an keiner Messstelle der Fall. Bei Metolachlor dagegen ist die Anzahl der Grenzwertüberschreitungen von vier auf zwei gefallen.

Dichlobenil ist ein Totalherbizid, das früher hauptsächlich im Weinbau eingesetzt wurde, auch in Trinkwasserschutzgebieten. Seit 1991 war die Anwendung in Trinkwasserschutzgebieten generell verboten. Weiterhin verboten wurde es für den Obstanbau und zur Anwendung auf Nichtkulturland (z.B. Brachflächen, Verkehrsflächen). Zugelassen war es auch auf Grünland zur Ampferbekämpfung, im Gartenbau zur Unkrautbekämpfung unter Ziergehölzen, sowie im Forst und in Baumschulen unter Schutzpflanzungen und Laub- und Nadelbäumen.

Im Grundwasser wird in der Regel nicht Dichlobenil, sondern nur das Abbauprodukt **2,6-Dichlorbenzamid** gefunden. Die landesweiten Befunde dieses Stoffes waren in 2000 mit 6,7 % positiven Befunden und mit 2,4 % Grenzwertüberschreitungen auffällig hoch. Gegenüber 1997 hatte sich die Nachweisquote in 2000 um 1,3 % erhöht.

In 2001 sind mit einer landesweiten Nachweisquote von 6,0 % und 2,1 % Grenzwertüberschreitungen gegenüber 2000 nur sehr geringe Änderungen festzustellen.

Die Auswertungen an den konsistenten Messstellen zeigen ein uneinheitliches Bild (Abb. 2.5.6). Während landesweit (Messstellen-Gruppe Alle) und bei den Rohwassermessstellen (Messstellen-Gruppe RW) die Anzahl der Messstellen mit hohen Konzentrationen über dem Warn- und Grenzwert gegenüber 2000 fällt oder gleichbleibt, steigt die Anzahl der Grenzwertüberschreitungen bei den Emittentenmessstellen Landwirtschaft (Messstellen-Gruppe EL) (incl. Weinbau) bzw. fällt bei den Warnwertüberschreitungen.

Mit Ausnahme des Basis- und des Quellmessnetzes findet sich 2,6-Dichlorbenzamid in allen Teilmessnetzen mit hohen Nachweisquoten von 5 bis 9 % und immer mit Grenzwertüberschreitungsquoten von etwa 2 - 3 %.

Häufig wird 2,6-Dichlorbenzamid auch im Abstrom von Industriebereichen gefunden mit einer Nachweisquote von 8,7 %. Siedlungs-, Gleis- und Kläranlagenbereiche zeigen auch hohe Nachweisquoten von 5 bis 14 %.

Das Totalherbizid wurde offenbar nicht nur auf Kulturland (Gärtnereien mit Ziergehölzen, Hausgärten, Obst- und Weinbau), sondern auch auf Nichtkulturland wie Brachen, Wegen, Plätzen, Friedhöfen, Straßenränder und Gleisanlagen angewandt. Dies führt zu o.g. Grundwasserbelastungen.

Wie schon in 2000 ist 2,6-Dichlorbenzamid auch in 2001 die landesweit am dritthäufigsten nachweisbare PSM-Substanz mit den landesweit zweithäufigsten Warn- und Grenzwertüberschreitungen nach Desethylatrazin. Es findet sich derzeit landesweit an jeder siebzehnten Messstelle, gegenüber jeder fünfzehnten in 2000.

2.5.7 Bewertung der Gesamtsituation

In der Grundwasserdatenbank liegen derzeit Analysenergebnisse von 174 PSM-Wirkstoffen und deren Abbauprodukten vor. Davon wurden diejenigen 70 Wirkstoffe ausgewertet und in Tabelle 2.5.2 zusammengestellt, die im Zeitraum 1992 bis 2001 an insgesamt mindestens 200 Messstellen untersucht wurden.

Sechzehn Wirkstoffe sind an keiner Messstelle nachweisbar. Zur PSM-Belastung, d.h. mit positiven Befunden im Grundwassers, tragen 59 Wirkstoffe und deren Abbauprodukte bei. Davon werden 32 Stoffe in Konzentrationen unter dem Trinkwassergrenzwert von 0,1 µg/l nachgewiesen. 27 andere Wirkstoffe führen zu Überschreitungen des Grenzwertes der aktuellen TrinkwV von 1990.

Zur landesweiten Hauptbelastung tragen sechs langlebige Totalherbizide und deren Abbauprodukte bei, die meist schon seit langem nicht mehr zugelassen oder verboten sind, aber deren Konzentrationen an 1 bis 6 % der Messstellen über dem Grenzwert liegen. In der Reihenfolge ihrer Nachweishäufigkeit 1992-2001 (Bentazon) oder bis 2001 (übrige genannte Stoffe) sind dies: Desethylatrazin (32,6 %), Atrazin (25,3 %), 2,6-Dichlorbenzamid (7,2 %), Bentazon (4,3 %), Hexazinon (4,1 %) und Bromacil (3,6 %). Ursachen sind nicht nur ehemalige Anwendungen im landwirtschaftlichen Bereich z.B. im Mais- und Wein- und Obstanbau, Erwerbsgärtnereien, sondern auch auf Nichtkulturland, wie z.B. auf Gleisanlagen und auf anderen Verkehrsflächen, und auch in Hausgärten.

Atrazin und Desethylatrazin (DEA) sind hierbei mit immer noch zweistelligen Nachweisquoten die Hauptvertreter. Die inzwischen nicht nur gegenüber den 90er Jahren sondern auch gegenüber dem Vorjahr stark rückläufige landesweite Tendenz bei den hohen Belastungen mit Warn- und Grenzwertüberschreitungen - insbesondere im Rohwasserbereich - ist als umweltpolitischer Erfolg der baden-württembergischen und bundesweiten Atrazin-Verbote von 1988 bzw. 1991 zu werten.

Die Trendauswertungen in 2001 zeigen gegenüber den Vorjahren - bis 1992 zurück - erstmals auch, dass landesweit die Häufigkeit positiver Befunde von Atrazin und DEA unter das Niveau von 1992 gesunken ist. Im landwirtschaftlichen Bereich ist erst nahezu ein Gleichstand mit 1992 erreicht.

Erstmals seit zehn Jahren gestaltet sich die in Tabelle 2.5.2 dargestellte „Hitliste der langfristigen PSM-Befunde“ anders als in den letzten Jahren: Atrazin wird in der Auswertung über die letzten zehn Jahre nur noch mit einer mittleren Grenzwertüberschreitungsquote an genau 3 % aller Messstellen gefunden und wechselt damit von der höchsten Befundklasse in die nächst niedrigere Klasse.

Hexazinon und **Bromacil** wurden im Teilmessnetz „Sonstige Ermittenten“ d.h. im Gleis- und Kläranlagenbereich in 2001 mit nach wie vor hohen zweistelligen Nachweishäufigkeiten gefunden. Bei den hohen Belastungen mit Warn- und Grenzwertüberschreitungen ist hier die Tendenz gegenüber den 90er Jahren stark rückläufig, offenbar als Erfolg der Anwendungseinschränkungen.

2,6-Dichlorbenzamid ist unter allen in Baden-Württemberg untersuchten PSM-Wirkstoffen und PSM-Abbauprodukten - wie schon in 2000 - die mittlerweile am dritthäufigsten nachweisbare Substanz. In 2001 ist sie an 6,0 % aller Messstellen nachweisbar. An 2,5 % aller Messstellen wird der Warnwert, an 2,1 % der Grenzwert überschritten. Diese Substanz ist das Abbauprodukt des vielerorts - nicht nur im landwirtschaftlichen Bereich - verwendeten Ausgangswirkstoffs Dichlobenil, einem Totalherbizid. In 2001 bestätigen sich die hohen Befundzahlen von 2,6-Dichlorbenzamid aus den vorherigen Beprobungsrunden 1997 und 2000. Die schon in 1997 hohe Befundrate an 5,4 % aller Messstellen hatte sich in 2000 auf 6,7 % erhöht, und damit ein sehr hohes Niveau erreicht. In 2001 ist die landesweite Befundrate nur gegenüber 2000 leicht gesunken, nicht gegenüber dem Jahr 1997. **Bentazon** war in der erstmals in 2000 durchgeführten lan-

desweiteren Erhebung mit der vierthöchsten PSM-Nachweisquote von 4,9 % und einer Grenzwertüberschreitungsquote von 1,4 % im Grundwasser zu finden.

Nur die mit Anwendungseinschränkungen oder Verboten versehenen Stoffe weisen eine mittlerweile stark fallende Nachweistendenz auf. Dies verweist auf die Notwendigkeit derartiger Einschränkungen.

Tabelle 2.5.2: Belastung der Messstellen des Grundwassermessnetzes mit PSM-Wirkstoffen, die im Gesamtzeitraum von 1992-2001 an insgesamt mindestens 200 Messstellen untersucht wurden.

Negative Befunde an allen Messstellen	Positive Befunde an			
	Messstellen, jedoch immer 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
Aldrin	Alachlor	2,4-D	2,6-Dichlorbenzamid	Desethylatrazin
Azinphos-ethyl	Aldicarb	Desethylterbutylazin	Atrazin	
Chlorfenvinphos	Ametryn	Desisopropylatrazin	Bentazon	
Chlorpyrifos	Carbofuran	Dichlobenil	Bromacil	
Endosulfan, α-	Chloridazon	Disulfoton	Hexazinon	
Endosulfan, β-	Chlortoluron	Diuron		
Etrimfos	Cyanazin	Glyphosat		
Formothion	Desmetryn	HCH, γ - (Lindan)		
HCH, β -	Diazinon	Isoproturon		
HCH, δ -	Dichlorprop (2,4-DP)	Linuron		
Hexachlorbenzol	Dimethoat	MCPA		
Neburon	Fenitrothion	MCPP (Mecoprop)		
o,p'-DDE	HCH, α-	Metalaxyl		
o,p'-TDE (o,p'-DDD)	Malathion	Methabenzthiazuron		
Propoxur	Metamitron	Metolachlor		
Trifluralin	Metazachlor	Oxadixyl		
	Metobromuron	p,p'-DDE		
	Metoxuron	Propazin		
	Metribuzin	Sebutylazin		
	Monolinuron	Simazin		
	o,p'-DDT	Terbutylazin		
	p,p'-DDT			
	p,p'-TDE (p,p'-DDD)			
	Parathion-ethyl (E-605)			
	Parathion-methyl			
	Pendimethalin			
	Prometryn			
	Terbazil			
	Terbutryn			
	Triadimenol			
	Triallat			
	Vinclozolin			

2.6 LHKW – Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe und VC - Vinyl-Chlorid (Chlorethen)

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 metallverarbeitender Betrie-

be auf. Verursacht werden 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 Altablagerungen.

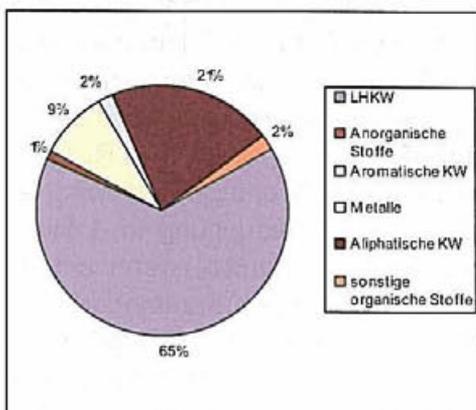


Abbildung 2.6.1: Häufigkeit von Grundwasserschadensfällen nach Stoffgruppen.

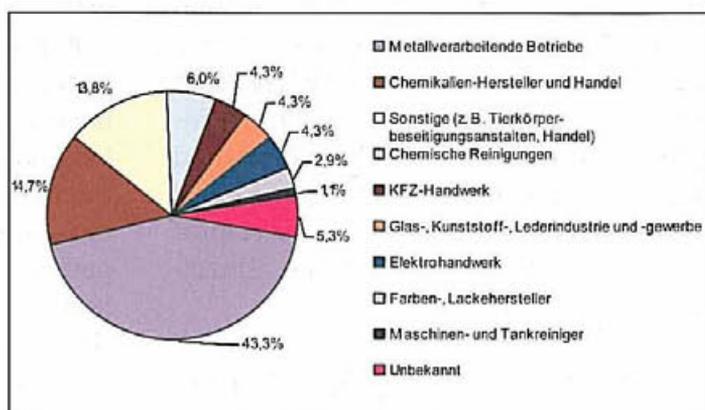


Abbildung 2.6.2: Verursacher von Grundwasserschadensfällen durch LHKW.

Vinylchlorid-VC (Chlorethen)

Vinylchlorid ist ein farbloses Gas, welches durch die industrielle Herstellung von PVC (Polyvinylchlorid) und aus Lösungsvorgängen von PVC-Material als monomere Verbindung ins Grund- oder Trinkwasser gelangen kann.

VC kann direkt bei der industriellen Produktion oder indirekt aus PVC-haltigen Altablagerungen ins Grundwasser gelangen. Auch können Anstriche oder Auskleidungen von Wasserfassungsrohren, Hochbehältern und Wasserleitungen VC abgeben.

Nach bisherigem Kenntnisstand treten VC-Verunreinigungen des Grundwassers selten auf, und wenn dann nur unterhalb von Altablagerungen, begleitet von LHKW-Verunreinigungen.

Dort feststellbare VC-Verunreinigungen sind meist nicht auf direkten Eintrag zurückzuführen, sondern auf die Entstehung von VC als Produkt der Abbaureihe TRI und PER - zu cis-1,2-Dichlorethen und zu VC.

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

Grenzwerte

In der derzeit noch geltenden deutschen **Trinkwasserverordnung** vom 05.12.1990 ist ein Grenzwert für die „**Summe LHKW**“ von 0,010 mg/l festgelegt. Unter der „Summe LHKW“ wird die Summe der Konzentrationen an 1,1,1-Trichlorethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen und Dichlormethan verstanden (s. Anhang A 4). Für diese vier Einzelstoffe und für cis-1,2-Dichlorethen sowie für Vinylchlorid sind keine Einzelgrenzwerte vorgesehen.

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

In der neuen **EU-Trinkwasserrichtlinie** vom November 1998 werden von den o.g. LHKW nur noch die beiden Stoffe Trichlorethen („**TRI**“) und Tetrachlorethen („**PER**“) durch einen gemeinsamen **Summengrenzwert** von 0,010 mg/l berücksichtigt. Neu aufgenommen wurden dagegen aufgrund ihres krebserregenden Potentials die Stoffe **1,2-Dichlorethan** (GW 0,003 mg/l), **Vinylchlorid** (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 Umsetzung der EU-Richtlinie in das nationale Recht der Bundesrepublik Deutschland ist erfolgt. Die „**Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung vom 21.05.2001**“ mit der Gültigkeit ab 01.01.2003 enthält bei den „Chemischen Parametern-Teil I und Teil II“ neben den Grenzwerten zu den in der EU-Trinkwasserrichtlinie genannten vier Einzelstoffen auch die Summe der Trihalogenmethane aus Trichlormethan (Chloroform), Dibromdichlormethan, Dibromchlormethan und Tribrommethan (Bromoform). 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 ausgewiesen als der EU-Grenzwert von 0,100 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“ (1997).

Proben an Quellen sind direkt an der vorgegebenen Austrittsstelle und an Förderbrunnen nach Ablauflassen 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 Probennahmematerialien 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 (Dampf-raum-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 wird 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 Bestimmungsgrenzen liegen für die meisten LHKW bei 0,0001 mg/l, für VC bei 0,005 mg/l (s. Anhang Tab. A2), d.h. für VC, dass die derzeit bei den von der LfU beauftragten Laboratorien erreichbare Bestimmungsgrenze um das zehnfache über dem EU-Grenzwert und dem zukünftigen deutschen Trinkwassergrenzwert von 0,0005 mg/l liegt. Daher wurde für das Grundwasserüberwachungsprogramm ein Warnwert festgesetzt, der der derzeitigen möglichen Labor-Bestimmungsgrenze entspricht und damit auch über dem Grenzwert der zukünftigen TrinkwV liegt.

Die meisten der LHKW-Befunde mit Grenzwertüberschreitungen an Landesmessstellen wurden in 2001 über Rückstellproben oder Nachuntersuchungen durch erneute Probennahmen und vergleichende Untersuchungen mit dreifach paralleler Analytik verifiziert.

2.6.3 Bisher untersuchte Wirkstoffe

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

Die Messstellenzahl in den Jahren 1989-1992 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 und 2001 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 Belastungsbeurteilung für die LHKW n. TrinkwV 1990 eine große und statistisch verlässliche Datenbasis zur Verfügung steht. Der oftmalige Wiederholungsturnus landesweiter Messun-

gen 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 ab 2003 liegen keine Werte bzw. kein vollständiges Wertespektrum vor, um die Summenparameter zu ermitteln: 1,2-Dichlorethan, Summenwert Tetrachlorethen und Trichlorethen, Summe der Trihalogenmethane: Trichlormethan (Chloroform), Bromdichlormethan, Dibromchlormethan und Tribrommethan (Bromoform).

Tabelle 2.6.1: Anzahl der auf die „Summe LHKW n. TrinkwV 1990“ untersuchten Messstellen im Grundwassermessnetz 1989-2001.

Jahr	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
Anzahl untersuchter Messstellen*	389	935	929	1650	2516	2629	2548	419	731	2459	443	521	2452

*(Quelle:Ergebnisberichte der Beprobungen 1989-2001, Fettdruck: vorwiegend im Landesauftrag, Normalschrift: vorwiegend WVU-Kooperationsbeitrag)

2.6.4 Landesweite Situation, räumliche Verteilung

Summe LHKW n. TrinkwV

An 33,8 % des Gesamtmessnetzes ist mindestens einer der vier Einzelstoffe der **Summe der LHKW nach der aktuellen TrinkwV von 1990** nachweisbar. An 6,1 % aller Messstellen liegen Warnwertüberschreitungen vor, an 5,5 % Grenzwertüberschreitungen (Abb. 2.6.11: Messnetzgruppe „Alle“).

In den Teilmessnetzen werden die höchsten prozentualen Nachweisquoten von 50 bis 70 % bei den Emittentenmessstellen Industrie (EI) und Siedlungen (ES) und bei den Messstellen der Sonstigen Emittenten (SE) registriert (Abb. 2.6.11). In diesen Teilmessnetzen sind auch die meisten Warn- und Grenzwertüberschreitungsquoten zu finden. Bei den Emittentenmessstel-

len Industrie (EI) und Siedlungen (ES) erreichen die Warn- und Grenzwertüberschreitungsquoten von 10,8 bis 17,4 % zweistellige Zahlenbereiche.

Bei den 59 Vorfeldmessstellen (VF) bzw. den 508 Rohwassermessstellen (RW) werden zwar auch mit annähernd 50 % bzw. 20 % zweistellige und sehr hohe Nachweisquoten erreicht, jedoch sind hier die Warnwert- und Grenzwertüberschreitungsquoten mit 6,8 und 3,4 % bzw. 1,4 und 1,0 % nur einstellig und damit 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 letzt genannten Messstellen gleichfalls gering bzw. nochmals geringer.

Die Schwerpunkte der summarischen LHKW-Belastung liegen in städtischen Ballungsräumen wie Stuttgart, Pforzheim, Raum Mannheim/ Heidelberg (Abb. 2.6.3) sowie in Städten, in denen die metallverarbeitende Industrie eine lange Tradition hat. Dies sind beispielsweise Reutlingen, Schweningen, Heidenheim, Biberach, Schwäbisch Gmünd usw. Dort liegen auch entsprechend viele LHKW-haltige Altlasten.

Die Lage der Messstellen mit Überschreitungen des neuen Grenzwertes der **Summe von TRI und Per nach der zukünftigen TrinkwV ab 2003** ist Abb. 2.6.4 zu entnehmen. Es gibt nur sehr wenige und sehr geringe lokale Unterschiede zur Summe der vier LHKW n. TrinkwV 1990 (Abb. 2.6.3), 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 zukünftige Anwendung dieses neuen Summenparameters wird daher zu nahezu keiner zahlenmässigen Änderung der o.g. Bewertung ab 2003 führen.

LHKW-Einzelstoffe und Abbauprodukte

Das Verteilungsmuster unter den LHKW-Einzelstoffen ist bei allen Teilmessnetzen nahezu gleich (Abb. 2.6.11). Bei den Emittentenmessstellen Industrie (EI), Siedlungen (ES) und Sonstigen Emittenten (SE) sind die Nachweisquoten und die Warn- und Grenzwertüberschreitungsquoten am höchsten. Dies gilt für die meisten LHKW-Einzelstoffe wie TRI und PER und für das Abbauprodukt cis-1,2-Dichlorethen.

Auffällige Ausnahmen sind Vinylchlorid mit der höchsten Nachweisquote bei den Emittenten Landwirtschaft (EL) und der LHKW-Einzelstoff Trichlormethan (Chloroform) deren Nachweis-häufigkeit 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 20 bis 30 % im Gesamtmessnetz (Messstellengruppe „Alle“, Abb. 2.6.11).

Tetrachlorethen (PER) wird an 28,5 % der Messstellen des Gesamtmessnetzes nachgewiesen, der Warnwert von 0,005 mg/l wird an 6,5 % der Messstellen überschritten. Für Trichlorethen (TRI) liegen an 20,5 % der Messstellen positive Befunde und an 2,1 % der Messstellen Warnwertüberschreitungen vor. Die Maximalwerte gehen bis in den Bereich von mg/l: Tetrachlorethen bis nahezu 19 mg/l, Trichlorethen bis 5 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 im Grundwasser sind auf Schadensfälle wie auf Leckagen und unsachgemäßen Umgang mit LHKW oder auf Altlasten zurückzuführen.

Die höchste Belastungsquote mit TRI und PER tritt bei den Emittentenmessstellen Industrie (EI) auf (Abb. 2.6.11). Dort sind an 49,5 bzw. 60,5 % der Messstellen Tri- und/oder Tetrachlorethen nachweisbar. Hier findet sich auch das landesweite TRI-Maximum, wogegen das PER-Maximum bei den Emittentenmessstellen Siedlungen zu finden ist. Die regionale Verteilung der TRI- und PER-Konzentrationen zeigt überwiegend die gleichen Belastungsschwerpunkte wie bei der Summe der LHKW n. TrinkwV 1990 (Abb. 2.6.3, 2.6.4, 2.6.5, 2.6.6).

Als Eintragsquellen kommen in Frage: Produktionsgebäude, in denen LHKW verwendet werden, Abfüllanlagen, Lagertanks oder Altablagerungen. Im Bereich von Siedlungen, wo ebenfalls ein hoher Anteil an Positivbefunden dieser beiden Stoffe vorkommt (35,6 bzw. 48,5 %), liegen häufig Mischgebiete vor, in denen beispielsweise auch Galvanisierbetriebe oder Chemische

Reinigungen zu finden sind. 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 6,9 % bzw. 7,9 % im Gesamtmessnetz und 0,3 % bzw. 0,1 % Warnwertüberschreitungen (Messstellengruppe „Alle“, Abb. 2.6.11).

Bei **1,1,1-Trichlorethan** sind Belastungsschwerpunkte die Emittentenmessstellen Industrie (EI), Siedlungen (ES) und die sonstigen Emittentenmessstellen (SE) (s. entsprechende Messstellengruppen Abb. 2.6.11). Die regionale Verteilung der Belastungsschwerpunkte zeigt Abb. 2.6.9. An 91 % der 170 Messstellen mit positiven 1,1,1-Trichlorethan-Nachweisen gibt es gleichzeitig positive Befunden von PER, TRI und Dichlormethan. An 15 Messstellen mit sehr geringen 1,1,1-Trichlorethan-Konzentrationen sind keine gleichzeitigen Positivbefunde anderer LHKW festzustellen. Diese Messstellen liegen aber auch im Abstrombereich möglicher Emittenten wie Betrieben der Textil- und Metallindustrie, Deponien, Regenüberlaufbecken und Abwasseranlagen.

Trichlormethan (Chloroform), welches in der zukünftigen Trinkwasserverordnung ab 2003 als einer von mehreren Einzelstoffen in den neuen Parameter „Summe der Trihalogene“ eingeht, wird landesweit an 185 Messstellen positiv nachgewiesen. Der Grenzwert der zukünftigen TrinkwV ab 2003 für die Summe der Trihalogene mit Probennahme am Zapfhahn wird landesweit an keiner Messstelle überschritten. In der aktuellen TrinkwV gibt es keinen Grenzwert. An nur drei Messstellen im Lande liegen Warnwertüberschreitungen vor (0,1 %).

Die höchsten Teilmessnetznachweisquoten von etwa 9 bis 14 % gibt es bei den Vorfeldmessstellen (VF) im Vorfeldbereich von Trinkwassergewinnungsanlagen, bei den Sonstigen Emittenten (SE) im Bereich von Abwasseranlagen sowie

Gleisanlagen und bei den Emittentenmessstellen Industrie (EI) und Siedlungen (ES).

Auffällig ist beim Chloroform die gleichmäßigere Verteilung der positiven Befunde über die Teilmessnetze im Vergleich mit den anderen LHKW-Einzelstoffen (Abb. 2.6.11). Auch zeigt Abb. 2.6.13 an mehreren Messstellen positive Chloroformbefunde, an denen keine anderen LHKW nachzuweisen sind, wie es z.B. im Vergleich zur Summe LHKW im Südschwarzwald auffällt (Abb. 2.6.3).

Im Vergleich zu PER und TRI liegt bei Chloroform keine eindeutige Spitzenbelastung im Industrie- und Siedlungsbereich vor. So ist die Nachweisquote bei den Emittentenmessstellen Siedlungen (ES) mit 9,2 % fast genauso hoch wie bei den Rohwassermessstellen (RW) mit 9,7 %. Die Nachweisquote bei Rohwassermessstellen kann aus der notwendigen Verwendung von Chloroform bei der Desinfektion von Wassergewinnungsanlagen resultieren, wie es zum Beispiel auch von den Quellschächten im Südschwarzwald bekannt ist.

Bei den Emittentenmessstellen Industrie, Siedlungen und Sonstige Emittenten gehen die positiven Befunde - auch die eine Warnwertüberschreitung bei den Rohwassermessstellen - meist 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. So liegt auch die Messstelle aus dem Rohwassermessnetz mit der einzigen Warnwertüberschreitung in der Nähe eines LHKW-Schadensfalls der chemisch-pharmazeutischen Industrie und einer Sonderabfalldeponie.

Im Rohwassermessnetz sind dagegen nahezu 60 % der Messstellen mit positiven Chloroformbefunden ohne gleichzeitig positive Befunde anderer LHKW, d.h. 23 von insgesamt 39 positiven Chloroformbefunden. Landesweit gibt es derartige Konstellation bei 70 von 185 Messstellen mit positiven Chloroformbefunden (38%). Da es sich bei diesen Messstellen oft um Quell- und Brun-

nenschächte handelt, ist anzunehmen, dass hier das Chloroform aus den notwendigen Desinfektionsmassnahmen dieser Bauwerke stammt. Dass der Chloroformeinsatz hier aber seitens der Wasserwerke verantwortungsbewusst und minimal ist, beweist die Tatsache, dass der Warnwert von 0,005 mg/l im Gesamtmessnetz nur an drei Messstellen überschritten wird (Abb. 2.6.13) und die einzige Warnwertüberschreitung bei den Rohwassermessstellen auf o.g. Schadensfall zurückzuführen ist. Der ab 2003 geltende Grenzwert der Summe der Trihalogene mit Probennahme am Zapfhahn (0,050 mg/l) wird landesweit bei Chloroform nie überschritten (Abb. 2.6.13), der zweite Grenzwert von 0,010 mg/l mit Probennahme am Wasserwerksausgang auch nicht.

Tetrachlormethan bzw. **cis-1,2-Dichlorethen** sind mit einer landesweiten Häufigkeit von rund 1 - 2 % Positivbefunden anzutreffen, d.h. an rund 35 bis 40 Messstellen (Abb. 2.6.12 und 2.6.14). Hingegen sind Belastungen mit **Dichlormethan** höchst selten. Es gibt im gesamten Messnetz nur drei Positivbefunde (0,1%) und keine Warnwertüberschreitung (Abb. 2.6.10). Bei Tetrachlormethan wird der Warnwert und der aktuelle Grenzwert nach TrinkwV 1990 landesweit nur zweimal überschritten. Bei cis-1,2-Dichlorethen wird der Warnwert an 33 Messstellen überschritten (Abb. 2.6.12).

Pilotprojekt Vinylchlorid (VC)

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. Wie die anderen LHKW steht auch VC im Verdacht krebserregend zu sein, deshalb sieht die EU-Richtlinie einen Grenzwert von 0,0005 mg/l vor, welcher im Grundwasserüberwachungsprogramm gleichzeitig als Warnwert fungiert.

Im Hinblick auf die Umsetzung der EU-Trinkwasserrichtlinie in nationales Recht wurde der neue Parameter Vinylchlorid pilotmäßig erstmals an 490 Messstellen untersucht. Die Pilotmessstellen umfassen alle Emittentenmessstellen Indust-

rie 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 zeigen über das Gesamtmessnetz und die Teilmessnetze Nachweisquoten von 0,0 bis 5,7 % (Abb. 2.6.11). VC-Nachweise findet sich hauptsächlich bei den Emittenten-Landwirtschaft (EL), Industrie (EI), Siedlungen (ES) und bei den Sonstigen Emittenten (SE).

Die insgesamt 17 betroffenen Messstellen (3,5 %) liegen in Bereichen unterhalb von Altablagerungen, Deponien, Industrieanlagen, Gewerbesiedlungen und Schadensfällen. Bei näherer Betrachtung des Einzugsgebiets bei den Emittentenmessstellen Landwirtschaft (EL) ist auch die in Abb. 2.6.11 auffällig hohe Nachweisquote auf o.g. Ursachen zurückzuführen. An 13 Messstellen mit positiven Befunden (76 %) wird der EU-Grenzwert von 0,0005 mg/l und damit auch der Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms von 0,005 mg/l überschritten.

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 Abbauprozessen von LHKW als auf direkte Verunreinigungen mit VC. Solche können jedoch nicht 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 vier LHKW n. der aktuellen TrinkwV. Daher wird die Aufnahme von VC als neuem Parameter in die EU-Trinkwasserrichtlinie und in die ab nächstem Jahr gültige deutsche Trinkwasserverordnung begrüßt.

Mst.	Lage der Messstelle	Summe LHKW n. TrinkwV 1990	Per	Tri	cis-1,2-Dichlor-ethen	VC	Sauerstoff
1/319-8	Metallindustrie (mit Galvanik)	1,97020	1,11000	0,86000	0,2100	0,0070	<0,3
1313/259-5	Deponie außer Betrieb	0,03600	0,03200	0,00400	<0,005	0,0005	<0,5
1383/305-5	Deponie außer Betrieb	0,01280	0,01200	0,00080	<0,005	0,0067	8,40
1392/305-6	Industrie/Gewerbe	0,02710	0,02710	<0,0001	<0,005	0,0058	5,60
16/116-4	Elektroindustrie/gewerbe, Feinmechanik, Optik, Deponie	0,02880	0,02000	0,00820	<0,005	0,0070	1,30
1641/305-0	Sonderabfalldeponie außer Betrieb	0,00050	0,00050	<0,0001	<0,005	0,0059	7,80
174/306-4	Deponie, Altlast, Schadensfall	0,00460	<0,0001	0,00460	<0,005	0,0050	0,80
1770/305-1	Deponie außer Betrieb	0,00740	0,00640	0,00100	<0,005	0,0066	7,40
306/511-4		0,05220	0,02300	0,02900	0,0050	0,0070	0,30
316/066-0	Metallindustrie (mit Galvanik), Deponie, Altlast, Schadensfall	0,00900	0,00060	0,00840	0,0720	0,0130	7,70
32/461-3	Sonderabfalldeponie außer Betrieb	2,53110	1,96000	0,57000	1,0900	0,0160	0,20
353/259-2		0,00340	0,00110	0,00230	0,0160	0,0002	0,60
54/306-9	Deponie außer Betrieb	0,00200	0,00100	0,00100	<0,005	0,0059	6,40
68/456-5	Metallindustrie (mit Galvanik), Deponie, Altlast, Schadensfall	0,24000	0,00110	0,00190	<0,005	0,0001	1,90
94/356-8	Papier-/Pappe-/Zellstoffindustrie, Kunststoffindustrie, Deponie außer Betrieb	0,00180	0,00060	0,00120	0,0050	0,0092	2,80

Tabelle 2.6.2: Ausgesuchte Positivbefunde von VC-Untersuchungen bei der Herbstbeprobung 2001 in mg/l mit Bezug zu Konzentrationen anderer LHKW (mg/l) und dem Sauerstoffgehalt (mg/l).

2.6.5 Tendenzen, Bewertung

Zeitliche Entwicklung

Die zeitliche Entwicklung der LHKW-Belastungen ist für die Parameter Summe LHKW n. aktueller TrinkwV von 1990 und für PER in Abbildung 2.6.6 und Abb. 2.6.7 anhand von jeweils 1.125 Messstellen mit konsistenten Datensätzen dargestellt.

Die Messstellen sind differenziert in drei Gruppen dargestellt, 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 1.125 Messstellen der Messstellengruppe „ALLE“ repräsentieren etwa 45 % des Gesamtmessnetzes.

Landesweit wird in 2001 bei der **Summe LHKW**, bei allen drei Messstellengruppen, bei den Warn- und Grenzwertüberschreitungsquoten ein eindeutiger Belastungsrückgang gegenüber den Vorjahren festgestellt (Abb. 2.6.7 b und c), ins-

besondere bei den am stärksten belasteten Emittentenmessstellen Industrie (EI).

Bei den Emittentenmessstellen Industrie (EI) sinken die Warn- und Grenzwertüberschreitungsquoten der **Summe LHKW** und auch die Warnwertüberschreitungsquote von **PER** deutlich und erstmals auf unter 20 % (Abb. 2.6.7., Abb. 2.6.8).

Auch bei den Rohwassermessstellen werden Rückgänge für die Summe LHKW bei den Grenzwertüberschreitungsquoten und bei den Warnwertüberschreitungsquoten beobachtet.

Bei den Befunden größer der Bestimmungsgrenze für die Summe LHKW sind bei allen drei Gruppen eindeutige Rückgänge gegenüber 1992 festzustellen, dagegen existiert für PER keine eindeutige Tendenz (Abb. 2.6.7 a und 2.6.8 a). Die PER-Nachweisquoten sind gegenüber 1992 gering steigend (Alle, RW) und auch gering fallend (EI).

Bei den Rohwassermessstellen zeichnet sich bei der Überschreitungsquote der Bestimmungsgrenzen der Summe LHKW der eindeutigste und auch größte Rückgang ab (Abb. 2.6.7 a).

Bewertung

Die landesweite LHKW-Belastung ist nach wie vor sehr hoch. An jeder dritten Messstelle des Gesamtmessnetzes ist mindestens eines der vier LHKW nach der aktuellen TrinkwV von 1990 nachweisbar.

Diese sehr hohe Befundrate wird sich auch durch die zukünftige TrinkwV ab 2003 nicht ändern, da der neue Parameter über die Summe von nur zwei LHKW, mit TRI und PER die beiden wesentlichen Belastungseinzelstoffe berücksichtigt.

Bei den stark belasteten Grundwassermessstellen mit hohen Konzentrationen über dem Warn- und Grenzwert der Summe der vier LHKW nach der aktuellen TrinkwV 1990 macht sich jedoch gegenüber den Vorjahren ein deutlicher Belastungsrückgang bemerkbar.

Dies kann auf den Erfolg der 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 29 %.

Die Nachweisquote von PER ist 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 %).

Unter den Grundwasserbelastungen mit synthetischen Stoffen weist nur der Komplexbildner EDTA eine noch höhere Nachweisquote als PER auf, wie zuletzt in 1998 mit 38 % positiven EDTA-Befunden (LfU, 1999: Ergebnisse der Beprobung 1998).

Die baden-württembergischen Untersuchungen auf den künftig neuen TrinkwV-Parameter „Vinylchlorid (VC)“ erbrachten an 485 Messstellen eine Nachweisquote von 3,5 % mit nahezu immer sehr hohen Konzentrationen über dem zukünftigen TrinkwV-Grenzwert.

Die VC-Nachweise sind offenbar nicht auf direkte VC-Emissionen in das Grundwasser zurückzuführen sondern auf Abbauprozesse anderer LHKW.

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

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

Daher wird die vorsorgliche Neuaufnahme des krebserregenden Vinylchlorids (VC) in die EU-Trinkwasser-Richtlinie und in die zukünftige deutsche Trinkwasserverordnung ab 2003 begrüßt.

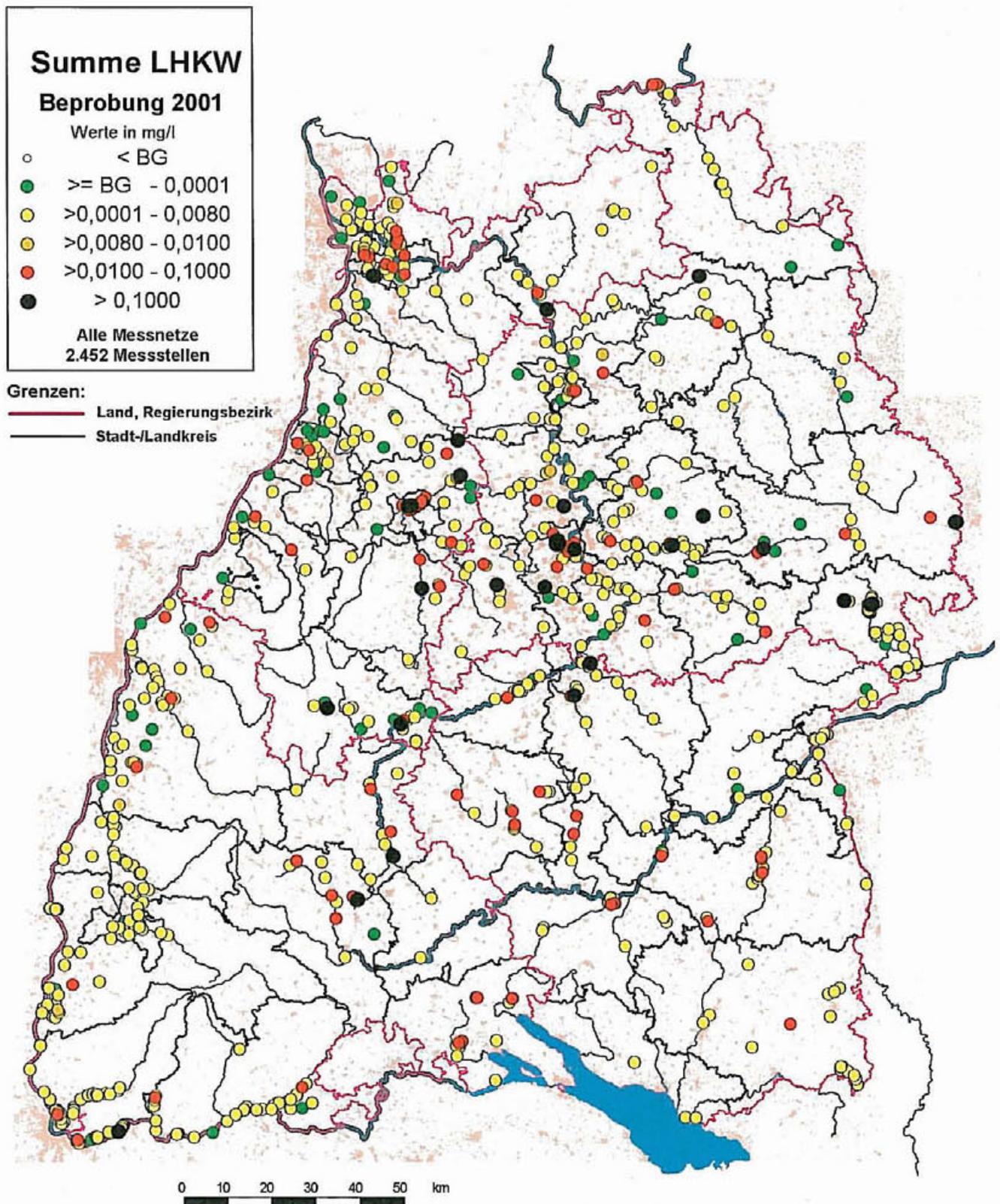


Abbildung 2.6.3:

Konzentrationsverteilung 2001 der Summe der vier LHKW n. TrinkwV 1990 (PER, TRI, Dichlormethan, 1,1,1 Trichlorethan) mit Landnutzungen (Industrie und Siedlungen = rosé). Anm.: Orange, rote und schwarze Punkte sind Überschreitungen des Warnwertes für die „Summe LHKW“ des Grundwasserüberwachungsprogramms, rote und schwarze gleichzeitig Überschreitungen des Grenzwertes für die „Summe LHKW“ der aktuellen TrinkwV von 1990. In der zukünftigen TrinkwV ab 2003 gibt es diesen Summen-Grenzwert für die vier LHKW in dieser Form nicht mehr. Zukünftig gibt es einen Grenzwert für die Summe von TRI und PER.

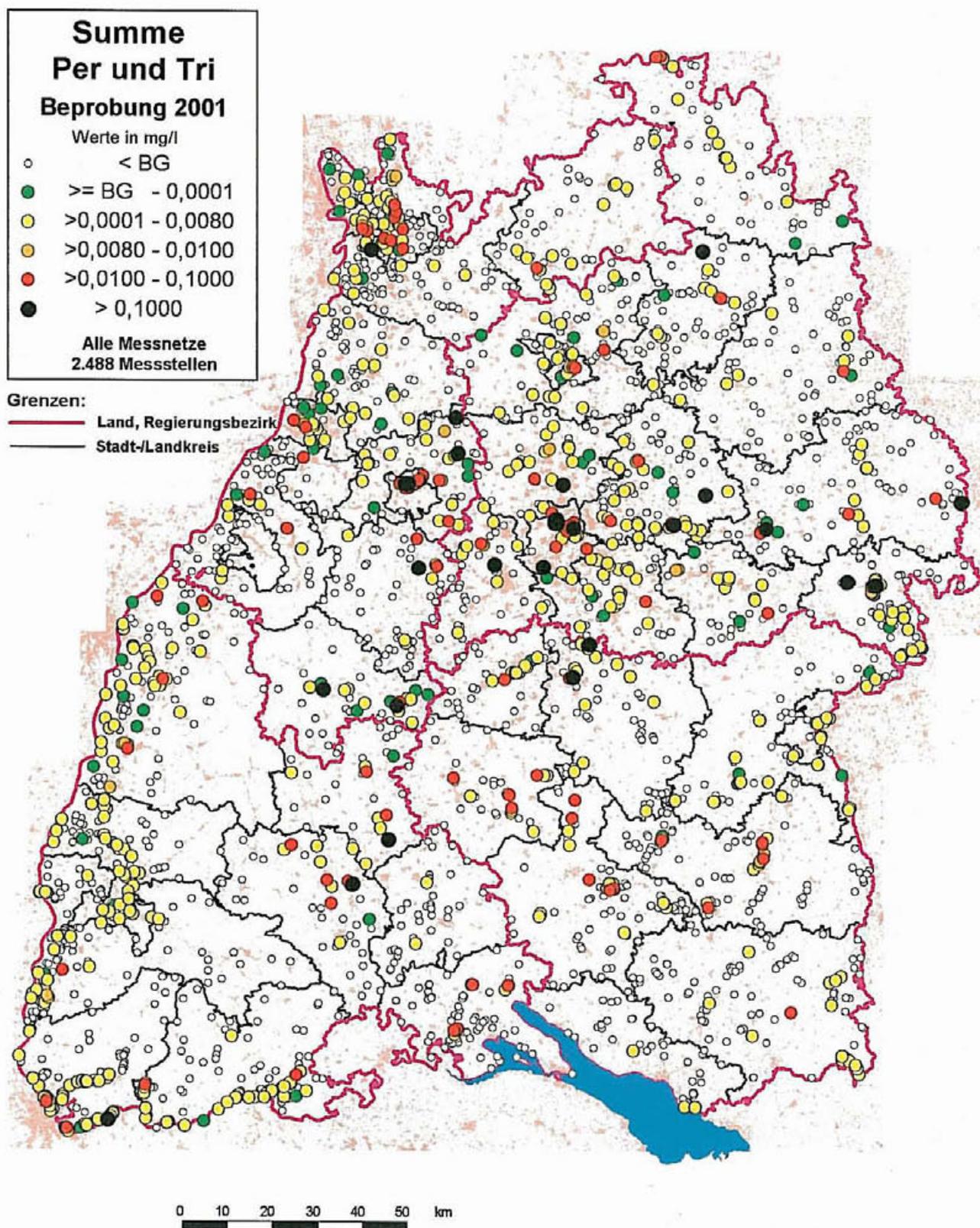


Abbildung 2.6.4:

Konzentrationsverteilung 2001 der Summe von Tetrachlorethen („PER“) und Trichlorethen („TRI“) (Neuer Summen-Parameter der zukünftigen TrinkwV ab 2003) mit Landnutzungen (Industrie und Siedlungen = rosé). Anm: Orange, rote und schwarze Punkte sind Überschreitungen des Warnwertes für die „Summe LHKW“ des Grundwasserüberwachungsprogramms. Rote und schwarze Punkte sind gleichzeitig Überschreitungen des Grenzwertes für die „Summe LHKW“ der aktuellen TrinkwV von 1990 und für die „Summe von PER und TRI“ der zukünftigen TrinkwV ab 2003.

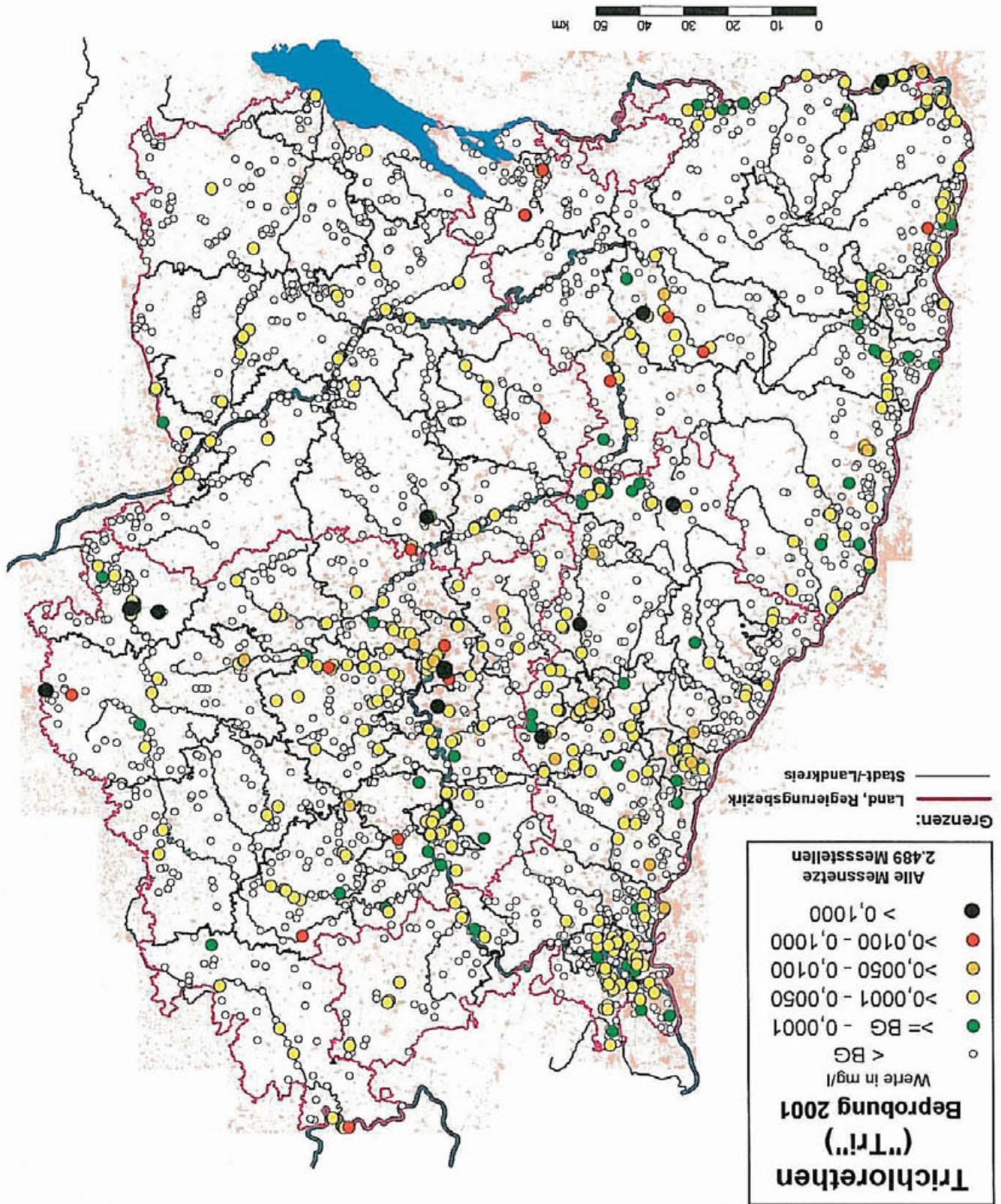


Abbildung 2.6.5:

Konzentrationsverteilung Trichlorethen ("TRI") 2001 mit Landnutzungen (Industrie und Siedlungen = rosé). Amm.: Orange, rote und schwarze Punkte sind Überschreitungen des Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms. In der aktuellen TrinkwV 1990 und in der zukünftigen TrinkwV ab 2003 gibt es keinen Einzeisstoff-Grenzwert für TRI. TRI geht in der aktuellen TrinkwV von 1990 in die Summe der vier LHKW ein (mit Grenzwert). In der zukünftigen TrinkwV geht TRI gemeinsam mit PER in die Summe der beiden LHKW TRI plus PER ein (mit Grenzwert). Rote und schwarze Punkte sind bzw. wären Überschreitungen des Grenzwertes der aktuellen bzw. zukünftigen TrinkwV von 1990 bzw. ab 2003 für die Summe der vier LHKW bzw. die Summe TRI plus PER.

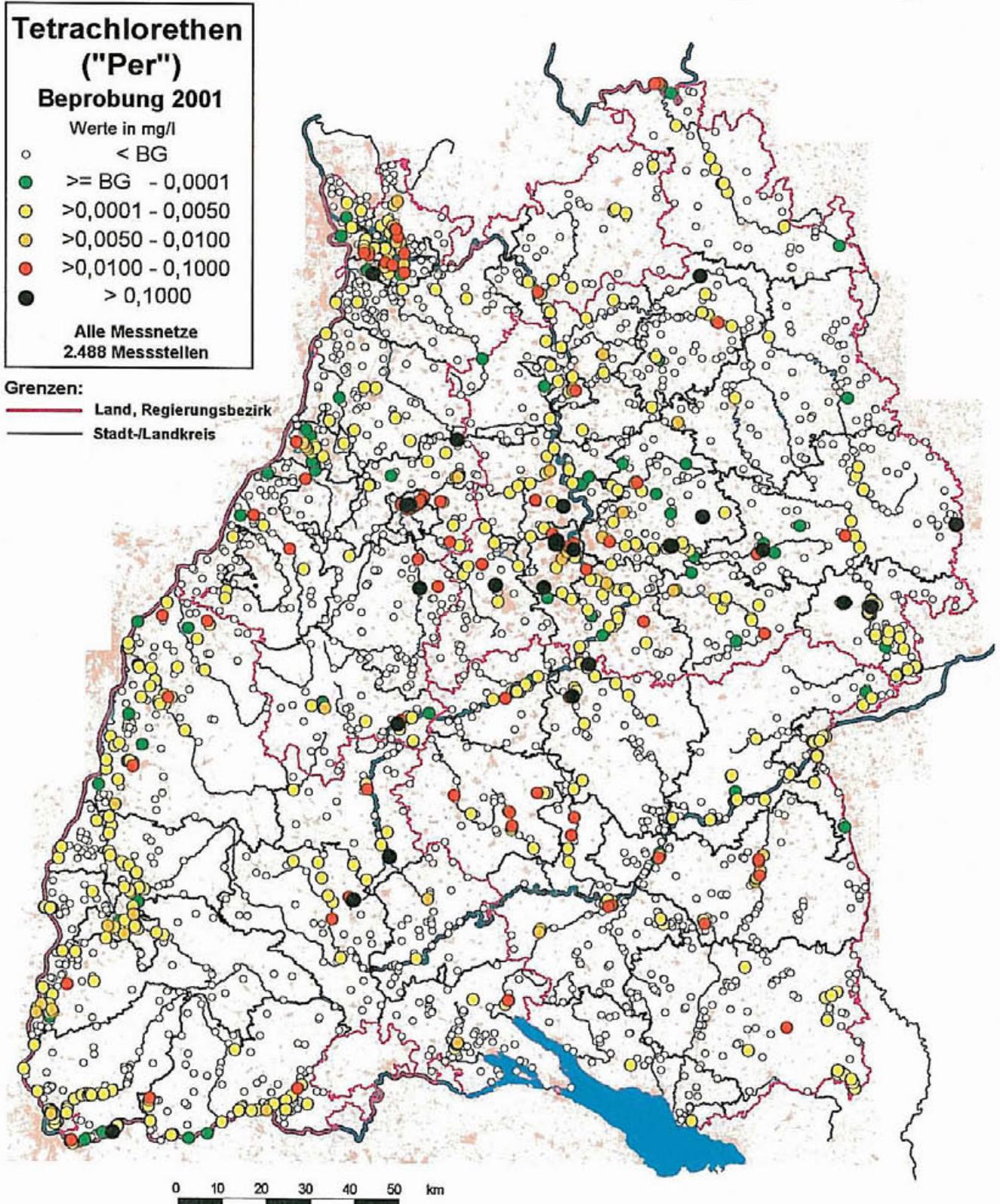


Abbildung 2.6.6:

Konzentrationsverteilung Tetrachlorethen („PER“) 2001 mit Landnutzungen (Industrie und Siedlungen = rosé). Anm.: Orange, rote und schwarze Punkte sind Überschreitungen des Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms. In der aktuellen TrinkwV 1990 und in der zukünftigen TrinkwV ab 2003 gibt es keinen Einzelstoff-Grenzwert für PER. PER geht in der aktuellen TrinkwV von 1990 in die Summe der vier LHKW ein (mit Grenzwert). In der zukünftigen TrinkwV geht PER gemeinsam mit TRI in die Summe der beiden LHKW TRI plus PER ein (mit Grenzwert). Rote und schwarze Punkte sind bzw. wären Überschreitungen des Grenzwertes der aktuellen bzw. zukünftigen TrinkwV von 1990 bzw. ab 2003 für die Summe der vier LHKW bzw. die Summe TRI plus PER.

ALLE – 1125 Mst.

RW – 164 Mst.

EI – 349 Mst.

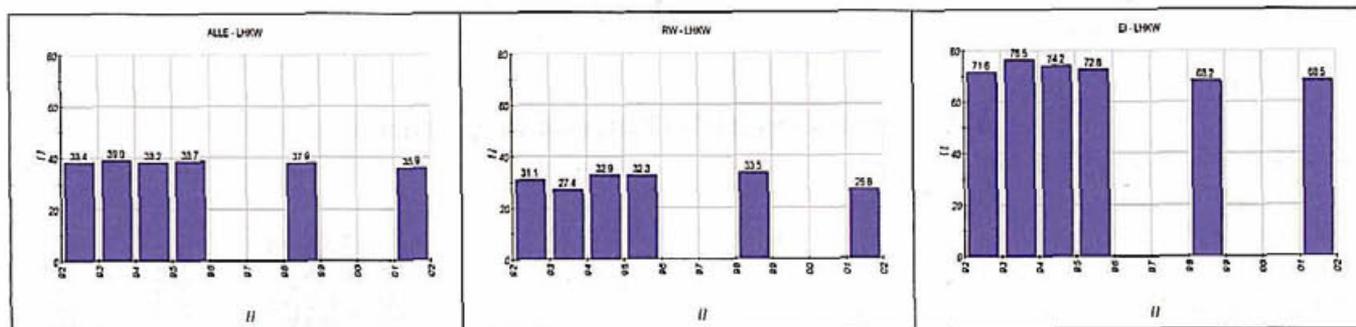
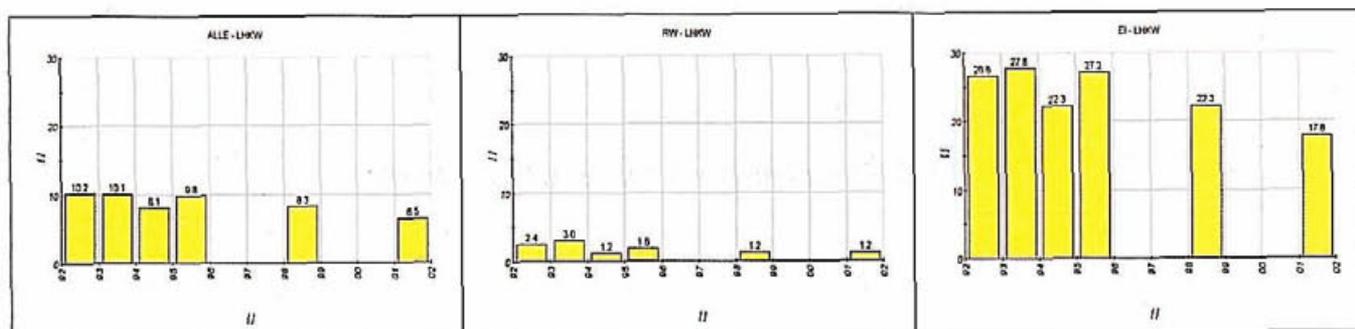
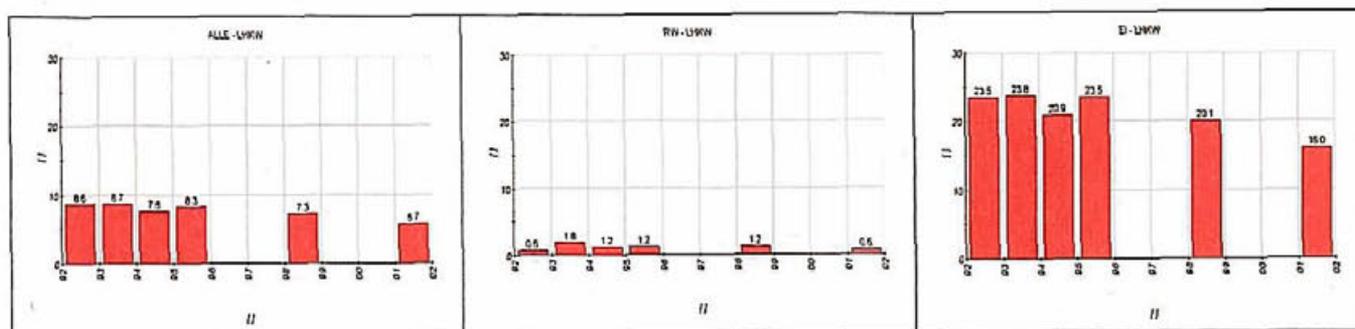
a) % Messstellen \geq BG (Bestimmungsgrenzen)b) % Messstellen $>$ 0,008 mg/l (Warnwert)c) % Messstellen $>$ 0,010 mg/l (Grenzwert Trinkwasserverordnung von 1990)

Abb. 2.6.7: Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten der „Summe LHKW“ n. aktueller TrinkwV 1990 an konsistenten Messstellengruppen von 1992 bis 2001 (Datengrundlagen: Konsistente Messstellengruppen 1992 bis 1995, 1998 und 2001, Beprobungszeitraum jeweils September bis November, Abk. s. Anhang A1):

a) der Bestimmungsgrenzen (größer oder gleich der BG)

b) der Konzentration von 0,008 mg/l (Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms)

c) der Konzentration von 0,010 mg/l (Grenzwert der aktuellen Trinkwasserverordnung von 1990)

ALLE – 1125 Mst.

RW – 164 Mst.

EI – 349 Mst.

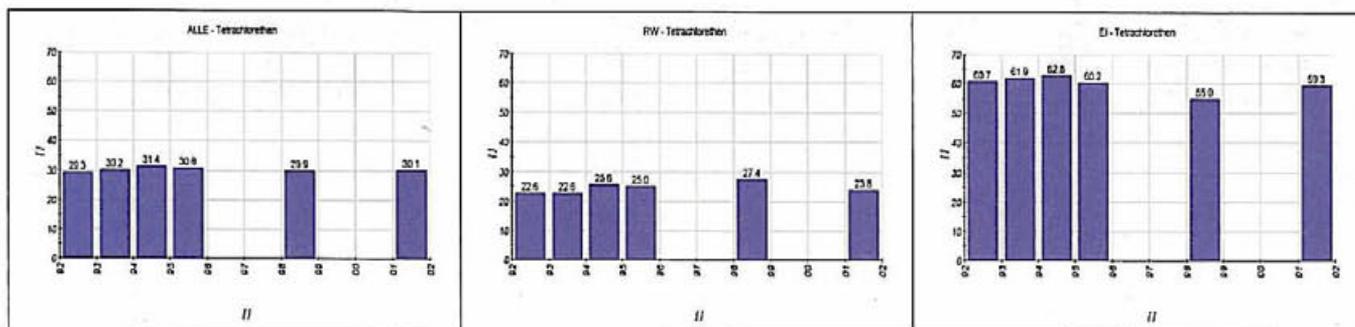
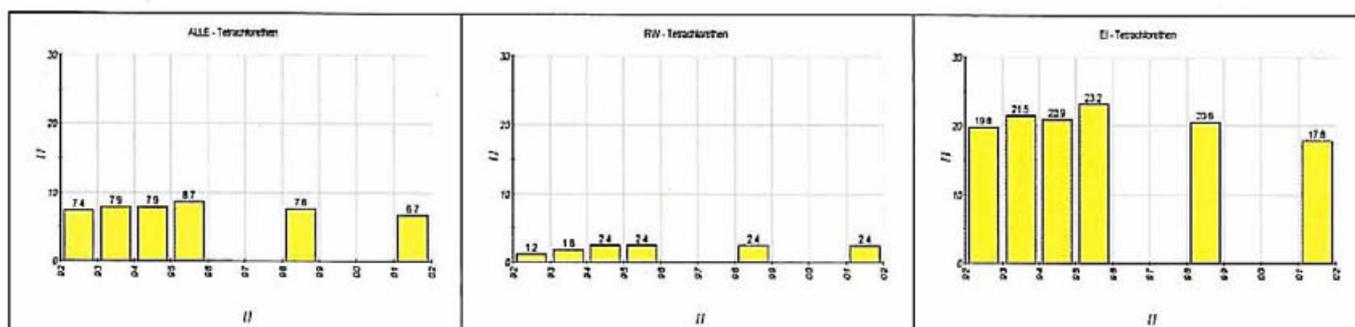
a) % Messstellen \geq BG (Bestimmungsgrenzen)b) % Messstellen $>$ 0,005 mg/l (Warnwert)

Abb. 2.6.8: Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten der Tetrachloethenkonzentrationen („PER“) an konsistenten Messstellengruppen von 1992 bis 2001 (Datengrundlagen: Konsistente Messstellengruppen 1992 bis 1995, 1998 und 2001, Beprobungszeitraum jeweils September bis November, Abk. s. Anhang A1):
 a) der Bestimmungsgrenzen (größer oder gleich der BG)
 b) der Konzentration von 0,005 mg/l (Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms).

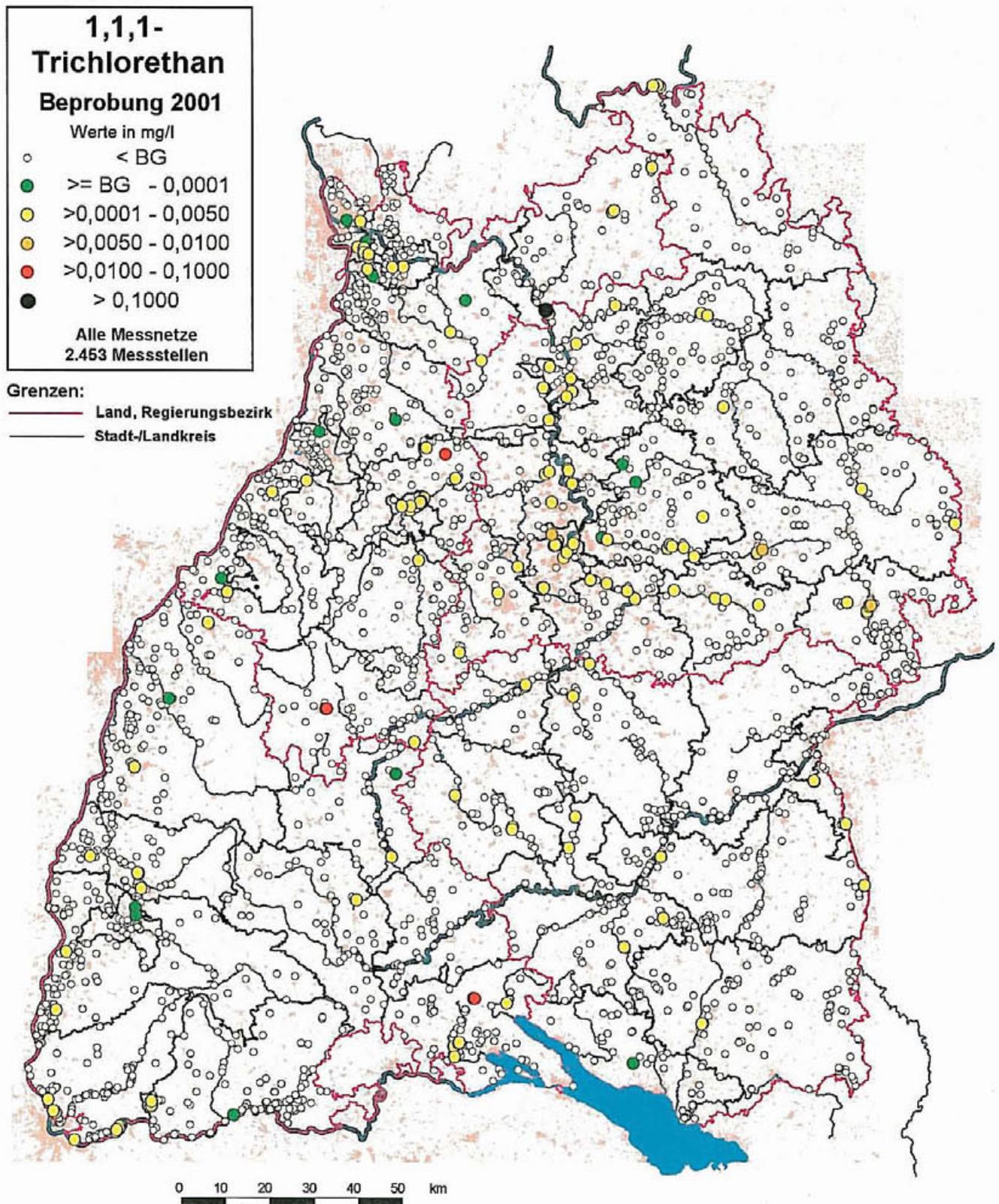


Abbildung 2.6.9: Konzentrationsverteilung 1,1,1,-Trichlorethan 2001 mit Landnutzungen (Industrie und Siedlungen = rosé). Anm.: Orange, rote und schwarze Punkte sind Überschreitungen des Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms. In der aktuellen TrinkwV 1990 gibt es keinen Einzelstoff-Grenzwert für 1,1,1,-Trichlorethan. 1,1,1,-Trichlorethan geht aber in der TrinkwV von 1990 in die „Summe LHKW“ ein (mit Grenzwert). Rote bzw. schwarze Punkte sind bzw. wären Überschreitungen des Grenzwertes der aktuellen TrinkwV von 1990 für die Summe der LHKW. In der zukünftigen TrinkwV ab 2003 gibt es keinen Einzelstoff-Grenzwert für 1,1,1,-Trichlorethan, auch geht 1,1,1,-Trichlorethan ab 2003 in keinen LHKW-Summen-Grenzwert ein.

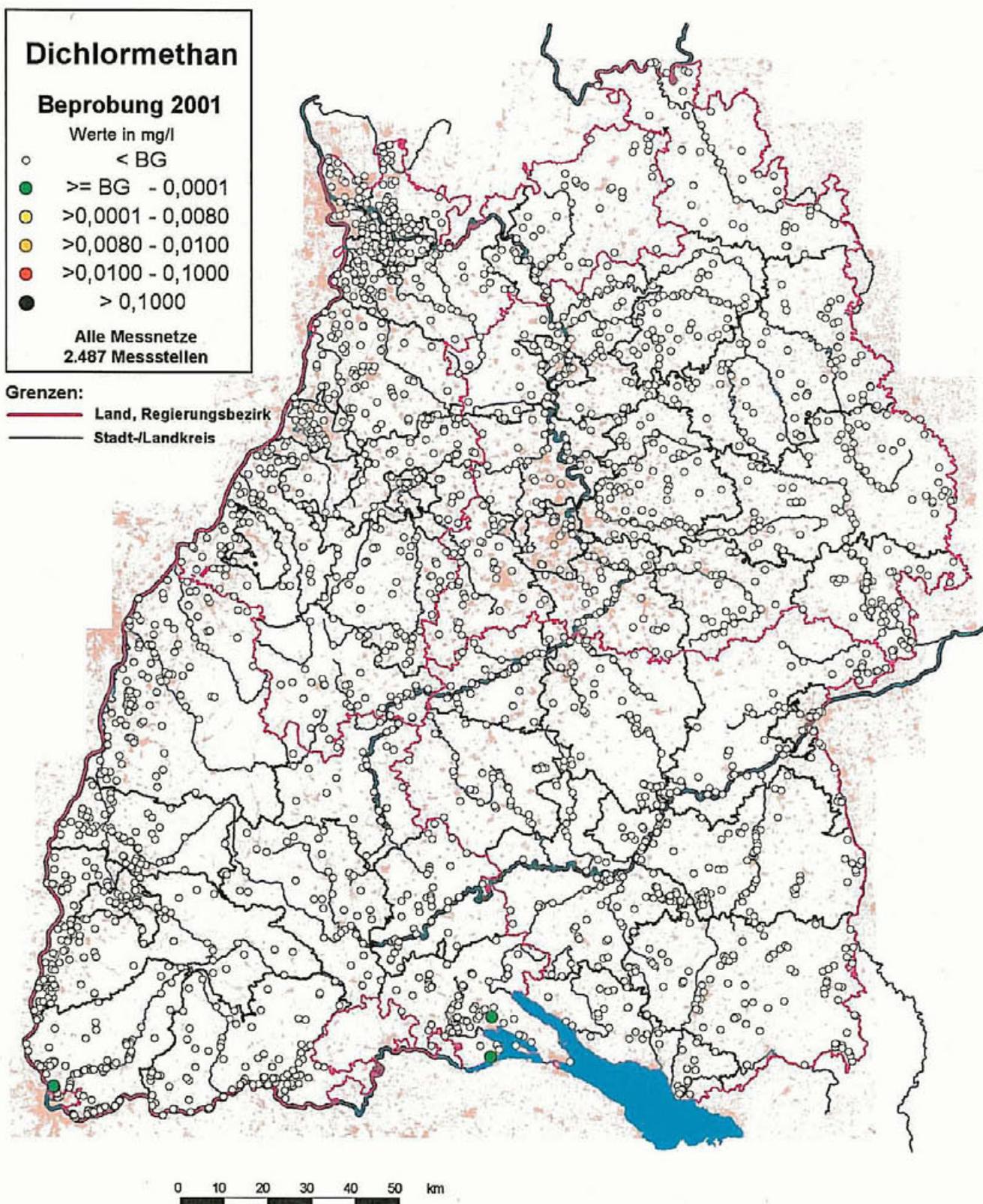


Abbildung 2.6.10:

Konzentrationsverteilung Dichlormethan 2001 mit Landnutzungen (Industrie und Siedlungen = rosé). Anm.: Orange, rote und schwarze Punkte wären Überschreitungen des Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms. In der aktuellen TrinkwV 1990 gibt es keinen Einzelstoff-Grenzwert für Dichlormethan. Dichlormethan geht aber in der TrinkwV von 1990 in die „Summe LHKW“ ein (mit Grenzwert). Rote bzw. schwarze Punkte wären auch Überschreitungen des Grenzwertes der aktuellen TrinkwV von 1990 für die Summe der LHKW. In der zukünftigen TrinkwV ab 2003 gibt es keinen Einzelstoff-Grenzwert für Dichlormethan, auch geht Dichlormethan ab 2003 in keinen LHKW-Summen-Grenzwert ein.

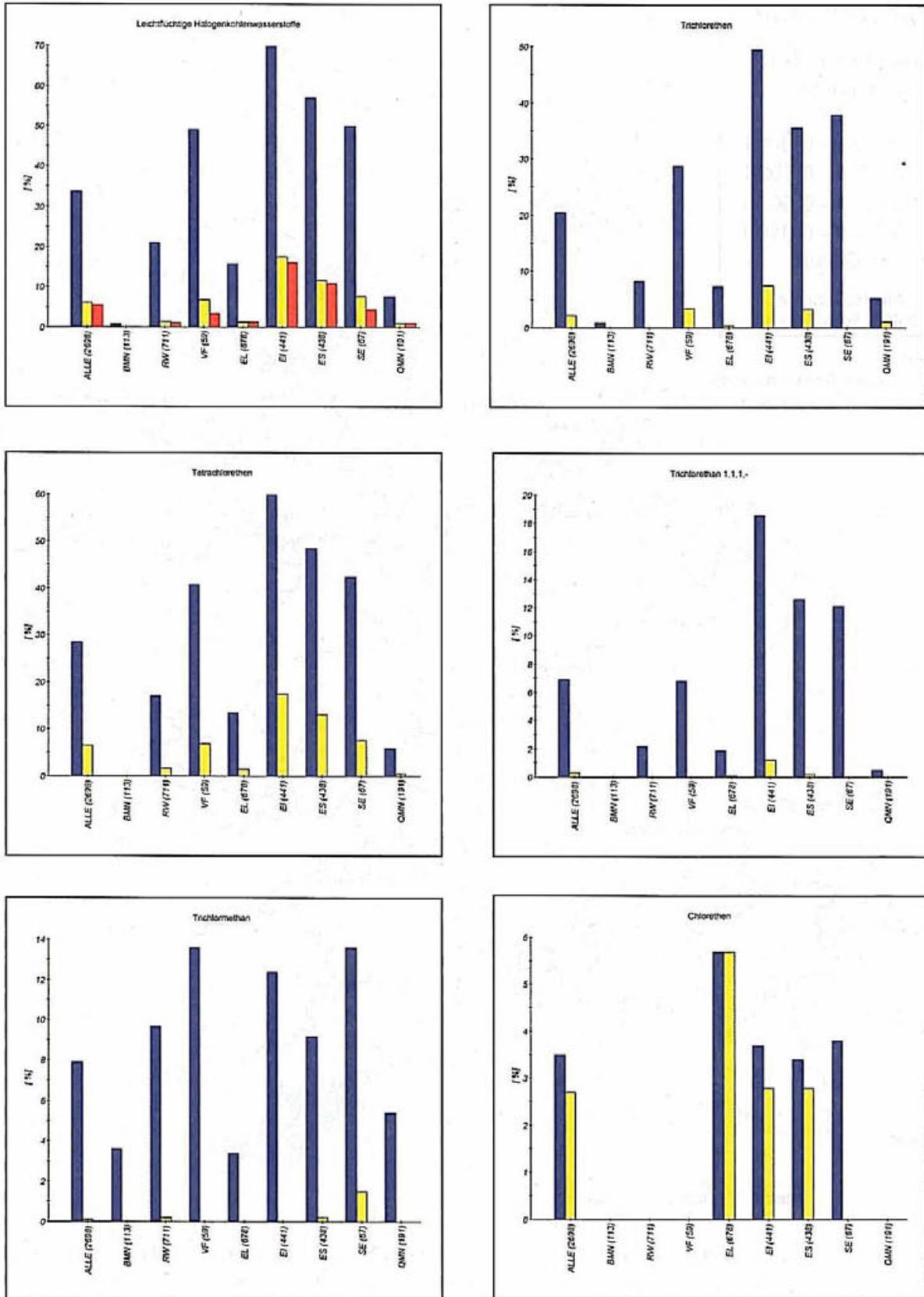


Abbildung 2.6.11: Überschreitungshäufigkeiten von Bestimmungsgrenzen (BG-Blaue Balken), der Warnwerte (WW-Gelbe Balken) des Grundwasserüberwachungsprogrammes und der soweit vorhandenen Grenzwerte (GW-Rote Balken) der Trinkwasserverordnung von 1990 für die Summe LHKW, für ausgewählte LHKW-Einzelstoffe und für Vinylchlorid (Chlorethen) im gesamten Messnetz und in den Teilmessnetzen bei der Beprobung 2001. Für VC nur Überschreitungen des Warnwerts des Grundwasserüberwachungsprogramms z.Zeit = 0,050 mg/l) Abk. s. Anhang A.1.

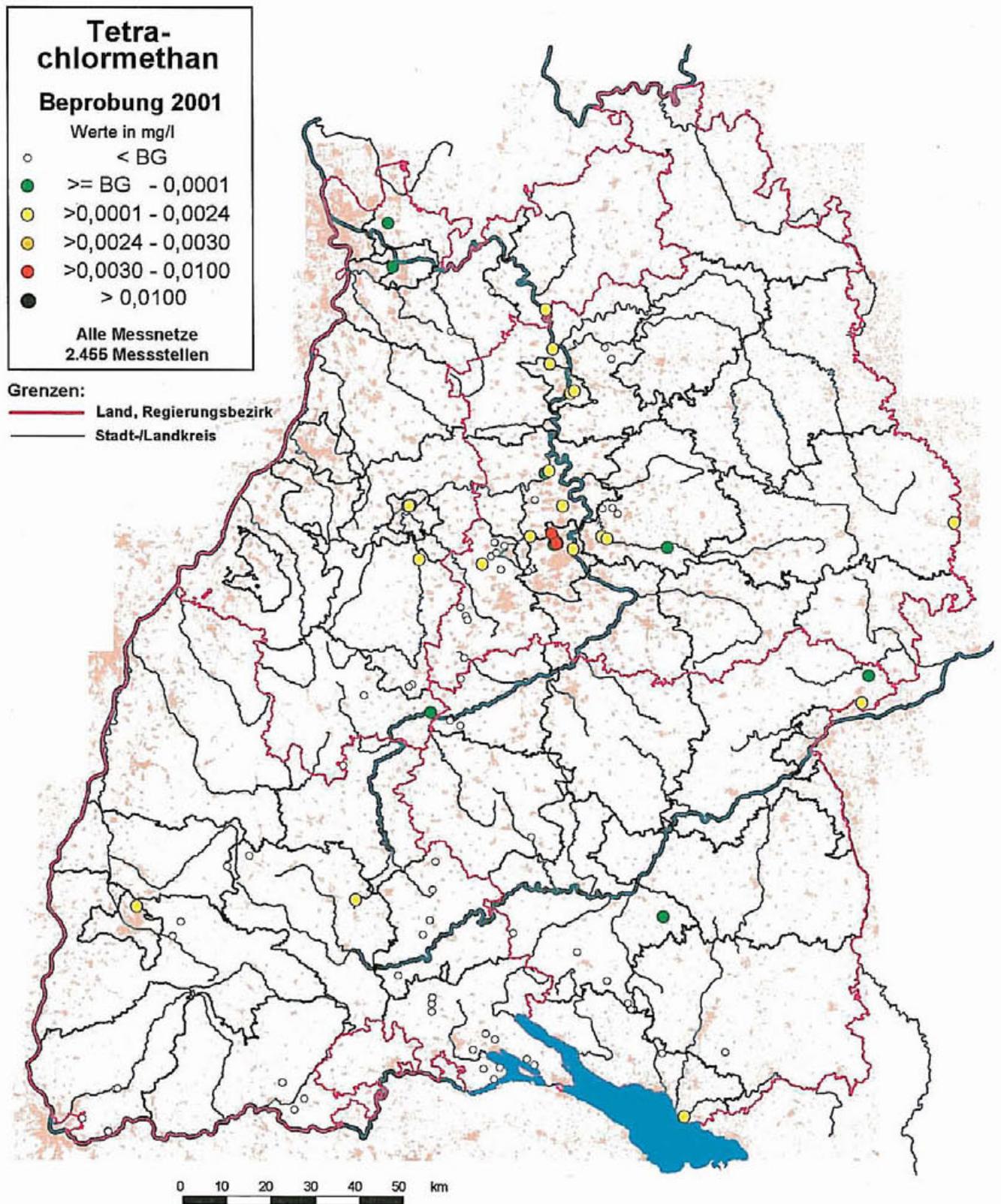


Abbildung 2.6.12: Konzentrationsverteilung Tetrachlormethan 2001 mit Landnutzungen (Industrie und Siedlungen = rosé). Anm.: Orange und rote Punkte sind und auch schwarze Punkte wären Überschreitungen des Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms. Rote und schwarze Punkte wären auch Überschreitungen des Einzelstoff-Grenzwertes der aktuellen TrinkwV von 1990 für Tetrachlormethan. In der zukünftigen TrinkwV ab 2003 gibt es keinen Einzelstoff-Grenzwert für Tetrachlormethan. Tetrachlormethan geht in der aktuellen und zukünftigen TrinkwV in keinen LHKW-Summen-Grenzwert ein.

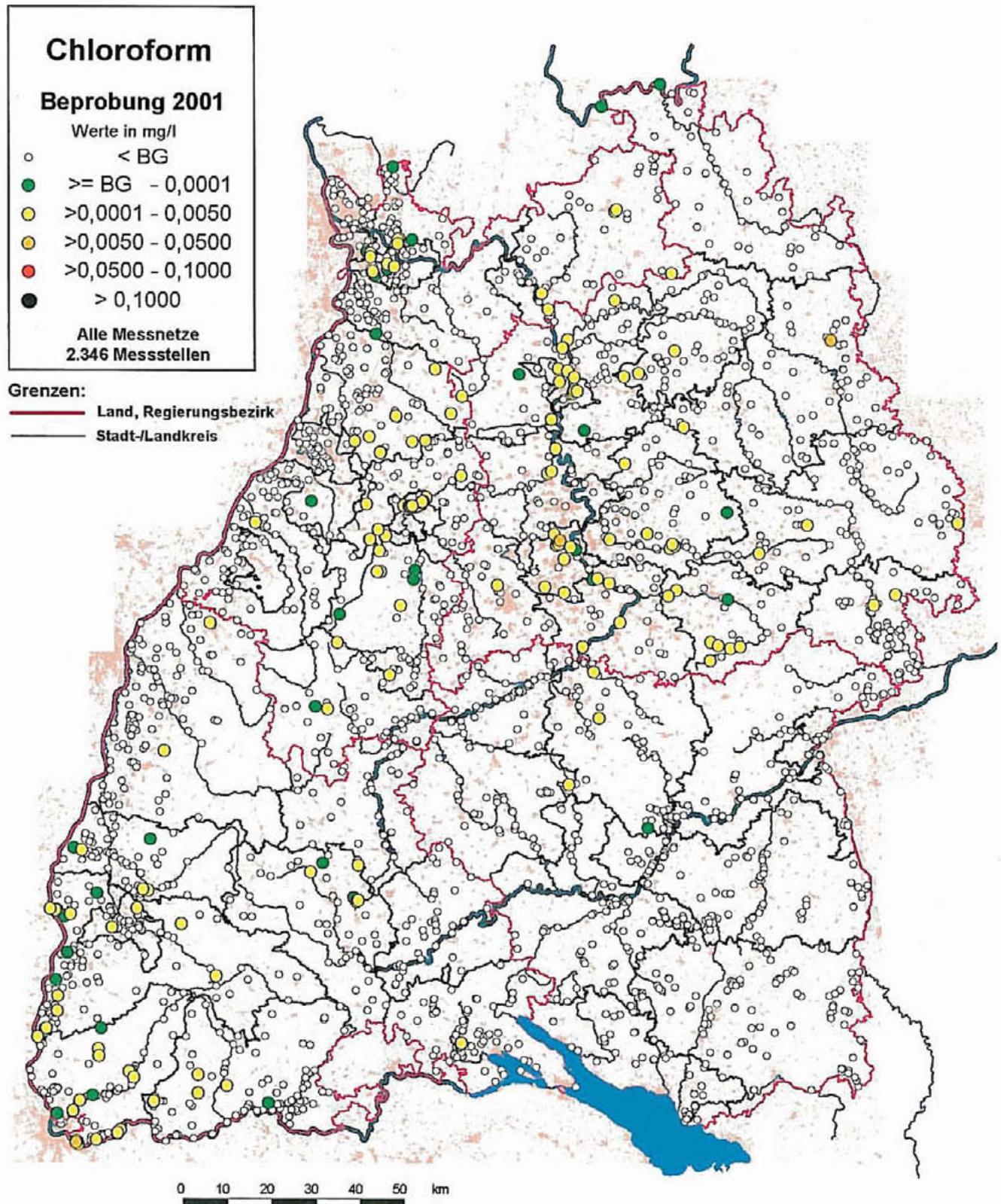


Abbildung 2.6.13: Konzentrationsverteilung Chloroform (Trichlormethan) 2001 mit Landnutzungen (Industrie und Siedlungen = rosé). Anm.: Orange Punkte sind, rote und schwarze Punkte wären Überschreitungen des Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms. In der aktuellen TrinkwV 1990 gibt es keinen Einzelstoff-Grenzwert für Chloroform. Auch geht Chloroform in der TrinkwV von 1990 in keinen LHKW-Summen-Grenzwert ein. Rote und schwarze Punkte wären aber schon Überschreitungen des Grenzwertes der zukünftigen TrinkwV ab 2003 für die Summe der Trihalogenmethane (Probennahme am Zapfhahn), ein Einzelstoff-Grenzwert ist ab 2003 nicht vorgesehen.

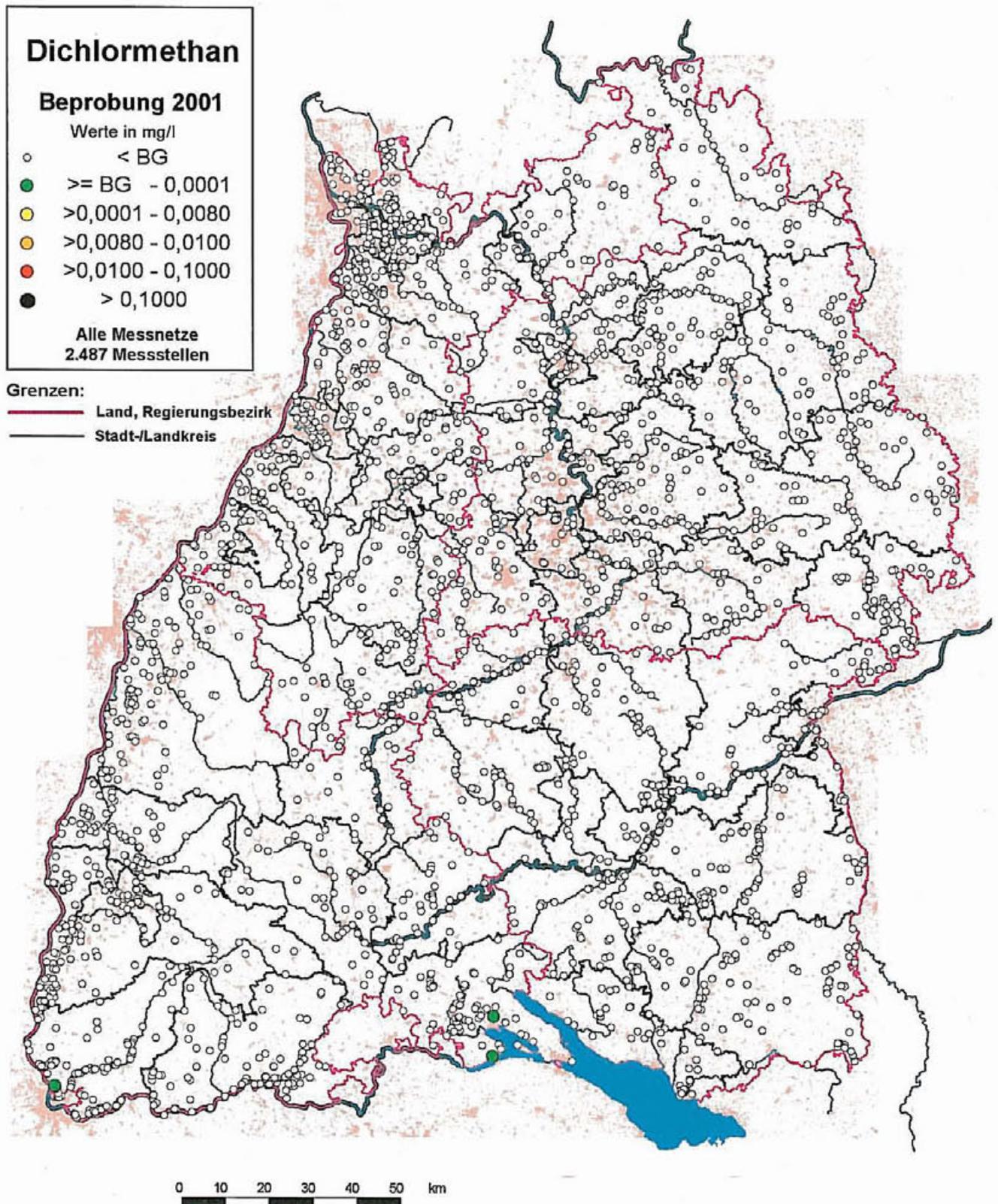


Abbildung 2.6.14: Konzentrationsverteilung cis-1,2-Dichlorethen 2001 mit Landnutzungen (Industrie und Siedlungen = rosé). Anm.: Orange, auch rote und schwarze Punkte sind Überschreitungen des Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms. In der aktuellen TrinkwV von 1990 und in der zukünftigen TrinkwV ab 2003 gibt es keinen Einzelstoff-Grenzwert für cis-1,2-Dichlorethen, auch geht cis-1,2-Dichlorethen bei beiden TrinkwV in keinen LHKW-Summen-Grenzwert ein. Zum Vergleich: Rote und schwarze Punkte wären aber schon Überschreitungen des aktuellen Grenzwertes für die Summe LHKW der TrinkwV von 1990.

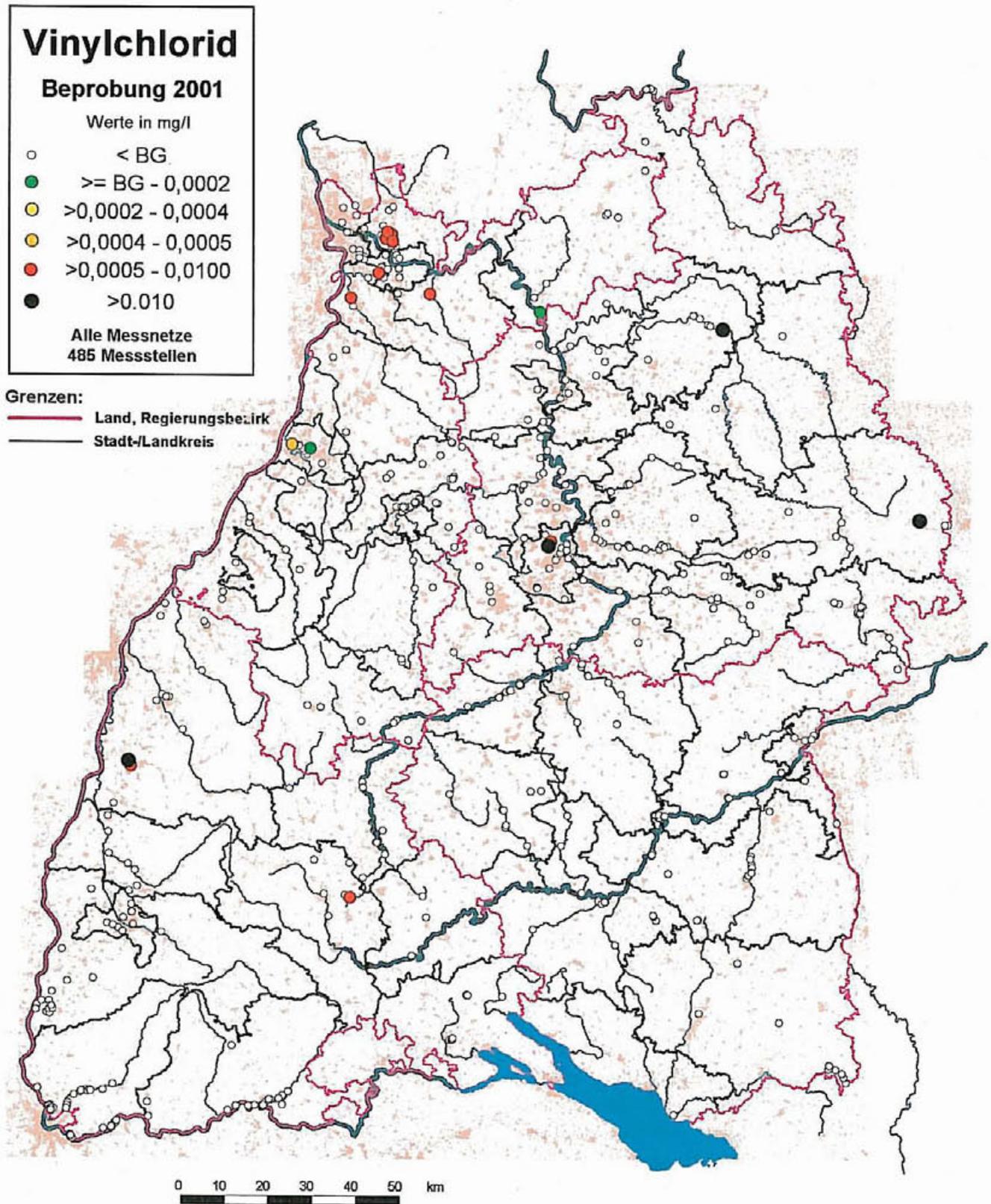


Abbildung 2.6.15: Konzentrationsverteilung Vinylchlorid (VC, Chlorethen) 2001 mit Landnutzungen (Industrie und Siedlungen = rosé). Anm.: Rote und schwarze Punkte sind Überschreitungen des Grenzwertes der zukünftigen TrinkwV ab 2003 (Probennahme am Zapfhahn). In der aktuellen TrinkwV 1990 gibt es keinen Einzelstoff-Grenzwert für VC, auch geht VC in der aktuellen TrinkwV in keinen LHKW-Summen-Grenzwert ein. Zum Vergleich: Schwarze Punkte wären aber schon Überschreitungen des aktuellen Grenzwertes für die Summe LHKW der TrinkwV von 1990.

2.7 MKW - Mineralölkohlenwasserstoffe

2.7.1 Problembeschreibung, Bedeutung

Kohlenwasserstoffe sind organische Verbindungen von Kohlenstoff und Wasserstoff, 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 sieht die aktuelle 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 ist laut Trinkwasserrichtlinie an das Analytikverfahren H 18 der Deutschen Einheitsverfahren (DEV) gebunden.

Auch mit niedrigeren Konzentrationswerten gilt ein Trinkwasser laut TrinkwV als ungeeignet,

wenn es nach Öl riecht oder schmeckt. Die zukünftige TrinkwV ab 2003 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.

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 zum Emissionsquelle.

Die hier erstmals landesweiten Untersuchungen auf Mineralölkohlenwasserstoffe wurden nicht mit der Methode H 18 nach DEV (1981) zur „Bestimmung der gelösten und emulgierten Kohlenwasserstoffen“ durchgeführt, sondern mit dem seit Juni 2001 verbindlich eingeführten Deutschen Einheitsverfahren (DEV) Methode H 53 „Bestimmung des Kohlenwasserstoffindex“. Es erlaubt die Bestimmung ab Konzentrationen oberhalb von 0,1 mg/l.

Das ältere Verfahren H 18 nach DEV und nach TrinkwV 1990 ist wie das neue Verfahren auch ab Konzentrationen von 0,1 mg/l anwendbar. Die aktuelle TrinkwV toleriert für die Methode H 18 einen Fehler von $\pm 0,005$ mg/l. Bezogen auf den Trinkwassergrenzwert von 0,01 mg/l entspricht dies 50 %.

Die neue Methode H 53 arbeitet mit anderen Extraktionsmitteln. Nach ersten Paralleluntersuchungen und Informationen liefern die beiden verschiedenen Methoden bei Grundwasserproben ähnliche Ergebnisse.

Für beide Verfahren ergibt sich das generelle Problem, dass der Gesetzgeber mit dem Grenzwert von 0,01 mg/l einen niedrigeren Konzentrationswert vorschreibt, als er realistischweise im Rahmen der Routineanalytik in den Laborato-

rien erreichbar ist. Auch mit dem neuen Verfahren sind nur Bestimmungsgrenzen von 0,05 bis 0,10 mg/l erreichbar (s. Anhang Tabelle A2).

Da die Trinkwasserrichtlinie von 1990 für die Bestimmung von Mineralölkohlenwasserstoffen das Verfahren H 18 vorschreibt, ist der TrinkwV-Grenzwert von 1990 auch an dieses Verfahren gebunden. Daher können bei den hier angeführten Untersuchungsergebnissen - basierend auf der anderen Methode H 53 - keine Grenzwertüberschreitungen explizit ausgewiesen werden,

wie es in den Statistiktabelle in Kapitel 3 - Statistische Übersichten der Teilmessnetze - auch auffällt. In Anbetracht der Bestimmungsmöglichkeiten der Laboratorien wird im Grundwasserüberwachungsprogramm ein Warnwert von 0,1mg/l benutzt, also ein Wert, der über dem TrinkwV-Grenzwert liegt.

Die meisten der MKW-Befunde mit Warnwertüberschreitungen an Landesmessstellen wurden in 2001 über Rückstellproben oder Nachuntersuchungen durch erneute Probennahmen und vergleichende Untersuchungen mit dreifach paralleler Analytik verifiziert.

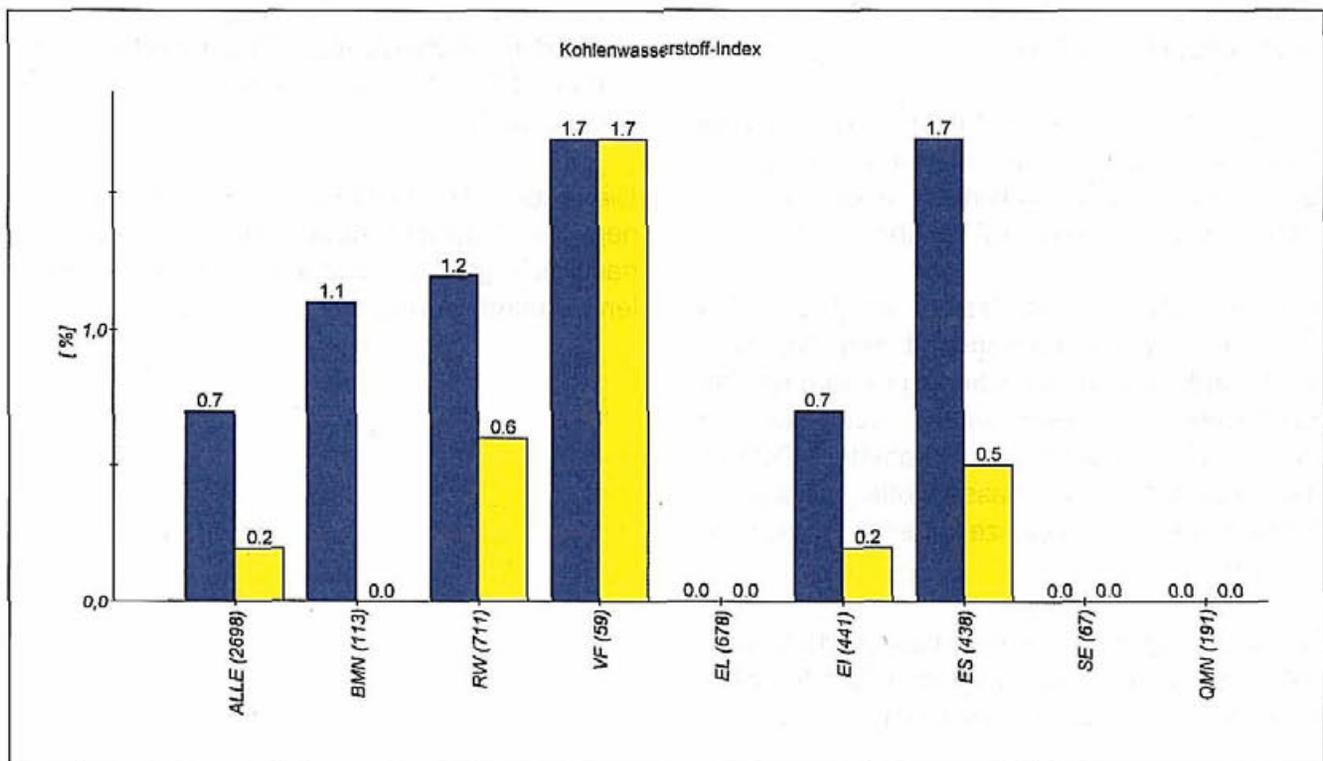


Abbildung 2.7.1: Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten der Bestimmungsgrenze (BG) (Blaue Balken) und des Warnwertes (gelbe Balken) für den Kohlenwasserstoff-Index nach DEV-Verfahren H 53 im gesamten Messnetz und in den Teilmessnetzen bei der Beprobung 2001 (Abk. für Teilmessnetze s. Anhang A1). Anm.: Überschreitungen des Grenzwertes der aktuellen TrinkwV von 1990 werden nicht dargestellt, da diese Werte an das andere Analytikverfahren DEV-H 18 gebunden sind.

2.7.3 Landesweite Situation, räumliche Verteilung, Bewertung

Die erstmals landesweit durchgeführten Bestimmungen des Kohlenwasserstoff-Index zeigen positive Befunde an 14 Messstellen des Gesamtmessnetzes, d.h. an 0,7 % aller Messstellen (Abb. 2.7.1).

Die betroffenen Messstellen liegen meist in den Flusstälern in den dortigen Siedlungsgebieten (Abb. 2.7.2).

Erwartungsgemäß finden sich rund zwei Drittel aller positiven Befunde an den Emittentenmessstellen Industrie (EI) und Siedlungen (ES). Keine Nachweise existieren im Quellmessnetz (QMN), bei den Emittentenmessstellen-Landwirtschaft (LW) und bei den Sonstigen Emittentenmessstellen (SE) (Abb. 2.7.1).

Die meisten positiven Befunde finden sich im Teilmessnetz Emittentenmessstellen Siedlungen (ES) an sieben Messstellen mit einer Teilmessnetznachweisquote von 1,7 % (Abb. 2.7.1).

Etwa ein Drittel der landesweit vorgefundenen positiven Befunde überschreitet den Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms. Bei Anwendung des Grenzwertes der aktuellen TrinkwV von 1990 für den Parameter „Gelöste und emulgierte Kohlenwasserstoffe“ wäre jeder dieser Fälle auch gleichzeitig eine Grenzwertüberschreitung.

Das landesweite Maximum beträgt 1,40 mg/l und wird an einer Emittentenmessstelle Industrie abstromig einer Deponie gefunden.

Die Hälfte aller Messstellen mit positiven MKW-Befunden weisen gleichzeitig LHKW-Verunreinigungen auf. Sie liegen meist unterhalb von Altablagerungen und von stillgelegten Deponien und in je einem Falle auch abstromig von Anlagen der chemischen Industrie, unterhalb einer Kläranlage, einer Autobahn und eines Kfz-Betriebes mit Tankstelle.

Eine eindeutige Zuordnung zu nur einer Ursache ist meist nicht möglich, da zusätzlich zu den Industrie- und Siedlungsbereichen auch oft Deponien, Erdölpipelines, Straßen und Bahnanlagen im Einzugsgebiet liegen und auch als mögliche Ursachen in Frage kommen.

Auch die betroffenen Rohwassermessstellen (RW) liegen meist in Einzugsgebieten mit möglichen Emissionsquellen wie Deponien, Abwasseranlagen, Straßen und Bahnanlagen, so dass diese Befunde wahrscheinlich sind.

Die einzige auffällige Messstelle im Basismessnetz (BMN) befindet sich in einem Waldeinzugsgebiet. Die auch im Einzugsgebiet liegenden möglichen MKW-Quellen Erdölpipeline, Autobahn und Deponie machen diesen Befund sehr wahrscheinlich.

Die landesweite flächenhafte Belastung mit Mineralölkohlenwasserstoffen ist o.g. Ergebnissen nach nicht groß, abgesehen von einzelnen lokalen Verunreinigungen.

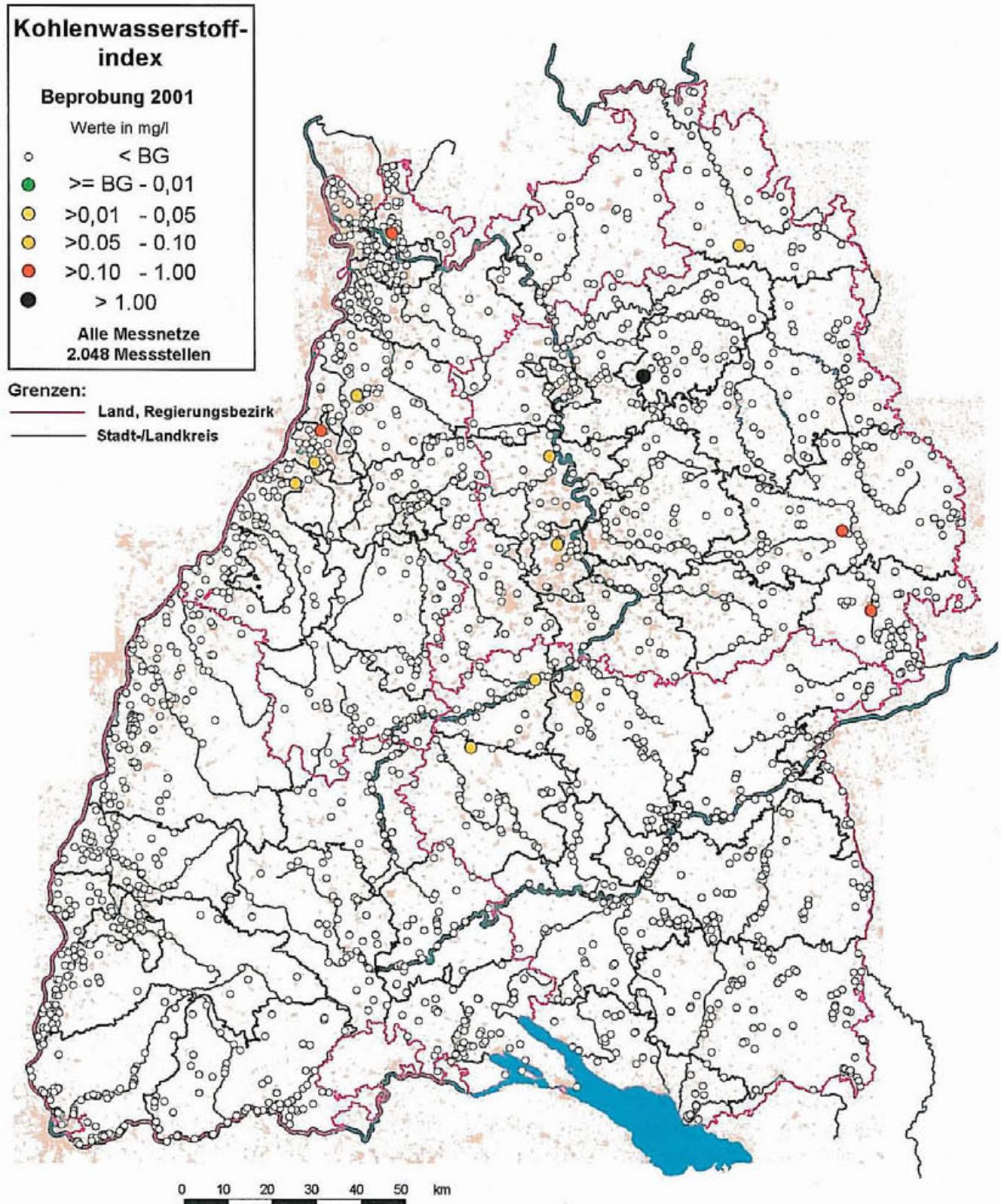


Abbildung 2.7.2: Konzentrationsverteilung des Kohlenwasserstoff-Index 2001 nach Analyseverfahren DEV H 53 mit Landnutzungen (Industrie und Siedlungen = rosé). Anm.: Die aktuelle TrinkwV von 1990 kennt für diesen Parameter und diese Methode keinen Grenzwert, sondern nur einen Grenzwert von 0,010 mg/l für den Parameter „Gelöste und emulgierte Kohlenwasserstoffe“. Demnach würden gelbe, orange, rote und schwarze Punkte Überschreitungen dieses Grenzwertes darstellen, wenn die Ergebnisse beider Methoden vergleichbar wären.

2.8 PAK - Polycyclische aromatische Kohlenwasserstoffe

2.8.1 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, sieht die aktuelle Trinkwasserverordnung (TrinkwV) von 1990 den Parameter „Summe PAK“ vor, mit einem Grenzwert von 0,2 µg/l. Der Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogrammes (GÜP) beträgt 0,05 µg/l.

Zur Summenbildung werden die Konzentrationen von sechs Referenzstoffen einzeln gemessen und zur „Summe PAK“ addiert. Für die Einzelstoffe existieren in der TrinkwV keine Einzelgrenzwerte. Auch gibt es keine Warnwerte.

Die Einzelstoffe der „Summe PAK n. TrinkwV 1990“ sind:

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

Die zukünftige Trinkwasserverordnung (TrinkwV) ab 2003 sieht auch den Parameter „PAK“ vor. Er erfasst jedoch nur die o.g. vier fett gedruckten Einzelstoffe. Der neue Grenzwert (Probennahme am Zapfhahn) liegt mit 0,1µg/l nur halb so hoch wie der Grenzwert der TrinkwV von 1990. Zusätzlich ist Benzo-(a)-pyren aus der Summe der PAK herausgenommen und aufgrund seiner Toxizität zukünftig als Einzelparameter mit einem Grenzwert von 0,01µg/ ausgewiesen. Fluoranthen ist aufgrund seiner geringen 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. Dieser Vorschlag der amerikanischen Umweltbehörde Environmental Protection Academy (EPA) umfasst also insgesamt 16 einzelne PAK (16 PAK nach EPA). Die zehn zusätzlichen PAK nach EPA sind:

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

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 Schwarzanstrich können über mehrere Monate lang PAK abgeben. Auch beim Räuchern oder Grillen entstehen PAK.

Über den Luftpfad werden die PAK ubiquitär verbreitet. Sie lagern sich im Boden bevorzugt an Bodenpartikeln 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 hinsichtlich der Bindung an viele Bodenbestandteile, wie Humusstoffe und Tonminerale.

Auch verhalten sich PAK nicht inert, sondern können von Bakterien mit einhergehendem Sauerstoffverbrauch abgebaut werden. Somit ergibt sich eine sehr geringe geochemische Mobilität dieser Stoffe. Im Wasser besser löslich sind die PAK-Naphthenverbindungen. Sie finden sich oft in Ölfeldwässern oder in der Nähe von öl- und bitumenhaltigen Schichten.

Hohe PAK-Konzentrationen im Grundwasser werden daher 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 Fluoranthren am häufigsten nachweisbar.

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.

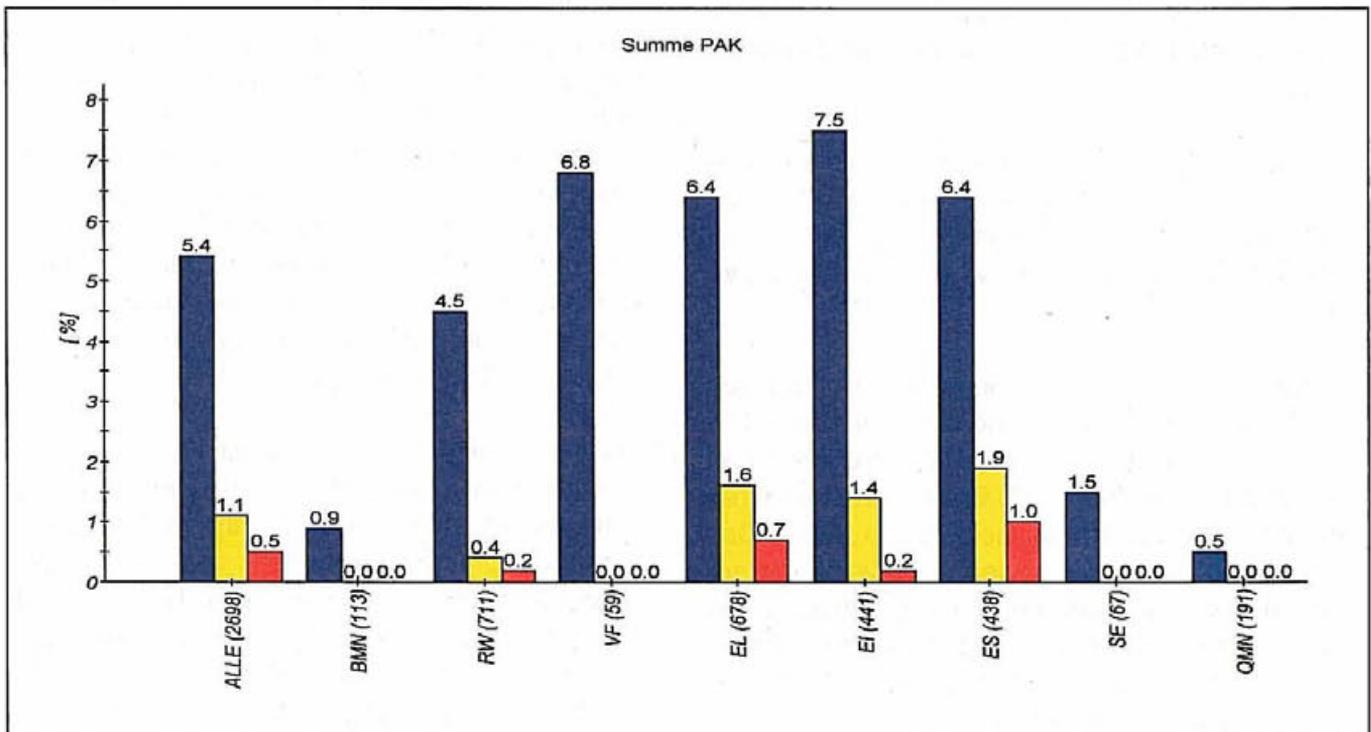


Abbildung 2.8.1: Überschreitungshäufigkeiten von Bestimmungsgrenzen (BG-Blau Balken), der Warnwerte (WW-Gelbe Balken) des Grundwasserüberwachungsprogrammes und des Grenzwerts (GW-Rote Balken) der Trinkwasserverordnung von 1990 für die Summe PAK im gesamten Messnetz und in den Teilmessnetzen bei der Beprobung 2001. Abk. s. Anhang A1.

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 aktuelle TrinkwV von 1990 toleriert für die Summe PAK einen Messfehler von $\pm 0,04 \mu\text{g/l}$, bezogen auf den Trinkwassergrenzwert von $0,2 \mu\text{g/l}$ entspricht dies 20 %. Die Bestimmungsgrenzen in der Beprobungsrunde 2001 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 µg/l erreicht.

Die meisten der PAK-Befunde mit Warnwertüberschreitungen bei der Summe der sechs PAK nach TrinkwV 1990 (0,05 µg/l) wurden in 2001 über Rückstellproben oder Nachuntersuchungen durch erneute Probennahmen und vergleichende Untersuchungen mit dreifach paralleler Analytik verifiziert.

2.8.3 Landesweite Situation, räumliche Verteilung, Bewertung

Summe PAK n. TrinkwV 1990

Abb. 2.8.1 gibt einen Überblick über die Ergebnisse im Gesamtmessnetz und in den Teilmessnetzen.

An 5,4 % des Gesamtmessnetzes ist mindestens einer der sechs Einzelstoffe der Summe der PAK nach der aktuellen TrinkwV von 1990 nachweisbar. Dies ist eine relativ hohe Nachweisquote.

Meist sind aber nur geringe Konzentrationen nachzuweisen, so dass landesweit nur an 1,1 % aller Messstellen Warnwertüberschreitungen vorliegen und an nur 0,5% Grenzwertüberschreitungen (Abb. 2.8.1: Messnetzgruppe „Alle“). Das Gesamtbild der relativ vielen Nachweise mit geringen Konzentrationen und den gleichzeitig wenigen Warn- und sehr wenigen Grenzwertüberschreitungen verweist auf ubiquitäre, diffuse Quellen der positiven PAK-Nachweise.

Erwartungsgemäß findet sich die höchste prozentuale Nachweisquote von 7,5 % bei den Emittentenmessstellen Industrie (EI) (Abb. 2.8.1). Im Teilmessnetz Siedlungen sind mit 1,9 bzw. 1,0 % die meisten Warn- bzw. Grenzwertüberschreitungen zu finden. Hier wird auch das landesweite Maximum von 4,3 µg/l im Bereich eines ehemaligen Gaswerks registriert.

Die geringsten Belastungen mit jeweils nur einem positiven Nachweis liegen im Quellmessnetz, im Basismessnetz und bei den Messstellen der Sonstigen Emittenten (SE) vor.

Bei den Emittentenmessstellen Landwirtschaft (EL) sind die Nachweishäufigkeiten und die Zahl der Warnwert- und Grenzwertüberschreitungen vergleichsweise auffällig hoch. Hier finden sich die zweithöchsten Teilmessnetzquoten für Warn- und Grenzwertüberschreitungen. Bei den Vorfeldmessstellen (VF) bzw. den Rohwassermessstellen (RW) werden zwar auch Nachweisquoten von 4 - 7 % erreicht, jedoch sind hier die Warnwert- und Grenzwertüberschreitungsquoten zwischen 0,0 % (VF) und 0,2 % (RW) sehr niedrig.

Die einzelnen Messstellen mit höheren PAK-Belastungen mit Warn- und Grenzwertüberschreitungen liegen weniger in städtischen Ballungsräumen wie Stuttgart, Pforzheim oder im Raum Mannheim/Heidelberg (Abb. 2.8.2), sondern meist in oder am Rande einzelner mittelgroßer und kleiner Siedlungsgebiete im ländlichen Raum. Beispiele sind: Bereiche südlich/ nördlich von Freiburg, in Villingen-Schwenningen, um Rastatt, nördlich von Heidelberg, in Neckarsulm, in Ulm, bei Bad Schussenried.

Als Ursachen für diese PAK-Belastungen sind identifizierbar: in der Mehrzahl Altablagerungen und geschlossene Deponien aller Art, in weiteren Fällen: Altablagerungen von ehemaligen Gaswerken, Industrieanlagen jeglicher Art - auch der Autoherstellung, Gewerbetriebe (Tankstelle, Transportunternehmen an Kieswerken), Abwasseranlagen, nahegelegene Verkehrsflächen (Autobahnen, Landstraßen, Bahnanlagen, Parkhaus und Parkplatz) und Erdöl- und Erdgaspipelines. Eine eindeutige Zuordnung zu nur einer Ursache ist meist nicht möglich, da im Einzugsgebiet der betroffenen Messstellen meist Deponien liegen. Auch bei den betroffenen Emittentenmessstellen Landwirtschaft liegen meist Deponien und Altablagerungen im Einzugsgebiet. Die landesweiten Einzelbefunde der sechs PAK nach TrinkwV von 1990 sind in den Abb. 2.8.3 bis Abb. 2.8.8 dargestellt.

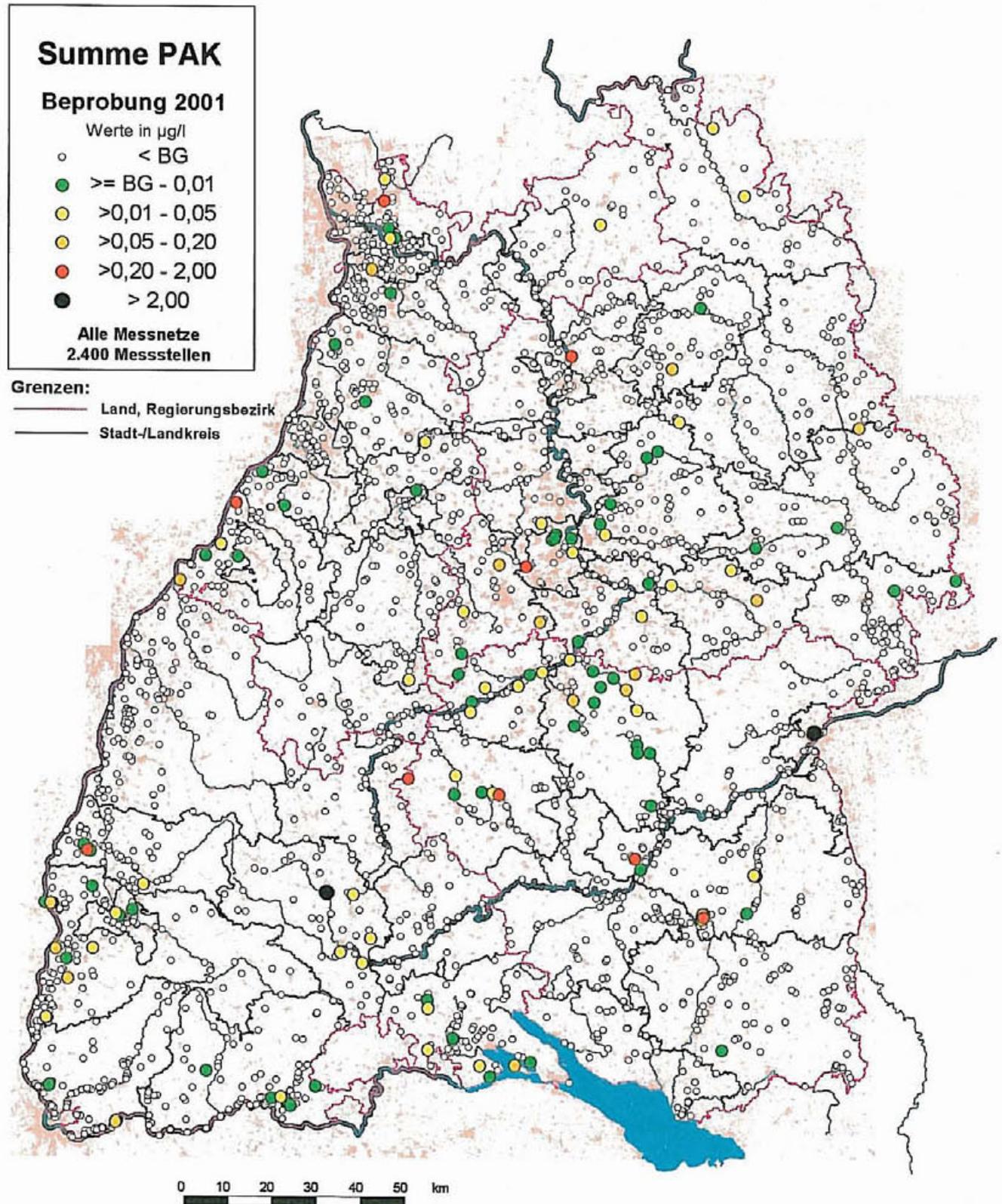


Abbildung 2.8.2: Konzentrationsverteilung der Summe der sechs PAK nach TrinkwV 1990, Beprobungsrunde 2001 (mit Landnutzungen Siedlung und Industrie.= rosé).

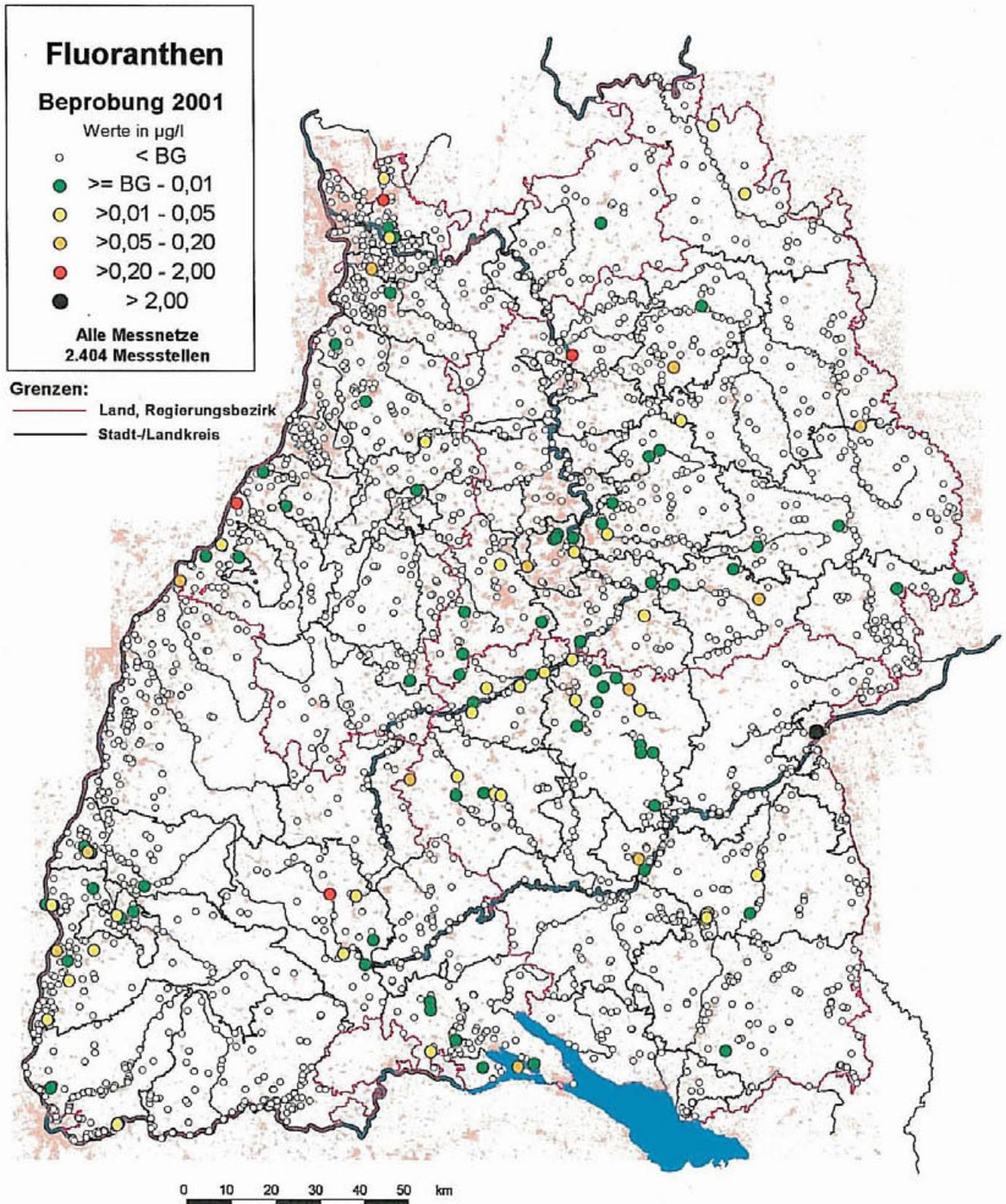


Abbildung 2.8.3: Konzentrationsverteilung Fluoranthren 2001 (mit Landnutzungen Industrie und Siedlungen=rosé).

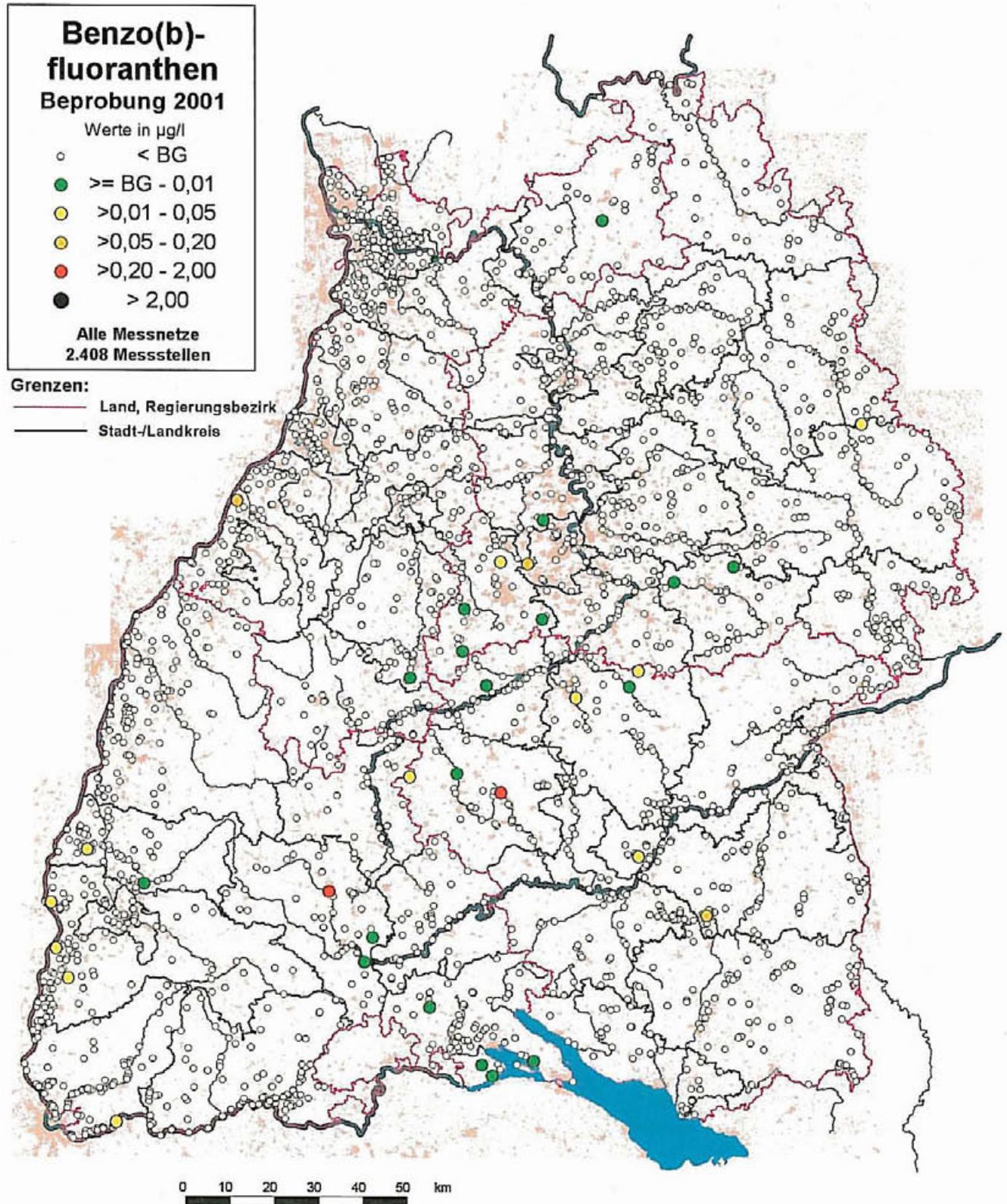


Abbildung 2.8.4: Konzentrationsverteilung Benzo(b)fluoranthen 2001 (mit Landnutzungen Industrie und Siedlungen=rosé).

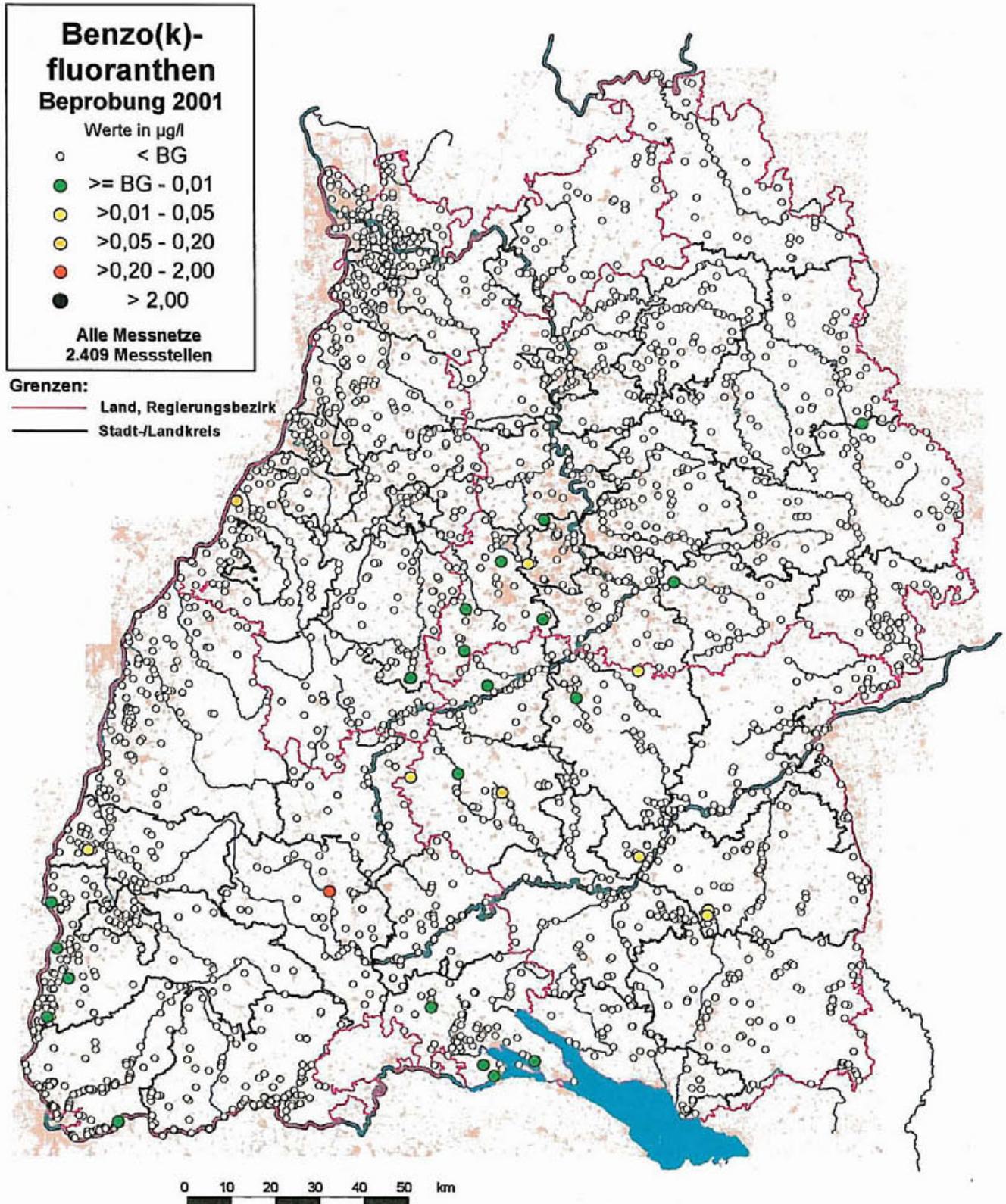


Abbildung 2.8.5: Konzentrationsverteilung Benzo(k)fluoranthen 2001 (mit Landnutzungen Industrie und Siedlungen=rosé).

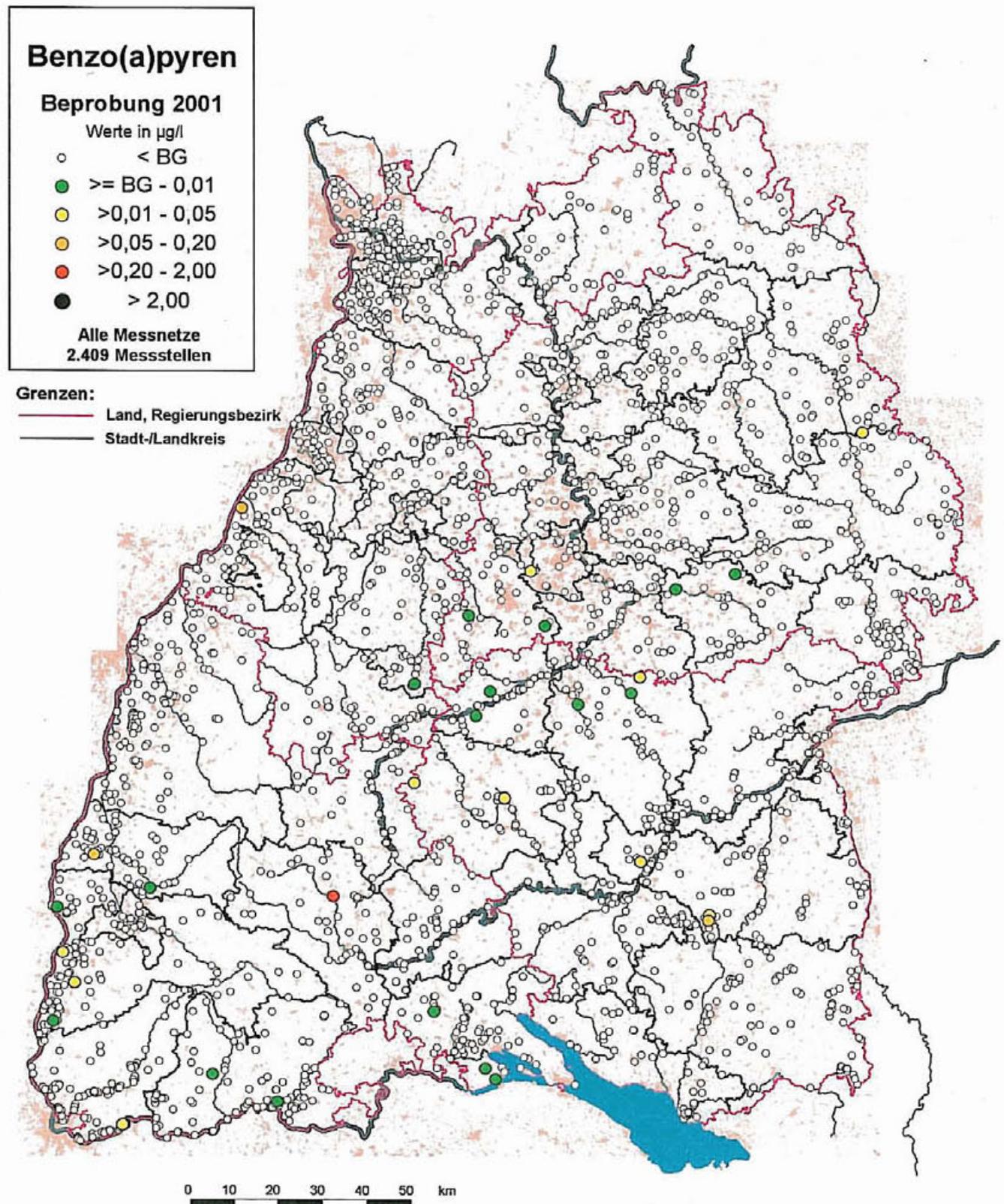


Abbildung 2.8.6: Konzentrationsverteilung Benzo(a)pyren 2001 (mit Landnutzungen Industrie und Siedlungen=rosé).

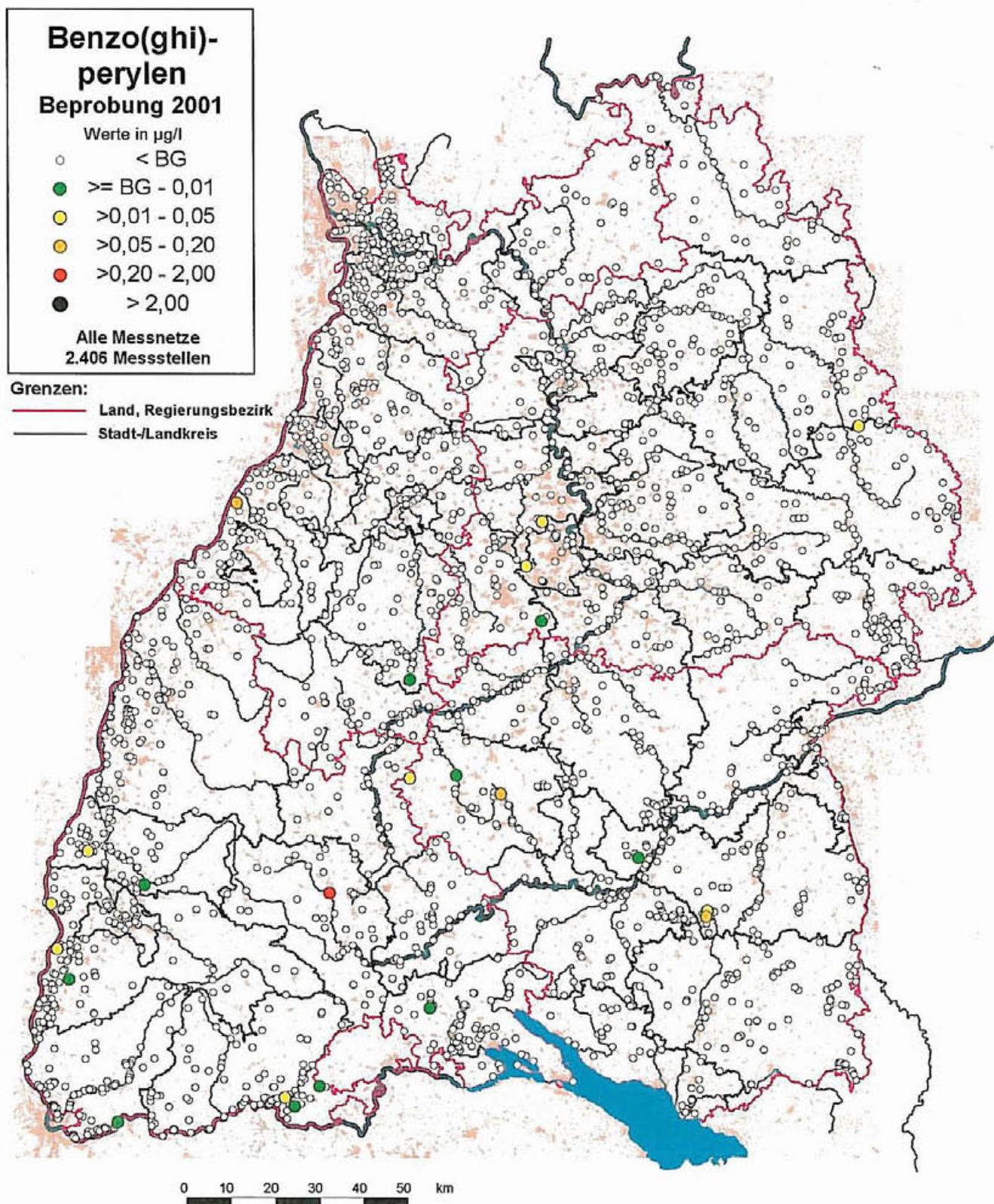


Abbildung 2.8.7: Konzentrationsverteilung Benzo(ghi)perylen 2001 (mit Landnutzungen Industrie und Siedlungen=rosé).

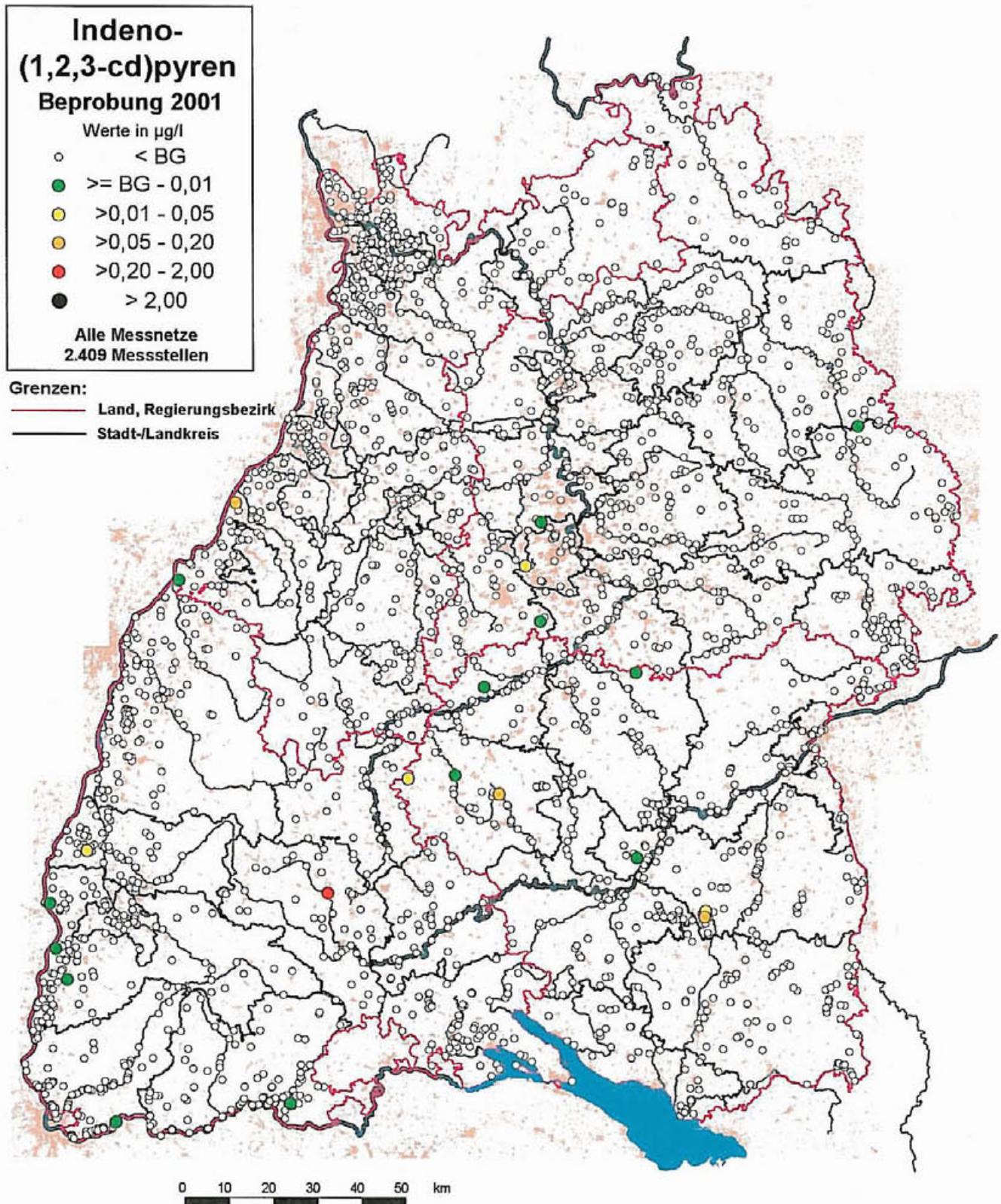


Abbildung 2.8.8: Konzentrationsverteilung Indeno(1,2,3-cd)pyren 2001 (mit Landnutzungen Industrie und Siedlungen=rosé).

Sechs PAK-Einzelstoffe n. TrinkwV 1990

Fluoranthen wird landesweit an 121 Messstellen gefunden (Abb. 2.8.9). Damit ist Fluoranthen der jeweils am häufigsten an den 130 positiven Nachweisen der Summe der PAK (n. TrinkwV 1990) beteiligte Einzelstoff. Die anderen fünf PAK findet man nur an etwa 20 bis 35 Messstellen.

Bei den Emittentenmessstellen Siedlungen (ES), Industrie (EI) und Landwirtschaft (EL) sind die Nachweisquoten von Fluoranthen und Indeno-(1,2,3-cd)-pyren am höchsten (Abb. 2.8.10).

Benzo-(a)-pyren dagegen wird am häufigsten bei den Vorfeldmessstellen gefunden.

Auffällig ist, dass bei den Sonstigen Emittentenmessstellen (SE) nahezu kein Einzel-PAK nach TrinkwV 1990 gefunden wird (Abb. 2.8.10).

Zusätzliche zehn PAK-Einzelstoffe n. EPA

Von den zusätzlich gemessenen zehn PAK-Einzelstoffen nach EPA werden am häufigsten und an jeweils mehr als hundert Messstellen nachgewiesen (Abb. 2.8.9): Naphthalin an 217 Messstellen (10,3 % aller Messstellen), Phenanthren an 139 Messstellen (6,6 % aller Messstellen) und Pyren an 96 Messstellen (4,5 % aller Messstellen). Naphthalin und Phenanthren werden häufiger nachgewiesen als jeder andere PAK-Einzelstoff n. TrinkwV 1990 (Abb. 2.8.9). Die regionale Verteilung der Befunde zeigen die Abb. 2.8.12, 2.8.13., 2.8.14.

Die übrigen PAK nach EPA finden sich jeweils an weniger als 50 Messstellen.

An Messstellen mit Nachweisen der Einzelstoffe der PAK n. TrinkwV 1990 werden auch zusätzlich die folgenden PAK nach EPA gefunden: Pyren an nahezu zwei Dritteln dieser Messstellen, Phenanthren an der Hälfte und Naphthalin an einem Drittel. Die maximale Naphthalinkonzentration von 20 µg/l wird - wie

schon bei Fluoranthen - abstromig eines ehemaligen Gaswerks gefunden. Die Schwerpunkte von hohen Naphthalingehalten sind nahezu die gleichen, wie bei der Summe PAK n. TrinkwV 1990 und von Fluoranthen.

Auffällig ist, dass bei den Sonstigen Emittentenmessstellen (SE), an denen nahezu kein Einzel-PAK nach TrinkwV 1990 gefunden wird (Abb. 2.8.10), die PAK nach EPA des öfteren nachweisbar sind, wie z.B. Fluoren, Phenanthren und Naphthalin (Abb. 2.8.11 a und b).

Vier PAK-Einzelstoffe n. TrinkwV ab 2003

Durch den Wegfall von Fluoranthen aus der Summe PAK nach zukünftiger TrinkwV ab 2003 wird die Anzahl der Überschreitungen des neuen Grenzwertes gegenüber der noch aktuellen TrinkwV von 1990 reduziert werden, da die z.T. sehr hohen Fluoranthenkonzentrationen am häufigsten zu Überschreitungen des alten Grenzwertes n. TrinkwV 1990 geführt haben. Dies zeigt schon ein einfacher Vergleich der Abb. 2.8.2 mit 2.8.3.

Bewertung

PAK werden mit einer hohen landesweiten Nachweisquote an etwa fünf Prozent aller Messstellen gefunden, offenbar hauptsächlich abstromig von Altablagerungen und ehemaligen Deponien, nicht nur in Siedlungsgebieten, sondern auch im ländlichen Raum. Jedoch ist für die Summe PAK nach der aktuellen TrinkwV 1990 die Anzahl der landesweiten Grenzwertüberschreitungen mit weniger als einem Prozent gering.

Zur landesweiten Hauptbelastung trägt hauptsächlich der Einzelstoff Fluoranthen bei. Fluoranthen kann aber auch natürlichen Ursprungs sein. Die sehr hohen Nachweise anderer für die Trinkwasserverordnungen von 1990 und 2001 nicht relevanter weiterer PAK-Einzelstoffe (PAK n. EPA) ist sehr auffällig. So ist Naphthalin und Phenanthren häufiger im Grundwasser zu finden als die sechs Einzelstoffe nach TrinkwV von 1990.

Aus Sicht des Grundwasserschutzes ist der zukünftige Wegfall von Fluoranthren als Bestandteil des PAK-Summen-Grenzwertes in der zukünftigen TrinkwV ab 2003 unverständlich. Denn Fluoranthren ist bisher der PAK-Einzelstoff, der aufgrund seiner Nachweishäufigkeit und der Höhe der Befunde am häufigsten zu trinkwasserrelevanten Grenzwertüberschreitungen der Summe PAK nach der alten TrinkwV

von 1990 und damit zum Ausschluss von für die Trinkwasserversorgung nicht geeignetem Grundwasser führte.

Auch wenn Fluoranthren als gering toxisch eingestuft wird und natürlich vorkommen kann, so sind doch einige der hier positiven und auch hohen Befunde auf anthropogene Verunreinigungen zurückzuführen, insbesondere auf Verunreinigungen unterhalb von ehemaligen Gaswerksstandorten.

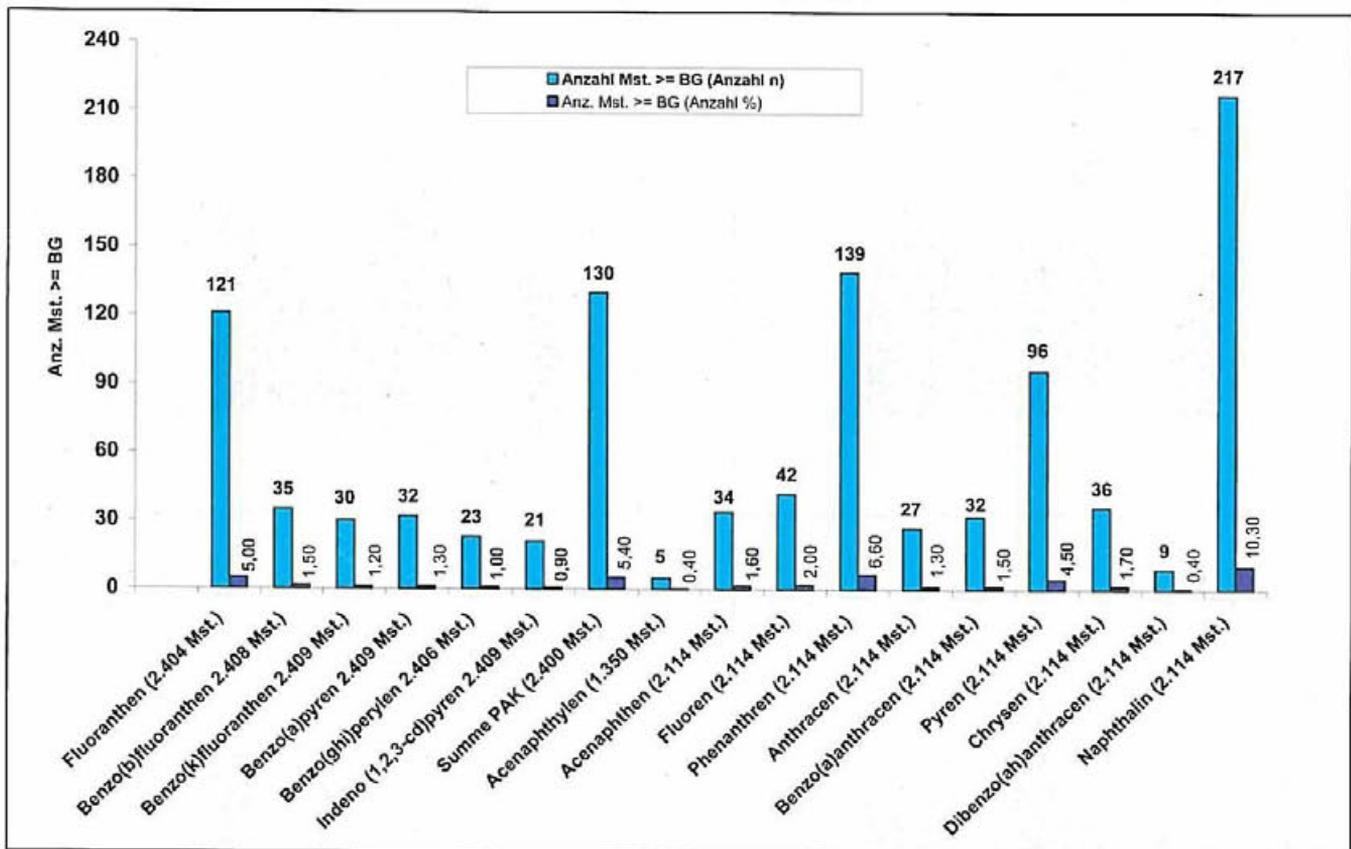


Abbildung 2.8.9: Absolute (hellblaue Balken) und prozentuale Überschreitungshäufigkeiten (dunkelblaue Balken) von Bestimmungsgrenzen (Nachweishäufigkeit) der sechs einzelnen PAK n. TrinkwV 1990, für die Summe PAK n. TrinkwV 1990 und für die restlichen zehn einzelnen PAK n. EPA im gesamten Messnetz Beprobung 2001, Abk. s. Anhang A1.

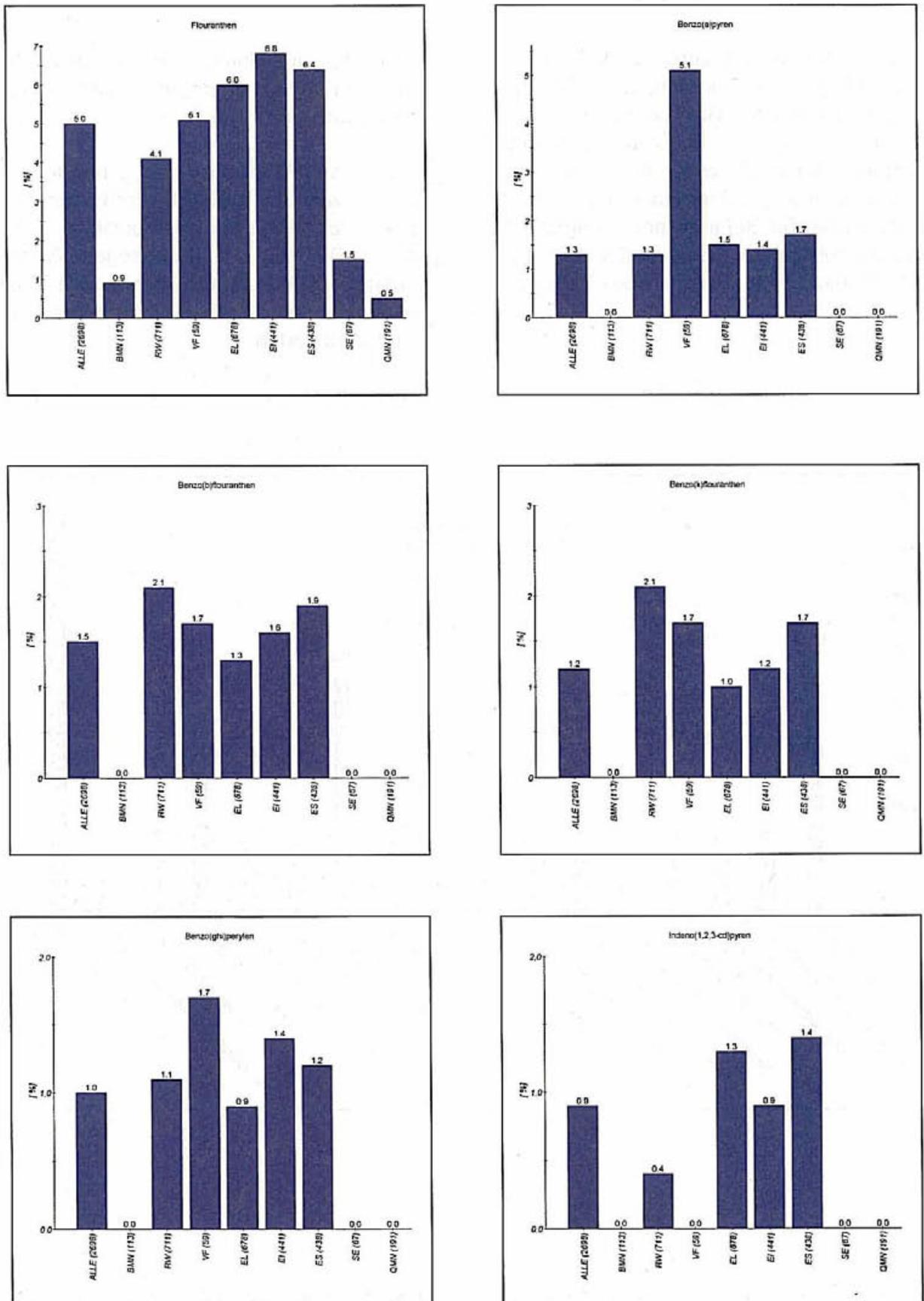


Abbildung 2.8.10: Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten der Bestimmungsgrenze für die sechs Einzel-PAK nach TrinkwV 1990 im gesamten Messnetz und in den Teilmessnetzen bei der Beprobung 2001, Abk. für Teilmessnetze s. Anhang A1.

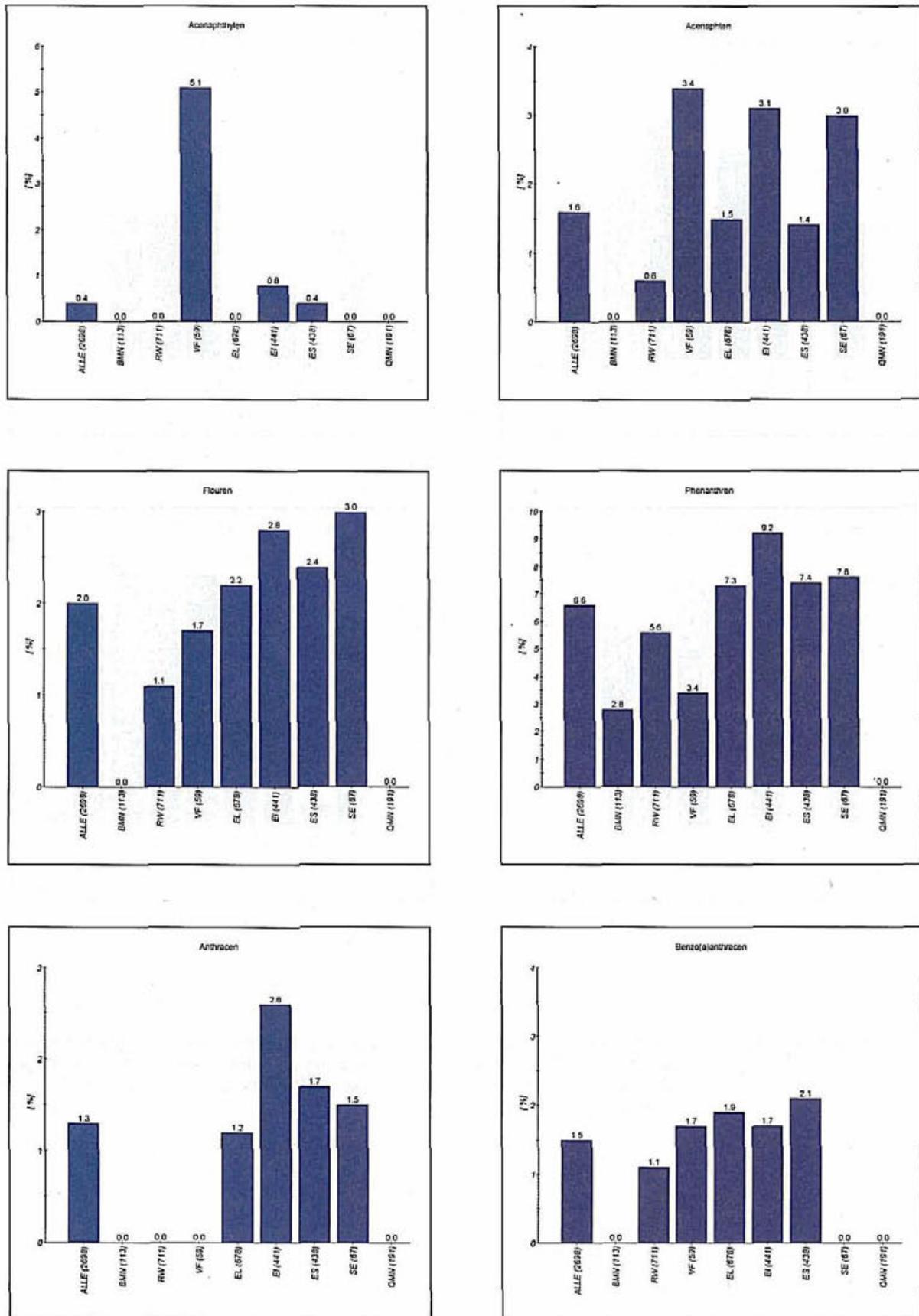


Abbildung 2.8.11a:

Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten der Bestimmungsgrenze für die zusätzlich untersuchten zehn Einzel-PAK nach EPA im gesamten Messnetz und in den Teilmessnetzen bei der Beprobung 2001, Abk. für Teilmessnetze s. Anhang A1 (Fortsetzung s. Abb. 2.8.11b).

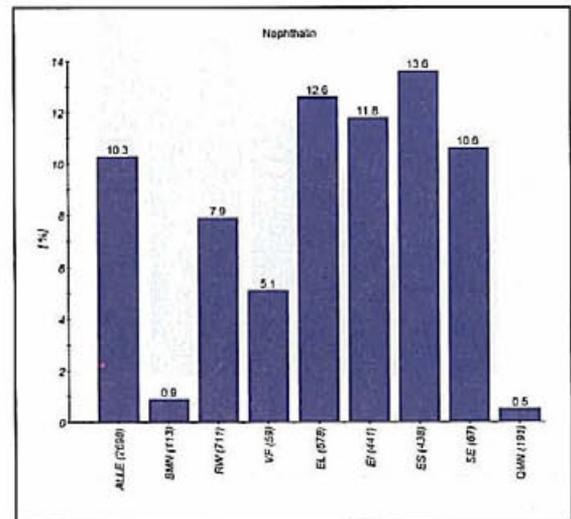
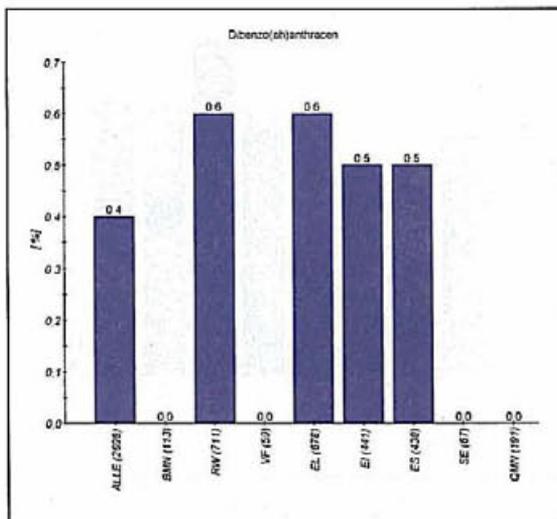
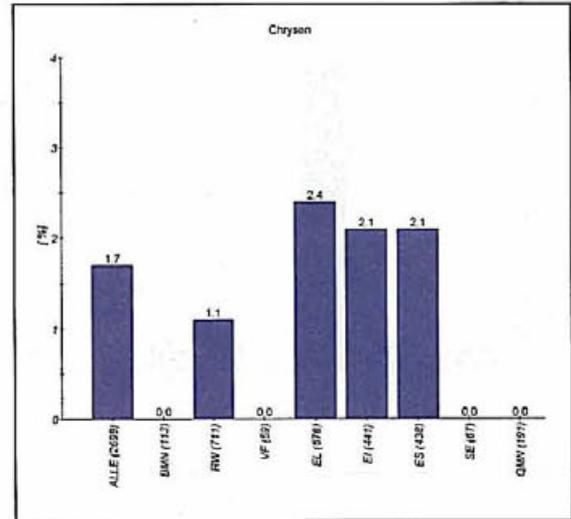
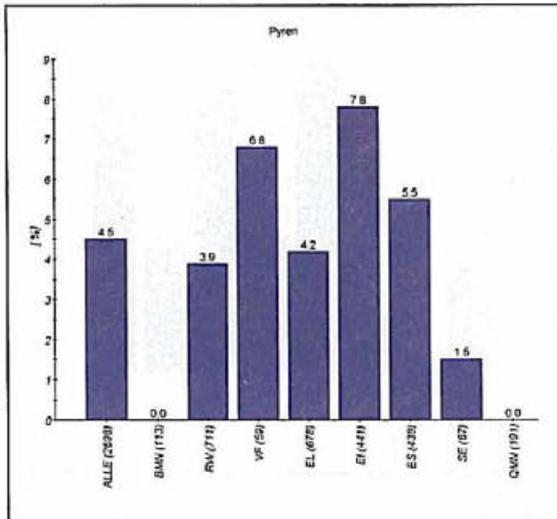


Abbildung 2.8.11b:

Fortsetzung von Abb 2.8.11a: Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten der Bestimmungsgrenze für die zusätzlich untersuchten zehn Einzel-PAK nach EPA im gesamten Messnetz und in den Teilmessnetzen bei der Beprobung 2001, Abk. für Teilmessnetze s. Anhang A1.

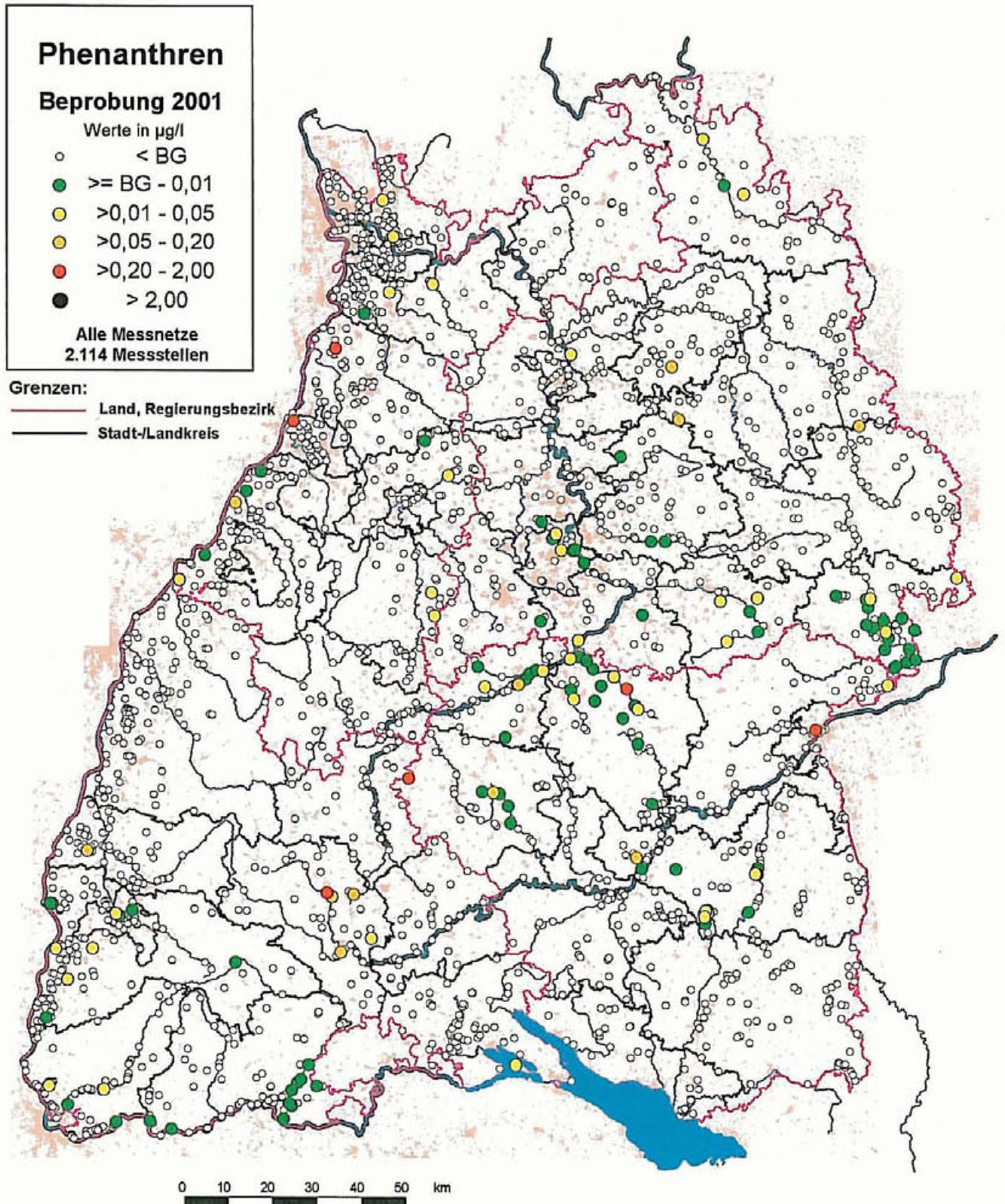


Abbildung 2.8.12: Konzentrationsverteilung Phenanthren 2001 (mit Landnutzungen Industrie und Siedlungen=rosé).

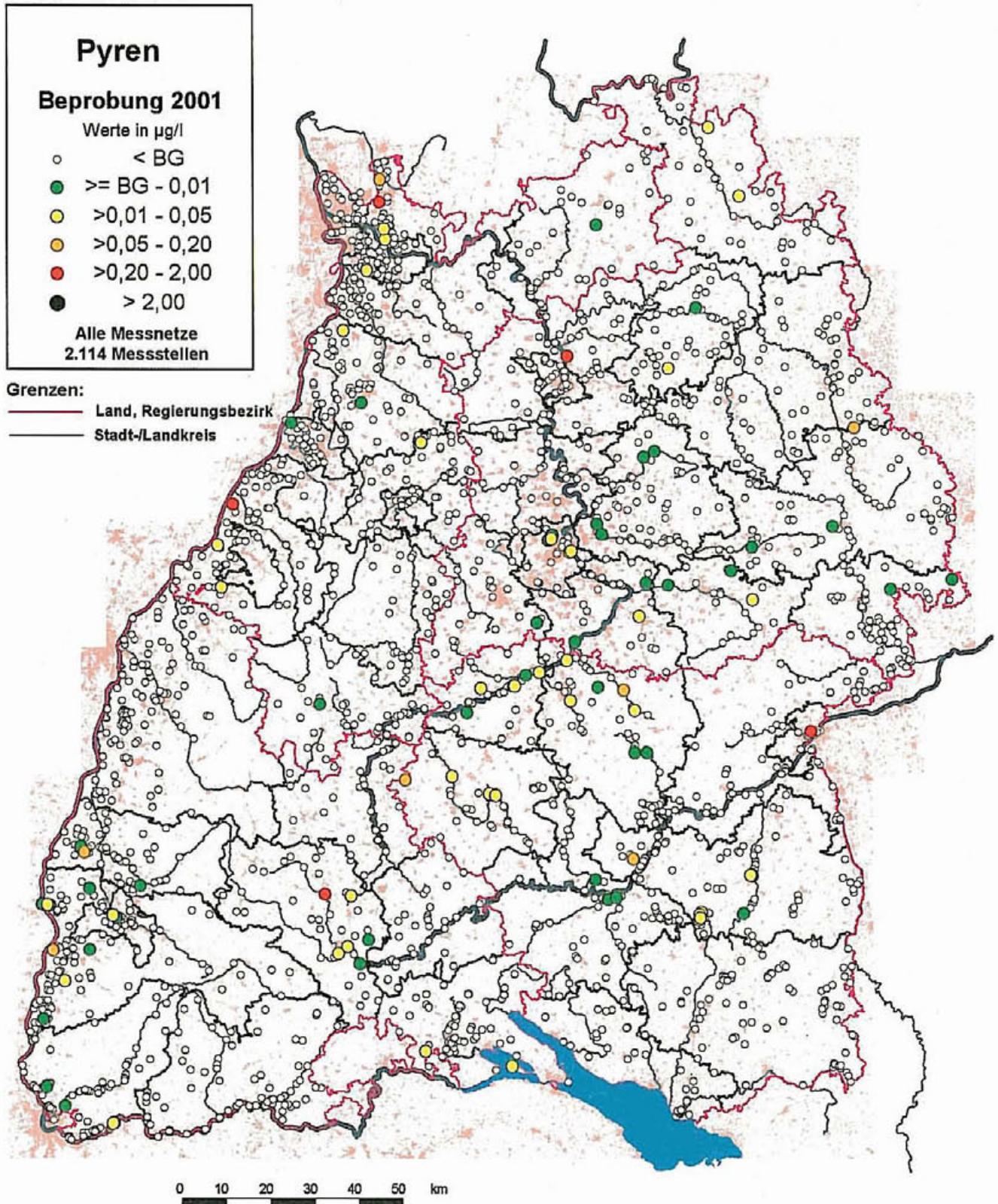


Abbildung 2.8.13:

Konzentrationsverteilung Pyren 2001 (mit Landnutzungen Industrie und Siedlungen=rosé).

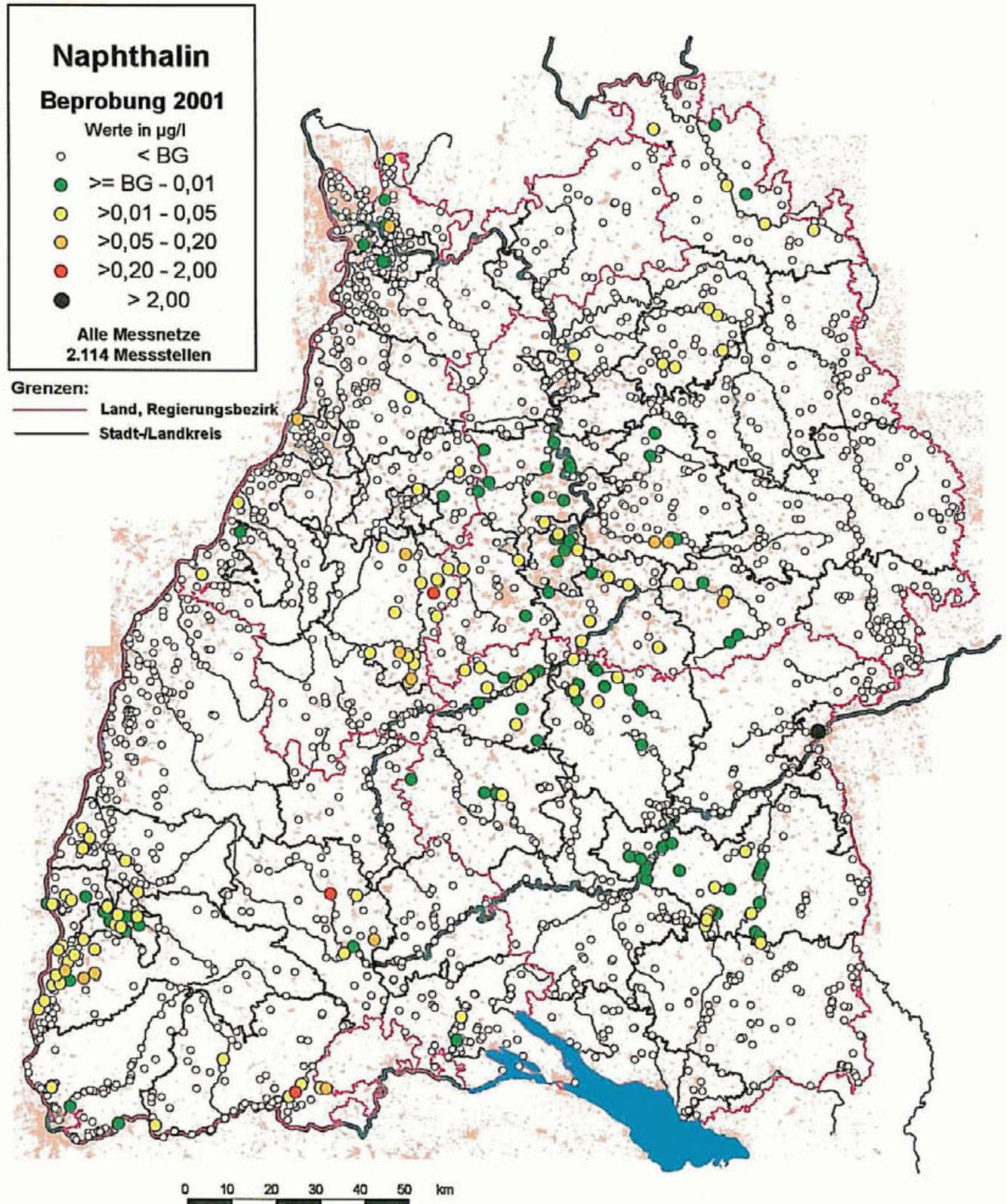


Abbildung 2.8.14:

Konzentrationsverteilung Naphthalin 2001 (mit Landnutzungen Industrie und Siedlungen=rose).

2.9 MTBE - Methyl-tertiär-butylether Untersuchungen in 2001

2.9.1 Benzinzusatz MTBE

MTBE (Methyl-tertiär-butylether) wird in Deutschland seit etwa Mitte der 80er Jahre als Kraftstoffzusatz verwendet, in den USA bereits seit den 70er Jahren.

Der Ether gewann mit der Einführung bleifreier Kraftstoffe sehr schnell an technischer Bedeutung. Durch seine hohe Oktanzahl und die gute Löslichkeit in Benzin eignet sich MTBE gut als Ersatz für die bleiorganischen Verbindungen, die bis dahin zur Einstellung der gewünschten Klopfestigkeit dienten.

Nach einer unveröffentlichten Studie des Umweltbundesamtes wurde 1999 der MTBE-Verbrauch in Deutschland auf ca. 500.000 t/a geschätzt. Daraus wird eine gewichtete Durchschnittskonzentration von 1,67 Gew.-% bzw. Vol.-% MTBE in deutschen Kraftstoffen berechnet. Andere Quellen geben den Anteil an MTBE im Vergaserkraftstoff in Deutschland mit ca. 5 bis 10 % an.

Nach bisherigem Kenntnisstand hat MTBE eine geringe akute Toxizität, allerdings liegen zur toxischen Wirkung bisher nur wenige Studien vor. MTBE wird durch die Verwaltungsvorschrift wassergefährdende Stoffe in die Wassergefährdungsklasse (WGK) 1 eingestuft.

MTBE löst sich relativ gut in Wasser (ca. 50 g/l) und ist aufgrund der geringen Bindungstendenz an Bodenteilchen im Untergrund sehr mobil. Aufgrund der relativ stabilen Etherbindung wird MTBE von Mikroorganismen nur schwer abgebaut. Bereits in geringen Konzentrationen ist ein unangenehmer Geruch und Geschmack feststellbar.

Da MTBE in mehreren Fällen im Grundwasser nachgewiesen wurde, wurde 1999 in Kalifornien entschieden, den Zusatz von MTBE zu Ottokraftstoff ab Ende 2002 zu verbieten. Auf Grund der Kriterien Geruch und Geschmack hat die US-

Umweltbehörde EPA zwischenzeitlich Empfehlungen von 20 bis 40 µg/l als Höchstwerte für Trinkwasser ausgesprochen.

2.9.2 Ergebnisse

Basierend auf den zunehmenden Veröffentlichungen zum MTBE-Nachweis im Grundwasser in den USA wurde 1999 MTBE erstmals auch im Grundwassermessnetz Baden-Württemberg an insgesamt 26 gezielt ausgewählten Messstellen untersucht und diese Messungen im Jahr 2000 wiederholt. Die Ergebnisse wurden in den Jahresberichten 1999 und 2000 veröffentlicht.

Im Jahr 2001 wurden weitere 46 Messstellen beprobt. Die Auswahl der Messstellen erfolgte nach den gleichen Kriterien wie im Jahr 1999 und 2000. Die Messstellen liegen im Bereich von Tanklagern und Tankstellen, im Bereich mineralölverarbeitender Industriebetriebe, an Bundesautobahnen oder Bundesstraßen. Darüber hinaus wurden positive Befunde an Mineralölkohlenwasserstoffen in den Messstellen als weiteres Auswahlkriterium herangezogen.

Bei 4 Messstellen d.h. bei 8,7 % der untersuchten 46 Messstellen konnte MTBE nachgewiesen werden. Die Konzentrationen lagen zwischen 0,2 und 0,6 µg/l mit einem Durchschnitt von 0,38 µg/l (0,2; 0,3; 0,4; 0,6 µg/l) und damit knapp über der bei diesen Messungen erreichten analytischen Bestimmungsgrenze von 0,2 µg/l. In keiner der 46 untersuchten Proben konnten BTEX-Aromaten oder Mineralölkohlenwasserstoffe nachgewiesen werden.

Bei drei der vier Proben mit positiven MTBE-Messergebnissen handelt es sich um Grundwasserproben aus Messstellen, die auf Industriegeländen liegen, in einem Fall liegt die Messstelle auf einem ehemaligen Militärgelände im Bereich der Tankanlagen.

2.9.3 Bewertung

Aufgrund der zunehmenden Diskussionen über mögliche Verunreinigungen insbesondere des Grundwassers mit MTBE wurden im Jahr 2001 46 weitere Messstellen gezielt untersucht. Die Messstellen wurden dabei so ausgewählt, dass Verunreinigungen des Grundwassers durch Versickerung von Kraftstoffen und damit von MTBE aufgrund der Lage der Messstellen nicht gänzlich ausgeschlossen werden können.

In keiner der 46 untersuchten Grundwasserproben konnten deutlich erhöhte MTBE-Gehalte wie in den beiden vorangegangenen Jahren nachgewiesen werden. Die ermittelten Konzentrationen zwischen 0,2 und 0,6 µg/l sind eher dem unteren Belastungsbereich zuzuordnen. Nach einem Bericht der WHO von 1998 liegen z.B. die

Konzentrationen im Grundwasser urbaner Gebiete zwischen < 0,2 µg/l und 23 mg/l mit einem Medianwert unter 0,2 µg/l.

Aufgrund der Lage der Messstellen auf Industriegeländen bzw. militärischen Altanlagen kann man in den vier Fällen vermutlich jedoch von - wenn auch geringen - Verunreinigungen durch Kraftstoffversickerung ausgehen.

Um nähere Erkenntnisse zu den diffusen Einträge von MTBE ins Grundwasser zu bekommen, ist geplant, bei der Herbstbeprobung 2002 die Grundwasseruntersuchungen auf MTBE auszuweiten und 350 bis 500 Messstellen im Rheingraben und der angrenzenden Vorgebirgszone auf MTBE zu untersuchen.

2.10 Vergleichsuntersuchungen: TOC/DOC,TON/DON,o-PO₄,Ge- samtphosphor,SAK-254, Permanganatindex

Der folgende Text basiert auf einem von der LfU beauftragten Untersuchungsbericht des DVGW-Technologiezentrums Wasser (TZW, Karlsruhe Bearbeiter: Dr. Frank Sacher) und ist von der LfU überarbeitet worden.

2.10.1 Aufgabenstellung

Das o.g. Pilotvorhaben wurde eingerichtet, um den Erkenntnisstand und die Bestrebungen des Bundes und der Länder zur Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie zur Verbesserung der Oberflächengewässerqualität zu unterstützen. Bei den Nährstoffbilanzierungen über die Flussgebiete Deutschlands ist es hinsichtlich der Abschätzung der diffusen Nährstoffeinträge aus dem Grundwasser nämlich fraglich, ob die bisher im Grundwasserbereich allerorts üblichen alleinigen Analysen auf gelöste anorganische Stickstoffspezies (Nitrit, Nitrat, Ammonium), auf gelöstes ortho-Phosphat und DOC ausreichen, um den realen Nährstoffeintrag aus dem Grundwasser in die Oberflächengewässer zu erfassen und hinsichtlich seiner Eutrophierungsbedeutung ausreichend zu werten. D.h., dass mit den o.g. üblichen Analysen auf gelöste Spezies die Möglichkeit von Minderbefunden besteht, da nicht der totale Nährstoffeintrag gemessen wird.

Deshalb wurde versucht, den Kenntnisstand zu erweitern, und zwar über zusätzliche Untersuchungen an zunächst 30 Grundwassermessstellen im Oberrheingraben bezüglich zusätzlicher Analyse auf: die organischen Stickstoffspezies des gesamten und des gelösten organischen Stickstoffs TON/DON, Gesamtphosphat, auf den gesamten organischen Kohlenstoff. Außerdem zusätzlich wurden SAK-254 und der Permanganatindex untersucht, weil aus älteren Abwasser- und Flusswasseruntersuchungen Korrelationen zu den o.g. Kohlenstoff- und Phosphatspezies bekannt sind.

So ist für eine Industrieunternehmen oder eine kommunale Kläranlage das SAK/DOC-Verhältnis eine charakteristische Größe, die sich i.d.R.

mit der Zeit nur wenig ändert. Verschiedene Industrieunternehmen oder Kläranlagen können aber - abhängig von ihrer stofflichen Zusammensetzung - ganz unterschiedliche SAK/DOC-Verhältnisse haben.

Die Auswahl der Messstellen wurde von der LfU vorgenommen. Es wurden Messstellen ausgewählt, die bei vorausgegangenen Untersuchungen Auffälligkeiten hinsichtlich des DOC-Gehaltes oder aber der anderen o.g. Parameter gezeigt hatten. Hinsichtlich des Ursachenspektrums der z.T. hohen Konzentrationswerte wurden durch eine geeignete Messstellenauswahl sowohl der natürliche Beeinflussungspfad (Rheinniederungen, Moorgebiete) als auch der anthropogene Beeinflussungspfad durch landwirtschaftliche und industrielle Emissionen (Gülle- und Jauche, Abwässer) abgedeckt.

In allen 30 Grundwasserproben wurden folgende Parameter bestimmt:

- TOC (total organic carbon; gesamter organischer Kohlenstoff), BG: 0,2 mg/l.
- DOC (dissolved organic carbon; gelöster organischer Kohlenstoff), BG: 0,2 mg/l.
- TON (total organic nitrogen; gesamter organischer Stickstoff), BG: 1,0 mg/l.
- DON (dissolved organic nitrogen; gelöster organischer Stickstoff), BG: 1,0 mg/l.
- Permanganatindex (Kaliumpermanganatverbrauch), BG: 0,2 mg/l O₂.
- SAK-254 (spektraler Absorptionskoeffizient bei der Wellenlänge 254 nm), BG: 0,2 mg/l.
- Gesamtphosphat (n. Aufschluss mit Kaliumperoxodisulfat), BG: 0,01 mg/l PO₄.
- ortho-Phosphat (gelöstes ortho-Phosphat), BG: 0,01 mg/l PO₄.

Anhand der Ergebnisse der analytischen Untersuchungen sollten insbesondere die folgenden Fragestellungen bearbeitet werden:

- Gibt es Differenzen zwischen den gemessenen TOC- und DOC-Gehalten? Wie lassen sich auffällige Unterschiede erklären?
- Gibt es Differenzen zwischen den gemessenen TON- und DON-Gehalten? Wie lassen sich auffällige Unterschiede erklären?

- Besteht ein Zusammenhang zwischen den gemessenen SAK-254-Werten und dem TOC- oder DOC-Gehalt der Proben?
- Besteht ein Zusammenhang zwischen dem Permanganatindex und dem TOC- oder DOC-Gehalt der Proben? Lassen sich Auffälligkeiten im Permanganatindex mit dem Gesamtphosphat-Gehalt korrelieren?
- Gibt es Differenzen zwischen dem Gesamtphosphatgehalt und dem Gehalt an ortho-

Phosphat? Wie lassen sich auffällige Unterschiede erklären?

In allen Fällen wurden zur Beantwortung der Fragen zusätzliche Informationen zu den jeweiligen Messstellen wie Analyseergebnisse aus früheren Untersuchungen, Daten zum Einzugsgebiet oder hydrogeologisches Informationsmaterial herangezogen werden. Diese Informationen wurden aus der Grundwasserdatenbank und aus dem LfU-Archiv zur Verfügung gestellt.

Tabelle 2.10.1: Beispielhafte LfU-Zusatzinformationen zu einer Grundwassermessstelle (verändert nach TZW, 2001).

Name	GWM 1111, Dorf am Ried
Messnetz	Verdichtungsmessnetz Landwirtschaft
Naturraum	Offenburger Rheinebene
Gewässereinzugsgebiet	Rhein unterh. III, oberh. Rench
Flurabstandsklasse	> 1 bis 2 m
Beeinflussung im Einzugsgebiet	Ried und Moor, natürlich Bruchwald, Forst Landwirtschaft Bundesautobahn Bach Kanal Kahlschlag, Windwurf, Waldkalkung
Analysendaten	Trübung: 3,34 FNU (Herbst 1999) el. Leitfähigkeit: 10 – 60 mS/m (1993 – 2001) Sauerstoff: < BG – 4,9 mg/L (1993 – 2001) DOC: 3,2 mg/L (Herbst 1993) 7,8 mg/L (Herbst 1994) 8,6 mg/L (Herbst 1999)

2.10.2 Probenvorbehandlung

Für die Bestimmung der „gelösten“ Parameter DOC, DON, SAK-254 und ortho-Phosphat wurde entsprechend der genormten Analysenvorschriften im Labor eine Filtration über ein 0,45 µm-Membranfilter durchgeführt, um partikuläre und suspendierte Probenbestandteile zu entfernen. Die verwendeten Filtermaterialien wurden vor ihrem Einsatz jeweils mehrfach mit deionisiertem Wasser gespült, um mögliche positive Blindwerte zu vermeiden. Für die Bestimmung der Parameter TOC, TON, Permanganatindex und Gesamtphosphat wurden die Proben nicht filtriert und in allen Fällen sofort nach Eintreffen im Labor mit Säure versetzt.

Es muss an dieser Stelle darauf hingewiesen werden, dass bei anaeroben Grundwässern die Möglichkeit nicht völlig ausgeschlossen werden kann, dass durch Sauerstoffzutritt während der Probenahme- und beim Proben transport eine Oxidation von Eisen stattfindet, die nachfolgend zu einer Ausfällung von Eisenphosphat führen kann, welches dann durch den Filtrationsschritt im Labor entfernt und bei der Bestimmung des gelösten ortho-Phosphats nicht erfasst werden würde (ortho-Phosphat-Minderbefund). Durch das hier vorgenommene rasche Ansäuern der Probe wurde diese theoretische Möglichkeit aber weitgehend vermieden.

2.10.3 Ergebnisse

Die **Gesamtgehalte an organischen Kohlenstoffverbindungen (TOC) und an gelösten organischen Kohlenstoffverbindungen (DOC)** lagen an den 30 untersuchten Grundwassermessstellen zwischen 1,1 und 18 mg/l. Diese für Grundwasser relativ hohen Gehalte an organischem Kohlenstoff waren das Kriterium, nach

dem die untersuchten Messstellen ausgewählt wurden. Die Mehrzahl der Proben wies TOC- und DOC-Gehalte zwischen 2 und 5 mg/l auf. In 5 Proben allerdings wurden auch vergleichsweise hohe TOC- und DOC Werte von über 8 mg/l ermittelt. An Messstellen mit hohem DOC-Gehalt war auch der TOC-Gehalt hoch.

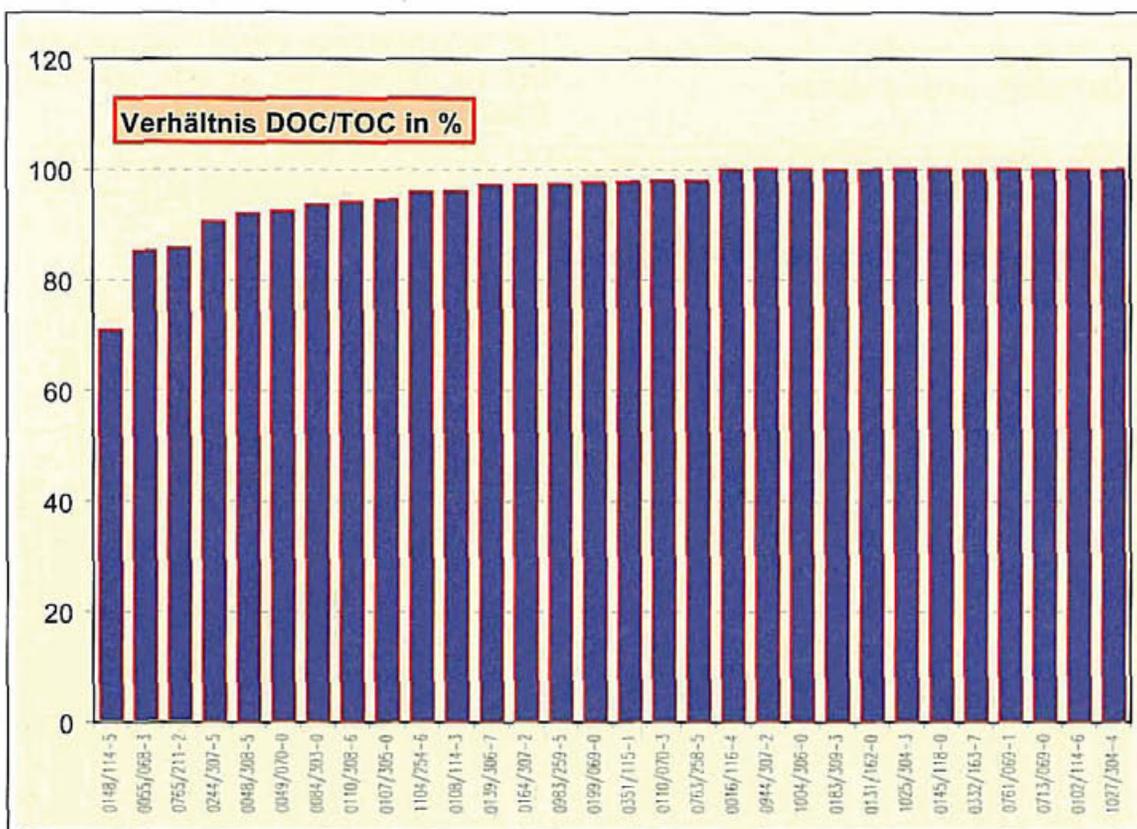


Abb. 2.10.1: Prozentuales Verhältnis aus DOC und TOC in den 30 untersuchten Grundwassermessstellen (aus TZW, 2001).

Die hohen TOC- und DOC-Gehalte sind z.T. durch Moore und durch landwirtschaftliche und industrielle Beeinflussung verursacht.

Bei zwei der drei Messstellen mit den größten TOC-DOC-Unterschieden wurden früher mit 15 bzw. 44 FNU vergleichsweise hohe Trübungswerte festgestellt. Bei anderen Messstellen gab es diesen Zusammenhang aber nicht.

Vergleicht man die für die einzelnen Proben ermittelten TOC- und DOC-Gehalte in Prozent, so zeigt sich, dass i.d.R. der DOC-Gehalt annähernd gleich dem TOC-Gehalt ist (Abb. 2.10.1). Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass i.d.R. die TOC- und DOC-Werte im Rahmen der

erreichbaren analytischen Genauigkeit zu 90 % identisch sind, und dass eine hohe Trübung (> 10 FNU) einen Hinweis auf eine mögliche Differenz zwischen TOC und DOC liefert. Allerdings wurde selbst in solchen Fällen nur ein vergleichsweise geringer Unterschied von < 30 % zwischen TOC- und DOC-Gehalt gemessen.

Aus diesem Grund erscheint auf der Grundlage der vorliegenden Stichprobenergebnisse die Messung nur eines Parameters (TOC oder DOC) zur Ermittlung des Gehaltes an organischen Kohlenstoffverbindungen in einer Grundwasserprobe ausreichend.

Beim **Permanganatindex** wurden Werte zwischen 1,0 und 11 mg/l O₂ gemessen. Für die Mehrzahl der Proben wurden Permanganatindizes zwischen 2 und 6 mg/l O₂ ermittelt.

Der Permanganatindex ist ein Maß für die zur Oxidation anorganischer und organischer Wasserinhaltsstoffe notwendigen Menge an Kaliumpermanganat. Dabei ist bekannt, dass durch das vergleichsweise schwache Oxidationsmittel Permanganat i.d.R. nur ca. 30% der organischen Wasserinhaltsstoffe oxidiert werden.

Dennoch ist von einem direkten Zusammenhang zwischen Permanganatindex und dem Gehalt an organischen Wasserinhaltsstoffen in einer Probe auszugehen.

Tatsächlich wurde der niedrigste Permanganatindex für eine Grundwassermessstelle bestimmt, für die auch der geringste DOC-Gehalt (1,1 mg/l) und der niedrigste SAK-254-Wert (2,3 mg/l) gemessen wurden. Die höchsten Werte für den Permanganatindex wurden dagegen in den Proben von Messstellen mit sehr hohen DOC- und SAK-254-Werten gemessen.

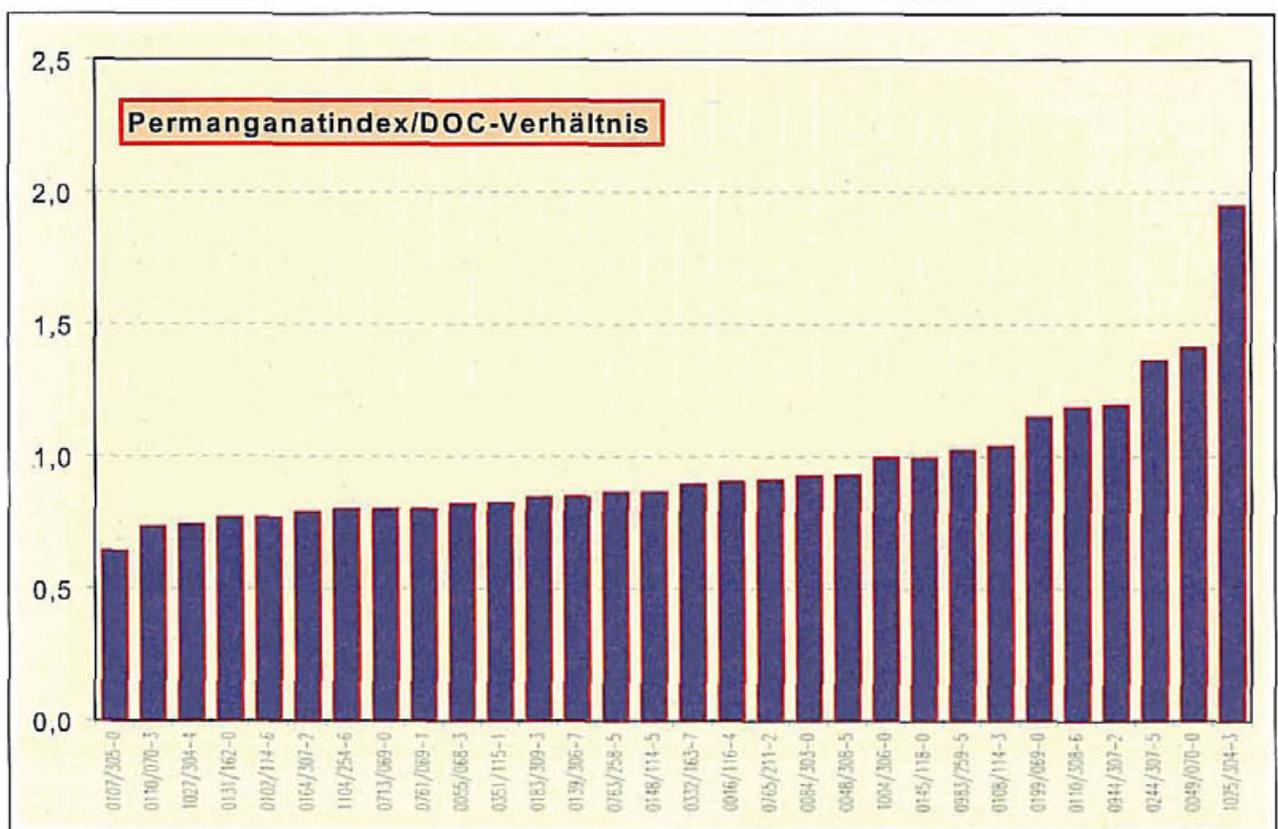


Abb. 2.10.2: Verhältnis aus Permanganatindex und DOC in den 30 untersuchten Grundwassermessstellen (aus TZW, 2001).

Beim Vergleich der Verhältnisse aus Permanganatindex und DOC-Gehalt an den einzelnen Messstellen ist zu erkennen, dass die meisten Proben in einem relativ konstanten Verhältnisbereich das zwischen 0,7 und 1,0 liegen (Abb. 2.10.2). Dies bedeutet, dass durch Permanganat vor allem organische Wasserinhaltsstoffe (DOC) oxidiert werden und der Permanganatindex hier ein Maß für den Gehalt an organischen Wasserinhaltsstoffen (DOC) in einer Probe ist. Für die Messstellen mit hohen Verhältniszahlen lassen sich keine Erklärungen finden. Möglicherweise

liegt hier spezielles Spektrum an organischen Wasserinhaltsstoffen vor, die eine weitergehende Oxidation durch Permanganat erlaubt, als dies in den anderen Wässern der Fall ist. Daher kann die Kaliumpermanganatmessung durch die Messung des DOC nicht ersetzt werden. Auch betrachtete „analytische Störungen“ durch andere Stoffe führen zu keiner Erklärung. Störende reduzierende Stoffe waren nur in nicht signifikanten Konzentrationen enthalten, auch führte ein sehr hoher NH₄-Gehalt von 9,5 mg/l zu keinem erkennbar erhöhten Permanganatindex.

Der Parameter **SAK-254** ist ein Maß für die Gehalte an Verbindungen mit chromophoren Gruppen in einer filtrierten Wasserprobe, z.B. von Aromaten und Huminstoffen.

In den meisten der untersuchten Proben wurden Werte zwischen 5 und 15 1/m gemessen. In vier Proben wurden auch Werte von über 30 1/m gemessen. Hierbei handelt es sich um Proben aus den Grundwassermessstellen mit den höchsten

TOC- und DOC-Gehalten, so dass die hohen spektralen Absorptionskoeffizienten hier auf einen hohen Gehalt an organischen Verbindungen (DOC) zurückzuführen sind.

Durch Betrachtung des Verhältnisses aus SAK-254 und dem DOC-Gehalt in filtrierten Proben lassen sich Aussagen über den Anteil an o.g. chromophoren Verbindungen an den gesamten gelösten organischen Wasserinhaltsstoffen machen (Abb. 2.10.3).

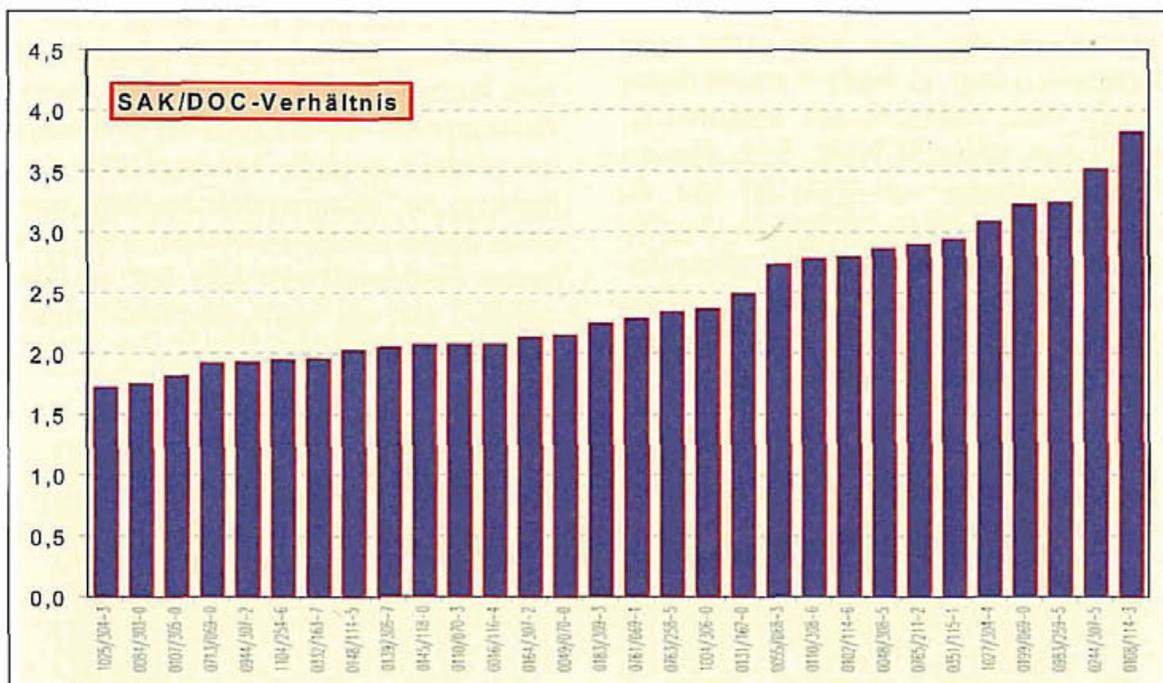


Abb. 2.10.3: Verhältnis aus SAK-254 und DOC in den 30 untersuchten Grundwassermessstellen (aus TZW, 2001).

Die SAK/DOC-Verhältniszahlen liegen zwischen 1,7 und 3,8, wobei keine Häufung in einem Wertebereich auftritt. Auch finden sich keine Hinweise auf erklärende Einzugsgebietseinflüsse.

So befindet sich unter den vier Proben mit den niedrigsten SAK/DOC-Verhältnissen je ein Vertreter aus den Messnetzen VML, VMS, GR und VMI. Bei den vier Messstellen mit den höchsten SAK/DOC-Verhältnissen befindet sich auch wiederum je ein Vertreter aus den vier genannten Messnetzen.

Diese messstellenindividuellen Ergebnisse stehen in Einklang mit Resultaten aus Oberflächen-gewässeruntersuchungen und Abwässern.

So ist für ein Industrieunternehmen oder eine kommunale Kläranlage das SAK/DOC-Verhältnis eine charakteristische Größe, die sich i.d.R. zeitlich nur wenig ändert. Verschiedene Abwässer aus Industriebetrieben oder Kläranlagen können - abhängig von der stofflichen Zusammensetzung der Einleitung - ganz unterschiedliche SAK/DOC-Verhältnisse haben.

Es lässt sich kein allgemeingültiger Zusammenhang zwischen DOC und SAK-254 herstellen. Die SAK-254-Messung kann daher in Grundwässern nicht durch DOC-Messungen ersetzt werden.

Beim **Gesamtphosphat** wurde in allen Proben Phosphat nachgewiesen, die Gehalte liegen zwischen 0,01 und 2,2 mg/l PO_4 , d.h. zwischen dem kleinsten und größten Messwert liegen mehr als zwei Zehnerpotenzen. Hier sind im Gegensatz zu den bislang betrachteten organischen Parametern die Gehalte über einen sehr weiten Bereich verteilt.

Während die Mehrzahl der Proben Gesamtphosphatgehalte von unter 0,5 mg/l PO_4 aufweisen, wurden in drei Messstellen Gehalte von über 1 mg/l PO_4 gemessen. Eine der drei Messstellen wies auch gleichzeitig sehr hohe TOC- und DOC-Gehalte von über 10 mg/l mit einem relativ weiten TOC/ DOC-Verhältnis auf, weiterhin einen sehr hohen SAK-254-Wert, Trübungswert und Permanganatindex von über: 30 1/m, 40 FNU und 10 mg/l O_2 . Diese Messstelle liegt im Bereich eines Regenüberlaufbeckens, einer Deponie und eines Abfallwirtschaftsbetriebes. Die anderen beiden Messstellen waren bei den bisher betrachteten Parametern nicht auffällig.

Wiederum lassen sich aus den Zusatzinformationen nur wenige Anhaltspunkte über die Ursachen der vergleichsweise hohen Gesamtphosphatgehalte ableiten.

Ein Zusammenhang mit dem Auftreten anorganischer Anionen wie Chlorid, Sulfat oder Nitrat ist nicht erkennbar. Eine Gemeinsamkeit aller drei Messstellen ist die Tatsache, dass bei einer früheren LfU-Untersuchung in 1998 jeweils der synthetische Komplexbildner EDTA und auch Bor nachgewiesen werden konnten.

EDTA und Bor sind Inhaltsstoffe vieler Wasch- und Reinigungsmittel. Daher deutet ihr Vorkommen auf eine Beeinflussung durch kommunales Abwasser hin, die bei zwei der drei Messstellen durch die Zusatzinformationen über die Beeinflussung im Einzugsgebiet bestätigt wird. Allerdings gibt es auch Messstellen, in denen synthetische Komplexbildner oder Bor nachgewiesen wurden, und die keine erhöhten Gesamtphosphatgehalte aufweisen.

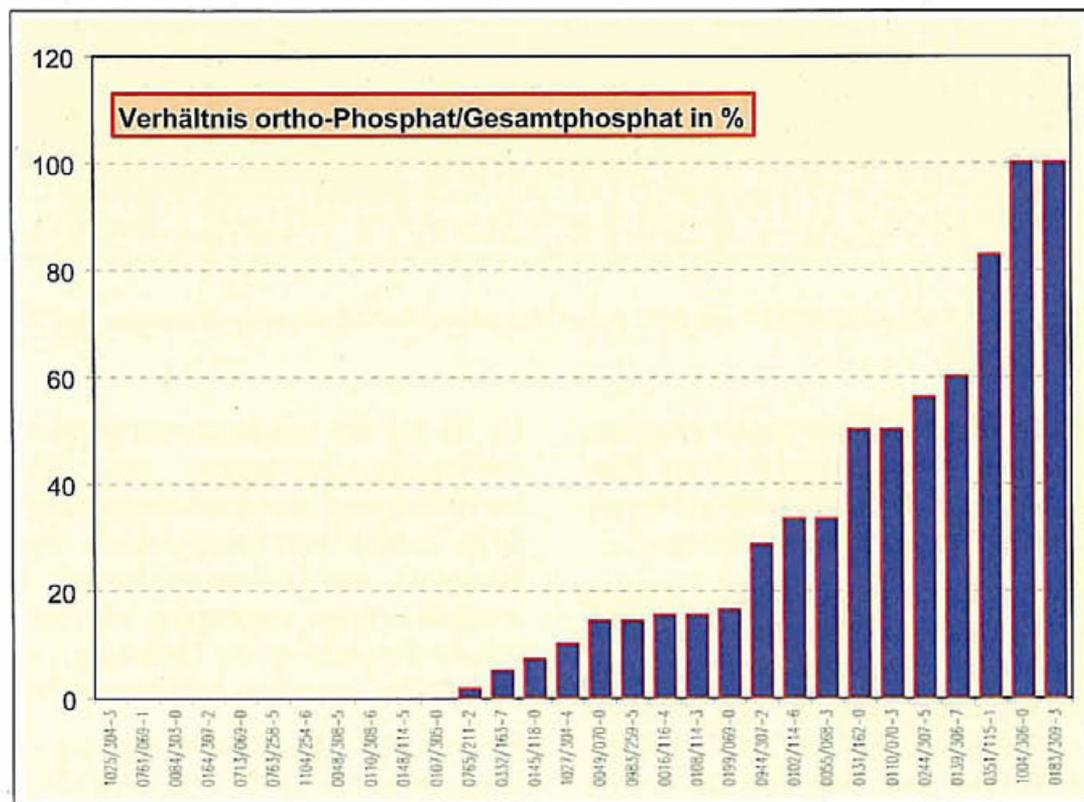


Abb. 2.10.4: Verhältnis aus ortho-Phosphatgehalt und Gesamtphosphatgehalt in den 30 untersuchten Grundwassermessstellen (aus TZW, 2001).

Auch die Verteilung der Gehalte an **gelöstem ortho-Phosphat** erstreckt sich über einen relativ weiten Konzentrationsbereich. In den meisten Proben war der ortho-Phosphatanteil wesentlich geringer als der Gesamtphosphatgehalt. In 11 der untersuchten 30 Grundwasserproben konnte kein ortho-Phosphat nachgewiesen werden, obwohl Gesamtphosphat nachgewiesen wurde. Nur für zwei Proben entsprachen sich die Werte für die beiden Parameter, d.h. das gesamte nachgewiesene Phosphat war ortho-Phosphat.

Die Verhältniszahlen aus ortho-Phosphatgehalt und Gesamtphosphatgehalt für alle 30 untersuchten Grundwassermessstellen ergeben sich aus Abb. 2.10.4.

In den drei Messstellen mit sehr hohen Gesamtphosphatgehalten wurden unterschiedlich hohe ortho-Phosphat-Gehalte gemessen. Der maximale Gehalt an ortho-Phosphat von 1,7 mg/l PO_4 wurde in einer Messstelle mit nahezu identischem Gesamtphosphatgehalt gemessen. Mögliche Ursachen sind Landwirtschaft und/oder Abwasser. Dagegen wurde an den beiden anderen Messstellen trotz sehr hoher Gesamtphosphatgehalte von 1,2 bzw. 2,2 mg/l PO_4 nahezu kein ortho-Phosphat (0,02 mg/l PO_4) bzw. nur ein „mittlerer“ ortho-Phosphatgehalt von 0,36 mg/l PO_4 bestimmt. Die unterschiedlichen Zusammenhänge zwischen Gesamtphosphatgehalt und ortho-Phosphatgehalt deuten auf unterschiedliche Ursachen oder unterschiedliche Mineralisationszustände noch nicht gelöster phosphathaltiger Substanzen hin. In den untersuchten Proben besteht kein Zusammenhang zwischen den Gehalten an Gesamtphosphat und ortho-Phosphat. Die Messung einer der beiden Parameter kann die Messung des anderen daher nicht ersetzen.

Alle Einzelwerte der Bestimmung des **Gesamtgehalts an organischen Stickstoffverbindungen (TON)** und der **gelösten organischen Stickstoffverbindungen (DON)** lagen unter der Bestimmungsgrenze von 1 mg/l. Eine vergleichende Diskussion der Parameter TON und DON kann daher nicht erfolgen. Anhand dieser Stichprobenergebnisse ergibt sich kein Handlungsbedarf für notwendige zusätzliche Untersu-

chungen auf TON und DON. Die Bestimmung auf die anorganischen Stickstoffverbindungen Nitrit, Nitrat und Ammonium reicht aus. Auch aus Fließgewässeruntersuchungen ist bekannt, dass die Gehalte an organischen Stickstoffverbindungen in Fließgewässern wie dem Rhein im Bereich von wenigen $\mu\text{g/l}$ liegen.

2.10.4 Zusammenfassung und Bewertung

In 30 Grundwassermessstellen wurden die Parameter TOC, DOC, DON, Permanganatindex, SAK-254, Gesamtphosphat und ortho-Phosphat gemessen. Die Ergebnisse sollen den Erkenntnisstand zur Umsetzung der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie zur Verbesserung der Oberflächengewässerqualität hinsichtlich des grundwasserbürtigen Nährstoffeintrags unterstützen und zwar dahingehend, ob die bisher üblichen Analysen auf gelöste Spezies wie ortho-Phosphat und DOC zur Eintragabschätzung ausreichend sind oder durch andere Parameter ausreichend repräsentiert werden können. Die Stichprobenergebnisse zeigen:

- Gesamtkohlenstoff: TOC/DOC: die Messung nur eines Parameters - entweder TOC oder DOC - ist ausreichend.
- Gesamtstickstoff: TON- und DON-Gehalte sind mit Werten unterhalb der Bestimmungsgrenze von 1 mg/l sehr gering. Die Erfassung der anorganischen Spezies ist ausreichend.
- Ersatz durch andere Parameter: Es gibt keine allgemeingültigen Zusammenhänge zwischen SAK-254 und Permanganat-Index zu DOC und Gesamtphosphat. Die Messungen von SAK-254 und Permanganat können daher nicht durch die Messungen der anderen Parameter ersetzt werden und können diese auch nicht ersetzen.
- Gesamtphosphat: es besteht kein Zusammenhang zwischen den Gehalten an gelöstem ortho-Phosphat und Gesamtphosphat. Die Messung einer der beiden Parameter kann daher die Messung des anderen nicht ersetzen.

2.11 Versauerung, pH-Wert

2.11.1 Problembeschreibung, Bedeutung

Zum Schutz des Verbrauchers bzw. zum Korrosionsschutz der Trinkwasserleitungen gilt ein pH 6,5 als unterer und ein pH von 9,5 als oberer Grenzwert der TrinkwV.

Durch „sauren Regen“ können pH-Werte kleiner als 6,5 und toxische Aluminium- und Schwermetallkonzentrationen erreicht werden, da saures Wasser die natürliche bzw. korrosionsbedingte Schwermetallfreisetzung im Grundwasser bzw. im Leitungswasser erhöht. Daher müssen solche Wässer für die Nutzung als Trinkwasser vor Abgabe an die Verbraucher aufbereitet werden. Eine technische Maßnahme zur Entsäuerung ist z.B. die Erhöhung des pH-Wertes durch Aufkalkung.

2.11.2 Landesweite Situation, räumliche Verteilung, Tendenzen, Bewertung

Der obere TrinkwV-Grenzwert von pH 9,5 wird an keiner Messstelle überschritten. Nur fünfzehn pH-Werte liegen über pH 8,0. Sie sind geogen bedingt und werden im tiefen Grundwasser der Oberen Meeresmolasse im Alpenvorland und im Keuper mit Muschelkalkeinfluss gemessen. Das Maximum liegt bei pH 9,11.

Der untere TrinkwV-Grenzwert von pH 6,5 wird an 7,1 % der Messstellen des gesamten Messnetzes unterschritten, meist im Basismessnetz und Quellmessnetz mit Unterschreitungsquoten von jeweils größer - gleich 20 % (Abb.2.11.1).

Diese Messstellen - meist Quellen - liegen nahezu alle im westlichen Landesteil in den Festgesteinen von Schwarzwald und Odenwald (Buntsandstein, Kristallin, Rotliegendes). Das landesweite Minimum von pH 4,69 wird an einer Quelle im Nordschwarzwald gemessen.

Schwerpunkte der Versauerung mit besonders niedrigen pH-Werten von kleiner pH 6,0 (55 Messstellen) liegen hauptsächlich in den Buntsandsteingebieten im Odenwald und im Nordschwarzwald. Grund dafür ist die besondere Ar-

mut an „pufferwirksamen“ Gesteinsbestandteilen in einigen Buntsandsteinformationen. Dagegen enthalten kristalline Gneisgesteine etwas mehr „Puffersubstanzen“.

Saures Quellwasser mit pH-Werten kleiner pH 6,5 ist hier z.T. natürlich, aber durch anthropogene Säureeinträge über Luft und Regen um etwa 1 pH-Einheit erniedrigt. Unbelastetes Regenwasser kann einen maximalen pH-Wert von 5,6 erreichen, so dass hiesiges Quellwasser, welches hauptsächlich vom Niederschlag gespeist wird, nur natürlicherweise maximale pH-Werte von 5,6 bis etwa 6,5 erreichen kann.

Zusätzlich finden sich einige andere Messstellen mit saurem Grundwasser auch in den Gebirgsrandbereichen und in den Lockergesteinen der Schwarzwaldtäler - z.B. von Wiese, Möhlin, Neumagen, Dreisam, Elz, Kinzig, Murg - bis in die Oberrheinebene hinein (Abb. 2.11.3). Versauerungsschwerpunkt bei den Lockergesteinen ist die Freiburger Bucht. Diese Grundwässer liegen in natürlich sauren Anmoorbereichen und in den Versickerungsbereichen der Schwarzwaldflüsse, in welchen das saure Flusswasser aus dem kalkarmen Schwarzwald in die kalkreicheren Lockergesteine des Oberrheingraben infiltriert.

Auch im östlichen Landesteil finden sich einige wenige Grenzwertunterschreitungen in den auch versauerungsgefährdeten Sandsteinen des Keuperberglands, so z.B. im Murrhardter Wald.

Die zwei auffällig sauren Messstellen am nordöstlichen Rand der Schwäbischen Alb liegen in der Dalkinger Heide. Diese Heidelandschaft liegt in einer sanderfüllten Mulde in der Alb, welche eine regional-geologische Besonderheit darstellt. Die dortigen Goldshöfer Sande sind im Gegensatz zur umgebenden Schwäbischen Alb sehr quarzitreich und kalkarm, so dass die dortigen Wässer natürlicherweise sauer sind.

Die mittel- bis längerfristige Tendenz seit 1992

ist in Abbildung 2.11.2 anhand von 1.238 konsistenten Messstellen dargestellt, aufgeteilt in drei verschiedene Aquifergruppen.

Die unterste Gruppe besteht aus 83 Messstellen mit versauerten und versauerungsgefährdeten „niedrig mineralisierten Grundwässern“. Sie umfasst meist Schwarzwald- und Odenwaldquellen mit jungen, auf Niederschläge schnell reagierenden Grundwässern, deren Mineralisationsgrad gering ist. An diesen Messstellen liegen die Werte der Elektrischen Leitfähigkeit - als Maß für den Mineralisationsgrad - unter 20 mS/m (bei 25 °C).

Hier werden auch drei der insgesamt fünf Aluminium-Grenzwertüberschreitungen des Gesamtmessnetzes registriert.

In den „nassen“ Jahren von 1993 bis 1994 - mit hohen Säureeinträgen über Niederschläge und aus den Böden - ist gegenüber 1992 das Absinken des Medianwertes um rund 0,3 pH-Einheiten bis in die Nähe des unteren Grenzwertes auffällig.

Zwischen 1995 und 1997 stabilisiert sich die Situation zwischen pH 6,6 und 6,7. Ursache waren damals die in den Höhenlagen um rund 25 % nachlassenden Niederschläge mit geringerem Säureeintrag und geringerer Auswaschung der jahrelang über die Luft in den Boden eingetragenen

nen und gespeicherten Säuren.

Im Jahr 1998 fällt der pH-Wert wieder bis auf pH 6,5, da die Jahresniederschläge wieder zugenommen haben und die Niederschläge in den Beprobungsmonaten September und Oktober überdurchschnittlich waren.

Von 1999 bis 2001 stagniert der pH-Wert knapp über dem Grenzwert zwischen pH 6,5 und 6,6. Trotz der vor der Beprobung 2001 durchschnittlichen bis überdurchschnittlichen Niederschläge sinkt der pH-Wert nicht tiefer.

Die höheren pH-Werte aus dem trockeneren Zeitraum 1991/1992 werden aber nicht erreicht.

Bei den beiden anderen Gruppen bleiben die Medianwerte auf nahezu gleichem Niveau von jeweils ca. pH 7,2.

Diese Gruppen umfassen meist Messstellen in kalkhaltigen Aquiferen im Festgestein oder Messstellen mit älteren Grundwässern in den Lockergesteinsaquiferen. Diese reagieren auf saure Niederschläge langsam und/oder können den Säureeintrag über die mächtigere Bodenschicht, die hier längeren Grundwasseraufenthaltszeiten und den größeren Kalkgehalt im Boden und im Grundwasserleiter ausgleichen.

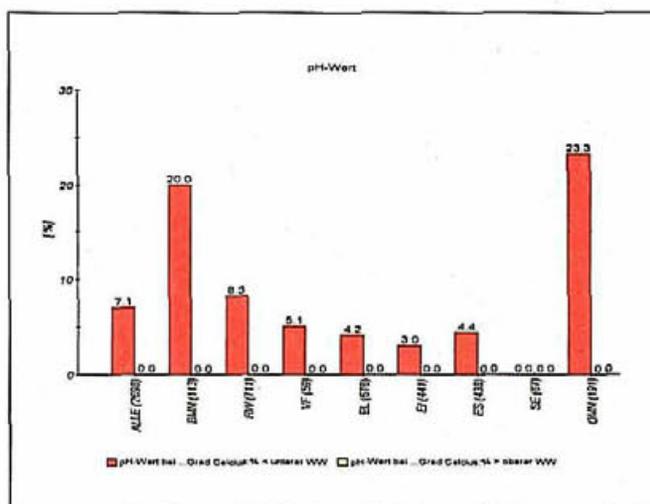


Abbildung 2.11.1: pH-Wert 2001: Unter- und Überschreitungshäufigkeiten des unteren (rote Balken) / oberen (gelbe Balken) Warnwertes bzw. des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung (pH 6,5/9,5).

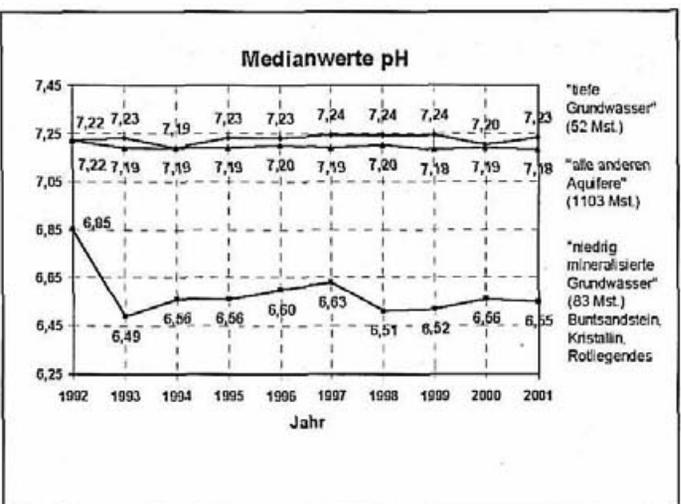


Abbildung 2.11.2: Entwicklung der pH-Wert-Mediane von 1992 bis 2001 für konsistente Messstellen für verschiedene Aquifergruppen. Beprobungszeitraum jeweils September - November.

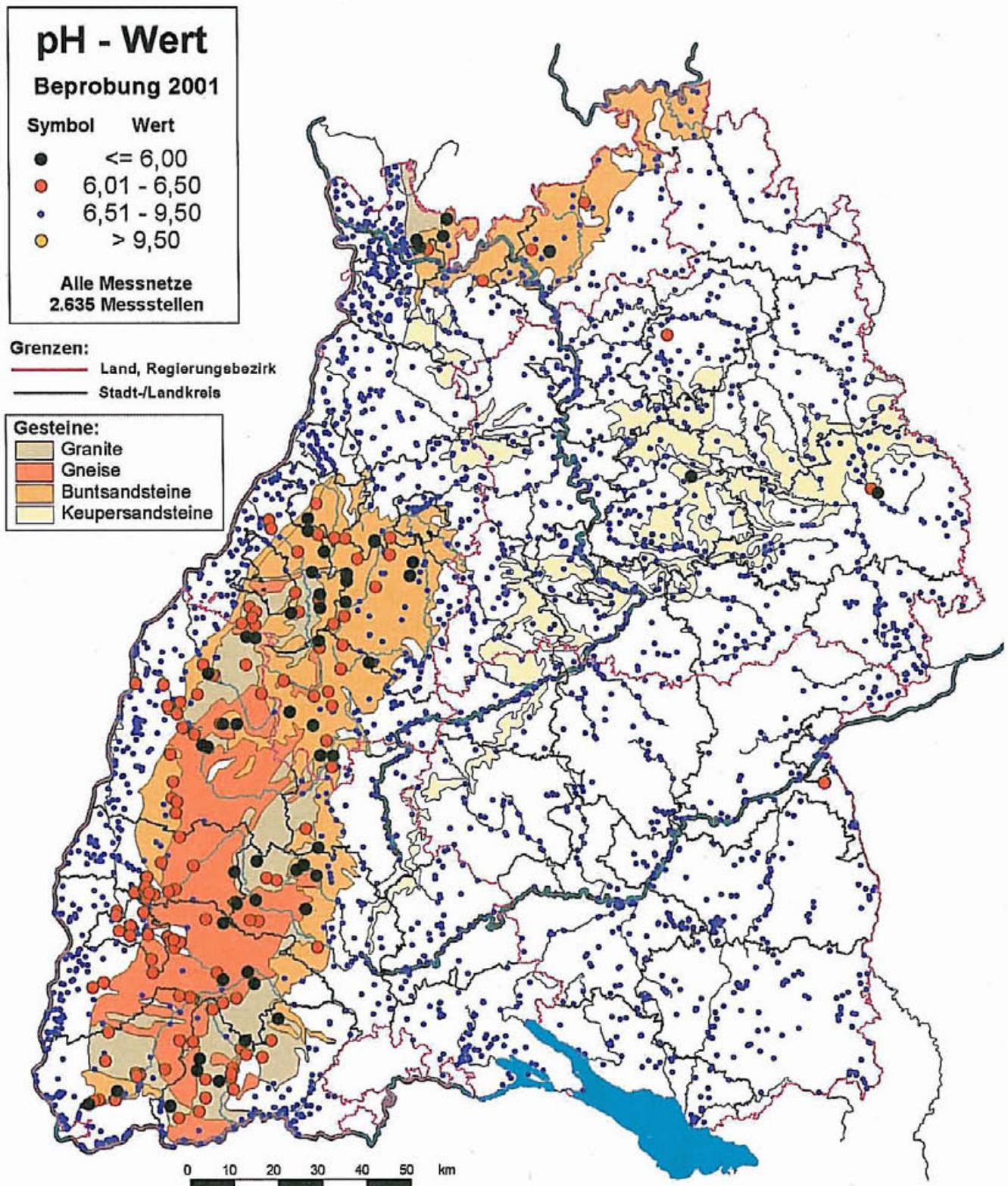


Abbildung 2.11.3: Verteilung pH-Wert 2001 mit Verbreitung versauerungsgefährdeter Gesteinsregionen.

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.



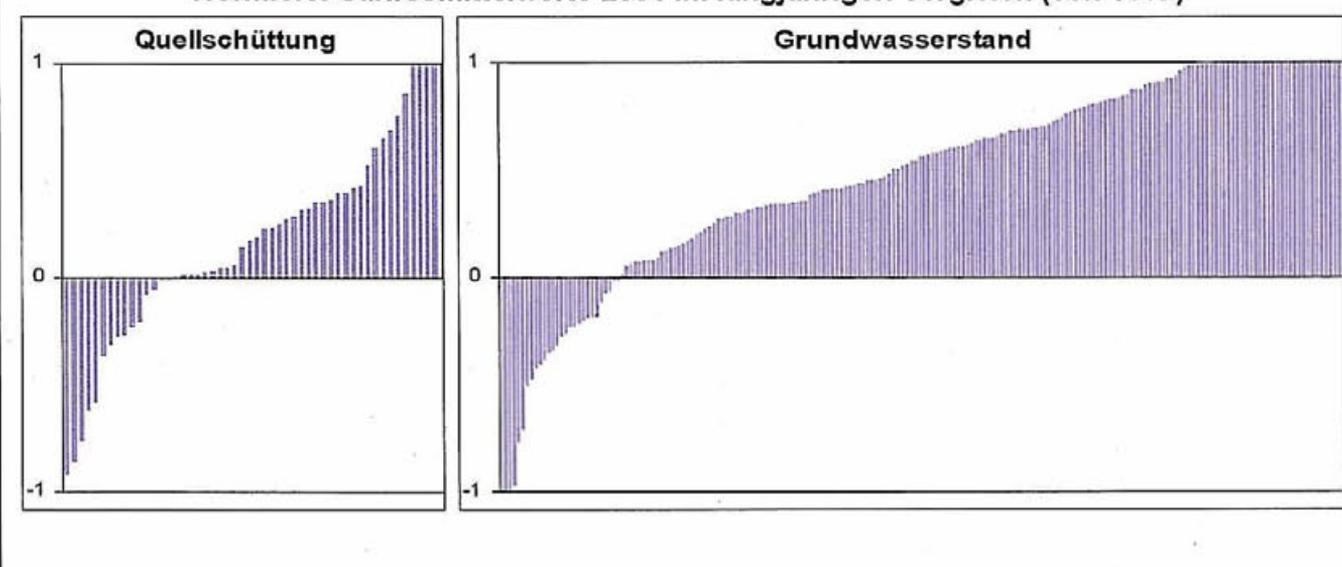
Datengrundlage

Auswahl von ca. 220 repräsentativen und funktionsfähigen Messstellen mit beschleunigter Datenübermittlung: rd. 200 Grundwasserstandsmessstellen (wöchentlicher Beobachtungsturnus), ca. 15 Quellen (wöchentliche bis monatliche Messung) und 5 Lysimeter (tägliche bis wöchentliche Beobachtung).

Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- Insgesamt bewegten sich die Grundwasserstände und Quellschüttungen im **Jahr 2001** auf leicht höherem Niveau als im Vorjahr und entsprachen weitgehend überdurchschnittlichen Verhältnissen. Die langfristigen Trends (20 und 50 Jahre) sind überwiegend ausgeglichen.
- Der kontinuierliche Anstieg der **Grundwasserstände** nach der ausgeprägten Trockenperiode (1989 bis 1991) hielt auch im Jahr 2001 im Oberrheingraben an. In den südöstlichen Landesteilen sind, vergleichsweise zu der sehr hohen Situation im Vorjahr, rückläufige Grundwasservorräte auf mittlere Verhältnisse zu verzeichnen. Der mittelfristige (20 Jahre) Trend ist mittlerweile ausgeglichen, wobei die langfristige Tendenz (50 Jahre) nach wie vor fallend ist. Die kurzfristige Entwicklung (10 Jahre) ist mit wenigen Ausnahmen steigend bis stark steigend.
- Die **Quellschüttungen** sind vom Niederschlag entscheidend geprägt. Die mittleren Jahreswerte der Schüttungen deuten auf eine durchschnittliche Niederschlagsmenge hin. Die sehr ungleiche Niederschlagsverteilung über das Jahr 2000 findet sich im Gang der Quellschüttungen wieder. Die langfristige Entwicklung (50 Jahre) ist weitgehend unauffällig.

Normierte Jahresmittelwerte 2001 im langjährigen Vergleich (seit 1952)



Erläuterung: Dargestellt wird pro Messstelle der - gegen den seit 1952 jeweils kleinsten (-1) bzw. größten (+1) Jahresmittelwert - normierte Jahresdurchschnitt im Jahr 2001.

Ergebnisse 2001		Baden-Württemberg TMN Grundwasserstand (Auswahl)										
Messstelle	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum		Jahresmaximum		Mittelwert 2001	Trend				
			2001		2001			[cm/Jahr]				
			[m+NN]	Datum	[m+NN]	Datum		10 Jahre	20 Jahre	50 Jahre		
116/022-0	Markgräfler Rheinebene	Quartär	216,17	24.12.	218,55	26.03.	216,87	1,1	-1,0	-2,8		
124/023-8	Markgräfler Rheinebene	Quartär	240,01	01.01.	241,8	11.06.	241,03	12,5	0,6	-2,4		
115/056-9	Offenburger Rheinebene	Quartär	153,24	27.08.	154,78	26.03.	153,85	7,5	1,4	-0,3		
115/058-8	Freiburger Bucht	Quartär	194,32	27.08.	195,72	16.04.	194,84	0,2	-0,7	-0,2		
133/068-0	Offenburger Rheinebene	Quartär	171,31	31.12.	172,21	21.05.	171,66	6,7	-0,1	-0,1		
102/070-7	Freiburger Bucht	Quartär	217,44	27.08.	218,76	12.03.	218,14	3,3	0,0	0,1		
130/070-4	Markgräfler Rheinebene	Quartär	200,18	26.02.	201,34	16.07.	200,83	9,1	-0,3	-3,5		
140/073-4	Dinkelberg	Quart. Talfüllungen	316,44	13.08.	318,25	19.03.	317,03	5,0	0,7	-		
112/074-9	Hochrheintal	Quart. Talfüllungen	260,99	01.01.	262,19	28.05.	261,53	4,1	0,9	-		
109/113-6	Offenburger Rheinebene	Quartär	124,72	03.09.	127,14	06.08.	125,33	3,7	0,7	0,1		
126/114-5	Offenburger Rheinebene	Quartär	138,98	27.08.	140,5	26.03.	139,63	2,2	0,8	-0,1		
103/115-2	Offenburger Rheinebene	Quartär	144,32	03.09.	146,03	22.04.	145	-6,4	-4,8	-1,0		
110/116-6	Offenburger Rheinebene	Quartär	156,05	03.09.	157,72	26.03.	156,6	7,4	0,6	-2,3		
124/119-0	Freiburger Bucht	Quartär	223,06	01.01.	225,21	11.06.	224,1	38,4	3,4	-0,1		
124/123-1	Dinkelberg	Quart. Talfüllungen	329,3	27.08.	330,77	19.03.	329,75	0,7	-0,7	-		
134/123-7	Hochschwarzwald	Quart. Talfüllungen	384,4	13.08.	387,98	09.04.	385,8	-3,3	-2,7	-		
105/164-3	Offenburger Rheinebene	Quartär	157,68	08.10.	158,95	26.03.	158,42	14,7	0,1	0,5		
110/210-0	Nördliche Oberrhein-Niederung	Quartär	106,06	03.09.	107,07	26.03.	106,36	4,3	0,5	-		
115/211-5	Nördliche Oberrhein-Niederung	Quartär	110,04	03.09.	111,56	26.03.	110,5	2,4	-0,7	-0,2		
703/256-1	Nördliche Oberrhein-Niederung	Quartär / tief	93,33	03.09.	94,24	26.03.	93,62	6,5	-4,8	-		
118/258-2	Nördliche Oberrhein-Niederung	Quartär	97,07	05.11.	100,01	26.03.	96,28	7,2	0,9	1,1		
227/259-1	Hardtebenen	Quartär	109,05	01.01.	109,63	21.05.	109,31	6,7	-0,3	1,3		
150/260-6	Hardtebenen	Quartär	112,86	05.11.	113,62	26.03.	113,17	-1,1	-2,9	1,3		
733/304-4	Hessische Rheinebene	Quartär / tief	92,08	15.01.	92,76	30.04.	92,4	13,7	2,3	-		
104/305-6	Neckar-Rheinebene	Quartär	88,19	01.01.	91,49	26.03.	89,19	7,6	-0,4	-0,3		
107/305-0	Neckar-Rheinebene	Quartär	95,62	08.01.	96,3	02.04.	95,96	12,0	2,8	-0,7		
747/305-0	Neckar-Rheinebene	Quartär / tief	95,09	08.01.	95,77	07.05.	95,43	15,5	2,7	-		
742/306-9	Hardtebenen	Quartär / tief	96,51	01.01.	97,07	11.06.	96,83	12,2	-5,8	-		
100/307-1	Hardtebenen	Quart. Hangschutt	99,79	01.01.	100,11	26.03.	99,9	8,2	-1,8	-2,2		
108/308-7	Hardtebenen	Quartär	106,46	25.11.	107,11	01.04.	106,68	3,3	-0,5	-1,4		
101/320-1	Baar	Quart. Talfüllungen	674,7	10.09.	675,42	12.03.	675,02	1,8	0,7	-1,1		
117/320-4	Baar	Quart. Talfüllungen	671,19	10.09.	672,13	31.12.	671,55	-0,6	-0,8	-		
100/355-1	Bergstraße	Quartär	97,02	01.01.	97,9	02.04.	97,38	15,3	2,7	0,0		
101/372-4	Hegau	Quartär	413,43	17.09.	414,48	26.03.	413,85	1,3	-0,4	-		
100/516-6	Mittlere Kuppenalb	Malm Weißjura	690,08	02.01.	695,47	16.04.	692,41	12,9	-1,8	-		
115/619-0	Donau-Ablach-Platten	Quartär	579,87	02.01.	581,12	14.05.	580,57	7,0	0,5	-		
130/623-6	Bodenseebecken	Quartär	399,22	19.11.	400,06	30.04.	399,57	3,4	1,2	-		
163/669-2	Riss-Aitrach-Platten	Quartär	539,77	19.02.	540,19	03.12.	539,94	0,8	-1,0	-		
101/713-8	Albuch und Härtsfeld	Malm Weißjura	537,68	03.09.	547,65	26.03.	540,16	5,1	-1,4	-		
103/714-0	Lonetal-Flächenalb	Malm Weißjura	541,61	02.01.	554	26.03.	546,09	47,2	-28,0	-		
125/721-3	Riss-Aitrach-Platten	Quartär	652,02	19.11.	653,46	30.04.	652,59	1,5	0,1	-		
102/762-4	Albuch und Härtsfeld	Malm Weißjura	499,82	03.09.	506,12	26.03.	502,8	7,8	-0,8	-		
125/762-9	Albuch und Härtsfeld	Malm Weißjura	490,01	15.10.	493,11	26.03.	491,51	5,6	-1,7	-		
154/767-1	Unteres Illertal	Quartär	507,36	01.01.	507,73	15.01.	507,6	4,0	1,5	-		
161/768-5	Unteres Illertal	Quartär	532,42	03.09.	533,31	26.03.	532,71	-0,1	-0,2	-		
160/770-4	Unteres Illertal	Quartär	607,46	29.10.	608,99	26.03.	607,93	0,2	-0,6	-		
138/771-6	Riss-Aitrach-Platten	Quartär	627,85	19.11.	628,6	26.03.	628,15	0,9	-0,7	-		
145/771-8	Westallgäuer Hügelland	Quartär	646,7	26.11.	649,42	07.05.	647,93	10,9	-3,1	-		
110/773-2	Adelegg	Quartär	713,61	03.09.	715,35	01.10.	714,26	0,3	0,2	-		
113/813-6	Lonetal-Flächenalb	Malm Weißjura	459,5	29.10.	512,82	06.08.	465,39	25,2	0,4	-		
121/814-4	Lonetal-Flächenalb	Quart. Talfüllungen	454,29	05.11.	455,25	26.03.	454,62	2,5	-2,8	-		
100/863-0	Ries-Alb	Malm / tief	448,84	29.10.	451,88	23.04.	450,21	6,2	-3,1	-		

Ergebnisse 2001		Baden-Württemberg TMN Quellschüttung (Auswahl)										
Messstelle	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum		Jahresmaximum		Mittelwert 2001	Trend				
			2001		2001			[l/s/Jahr]				
			[l/s]	Datum	[l/s]	Datum		10 Jahre	20 Jahre	50 Jahre		
602/116-1	Mittlerer Schwarzwald	Buntsandstein	1,45	15.01.	2,44	15.03.	1,78	0,0	0,0	-		
601/219-3	Südöstlicher Schwarzwald	Kristallin	0,07	27.08.	5,89	17.09.	2,02	0,0	0,0	-		
600/222-6	Hochschwarzwald	Kristallin	1,72	14.09.	7,69	15.04.	2,79	0,1	0,0	-		
600/263-6	Nördlicher Talschwarzwald	Buntsandstein	5,01	03.09.	26,60	15.03.	12,04	0,6	0,1	-		
602/320-8	Baar-Alb und Oberes Donaual	Malm Weißjura	1,35	26.11.	10,00	12.03.	3,59	0,1	0,0	-		
600/359-8	Kraichgau	Lettenkeuper	1,82	12.11.	2,93	30.04.	2,16	0,1	0,0	0,0		
600/407-7	Kraichgau	Höherer Keuper	2,14	02.11.	8,47	28.02.	4,56	0,2	-0,2	-		
600/468-4	Baar-Alb und Oberes Donaual	Malm Weißjura	66,00	24.09.	538,00	19.03.	170,56	6,7	2,8	-		
602/521-3	Oberschwäbisches Hügelland	Quartär Moränen	1,36	01.01.	7,87	15.04.	3,77	0,0	0,0	-		
600/554-9	Bauland	Muschelkalk	26,11	05.11.	105,81	19.03.	61,62	1,8	-0,3	-		
601/559-1	Schwäbisch-Fränkische Berge	Höherer Keuper	0,58	03.01.	0,62	06.03.	0,60	0,0	0,0	0,0		
600/605-4	Tauberland	Muschelkalk	5,19	03.09.	37,24	01.04.	11,65	0,1	-0,2	0,0		
600/607-8	Hohenloher-Haller-Ebenen	Lettenkeuper	1,83	03.01.	4,56	31.12.	2,61	0,0	0,0	0,0		
601/759-1	Schwäbisch-Fränkische Berge	Höherer Keuper	2,49	12.11.	5,56	03.05.	3,25	0,1	0,0	0,0		

3.2 Gesamtmessnetz – Beschaffenheit

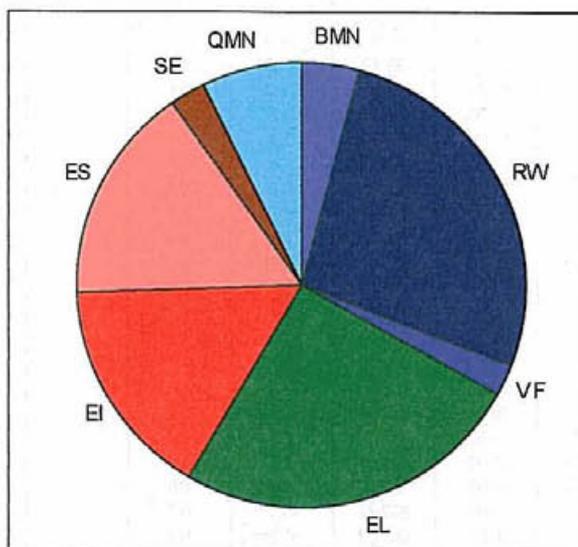
Messnetzziel

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

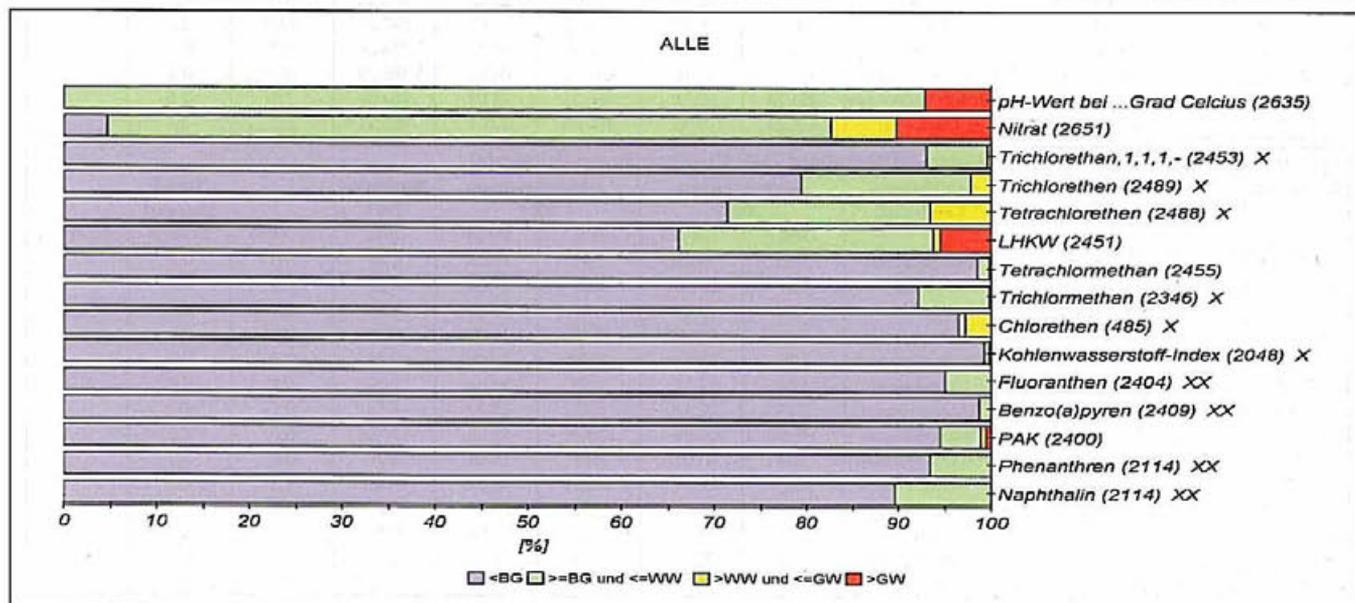
Datengrundlage

Ausgewertet wurden für das Jahr 2001 die Daten von insgesamt 2.655 Messstellen (Land: 2.113 Messstellen, Kooperation: WVU: 542). Die vom Land betriebenen Messstellen wurden auf folgende Messprogramme untersucht (Messprogramm-Parameter: s. Anhang A2):

MESSPROGRAMM	BMN	RW/VF	EL	EI/ES/SE	QMN
Vor-Ort-Parameter	•	•	•	•	•
Messprogramm LHKW	•	•	•	•	•
Messprogramm PAK	•	•	•	•	•
Messprogramm PSM-1	•	•	•	•	•



Messnetz	Messstellen Anzahl	Messstellen Anteil %
BMN	110	4,1
RW	705	26,6
VF	59	2,2
EL	672	25,3
EI	427	16,1
ES	427	16,1
SE	66	2,5
QMN	189	7,1
Summe	2655	100

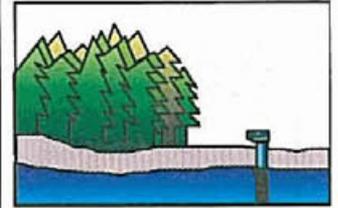


Ergebnisse 2001: Baden-Württemberg ALLE												
Parameter	Dimen- sion	Anz. Mst	>BG		>WW		>GW		P50 (Median)	P90	Maximum (Minimum)	
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%				
Temperatur	Grad C	2598	2598	100,0	10	0,4	3	0,1	11,7	14,8	46,8	
Leitfaehigkeit,elektrisch bei ...Grad Celsius	mS/m	2614	2614	100,0	52	2,0	28	1,1	71,4	107,1	582	
pH-Wert bei ...Grad Celcius	-	2635	2635	100,0	186	7,1	186	7,1	7,2	7,49	(4,69) 9,11	
Sauerstoff	mg/l	2565	2459	95,9	-	-	-	-	6,6	10	14	
Sauerstoffsaeatigung	%	2179	2118	97,2	-	-	-	-	61,8	94	125	
Ammonium	mg/l	2606	867	33,3	66	2,5	56	2,1	<0,010	0,05	12	
Nitrat	mg/l	2651	2525	95,2	458	17,3	267	10,1	19	50,5	214,2	
Nitrit	mg/l	2511	354	14,1	50	2,0	40	1,6	<0,01	<0,02	0,54	
Phosphat,ortho-	mg/l	643	465	72,3	-	-	0	0,0	<0,050	0,16	1,7	
Aluminium	mg/l	333	168	50,5	6	1,8	6	1,8	0,011	0,036	1,29	
Trichlorethan,1,1,1,-	mg/l	2453	170	6,9	7	0,3	-	-	<0,0001	0,0001	0,237	
Trichlorethen	mg/l	2489	511	20,5	53	2,1	-	-	<0,0001	0,0009	5	
Tetrachlorethen	mg/l	2488	710	28,5	161	6,5	-	-	<0,0001	0,0021	18,9	
Dichlormethan	mg/l	2487	3	0,1	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	0,005	
Leichtfluechtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	mg/l	2452	830	33,8	150	6,1	135	5,5	<0,0050	0,0053	20,1764	
Tetrachlormethan	mg/l	2455	34	1,4	2	0,1	2	0,1	<0,0001	<0,0001	0,01	
Trichlormethan	mg/l	2346	185	7,9	3	0,1	-	-	<0,0001	<0,0002	0,007	
Dichlorethen, cis-1,2-	mg/l	2228	39	1,8	33	1,5	-	-	<0,005	<0,005	2,703	
Chlorethen	mg/l	485	17	3,5	13	2,7	-	-	<0,0050	<0,0050	0,16	
Kohlenwasserstoff-Index	mg/l	2048	14	0,7	5	0,2	-	-	<0,10	<0,10	1,4	
Fluoranthren	ug/l	2404	121	5,0	-	-	-	-	<0,005	<0,010	4,1	
Benzo(b)fluoranthren	ug/l	2408	35	1,5	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,94	
Benzo(k)fluoranthren	ug/l	2409	30	1,2	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,284	
Benzo(a)pyren	ug/l	2409	32	1,3	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,558	
Benzo(ghi)perylene	ug/l	2406	23	1,0	-	-	-	-	<0,005	0,005	0,484	
Indeno(1,2,3-cd)pyren	ug/l	2409	21	0,9	-	-	-	-	<0,005	0,005	0,25	
Summe Polycyc.arom.Kohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	ug/l	2400	130	5,4	27	1,1	11	0,5	<0,005	<0,010	4,336	
Acenaphthylen	ug/l	1350	5	0,4	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,067	
Acenaphthen	ug/l	2114	34	1,6	-	-	-	-	<0,005	<0,005	71	
Fluoren	ug/l	2114	42	2,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	7,4	
Phenanthren	ug/l	2114	139	6,6	-	-	-	-	<0,005	<0,005	1,96	
Anthracen	ug/l	2114	27	1,3	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,85	
Benzo(a)anthracen	ug/l	2114	32	1,5	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,832	
Pyren	ug/l	2114	96	4,5	-	-	-	-	<0,005	<0,005	1,38	
Chrysen	ug/l	2114	36	1,7	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,612	
Dibenzo(ah)anthracen	ug/l	2114	9	0,4	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,091	
Naphthalin	ug/l	2114	217	10,3	-	-	-	-	<0,005	0,006	20	
Atrazin	ug/l	2546	417	16,4	53	2,1	39	1,5	<0,02	0,03	0,73	
Propazin	ug/l	2457	14	0,6	5	0,2	4	0,2	<0,02	<0,05	0,32	
Simazin	ug/l	2544	109	4,3	11	0,4	8	0,3	<0,02	<0,02	0,2	
Terbutylazin	ug/l	2544	14	0,6	6	0,2	4	0,2	<0,02	<0,02	1,5	
Desethylatrazin	ug/l	2547	608	23,9	123	4,8	91	3,6	<0,03	0,05	1	
Desisopropylatrazin	ug/l	2502	48	1,9	9	0,4	7	0,3	<0,05	<0,05	0,31	
Desethylterbutylazin	ug/l	2498	15	0,6	5	0,2	5	0,2	<0,02	<0,05	1,2	
Metaxyl	ug/l	2253	5	0,2	2	0,1	1	0,0	<0,05	<0,05	0,41	
Metazachlor	ug/l	2521	5	0,2	2	0,1	0	0,0	<0,02	<0,05	0,09	
Metolachlor	ug/l	2505	15	0,6	2	0,1	2	0,1	<0,05	<0,05	0,36	
Bromacil	ug/l	2307	69	3,0	43	1,9	38	1,6	<0,05	<0,05	1,6	
Hexazinon	ug/l	2333	74	3,2	35	1,5	24	1,0	<0,02	<0,05	1,8	
2,6-Dichlorbenzamid	ug/l	2250	136	6,0	56	2,5	47	2,1	<0,05	<0,05	6	

3.3 Basismessnetz (BMN)

Messnetzziel

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

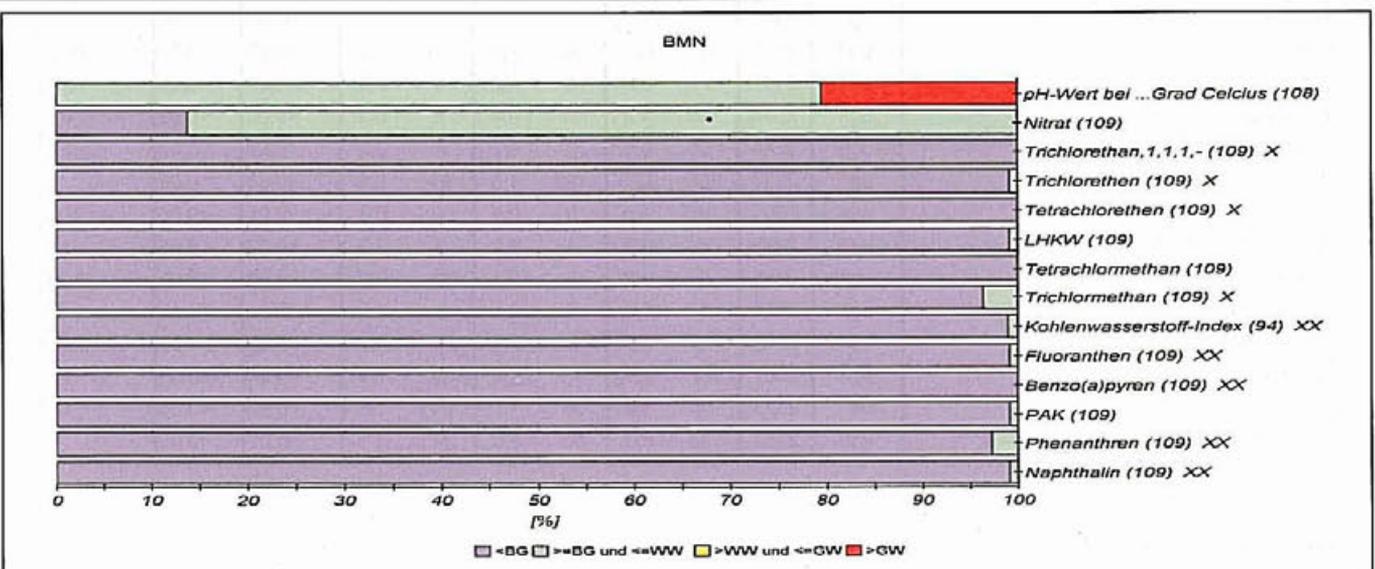


Datengrundlage

Beprobt wurden 110 Messstellen in verschiedenen Grundwasserlandschaften Baden-Württembergs. Generell wurde untersucht auf die Messprogramme: „Vor-Ort“, „LHKW“, „PAK“, „Landwirtschaft“, „PSM-1“ und die diesjährigen PSM- und LHKW-Zusatzparameter.

Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- Beim **Nitrat** steigt der Medianwert gegenüber 1999 leicht an, von 6,65 mg/l auf 7,6 mg/l. Dies ist offenbar auf die Konzentrationszunahmen von einigen Milligramm an einigen Waldquellen zurückzuführen, als Folge der Windwurfschäden durch den Sturm „Lothar“ im Dezember 1999. Die Ergebnisse des in 2000 eingerichteten Sonderuntersuchungsprogramms zeigen seit 2001 nun doch z.T. merkbare Konzentrationszunahmen bis zu einigen mg/l, wie sie z.T. auch schon vor zehn Jahren nach den Stürmen „Wiebke“ und „Vivian“ erreicht wurden. Der P-90-Wert ist als Folge des abnehmenden landwirtschaftlichen Einflusses an einer Messstelle gegenüber dem Vorjahr leicht gesunken, von 16,25 mg/l auf 15,8 mg/l. Jedoch ist das Maximum von 36,6 mg/l nach wie vor auf einen landwirtschaftlichen Einfluss zurückzuführen. Im Basismessnetz liegen für Nitrat keine Warn- und Grenzwertüberschreitungen vor, wie auch bei den MKW, PAK, LHKW und den PSM.
- Die vereinzelt **PSM-Nachweise von Triazin** finden sich an Tiefbrunnen und Quellen im verkarsteten Muschelkalk und Malm mit Ackerbau, Dörfern, Straßen und Deponien im Eintragsgebiet.
- **Kohlenwasserstoffe:** An einer Messstelle mit Siedlung, Autobahn, Deponie und Erdgas-/Erdöl-pipeline im Eintragsgebiet wurden **MKW** gefunden. Der Einzelnachweis des **LHKW-Trichlorethen** existiert an einer Messstelle mit Siedlung und mit Abwasseranlagen. Die Chloroformnachweise (**Trichlormethan**) werden an drei Quellen und einem Brunnen mit waldbedeckten Eintragsgebieten gefunden. Die sehr geringen Konzentrationen sind am Brunnen offenbar auf eine Deponie zurückzuführen, an den Quellen offenbar auf notwendige Desinfektionsmaßnahmen der Quellsfassungsbaugeräte. Geringe **PAK-Konzentrationen** (Phenanthren, Fluoranthren, Naphthalin) werden an fünf Messstellen festgestellt, zweimal mit Erdgas-/Erdöl-pipeline, je einmal mit Abwasseranlage und Deponie im Eintragsgebiet und an einem E-Werk an einem Autobahnkreuz.
- Die hohe **pH**-Grenzwertunterschreitungsquote von 20 % und die zwei Grenzwertüberschreitungen bei Aluminium sind durch saure Quellen verursacht. Hinweis: **VC** wurde nicht untersucht.

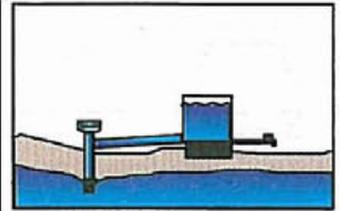


Ergebnisse 2001: Baden-Württemberg BMN											
Parameter	Dimen- sion	Anz. Mst	>BG		>WW		>GW		P50 (Median)	P90	Maximum (Minimum)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	Grad C	110	110	100,0	4	3,6	3	2,7	9,3	13	46,8
Leitfaehigkeit,elektrisch bei ...Grad Celsius	mS/m	110	110	100,0	0	0,0	0	0,0	48,9	68	98
pH-Wert bei ...Grad Celcius	-	110	110	100,0	22	20,0	22	20,0	7,3	7,7	(4,77) 9,11
Sauerstoff	mg/l	109	103	94,5	-	-	-	-	9,1	10,8	11,1
Sauerstoffsaeatigung	%	108	101	93,5	-	-	-	-	84,5	98	100
Ammonium	mg/l	110	46	41,8	0	0,0	0	0,0	<0,010	0,12	0,33
Nitrat	mg/l	110	95	86,4	0	0,0	0	0,0	7,6	15,8	36,6
Nitrit	mg/l	110	4	3,6	1	0,9	1	0,9	<0,01	<0,01	0,2
Phosphat,ortho-	mg/l	40	25	62,5	-	-	0	0,0	<0,050	0,124	0,16
Aluminium	mg/l	38	21	55,3	2	5,3	2	5,3	0,006	0,057	0,527
Trichlorethan,1,1,1,-	mg/l	110	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,0001	<0,0001	-
Trichlorethen	mg/l	110	1	0,9	0	0,0	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0002
Tetrachlorethen	mg/l	110	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,0001	<0,0001	-
Dichlormethan	mg/l	110	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	-
Leichtfluechtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	mg/l	110	1	0,9	0	0,0	0	0,0	<0,0050	<0,0050	0,0002
Tetrachlormethan	mg/l	110	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,0001	<0,0001	-
Trichlormethan	mg/l	110	4	3,6	0	0,0	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0006
Dichlorethen, cis-1,2-	mg/l	109	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	-
Kohlenwasserstoff-Index	mg/l	94	1	1,1	0	0,0	-	-	<0,10	<0,10	0,1
Fluoranthren	ug/l	109	1	0,9	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,005
Benzo(b)fluoranthren	ug/l	109	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Benzo(k)fluoranthren	ug/l	109	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Benzo(a)pyren	ug/l	109	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Benzo(ghi)perylen	ug/l	109	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Indeno(1,2,3-cd)pyren	ug/l	109	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Summe Polycyc.arom.Kohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	ug/l	109	1	0,9	0	0,0	0	0,0	<0,005	<0,005	0,005
Acenaphthylen	ug/l	89	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Acenaphthen	ug/l	109	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Fluoren	ug/l	109	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Phenanthren	ug/l	109	3	2,8	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,02
Anthracen	ug/l	109	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Benzo(a)anthracen	ug/l	109	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Pyren	ug/l	109	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Chrysen	ug/l	109	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Dibenzo(ah)anthracen	ug/l	109	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Naphthalin	ug/l	109	1	0,9	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,02
Atrazin	ug/l	110	1	0,9	0	0,0	0	0,0	<0,01	<0,02	0,02
Propazin	ug/l	110	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,02	<0,05	-
Simazin	ug/l	110	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,01	<0,02	-
Terbutylazin	ug/l	110	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,01	<0,02	-
Desethylatrazin	ug/l	110	5	4,5	0	0,0	0	0,0	<0,02	<0,05	0,05
Desisopropylatrazin	ug/l	110	1	0,9	0	0,0	0	0,0	<0,02	<0,05	0,02
Desethylterbutylazin	ug/l	110	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,02	<0,05	-
Metalaxyl	ug/l	109	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,03	<0,05	-
Metazachlor	ug/l	110	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,02	<0,05	-
Metolachlor	ug/l	110	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,02	<0,05	-
Bromacil	ug/l	109	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Hexazinon	ug/l	110	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,02	<0,05	-
2,6-Dichlorbenzamid	ug/l	109	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-

3.4 Rohwassermessstellen (RW)

Messnetzziel

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

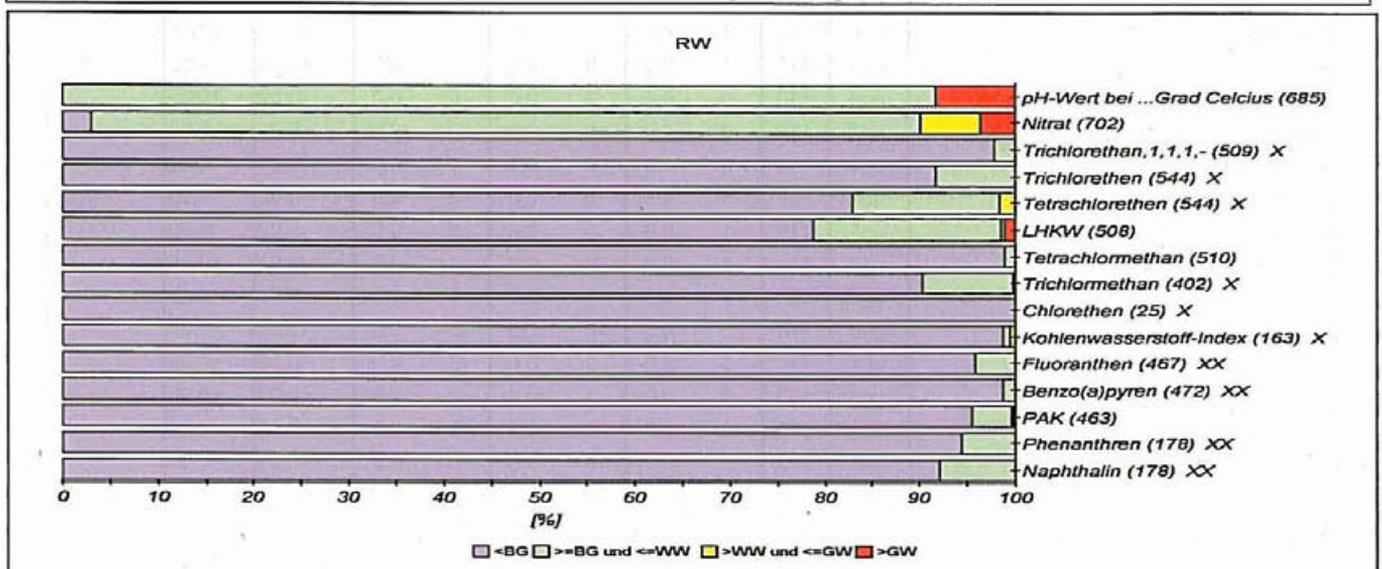


Datengrundlage

Ausgewertet wurden 705 Rohwassermessstellen (Land: 163 Messstellen, Kooperation: 542 Messstellen mit Stichtag: 20.02.2002). Bei den Landesmessstellen erstreckte sich die Untersuchung auf die Messprogramme: „Vor-Ort“, „LHKW“, „PAK“, „Landwirtschaft“, „PSM-1“ und die diesjährigen PSM- und 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 zehnten Messstelle liegt der Nitratgehalt über dem Warnwert von 40 mg/l.
- **Kohlenwasserstoffe:** Erhöhte MKW-Konzentrationen existieren an zwei Messstellen mit einer Warnwertüberschreitung. In den Eintragsgebieten finden sich als mögliche Ursachen: eine Siedlung, Altablagerungen, auch ein Regenwasserrückhaltebecken, eine Straße und eine Bahnanlage. **PAK** - meist Naphthalin, Phenanthren und Fluoranthen - finden sich nur in sehr geringen Konzentrationen an bis zu 7,9 % der Messstellen. In nur einem Fall wird der Grenzwert der Summe-PAK an einer Altablagerung an einem Autobahnkreuz überschritten. Die 25 **VC-(Chlorethen)**-Analysen sind alle negativ. **Chloroform** wird in sehr geringen Konzentrationen an 39 Messstellen nachgewiesen. Es existiert nur eine WW-Überschreitung an einer Messstelle an einem ehemaligen Schadensfall der chemisch-pharmazeutischen Industrie. Die Befunde werden in acht Fällen von LHKW-Nachweisen begleitet, offenbar meist verursacht durch Altablagerungen und ehemalige Schadensfälle. Die Messstellen ohne gleichzeitige LHKW-Nachweise sind meist Quellschächte. Hier sind offenbar die Desinfektionsmaßnahmen der Quellschächte die Ursachen. An 107 Messstellen wird mindestens ein Stoff der **Summe LHKW** n. TrinkV v. 1990 gefunden. Die fünf GW-Überschreitungen liegen in mittelstädtischen Bereichen mit Altablagerungen und Industriegebieten.
- **PSM:** Bei **Atrazin** und **Desethylatrazin (DEA)** sind die Nachweisquoten immer noch zweistellig. Im Vergleich zu 1992 zeigen sich weitere deutliche Belastungsabnahmen. Die Überschreitungsquote des GW bei DEA beträgt gegenüber 1992 nur noch etwa ein Viertel. Obwohl **2,6-Dichlorbenzamid** nur an etwa der Hälfte aller RW-Messstellen analysiert wurde, wird eine hohe Nachweisquote von 6,2 % mit 2,0 % GW-Überschreitungen festgestellt.



Ergebnisse 2001: Baden-Württemberg RW											
Parameter	Dimension	Anz. Mst	>BG		>WW		>GW		P50 (Median)	P90	Maximum (Minimum)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	Grad C	649	649	100,0	0	0,0	0	0,0	10,8	12,8	16,8
Leitfaehigkeit,elektrisch bei ...Grad Celsius	mS/m	665	665	100,0	1	0,2	0	0,0	65,9	92,8	165
pH-Wert bei ...Grad Celcius	-	685	685	100,0	57	8,3	57	8,3	7,25	7,52	(5,1) 8,6
Sauerstoff	mg/l	617	592	95,9	-	-	-	-	7,4	10,5	14
Sauerstoffsaeatigung	%	233	230	98,7	-	-	-	-	66,6	94,5	118
Ammonium	mg/l	657	137	20,9	2	0,3	2	0,3	<0,010	<0,050	1,1
Nitrat	mg/l	702	681	97,0	69	9,8	25	3,6	16,3	39,3	90
Nitrit	mg/l	562	36	6,4	2	0,4	1	0,2	<0,01	<0,02	0,54
Phosphat,ortho-	mg/l	433	328	75,8	-	-	0	0,0	0,047	0,174	0,66
Aluminium	mg/l	177	83	46,9	1	0,6	1	0,6	0,019	0,031	0,58
Trichlorethan,1,1,1,-	mg/l	509	11	2,2	0	0,0	-	-	<0,0001	<0,0010	0,0011
Trichlorethen	mg/l	544	45	8,3	0	0,0	-	-	<0,0001	<0,0010	0,003
Tetrachlorethen	mg/l	544	93	17,1	9	1,7	-	-	<0,0001	<0,0010	0,078
Dichlormethan	mg/l	543	2	0,4	0	0,0	-	-	<0,005	<0,008	0,005
Leichtfluechtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	mg/l	508	107	21,1	7	1,4	5	1,0	<0,0050	<0,0080	0,0795
Tetrachlormethan	mg/l	510	5	1,0	0	0,0	0	0,0	<0,0001	<0,0010	0,0003
Trichlormethan	mg/l	402	39	9,7	1	0,2	-	-	<0,0001	<0,0010	0,0052
Dichlorethen, cis-1,2-	mg/l	285	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	-
Chlorethen	mg/l	25	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,0050	<0,0100	-
Kohlenwasserstoff-Index	mg/l	163	2	1,2	1	0,6	-	-	<0,10	<0,10	0,15
Fluoranthen	ug/l	467	19	4,1	-	-	-	-	<0,005	<0,020	0,09
Benzo(b)fluoranthen	ug/l	471	10	2,1	-	-	-	-	<0,005	<0,010	0,09
Benzo(k)fluoranthen	ug/l	472	10	2,1	-	-	-	-	<0,005	<0,010	0,04
Benzo(a)pyren	ug/l	472	6	1,3	-	-	-	-	<0,005	<0,010	0,04
Benzo(ghi)perylene	ug/l	469	5	1,1	-	-	-	-	<0,005	<0,020	0,02
Indeno(1,2,3-cd)pyren	ug/l	472	2	0,4	-	-	-	-	<0,005	<0,040	0,02
Summe Polycyc. arom. Kohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	ug/l	463	21	4,5	2	0,4	1	0,2	<0,005	<0,040	0,3
Acenaphthylen	ug/l	108	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,020	-
Acenaphthen	ug/l	178	1	0,6	-	-	-	-	<0,005	<0,010	0,028
Fluoren	ug/l	178	2	1,1	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,009
Phenanthren	ug/l	178	10	5,6	-	-	-	-	<0,005	0,006	0,027
Anthracen	ug/l	178	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Benzo(a)anthracen	ug/l	178	2	1,1	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,008
Pyren	ug/l	178	7	3,9	-	-	-	-	<0,005	0,006	0,027
Chrysen	ug/l	178	2	1,1	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,009
Dibenzo(ah)anthracen	ug/l	178	1	0,6	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,024
Naphthalin	ug/l	178	14	7,9	-	-	-	-	<0,005	0,012	0,026
Atrazin	ug/l	597	67	11,2	2	0,3	2	0,3	<0,02	<0,05	0,12
Propazin	ug/l	508	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,02	<0,05	-
Simazin	ug/l	595	17	2,9	1	0,2	1	0,2	<0,02	<0,05	0,16
Terbutylazin	ug/l	595	2	0,3	0	0,0	0	0,0	<0,02	<0,05	0,02
Desethylatrazin	ug/l	598	135	22,6	16	2,7	6	1,0	0,02	<0,05	0,25
Desisopropylatrazin	ug/l	554	1	0,2	0	0,0	0	0,0	<0,03	<0,05	0,06
Desethylterbutylazin	ug/l	549	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,02	<0,05	-
Metataxy	ug/l	305	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Metazachlor	ug/l	578	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,02	<0,05	-
Metolachlor	ug/l	556	1	0,2	0	0,0	0	0,0	<0,02	<0,05	0,01
Bromacil	ug/l	362	3	0,8	2	0,6	2	0,6	<0,05	<0,05	0,14
Hexazinon	ug/l	389	1	0,3	0	0,0	0	0,0	<0,02	<0,05	0,01
2,6-Dichlorbenzamid	ug/l	305	19	6,2	7	2,3	6	2,0	<0,05	<0,05	0,53

Hinweise siehe Anhang A6

3.5 Emittentenmessstellen Landwirtschaft (EL)

Messnetzziel

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

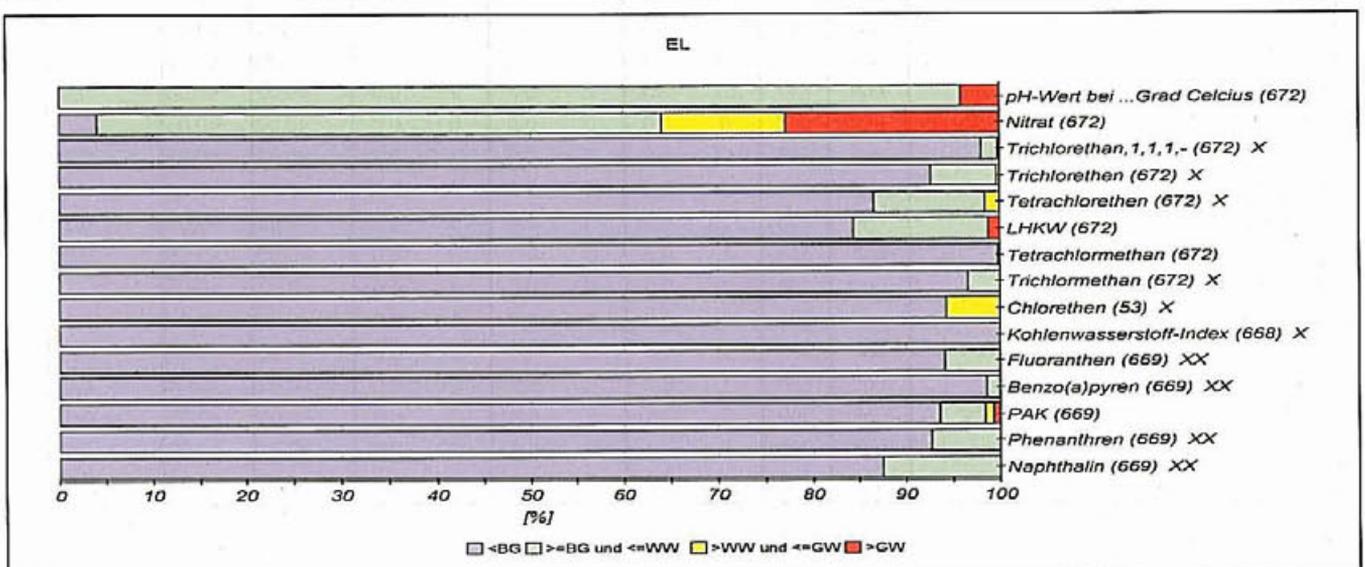


Datengrundlage

Die insgesamt 672 beprobten Emittentenmessstellen Landwirtschaft wurden generell auf die Messprogramme: „Vor-Ort“, „LHKW“, „PAK“, „Landwirtschaft“, „PSM-1“ und die diesjährigen PSM- und LHKW-Zusatzparameter untersucht.

Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- Die **Nitratbelastung** ist nach wie vor die höchste aller Teilmessnetze, an jeder dritten Messstelle wird der Warnwert überschritten, an jeder vierten der Grenzwert. Der Medianwert von 30,7 mg/l liegt im Gegensatz zum Vorjahr wieder über 30 mg/l.
- **PSM:** Die Nachweisquoten von **Atrazin** und **Desethylatrazin (DEA)** liegen immer noch im zweistelligen Zahlenbereich. Bei DEA ist die GW-Überschreitungsquote von 7,4 % noch hoch. Die sich schon im letzten Jahr abzeichnenden deutlichen Belastungsabnahmen im Vergleich zu den Vorjahren haben sich fortgesetzt, so dass erstmals bei beiden Stoffen gleichzeitig bei den positiven Befunden eine Belastungsverbesserung zu erkennen ist, auch gegenüber 1992.
- **Kohlenwasserstoffe:** **MKW** werden an keiner Messstelle gefunden. Positive **PAK** - Befunde, in der Mehrzahl Naphthalin, Phenanthren und Fluoranthen, finden sich an bis zu 12,6 % der Messstellen. In fünf Fällen existieren GW-Überschreitungen der Summe-PAK an Messstellen mit Altablagernungen, Autobahnen und Baustoffherstellern mit Fahrzeugparks im Einzugsgebiet. Von den 53 **VC-(Chlorethen)**-Analysen überschreiten drei den Warnwert. **Chloroform** (Trichlormethan) wird in sehr geringen Konzentrationen an 23 Messstellen (3,4 %) nachgewiesen. Überschreitungen des Warnwerts liegen keine vor. Die Chloroform- und VC-Befunde werden meist von positiven LHKW-Befunden begleitet. Bei der **Summe LHKW** wird an 15,6% der Messstellen mindestens ein Stoff nachgewiesen. In den von den VC-, Chloroform- und LHKW-Verunreinigungen betroffenen vorwiegend landwirtschaftlichen Einzugsgebieten finden sich als mögliche Ursachen häufig Altablagernungen, auch Abwasseranlagen in dörflichen und mittelstädtischen Siedlungen, aber auch Industrieunternehmen „auf der grünen Wiese“, wie z.B. Abfallwirtschaftsunternehmen und ein chemisch-pharmazeutisches Unternehmen. Bei den Chloroform-Nachweisen kommen auch Desinfektionen der Brunnen- und Quellenbauwerke in Frage.

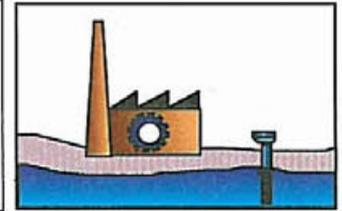


Ergebnisse 2001: Baden-Württemberg EL											
Parameter	Dimension	Anz. Mst	>BG		>WW		>GW		P50 (Median)	P90	Maximum (Minimum)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	Grad C	672	672	100,0	0	0,0	0	0,0	11,5	14,3	19,4
Leitfähigkeit, elektrisch bei ...Grad Celsius	mS/m	672	672	100,0	6	0,9	1	0,1	73,5	102,6	223
pH-Wert bei ...Grad Celsius	-	672	672	100,0	28	4,2	28	4,2	7,18	7,46	(5,22) 8,38
Sauerstoff	mg/l	672	653	97,2	-	-	-	-	6,9	9,8	12
Sauerstoffsättigung	%	672	656	97,6	-	-	-	-	67	94	114
Ammonium	mg/l	672	196	29,2	11	1,6	9	1,3	<0,010	0,03	9,75
Nitrat	mg/l	672	644	95,8	241	35,9	153	22,8	30,7	74	214,2
Nitrit	mg/l	672	99	14,7	15	2,2	13	1,9	<0,01	0,02	0,32
Phosphat, ortho-	mg/l	56	34	60,7	-	-	0	0,0	<0,030	0,11	1,7
Aluminium	mg/l	44	19	43,2	1	2,3	1	2,3	0,006	0,033	1,29
Trichlorethan, 1,1,1,-	mg/l	672	13	1,9	1	0,1	-	-	<0,0001	<0,0001	0,048
Trichlorethen	mg/l	672	50	7,4	3	0,4	-	-	<0,0001	<0,0001	0,043
Tetrachlorethen	mg/l	672	90	13,4	11	1,6	-	-	<0,0001	0,0002	0,029
Dichlormethan	mg/l	672	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	-
Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	mg/l	672	105	15,6	9	1,3	9	1,3	<0,0050	<0,0050	0,0906
Tetrachlormethan	mg/l	672	1	0,1	0	0,0	0	0,0	<0,0001	<0,0001	0,0001
Trichlormethan	mg/l	672	23	3,4	0	0,0	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0026
Dichlorethen, cis-1,2-	mg/l	672	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	-
Chlorethen	mg/l	53	3	5,7	3	5,7	-	-	<0,0050	<0,0050	0,0067
Kohlenwasserstoff-Index	mg/l	668	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,10	<0,10	-
Fluoranthren	ug/l	669	40	6,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,914
Benzo(b)fluoranthren	ug/l	669	9	1,3	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,218
Benzo(k)fluoranthren	ug/l	669	7	1,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,111
Benzo(a)pyren	ug/l	669	10	1,5	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,068
Benzo(ghi)perylene	ug/l	669	6	0,9	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,105
Indeno(1,2,3-cd)pyren	ug/l	669	9	1,3	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,174
Summe Polycyc. arom. Kohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	ug/l	669	43	6,4	11	1,6	5	0,7	<0,005	<0,005	0,914
Acenaphthylen	ug/l	400	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Acenaphthen	ug/l	669	10	1,5	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,05
Fluoren	ug/l	669	15	2,2	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,146
Phenanthren	ug/l	669	49	7,3	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,301
Anthracen	ug/l	669	8	1,2	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,039
Benzo(a)anthracen	ug/l	669	13	1,9	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,108
Pyren	ug/l	669	28	4,2	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,511
Chrysen	ug/l	669	16	2,4	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,156
Dibenzo(ah)anthracen	ug/l	669	4	0,6	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,058
Naphthalin	ug/l	669	84	12,6	-	-	-	-	<0,005	0,008	0,23
Atrazin	ug/l	672	151	22,5	23	3,4	16	2,4	<0,02	0,04	0,54
Propazin	ug/l	672	3	0,4	1	0,1	1	0,1	<0,02	<0,05	0,32
Simazin	ug/l	672	23	3,4	2	0,3	2	0,3	<0,02	<0,02	0,16
Terbutylazin	ug/l	672	4	0,6	2	0,3	0	0,0	<0,02	<0,02	0,1
Desethylatrazin	ug/l	672	208	31,0	64	9,5	50	7,4	<0,05	0,08	0,9
Desisopropylatrazin	ug/l	671	16	2,4	2	0,3	2	0,3	<0,05	<0,05	0,31
Desethylterbutylazin	ug/l	672	7	1,0	1	0,1	1	0,1	<0,02	<0,05	0,28
Metaxyl	ug/l	672	4	0,6	2	0,3	1	0,1	<0,05	<0,05	0,41
Metazachlor	ug/l	672	2	0,3	1	0,1	0	0,0	<0,05	<0,05	0,09
Metolachlor	ug/l	672	10	1,5	2	0,3	2	0,3	<0,05	<0,05	0,36
Bromacil	ug/l	672	2	0,3	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	0,05
Hexazinon	ug/l	670	4	0,6	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	0,07
2,6-Dichlorbenzamid	ug/l	671	36	5,4	20	3,0	16	2,4	<0,05	<0,05	0,89

3.6 Emittentenmessstellen Industrie (EI)

Messnetzziel

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

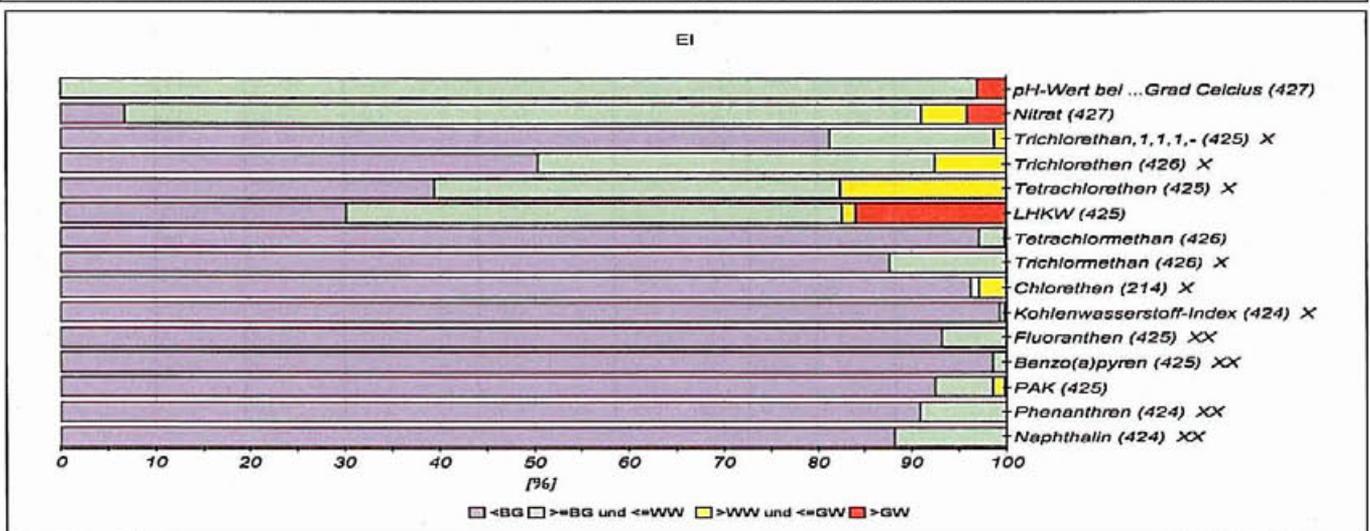


Datengrundlage

Die 427 Emittentenmessstellen Industrie wurden generell auf die Messprogramme: „Vor-Ort“, „LHKW“, „PAK“, „Landwirtschaft“, „PSM-1“ und die diesjährigen PSM- und LHKW-Zusatzparameter untersucht.

Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- Kohlenwasserstoffe:** Die **MKW**-Nachweisquote ist mit 0,7 % niedriger als im Siedlungsbereich (ES). Die merklich erhöhten Konzentrationen werden an drei Messstellen mit einer Warnwertüberschreitung gefunden, einmal mit gleichzeitigen LHKW-Nachweisen. In den Eintragsgebieten finden sich als mögliche Ursachen meist ehemalige Schadensfälle von Tankstellen, einer Raffinerie und eines Chemieunternehmens, auch Altablagerungen, Abwasseranlagen und Straßen. Positive **PAK**-Befunde, in der Mehrzahl Naphthalin, Phenanthren und Pyren, finden sich an bis zu 11,8% der Messstellen in Industriegebieten mit ehemaligen Gaswerken mit Schadensfällen, Chemie- und Kunststoffunternehmen, Farbenhandel, Raffinerie, Tankstellen, Automobil-, Autoreifen- und Gummihersteller, Speditionen. Zusätzliche Ursachen kommen in Frage: Altablagerungen wie Sonderabfalldeponien, Autobahnen, Abwasser- und Bahnanlagen. In nur einem Fall existiert eine GW-Überschreitung der Summe-PAK nahe eines Kfz-Betriebes. Von den 214 **Chlorethen-VC**-Analysen sind 8 positiv, 6 überschreiten den Warnwert. **Chloroform** wird in sehr geringen Konzentrationen an 53 Messstellen (12,4 %) nachgewiesen, ohne WW-Überschreitungen. Die Chloroform- bzw. VC-Nachweise werden beide immer von LHKW-Nachweisen begleitet. Bei der **Summe LHKW** wird an über zwei Dritteln der Messstellen (69,9 %) mindestens ein LHKW nachgewiesen. Mit 16,0 % GW-Überschreitungen ist jedoch gegenüber 1992 (24 %) ein Belastungsrückgang zu verzeichnen. 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 insbesondere von Galvanikunternehmen, von metallverarbeitenden Betrieben, von Kunststoff-, Farben-, anderen Chemie-, Elektro- und Abfallrecyclingunternehmen. Auch finden sich Abwasser- und Bahnanlagen, Regenüberlaufbecken. Chloroform-Nachweise können auch durch Brunnendesinfektionsmaßnahmen verursacht sein.
- PSM:** Immer noch sind die **Atrazin**- und **DEA**-Nachweisquoten zweistellig, jedoch sind die Nachweisquoten und GW-Überschreitungszahlen gegenüber dem Vorjahr weiter gesunken, auch bei **Bromacil**. Dagegen ergibt sich für **Hexazinon** bzw. **2,6-Dichlorbenzamid** keine Verbesserung der Situation. Die Hexazinon-GW-Überschreitungsquote ist sogar von 1,4 % auf 2,1 % gestiegen.

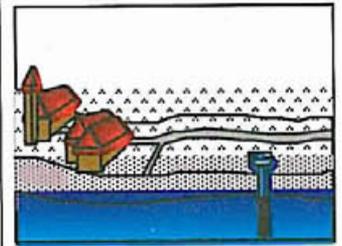


Ergebnisse 2001: Baden-Württemberg EI											
Parameter	Dimen- sion	Anz. Mst	>BG		>WW		>GW		P50 (Median)	P90	Maximum (Minimum)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	Grad C	427	427	100,0	3	0,7	0	0,0	13,3	16,9	23,3
Leitfaehigkeit,elektrisch bei ...Grad Celsius	mS/m	427	427	100,0	23	5,4	14	3,3	78,4	133	582
pH-Wert bei ...Grad Celcius	-	427	427	100,0	13	3,0	13	3,0	7,16	7,45	(6,07) 8,87
Sauerstoff	mg/l	427	412	96,5	-	-	-	-	4,6	8,4	12,7
Sauerstoffsaeatigung	%	427	418	97,9	-	-	-	-	46	84	125
Ammonium	mg/l	427	202	47,3	29	6,8	26	6,1	<0,010	0,17	9,95
Nitrat	mg/l	427	398	93,2	38	8,9	18	4,2	16,8	37,2	143
Nitrit	mg/l	427	87	20,4	13	3,0	9	2,1	<0,01	0,02	0,32
Phosphat,ortho-	mg/l	17	13	76,5	-	-	0	0,0	0,02	0,19	0,2
Aluminium	mg/l	2	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,005	<0,005	-
Trichlorethan,1,1,1,-	mg/l	425	79	18,6	5	1,2	-	-	<0,0001	0,0004	0,237
Trichlorethen	mg/l	426	211	49,5	32	7,5	-	-	<0,0001	0,0033	5
Tetrachlorethen	mg/l	425	257	60,5	75	17,6	-	-	0,0002	0,015	2,9
Dichlormethan	mg/l	426	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	-
Leichtfluechtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	mg/l	425	297	69,9	74	17,4	68	16,0	0,0042	0,025	7,903
Tetrachlormethan	mg/l	426	12	2,8	1	0,2	1	0,2	<0,0001	<0,0001	0,0034
Trichlormethan	mg/l	426	53	12,4	0	0,0	-	-	<0,0001	0,0002	0,004
Dichlorethen, cis-1,2-	mg/l	425	25	5,9	23	5,4	-	-	<0,005	<0,005	2,703
Chlorethen	mg/l	214	8	3,7	6	2,8	-	-	<0,0050	<0,0050	0,16
Kohlenwasserstoff-Index	mg/l	424	3	0,7	1	0,2	-	-	<0,10	<0,10	1,4
Fluoranthen	ug/l	425	29	6,8	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,26
Benzo(b)fluoranthen	ug/l	425	7	1,6	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,019
Benzo(k)fluoranthen	ug/l	425	5	1,2	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,01
Benzo(a)pyren	ug/l	425	6	1,4	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,015
Benzo(ghi)perylen	ug/l	425	6	1,4	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,016
Indeno(1,2,3-cd)pyren	ug/l	425	4	0,9	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,01
Summe Polycyc. arom. Kohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	ug/l	425	32	7,5	6	1,4	1	0,2	<0,005	<0,005	0,26
Acenaphthylen	ug/l	261	2	0,8	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,014
Acenaphthen	ug/l	424	13	3,1	-	-	-	-	<0,005	<0,005	2,323
Fluoren	ug/l	424	12	2,8	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,121
Phenanthren	ug/l	424	39	9,2	-	-	-	-	<0,005	<0,005	1,1
Anthracen	ug/l	424	11	2,6	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,374
Benzo(a)anthracen	ug/l	424	7	1,7	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,014
Pyren	ug/l	424	33	7,8	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,28
Chrysen	ug/l	424	9	2,1	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,011
Dibenzo(ah)anthracen	ug/l	424	2	0,5	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,066
Naphthalin	ug/l	424	50	11,8	-	-	-	-	<0,005	0,007	0,206
Atrazin	ug/l	426	75	17,6	7	1,6	6	1,4	<0,02	0,02	0,6
Propazin	ug/l	426	3	0,7	2	0,5	1	0,2	<0,02	<0,05	0,25
Simazin	ug/l	426	29	6,8	2	0,5	0	0,0	<0,02	<0,02	0,09
Terbutylazin	ug/l	426	5	1,2	4	0,9	4	0,9	<0,02	<0,02	1,5
Desethylatrazin	ug/l	426	92	21,6	12	2,8	9	2,1	<0,03	<0,05	1
Desisopropylatrazin	ug/l	426	18	4,2	3	0,7	2	0,5	<0,05	<0,05	0,24
Desethylterbutylazin	ug/l	426	4	0,9	4	0,9	4	0,9	<0,02	<0,05	1,2
Metalaxyl	ug/l	426	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Metazachlor	ug/l	423	1	0,2	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	0,02
Metolachlor	ug/l	426	1	0,2	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	0,01
Bromacil	ug/l	426	25	5,9	15	3,5	14	3,3	<0,05	<0,05	0,96
Hexazinon	ug/l	425	23	5,4	13	3,1	9	2,1	<0,05	<0,05	0,31
2,6-Dichlorbenzamid	ug/l	425	37	8,7	13	3,1	10	2,4	<0,05	<0,05	0,7

3.7 Emittentenmessstellen Siedlung (ES)

Messnetzziel

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

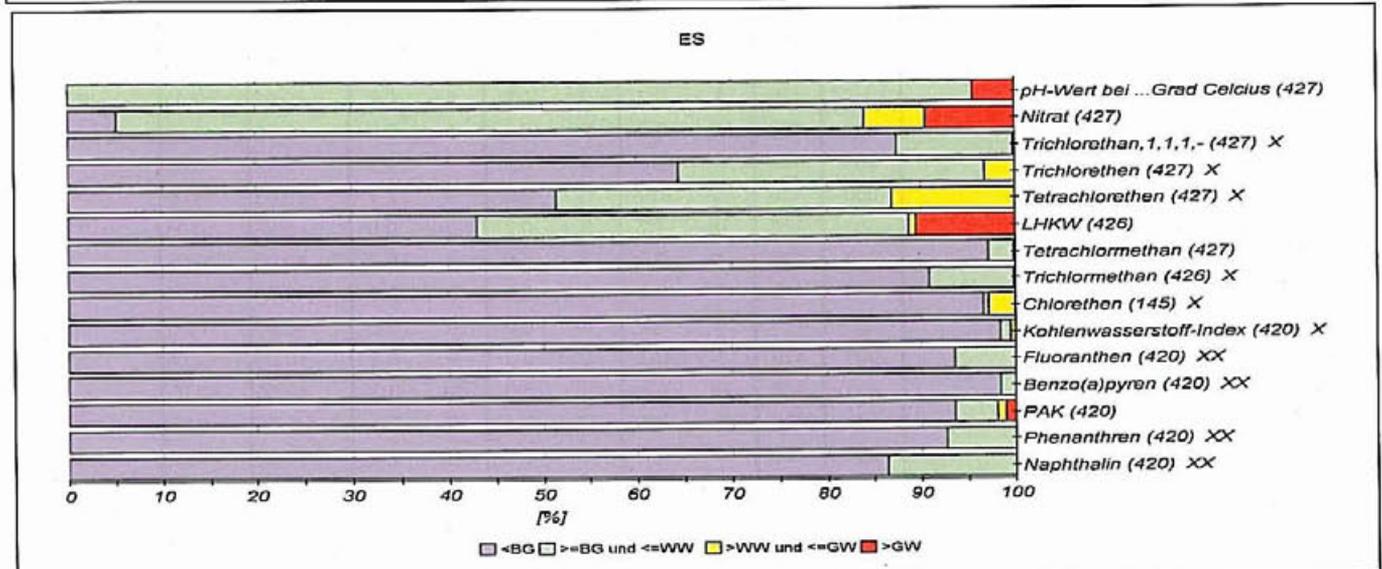


Datengrundlage

Die insgesamt 427 beprobten Emittentenmessstellen Siedlungen wurden generell untersucht auf die Messprogramme: „Vor-Ort“, „LHKW“, „PAK“, „Landwirtschaft“, „PSM-1“ und die diesjährigen PSM- und LHKW-Zusatzparameter.

Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- Kohlenwasserstoffe:** Die **MKW**-Nachweisquote ist die höchste aller Teilmessnetze (1,7 %). Die merklich erhöhten Konzentrationen werden an sieben Messstellen in mittel- und großstädtischen Bereichen gefunden, meist werden gleichzeitig LHKW nachgewiesen. Es existieren zwei Warnwertüberschreitungen. In den meist innerstädtischen Einzugsgebieten finden sich als mögliche Ursachen meist Altablagerungen, auch einzelne Abwasseranlagen, Straßen, Autobahnen, Bahnanlagen, eine Erdöl-/Erdgaspipeline und ein ehemaliger Schadensfall. Positive **PAK** - Befunde, in der Mehrzahl Naphthalin, Phenanthren und Fluoranthren, finden sich an bis zu 13,6% der Messstellen, meist in innerstädtischen Bereichen. In vier Fällen existieren GW-Überschreitungen der Summe PAK an Messstellen meist mit Altablagerungen und Abwasseranlagen, auch mit Tankstellen, Unternehmen mit Fahrzeugparks, Autobahnen, Parkhaus, Bahnhöfen, Stadt- und ehemaligen Gaswerken mit Schadensfällen, Erdöl-/Erdgaspipelines im Einzugsgebiet. Von den 145 **Chlorenchen-VC**-Analysen sind 5 positiv, 4 überschreiten den Warnwert. **Chloroform** wird in sehr geringen Konzentrationen an 39 Messstellen (9,2 %) mit einer WW-Überschreitung, nachgewiesen. Die Chloroform- bzw. VC-Befunde werden meist bzw. immer von positiven LHKW-Befunden begleitet. Bei der **Summe LHKW** wird an mehr als der Hälfte der Messstellen (57,0 %) mindestens ein LHKW nachgewiesen, mit 10,6 % GW-Überschreitungen. Hier findet sich auch das landesweite Maximum. In den von den VC-, Chloroform- und LHKW-Verunreinigungen betroffenen Einzugsgebieten 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.
- PSM:** Immer noch sind die Nachweisquoten von **Atrazin-** und **DEA** zweistellig, jedoch ist die Anzahl der Positivbefunde und der GW-Überschreitungen gegenüber 2000 weiter gesunken.

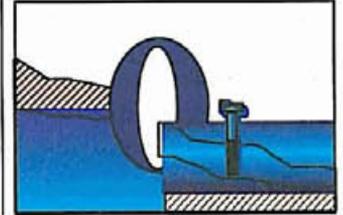


Ergebnisse 2001:		Baden-Württemberg ES									
Parameter	Dimen- sion	Anz. Mst	>BG		>WW		>GW		P50 (Median)	P90	Maximum (Minimum)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	Grad C	427	427	100,0	2	0,5	0	0,0	12,9	15,5	21,4
Leitfähigkeit,elektrisch bei ...Grad Celsius	mS/m	427	427	100,0	19	4,4	10	2,3	80,3	132,8	363
pH-Wert bei ...Grad Celcius	-	427	427	100,0	19	4,4	19	4,4	7,14	7,35	(5,15) 7,94
Sauerstoff	mg/l	427	398	93,2	-	-	-	-	4,6	8,7	10,7
Sauerstoffsättigung	%	426	406	95,3	-	-	-	-	46	83	110
Ammonium	mg/l	427	182	42,6	19	4,4	14	3,3	<0,010	0,11	12
Nitrat	mg/l	427	405	94,8	68	15,9	41	9,6	20,1	49,2	115
Nitrit	mg/l	427	90	21,1	13	3,0	12	2,8	<0,01	0,03	0,44
Phosphat,ortho-	mg/l	21	13	61,9	-	-	0	0,0	0,03	0,13	0,15
Aluminium	mg/l	12	6	50,0	0	0,0	0	0,0	0,02	0,069	0,099
Trichlorethan,1,1,1,-	mg/l	427	54	12,6	1	0,2	-	-	<0,0001	0,0002	0,0077
Trichlorethen	mg/l	427	152	35,6	14	3,3	-	-	<0,0001	0,0011	1,276
Tetrachlorethen	mg/l	427	207	48,5	56	13,1	-	-	<0,0001	0,0095	18,9
Dichlormethan	mg/l	426	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	-
Leichtfluechtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	mg/l	426	243	57,0	48	11,2	45	10,6	<0,0050	0,0118	20,1764
Tetrachlormethan	mg/l	427	12	2,8	1	0,2	1	0,2	<0,0001	<0,0001	0,01
Trichlormethan	mg/l	426	39	9,2	1	0,2	-	-	<0,0001	<0,0001	0,007
Dichlorethen, cis-1,2-	mg/l	427	14	3,3	10	2,3	-	-	<0,005	<0,005	1,85
Chlorethen	mg/l	145	5	3,4	4	2,8	-	-	<0,0050	<0,0050	0,016
Kohlenwasserstoff-Index	mg/l	420	7	1,7	2	0,5	-	-	<0,10	<0,10	0,14
Fluoranthren	ug/l	420	27	6,4	-	-	-	-	<0,005	<0,005	4,1
Benzo(b)fluoranthren	ug/l	420	8	1,9	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,94
Benzo(k)fluoranthren	ug/l	420	7	1,7	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,284
Benzo(a)pyren	ug/l	420	7	1,7	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,558
Benzo(ghi)perylen	ug/l	420	5	1,2	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,484
Indeno(1,2,3-cd)pyren	ug/l	420	6	1,4	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,25
Summe Polycyc. arom. Kohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	ug/l	420	27	6,4	8	1,9	4	1,0	<0,005	<0,005	4,336
Acenaphthylen	ug/l	250	1	0,4	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,009
Acenaphthen	ug/l	420	6	1,4	-	-	-	-	<0,005	<0,005	71
Fluoren	ug/l	420	10	2,4	-	-	-	-	<0,005	<0,005	7,4
Phenanthren	ug/l	420	31	7,4	-	-	-	-	<0,005	<0,005	1,96
Anthracen	ug/l	420	7	1,7	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,85
Benzo(a)anthracen	ug/l	420	9	2,1	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,832
Pyren	ug/l	420	23	5,5	-	-	-	-	<0,005	<0,005	1,38
Chrysen	ug/l	420	9	2,1	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,612
Dibenzo(ah)anthracen	ug/l	420	2	0,5	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,091
Naphthalin	ug/l	420	57	13,6	-	-	-	-	<0,005	0,007	20
Atrazin	ug/l	427	67	15,7	11	2,6	7	1,6	<0,02	0,03	0,73
Propazin	ug/l	427	7	1,6	2	0,5	2	0,5	<0,03	<0,05	0,12
Simazin	ug/l	427	26	6,1	4	0,9	4	0,9	<0,02	<0,02	0,2
Terbutylazin	ug/l	427	2	0,5	0	0,0	0	0,0	<0,02	<0,02	0,05
Desethylatrazin	ug/l	427	88	20,6	16	3,7	13	3,0	0,04	<0,05	0,52
Desisopropylatrazin	ug/l	427	10	2,3	4	0,9	3	0,7	<0,05	<0,05	0,27
Desethylterbutylazin	ug/l	427	2	0,5	0	0,0	0	0,0	<0,03	<0,05	0,05
Metalaxyl	ug/l	427	1	0,2	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	0,06
Metazachlor	ug/l	425	1	0,2	1	0,2	0	0,0	<0,05	<0,05	0,09
Metolachlor	ug/l	427	2	0,5	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	0,03
Bromacil	ug/l	424	20	4,7	13	3,1	12	2,8	<0,05	<0,05	1,6
Hexazinon	ug/l	426	23	5,4	15	3,5	10	2,3	<0,05	<0,05	1,8
2,6-Dichlorbenzamid	ug/l	427	23	5,4	10	2,3	9	2,1	<0,05	<0,05	6

3.8 Quellmessnetz (QMN)

Messnetzziel

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

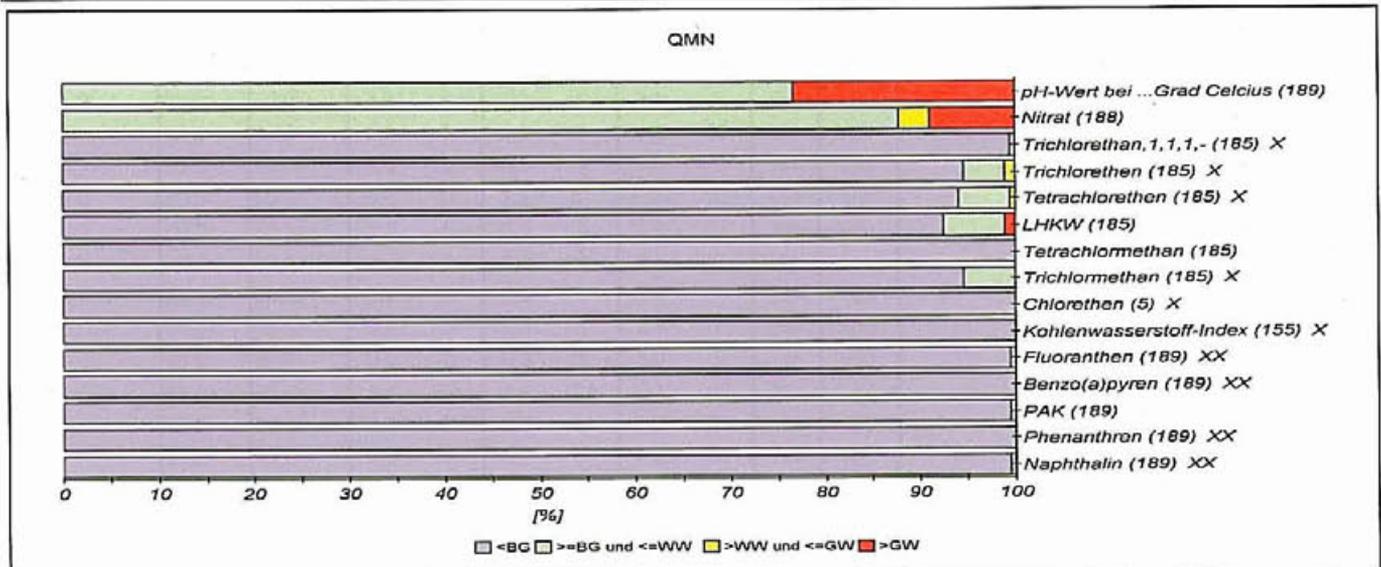


Datengrundlage

Die insgesamt 189 beprobten Quellen wurden generell untersucht auf die Messprogramme: „Vor-Ort“, „LHKW“, „PAK“, „Landwirtschaft“, „PSM-1“ und die diesjährigen PSM- und LHKW-Zusatzparameter.

Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- **Nitrat:** Als Resultat der landwirtschaftlichen Düngeeinflüsse in Ackerbau- und Weinbauregionen liegt der Nitratgehalt an mehr als jeder achten Quelle über dem Warnwert von 40 mg/l.
- **MKW** werden an keiner Messstelle gefunden, **PAK** - Fluoranthen und Naphthalin nur in sehr geringen Konzentrationen - an je einer Messstelle: einmal an einer grossen Karstquelle der Schwäbischen Alb und einmal an einer kleineren Quelle im Keuperbergland, jeweils mit Siedlungen, Altablagerungen und in einem Fall auch mit einer Autobahn im Einzugsgebiet. Warn- und Grenzwerte werden nicht überschritten. Die fünf Analysen auf **VC (Chlorethen)** sind negativ.
- **Chloroform** (Trichlormethan) wird in sehr geringen Konzentrationen hauptsächlich an Quellen im Schwarzwald nachgewiesen. Die Gehalte sind auf die hygienisch notwendigen Desinfektionsmaßnahmen der Quellschächte zurückzuführen. Warnwertüberschreitungen existieren nicht.
- An 14 Quellen wird mindestens ein Stoff der **Summe LHKW** n. TrinkwV v. 1990 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 Altablagerungen zu den LHKW-Verunreinigungen. In zwei Fällen liegen die Altablagerungen in ehemaligen Steinbrüchen. An zwei Quellen wird der Grenzwert der TrinkwV überschritten.
- **PSM:** **Atrazin**-GW-Überschreitungen finden sich oft in den großen sauerstoffreichen Karstquellwässern am Albrand, immer begleitet von **DEA**-GW-Überschreitungen. **Hexazinon** und **Bromacil** sind beide an einer Messstelle in Bahngleisnähe im Abstrom einer Deponie nachweisbar. **2,6-Dichlorbenzamid**-Befunde gehen überwiegend mit Grünlandnutzung im Einzugsgebiet einher, vereinzelt auch mit Erwerbsgartenbau (Spalier-/ Beerenobst) und mit Weinbau, aber auch mit Sportanlagen, Regenwasserüberlaufbecken und Abwasseranlagen.
- An jeder fünften Quelle finden sich Unterschreitungen des unteren **pH**-Grenzwertes.



Ergebnisse 2001: Baden-Württemberg QMN											
Parameter	Dimen- sion	Anz. Mst	>BG		>WW		>GW		P50 (Median)	P90	Maximum (Minimum)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	Grad C	188	188	100,0	0	0,0	0	0,0	9,4	11,2	14,6
Leitfaehigkeit,elektrisch bei ...Grad Celsius	mS/m	188	188	100,0	3	1,6	3	1,6	61,4	87,3	302
pH-Wert bei ...Grad Celcius	-	189	189	100,0	44	23,3	44	23,3	7,21	7,51	(4,69) 7,75
Sauerstoff	mg/l	188	187	99,5	-	-	-	-	9,5	10,5	11,3
Sauerstoffsae-ttigung	%	188	187	99,5	-	-	-	-	88	97	102
Ammonium	mg/l	188	52	27,7	0	0,0	0	0,0	<0,010	0,017	0,04
Nitrat	mg/l	188	188	100,0	23	12,2	17	9,0	13,4	45	90
Nitrit	mg/l	188	9	4,8	0	0,0	0	0,0	<0,01	<0,01	0,02
Phosphat,ortho-	mg/l	68	46	67,6	-	-	0	0,0	0,058	0,2	0,663
Aluminium	mg/l	57	39	68,4	2	3,5	2	3,5	0,007	0,036	0,461
Trichlorethan,1,1,1,-	mg/l	185	1	0,5	0	0,0	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0001
Trichlorethen	mg/l	185	10	5,4	2	1,1	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0297
Tetrachlorethen	mg/l	185	11	5,9	1	0,5	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0101
Dichlormethan	mg/l	185	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	-
Leichtfluechtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	mg/l	185	14	7,6	2	1,1	2	1,1	<0,0050	<0,0050	0,031
Tetrachlormethan	mg/l	185	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,0001	<0,0001	-
Trichlormethan	mg/l	185	10	5,4	0	0,0	-	-	<0,0001	<0,0001	0,0004
Dichlorethen, cis-1,2-	mg/l	185	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,005	<0,005	-
Chlorethen	mg/l	5	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,0050	<0,0050	-
Kohlenwasserstoff-Index	mg/l	155	0	0,0	0	0,0	-	-	<0,10	<0,10	-
Fluoranthren	ug/l	189	1	0,5	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006
Benzo(b)fluoranthren	ug/l	189	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Benzo(k)fluoranthren	ug/l	189	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Benzo(a)pyren	ug/l	189	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Benzo(ghi)perylene	ug/l	189	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Indeno(1,2,3-cd)pyren	ug/l	189	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Summe Polycyc.arom.Kohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	ug/l	189	1	0,5	0	0,0	0	0,0	<0,005	<0,005	0,006
Acenaphthylen	ug/l	161	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Acenaphthen	ug/l	189	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Fluoren	ug/l	189	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Phenanthren	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	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Pyren	ug/l	189	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Chrysen	ug/l	189	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Dibenzo(ah)anthracen	ug/l	189	0	0,0	-	-	-	-	<0,005	<0,005	-
Naphthalin	ug/l	189	1	0,5	-	-	-	-	<0,005	<0,005	0,006
Atrazin	ug/l	189	28	14,8	6	3,2	5	2,6	<0,01	0,02	0,23
Propazin	ug/l	189	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,02	<0,05	-
Simazin	ug/l	189	1	0,5	0	0,0	0	0,0	<0,01	<0,02	0,01
Terbutylazin	ug/l	189	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,01	<0,02	-
Desethylatrazin	ug/l	189	44	23,3	13	6,9	12	6,3	<0,02	0,06	0,51
Desisopropylatrazin	ug/l	189	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,02	<0,05	-
Desethylterbutylazin	ug/l	189	1	0,5	0	0,0	0	0,0	<0,02	<0,05	0,01
Metalaxyl	ug/l	189	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,03	<0,05	-
Metazachlor	ug/l	189	1	0,5	0	0,0	0	0,0	<0,02	<0,03	0,04
Metolachlor	ug/l	189	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,02	<0,05	-
Bromacil	ug/l	189	1	0,5	1	0,5	1	0,5	<0,05	<0,05	0,15
Hexazinon	ug/l	189	1	0,5	0	0,0	0	0,0	<0,02	<0,05	0,01
2,6-Dichlorbenzamid	ug/l	188	12	6,4	4	2,1	4	2,1	<0,05	<0,05	0,67

4 Ausblick und Berichtswesen

Messnetzbetrieb

Im Jahr 2002 steht turnusgemäß die Zustandserhebung des Grundwassers auf landwirtschaftlich relevante Parameter auf dem Programm. Daneben werden die bisher durchgeführten Controlling-Programme sowie die Untersuchungen im Rahmen verschiedener Berichtspflichten gegenüber dem Bund und der EU weitergeführt.

Nachdem die letztjährigen MTBE-Untersuchungen schwerpunktmäßig an besonders durch Kraftstofflecken gefährdeten Grundwassermessstellen stattgefunden haben, wird das Untersuchungsprogramm in 2002 mit dem Aspekt des luftgetragenen MTBE-Nachweises im gesamten Oberrheingraben und auf den westlichen Schwarzwald ausgeweitet.

Qualitätsverbesserung

Routinemäßige Qualitätsverbesserungen finden im Bereich der Messstellen-Dokumentation, der Probennahme und der Messwertplausibilisierung statt. Dies ist Voraussetzung für eine sachgerechte Bewertung der Daten und damit eine Daueraufgabe, die auch in den folgenden Jahren fortgeführt wird.

Datenverarbeitung

Nach der Einführung der Grundfunktionen Datenerfassung, Datenselektion und Datenauswertung konnte 2001 die zweite Stufe des WAABIS-Modul 8 „Grundwasserdatenbank“ den beteiligten ca. 70 Dienststellen der Landes- und Kommunalverwaltung ausgeliefert werden. Schwerpunkt war dabei die Visualisierung von Messwerten mit Diagrammen und Kartogrammen auch zur automatisierten Berichtserstellung. So konnten die Regionalberichte der Gewässerdirektionsbereiche und der vorliegende Bericht weitgehend mit Unterstützung der Grundwasserdatenbank erstellt werden. Für 2002 werden in der dritten Ausbaustufe hauptsächlich Funktionalitäten zur Verwaltung von Messstellenfotos und Dokumenten, neue Auswertungsmöglichkeiten für Entnahmemengendaten, die Darstellung von Isolinien für Grundwasserstände sowie die Unterstützung

der Einstufung von Wasserschutzgebieten im Rahmen der SchALVO zur Verfügung gestellt.

Berichtswesen – Neuerscheinungen

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 zahlenmäßige kurzfristige Entwicklung, Trendlinien die langfristige Tendenz über die letzten 30 Jahre und darüber hinaus. Texte bewerten die Situation, technische Stammdaten und Fotos liefern nähere Informationen zu den Messstellen: <http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt4/guq>. Unter der LfU-Adresse sind auf der Home-Page unter Umweltinformationen-Wasser auch Auszüge der jährlichen Berichte „Ergebnisse der Beprobungen“ einsehbar.

Der „**Jahresdatenkatalog Grundwasser 1995 - 2000**“ steht in der Reihe Grundwasserschutz Nr. 20 ab sofort zur Verfügung. Die **CD-ROM** enthält für die Jahre 1995 bis 2.000 physikalisch-chemische Messwerte für ca. 2.300 Messstellen, Grundwasserstandsdaten und Quellschüttungen für ca. 300 Messstellen. Eine grafische Benutzeroberfläche, kartografische und tabellarische Darstellungsmöglichkeiten, Diagramm- und Zeitreihenmodule, Exportmöglichkeiten in MS-EXCEL und MS-ACCESS erleichtern die Auswertbarkeit der Daten für Verwaltung und Ingenieurbüros u.a., z.B. bei Umweltverträglichkeitsprüfungen. Nicht enthalten sind die Grundwasserstands- und Quellschüttungsdaten der Regionalmessstellen der Gewässerdirektionsbereiche, die bei Datenanfragen dort bereitgestellt werden können.

Der „**Atlas des Grundwasserzustandes in Baden-Württemberg**“ mit Karten zur landesweiten Grundwasserbeschaffenheit ist in 2001 erschienen und ab sofort in der Reihe Grundwasserschutz als Nr. 19 erhältlich. Hierin werden die messstellengemittelten Analysenwerte der letz-

ten 10 Jahre aus den Punktdaten von 3.000 Grundwassermessstellen mittels Interpolation in die Fläche dargestellt. Einzelkarten mit flächendeckenden Übersichten über den qualitativen Grundwasserzustand liegen vor für 55 chemisch-physikalische Parameter, wie z.B. für Nitrat, Chlorid, Phosphat, Sauerstoff, Schwermetalle u.a. Strontium, Tritium, Uran, Molybdän, diverse Pflanzenschutzmittel, Chlorierte Kohlenwasserstoffe und auch für Komplexbildner wie EDTA. Die Regionalisierung der Punktdaten wurde mittels der Simple-Updating-Kriging-Methode und dem Indicator-Kriging (SIMIK⁺) vorgenommen. Das methodische Vorgehen und das Anwenderprogramm wurden für die LfU vom Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart entwickelt (A. Bardossy, H. Giese). Grundwasserbereiche mit hohen und niedrigen Konzentrationsflächen sind schnell identifizierbar und überschaubar. Die Karten sind als großräumige Planungsunterlagen geeignet und verhelfen Verwaltung und Ingenieurbüros u.a. zu einem schnellen Überblick über ihre großräumigen Planungsgebiete. Der Atlas wird auch auf CD-ROM geliefert.

Zur Grundwassermenge ist folgender Bericht erschienen: „**Grundwasseroberfläche im Oberrheingraben zwischen Karlsruhe und Mannheim** im Oktober 1986, April 1988 und September 1991“ (Reihe Grundwasserschutz: Nr. 18, Karlsruhe, 2001). Die sechs Grundwasserhöhengleichenkarten mit Beiheft können als Planungsunterlagen verwendet werden.

Der Bericht über das „**Innovative Statistik-Verfahren zur Berechnung von Trends aus kurzen Zeitreihen**“ ist in der Reihe Grundwasserschutz als Nr. 17 erschienen. Die Abteilung Stochastik der Uni Ulm (S. Böhm, V. Schmidt) hat für die LfU ein Verfahren entwickelt, welches es möglich macht, trotz kurzer Datenzeitreihen pro Messstelle, regionale Trendaussagen darzustellen. Voraussetzung dafür ist allerdings eine bestimmte große räumliche Messstellendichte.

In Zusammenarbeit der LfU und dem Ministerium für Umwelt und Verkehr mit dem Institut für Hydrologie der Universität Freiburg erschien der „**Wasser- und Boden-Atlas Baden-Württemberg (WaBoA)**“. Die bisherige Kartenlieferung in

2001 enthält thematische Karten zu Oberirdischen Gewässern, Boden und Bodenwasserhaushalt, Grundwasser, Gewässerökologie und Gewässerschutz. Weitere Ergänzungslieferungen sind in Arbeit. Der Atlas wird auch auf CD-ROM geliefert.

Aufgrund der großen Nachfrage wurden zwei LfU-Berichte in unveränderten Nachdrucken neu aufgelegt und sind damit wieder erhältlich: „**Geogen geprägte Hintergrundbeschaffenheit - Ergebnisse aus dem Basismessnetz**“ (3. Auflage) und „**Leitfaden für Probennahme und Analytik von Grundwasser**“ (Reihe Grundwasserschutz: Nr. 15, 2. Auflage).

Die „**Regionalberichte** des Grundwasserüberwachungsprogramms 2000“ - sind von folgenden Gewässerdirektionsbereichen veröffentlicht worden: Gewässerdirektion Südlicher Oberrhein/Hochrhein-**Bereich Rottweil** für die Landkreise Rottweil, Schwarzwald-Baar-Kreis, Tuttlingen und Konstanz; Gewässerdirektion Donau-Donensee - **Bereich Ulm**, für die Landkreise Tübingen, Reutlingen, Alb-Donau-Kreis und für die Stadt Ulm; Gewässerdirektion Nördlicher Oberrhein-**Bereich Freudenstadt** für die Landkreise Freudenstadt, Calw, Enzkreis und die Stadt Pforzheim und der **Bereich Karlsruhe** für die Landkreise Karlsruhe, Rastatt und die Städte Karlsruhe und Baden-Baden.

Die LfU-Berichte sind weiterhin unter der **Bezugsadresse** der Justizvollzugsanstalt (JVA) Mannheim erhältlich (s. Anhang oder Impressum), die Regionalberichte bei den o.g. Gewässerdirektions-Bereichen.

Die **Ergebnisse der Beprobung 2001** werden wieder in bewährter Weise für die einzelnen Landkreise ausgewertet und von den regionalen Behörden zur Verfügung gestellt.

Das grenzüberschreitende **INTERREG-Projekt** zum Grundwasser im Oberrheingraben hat Anfang 2002 begonnen. Diesmal ist auch Rheinland-Pfalz beteiligt, so dass das Projekt nahezu den gesamten Oberrhein erfassen wird.

Das Projekt Erhebung und Beschreibung der **Grundwasserfauna Baden-Württembergs** hat begonnen. Gemeinsam mit dem Institut für regionale Umweltforschung und Umweltbildung (IFU) am Institut für Biologie der Universität Koblenz-Landau wurden von der LfU 250 geeignete Messstellen ausgesucht. Im Schwarzwald, Odenwald und im gesamten nordöstlichen Landesteil war die Suche nach geeigneten Beobachtungsrohren sehr schwierig, da solche dort nach den älteren Messstellenerhebungen kaum existieren. Erst die neueren Hydrogeologischen Erhebungen (HGE) der letzten Jahre mit neuen Lageplänen brachten z.T. Abhilfe. Die erste Fangkampagne hat stattgefunden.

5 Literaturverzeichnis

Veröffentlichungen der letzten 5 bis 6 Jahre.

Weitere Veröffentlichungen sind im Internet unter <http://www.lfu.baden-württemberg.de/-Home> LfU - Über die LfU-Veröffentlichungen-Grundwasserschutz und über Umweltinformationen-Wasser einsehbar. Der monatlich aktualisierte Zustandsbericht über den Entwicklungsstand der Grundwasservorräte in Baden-Württemberg (Grundwasserstände und Quellschüttungen-GuQ) ist unter <http://www.lfu.baden-württemberg.de/lfu/abt4/quq> - in Karten, Ganglinien und Textform abrufbar.

5.1 Grundwasserüberwachungsprogramm Baden-Württemberg - Ergebnisse

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: „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-Ergebnisse der Beprobung 2000“. - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 16, 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.

Grimm-Strele, 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 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 (Hrsg.): „Grundwasserüberwachungsprogramm: Leitfaden für Probennahme und Analytik von Grundwasser“. - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 15, Karlsruhe, 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, Landratsamt Main-Tauberkreis, Gewässerdirektion Neckar-Bereich Künzelsau: „Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg-Taubertal“-Hydrologische Grundkarte mit Beiheft, Künzelsau, 2000.

LfU u.a., 2000

LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, Große Kreisstadt Pforzheim, Landratsamt Enzkreis, Gewässerdirektion Nördlicher Oberrhein-Bereich Freudenstadt: „Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg-Enztal“-Hydrologische Grundkarte mit Beiheft, Freudenstadt, 2000.

Grimm-Strele, 1999

Grimm-Strele, J.: „GWM - Grundlage für einen nachhaltigen Grundwasserschutz in Baden - Württemberg“. - In: Dresdner Grundwasserforschungszentrum e.V. (Hrsg.): 7. DVGW-Forschungstag - Fachtagung Grundwasser - Monitoring 1999 - Anforderungen, Probleme und Lösungen, Proceedings des DGFZ e.V. H. 17, S. 143 - 156, Dresden, 1999.

LfU, 1999

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

LfU, 1999

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

LfU, 1999

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

LfU, 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 Grundwasserbewirtschaftung Rhein-Neckar-Raum - Fortschreibung 1983 - 1998“. – Schubert mit 155 S., 18 Karten zu hydrogeologischen Schnitten, Grundwasseroberfläche, Druckverteilung, Grundwasserneubildung, Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung, Boden, Grundwasserbeschaffenheit, Ergebnisse des großräumigen Grundwassermodells, 1 CD-ROM, Stuttgart, Wiesbaden, Mainz, 1999.

Wingering, 1999

Wingering, M.: „Die Anwendung der Clusteranalyse bei der Auswahl repräsentativer Grundwassermessstellen in Baden-Württemberg“. - Hydrologie und Wasserbewirtschaftung, HW 43, H. 4: 174 - 183, Koblenz, 1999.

Grimm-Strele u. Issel, 1998

Grimm-Strele, J. u. Issel, W.: „Grundwasserüberwachung in urbanen Gebieten“. - In: Conradin, F. u.a. (Hrsg.): Handbuch Wasserversorgungs- und Abwassertechnik, Vulkan - Verlag, Essen, Bd. 2: 293 - 306, 1998.

LfU, 1998

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

LfU, 1998

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

LfU u.a., 1998

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

Bárdossy u.a., 1997

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

LfU, 1997

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

LfU, 1997

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

5.2 Fachspezifische EDV-Anwendungen

LfU, 2001

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: „Jahresdatenatlas 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 tabella-

rische 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-Fachanwendung 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. Kei-

tel, 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.

LfU, 2000

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: "Grundwasserüberwachungsprogramm - Das zentrale Umweltkompetenz-System ZEUS". - Anwendungsbeispiele zu DV- Auswertungsverfahren für Grundwassermenge und Hydrochemie: Grafik - z.B. Piper- und Rauten-Diagramm, Multivariate Statistikmethoden-z.B. Faktoren- und Clusteranalyse, Regelbasierte Verfahren, Zeitreihenanalyse, Geostatistik-z.B. Kriging". - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 11, Karlsruhe, 2000.

LfU, 2000

Landesanstalt für Umweltschutz Baden - Württemberg: "Beschaffenheit des Grundwassers, CD-ROM-Jahresdatenkatalog 1994-1998: Physikalisch-chemische Messwerte der Jahre 1994-1998 aus dem Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz des Landes". - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 13, Karlsruhe, 2000.

S&K, 2000

Schmidt und Krejci GbR: "Projekt Labdüs 2.0 - Beschreibung Schnittstellen". - Karlsruhe, 2000.

IITB, 1999

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

IITB, 1999

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

IITB, 1998

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

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	=	Rohwassermessstellen der öffentlichen Wasserversorgung
VF	=	Vorfeldmessstellen
EL	=	Emittentenmessstellen Landwirtschaft
EI	=	Emittentenmessstellen Industrie
ES	=	Emittentenmessstellen Siedlung
SE	=	Sonstige Emittentenmessstellen
QMN	=	Messstellen des Quellschichtmessnetzes

A 2 Messprogramme im Herbst 2001

Messprogramm „Vor-Ort-Parameter“

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

Messprogramm „Industrie-Leichtflüchtige Halogenierte Kohlenwasserstoffe - 7 LHKW (CKW)“

4 LHKW für die Summe LHKW nach aktueller TrinkwV v. 1990: 1,1,1-Trichlorethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen, Dichlormethan.

Zusätzlich: 1 Einzel-LHKW nach aktueller TrinkwV v. 1990: Tetrachlormethan.

Zusätzliche 2 Einzel-LHKW: Trichlormethan (Chloroform), cis-1,2-Dichlorethen.

„Zusätzliche Industrie-Sonderuntersuchung“

Chlorethen (Vinylchlorid, VC).

Messprogramm „Industrie-Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe-PAK“

6-PAK nach aktueller TrinkwV v. 1990: Fluoranthen, Benzo(b)fluoranthen, Benzo(k)fluoranthen, Benzo(a)pyren, Benzo(ghi)perylene, Indeno(1,2,3-cd)pyren.

Zusätzliche 10-PAK für die 16-PAK nach EPA: Acenaphthylen, Acenaphthen, Fluoren, Phenanthren, Anthracen, Benzo(a)anthracen, Pyren, Chrysen, Dibenzo(a,b)anthracen, Naphthalin.

Messprogramm „Pflanzenschutzmittel-PSM-1“

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

„Zusätzliches Pflanzenschutzmittel“

2,6-Dichlorbenzamid an allen Landesmessstellen.

Aus dem Messprogramm „Landwirtschaft“

Ammonium, Nitrat, Nitrit.

A 3 Statistische Verfahren

A 3.1 Rangstatistik

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

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

A 3.2 Rangstatistik und Boxplot

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

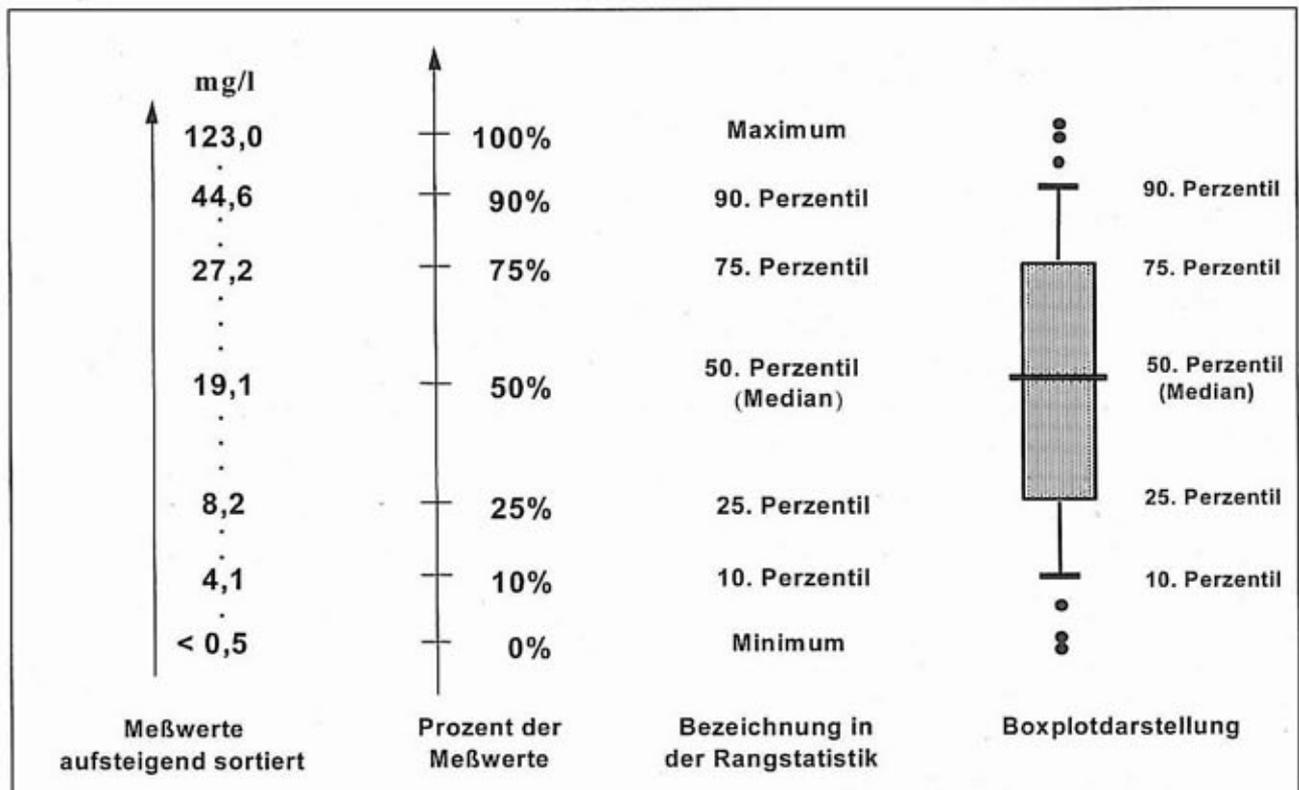


Abbildung A1: Beispiel für die Rangstatistik und die Boxplotdarstellung.

A 3.3 Zeitreihenstatistik: Trends an konsistenten Messstellengruppen

Soll der Trend nicht für einzelne Messstellen, sondern für ganze Gruppen von Messstellen beschrieben werden, muss es sich aus Gründen der Vergleichbarkeit hierbei um immer die gleichen Messstellen handeln (konsistente Messstellengruppen). Im betrachteten Zeitraum muss aus jedem Jahr mindestens ein Messwert vorliegen. Um keine Verzerrungen durch jahreszeitliche Schwankungen zu erhalten, werden nur die Messwerte der Monate September bis November herangezogen. In diesem Zeitraum findet immer die Herbstbeprobung statt. Liegen innerhalb dieses Zeitfensters mehrere Analysen vor, wird der Medianwert für die betreffende Messstelle berechnet.

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

A 4 Bestimmungsgrenze, Rechenvorschriften, Grenzwert, Warnwert

- Bei der Angabe „Anzahl Messstellen mit Messwerten größer Bestimmungsgrenze“ ist zu berücksichtigen, dass die Bestimmungsgrenzen eines Parameters von Labor zu Labor z.T. unterschiedlich sind (Tab. A.1). Bei den Auswertungen führt dies dazu, dass z.B. ein kleinerer Konzentrationswert (z.B. „0,03 µg/l“) als positiver Befund bewertet wird, während der höhere Zahlenwert bei Angabe von „< 0,05 µg/l“ als negativer Befund angesehen werden muss.
- Lag von einer Messstelle mehr als eine Analyse im Berichtszeitraum vor, wurde jeweils der Medianwert dieser Daten angesetzt. Bei der Ermittlung des Maximums wurde auf die Einzelwerte zurückgegriffen.
- Rechenvorschrift zur Berechnung der Summenparameter: „Summe LHKW nach TrinkwV“:
Für die Ermittlung der „Summe LHKW nach TrinkwV“ und „Summe PAK nach TrinkwV“ gibt es keine allgemeingültige Rechenvorschrift. Der Parameter „Summe LHKW nach TrinkwV“ wird definitionsgemäß aus der Summe der Stoffe 1,1,1,-Trichlorethan, Trichlorethen, Tetrachlorethen und Dichlormethan gebildet. Entsprechend Trinkwasserverordnung beträgt der Grenzwert 0,010 mg/l. Die Bestimmungsgrenze für die ersten drei der genannten Stoffe beträgt 0,0001 bis 0,001 mg/l, für Dichlormethan jedoch meist 0,005 bis 0,020 mg/l. Nach der in der Grundwasserdatenbank angewandten Rechenvorschrift für die Summenbildung der LHKW (Tabelle A1) kann beispielsweise der Summenwert „< 0,020 mg/l“ lauten. Ohne Berücksichtigung des „<“-Zeichens, d.h. nur bei Vergleich der reinen Zahlenwerte wäre damit der Grenzwert der TrinkwV überschritten, was naturgemäß zu einer nicht zutreffenden hohen Zahl von Grenzwertüberschreitungen führen würde. Bei den vorliegenden und auch bei allen Auswertungen der vergangenen Jahre werden daher zunächst alle Summenwerte mit „<“-Zeichen ausgeschieden und dann erst gegen den Grenzwert geprüft. Bei der Verarbeitung der Daten in der Grundwasserdatenbank wird daher folgende Vorgehensweise praktiziert:

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

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

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

Parameter	Dimension	Bestimmungsgrenzen*	Mindestbestimmungsgrenzen	WW	GW
Temperatur	Grad C	entfällt	entfällt	20	25
Leitfähigkeit, elektrisch bei ...Grad Celsius	mS/m	entfällt	entfällt	160	200
pH-Wert bei ...Grad Celsius	-	entfällt	entfällt	(6,5) 9,5	(6,5) 9,5
Sauerstoff	mg/l	0,1 / 0,2 / 0,5	0,5	-	-
Sauerstoffsättigung	%	1,0 / 5,0	entfällt	-	-
Ammonium	mg/l	0,003 / 0,005 / 0,010 / 0,050	0,01	0,4	0,5
Nitrat	mg/l	0,1 / 0,2 / 0,3 / 0,4 / 0,5	0,5	40	50
Nitrit	mg/l	0,01 / 0,02	0,01	0,08	0,1
Phosphat, ortho-	mg/l	0,010 / 0,030 / 0,050	0,03	-	6,7
Aluminium	mg/l	0,003 / 0,005 / 0,020	0,005	0,16	0,2
Trichlorethan, 1,1,1,-	mg/l	0,0001	0,0001	0,005	-
Trichlorethen	mg/l	0,0001 / 0,0010	0,0001	0,005	-
Tetrachlorethen	mg/l	0,0001 / 0,0010	0,0001	0,005	-
Dichlormethan	mg/l	0,002 / 0,005	0,005	0,008	-
Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	mg/l	0,0020 / 0,0050	entfällt	0,008	0,01
Tetrachlormethan	mg/l	0,0001	0,0001	0,0024	0,003
Trichlormethan	mg/l	0,0001	0,0001	0,005	-
Dichlorethen, cis-1,2-	mg/l	0,004 / 0,005	0,005	0,01	-
Chlorethen	mg/l	0,0001 / 0,0010 / 0,0030 / 0,0050	0,005	0,005	-
Kohlenwasserstoff-Index	mg/l	0,05 / 0,10	0,1	0,1	-
Fluoranthren	ug/l	0,001 / 0,005 / 0,010 / 0,020	0,01	-	-
Benzo(b)fluoranthren	ug/l	0,001 / 0,005 / 0,010	0,01	-	-
Benzo(k)fluoranthren	ug/l	0,001 / 0,005 / 0,010	0,01	-	-
Benzo(a)pyren	ug/l	0,001 / 0,005 / 0,010	0,01	-	-
Benzo(ghi)perylene	ug/l	0,001 / 0,005 / 0,010 / 0,020	0,01	-	-
Indeno(1,2,3-cd)pyren	ug/l	0,001 / 0,005 / 0,010 / 0,040	0,01	-	-
Summe Polycyc. arom. Kohlenwasserstoffe [n. TrinkwV v. 05.12.1990]	ug/l	0,001 / 0,005 / 0,010 / 0,040	0,01	0,05	0,2
Acenaphthylen	ug/l	0,005	entfällt	-	-
Acenaphthen	ug/l	0,001 / 0,005 / 0,010	entfällt	-	-
Fluoren	ug/l	0,001 / 0,005	entfällt	-	-
Phenanthren	ug/l	0,001 / 0,005	entfällt	-	-
Anthracen	ug/l	0,001 / 0,005	entfällt	-	-
Benzo(a)anthracen	ug/l	0,001 / 0,005	entfällt	-	-
Pyren	ug/l	0,001 / 0,005	entfällt	-	-
Chrysen	ug/l	0,001 / 0,005	entfällt	-	-
Dibenzo(ah)anthracen	ug/l	0,001 / 0,005	entfällt	-	-
Naphthalin	ug/l	0,001 / 0,005	entfällt	-	-
Atrazin	ug/l	0,01 / 0,02 / 0,05	0,02	0,08	0,1
Propazin	ug/l	0,01 / 0,02 / 0,03 / 0,05	0,05	0,08	0,1
Simazin	ug/l	0,01 / 0,02	0,02	0,08	0,1
Terbutylazin	ug/l	0,01 / 0,02	0,02	0,08	0,1
Desethylatrazin	ug/l	0,01 / 0,02 / 0,03 / 0,05	0,02	0,08	0,1
Desisopropylatrazin	ug/l	0,01 / 0,02 / 0,03 / 0,05	0,02	0,08	0,1
Desethylterbutylazin	ug/l	0,01 / 0,02 / 0,03 / 0,05	0,02	0,08	0,1
Metalaxyl	ug/l	0,01 / 0,02 / 0,03 / 0,05	0,05	0,08	0,1
Metazachlor	ug/l	0,01 / 0,02 / 0,03 / 0,05	0,05	0,08	0,1
Metolachlor	ug/l	0,01 / 0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,1
Bromacil	ug/l	0,01 / 0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,1
Hexazinon	ug/l	0,01 / 0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,1
2,6-Dichlorbenzamid	ug/l	0,01 / 0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,1

Tabelle A2: Bei der Beprobung 2001 häufig auftretende Bestimmungsgrenzen sowie Warnwerte (WW) des Grundwasserüberwachungsprogrammes und Grenzwerte (GW) nach Trinkwasserverordnung vom 05.12.1990. (MW = Messwert). **Hinweise zu Tabelle A 2:** *Bestimmungsgrenzen, die in weniger als 3 % der Fälle auftreten, sind nicht berücksichtigt. Bestimmungsgrenzen, die in mehr als 30% der Fälle auftreten, sind fett gedruckt. Die im Grundwasserüberwachungsprogramm geforderten Mindestbestimmungsgrenzen sind extra aufgeführt. 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 Anlage 2 und Anlage 4 der Trinkwasserverordnung vom 05.12.1990 entnommen. Diese Grenzwerte gelten nur für Trinkwasser. Die Anwendung der Trinkwassergrenzwerte als Grenzwerte im rechtlichen Sinne auf nicht für Trinkwasserzwecke verwendetes Grundwasser ist nicht zulässig und geschieht hier nur hilfsweise für Vergleichszwecke. Für das Grundwasser gilt das Vorsorgeprinzip, das die Festlegung von Grenzwerten, Richtwerten oder ähnlichen Vorgaben ausschließt. Grundwasserfremde Stoffe dürfen grundsätzlich nicht ins Grundwasser gelangen.
- Warnwerte (WW) wurden im Rahmen des Grundwasserüberwachungsprogrammes festgelegt und haben keinen rechtlichen Charakter. Sie orientieren sich i.a. an gesetzlichen Grenz- und Richtwerten sowie an sonstigen Empfehlungen (z.B. 80 % des Trinkwassergrenzwertes). Sie werden bei Bedarf neueren Erkenntnissen angepasst.

A 5 Darstellung von Konzentrationen in Karten

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

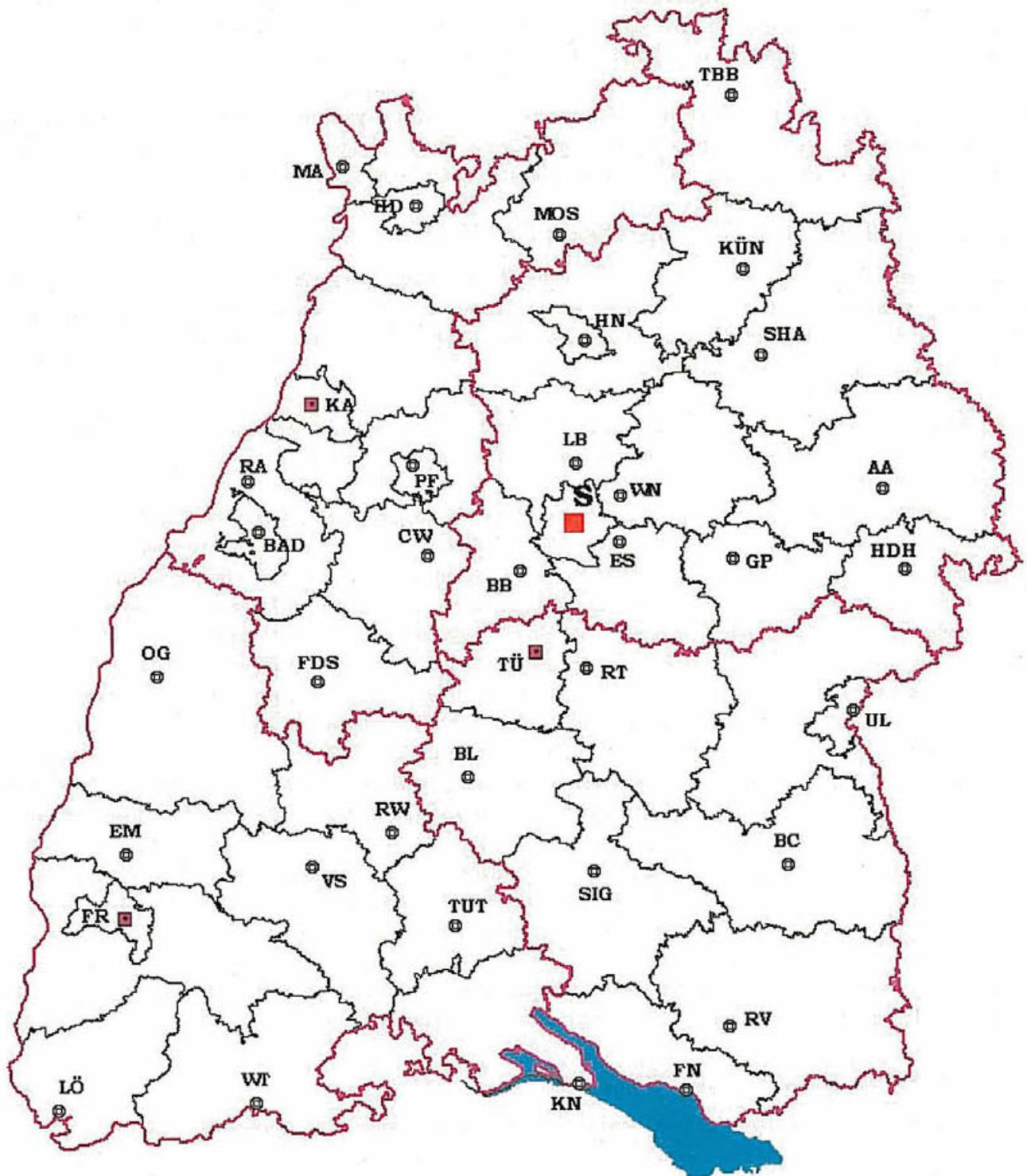
- | | | |
|--|---|---|
| • Hellblau, oder kleiner schwarzer oder weißer Punkt | = | geogene Hintergrundbeschaffenheit, oder bei grundwasserfremden Stoffen Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze |
| • dunkelblau | = | Konzentrationen bis etwas oberhalb der Hintergrundbeschaffenheit oder bei grundwasserfremden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

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

A 6 Hinweise zu den Statistiktabelle

- Die regional unterschiedliche, geogen bedingte Hintergrundbeschaffenheit ist nicht berücksichtigt.
- Als Maximum wird der höchste positive Befund angegeben.
- Bei der Angabe „Anzahl Messstellen mit Messwerten größer Bestimmungsgrenze“ ist zu berücksichtigen, dass die Bestimmungsgrenzen von Labor zu Labor z.T. unterschiedlich sind. Dieses Problem führt dazu, dass z.B. ein Wert 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.

**Veröffentlichungen der Reihe
Handbuch Wasser 3
ISSN 0941-780X**

Titel	Band	Jahr der Herausgabe	Preis (falls lieferbar)
Grundwasserüberwachungsprogramm Rahmenkonzept Grundwassermeßnetz	1	1996	-,-
Grundwasserüberwachungsprogramm Ergebnisse der Beprobung 1996	2	1997	12 €
Grundwasserüberwachungsprogramm Einfluß der Probenahme auf die Ergebnisse von LHKW-Befunden	3	1997	8 €
Grundwasserversauerung in Baden-Württemberg	4	1998	18 €
Grundwasserüberwachungsprogramm Ergebnisse der Beprobung 1997	5	1998	12 €

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

Grundwasserüberwachungsprogramm Ergebnisse der Beprobung 1998	6	1999	12 €
Pilotprojekt Karlsruhe: Änderungen der Grundwasserbeschaffenheit auf dem Fließweg unter der Stadt - Auswertung und Ergebnisse -	7	1999	12 €
Arzneimittelrückstände und endokrin wirkende Stoffe in der aquatischen Umwelt - Literaturrecherche -	8	2000	9 €
Grundwasserüberwachungsprogramm Beprobung von Grundwasser - Literaturstudie -	9	1999	9 €
Grundwasserüberwachungsprogramm Rahmenkonzept Grundwassermessnetz	10	2000	8 €
Grundwasserüberwachungsprogramm Das zentrale Umweltkompetenzsystem ZEUS	11	2000	8 €
Grundwasserüberwachungsprogramm Grundwasseroberfläche im Oktober 1986 und April 1988 im Oberrheingraben zwischen Karlsruhe und Basel - Erläuterungen und Karten -	12	2000	23 €
Grundwasserüberwachungsprogramm Beschaffenheit des Grundwassers Jahresdatenkatalog 1994 – 1998 CD-ROM	13	2000	31€
Grundwasserüberwachungsprogramm Ergebnisse der Beprobung 1999	14	2000	12 €
Grundwasserüberwachungsprogramm Leitfaden für Probenahme und Analytik von Grundwasser	15	2000	8 €

Titel	Band	Jahr der Herausgabe	Preis (falls lieferbar)
Grundwasserüberwachungsprogramm Ergebnisse der Beprobung 2000	16	2001	15 €
Statistische Signifikanztests zur Bewertung von Änderungen der Grundwasserbeschaffenheit	17	2001	12 €
Grundwasseroberfläche im Oktober 1986, April 1988 und September 1991 im Oberrheingraben - Erläuterungen und Karten -	18	2001	23 €
Atlas des Grundwasserzustandes in Baden-Württemberg	19	2001	40 €
Elektronischer Jahresdatenkatalog Grundwasser 1995 – 2000	20	2001	31 €



LANDESANSTALT FÜR
UMWELTSCHUTZ
BADEN-WÜRTTEMBERG