

Grundwasser- überwachungsprogramm Ergebnisse der Beprobung 2000



Grundwasser- überwachungsprogramm Ergebnisse der Beprobung 2000



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

Karlsruhe 2001

Impressum

Herausgeber	Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 76157 Karlsruhe • Postfach 21 07 52 http://www.lfu.baden-wuerttemberg.de
ISSN	1437-0131 (Bd. 16, 2001)
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	DM 30,- € 15,-

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

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	6
Die wichtigsten Ergebnisse im Überblick	7
1 Grundwassermessnetz Baden-Württemberg	12
1.1 Zielsetzung	12
1.2 Organisation des Landesmessnetzes	12
1.3 Organisation des Kooperationsmessnetzes	13
1.4 Qualitätssicherungen im Rahmen des Messnetzbetriebes	13
1.4.1 Stammdaten der Messstellen	13
1.4.2 Messwerte zur Grundwasserbeschaffenheit	16
1.5 Datenverarbeitung für das Grundwassermessnetz	16
2 Das Grundwasser 2000 in Baden-Württemberg	19
2.1 Hydrologische Situation	19
2.2 Grundwasserneubildung aus Niederschlägen	21
2.3 Die Grundwasservorräte 2000 in Baden-Württemberg	23
2.3.1 Datengrundlage und allgemeine Zustandsbeschreibung	23
2.3.2 Überregionale Grundwasserverhältnisse	23
2.4 Nitrat	27
2.4.1 Statistische Kennzahlen für die verschiedenen Emittentengruppen	27
2.4.2 Räumliche Verteilung	27
2.4.3 Regionalisierung	29
2.4.4 Zeitliche Veränderungen	31
2.4.5 Nitratentwicklung innerhalb und außerhalb von Wasserschutzgebieten	35
2.4.6 Bewertung	35
2.5 Pflanzenschutzmittel (PSM)	38
2.5.1 Zulassung, Verwendung, Klassifizierung, Umweltrelevanz	38
2.5.2 Probennahme und Analytik	39
2.5.3 Bisher untersuchte Wirkstoffe	40
2.5.4 Triazine	42
2.5.5 Phenylharnstoffe und andere stickstoffhaltige Herbizide	51

2.5.6	Weitere Herbizide und Fungizide	55
2.5.7	Bewertung der derzeitigen Gesamtsituation.....	59
2.6	MTBE - Methyltertiärbutylether - Pilotuntersuchungen	61
2.6.1	Benzinzusatz MTBE	61
2.6.2	Ergebnisse	61
2.6.3	Bewertung	62
2.7	Arzneimittelwirkstoffe	62
2.7.1	Problemstellung	62
2.7.2	Sonderuntersuchungsprogramm	63
2.7.3	Ergebnisse	64
2.7.4	Bewertung	65
2.8	Versauerung - pH-Wert	67
2.8.1	Problembeschreibung, Bedeutung	67
2.8.2	Landesweite Situation, räumliche Verteilung, Tendenzen, Bewertung	67
2.9	Sauerstoff	70
2.9.1	Bedeutung, natürliches Vorkommen und anthropogene Beeinflussungen	70
2.9.2	Landesweite Situation, Regionalisierung, Bewertung	71
3	Statistische Übersichten der Teilmessnetze	76
3.1	Trendmessnetz (TMN) – Menge - Grundwasser und Quellen	76
3.2	Gesamtmessnetz - Beschaffenheit	78
3.3	Basismessnetz (BMN)	80
3.4	Rohwassermessstellen (RW)	82
3.5	Emittentenmessstellen Landwirtschaft (EL)	84
3.6	Emittentenmessstellen Industrie (EI)	86
3.7	Emittentenmessstellen Siedlung (ES)	88
3.8	Quellmessnetz (QMN)	90
4	Ausblick und Berichtswesen	92
5	Literaturverzeichnis	94
5.1	Grundwasserüberwachungsprogramm Baden-Württemberg – Ergebnisse	94
5.2	Fachspezifische EDV - Fachanwendungen	96

Anhang	98
A 1 Messstellenarten	98
A 2 Messprogramme im Herbst 2000	98
A 3 Statistische Verfahren	99
A 3.1 Rangstatistik	99
A 3.2 Rangstatistik und Boxplot	99
A 3.3 Zeitreihenstatistik: Trends an konsistenten Messstellengruppen	100
A 4 Bestimmungsgrenze, Rechenvorschriften, Grenzwert, Warnwert	100
A 5 Darstellung von Konzentrationen in Karten	102
A 6 Hinweise zu den Statistiktabelle	102
A 7 Kopiervorlage mit Land- und Stadtkreisen zur Erstellung einer Orientierungsfolie für die Konzentrationskarten	103

Abkürzungsverzeichnis

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

Chemische Parameter:

AOX	=	Adsorbierbare, organisch gebundene Halogene
DOC	=	Organisch gebundener Kohlenstoff
BTXE	=	Benzol, Toluol, Xylol, Ethylbenzol (organische Lösemittel)
DE-Atrazin	=	Desethylatrazin
DI-Atrazin	=	Desisopropylatrazin
EDTA	=	Ethylendiamintetraessigsäure (organischer Komplexbildner)
LHKW	=	Leichtflüchtige Halogenkohlenwasserstoffe
KW	=	Kohlenwasserstoffe
MTBE	=	Methyltertiärbutylether
NTA	=	Nitritotriessigsäure (organischer Komplexbildner)
PAK	=	Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe
PSM	=	Pflanzenschutzmittel
SAK	=	Spektraler-Absorptions-Koeffizient
mg / l / Jahr	=	Änderung in Milligramm pro Liter und Jahr

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 2.699 Messstellen des Landesmessnetzes untersucht. Die Untersuchungskosten an 2.132 Messstellen trägt das Land. Die Wasserversorgungswirtschaft stellte die Daten von 781 Messstellen als Kooperationsbeitrag zur Verfügung.

Nachdem 1996 und 1997 die landwirtschaftlich relevanten, 1998 die industrierelevanten und 1999 die „geogenen“ Parameter untersucht wurden, standen 2000 wieder die landwirtschaftstypischen Untersuchungen im Vordergrund.

Die quantitative Grundwassersituation des Jahres 2000 stellt sich wie folgt dar:

- Die Jahressummen der Niederschläge entsprachen insgesamt langjährig mittleren bis leicht unterdurchschnittlichen Verhältnissen. Die Niederschlagsverteilung zeichnete sich durch starke monatliche Kontraste aus, wobei insbesondere der Juli stark überdurchschnittliche Niederschläge aufwies.
- Dadurch trat auch während der Sommermonate nahezu ununterbrochen ein Sickerungsprozess auf, so dass die Grundwasserneubildung aus Niederschlägen trotz der mittleren Niederschläge deutlich überdurchschnittlich war.
- Insgesamt waren die Grundwasserstände und Quellschüttungen im Jahr 2000 leicht überdurchschnittlich, lagen jedoch niedriger als im nassen Vorjahr.
- Die kurzfristige Entwicklung (10 Jahre) ist mit wenigen Ausnahmen steigend.
- Bei der mittelfristigen Entwicklung (20 Jahre) ist mittlerweile ein Wendepunkt erreicht. Seit letztem Jahr ist der Trend in allen Landesteilen ausgeglichen.
- Die langfristige Entwicklung (50 Jahre) der Grundwasserstände ist aber nach wie vor überwiegend fallend.

Die qualitative Grundwassersituation des Jahres 2000 stellt sich wie folgt dar:

- Nitrat und einzelne Pflanzenschutzmittel (PSM) sind nach wie vor die Hauptbelastungen des Grundwassers.
- Die Nitratbelastung ist anhaltend hoch. An jeder zehnten Messstelle wird der Nitratgrenzwert der Wasserrahmenrichtlinie (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 34,8 % deutlich höher als z.B. bei den Rohwassermessstellen mit 11,2 %.
- Im Vergleich zu den Vorjahren ergibt sich eine erfreuliche Abnahme, die mittleren Gehalte (Mittelwert, Median) nehmen für alle Teilmessnetze außer dem Basismessnetz z. T. deutlich ab.
- 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 nach wie vor am häufigsten nachweisbar. Auch zehn Jahre nach dem Verbot finden sich diese Stoffe immer noch an 22,0 % bzw.

28,7 % aller Messstellen. Dies zeigt die umweltrelevante Langlebigkeit dieser Agrochemikalie auf.

Überschreitungen des Grenzwertes nach der Wasserrahmenrichtlinie finden sich noch an 1,8 % bzw. 5,0 % aller Messstellen, d.h. an jeder zwanzigsten Messstelle überschreitet die Desethylatrazinkonzentration den Grenzwert. Warnwertüberschreitungen finden sich an 2,6 % bzw. an 6,5 % 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. Gegenüber 1995 ist die Messstellenanzahl mit Warn- und Grenzwertüberschreitungen bei beiden Stoffen um 40 % bis 60 % gesunken.

- Das Abbauprodukt **2,6-Dichlorbenzamid** des Totalherbizids Dichlobenil, aber auch das Herbizid **Bentazon** stellen sich als problematisch dar, mit zunehmender Tendenz gegenüber den Vorjahren.

Die Anwendung des ehemals vor allem im Weinbau eingesetzten Herbizids Dichlobenil ist seit 1991 in Trinkwasserschutzgebieten verboten. Seitdem ist Dichlobenil auch für viele Kulturpflanzen, wie z.B. den Weinbau, nicht mehr zugelassen, auch außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten. Weitere Anwendungsbereiche waren Grünland, Garten- und Obstbau, Baumschulen, im Forst und Hausgarten und auf Nichtkulturland wie Verkehrswegen. Seit März 2001 ist die Zulassung generell ausgesetzt. Gegenüber 1997 ist die Nachweisquote von 2,6-Dichlorbenzamid um 1,3 % gestiegen.

Das hauptsächlich im Ackerbau eingesetzte Bentazon kann sowohl innerhalb als auch außerhalb von Wasserschutzgebieten eingesetzt werden.

Während das Dichlorbenil nicht auffällig ist, findet man sein Abbauprodukt 2,6-Dichlorbenzamid mittlerweile an jeder fünfzehnten Messstelle. Auch erreicht 2,6-Dichlorbenzamid die nach Desethylatrazin zweithäufigste Warn- und Grenzwertüberschreitungsquote

aller untersuchten PSM.

Ähnliches gilt für das Herbizid Bentazon. Es wird an jeder zwanzigsten Messstelle gefunden. Die landesweite Grenzwertüberschreitungsquote von 1,4 % ist die fünfgrößte aller untersuchten PSM.

- **Andere Totalherbizide** wie Bromacil, Diuron und Hexazinon sind hauptsächlich im Einzugsgebiet nichtlandwirtschaftlicher Flächen, wie Gleisanlagen, Betriebsflächen und Parkplätzen zu finden. Ihre Anwendung ist inzwischen generell oder teilweise nicht mehr zugelassen. Die Anwendungsverbote müssen beibehalten werden, da die Belastungen in 2000 nach wie vor hoch sind, wie schon in 1995 und 1996.
- Die Untersuchungen aus dem Jahr 1998 auf den Kraftstoffzusatz **Methyltertiärbuthylether (MTBE)** an 26 besonders gefährdeten Messstellen wurden im Jahr 2000 wiederholt. Die Befunde haben sich im wesentlichen bestätigt. In acht Fällen war MTBE nachweisbar.
- Die Ergebnisse des Sonderuntersuchungsprogramms auf **Arzneimittelwirkstoffe und hormonähnlich wirksame Substanzen** aus dem Jahr 1998 wurden durch Wiederholungsmessungen im Jahr 1999 und 2000 überprüft. Die Stoffe, die bereits 1998 nachgewiesen wurden, wurden auch in den Folgejahren gefunden. Die Konzentrationen der einzelnen Wirkstoffe unterliegen gewissen Schwankungen, einheitliche Trends zeichnen sich allerdings nicht ab. Durch eine empfindlichere Bestimmungsgrenze im Jahr 2000 (von 25 ng/l auf 10 ng/l) ergab sich eine Zunahme der positiven Befunde der Industriechemikalie **Bisphenol A**. An fast 70 % der untersuchten 22 Messstellen wurde **iso-Nonylphenol** - ebenfalls ein Stoff mit hormoneller Wirkung - nachgewiesen.
- **Niedrige pH-Werte** mit Grenzwertüberschreitungen werden erwartungsgemäß in Gebieten mit weichen Wässern im Schwarzwald und Odenwald gemessen. Allerdings stagniert die Versauerungstendenz erfreulicherweise.

- Bei Nitrit und Ammonium gibt es landesweit Warn- und Grenzwertüberschreitungen an nur 1 % bis 3 % aller Messstellen. Im Rohwasser für die Trinkwassernutzung sind nur wenige Warn- bzw. Grenzwertüberschreitungen festzustellen (bis 0,5 %), im landwirtschaftlichen Bereich an bis zu 1,6 % der Messstellen. Dagegen liegt die Anzahl der Überschreitungen im Industrie- und Siedlungsbereich zwischen 2 % und 6 %. Dies ist z.T. auf natürliche Prozesse zurückzuführen, aber auch auf Abwasseremissionen aus undichten Kanälen, welche sich bei den hier gleichzeitig, von der Versiegelung geförderten, sehr geringen Sauerstoffgehalten redoxabhängig bemerkbar machen.

Fazit:

- Insgesamt bewegen sich die Grundwasserstände und Quellschüttungen im Jahr 2000 auf leicht überdurchschnittlichem Niveau. Außergewöhnlich war in 2000 eine Grundwasserneubildung auch in den Sommermonaten.
- Die kurzfristige Entwicklung der letzten 10 Jahre ist mit wenigen Ausnahmen steigend.
- Bei der mittelfristigen Entwicklung der letzten 20 Jahre ist ein Wendepunkt erreicht. Seit 2000 ist der Trend in allen Landesteilen generell ausgeglichen, wogegen der 50-Jahre-Trend immer noch fallend ist.
- 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.
- Die Anzahl der Warn- und Grenzwertüberschreitungen bei Nitrat nimmt gegenüber dem Vorjahr ab, landesweit um je etwa ein Prozent, im landwirtschaftlichen Bereich sogar um je etwa zwei Prozent.
- Der seit 1994 leicht fallende Nitrat-Trend wird nach der leichten Zunahme in 1999 durch eine deutliche landesweite Abnahme in 2000 verstärkt. Diese Abnahme ist gleichermaßen innerhalb wie außerhalb von Wasserschutzgebieten feststellbar. Das mittlere Belastungsniveau liegt unter dem Niveau von 1992 und damit auf dem geringsten Niveau seit dem landesweit vollständigen Messbeginn vor acht Jahren. Die meisten Abnahmen gibt es eindeutig im landwirtschaftlichen Bereich, die Belastung liegt hier aber erst knapp unter dem Niveau von 1992.
- Gründe für die Nitratabnahmen liegen im nun offenbar auch im Grundwasser sichtbaren geringeren Düngemiteleinsatz in der Landwirtschaft und in der mittlerweile veränderten Landbewirtschaftung.
- Die Atrazin- und Desethylatrazinbelastungen nehmen in den letzten Jahren deutlich ab, sind aber immer noch so hoch, dass sie bei den Pflanzenschutzmitteln immer noch die Hauptbelastungen darstellen. Die Abnahmen sind als umweltpolitischer Erfolg der baden-württembergischen und bundesweiten Atrazin-Verbote zu werten. Aber auch zehn Jahre nach dem Verbot finden sich diese Stoffe als „landwirtschaftliche Altlasten“ immer noch an jeder fünften bzw. vierten Messstelle.
- Das PSM-Abbauprodukt 2,6-Dichlorbenzamid ist mittlerweile die PSM-Substanz mit den landesweit zweithäufigsten Warn- und Grenzwertüberschreitungen, obwohl für den Ausgangswirkstoff Dichlobenil schon seit 1991 ein Verbot in Wasserschutzgebieten und Dichlobenil für verschiedene Pflanzenkulturen nicht mehr zugelassen ist. Seit März 2001 ist die bundesweite Dichlobenil-Zulassung ausgesetzt.
- 2,6-Dichlorbenzamid findet sich derzeit an jeder fünfzehnten und Bentazon an jeder zwanzigsten Messstelle. Bei den überall hohen Befundraten und Grenzwertüberschreitungen – auch im Siedlungs- und Rohwasserbereich – und der steigenden Nachweistendenz sprechen Grundwasser-schutzaspekte für ein generelles Zulassungs- und Anwendungsverbot von Dichlobenil und von Bentazon.

- Die aktuellen Belastungen durch andere Totalherbizide, wie Bromacil, Diuron und Hexazinon, sind weiterhin hoch. Die generellen oder Teilanwendungsverbote für diese Wirkstoffe sollten daher beibehalten werden.
- Auswertungen von Diuron-Belastungen im Bereich von Gleisanlagen belegen dort eindeutig eine höhere Grundwasserbelastung als in Bereichen ohne Gleisanlagen. Das Anwendungsverbot von Diuron auf Gleisanlagen muss daher bestehen bleiben.
- Bei der Grundwasserversauerung kann es weiterhin keine Entwarnung geben. Die Versauerungstendenz stagniert gegenüber den letzten Jahren.
- Der stichprobenartig wiederholt untersuchte Kraftstoffzusatz MTBE wurde an einigen besonders gefährdeten Messstellen in der Nähe von Tankstellen, Raffinerien, Güterbahnhöfen und Bundesstraßen gefunden.
- Die stichprobenhaften Sonderuntersuchungen zu Arzneimittelwirkstoffen und hormonähnlich wirksamen Substanzen an einigen Messstellen bestätigen die bisherigen Ergebnisse. Einheitliche Trends zeichnen sich nicht ab. Die Positiv-Befunde der hormonähnlich wirkenden Industriechemikalie Bisphenol A nehmen zu. Oft zu finden ist auch der neu detektierte Stoff „iso-Nonylphenol“ mit ebenfalls hormonähnlicher Wirkung. Der Belastungspfad über Abwässer aus undichten Kanälen oder Flussuferfiltrat ist nachgewiesen.
- Die großräumigen Belastungsverhältnisse des Grundwassers geben weiterhin Anlass zur Besorgnis. Bereits eingeleitete Schutzmaßnahmen sind weiter zu verfolgen bzw. zu verbessern.

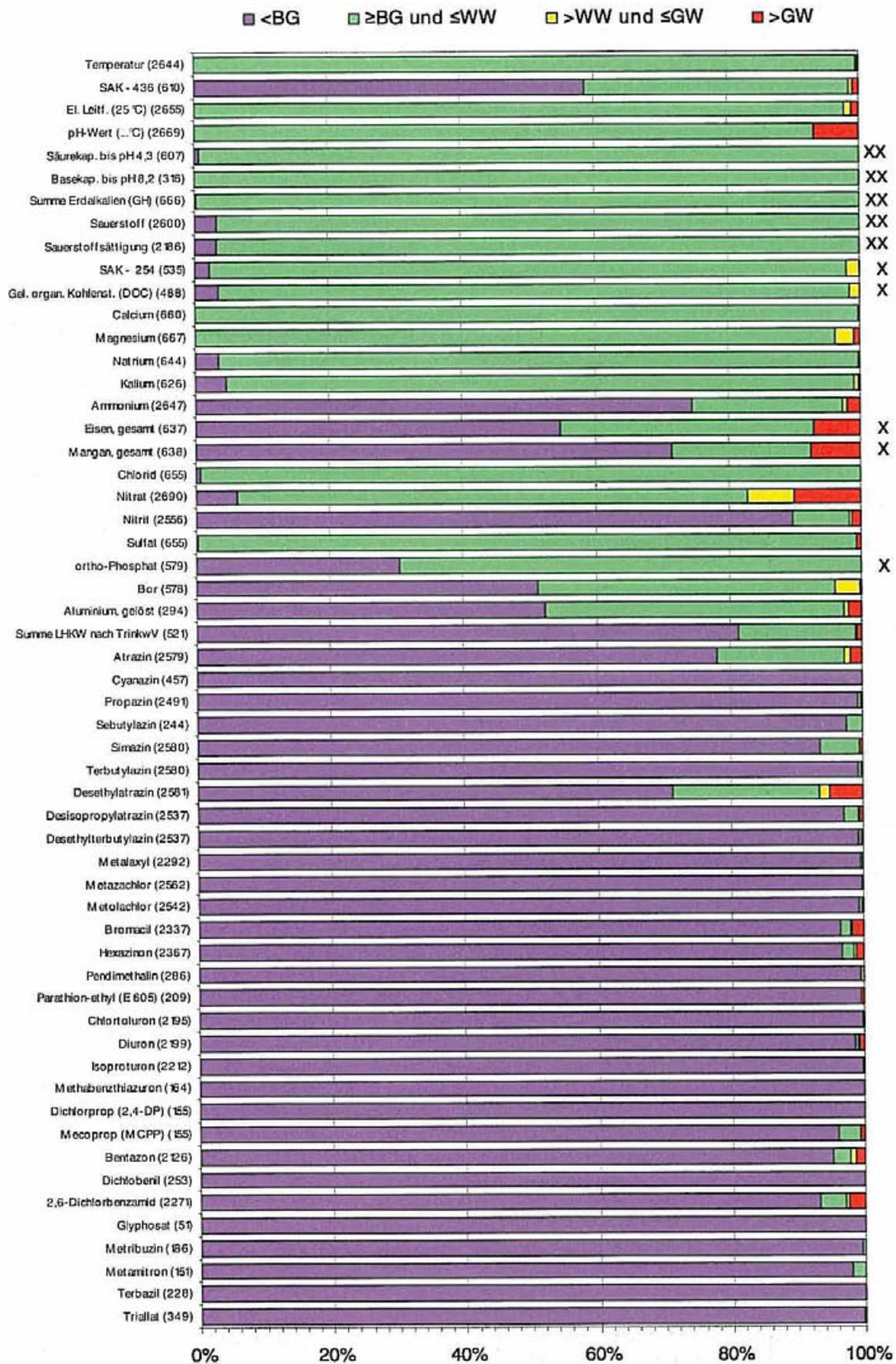


Abbildung 0.1: Übersicht über die Ergebnisse der Beprobung 2000: Prozentuale Verteilung der Messwerte (BG = Bestimmungsgrenze, WW = Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogrammes, GW = Grenzwert der Trinkwasserverordnung, < kleiner als, > größer als, ≤ kleiner gleich, ≥ größer gleich, in Klammern: Anzahl 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.

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

Die Bestandteile des Grundwasserüberwachungsprogrammes sind in der unveränderten

Neuaufgabe „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 Quellmessnetz
 - 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 23.02.2001 wurden aus der GWD-WV insgesamt 953 Analysen von 781 verschiedenen WVU-Messstellen (Fassungen der öffentlichen Wasserversorgung) bereitgestellt.

Davon konnten 123 Analysen von 91 Messstellen bei der LfU aus verschiedenen Gründen nicht ausgewertet werden (DV-technische Probleme, nicht eindeutige Messstellenzuordnung, keine Zuordnung zu WVU, fehlende Stammdaten).

Letztlich wurden für das Jahr 2000 zusätzlich zum vom Land betriebenen Messnetz 830 WVU-Analysen von 689 verschiedenen WVU-Messstellen in die Grundwasserdatenbank der LfU eingelesen, ausgewertet und im vorliegenden Bericht interpretiert werden.

Die regionale Verteilung dieser WVU-Kooperationsmessstellen zeigt Abbildung 1.3.1. Für 123 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, Probennahmestellen, 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 2001 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, Herbst 2000.

Teilmessnetz		Anzahl der beprobten Messstellen im Herbst 2000		
Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz	Abk.	Land	Kooperationsmessnetz	Gesamt
Basismessnetz	BMN	110		110
Rohwassermessstellen für die öffentliche Wasserversorgung	RW	163	781	944*
Vorfeldmessstellen	VF	58		58
Emittentenmessstellen Landwirtschaft	EL	672		672
Emittentenmessstellen Industrie	EI	427		427
Emittentenmessstellen Siedlung	ES	430		430
Sonstige Emittentenmessstellen	SE	76		76
Quellmessnetz	QMN	196		196
Summe	Alle	2.132	781	2.913

Grundwassermengenmessnetz		Anzahl der beobachteten Messstellen 2000		
Grundwassermengenmessnetz	Abk.	Trendmessnetz	Regionalmessnetz	Gesamt
Grundwasserstand	ST	rund 200	rund 2.300	rund 2.500
Quellschüttung	QS	rund 10	rund 200	rund 210
Lysimeter	Lys	8	rund 30	rund 40
Summe	Alle	rund 220	rund 2.530	rund 2.750

* Für 123 Mst. liegen zu den Daten des Landes ergänzende Daten der WVU vor, bei 91 Messstellen gab es Probleme bei der Übertragung und Zuordnung.

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	LIU und Regieunternehmen (Vergabe)	LIU, Gewässerdirektionen und deren Bereiche
Messung	Probennahme und Analytik durch chemische Labors. Nachweis der Qualifikation u. a. durch: <ul style="list-style-type: none"> • Regelmäßige erfolgreiche Teilnahme an der Analytischen Qualitätssicherung (AQS) mit Ringversuchen und externen Laborauditorien) • Teilnahme an Probennahme-Lehrgängen der LIU 	Mengenmessung durch freiwillige oder vom Land verpflichtete Beobachter. Unterschiedlicher Datenfluss bei den „Trendmessstellen“ für die landesweite Zustandsbeschreibung und den „Regionalmessstellen“ für den übergebieltlichen 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 LIU per Diskette übermittelt.	Die Beobachter übersenden Belege mit den eingetragenen Messdaten. Die Erfassung erfolgt durch die LIU bzw. per Vergabe an Büros.
Datenhaltung	Grundwasserdatenbank (GWDB) der LIU	
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.

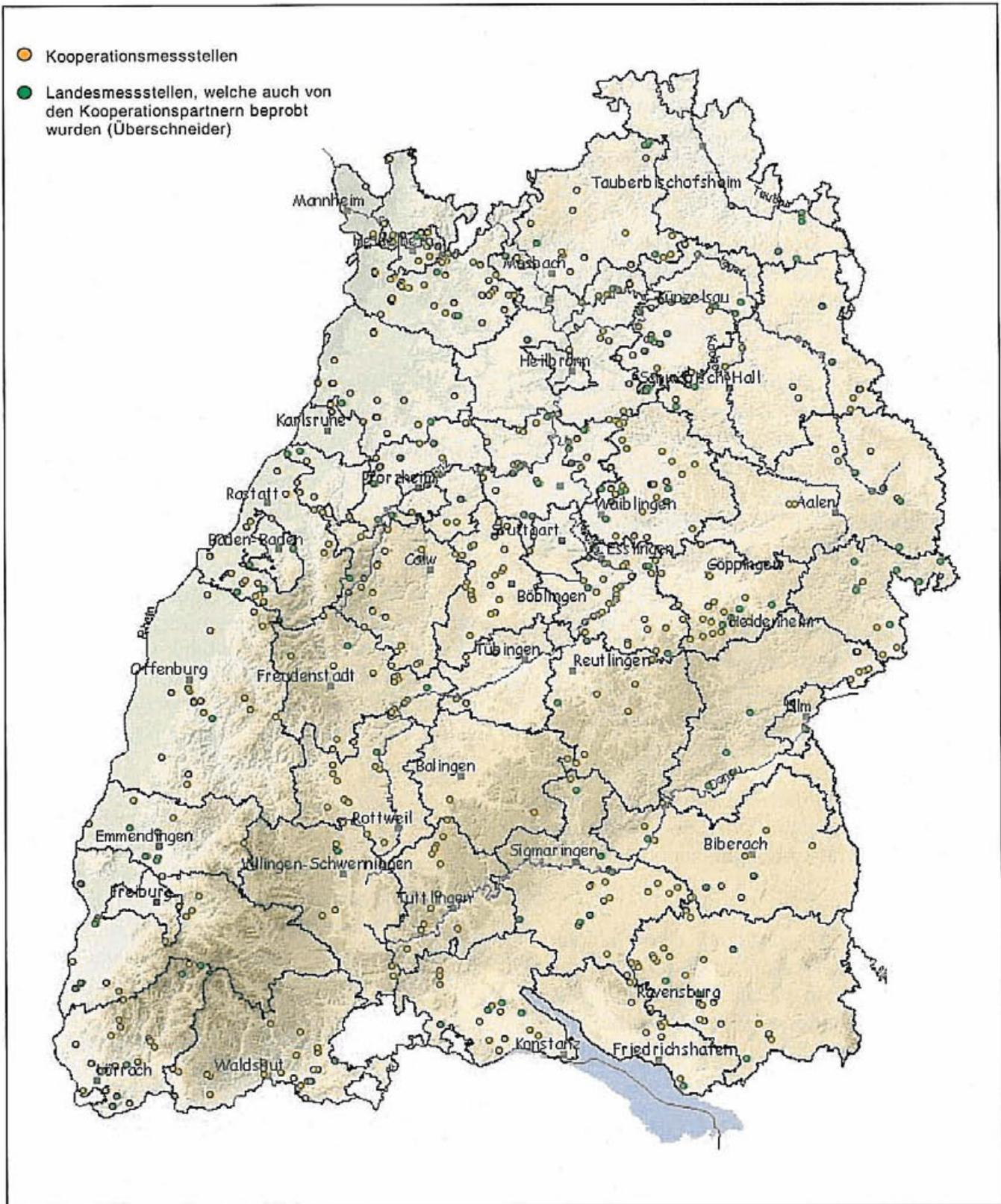


Abbildung 1.3.1: Kooperationsmessstellen der Wasserversorgungsunternehmen (WVU) im Rohwassermessnetz: Regionale Verteilung im Jahre 2000.

1.4.2 Messwerte zur Grundwasserbeschaffenheit

Als Voraussetzung für die Beauftragung für Probenahme 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 Probenahme und Analytik“ der LfU der u. a. die „Anleitung zur Probenahme von Grund-, Roh- und Trinkwasser“ enthält, ist Vertragsbestandteil (LfU, 2000).
- Die Einhaltung der Probenahme-Vorgaben wird durch stichprobenartige und unangekündigte Probenahmebesuche vor Ort überprüft.
- Im Rahmen der einzelnen Beprobungsrunden finden zusätzlich zu den zentral durch die Analytische Qualitätssicherung (AQS) Baden-Württemberg durchgeführten Ringversuchen weitere Qualitätssicherungsmaßnahmen statt:
 - Entnahme von Rückstellproben
 - Vergleichende Untersuchungen
 - Nachuntersuchungen auffälliger Werte durch zusätzliche Probenahmen mit dreifach paralleler Analytik.

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 wird weiterhin eine der Voraussetzungen sein.

1.5 Datenverarbeitung für das Grundwassermessnetz

Im Jahr 1999 konnten die Altanwendungen (ADABAS-Datenbanken) zur Grundwasserdatenverarbeitung erfolgreich abgelöst werden.

Das Jahr 2000 diente vor allen Dingen der Einführung und dem routinemäßigen Einsatz der neuen Grundwasserdatenbank (GWDB) bei 44 Landratsämtern und Stadtkreisen, 13 Gewässerdirektionsbereichen sowie bei der LfU. Dazu wurden umfangreiche Schulungsmaßnahmen durchgeführt.

Das in JAVA programmierte Modul 8 des Projekts WAABIS (Wasser Abfall Altlasten Boden Informationssystem) konnte mit der Auslieferung von zwei weiteren Versionen funktional erweitert und optimiert werden. Unter anderem wurden folgende Anforderungen umgesetzt und die entsprechenden Programme zur Verfügung gestellt:

- Umstellung von JAVA 1.3 auf JAVA 2
- Integration von nichtausgebauten Bohrungen/Geologischen Schichtenprofilen in die GWDB
- Erweiterung der Messstellenselektionen
- Funktion zum Export von Messwerten im Labdüs-Format (Landeseinheitliche Import-schnittstelle für Messwerte: Labordatenübertragungssystem)

- Performance-Optimierungen
- Optimierungen bei der Benutzerführung
- Datenaustausch-Manager zur Bereitstellung der lokal geführten Daten in einer zentralen Oracle-Datenbank (Referenz-DB).

Damit ist die Stufe 1 der Grundwasserdatenbank abgeschlossen und eingeführt. In der nun folgenden Stufe 2 werden besonders Funktionen zur räumlichen und zeitlichen Messwertdarstellung

und damit auch zur automatischen Erstellung von Berichten bereitgestellt.

Auch hier wird wiederum die wirtschaftliche Nutzung gemeinsamer Komponenten (bisher: Sachdatensystem zur Selektion von Objektattributen, der Adressdienst zur Erfassung, Auswertung und Zuordnung von Adressdaten und das integrierte Geoinformationssystem GIStern) weiterverfolgt, indem der gemeinsame Diagrammdienst des GISterns zur Realisierung der Diagramme herangezogen wird (Abbildung 1.5.1).

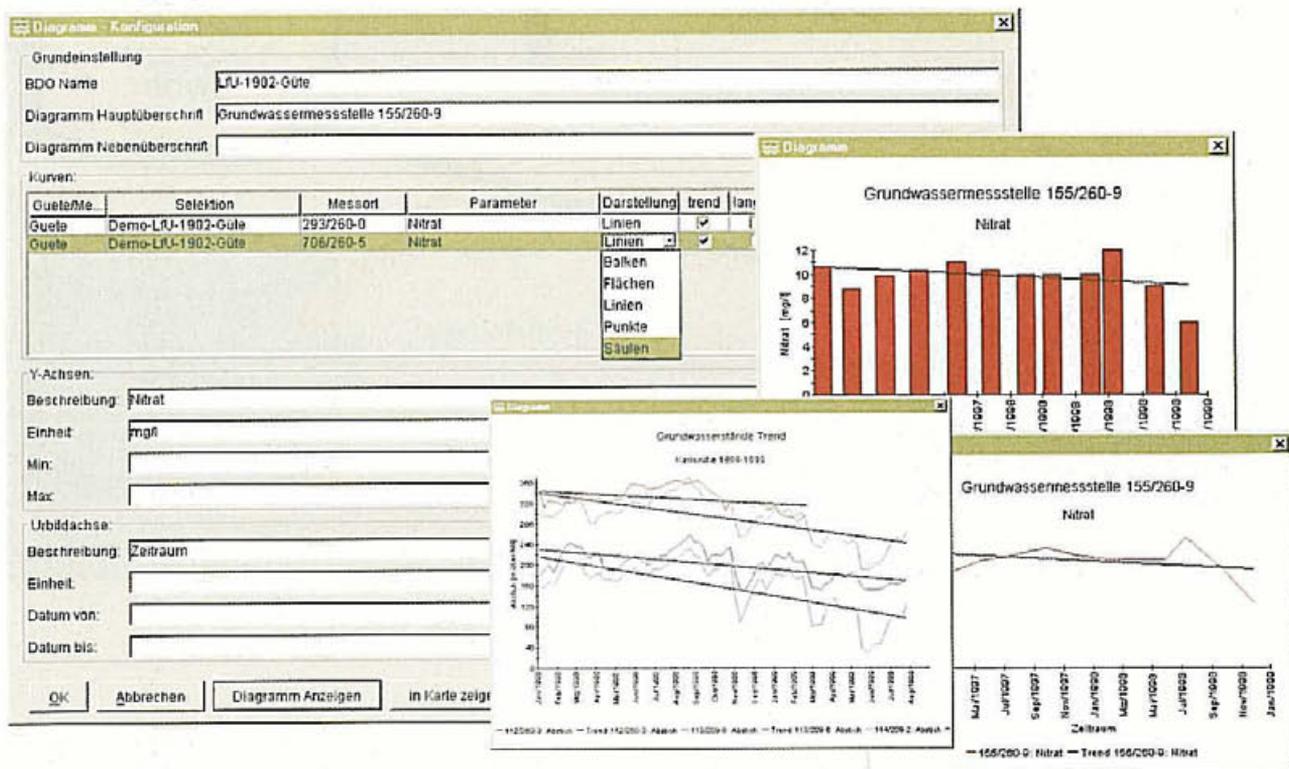


Abb. 1.5.1: Der Diagrammdienst zur Messwertvisualisierung in der Grundwasserdatenbank.

Wie bei allen Funktionen wird einer flexiblen Lösung der Vorzug gegeben, mit der beispielsweise Ganglinien mit ihren statistischen Werten oder Güte- und Mengenmesswerte im gleichen Schaubild in unterschiedlichen Darstellungen ausgegeben werden können.

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Erweiterung des Datenaustauschdienstes (DAD). Zukünftig sollen nicht nur die Daten einer anderen Dienststelle gelesen werden können, sondern auch die gesamte Zuständigkeit und damit das Schreibrecht übertragen werden.

Zur Erfüllung der erstgenannten Anforderung ist eine zentrale Oracle-Datenbank geschaffen worden, in welche die Pflichtdaten aller Module im Monatsturnus von den einzelnen Dienststellen eingespeist werden.

Zusätzlich wird derzeit der „GWDB-Interne“ Datenaustauschdienst zur Übertragung der Wahldaten und der Schreibrechte realisiert (Abbildung 1.5.2).

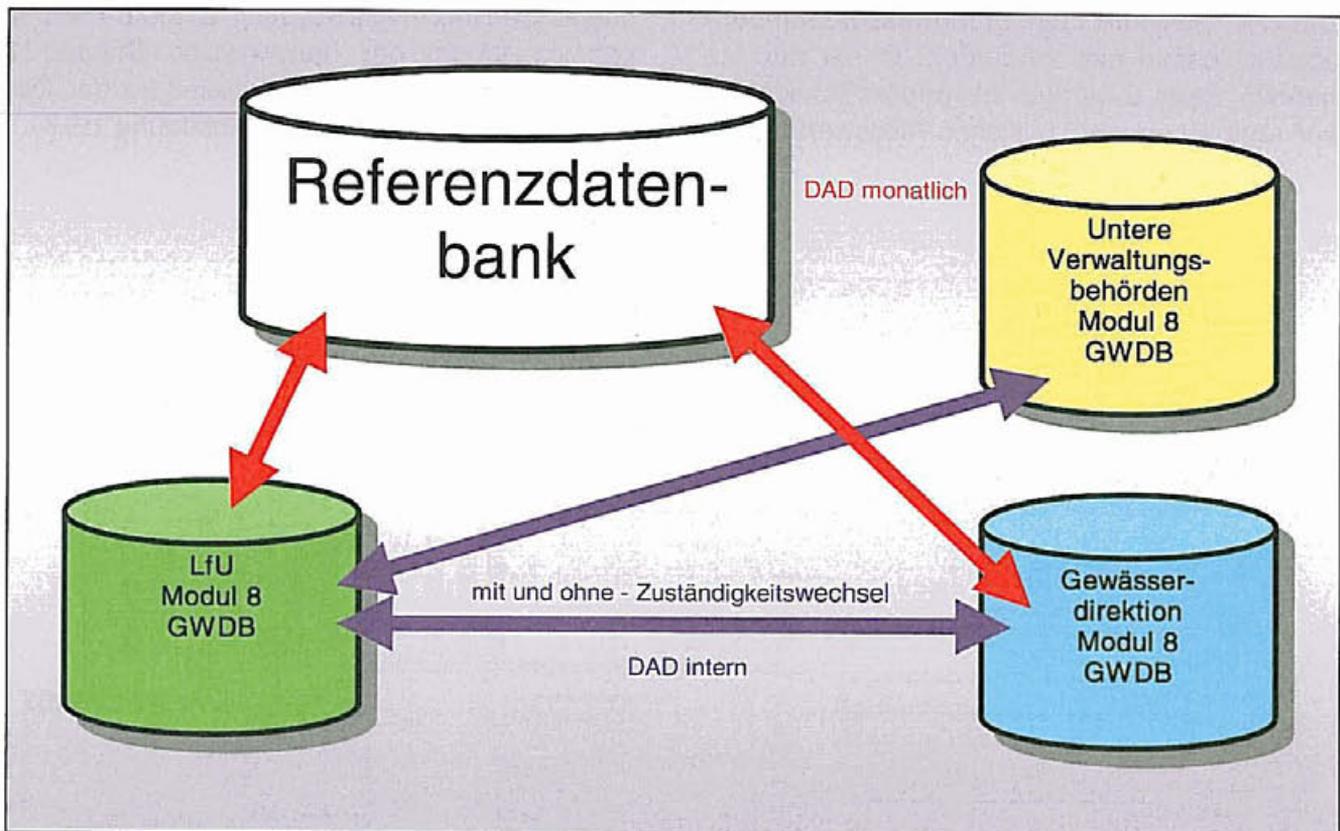


Abb. 1.5.2: Datenaustauschdienste für Grundwasserdaten.

Damit lässt sich der Großteil der im letzten Bericht genannten Zielsetzungen der GWDB bereits erfüllen.

Nichtsdestotrotz ist für das letzte Quartal des Jahres 2001 die dritte Stufe der GWDB geplant, die hauptsächlich die folgenden Programme enthalten soll:

- Weitere Integration GIS-Tools – GWDB mit Verschneidungs- und Selektionsmöglichkeiten im Geoinformationssystem
- Dreidimensionale Darstellung geologischer Schichten und dem Grundwasserspiegel zur Bewertung von Bauvorhaben
- Einbindung von Multimediainformationen (Messstellenfotos, Videoaufnahmen von Kamerabefahrungen etc.) in die Datenbank
- Grafischer Editor zur Bearbeitung von Messwerten direkt in Diagrammen
- Objektzuordnungen zu Objekten in anderen Modulen (Bsp.: Zuordnung Grundwassermessstelle zu einer Altlast, einer Kläranlage, aber auch zum Wasserbuch etc.).

2. Das Grundwasser 2000 in Baden-Württemberg

2.1. Hydrologische Situation

Das Jahr 2000 war im Vergleich zu den langjährig mittleren Verhältnissen leicht unterdurchschnittlich regenreich. Das Flächenmittel der Niederschlagshöhen betrug im Jahr 2000 in Baden-Württemberg 919 mm, das sind 95 % des langjährigen Niederschlagsmittelwertes von 1961-1990 (Abbildung 2.1.1). Dieser Zustand ist in allen Landesteilen erkennbar.

Die innerjährliche Niederschlagsverteilung im Jahr 2000 weist deutliche monatliche Unterschiede auf und weicht von den langjährigen Mittelwerten erheblich ab. Das Jahr 2000 ist durch eine Reihenfolge von außergewöhnlichen Abschnitten gekennzeichnet, wobei die aktuellen Monatssummen lediglich in Einzelfällen den langjährig mittleren Monatssummen entsprechen. Die Monate Januar, April, August und Dezember waren unterdurchschnittlich, der Juni sogar extrem unterdurchschnittlich. Die Nieder-

schläge in den Monaten Februar, März, September und insbesondere Juli waren demgegenüber deutlich überdurchschnittlich. Insgesamt gibt die landesweite, leicht unterdurchschnittliche Jahressumme von 919 mm Niederschlag die stark differenzierten Verhältnisse nicht wieder, sondern lässt zunächst ausgeglichene Verhältnisse vermuten (Abbildung 2.1.2).

Die Niederschläge beeinflussen wegen der Sickerzeiten durch die Deckschichten und ungesättigte Zone sowie der Fließzeiten 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 Juli und September haben bereichsweise zu erhöhten Auswaschungen geführt, deren Auswirkungen im Rahmen der Herbstbeprobung 2000 teilweise wahrnehmbar sind. Quellen mit hohen Anteilen an jungem Grundwasser sind besonders betroffen.

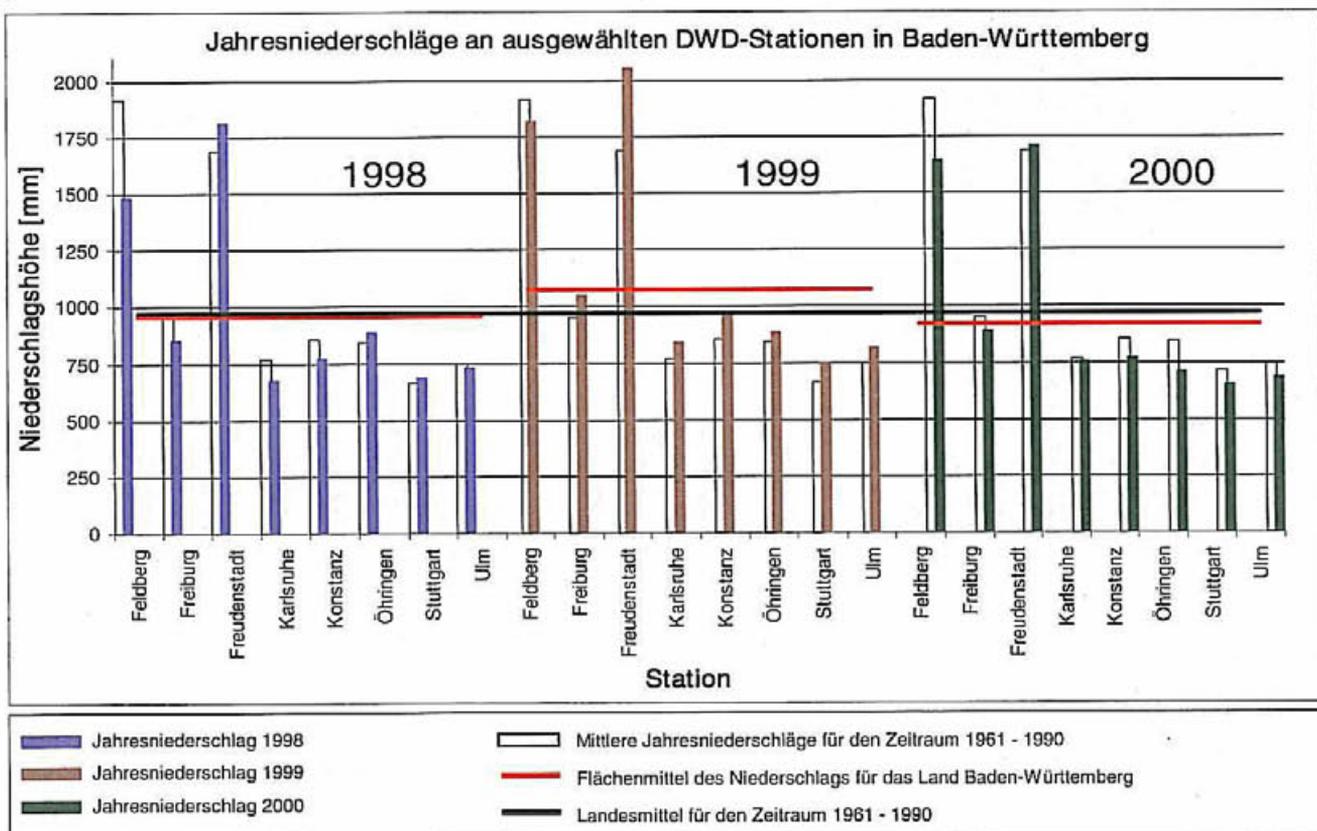
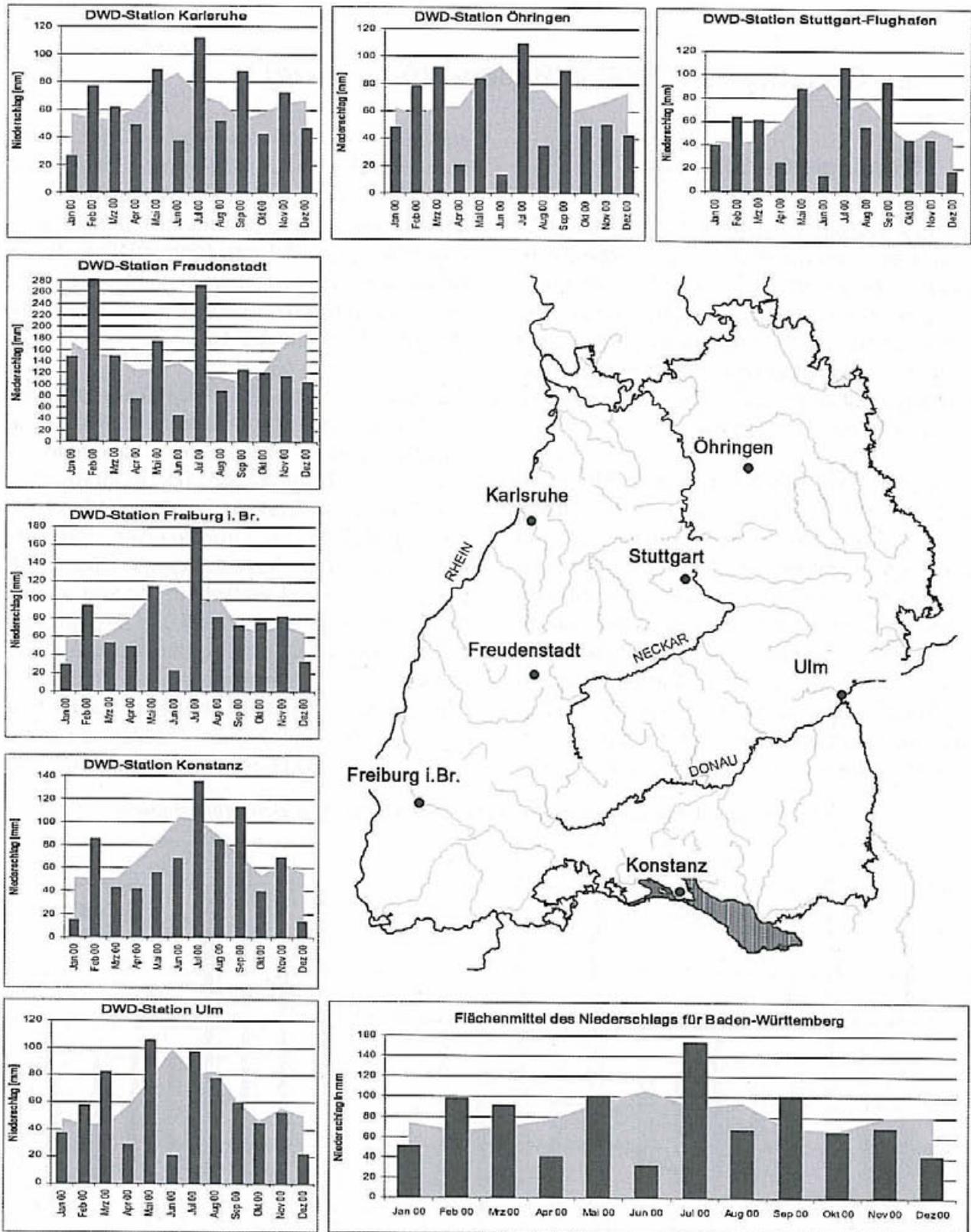


Abbildung 2.1.1: Jahresniederschläge an ausgewählten DWD-Stationen in Baden-Württemberg in den Jahren 1998, 1999 und 2000 (Quelle: DWD).



Langjährig mittlere Monatsniederschlagssummen (mm) (1961-1990)

Monatliche Niederschlagssumme (mm)

Abbildung 2.1.2: Monatliche Niederschlagshöhen an ausgewählten DWD-Stationen in Baden-Württemberg im Jahr 2000 (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 Willstät, Steissingen 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.

Insgesamt entsprach die Versickerung im ersten Halbjahr 2000 den langjährigen Mittelwerten, wobei die wesentlichen Beiträge zur Grundwasserneubildung aus Niederschlägen in den Monaten Februar bis April resultierten. Die überdurchschnittlichen Niederschläge in den Sommermonaten und insbesondere die extremen Juliniederschläge konnten den Bodenwasserspeicher versorgen und teilweise in das Grundwasser gelangen. Die Lysimeteranlagen fielen im Jahr 2000 vergleichsweise selten und kurzzeitig trocken. Hierdurch wurde der Neubildungsprozess kaum unterbrochen und die leicht überdurchschnittlichen Herbstniederschläge führten zu hohen Versickerungsraten. Im Beprobungszeitraum 2000 wurden somit landesweit außergewöhnlich hohe Versickerungen beobachtet, die zu kurzfristigen Auswaschungseffekten führten.

Die geringen Dezemberniederschläge hatten ein signifikantes Nachlassen der Versickerung auf deutlich unterdurchschnittliche Werte und bereichsweise sogar rückläufige Grundwasservorräte zur Folge. Die Grundwasserstände lagen damit zum Jahresende 2000 auf etwa durchschnittlichem 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).

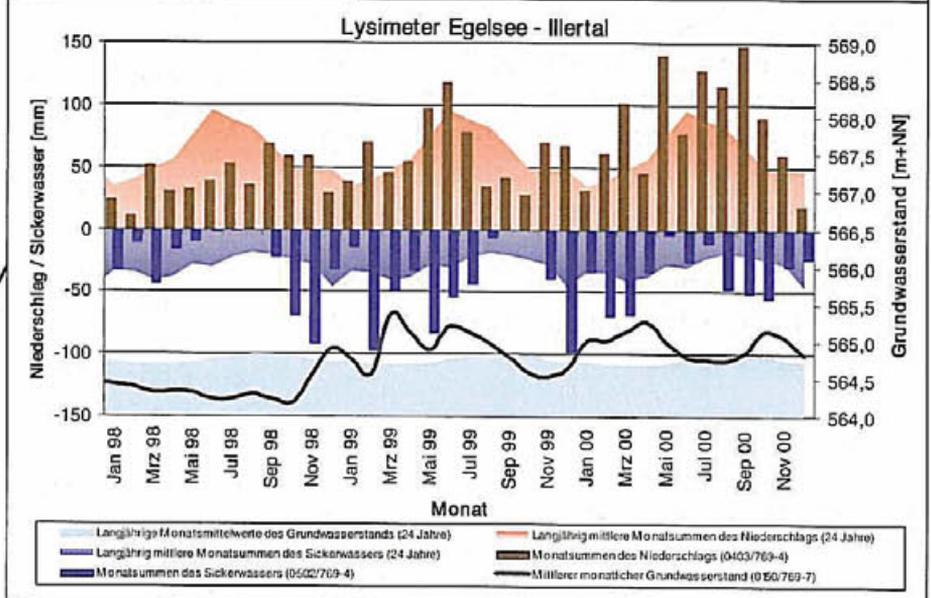
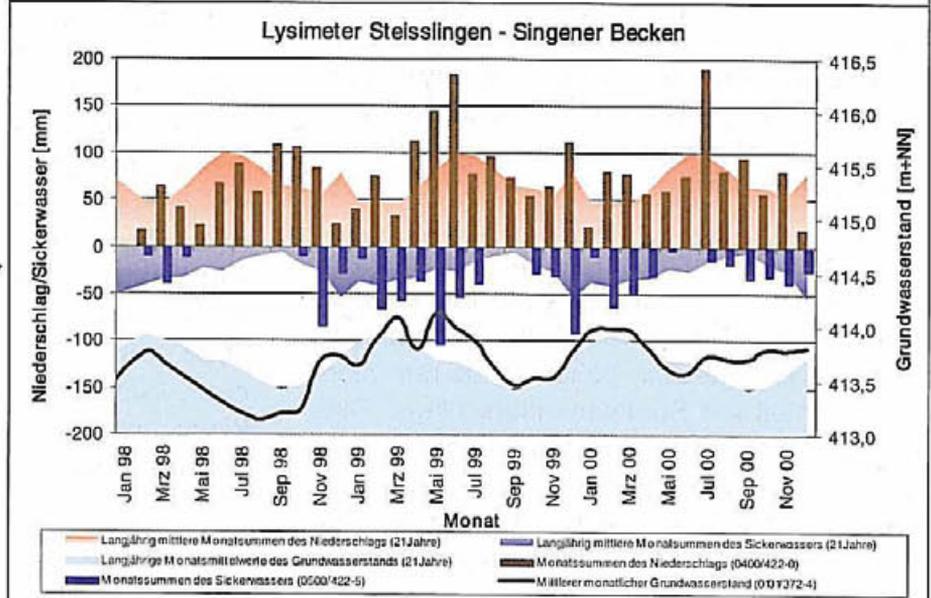
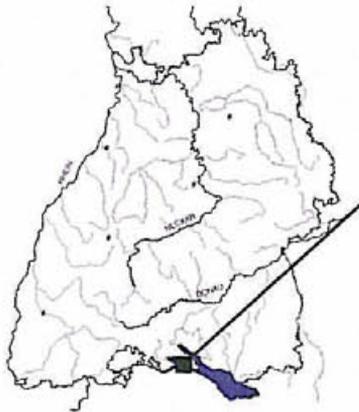
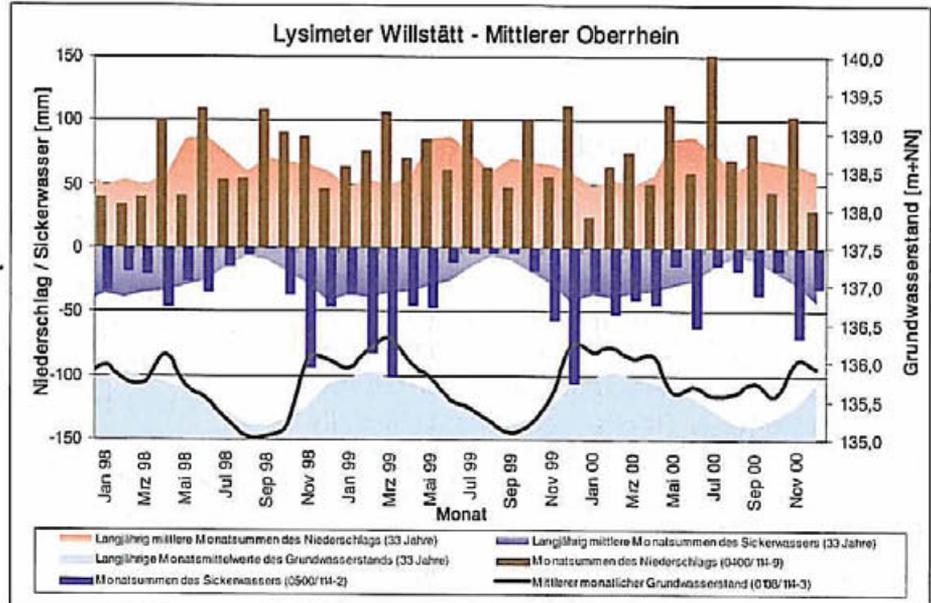


Abbildung 2.2.1: Niederschlag, Sickerung und Grundwasserstand an ausgewählten Lysimeteranlagen in den Jahren 1998, 1999 und 2000.

2.3 Die Grundwasservorräte 2000 in Baden-Württemberg

2.3.1 Datengrundlage und allgemeine Zustandsbeschreibung

In Baden-Württemberg werden rund zwei Drittel 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 2000 beobachteten Tendenzen dargestellt.

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

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

Die Grundwasservorräte im Jahr 2000 sind im langjährigen Vergleich insgesamt überdurchschnittlich.

Die starken Niederschläge im Sommer haben zur Stützung der Grundwasserstände und Quellschüttungen beigetragen und konnten die gebietsweise stark rückläufigen Grundwasservorräte ausgleichen. Im Oberrheingraben nördlich Karlsruhe wurden im Jahr 2000 die höchsten Grundwasserstände seit 1981 beobachtet.

2.3.2 Überregionale Grundwasserverhältnisse

Die messstellenbezogene Beurteilung der aktuellen quantitativen Grundwasserstandsverhältnisse wurde auf der Grundlage der Mittelwerte im Jahr 2000 im langjährigen Vergleich (20 Jahre) durchgeführt. Darüber hinaus wurden die jeweiligen Entwicklungstendenzen (lineare Trends aus 20 Beobachtungsjahren) ausgewertet. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2.3.3 zusammenfassend dargestellt. Die aufgeführten Standorte sind für die zugehörigen Grundwasserlandschaften repräsentativ. Die verwendeten Farben veranschaulichen den standortspezifischen Zustand des Grundwasserdargebots im Vergleich zu den langjährigen Grundwasserverhältnissen. Die Symbole stehen für den zunehmenden, gleichbleibenden bzw. abnehmenden Trend.

Im Bereich des südlichen Oberrheins sind die Grundwasserstände im Jahr 2000 von überdurchschnittlichen Verhältnissen auf ein langjährig mittleres Niveau zurückgegangen (Messstelle 0130/070-4). Die langfristige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

Die Grundwasserstände im nördlichen Oberrhein erreichten im Jahr 2000 ein sehr hohes Niveau (Messstelle 0173/260-0). Auch im Rhein-Neckar-Raum werden mittlerweile sehr hohe Grundwasserstände erreicht, wobei die langfristige Entwicklungstendenz bereichsweise stark ansteigt (siehe Messstelle 0147/305-1 in Abb. 2.3.2).

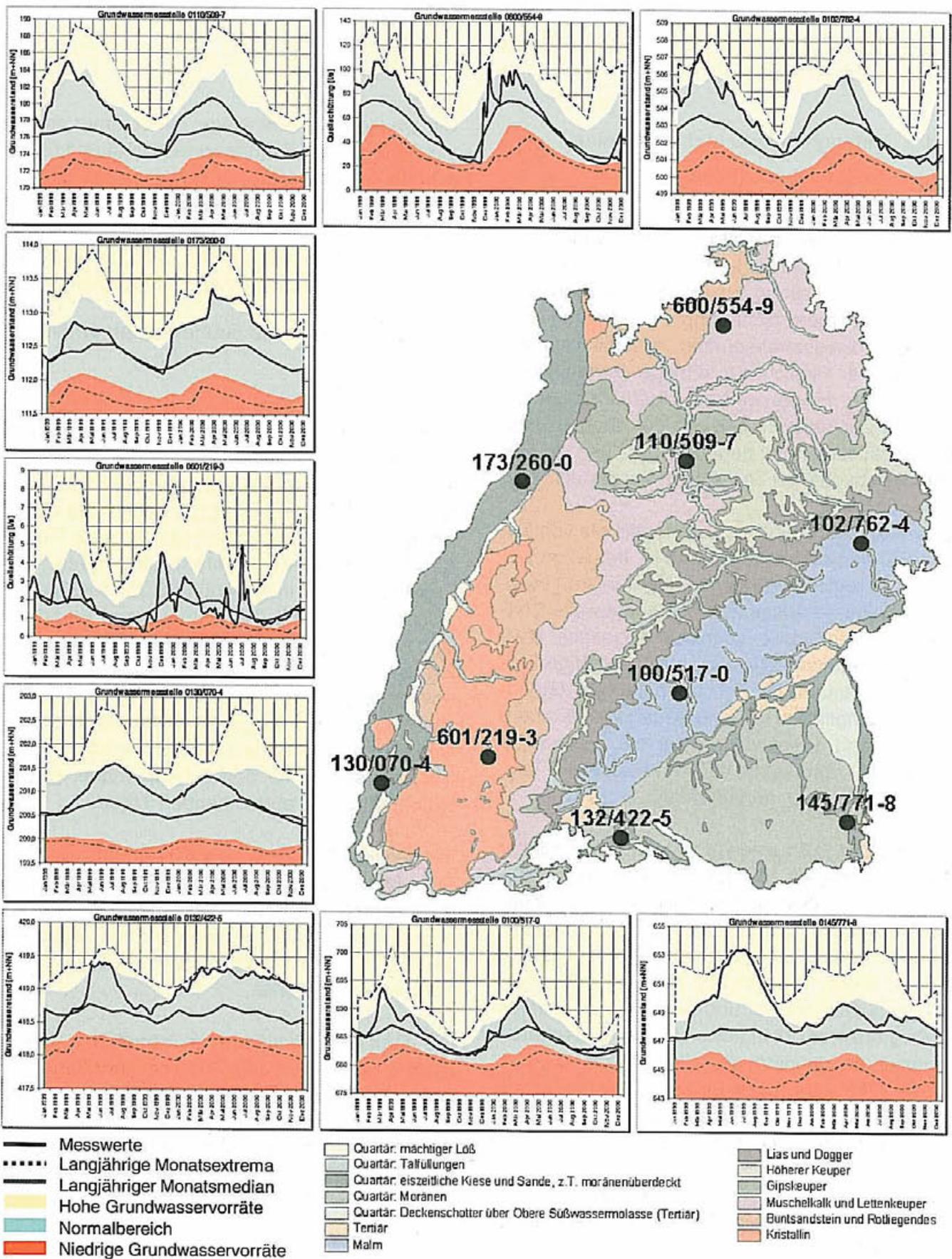


Abbildung 2.3.1: Grundwasserstand/Quellschüttung und zugehöriger Normalbereich aus 20 Beobachtungsjahren an ausgewählten Grundwassermessstellen in den Jahren 1999 und 2000.

Die Grundwasservorräte waren im Jahr 2000 im Großraum Singen anhaltend überdurchschnittlich und überschritten zum Jahresende sogar die höchsten Dezemberwerte der letzten 20 Jahre. Mitverantwortlich sind hierfür die extremen Juli-niederschläge und die daraus resultierenden aussergewöhnlich hohen Versickerungen im Spätsommer (Messstelle 132/422-5).

Die Grundwasserstände in den quartären Talfüllungen des **Donautals** bewegen sich innerhalb der Normalbereiche auf mittlerem bis leicht überdurchschnittlichem Niveau. Die langfristige Entwicklungstendenz ist leicht fallend (Messstelle 0100/270-8 in Abb. 2.3.2).

Die Grundwasservorräte der **Leutkircher Heide**, des **Illertals** sowie im **Raum Isny** und im **Argendelta** waren im Jahr 2000 überdurchschnittlich, wobei das sehr hohe Niveau von 1999 nicht gehalten wurde (Messstelle 0145/771-8). Die 20-jährigen Trends sind ausgeglichen.

Die Karstgrundwasserstände der **Schwäbischen Alb** unterliegen kurzfristigen und ausgeprägten Schwankungen. Starke Winterniederschläge bewirkten zum Jahresbeginn 2000 einen steilen Anstieg der Grundwasservorräte bis an die Obergrenze des Normalbereichs (Messstellen 0100/517-0 und 0102/762-4). Im weiteren Jahresverlauf pendelte sich der Grundwasserspiegel auf langjährig mittlere Werte ein. Die langfristige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

Die Grundwasserstände im tieferen Muschelkal-kaquifer des mittleren **Neckarraumes** bewegten sich im Jahr 2000 permanent im oberen Normalbereich. Nachdem zum Jahresbeginn deutlich überdurchschnittliche Werte erreicht wurden, entsprach das Niveau ab August langjährig mittleren Verhältnissen (Messstelle 110/509-7).

Die Quellschüttungen in den Festgesteinen von **Nord-Württemberg** erreichten im ersten Quartal des Jahres 2000 ein hohes Niveau, teilweise bis über den Normalbereich hinaus. Im hydrologischen Sommerhalbjahr (Mai bis Oktober) wurde danach ein kontinuierlicher Rückgang der Schüttung bis an die Untergrenze des Normalbereichs festgestellt (Messstelle 0600/554-9). Die langjährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

Die Mehrzahl der **Schwarzwaldquellen** verfügen über entsprechend kleinräumige Einzugsgebiete und weisen daher starke, niederschlagsbedingte Schüttungsschwankungen auf. Die wechselhaften Niederschlagsverhältnisse im Jahr 2000 finden sich im Gang der Quellschüttungen wieder (Messstelle 0601/219-3).

Insgesamt waren die Grundwasserstände und Quellschüttungen im Jahr 2000 niedriger als im Vorjahr und entsprachen weitgehend leicht überdurchschnittlichen Verhältnissen. Die langfristige Tendenz (20 Jahre) ist überwiegend ausgeglichen (siehe Abb. 2.3.3).

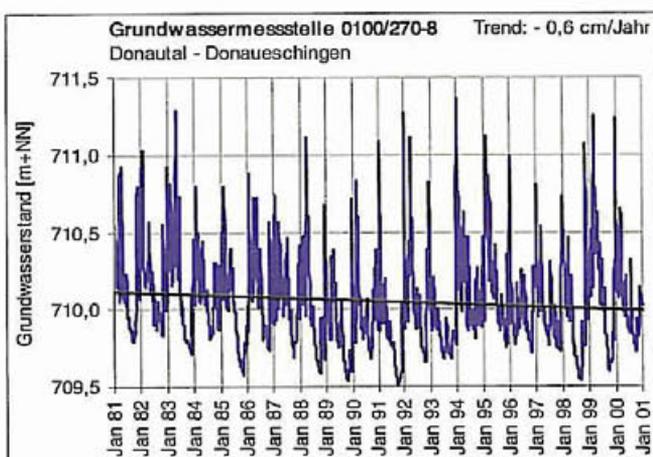


Abbildung 2.3.2: Ganglinien ausgewählter Grundwasserstandsmessstellen mit Trendbetrachtung für den Zeitraum 1981 - 2000.

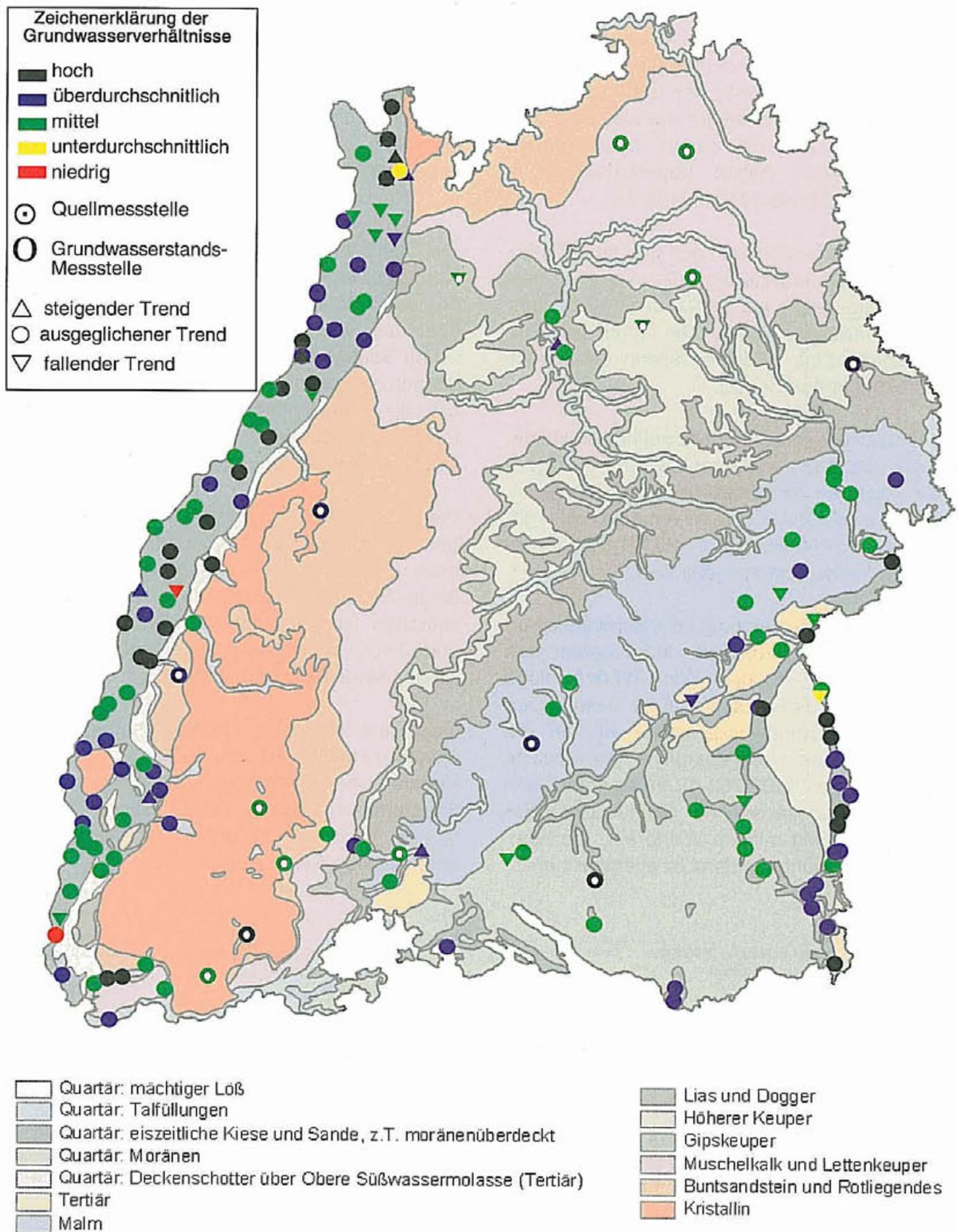


Abbildung 2.3.3: Charakterisierung der mittleren Grundwasserverhältnisse im Jahr 2000 und des Trendverhaltens im Zeitraum 1981 – 2000 differenziert nach den Grundwasserlandschaften von Baden-Württemberg.

2.4 Nitrat

2.4.1 Statistische Kennzahlen für die verschiedenen Emittentengruppen

Das allgemeine Konzentrationsniveau der Nitratbelastung ist anhaltend hoch.

Das zeigen die Überschreitungshäufigkeiten des Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogrammes von 40 mg/l an 17,2 % und des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung von 50 mg/l an 10,2 % der Messstellen des Gesamtmessnetzes.

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

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

Auch die Abb. 2.4.1 verdeutlicht den höheren Anteil an Messstellen mit hohen Nitratbelastungen im Teilmessnetz Landwirtschaft.

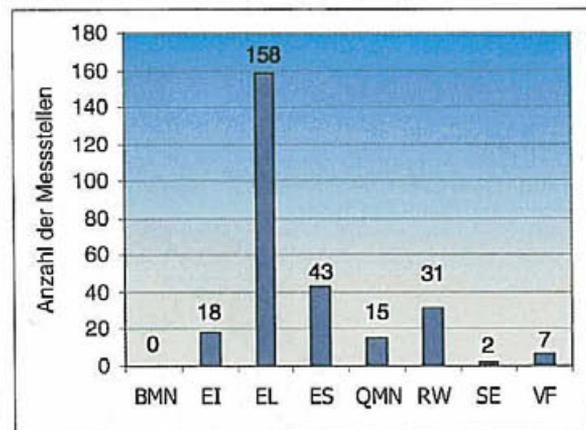


Abb. 2.4.1: Anzahl der Messstellen mit Grenzwertüberschreitungen nach Teilmessnetzen (Abk. s. Anhang A1).

Tabelle 2.4.1: Statistische Kennzahlen Nitrat 2000.

	Gesamt-messnetz	EL	ES	RW	BMN
Anzahl der Messstellen	2.690	672	430	721	110
Mittelwert in mg/l	23,9	35,6	24,2	19,9	8,0
Medianwert in mg/l	18,5	29,6	19,0	16,1	6,8
Überschreitungen des Warnwertes (40 mg/l) in % der Messstellen	17,2	34,8	16,0	11,2	0,0
Überschreitungen des Grenzwerts der TrinkwV (50 mg/l) in % der Messstellen	10,2	23,5	10,0	4,3	0,0

2.4.2 Räumliche Verteilung

Die regionale Verteilung der Nitratbelastung (Abbildung 2.4.2) zeigt großräumig im Vergleich zu den Vorjahren ein weitgehend „stabiles Muster“. Erhöhte Messwerte treten vor allem in Gebieten mit einem höheren regionalen Anteil an landwirtschaftlich genutzter Fläche auf. Daneben beein-

flussen die hydrogeologischen Verhältnisse die Konzentrationsverhältnisse im Grundwasser. Insbesondere in Gebieten mit niedrigen Sauerstoffgehalten und viel organischer Substanz im Aquifer wird das Nitrat unter Oxidation der organischen Verbindungen oder anorganischer Schwefelverbindungen abgebaut, so dass dort

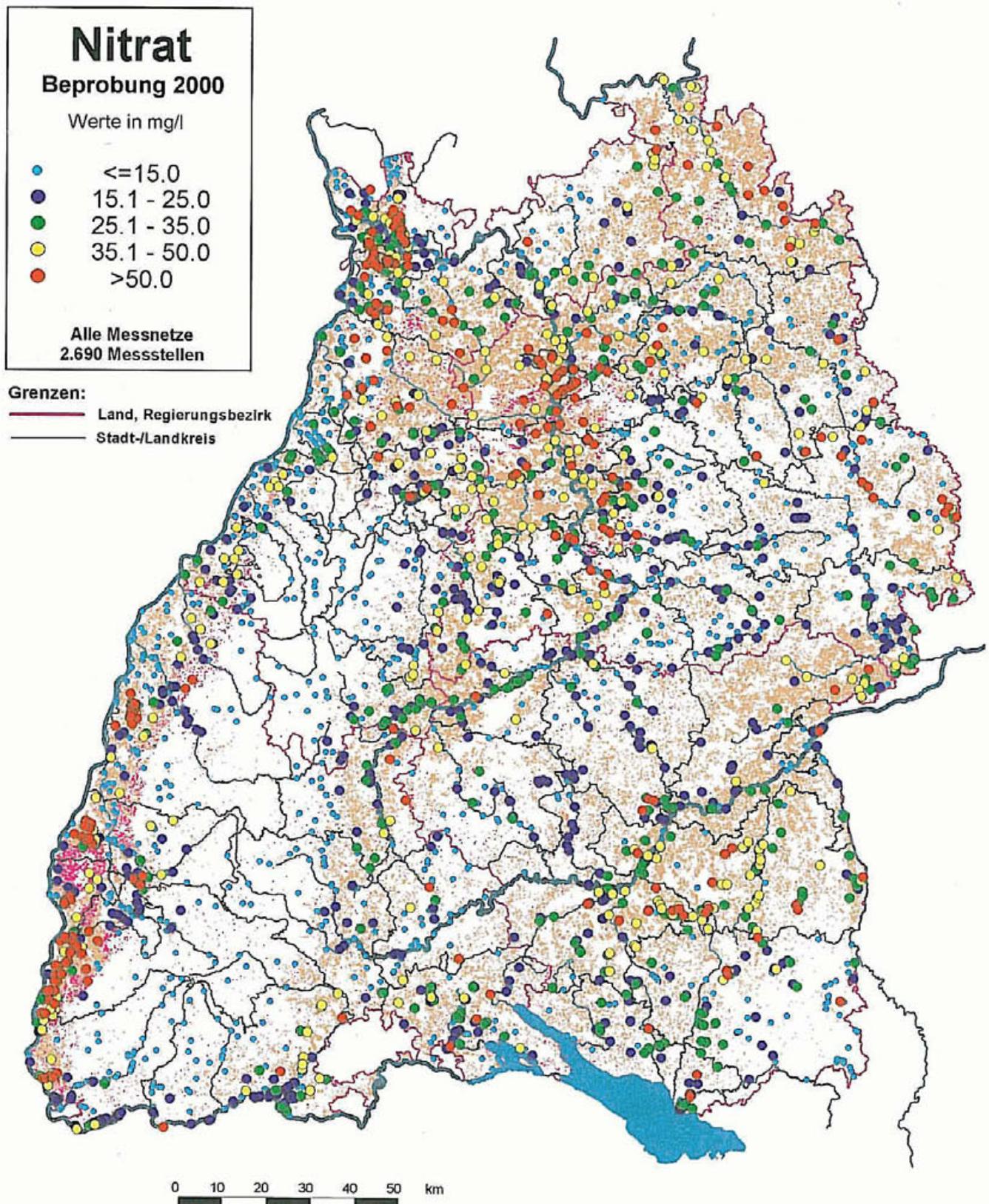


Abbildung 2.4.2: Nitratgehalte 2000 und Landnutzungen (Ackerbau=braun und Weinbau =violett). (Quellenangabe für die Landnutzungsdarstellung: „Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS)“, Bearbeitung durch das Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der Universität Karlsruhe, 1993).

nur wenige Messstellen erhöhte Nitratwerte aufweisen.

Das trifft zum Beispiel auf den mittleren Bereich des Oberrheingrabens zu. Flusswasserinfiltrationen und gering belastete Randzuflüsse können ebenfalls konzentrationsenkend wirken.

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

Abbildung 2.4.2 zeigt, dass unter Ackerflächen, Sonderkulturen, wie Weinbau, und Gegenden mit hohem Viehbesatz die Nitratbelastung deutlich höher ist, als bei anderen Landnutzungen.

Gebiete mit erhöhter Belastung sind wie in den Vorjahren:

- ▶ das Gebiet zwischen Mannheim, Heidelberg und Bruchsal
- ▶ der Kraichgau
- ▶ der Neckarraum nördlich von Stuttgart bis Heilbronn
- ▶ der Main - Tauber - Kreis
- ▶ das Markgräfler Land und
- ▶ die Region Oberschwaben.

Neben diesen Hauptbelastungsgebieten gibt es noch einige kleinere Gebiete mit lokal teilweise deutlich erhöhten Nitratkonzentrationen wie:

- im Ortenaukreis das Gebiet um Ichenheim
- nördlich des Kaiserstuhls das Gebiet um Forchheim/Weisweil
- das Singener Becken
- der östliche Ostalbkreis.

2.4.3 Regionalisierung

Die Beschaffenheit des Grundwassers kann kleinräumig sehr unterschiedlich sein. So können bei den Nitratbelastungen schon in wenigen 100 m Abstand deutliche Konzentrationsunterschiede beobachtet werden.

Trotzdem ist es gerechtfertigt, für einen Überblick über das gesamte Land die punktuellen Messungen zu regionalisieren und eine flächendeckende Belastungskarte (Abbildung 2.4.3) zu erstellen, um das großräumige Belastungsniveau zu beschreiben.

Keinesfalls darf dies aber dazu verleiten, aus dieser Darstellung lokale Einzelmesswerte abzulesen zu wollen.

Dies ist DV-technisch natürlich ohne weiteres möglich, kann aber die tatsächlichen kleinräumigen Belastungszustände nicht richtig wiedergeben. Ein in der Regel noch akzeptabler Darstellungsmaßstab ist etwa 1:100.000.

Für die Regionalisierung wurde das am Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart speziell entwickelte Kriging-Verfahren verwendet, in dem die beiden Haupteinflussfaktoren Landnutzung in 16 Klassen und Hydrogeologie („Oberflächen-nahe Aquifere“) in 21 Klassen berücksichtigt werden.

Tiefe Messstellen wurden ausgeschlossen.

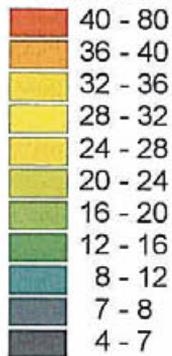
Abbildung 2.4.3 verdeutlicht die Hauptbelastungsgebiete. Angegeben sind die Konzentrationen der 300 m x 300 m - Rasterelemente.

Durch die räumliche Integrationswirkung werden dabei die punktuellen Extremwerte an den Messstellen (Minimum: „<BG“, Maximum: 222 mg/l) nicht erreicht.

Nitrat

Beprobung 2000

Werte in mg/l
von... bis unter ...



2475 Messstellen
Alle Messnetze

Methode:
Simple Updating mit
Zusatzinformationen
Landnutzung 1993
und
Aquifere

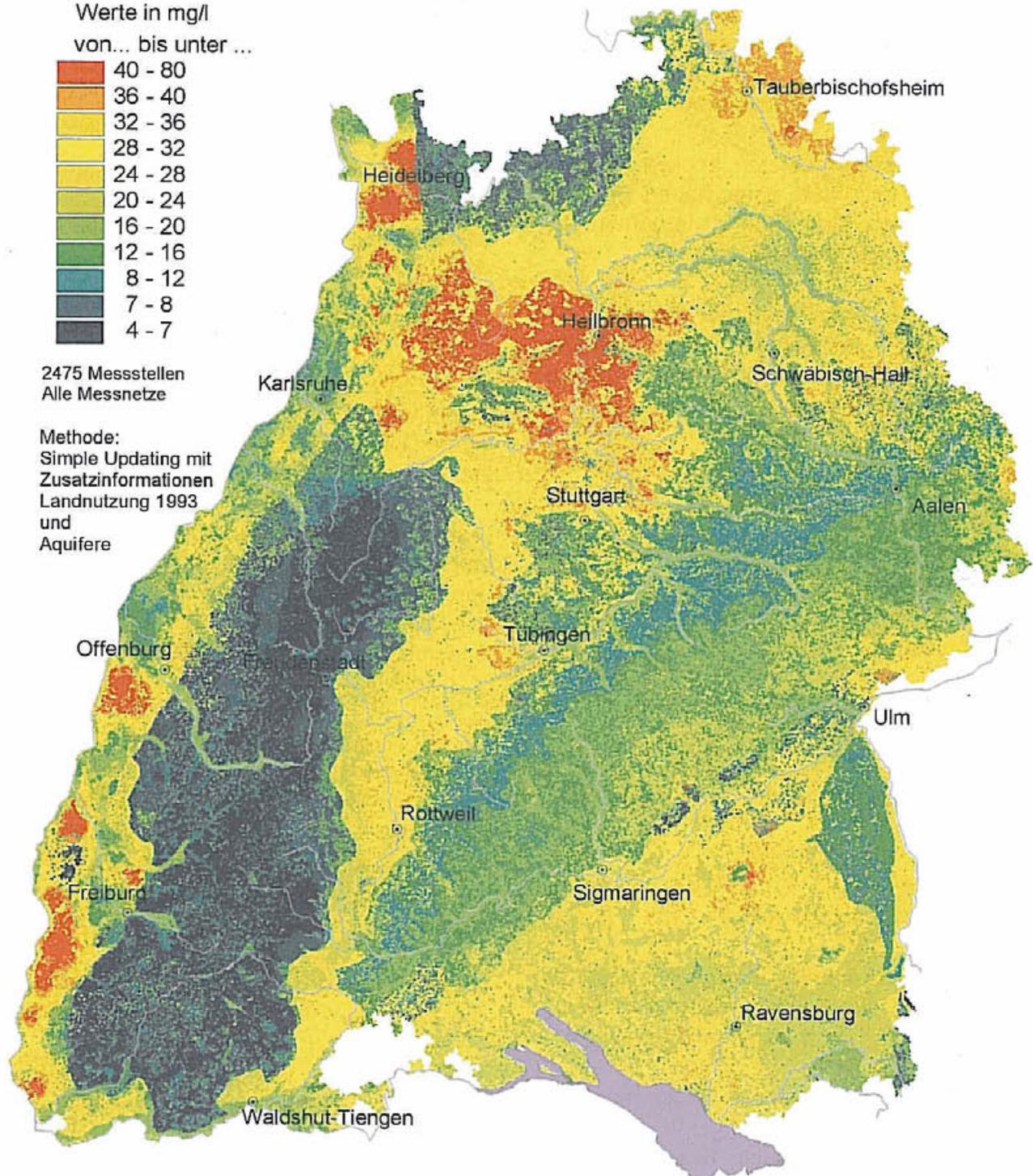


Abbildung 2.4.3: Konzentrationsverteilung Nitrat 2000, regionalisierte Darstellung, nur oberflächennahe Messstellen (Anm.: Dargestellt sind 2.475 von insgesamt 2.690 Mst., da 215 Mst. in tiefen Aquifere verfiltert sind).

2.4.4 Zeitliche Veränderungen

a) Kurzfristige Veränderungen

Im gesamten „landesweiten“ Messnetz ist hinsichtlich der Änderung zum Vorjahr im Gegensatz zum Vorjahr wieder eine Abnahme der Konzentration zu beobachten.

Bei 2.212 oberflächennahen Messstellen, für die Messwerte aus der Herbstbeprobung 1999 und aus der Herbstbeprobung 2000 vorliegen, stehen 849 Zunahmen des Nitratwertes (maximal um + 129,2 mg/l/Jahr) gegen 1.197 Abnahmen des Nitratwertes (bis zu - 103 mg/l/Jahr).

Das entspricht bei 38,4 % Zunahmen im Vergleich zu 54,1 % Abnahmen, einem Überwiegen der Abnahmen um das 1,4-fache.

Bei den restlichen 166 Messstellen waren die Nitratwerte unverändert (und zwar meist „nicht nachweisbar“).

Entsprechend der größeren Zahl von Messstellen mit abnehmenden Nitratwerten lagen die Änderungen zum Vorjahr im Mittel bei einer deutlichen Abnahme um - 0,92 mg/l.

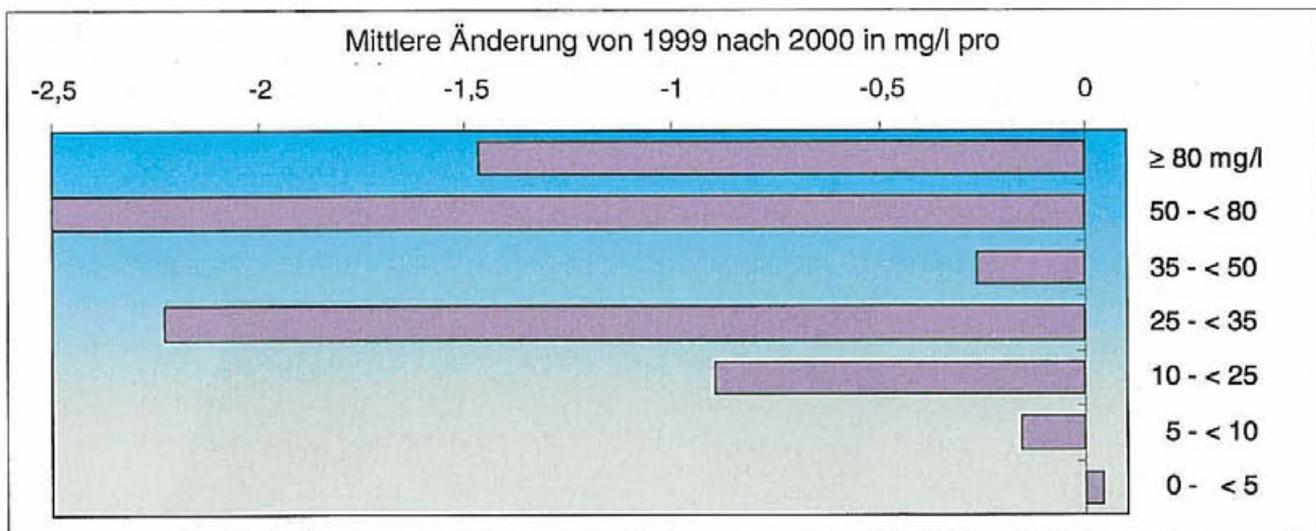


Abbildung 2.4.4: Mittlere Änderung in den jeweiligen Konzentrationsklassen.

Die Konzentrationsabnahmen traten in allen Konzentrationsbereichen über ca. 10 mg/l etwa in gleicher Größenordnung von 0,5-2 mg/l auf (Abb. 2.4.4). Die geringen Veränderungen in der niedrigsten Konzentrationsklasse sind auf den großen Anteil reduzierter Grundwässer in dieser Klasse zurückzuführen. Bei diesen Messstellen wirken sich Stoffeinträge nicht direkt auf die Nitratkonzentration im Grundwasser aus, da mögliche Nitratreinträge zu Nitrit und anschließend zu gasförmigem Stickstoff oder Ammonium abgebaut werden. Ein großes Gebiet mit Grundwässern geringer Sauerstoffsättigung und demzufolge hohem Denitrifikationspotential ist der

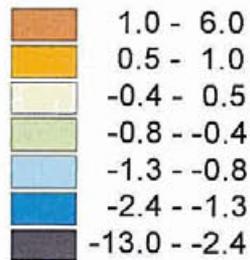
nördliche Oberrheingraben. Dort ist entsprechend die Nitrit- und die Ammoniumbelastung deutlich gegen den Landesdurchschnitt erhöht (Abb. 2.4.9 Ammonium, Abb. 2.4.10 Nitrit, Kap. 2.9: Sauerstoff). In der regionalisierten Darstellung der Jahresänderung der Nitratgehalte (Abb. 2.4.5) liegt das Gebiet zwischen Offenburg und südlich Heidelberg dennoch etwa im mittleren Bereich. Regional sind die kurzfristigen Zu- und Abnahmen ansonsten ungleichmäßig verteilt. Auffällig sind die sehr starken Abnahmen im Markgräflerland. Die dargestellten Zunahmen auf der Iller-Riss-Platte (südlich von Ulm) sind ein Artefakt infolge dort fehlender Messstellen.

Nitrat

Differenz 2000 - 1999

Werte in mg/l

Zu-/Abnahme von 1999 nach 2000



2212 Messstellen
Alle Messnetze

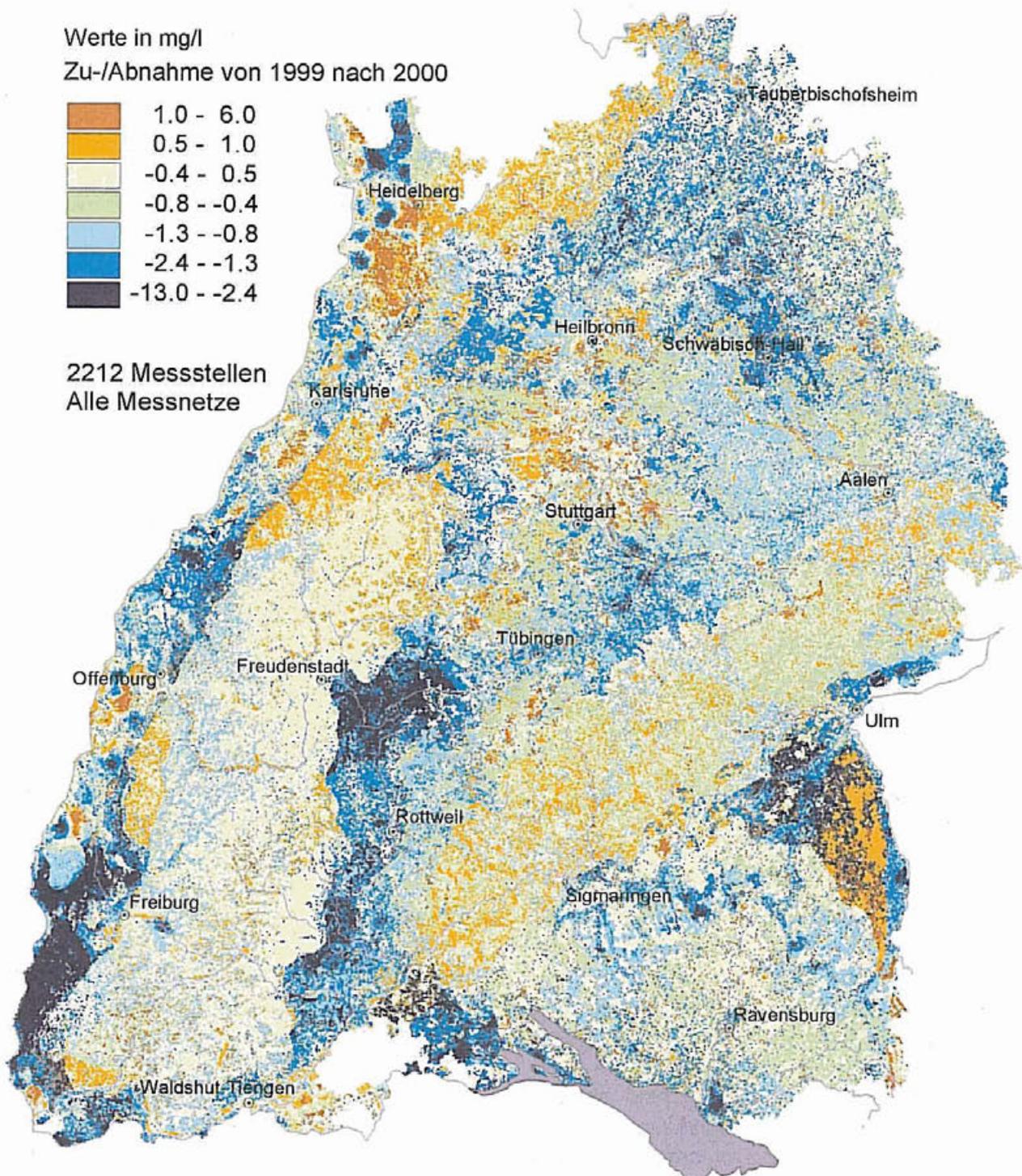


Abbildung 2.4.5: Regionalisierte Darstellung der Differenz der Nitratgehalte [2000-1999], nur oberflächennahe Messstellen (Anm.: Dargestellt sind 2.212 von im Jahr 2000 untersuchten 2.690 Mst., da für 263 Mst. keine Werte der Herbstbeprobung 1999 vorliegen und 215 Mst. in tiefen Aquiferen verfiltert sind).

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

b) Mittelfristige Veränderungen

Eine statistisch gesicherte Trendermittlung erfordert eine sorgfältige Aufarbeitung der Daten.

Als erstes sind:

- Sonderfälle auszuschließen (z. B. reduzierendes Milieu, außergewöhnliche Beeinflussungen, tiefe und sehr alte Grundwässer)
- Vereinbarungen über die Behandlung der Werte „< BG“ zu treffen und

- die Herkunft der Messwerte zu klären (repräsentative Erhebung oder gezielte Verdachtsbeprobung?).

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

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

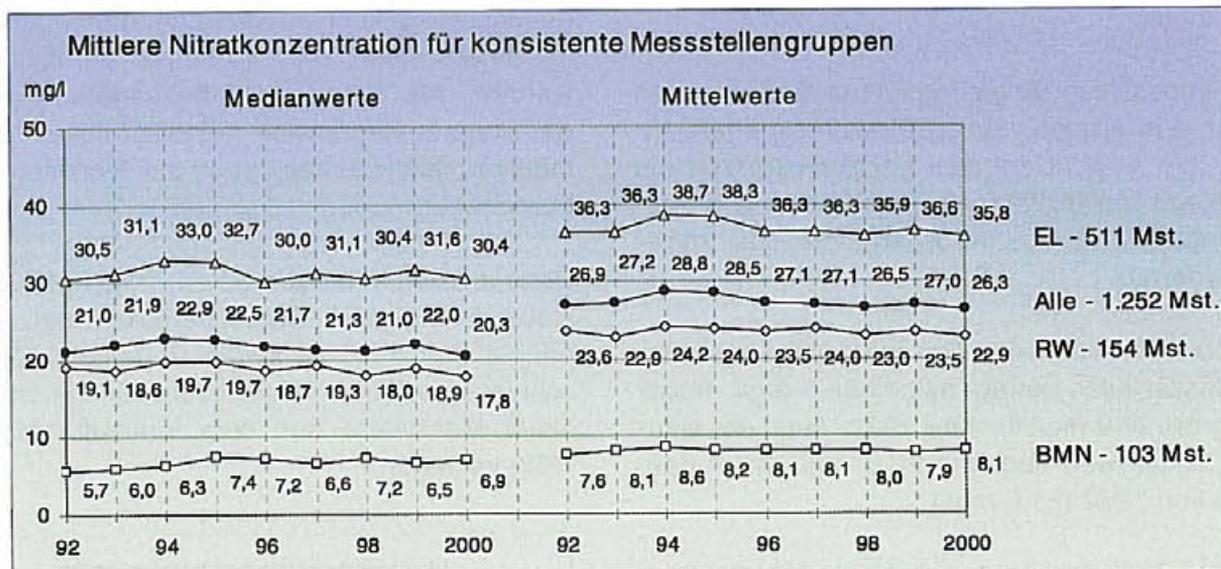


Abb. 2.4.6:

Entwicklung der Median- und Mittelwerte Nitrat 1994 bis 2000 für konsistente Messstellengruppen, Beprobungszeitraum jeweils September bis November.

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

► Mittelwerte der „Konsistenten Gruppe“

Die Beschreibung der Entwicklung der Nitratkonzentrationen in einer Messstellengruppe setzt mindestens die Erhaltung der Messstellenkonsistenz voraus. Messstellenkonsistenz bedeutet hier, dass für jede Messstelle aus jedem Jahr des betrachteten Zeitabschnitts ein Messwert vorliegt. Zur Begrenzung jahreszeitlicher Ein-

flüsse wird darüber hinaus gefordert, dass dieser Messwert jeweils aus dem Zeitraum September bis November stammt. Diesen strengen Konsistenzforderungen genügen für den Zeitraum 1992-2000 nur 1.252 Messstellen, d.h. 46 % des gesamten Messnetzes (Abbildung 2.4.6).

Je länger der zu untersuchende Zeitabschnitt gewählt wird, desto geringer wird die Anzahl der verbleibenden Messstellen. Auch wiederholte „Anpassungen“ reduzieren die Effizienz des Messnetzes, ausgedrückt durch den Anteil konsistenter Messstellen, drastisch.

Um die „Messnetzeffizienz“ zu verbessern, kann die konsistente Reihe auch für den Zeitraum [1994, 2000] selektiert werden. Damit stehen 1.950 Messstellen zur Verfügung, die Messnetzeffizienz beträgt dann immerhin 72 %. Um die Gesamtentwicklung beurteilen zu können, wird dennoch weiterhin die Zeitreihe ab 1992 betrachtet.

Die landesweite Belastung ist inzwischen etwas unter das Niveau von 1992 zurückgegangen. Das trifft sowohl auf den Landesmittelwert als auch auf die mittleren Konzentrationen in den Teilmessnetzen zu, mit Ausnahme des Basismessnetzes.

Der Landesmittelwert aller seit 1992 konsistenten Messstellen beträgt aktuell 26,3 mg/l, verglichen mit 26,9 mg/l im Jahr 1992. Auch der aktuelle Medianwert liegt mit 20,3 mg/l unter dem Wert von 1992 (21,0 mg/l).

Für das Teilmessnetz Landwirtschaft beträgt der aktuelle Mittelwert 35,8 mg/l, verglichen mit 36,3 mg/l im Jahr 1992. Der Medianwert ist nur um 0,1 mg/l zurückgegangen.

Für den Zeitraum seit 1994 bis 2000 beträgt der fallende lineare Trend für die Gruppe „Alle“ – 0,39 mg/l/Jahr mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,80.

Der Verlauf der Messwerte ist für die verschiedenen Teilmessnetze, mit Ausnahme des Basismessnetzes, ähnlich, wobei die Abnahme seit

1994 für das am Höchsten belastete Landwirtschafts-Messnetz mit - 2,9 mg/l am größten ist. Für die 154 Rohwassermessstellen beträgt die Abnahme im selben Zeitraum nur 1,3 mg/l. Im anthropogen überwiegend nur durch atmosphärische Deposition belasteten Basismessnetz sind die mittleren Konzentrationen in den letzten fünf Jahren annähernd konstant geblieben.

Die Medianwerte, die weniger auf Extremwerte reagieren, zeigen im wesentlichen denselben Verlauf. Sie liegen für die Gruppe „Alle“ um 5 bis 6 mg/l unter den entsprechenden arithmetischen Mittelwerten.

► Lineare Regression an den Messstellen

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. Als Trendermittlungsverfahren wurde die lineare Regression benutzt. Damit ist es möglich, relativ einfach auch auf Signifikanz der berechneten Trends zu prüfen.

Dazu wurden sämtliche an der jeweiligen Messstelle vorliegenden Daten berücksichtigt, unabhängig von ihrer zeitlichen Verteilung. Ausgeschlossen wurden Messstellen, für die weniger als 4 Messwerte aus dem Intervall 1994 bis 1999 vorliegen.

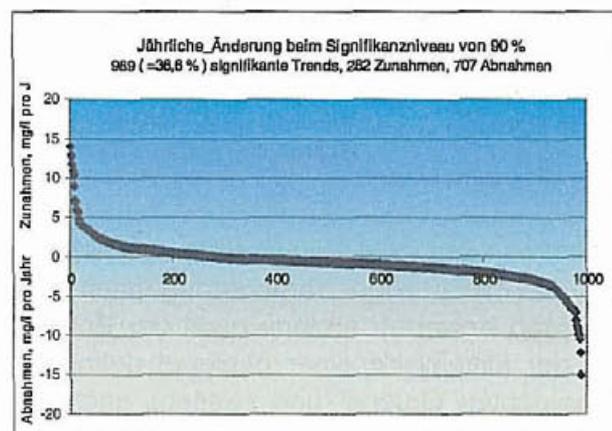


Abb. 2.4.7: Mittelfristige Trends an den Messstellen seit 1994, lineare Regression, Signifikanzniveau 90 %.

Eine sehr wichtige Festlegung, die die Berechnung stark beeinflussen kann, ist die Festlegung des Zeitpunktes der Trendumkehr. Die statistischen Verfahren zur Bestimmung dieses Zeitpunktes erfordern eine individuelle Behandlung jeder einzelnen Zeitreihe und sind damit sehr aufwendig. Zur Begrenzung des Auswerteaufwands wurde stattdessen in Übereinstimmung mit den Ergebnissen für die konsistente Gruppe einheitlich die Berechnung ab 1.1.1994 angesetzt, obwohl für einzelne Messstellen andere Zeitpunkte gültig sein können.

Von den 2.690 Messstellen wurde an 989 Messstellen (entspricht 36,7 %) ein auf dem 90-Niveau signifikanter Trend ermittelt (Abbildung 2.4.7). Davon waren 707 fallend (26,3 %) und 282 steigend (10,4 %). An 28 Messstellen (1,1 %) gab es im gesamten Zeitraum keine Konzentrationsänderungen, es handelt sich dabei um Messstellen, die dauerhaft Befunde „< BG“ haben.

Im Vergleich zum Vorjahr hat sich damit der Anteil signifikanter Trends leicht erhöht. Auf dem 70 %-Signifikanzniveau liegen sogar für 58,3 % aller Messstellen signifikante Trends vor.

Für alle als signifikant ermittelten Trends insgesamt ergibt sich ein Mittelwert der Messstellentrends für die Jahre von 1994 bis 2000 von $-0,85 \text{ mg/l/Jahr}$. Im Zusammenhang mit dem Überwiegen der Anzahl abnehmender Trends ist damit im mittelfristigen Vergleich die Tendenz zum Konzentrationsrückgang bestätigt.

2.4.5 Nitratentwicklung innerhalb und außerhalb von Wasserschutzgebieten

Die in Abschnitt 2.4.4. beschriebene mittelfristige Abnahme der Median- und Mittelwerte der Nitratkonzentrationen verläuft ähnlich bei sämtlichen Messstellengruppen und Teilmessnetzen (mit Ausnahme des Basismessnetzes). Dies trifft auch für Messstellengruppen innerhalb, bzw. außerhalb von Wasserschutzgebieten zu (Abbildung 2.4.8). Relativ zu den Höchstwerten aus dem Jahr 1994 haben die Nitratgehalte sowohl innerhalb als auch außerhalb der Wasserschutzgebiete um rd. 10 % abgenommen.

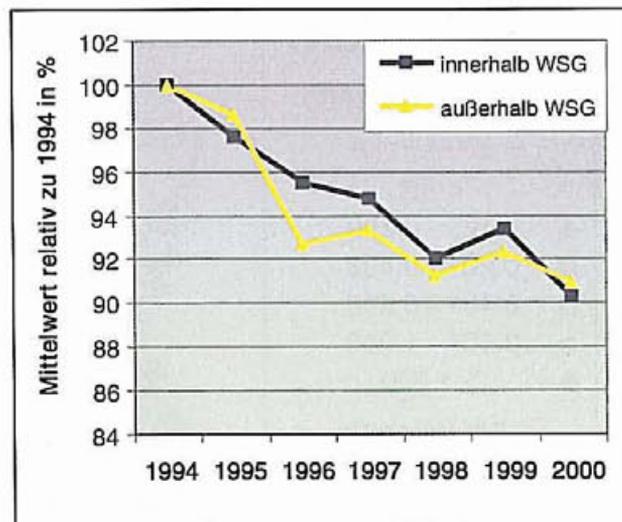


Abbildung 2.4.8: Mittelwerte der konsistenten Reihen [1994, 2000] nach Lage zum WSG, relativ zu 1994.

2.4.6 Bewertung

Der seit dem Jahr 1994 bei den Median- und Mittelwerten konsistenter Messstellengruppen statistisch feststellbare, leicht abnehmende Trend hat sich im Jahr 2000 fortgesetzt. Allerdings zeigt sich bei der Einzelprüfung aller zur Verfügung stehenden Messstellen, dass auf dem 90 %- Vertrauensniveau bei 63,4 % der Messstellen keine Signifikanz eines Trends feststellbar ist.

Bei den ermittelten Größenordnungen der Trends von rd. $0,4 \text{ mg/l}$ pro Jahr würde es für das am höchsten belastete Teilmessnetz Landwirtschaft noch 28 Jahre dauern, bis der Mittelwert der Konzentrationen von derzeit rd. 36 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 novelierten 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.

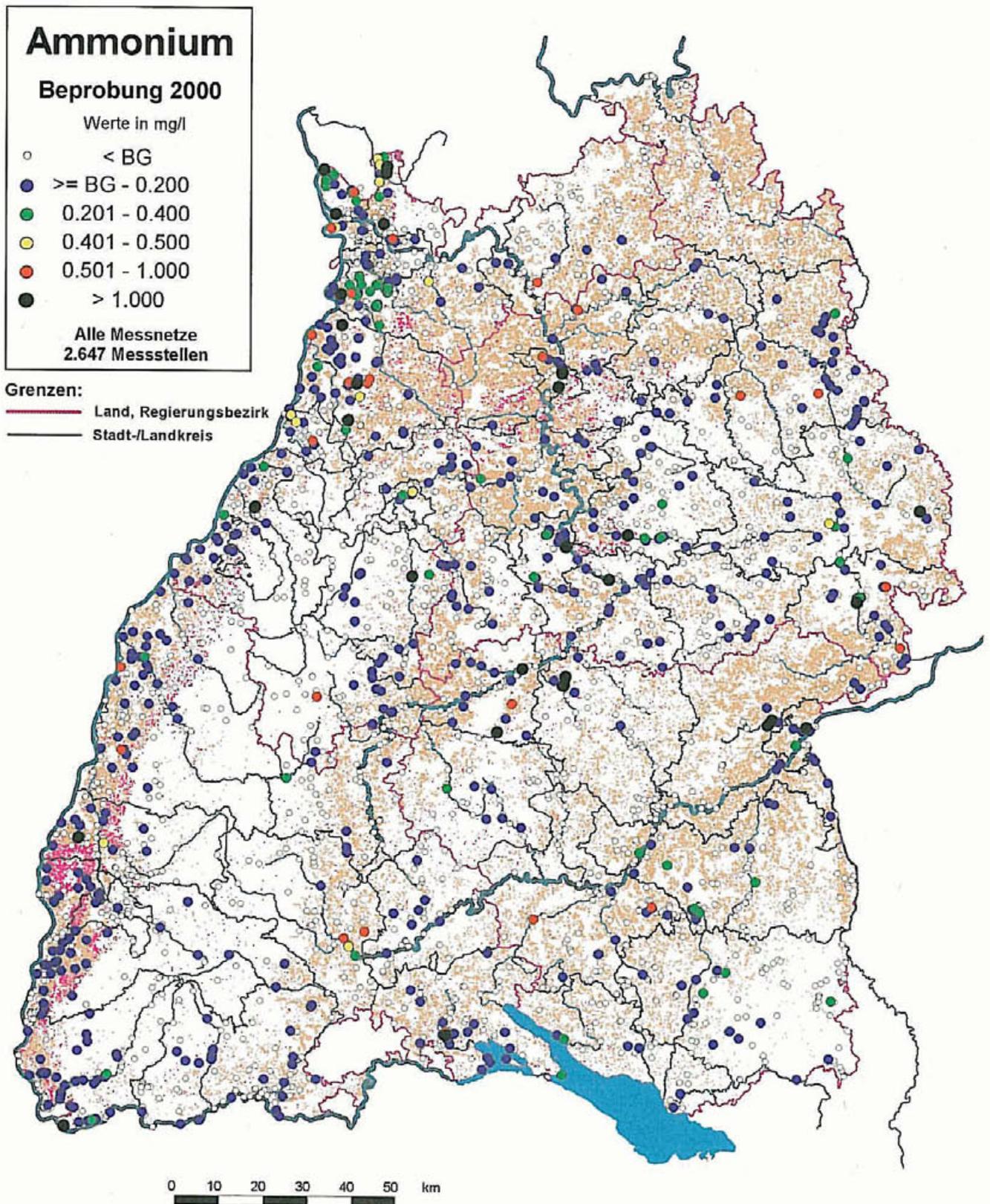


Abbildung 2.4.9: Konzentrationsverteilung Ammonium 2000 mit Landnutzungen (Ackerbau=braun und Weinbau=violett).

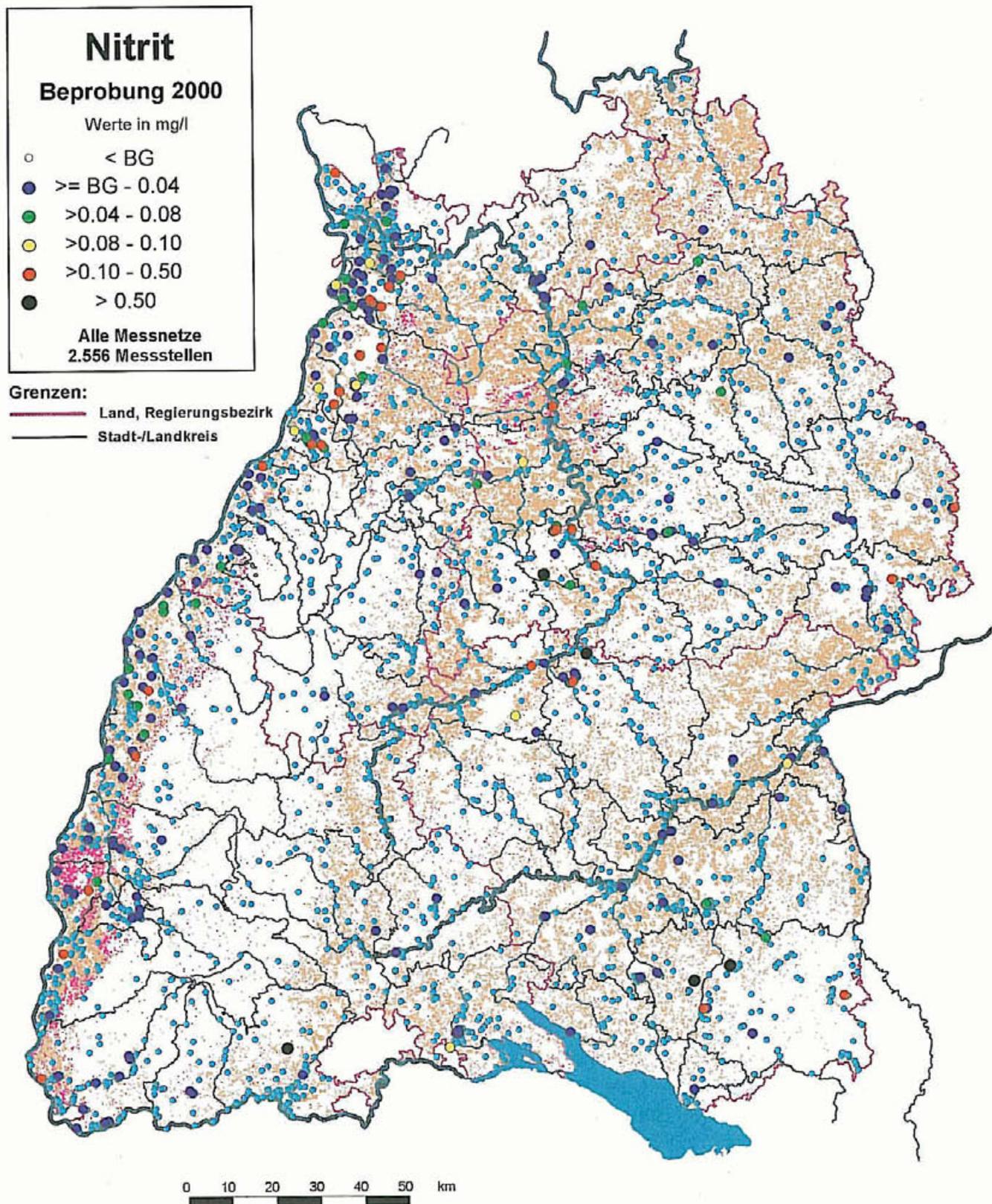


Abbildung 2.4.10: Konzentrationsverteilung Nitrit 2000 mit Landnutzungen (Ackerbau=braun und Weinbau=violett).

2.5 Pflanzenschutzmittel (PSM)

2.5.1 Zulassung, Verwendung, Klassifizierung, Umweltrelevanz

Nach Mitteilungen der für die Zulassung der PSM zuständigen Biologischen Bundesanstalt in Braunschweig sind derzeit (Stand 13.01. 2001) in der Bundesrepublik Deutschland 273 PSM-Wirkstoffe zugelassen, die in 1138 Handelsprodukten auf dem Markt sind. Dies sind 6 bzw. 10 % mehr als in 1997.

In den letzten drei Jahren waren die Gesamtabatzmengen größer als in 1993 und 1995 (Tabelle 2.5.1). In 1999 belief sich der PSM-Absatz auf 27.485 Tonnen. Etwa die Hälfte entfiel auf die Wirkstoffklasse der Herbizide, rund ein Drittel auf die Fungizide, Insektizide waren mit 4 % vertreten. Der weitaus größte Teil der PSM wird in der Landwirtschaft und in der Erwerbsgärtnerei eingesetzt.

Für den Einsatz in Haus und Garten wurden in den letzten vier Jahren 350-500 t Wirkstoffmengen abgesetzt (Anm.: ohne Eisen II-Sulfat, inkl. Düngemittel mit Herbiziden).

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 diese Flächen von Pflanzenbewuchs freizuhalten.

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

Tabelle 2.5.1: Abgesetzte Wirkstoffmengen in der Bundesrepublik Deutschland 1993 bis 1999 (IVA-Mitgliedsfirmen); Quelle: Jahresbericht 1999/2000 des Industrieverbandes Agrar e.V. (IVA), Frankfurt.

Wirkstoffklasse	Abgesetzte Wirkstoffmenge in t von 1993 bis 1999					Anteil in % 1999
	1993	1995	1997	1998	1999	
Herbizide	12.424	13.751	15.369	16.667	13.994	51
Fungizide	6.089	7.638	8.438	9.415	9.159	33
Insektizide	880	936	911	1.057	991	4
Sonstige	2.853	3.226	3.256	3.747	3.341	12
Summe	22.246	25.551	27.974	30.886	27.485	100

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 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 Phosphoratom und/oder darüberhinaus noch Chlor, Brom, Schwefel, Zinn, usw.

PSM dürfen nur in Verkehr gebracht werden, wenn sie nach dem Pflanzenschutzgesetz (1998) zugelassen sind. Im Pflanzenschutzgesetz ist Grundwasser ausdrücklich als zu schützendes Gut hervorgehoben.

PSM-Wirkstoffe, die wassergefährdend sind, sind mit einer „W-Auflage“ versehen und dürfen in Wasserschutzgebieten nicht eingesetzt werden.

Durch die Schutzgebiets- und Ausgleichverordnung (SchALVO) ist in Baden-Württemberg zusätzlich der Wirkstoff Terbutylazin in Wasserschutzgebieten verboten.

In der TrinkwV vom 05.12.1990 sind Grenzwerte für die PSM festgeschrieben: 0,1 µg/l für den Einzelstoff und 0,5 µg/l für die Summe.

Allerdings ist dieser Summenwert nicht wie bei den LHKW 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“ (LfU, 2000) beschrieben.

Demnach sind Proben bei Quellen an der vorgegebenen Austrittsstelle und bei Förderbrunnen nach Ablaufenlassen 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. 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 genannten Wirkstoffe können jedoch mit den vorhandenen 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 beispielsweise bei der Bestimmung von Nitrat rechnen muss.

Die TrinkwV toleriert einen Fehler von $\pm 0,05$ $\mu\text{g/l}$, bezogen auf den Trinkwassergrenzwert von $0,1$ $\mu\text{g/l}$ entspricht dies 50 %.

Die Ringversuchsergebnisse der Analytischen Qualitätssicherung Baden-Württemberg 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 Laborvergleichsuntersuchungen 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 $0,05$ $\mu\text{g/l}$. In den letzten Jahren werden gerade bei den meisten Triazinen durch die mittlerweile verbesserten Analysemethoden auch niedrigere Bestimmungsgrenzen von $0,02$ oder sogar $0,01$ $\mu\text{g/l}$ erreicht (s. Anhang Tab. A2). Daher können sich bei Auswertungen von Messwerten mit Konzentrationen von größer oder gleich der Bestimmungsgrenze höhere Anzahlen von Positivbefunde ergeben als in früheren Jahren.

Alle PSM-Befunde mit Grenzwertüberschreitungen wurden in 2000 über Rückstellproben oder Nachuntersuchungen durch erneute Probennahmen und vergleichende Untersuchungen mit dreifach paralleler Analytik verifiziert.

2.5.3 Bisher untersuchte Wirkstoffe

Tabelle 2.5.2 gibt einen Überblick über die Anzahl der auf PSM untersuchten Messstellen seit Inbetriebnahme des zweiten Teilmessnetzes – des Grobrastermessnetzes in 1989.

Anfang der neunziger Jahre wurde das Messnetz zügig schrittweise vergrößert und regelmäßig die Konzentration der Triazine verfolgt, nachdem 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 2000 lagen die Untersuchungsschwerpunkte in der Messung der Triazin- und Phenylharnstoffherbizide.

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

Tabelle 2.5.2 : Gesamtanzahl der auf PSM untersuchten Messstellen im Grundwassermessnetz 1989 - 2000.
(Darstellungsvoraussetzung für Wirkstoffe: mindestens 200 untersuchte Messstellen in mindestens einem Untersuchungsjahr; im Fettdruck: Wirkstoffe mit mehr als 2.000 untersuchten Messstellen in einem Jahr; Quelle: Auswertungsergebnisse 03/2001).

Wirkstoff	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
2,4-D			295	333				594				155
2,6-Dichlorbenzamid									2109	213	652	2294
Atrazin	514	1101	1125	1907	2373	2585	2473	2595	729	1105	1110	2601
Bentazon			267	299				559				2150
Bromacil		367	443	1547	2106	2354	2234	2349	323	880	835	2359
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
DDE, p,p'			115	728				114				
DDT,o,p'				680				114				
DDT,p,p'			115	748				114				
Desethylatrazin	503	1097	1122	1906	2373	2585	2473	2597	208	1108	1109	2602
Desethylterbutylazin		344	883	1767	2266	2482	1193	2493	555	1040	1027	2557
Desisopropylatrazin		510	922	1811	2299	2519	1246	2524	536	1067	1034	2561
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
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				
Hexachlorcyclohexan, - β			114	750				114				
Hexachlorcyclohexan, - γ				762	142	143	130	173				
Hexazinon		350		1678	2113	2342	2226	2364	357	910	866	2386
Isoproturon			107	144	174	799	2098	129	2196	143		2231
Linuron					128	756	2016					118
Malathion					123	121			2171	162		
Mecoprop (MCPP)			293	331				591				155
Metalaxyl		282	719	1584	2090	2276	963	2273	271	858	767	2311
Metazachlor	427	1081	1079	1892	2359	2574	1289	2577	591	1106	1088	2583
Methabenzthiazuron				100	109	732	2021		243			164
Metobromuron					112	174	371		134			
Metolachlor	474	1071	1089	1894	2360	2569	1239	2577	610	1105	1087	2562
Metoxuron					112	174	371		134			
Metribuzin		104	128	204	257	226	236	277	110	139	113	186
Monolinuron				100		131	297					
Neburon									302			
Parathion-ethyl (E 605)		140	143	250	198	350	251	350	2203	265	133	209
Parathion-methyl		180	168	253	250	368	283	304		156	133	117
Pendimethalin			132	212	198	223	199	309	2232	245	175	286
Propazin	110	430	892	1732	2233	2480	1254	2471	537	1017	981	2511
Sebutylazin			104	293	190	244	204	255	2226	256	192	244
Simazin	500	1091	1108	1900	2366	2585	2471	2594	668	1107	1108	2601
TDE,p,p'			114	693				114				
Terbazil								292		110	140	233
Terbutylazin	476	1082	1097	1897	2366	2587	2471	2595	690	1107	1108	2600
Triallat				228	421	468	308	497	206	188	249	354
Trifluralin				165				130	2159	173		139
Vinclozolin			113	206	137	134	120	213		114		112

2.5.4 Triazine

Atrazin und Desethylatrazin

Statistische Kennzahlen

Aus den nun erstmals seit 1996 wieder landesweiten Beprobungsergebnissen ist für die langlebigen Triazine ein weiterer erheblicher und deutlicher Belastungsrückgang bei Atrazin und Desethylatrazin (DEA) ersichtlich.

In 2000 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 zwölf Jahre nach dem baden-württembergischen Atrazinverbot und zehn 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 eingesetzt. Aufgrund seiner hohen Stabilität ist es jedoch immer noch im Grundwasser vorhanden und der am häufigsten nachweisbare Einzelwirkstoff.

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 2000 liegt die Nachweisfrequenz für Atrazin bei 22,0 % aller Messstellen, die Grenzwertüberschreitungsquote bei 1,8 % (Abb. 2.5.6: Messnetzgruppe „Alle“).

Das Hauptabbauprodukt des Atrazin ist das Desethylatrazin (DEA), das sich im Untergrund wesentlich mobiler als sein Ausgangswirkstoff verhält. 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 2000 liegt die Nachweisfrequenz für DEA bei 28,7 % aller Messstellen, die Grenzwertüberschreitungsquote bei 5,0 %.

Regionale Verteilung

Die regionale Verteilung der Messergebnisse 2000 geht aus Abbildung 2.5.1 und 2.5.2 hervor. Die höchste Belastung mit Atrazin und Desethylatrazin ist im Oberrheingraben, in Ostwürttemberg und den östlichen Landesteilen (Alb-Donau-Kreis, Ostalbkreis, LK Heidenheim) zu verzeichnen.

Im Teilmessnetz „Sonstige Emittenten-SE“ im Bereich von Gleisanlagen, Strassen und Kläranlagen finden sich höchste Nachweisquoten für beide Stoffe von etwa 40 % (Abb. 2.5.6), mit Grenzwertüberschreitungsquoten von 2 - 5 % im Gleisanlagenbereich, was auf ehemalige Atrazinapplikationen schließen lässt.

Vermeehrt positive Befunde sind weiterhin hauptsächlich bei den Emittentenmessstellen Landwirtschaft „EL“ (Abb. 2.5.6) in Ackerbaugebieten (Mais) festzustellen (Abb. 2.5.1 und Abb. 2.5.2). Hier finden sich die meisten DEA-Warn- und Grenzwertüberschreitungen mit jeweils etwa 10 %.

Weitere positive Befunde und Grenzwertüberschreitungen liegen unterstromig von Weinanbaugebieten, Gärtnereien, Obstbaumkulturen, städtischen Grünflächen und Nichtkulturland, wie z.B. in Siedlungen und Industriebereichen, auch an Straßen.

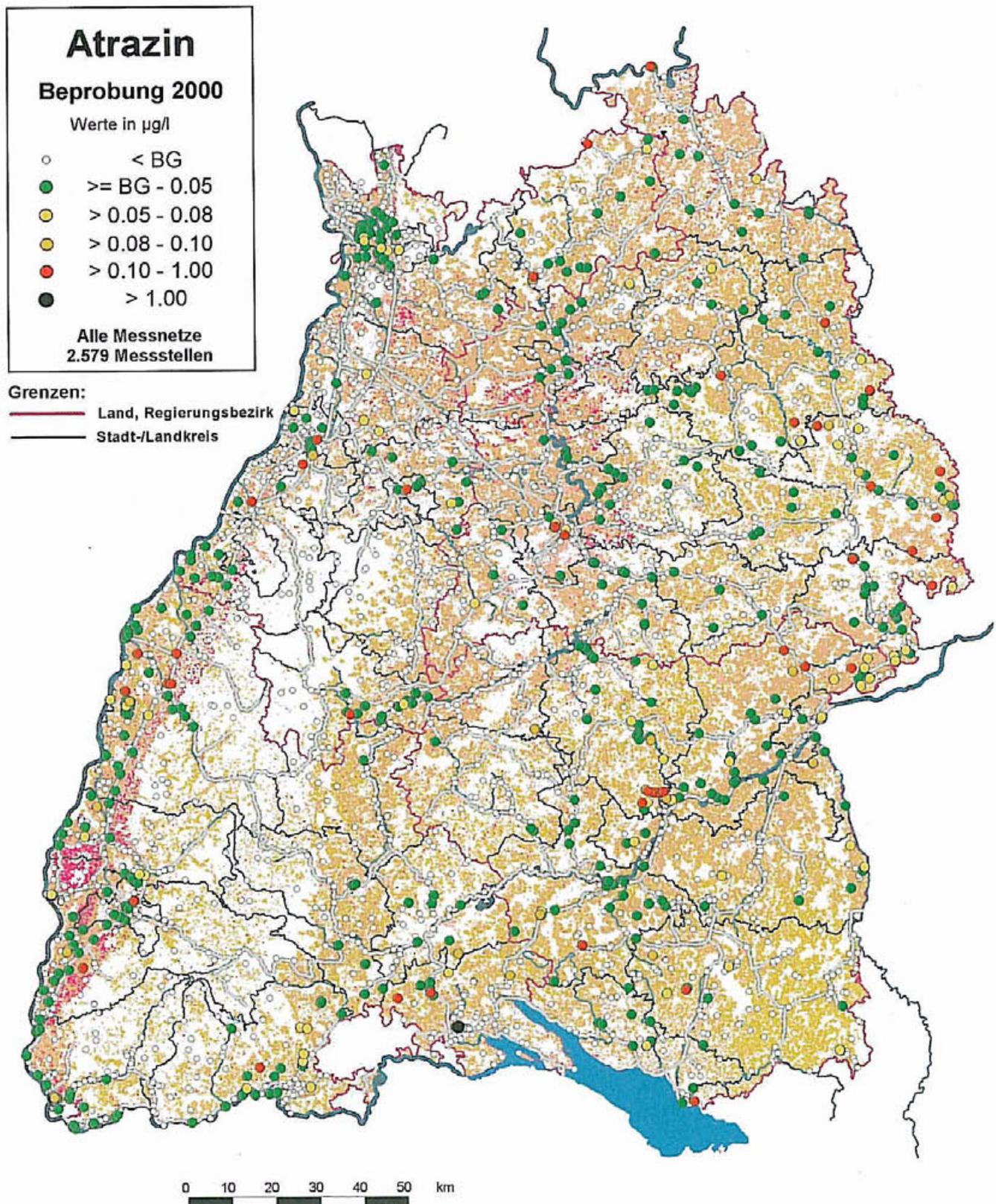


Abbildung 2.5.1: Konzentrationsverteilung Atrazin 2000 mit Bahngleisanlagen (=graue Linien) und Landnutzungen (Ackerbau =braun, Wein=violett, Grünflächen=grün, Industrie und Siedlungen=rosé).

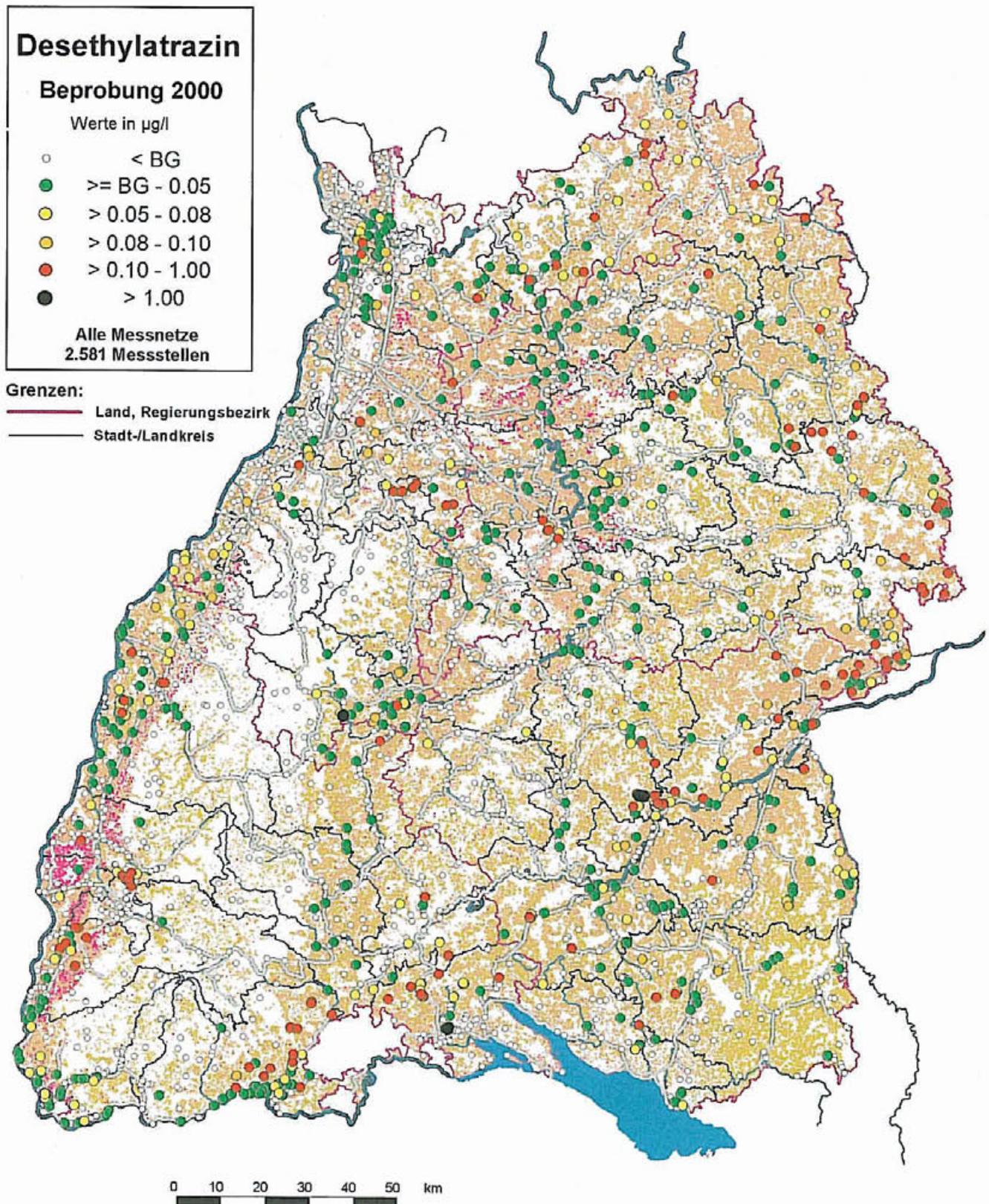


Abbildung 2.5.2: Konzentrationsverteilung Desethylatrazin 2000 mit Bahngleisanlagen (=graue Linien) und Landnutzungen (Ackerbau =braun, Wein=violett, Grünflächen=grün, Industrie und Siedlungen=rosé).

Zeitliche Entwicklung

Die zeitliche Entwicklung der Atrazin- und Desethylatrazinbelastungen ist in Abbildung 2.5.3 und Abb. 2.5.4 anhand von 1.188 bzw. 1.190 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, nach positiven Befunden $> 0,05 \mu\text{g/l}$ und nach Warn- und Grenzwertüberschreitungen.

Die 1.190 Messstellen repräsentieren 46 % des Gesamtmessnetzes.

Messstellengruppe „Alle Messstellen-Alle“

Landesweit wird bei der Messstellengruppe „Alle“ in 2000 bei beiden Stoffen bei den höheren Konzentrationen $> 0,05 \mu\text{g/l}$ und bei den Warn- und Grenzwertüberschreitungen nicht nur das Niveau der Belastungshöhepunkte 1993-1995 unterschritten, sondern auch das Belastungsniveau von 1992. Die Zahl der positiven Befunde mit Konzentrationen $> 0,05 \mu\text{g/l}$ und der Warn- und der Grenzwertüberschreitungen hat bei Atrazin von 1992 bis 2000 um rund die Hälfte bis zwei Drittel abgenommen.

Ähnliches gilt für DEA, wenn auch mit geringeren Abnahmen zwischen einem Zehntel und einem Viertel gegenüber 1992. Auch bei DEA sind die großen Abnahmen gegenüber den Belastungshöhepunkten in 1993-1995 zu erkennen.

Die Zahl der positiven Befunde insgesamt ist sowohl für Atrazin als auch für DEA auf nahezu gleichem Niveau wie 1992 geblieben, was auch auf die mittlerweile verbesserten Analysemethoden mit kleineren Nachweisgrenzen zurückzuführen ist. Bei DEA ist gegenüber 1992 sogar eine leichte Zunahme zu verzeichnen.

Gegenüber 1995 ist die Messstellenanzahl mit Warn- und Grenzwertüberschreitungen bei beiden Stoffen um etwa ein Drittel bis zwei Drittel gesunken.

Messstellengruppe „Rohwasser-RW“

Im Rohwasser für die Trinkwassernutzung (Messstellengruppe „RW“) tritt erstmals in 2000 keine Atrazin-Grenzwertüberschreitung mehr auf und nur noch eine einzige Warnwertüberschreitung. Gegenüber 1992 sind bei DEA die Warn- und Grenzwertüberschreitungsquoten um etwa die Hälfte gesunken. Hier ist auch die Anzahl der Positivbefunde bei Atrazin und Desethylatrazin gegenüber 1992 um je etwa ein Viertel gefallen. Dies ist als längerfristiger umweltpolitischer Erfolg des baden-württembergischen Atrazin-Anwendungsverbots in Trinkwasserschutzgebieten von 1988 zu werten.

Messstellengruppe

„Emittenten-Landwirtschaft - EL“

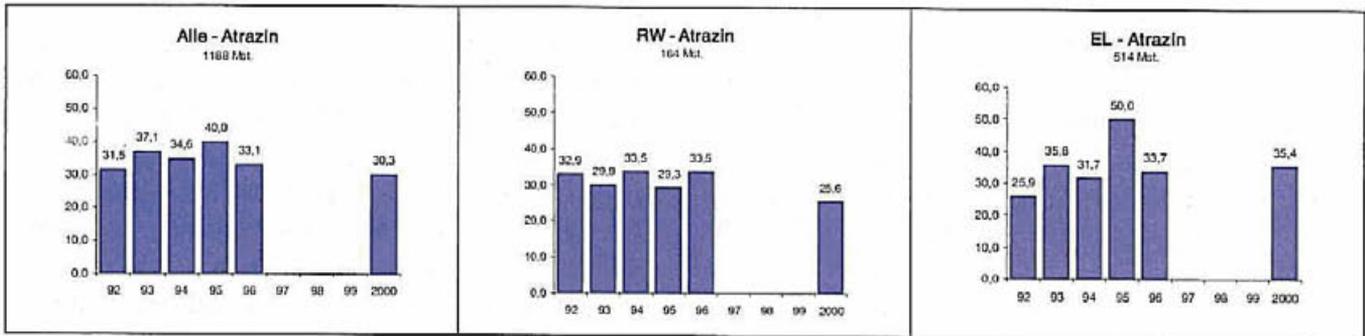
In landwirtschaftlichen Bereichen (Messstellengruppe „EL“) sind die Atrazinbelastungen mit Warn- und Grenzwertüberschreitungen gegenüber den Belastungshöhepunkten zwischen 1993-1995 um die Hälfte bis zwei Drittel und auch gegenüber 1992 um etwa die Hälfte gesunken.

Bei DEA jedoch - sind zwar die Warn- und Grenzwertüberschreitungsquoten gegenüber 1993-1995 um maximal etwa ein Drittel gesunken, aber gegenüber 1992 zeigt sich noch keine Verbesserung der Belastungssituation. Es wird jetzt erst wieder in etwa das gleiche Belastungsniveau mit Warn- und Grenzwertüberschreitungen wie in 1992 erreicht, also wie ein Jahr nach dem bundesweiten Atrazin-Anwendungsverbot in 1991.

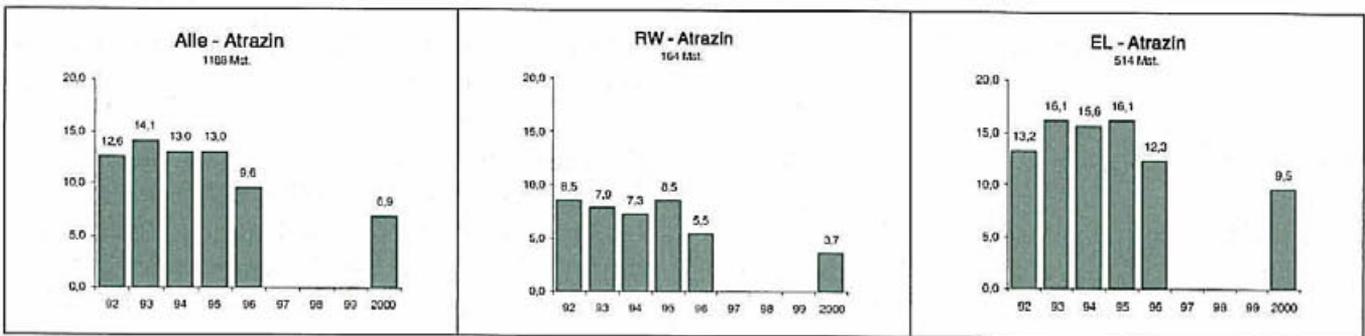
Die Nachweisquote von DEA-Konzentrationen $> 0,05 \mu\text{g/l}$ ist gegenüber 1992 um etwa ein Sechstel gestiegen, dagegen bei Atrazin um etwa ein Drittel gesunken. Diese Entwicklungen zeigen den Ablauf des Atrazinabbaus zu DEA und von Verdünnungseffekten an.

Bei der Häufigkeit der Positivbefunde insgesamt ist gegenüber 1992 bei DEA wie auch bei Atrazin eine Zunahme von je etwa einem Drittel festzustellen. Dies liegt einerseits - an den gegenüber früher - heutzutage niedrigeren Bestim-

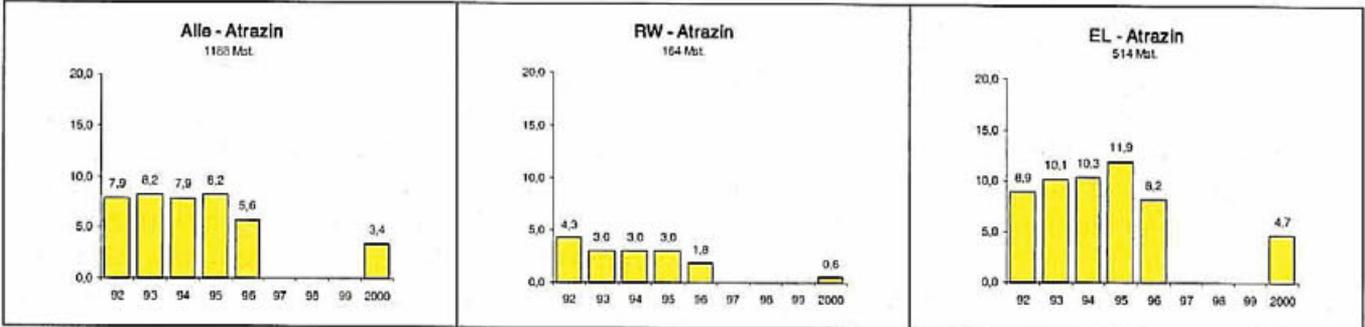
a) % Messstellen \geq BG (Bestimmungsgrenze)



b) % Messstellen $>$ 0,05 $\mu\text{g/l}$



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



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

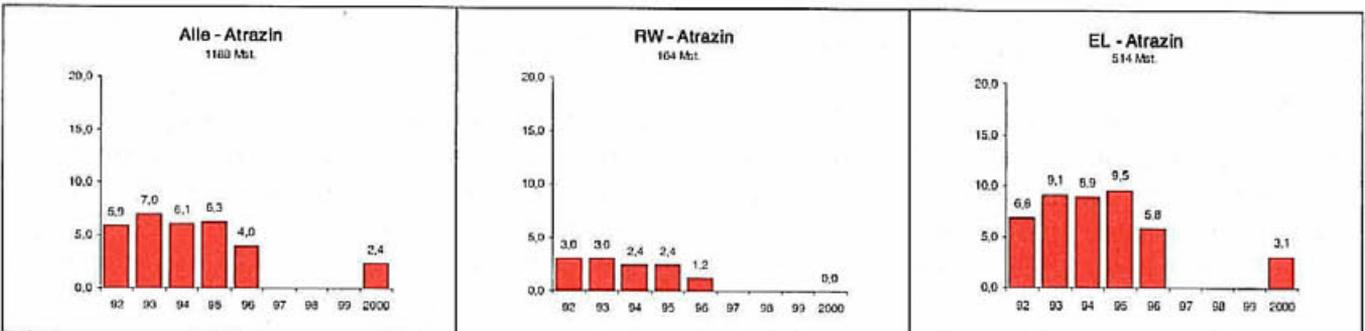


Abb. 2.5.3: Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten der Atrazinkonzentrationen an konsistenten Messstellengruppen von 1992 bis 2000 (Datengrundlagen: Konsistente Messstellengruppen 1992 bis 1996 und 2000, Beprobungszeitraum jeweils September bis November, Abk. s. Anhang A1):
 a) der Bestimmungsgrenzen (größer oder gleich der BG)
 b) der Konzentration von 0,05 $\mu\text{g/l}$
 c) der Konzentration von 0,08 $\mu\text{g/l}$ (Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms)
 d) der Konzentration von 0,10 $\mu\text{g/l}$ (Grenzwert der Trinkwasserverordnung).

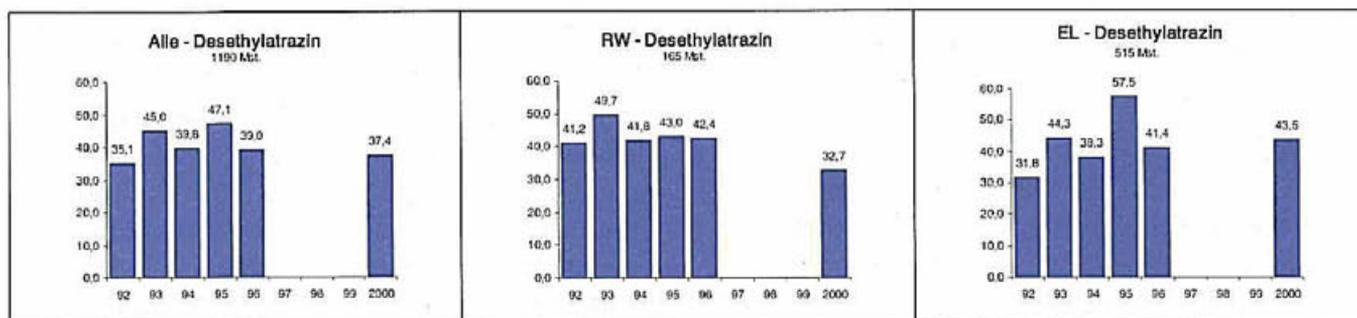
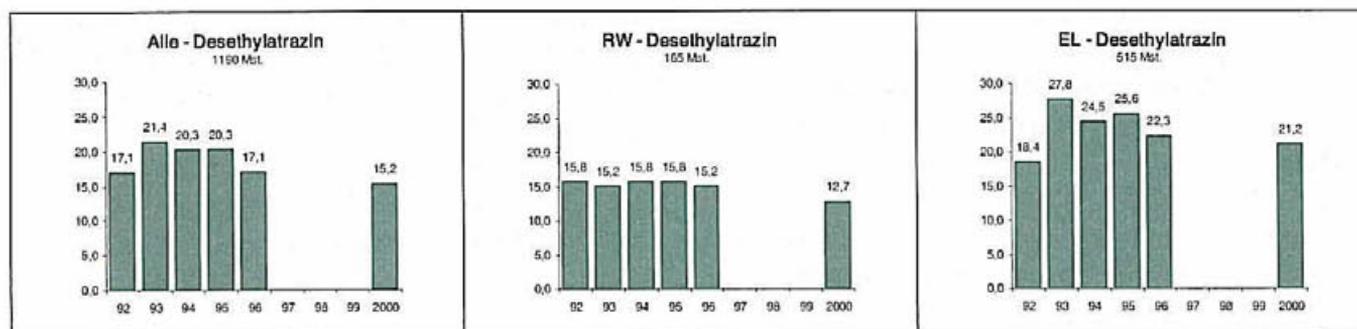
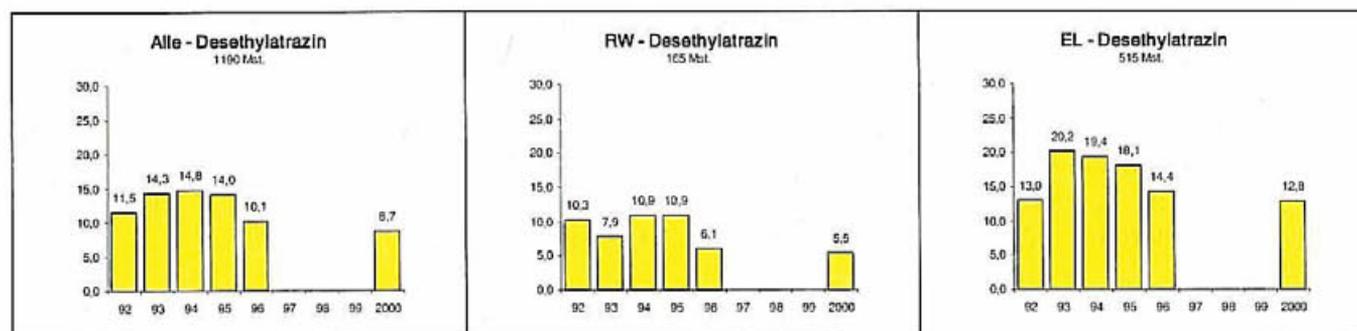
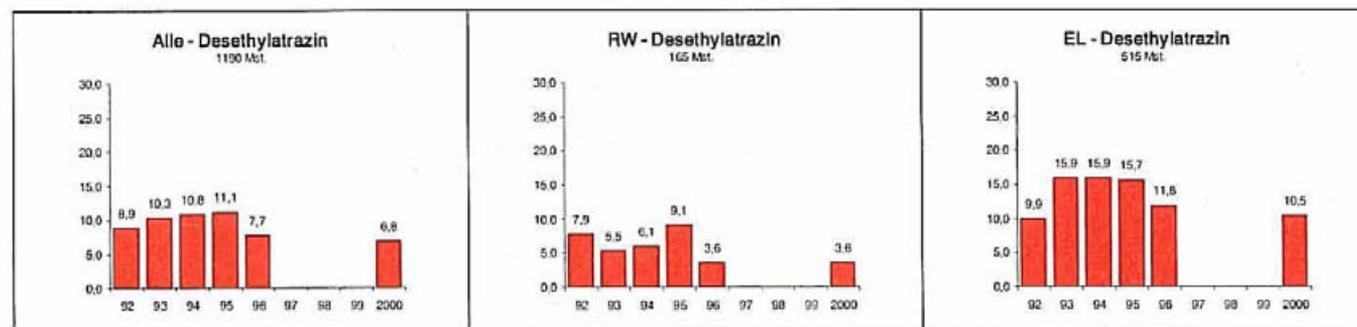
a) % Messstellen \geq BG (Bestimmungsgrenze)b) % Messstellen $>$ 0,05 $\mu\text{g/l}$ c) % Messstellen $>$ 0,08 $\mu\text{g/l}$ (Warnwert)d) % Messstellen $>$ 0,1 $\mu\text{g/l}$ (Grenzwert Trinkwasserverordnung)

Abb. 2.5.4: Prozentuale Überschreitungshäufigkeiten der Desethylatrazinkonzentrationen an konsistenten Messstellengruppen von 1992 bis 2000 (Datengrundlagen: Konsistente Messstellengruppen 1992 bis 1996 und 2000, Beprobungszeitraum jeweils September bis November, Abk. s. Anhang A1):
 a) der Bestimmungsgrenzen (größer oder gleich der BG)
 b) der Konzentration von 0,05 $\mu\text{g/l}$
 c) der Konzentration von 0,08 $\mu\text{g/l}$ (Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms)
 d) der Konzentration von 0,10 $\mu\text{g/l}$ (Grenzwert der Trinkwasserverordnung).

mungsgrenzen, zeigt aber auch den Ablauf von Abbau- und Verdünnungsprozessen auf.

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.

Beim seit 1999 generell nicht mehr zugelassenen 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 für das weiterhin außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten zugelassene Terbutylazin sind 3 % bzw. 0,7 %. In 2000 liegen die Nachweis- bzw. die Grenzwertüberschreitungsquoten für Terbutylazin bei gegenüber 1996 nahezu unveränderten 0,6 bzw. 0,2 % (1996: 0,9 % bzw. 0,2 %).

Simazin, mit der vierthäufigsten Nachweisquote aller PSM-Wirkstoffe und Abbauprodukte, findet sich in 2000 mit einer gegenüber 1996 unwesentlich veränderten landesweiten hohen Nach-

weisquote bzw. Grenzwertüberschreitungsquote von 6,3 % bzw. 0,5 % (1996: 7,2 bzw. 0,7 %).

Belastungsschwerpunkte sind Siedlungs-, Industrie-, Gleisanlagenbereiche und landwirtschaftliche Bereiche (Abb. 2.5.6) mit Ackerflächen (Abb. 2.5.5). Nachvollziehbare 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 und Siedlungen-EI-ES“ sind höhere Nachweisquoten zu finden als bei den „Emittenten Landwirtschaft-EL“. Im Teilmessnetz „Sonstige Emittenten-SE“ im Bereich von Gleis- und Kläranlagen sind die höchsten Nachweisquoten von über 20 % und die meisten Grenzwertüberschreitungen zu finden (Abb. 2.5.6).

Das Abbauprodukt Desethylsimazin (=Desisopropylatrazin) wird in 2000 in nahezu unveränderter Häufigkeit an 2,8 % aller Messstellen gefunden (1996: 3,3 %).

Mit stärker abnehmenden Positivbefunden von Simazin und seinem Abbauprodukt Desethylsimazin ist offenbar erst in den folgenden Jahren zu rechnen.

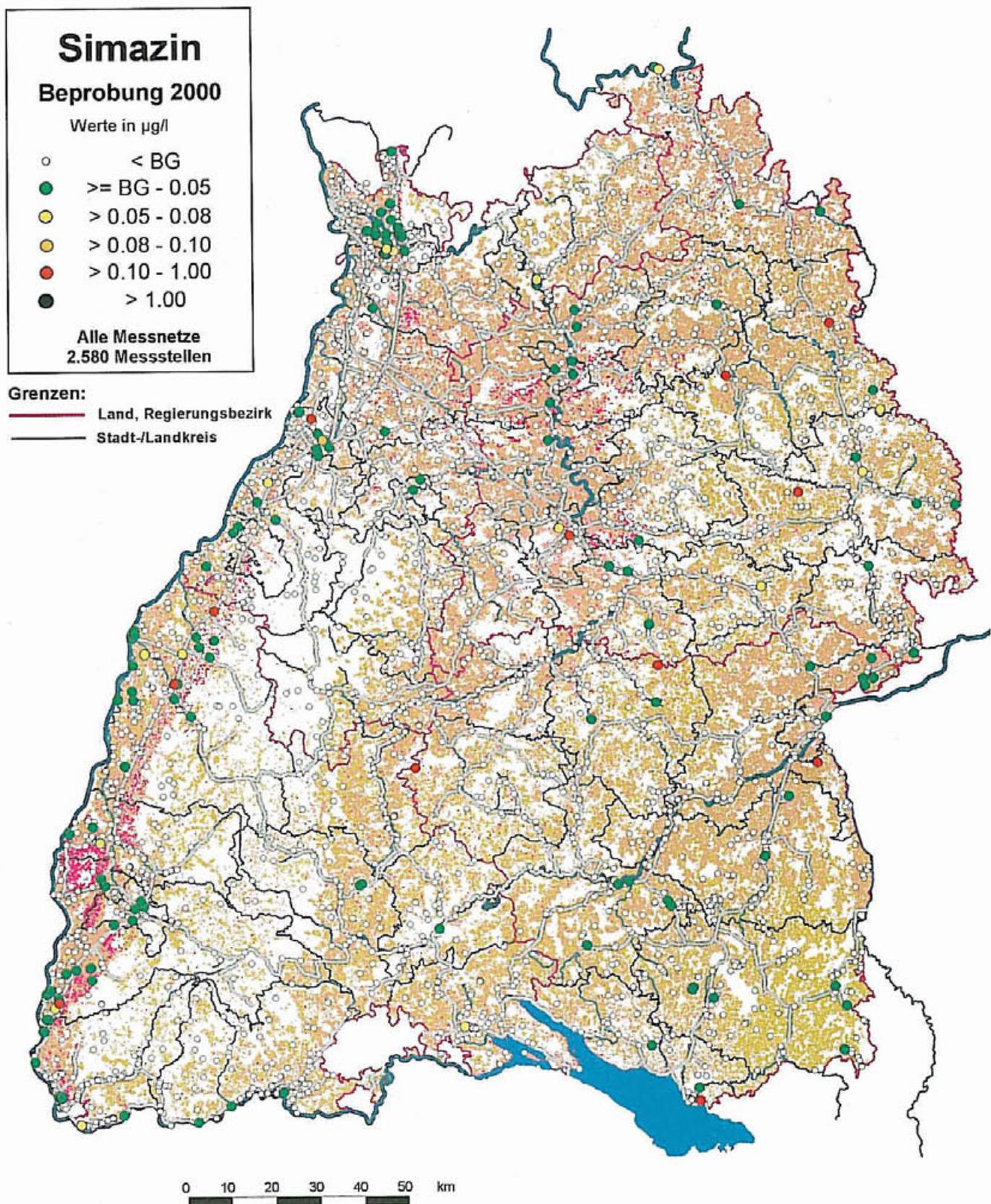


Abbildung 2.5.5: Konzentrationsverteilung Simazin 2000 mit Bahngleisanlagen (=graue Linien) und Landnutzungen (Ackerbau =braun, Wein=violett, Grünflächen=grün, Industrie und Siedlungen=rosé).

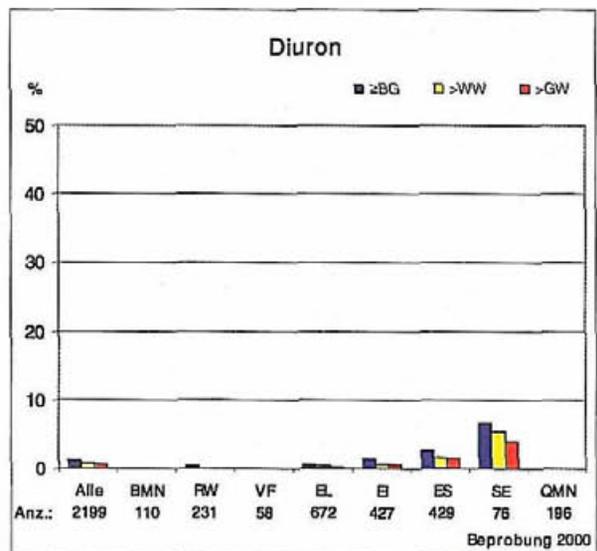
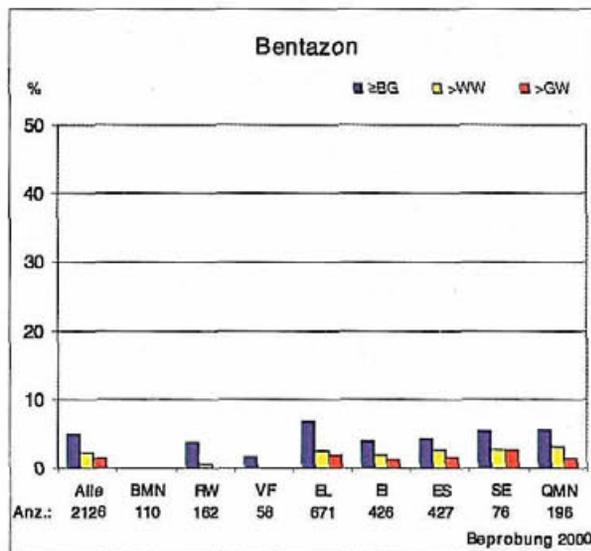
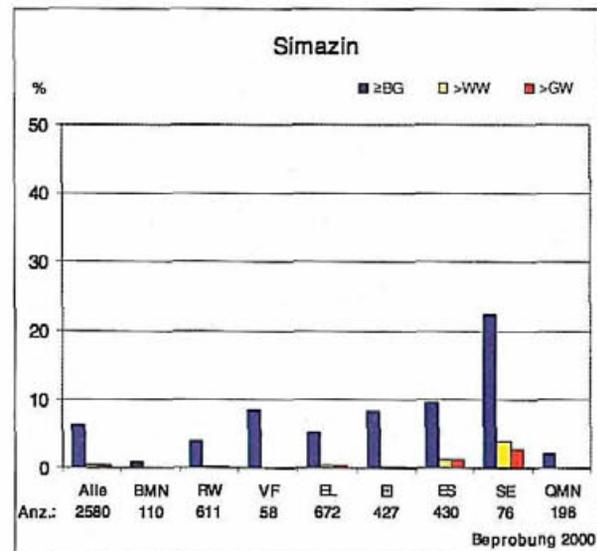
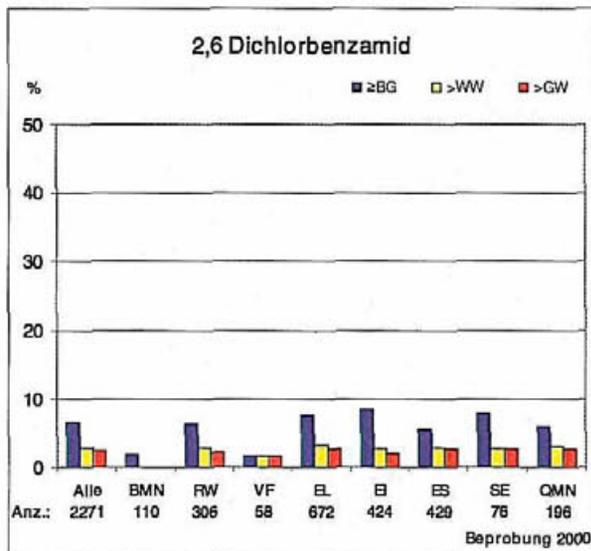
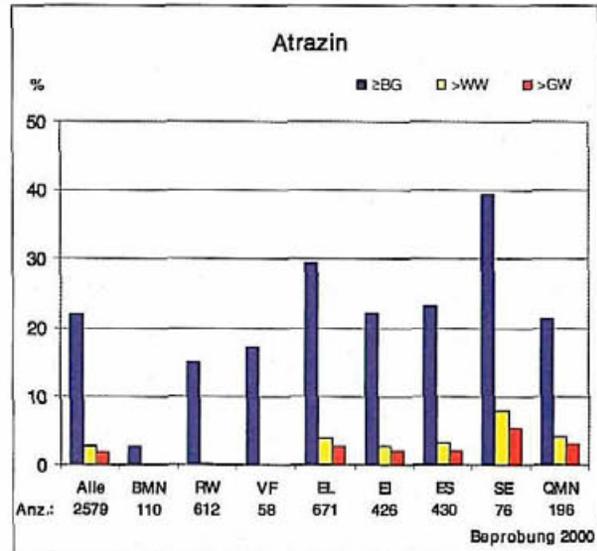
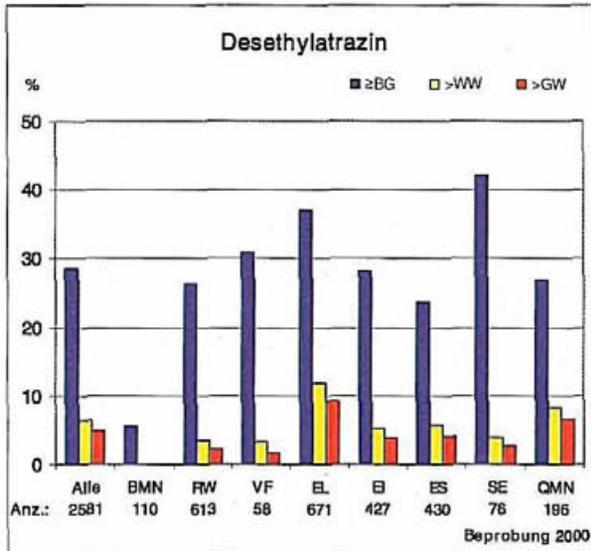


Abbildung 2.5.6: Überschreitungshäufigkeiten von Bestimmungsgrenze (BG), des Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogrammes (WW = 0,08 µg/l) und des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung (GW = 0,1 µg/l) für verschiedene Pflanzenschutzmittel im gesamten Messnetz und in den Teilmessnetzen bei der Beprobung 2000, Abk. für Teilmessnetze s. Anhang A1.

2.5.5 Phenylharnstoffe und andere stickstoffhaltige Herbizide

Isoproturon und *Chlortoluron* werden hauptsächlich im Getreideanbau eingesetzt. Der Anteil der belasteten Messstellen ist mit landesweiten Nachweisquoten von kleiner-gleich 0,2 % relativ gering, was auf die gute Abbaubarkeit der Wirkstoffe im Boden zurückzuführen sein dürfte.

Diuron wurde bis 1996 zur Vegetationskontrolle von Bahnanlagen verwendet, dann wurde es für diesen Verwendungszweck von der Biologischen Bundesanstalt verboten. In anderen Bereichen ist es weiterhin, aber nur für Kulturland zugelassen. Mittlerweile wird die Wiederezulassung für Gleisanlagen diskutiert.

Diuron ist in erster Linie im Grundwasserbereich von Bahnanlagen zu finden (Abb. 2.5.6: „Sonstige Emittenten-SE“), entsprechend dem früheren Haupteinsatzbereich, aber auch im Bereich von Kläranlagen, Siedlungsbereichen mit Grünflächen und Gärten und von Erwerbsgärtnereien und Obstbaumkulturen.

Diuron findet sich im Vergleich der Teilmessnetze vermehrt im Teilmessnetz „Sonstige Emittenten“ an Gleisanlagen und auch an Kläranlagen mit der höchsten Teilmessnetznachweisquote von nahezu 7 % und einer Grenzwertüberschreitungsquote von etwa 4 % (Abb. 2.5.6). Diese Messstellen liegen meist im unmittelbaren Gleisbereich. Darüberhinaus belegen zusätzliche Auswertungen an 543 anderen Messstellen mit Gleisanlagen im nahen und weiteren Umfeld mit einer *Diuron*-Nachweisquote von 3,3 % eindeutig eine höhere Zahl von positiven Befunden als in Bereichen ohne Gleisanlagen. Das o.g. *Diuron*-Anwendungsverbot für Gleisanlagen sollte daher bestehen bleiben.

Mit der in 2000 landesweiten Nachweisquote von 1,3 % ist gegenüber 1995 mit 2,4 % nur eine geringe Situationsverbesserung eingetreten, bei den Grenzwertüberschreitungen um etwa ein Drittel von 0,9 % in 1995 auf 0,6 % in 2000. Die regionale Verteilung der *Diuron*-befunde zeigt Abb. 2.5.7.

Deutlich höher ist die Grundwasserbelastung mit dem generell verbotenen Totalherbizid *Bromacil* und dem generell nicht mehr zugelassenen und in Trinkwasserschutzgebieten verbotenen *Hexazinon* mit landesweiten Grenzwertüberschreitungsquoten von etwa 1 – 2 % und Nachweisquoten von je etwa 3 %. Diese Stoffe 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-Teilmessnetztabellen). Die regionale Verteilung der Befunde zeigen Abb. 2.5.8 und Abb. 2.5.9.

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“ an Gleisanlagen und auch an Kläranlagen die höchsten Nachweisquoten von jeweils über 20 % und die höchsten Grenzwertüberschreitungsquoten von 6 – 9 % gefunden.

Gegenüber den letzten landesweiten Erhebungen haben die landesweiten Nachweisquoten etwas abgenommen: *Bromacil*: 3,4 %, 1996: 3,8 %; *Hexazinon*: 3,4 %, 1996: 4,3 %.

Die landesweite Grenzwertüberschreitungsquote ist bei *Hexazinon* um etwa die Hälfte gefallen: 1,2 %, 1996: 2,2 %, bei *Bromacil* um etwa ein Viertel: 1,8 %, 1996: 2,3 %.

Die Anwendungsverbote müssen beibehalten werden, da die Belastungssituation in 2000 ähnlich wie in den Vorjahren ist, trotz der leichten Verbesserung in 2000.

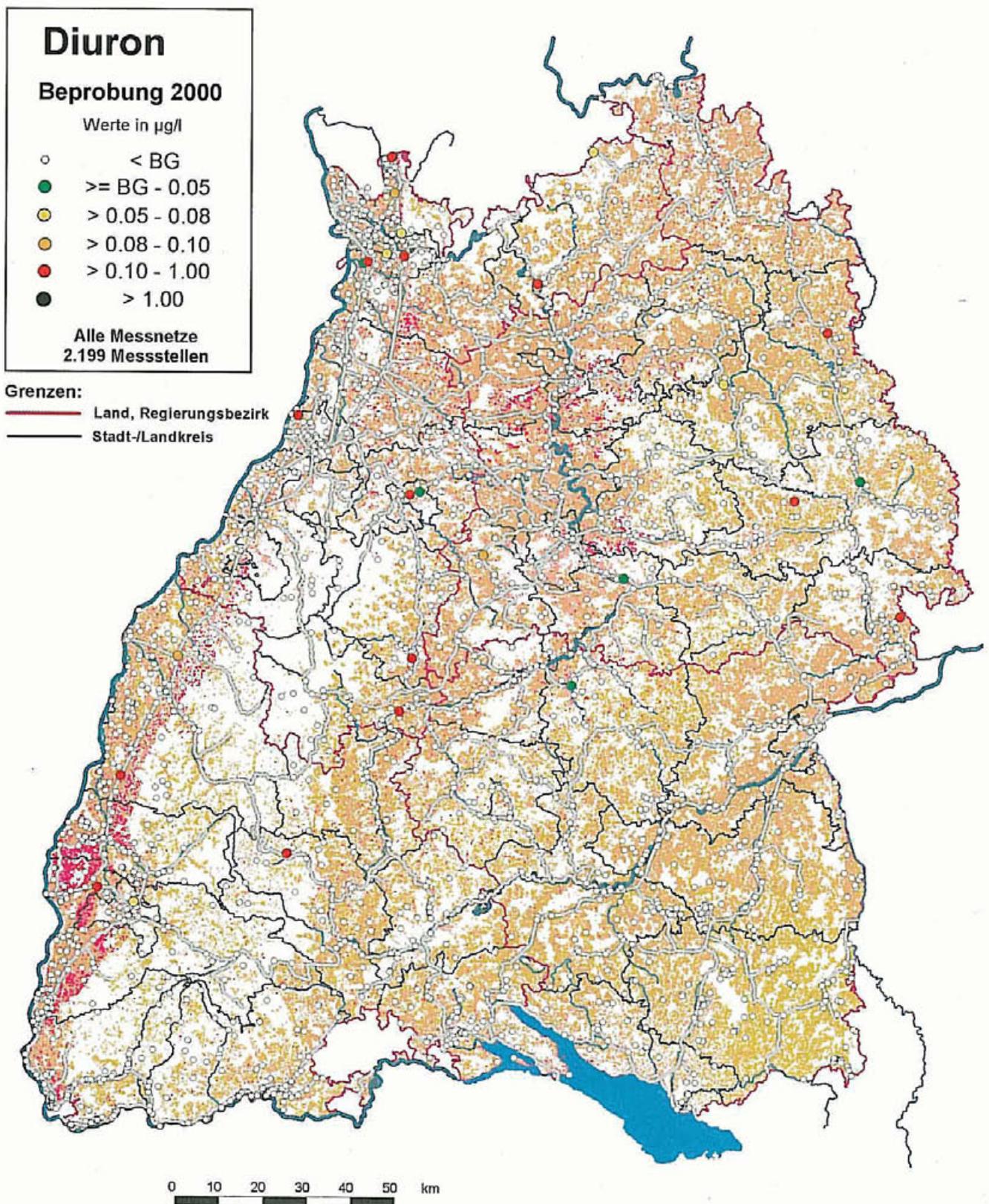


Abbildung 2.5.7: Konzentrationsverteilung Diuron 2000 mit Bahngleisanlagen (=graue Linien) und Landnutzungen (Ackerbau =braun, Wein=violett, Grünflächen=grün, Industrie und Siedlungen=rosé).

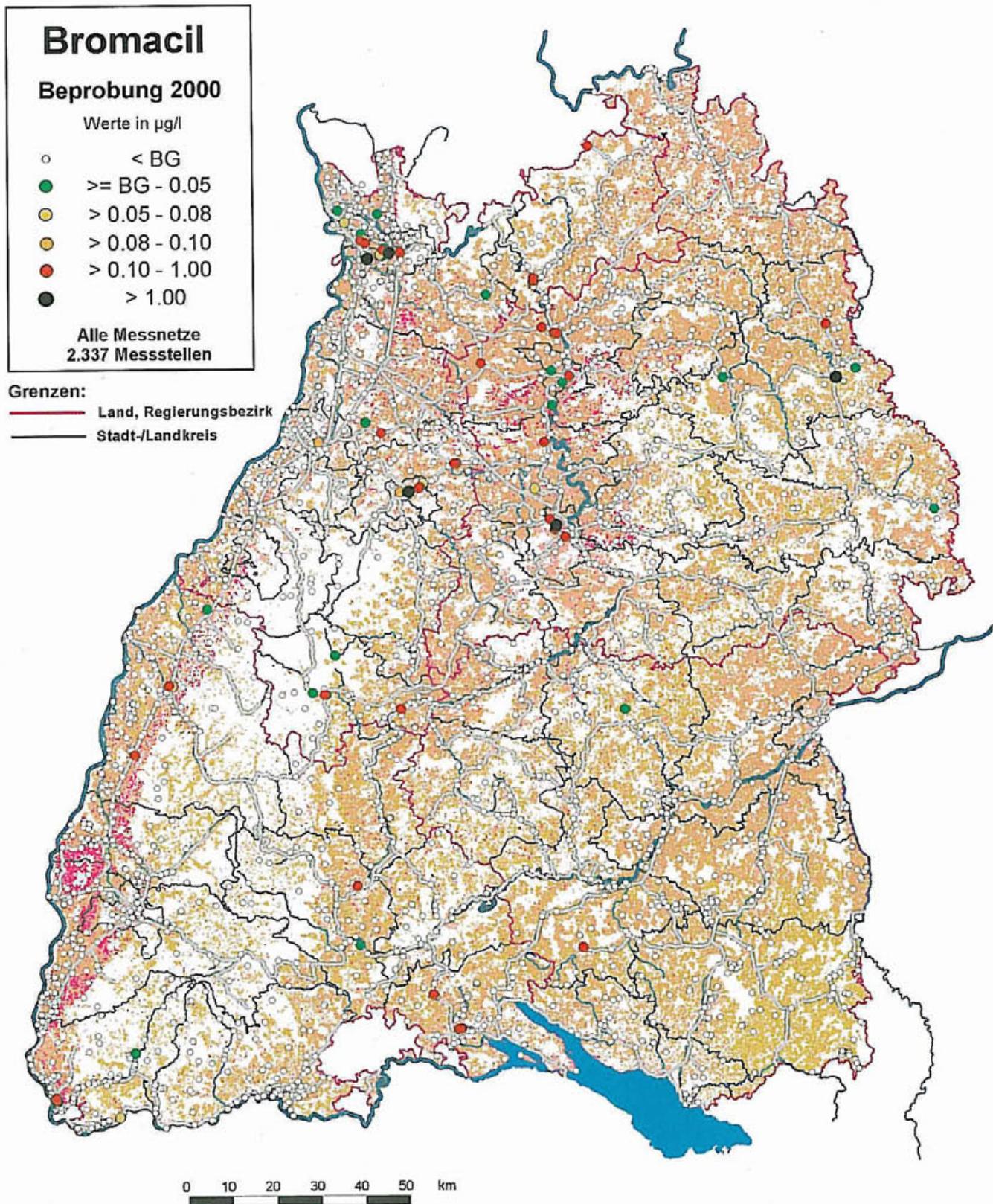


Abbildung 2.5.8: Konzentrationsverteilung Bromacil 2000 mit Bahngleisanlagen(=graue Linien) und Landnutzungen (Ackerbau =braun, Wein=violett, Grünflächen=grün, Industrie und Siedlungen=rosé).

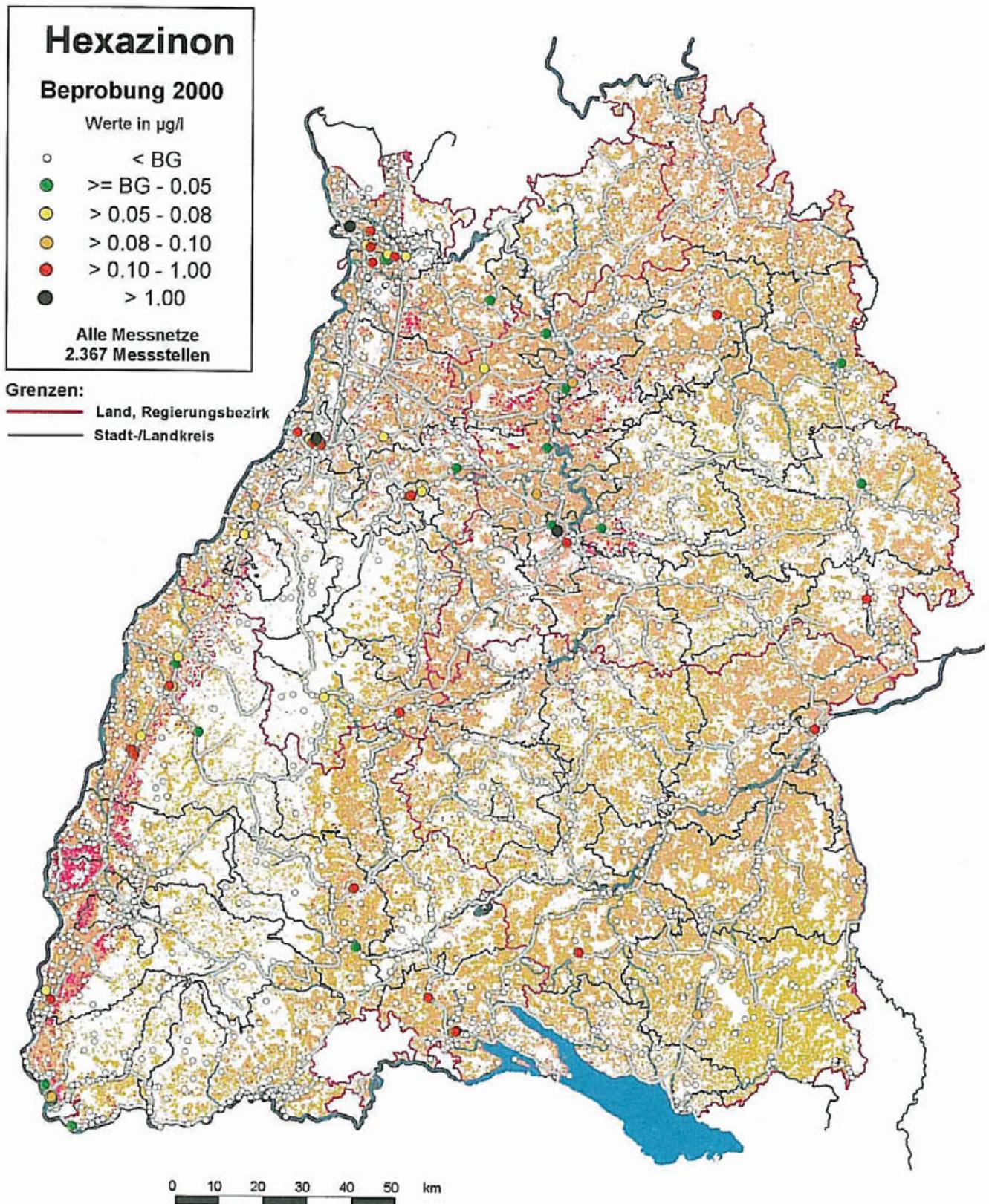


Abbildung 2.5.9: Konzentrationsverteilung Hexazinon 2000 mit Bahngleisanlagen (=graue Linien) und Landnutzungen (Ackerbau =braun, Wein=violett, Grünflächen=grün, Industrie und Siedlungen=rosé).

2.5.6 Weitere Herbizide und Fungizide

Glyphosat und **Glyphosat/Trimesium** sind **Herbizide**, die über die Blätter aufgenommen werden. Im Boden wird Glyphosat rasch adsorbiert. Der mikrobielle Abbau führt zu AMPA (Aminomethylphosphonsäure), einem in 2000 nicht untersuchten Abbauprodukt. Glyphosat ist das derzeit einzige für die Bewuchskontrolle auf Bahnanlagen zugelassene Herbizid. Von bisher insgesamt 358 untersuchten Messstellen liegen zwei Positivbefunde an Glyphosat vor, ansonsten konnte es im Grundwasser bisher nicht nachgewiesen werden, auch nicht in 2000 bei den Sonderuntersuchungen an 51 Messstellen im Gleisanlagenbereich.

Metalaxyl wird hauptsächlich als Fungizid im Kartoffelanbau verwendet, findet aber auch auf Erdbeerefeldern Verwendung. Dort findet sich in 2000 auch die landesweit höchste Konzentration. Die landesweite Nachweishäufigkeit liegt unter 1 % und die Grenzwertüberschreitungsquote unter 0,3 %, wie auch bei **Metazachlor** und **Metolachlor**.

Bentazon wird meist als Blattherbizid im Mais-, Getreide-, Kartoffel und Gemüseanbau angewandt. Es wirkt selektiv gegen zweikeimblättrige Unkräuter. Bei der erstmalig landesweiten Erhebung in 2000 wurde an nahezu 5,0 % der Messstellen positive Befunde und an 1,4 % der Messstellen Überschreitungen des Trinkwassergrenzwertes festgestellt. Die regionale Verteilung der Befunde zeigt Abb. 2.5.10.

Die meisten Positivbefunde von nahezu 7 % und Grenzwertüberschreitungen von etwa 2 % sind im Landwirtschaftsmessnetz zu erkennen (Abb. 2.5.6: „EL“).

Die höchste Grenzwertüberschreitungsquote von 2,6 % findet sich bei den „Sonstigen Emittenten-SE“ im Bereich von Klär- und Gleisanlagen (Abb. 2.5.6: „SE“).

In anderen Teilmessnetzen - auch im Rohwasser für die Trinkwasserversorgung - werden Nachweisquoten zwischen etwa 4 und 6 % festgestellt, außer im Basismessnetz. In den Teil-

messnetzen Emittenten Industrie und Siedlungen werden Grenzwertüberschreitungsquoten von etwa 1-2 % registriert. Im Rohwasserbereich liegt keine Grenzwertüberschreitung vor.

Die landesweit hohen Nachweis- und Grenzwertüberschreitungsquoten bei Bentazon sprechen aus Sicht des Grundwasserschutzes für ein Zulassungsverbot und ein generelles Anwendungsverbot. Eine zeitliche Entwicklung der Bentazonbelastung kann aufgrund der in 2000 erstmalig landesweiten Beprobung nicht aufgezeigt werden.

Dichlobenil ist ein Totalherbizid das früher hauptsächlich im Weinbau eingesetzt wurde, auch in Trinkwasserschutzgebieten. Seit 1991 ist die Anwendung in Trinkwasserschutzgebieten generell verboten. Gleichzeitig wurde die Zulassung für den Weinbau entzogen, auch für den Weinbau außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten. Weiterhin verboten wurde es für den Obstanbau und zur Anwendung auf Nichtkulturland (z.B. Brachflächen, Verkehrsflächen). Ursprünglich war es bis 2004 weiterhin zugelassen auf Grünland zur Ampferbekämpfung, im Gartenbau zur Unkrautbekämpfung unter Ziergehölzen, sowie im Forst und in Baumschulen unter Schutzpflanzungen und Laub- und Nadelbäumen. Seit März 2001 ruht die Zulassung für alle Anwendungen, d.h. der Handel ist verboten, die Anwendung noch nicht.

Im Grundwasser wird in der Regel nicht Dichlobenil, sondern nur noch das Abbauprodukt **2,6-Dichlorbenzamid** gefunden. Die Befunde dieses Stoffes sind in 2000 mit 6,7 % landesweit positiven Befunden und mit 2,4 % Grenzwertüberschreitungen auffällig hoch. Dies ist die in 2000 landesweit am dritthäufigsten nachweisbare PSM-Substanz mit den landesweit zweithäufigsten Warn- und Grenzwertüberschreitungen nach Desethylatrazin. Es findet sich derzeit landesweit an jeder fünfzehnten Messstelle. Gegenüber 1997 hat sich die Nachweisquote um 1,3 % erhöht. In 2000 wurden gegenüber 1997 etwa 150 Messstellen mehr untersucht. Die regionale Verteilung zeigt Abb. 2.5.11.

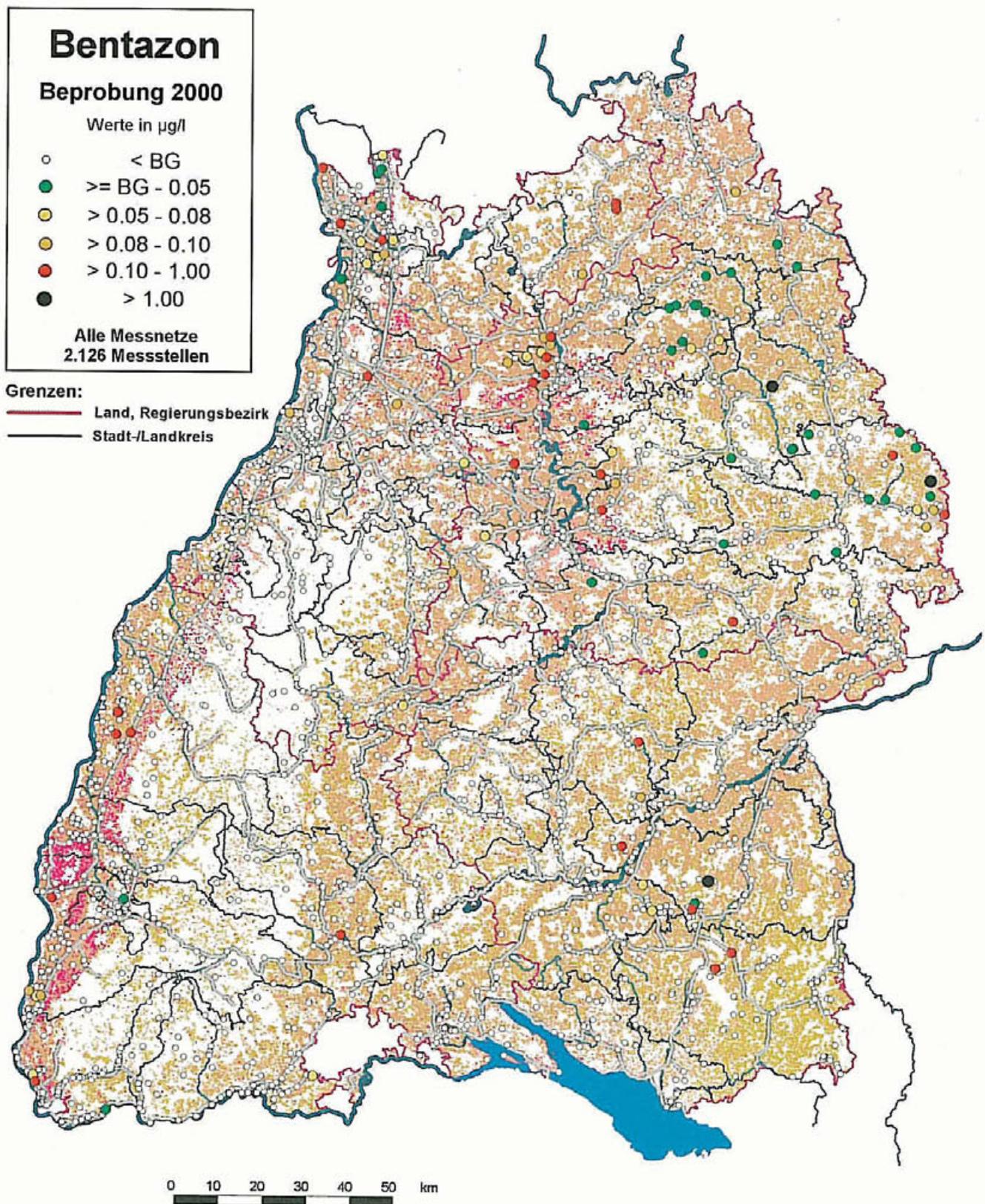


Abbildung 2.5.10:

Konzentrationsverteilung Bentazon 2000 mit Bahngleisanlagen(=graue Linien) und Landnutzungen (Ackerbau =braun, Wein=violett, Grünflächen=grün, Industrie und Siedlungen=rosé).

Mit Ausnahme des Basismessnetzes findet sich 2,6-Dichlorbenzamid in allen Teilmessnetzen mit hohen Nachweisquoten von 5 bis 9 % und immer mit Grenzwertüberschreitungsquoten von etwa 2 - 3 % (Abb. 2.5.6.).

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

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.

Am dritthäufigsten findet sich Dichlorbenzamid im landwirtschaftlichen Bereich mit einer in 2000 hohen Nachweisquote an 7,6 % aller Messstellen (Abb. 2.5.6).

Offenbar resultiert dies hauptsächlich aus den ehemaligen Anwendungen im Weinbau, in Baumschulen, im Obst- und Zierpflanzenanbau, auf Grünland und Nichtkulturland.

Bei den Rohwassermessstellen für die Trinkwassergewinnung ist Dichlorbenzamid mittlerweile schon an 6,5 % der Messstellen nachweisbar. An 2,3 % aller Rohwassermessstellen wird der TrinkwV-Grenzwert überschritten, obwohl in Trinkwasserschutzgebieten die Anwendung des Ausgangswirkstoffes Dichlobenil seit 1991 verboten ist.

Die überall hohen Befundraten und Grenzwertüberschreitungen - auch im Siedlungs-, Industrie- und Rohwasserbereich - und die steigende Nachweistendenz sprechen für ein generelles kontrolliertes Zulassungs- und Anwendungsverbot des Ausgangswirkstoffes Dichlobenil auch außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten und auch für Anwendungsverbote in Erwerbsgärtnereien, auf Nichtkulturland und im Siedlungs- und Hausgartenbereich, obwohl die Anwendung von Herbiziden im kommunalen und privaten Bereich in Baden-Württemberg schon seit 1990 ohne amtliche Ausnahmegenehmigung gesetzlich verboten ist.

Seit März 2001 ruht die bundesweite Dichlobenil-Zulassung.

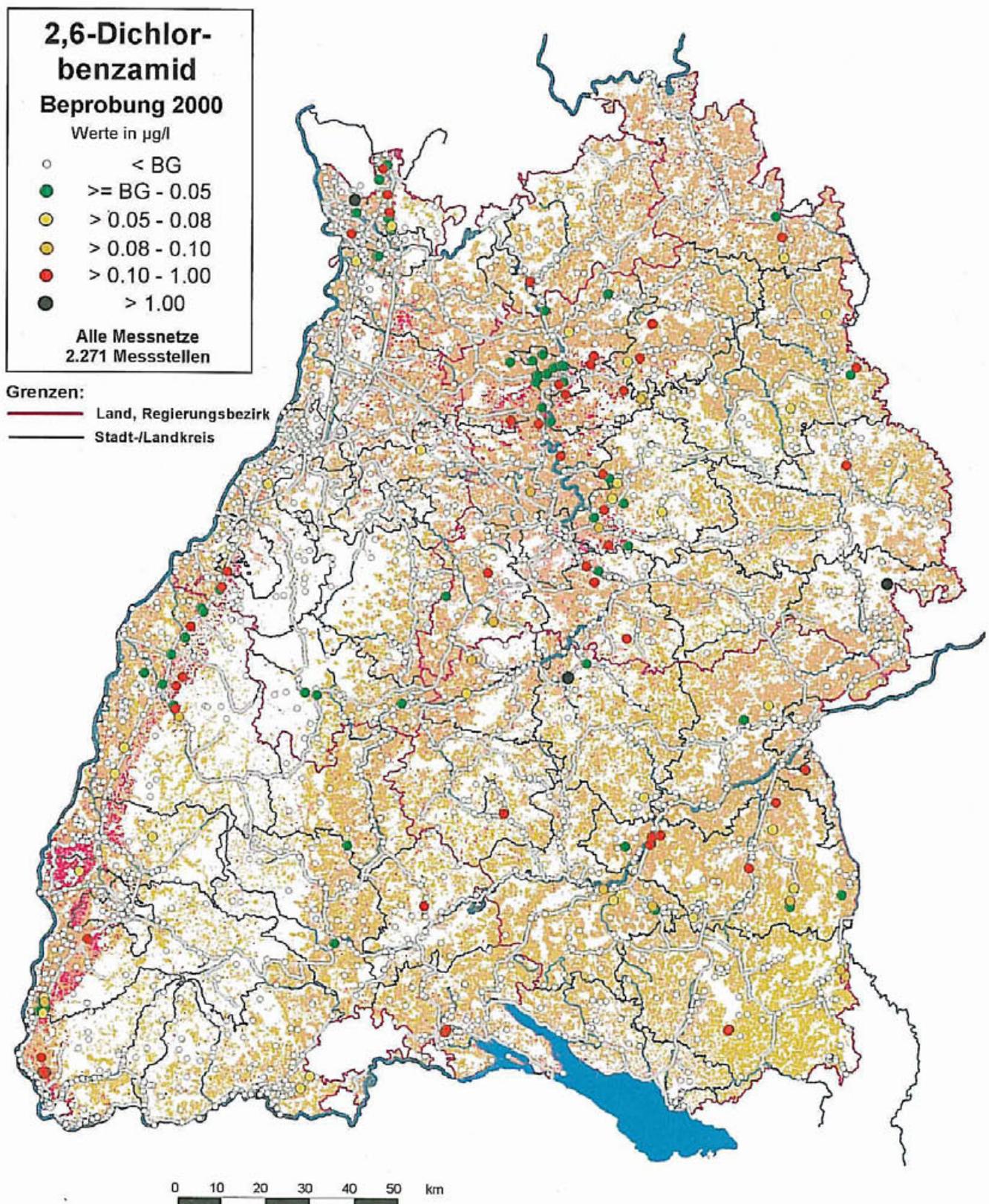


Abbildung 2.5.11: Konzentrationsverteilung 2,6-Dichlorbenzamid 2000 mit Bahngleisanlagen (graue Linien) und Landnutzungen (Ackerbau =braun, Wein=violett, Grünflächen=grün, Industrie und Siedlungen=rosé).

2.5.7 Bewertung der Gesamtsituation

In der Grundwasserdatenbank liegen derzeit Analysenergebnisse von 174 PSM-Wirkstoffen und PSM-Abbauprodukten vor. Davon wurden diejenigen 70 Wirkstoffe ausgewertet und in Tabelle 2.5.3 zusammengestellt, die im Zeitraum 1992 bis 2000 an insgesamt mindestens 200 Messstellen untersucht wurden.

13 Wirkstoffe sind an keiner Messstelle nachweisbar. Zur PSM-Belastung, d.h. mit positiven Befunden im Grundwassers, tragen 57 Wirkstoffe und deren Abbauprodukte bei.

Davon werden 30 Stoffe in Konzentrationen unter dem Trinkwassergrenzwert von 0,1 µg/l nachgewiesen. 27 andere Wirkstoffe führen zu Überschreitungen des TrinkwV-Grenzwertes.

Zur landesweiten Hauptbelastung tragen sechs langlebige Totalherbizide und ihre Abbauprodukte bei, die meist schon seit langem nicht mehr zugelassen oder verboten sind, aber deren Stoffkonzentrationen an 1 bis 6 % der Messstellen über dem Grenzwert liegen. In der Reihenfolge ihrer Nachweishäufigkeit 1992-2000 sind dies: Desethylatrazin (33 %), Atrazin (26 %), 2,6-Dichlorbenzamid (6,7 %), Bentazon (4,0 %), Hexazinon (3,5 %) und Bromacil (2,9 %). Ursachen sind nicht nur ehemalige Anwendungen im landwirtschaftlichen Bereich z.B. 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 rückläufige landesweite Tendenz bei Warn- und Grenzwertüberschreitungen insbesondere im Rohwasserbereich - ist als umweltpolitischer Erfolg der baden-württembergischen und bundesweiten Atrazin-Verbote von 1988 bzw. 1991 zu werten. Allerdings zeigen die Auswertungen in 2000 auch, dass bei der Häufigkeit landesweit positiver Befunde erst ein Gleichstand mit dem Niveau von 1992 erreicht ist.

2,6-Dichlorbenzamid ist unter allen in Baden-Württemberg untersuchten PSM-Wirkstoffen und PSM-Abbauprodukten die mittlerweile am dritthäufigsten nachweisbare Substanz. Im Zeitraum 1992-2000 ist sie an 6,7 % aller Messstellen nachweisbar. An 3,0 % aller Messstellen wird der Warnwert, an 2,4 % der Grenzwert überschritten. Diese Substanz ist das Abbauprodukt des vielerorts verwendeten Ausgangswirkstoffs Dichlobenil, einem Totalherbizid, dessen Zulassung seit März 2001 für alle Anwendungsbereiche ausgesetzt wurde.

In 2000 bestätigt sich die hohe Befundzahl von 2,6-Dichlorbenzamid aus der Beprobungsrunde 1997 und zwar mit steigender Tendenz und einer Zunahme der Nachweisquote von 1,3 %. Die schon in 1997 hohe Befundrate an 5,4 % aller Messstellen hat sich in 2000 auf 6,7 % erhöht, und damit ein sehr hohes Niveau erreicht.

Die in den letzten Jahren eingetretenen generellen Dichlobenil-Anwendungsverbote in Trinkwasserschutzgebieten (W-Auflage, 1991) und die Nichtzulassungen für den Weinbau und andere Kulturen sind aus Sicht des Grundwasserschutzes positiv zu bewerten, reichen aber offenbar nicht aus, da für vielerlei Anwendungen für Ziergehölze und Grünland, im Obstbau, auf Nichtkulturland und in Hausgärten kein Anwendungsverbot besteht. Die im März 2001 ausgesetzte Zulassungserlaubnis ist notwendig und muss in ein generelles Verbot überführt werden, da sonst eine Problemausweitung in die Fläche mit landesweit zweistelligen Nachweisquoten zu befürchten ist, wie heute noch bei Atrazin und DEA. Mögliche Verbote müssen angesichts der hohen und steigenden Nachweisquote beibehalten und überwacht werden.

Aus den gleichen Gründen sollte aus Sicht des Grundwasserschutzes die Zulassung von **Bentazon**, einem weiterhin generell zugelassenen Herbizid ohne Auflagen, überprüft werden. Es ist in der nun erstmals in 2000 durchgeführten landesweiten Erhebung mit der vierthöchsten PSM-Nachweisquote von 4,9 % und einer Grenzwert-

überschreitungsquote von 1,4 % im Grundwasser zu finden.

Für Diuron wurde zwischenzeitlich eine Diskussion um eine Teilaufhebung des seit 1996 bestehenden Diuron-Verbots zur Anwendung auf

Gleisanlagen geführt. Die nach wie vor hohen Diuron-Befundraten in der Nähe von Gleisanlagen bezeugen die bemerkenswerte Langlebigkeit dieses Wirkstoffes. Eine Aufhebung des Diuronverbots auf Gleisanlagen würde zu weiteren Grundwasserbelastungen führen.

Tabelle 2.5.3: Belastung der Messstellen des Grundwassermessnetzes mit PSM-Wirkstoffen, die im Gesamtzeitraum von 1992-2000 an insgesamt mindestens 200 Messstellen untersucht wurden.

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

2.6 MTBE - Methyltertiärbutylether - Wiederholung der Pilotuntersuchungen von 1999

2.6.1 Benzinzusatz MTBE

MTBE (Methyltertiärbutylether) 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 wird der MTBE-Verbrauch in Deutschland auf ca. 500.000 t/a geschätzt. Daraus wird eine gewichtete Durchschnittskonzentration von 1,67 Gew.-% bzw. Vol.-% MTBE in deutschen Kraftstoffen berechnet.

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 Grundwassernachgewiesen 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.

2.6.2 Ergebnisse

Aufgrund der vermehrten Veröffentlichungen zum Nachweis von MTBE im Grundwasser in den USA wurde 1999 MTBE erstmals auch im Grundwassermessnetz Baden-Württemberg an insgesamt 26 Messstellen untersucht. Im Jahr 2000 wurden diese Messungen wiederholt. Es sollte überprüft werden, ob sich die einmaligen Befunde bestätigen lassen und ob ggf. Veränderungen sichtbar werden.

Die Messstellen waren 1999 gezielt so ausgewählt worden, dass aufgrund ihrer charakteristischen Lage, z.B. im Bereich von Tanklagern und Tankstellen, und aufgrund früher nachgewiesener Gehalte an aromatischen Kohlenwasserstoffen (BTXE) und Mineralölkohlenwasserstoffen (KW) eventuell mit Vorkommen von MTBE im Grundwasser zu rechnen war.

An den 26 Grundwassermessstellen waren im Jahr 2000 in acht Fällen (gegenüber sechs Fällen im Jahr 1999) positive Befunde von MTBE festzustellen (Tab. 2.6.1).

In insgesamt vier Fällen lagen die analysierten Konzentrationen knapp über der Bestimmungsgrenze zwischen 0,2 und 0,4 µg/l. Dazu gehören auch die zwei Messstellen, in denen MTBE im Jahr 1999 knapp unterhalb der Bestimmungsgrenze von damals noch 1 µg/l nachgewiesen wurde. An einer Messstelle ging die Konzentration von 4 µg/l auf 1,1 µg/l zurück.

Deutliche erhöhte Konzentrationen wurden in drei Fällen (= 11,5 %) gemessen. An zwei dieser bereits im Jahr 1999 auffälligen Messstellen war ein Rückgang der Konzentrationen festzustellen.

In einem Fall stieg der MTBE-Gehalt von 8,0 µg/l auf 28,8 µg/l um mehr als das Dreifache. In allen drei Messstellen konnten auch BTXE-Aromaten (Benzol, Toluol, Xylol und Ethylbenzol) nachgewiesen werden.

2.6.3 Bewertung

Die Ergebnisse des Jahres 1999 wurden bei der Wiederholungsmessung im Jahr 2000 bestätigt. Die MTBE-Konzentrationen bewegen sich in der gleichen Größenordnung.

An zwei Messstellen wurden etwas niedrigere Konzentrationen, an einer Messstelle ein höherer Wert nachgewiesen. In den 3 Fällen waren die MTBE-Befunde mit deutlichen Konzentrationen von BTXE-Aromaten gekoppelt, so dass sehr wahrscheinlich von Kraftstoffversickerungen auszugehen ist.

Die Ergebnisse bestätigen eine deutliche Grundwasserbeeinflussung durch MTBE bei punktuellen Schadenseinflüssen wie z.B. undichten Lagerbehältern, unsachgemäßen Umgang beim Umschlagen von Benzin oder Schadensfällen an Tankstellen.

Insbesondere an der Raffinerie-Messstelle (Nr.6), die einen gegenüber dem Vorjahr erhöhten MTBE-Gehalt aufweist, ist eine Versickern von Kraftstoff wahrscheinlich.

Mst.	Lage der Messstelle	MTBE 2000	MTBE 1999	KW	Benzol	Toluol	Ethylbenzol	Xylol (Summe aus o-, m- und p- Xylol)
1	Gelände eines Autoherstellers	0,2	1,0	0,035/0,11				
2	Neben einer Bundesstraße	44,5	64,0		800/16	245	618/25,8	1020/1,3
3	Güterbahnhofsgelände	0,2	1,0					
4	Güterbahnhofsgelände	1,1	4,0	0,06				
5	Raffinerie	0,3	< BG	0,06/7,79				
6	Raffinerie	28,8	8,0		40/47,6	10/5,7	38,5	
7	Raffinerie	0,4	< BG		100	40	20	10
8	Tankstellengelände	650,0	830,0		280/188	0,8	250/19,2	95/15,3

Tabelle 2.6.1: Positivbefunde der MTBE-Untersuchungen bei der Herbstbeprobung 2000 in µg/l, im Vergleich zu den Werten 1999 und zwischen 1991 und 2000 gemessenen Konzentrationen von KW (gelöst und emulgiert, mg/l) und BTXE (µg/l). Bestimmungsgrenze für MTBE, 1999: 1 µg/l, 2000: 0,2 µg/l.

2.7 Arzneimittelwirkstoffe

2.7.1 Problemstellung

Seit einigen Jahren sind Arzneimittelwirkstoffe und hormonell wirksame (endokrine) Substanzen in der öffentlichen Diskussion, nachdem in Fließgewässern, im Grundwasser und im Trinkwasser in mehreren Fällen Positivbefunde festgestellt wurden.

Pharmazeutische Wirkstoffe werden in jährlichen Produktionsmengen von bis zu mehreren hundert Tonnen hergestellt. Bei ordnungsgemäßer

Anwendung gelangen diese Wirkstoffe über die menschlichen Ausscheidungen, Wasch- und Duschwasser in die Kanalisation und in die Kläranlage, wo sie jedoch nicht in allen Fällen eliminiert werden. Im Abwasser finden sich auch Medikamente, die über die Toilettenspülung unsachgemäß entsorgt werden.

Diese Substanzen sind vergleichsweise gut wasserlöslich und damit schlecht aus dem Wasser entfernbar, so dass sie für die Trinkwasserressourcen relevant werden können.

2.7.2 Sonderuntersuchungsprogramm

1998 wurden 24 ausgewählte Messstellen mit voraussichtlicher Abwasserbelastung aus dem Grundwassermessnetz Baden-Württemberg in einem Sonderuntersuchungsprogramm auf eine Auswahl von Arzneimittelwirkstoffen und auf die als endokrin wirksam eingestufte Substanz Bisphenol A und zwei ihrer wahrscheinlichen Abbauprodukte untersucht. Als Indikator für die Abwasserbelastung diente der Borgehalt aus den bisherigen Beprobungen.

Die relative Lage zu Abwassersammlern wurde dem Atlas „Wasser- und Abfallwirtschaft Baden-Württemberg“ entnommen (s. Beispiele in Abb. 2.7.1). Bei der Auswahl der Wirkstoffe wurden die jährlichen Verordnungsmengen sowie ihre analytische Erfassbarkeit berücksichtigt.

Im Jahr 1999 und 2000 wurden die Messungen an diesen Messstellen wiederholt, um zu überprüfen, ob reproduzierbare Befunde erhalten

werden oder ob sich Veränderungen feststellen lassen. Im Jahr 2000 wurde auch der Borgehalt nochmals gemessen.

Die Messungen im Jahr 2000 waren in ein Forschungsprojekt „Pharmaka und Hormone in der aquatischen Umwelt“ des Ministeriums für Umwelt und Verkehr Baden-Württemberg eingebunden, das u.a. das Vorkommen von Pharmaka und Hormonen in Abwasser, Klärschlamm, Grundwasser, Oberflächengewässern und Böden in Baden-Württemberg untersuchen soll. Im Rahmen dieses Projekts wurden neben den bereits im Jahr 1998 untersuchten Messstellen auch 80 für nationale und internationale Berichtspflichten ausgewählte Messstellen beprobt und auf insgesamt 74 ausgewählte Einzelstoffe analysiert. Die Messergebnisse finden teilweise auch Eingang in ein bundesweites Monitoringprogramm, das durch den Bund-/Länderausschuss für Chemikaliensicherheit betreut wird.

Tabelle 2.7.1: Untersuchungsprogramm Arzneimittelwirkstoffe und endokrin wirksame Substanzen im Jahr 1998, 1999 und neu nachgewiesene Stoffe im Jahr 2000 (kursiv gedruckt).

<i>Sotalol</i>		Betablocker
Phenacetin	Ibuprofen	Analgetika/Antiphlogistika (schmerzstillende/entzündungshemmende Mittel)
Indometacin	Fenoprofen	
Diclofenac	Ketoprofen	
<i>Phenazon</i>	<i>Propyphenazon</i>	
<i>Dehydrato- Erythromycin,</i>	<i>Sulfadiazin Sulfamethoxazol</i>	Antibiotika/Chemotherapeutika mit ihren Abbauprodukten
Gemfibrozil	Clofibrinsäure	Lipidsenker (Blutfettspiegel senkende Mittel) und Metabolite von Lipidsenkern
Fenofibrat	Fenofbrinsäure	
Bezafibrat		
<i>Iopamidol</i>	<i>Amidotrizoesäure</i>	Iodierte Röntgenkontrastmittel
Carbamazepin		Antiepileptika ; wird auch als Antidepressivum eingesetzt
Pentoxifyllin		Durchblutungsfördernde Mittel
β-Sitosterol		Phytoöstrogene (natürliches pflanzliches Hormon)
Bisphenol A	p-Hydroxyacetophenon p-Hydroxybenzoesäure	hormonell wirksame (endokrine) Substanz mit ihren Abbauprodukten;
Bisphenol F		
<i>iso-Nonylphenol</i>		hormonell wirksame (endokrine) Substanz

Die ersten Ergebnisse aus dem umfangreichen Projekt Baden-Württembergs zeigen, dass in einer Reihe von meist abwasserbeeinflussten Grundwassermessstellen Arzneimittelwirkstoffe oder endokrin wirksame Verbindungen nachweisbar sind.

Als relevante Verbindungen wurden bisher insbesondere Sotalol, Phenazon, Propyphenazon, Carbamazepin, Diclofenac, Dehydrato-Erythromycin, Sulfadiazin, Sulfamethoxazol, Iopamidol, Amidotrizoesäure, β -Sitosterol, Bisphenol A, Bisphenol F und iso-Nonylphenol identifiziert.

Die Gesamtergebnisse werden hier nicht dargestellt, da die Auswertungen noch nicht abgeschlossen sind.

Im Laufe des Jahres 2001 finden weitere Untersuchungen statt. Eine detaillierte Beschreibung der Untersuchungsergebnisse erfolgt in einem gesonderten Bericht.

2.7.3 Ergebnisse

Im Jahr 2000 waren von 22 (zwei Messstellen konnten nicht beprobt werden) nochmals untersuchten Messstellen nur 3 Messstellen mit Arzneimittelwirkstoffen und Bisphenol A unbelastet.

Carbamazepin wurde in 8 Messstellen nachgewiesen. Diese Substanz wurde bisher auch in Fließgewässern häufig gefunden, was auch damit zusammenhängen könnte, dass Carbamazepin nicht nur als Antiepileptikum, sondern wegen seiner stimmungsaufhellenden Wirkung auch oft als Antidepressivum verordnet wird.

Das Schmerzmittel Diclofenac wurde mit drei Positivbefunden angetroffen. 1998 wurde bei Diclofenac der höchste überhaupt gemessene Wert von 1200 ng/l festgestellt, an der gleichen Messstelle wurden im Jahr 2000 nur noch 590 ng/l gemessen.

Die Wirkstoffe Indometacin und Gemfibrozil wurden nur jeweils einmal nachgewiesen.

Bezafibrat trat im Jahr 1998 zweimal, im Jahr 1999 viermal auf, im Jahr 2000 lagen die Messwerte an den gleichen Messstellen unter der Bestimmungsgrenze.

Die Anzahl der mit Bisphenol A belasteten Messstellen stieg von 4 im Jahr 1998 auf 14 in 2000. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Bestimmungsgrenze im Jahr 1998 noch 25 ng/l betrug und im Jahr 2000 auf 10 ng/l gesenkt werden konnte. Der Maximalwert liegt bei 380 ng/l.

Als einer der neu analysierten Stoffe sei das iso-Nonylphenol erwähnt. Iso-Nonylphenol ist ein Gemisch von Nonylphenolen, die als Abbauprodukte von Nonylphenoethoxylaten entstehen. Die Stoffe werden in der Papier- und Textilindustrie sowie als oberflächenaktives Tensid in Wasch- und Reinigungsmitteln eingesetzt. Iso-Nonylphenol wurde an rund 68 % der (15 der 22) Messstellen in Konzentrationen zwischen 26 und 1100 ng/l nachgewiesen.

Alle Positivbefunde waren von z.T. deutlich erhöhten Borwerten zwischen 40 und 440 $\mu\text{g/l}$ begleitet, was auf eine Abwasserbeeinflussung hindeutet. Bei Grundwasser, das nicht durch Abwasser beeinflusst ist, liegen die Borkonzentrationen üblicherweise unterhalb von 50 $\mu\text{g/l}$.

Eine Zusammenstellung aller Positivbefunde ist aus Tab. 2.7.2 ersichtlich.

Deutlich wird daraus, dass in den meisten Fällen die Stoffe, die bereits 1998 nachgewiesen wurden, auch in den Folgejahren gefunden wurden.

Die Konzentrationen der einzelnen Wirkstoffe unterliegen gewissen Schwankungen, einheitliche Trends sind jedoch nicht auszumachen.

2.7.4 Bewertung

An der Bewertung hat sich gegenüber 1998 nichts geändert. Bei den 24 untersuchten Messstellen handelt es sich aufgrund der Auswahlkriterien um „Verdachtsfälle“, so dass die Ergebnisse nicht auf das Gesamtmessnetz hochgerechnet werden dürfen.

Die Befunde haben eindeutig bestätigt, dass die Kontamination des Grundwassers durch diese Substanzen über den Abwasserpfad erfolgt. Das Auftreten von Arzneimitteln und endokrinen Stoffen ist daher immer dann möglich und wahrscheinlich, wenn die Messstellen im Bereich undichter Kanalisation liegen oder das Grundwasser durch Uferfiltrat von abwasserbelastetem Oberflächengewässern beeinflusst ist.

Untersuchungen haben gezeigt, dass einige dieser Stoffe nicht mit naturnahen Wasseraufbereitungsverfahren aus dem Wasser entfernbar sind.

Nach derzeitigem Kenntnisstand geht von den geringen Spuren dieser Stoffe keine Gefährdung für die menschliche Gesundheit aus, da die auftretenden Konzentrationen weit unterhalb der Wirkschwellen liegen.

Grundsätzlich gilt aber, dass aus Gründen des vorbeugenden Umweltschutzes und unbekannter Auswirkungen auf das Ökosystem alle Maßnahmen ergriffen werden sollten, um den Eintrag dieser naturfremden Stoffe in das Grundwasser zu vermeiden bzw. minimieren.



Abbildung 2.7.1: Typische Lage von Messstellen, die durch Arzneimittelwirkstoffe belastet sind.

• Messstelle, — Abwassersammler

Tabelle 2.7.2: Positivbefunde von Arzneimittelwirkstoffen, Bisphenol A und i-Nonylphenol in den Jahren 1998 bis 2000 an ausgewählten Messstellen, Konzentrationen in ng/l.

Messstelle	Probennamendatum	Indometacin	Diclofenac	Gemfibrozil	Bezafibrat	Carbamazepin	Bisphenol A	i-Nonylphenol	Bor in µg/l	Einfluss	Zusatzinformation
1	9/98		700	340	120	300			210	KA	Betriebsgelände Kläranlage für 4.000 EWG
	9/99		110	30	26	420					
	9/00		590	14		900	10	62	250		
2	9/98	230	1200		480	98			560	KA	Betriebsgelände Kläranlage für 6.600 EWG
	9/99		1100		390	460					
	9/00	22	580			630	31		370		
3	9/98					31			80	KA	Betriebsgelände Kläranlage für 19.000 EWG
	9/99				40						
	9/00					17		72	80		
4	9/98					24			140	ABW, UF	zwischen Abwassersammler und Bach
	9/99										
	9/00							99	130		
5	9/98					340			410	ABW, UF	zwischen Abwassersammler und Bach
	9/99					880					
	9/00					530	280	760	350		
6	9/98		34			36	220		210	ABW, UF	zwischen Abwassersammler und Bach
	9/99		71		37						
	9/00		38			180	380	1100	240		
7	9/98						260		100	ABW	direkt am Abwassersammler
	- 9/00						12	170	110		
8	9/98						110		360	ABW, UF	direkt am Abwassersammler in der Talaue
	- 9/00						97		440		
9	9/98		21			85			260	ABW, UF	direkt am Abwassersammler in der Talaue
	9/99					67					
	9/00					230		150	160		
10	9/98					58	90		130	UF	Talaue, KA für 22.200 EWG 2,5 km oberstromig
	9/99										
	9/00						20	670	150		
11	9/98					32			80	UF	Talaue, KA für 4.800 EWG 350 m oberstromig
	9/99										
	9/00							47	70		
12	9/98					140			160	UF	Talaue, KA für 7.500 EWG 1 km oberstromig
	9/99					170					
	9/00					65			110		
13	9/98								190	ABW	100 m neben Abwassersammler
	9/00						12	26	60		
14	9/98								140	ABW	Überörtlicher Abwassersammler, 3 Leitungen
	9/00							380	150		

Messtelle	Probennamendatum	Indometacin	Diclofenac	Gemfibrozil	Bezafibrat	Carbamazepin	Bisphenol A	i-Nonyphenol	Bor in µg/l	Einfluss	Zusatzinformation
15	9/98 9/00						170	61	150 140	ABW	direkt am Abwassersammler
16	9/98 9/00						170	210	180 190	ABW	direkt am Abwassersammler
17	9/98 9/00						210	640	490 260	ABW	direkt am Abwassersammler
18	9/98 9/00					11	50	86	230 210	KA	KA 42200 EWG
19	9/98 9/00						12		780 290	KA	

Tabelle 2.7.2 (Forts.): Positivbefunde von Arzneimittelwirkstoffen, Bisphenol A und i-Nonylphenol in den Jahren 1998 bis 2000 an ausgewählten Messstellen, Konzentrationen in ng/l.

Abk.: KA=Kläranlage, ABW=Abwasser, UF=Uferfiltrat, EWG=Einwohnergleichwert

2.8 Versauerung, pH-Wert

2.8.1 Problembeschreibung, Bedeutung

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

Durch „sauren Regen“ können pH-Werte kleiner als 6,5 und toxische Schwermetallkonzentrationen erreicht werden, da saures Wasser die natürliche bzw. korrosionsbedingte Schwermetallfreisetzung im Grundwasser bzw. 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 pH-Werterhöhung durch Aufkalkung.

2.8.2 Landesweite Situation, räumliche Verteilung, Tendenzen, Bewertung

Der obere TrinkwV-Grenzwert wird an keiner Messstelle überschritten. Der untere Grenzwert wird an 6,9 % der Messstellen des gesamten Messnetzes unterschritten, meist im Basismess-

netz und Quellmessnetz (Abb.2.8.1). Diese Messstellen liegen nahezu alle im westlichen Landesteil in den Festgesteinen von Schwarzwald und Odenwald (Buntsandstein, Kristallin, Rotliegendes). Hierbei handelt es sich meist um Quellen, an denen die landesweiten Minima von etwa pH 4,8 gemessen werden.

Schwerpunkte der Versauerung mit besonders niedrigen pH-Werten von kleiner pH 6, liegen hauptsächlich in den Buntsandsteingebieten im Odenwald und im Nordschwarzwald. Grund dafür ist die besondere Armut 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 Säureinträge 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 etwa 5,6 bis 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. 2.8.3). 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 das Grundwasser infiltriert.

Auch im östlichen Landesteil finden sich einige wenige Grenzwertunterschreitungen in den auch versauerungsgefährdeten Sandsteinen des Keuperberglands.

Die mittel- bis längerfristige Tendenz seit 1992 ist in Abbildung 2.8.2 anhand von 1.264 konsistenten Messstellen dargestellt, aufgeteilt in drei verschiedene Aquifergruppen.

Die unterste Gruppe besteht aus 86 Messstellen mit versauerten und versauerungsgefährdeten „niedrig mineralisierten Grundwässern“. Sie umfasst meist Schwarzwald- und Odenwaldquellen mit jungen, auf Niederschläge schnell reagierenden Grundwässern, deren Mineralisationsgrad meist unter 20 mS/m (Elektrische Leitfähigkeit bei 25 °C) liegt.

In den „nassen“ Jahren von 1993 bis 1994 - mit hohen Säureeinträgen über Niederschläge und aus den Böden - ist 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 und gespeicherten Säuren. Im Jahr 1998 fällt der pH-Wert wieder bis knapp unter pH 6,50, da die Jahresniederschläge wieder zugenommen haben und die Niederschläge in den Beprobungsmonaten September und Oktober überdurchschnittlich waren. In 1999 und 2000 stagniert pH-Wert knapp über dem Grenzwert. Trotz der vor der Beprobung durchschnittlichen bis überdurchschnittlichen Niederschläge nimmt er leicht zu. Die höheren pH-Werte aus dem trockeneren Zeitraum 1991/1992 werden nicht erreicht.

Bei den beiden anderen Gruppen bleiben die Medianwerte auf nahezu gleichem Niveau. Diese Gruppen umfassen meist Messstellen in kalkhaltigen Festgesteinsaquiferen oder mit älteren Grundwässern in den Lockergesteinsaquiferen. Diese reagieren auf saure Niederschläge langsam und/oder können den Säureeintrag über die mächtigere Bodenschicht und den größeren Kalkgehalt im Boden und im Grundwasserleiter ausgleichen.

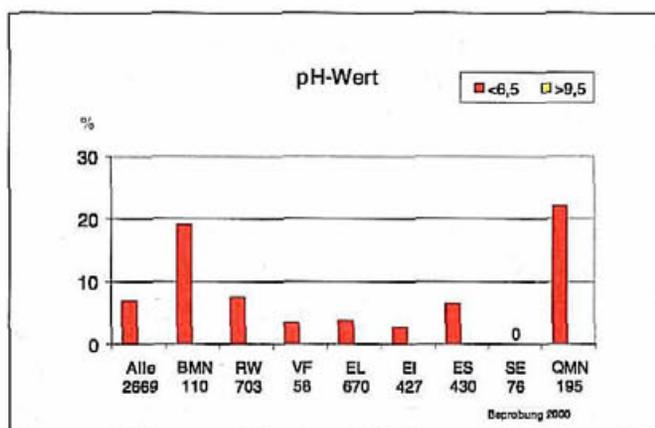


Abbildung 2.8.1: pH-Wert 2000: Unter- und Überschreitungshäufigkeiten des unteren/oberen Warnwertes bzw. des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung (pH 6,5/9,5).

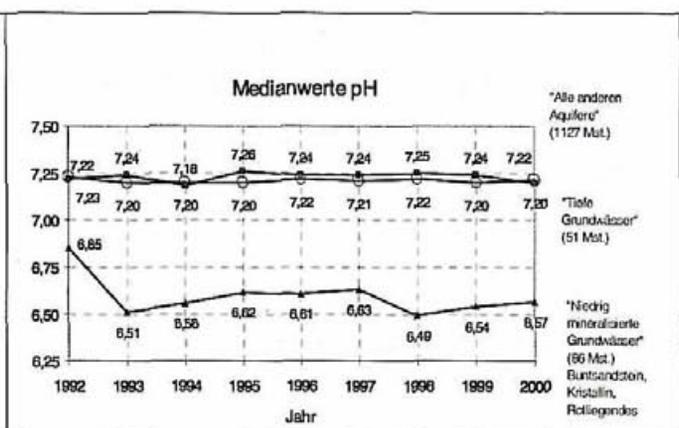


Abbildung 2.8.2: Entwicklung der pH-Wert-Mediane von 1992 bis 2000 für konsistente Messstellen für verschiedene Aquifergruppen. Beprobungszeitraum jeweils September - November.

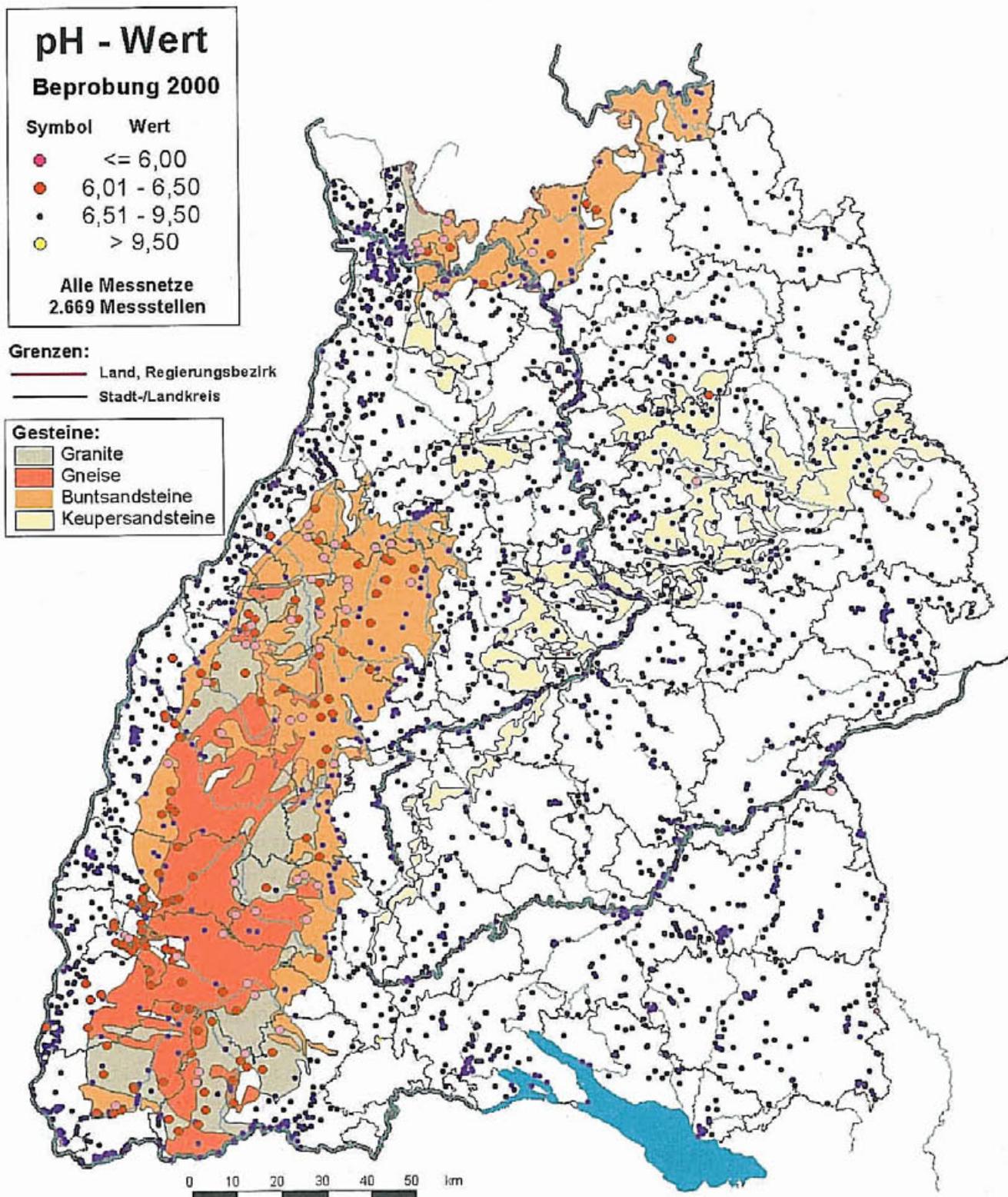


Abbildung 2.8.3: Verteilung pH-Wert 2000.

2.9 Sauerstoff

2.9.1 Bedeutung, natürliches Vorkommen und anthropogene Beeinflussungen

Der Sauerstoffgehalt im Wasser besitzt grundlegende Bedeutung für das Redoxmilieu und damit für die Löslichkeit und Erscheinungsform von vielen Wasserinhaltsstoffen.

Sauerstoffmangel verringert die Redoxspannung, wodurch die Löslichkeit von redoxabhängigen Stoffen erhöht wird. In sehr sauerstoffarmen bzw. sauerstofffreien Grundwässern sind die reduzierten Spezies von redoxabhängigen Wasserinhaltsstoffen oft in größeren Mengen vorhanden als die oxidierten Spezies (Beispiele: reduzierte // oxidierte Spezies: Fe^{2+} // Fe^{3+} ; S^{2-} und H_2S // SO_4^{2-} ; NH_4^+ bzw. NH_3 // NO_2^- und NO_3^- . Nitrit (NO_2^-) kann auch durch Oxidation von Ammonium (NH_4^+) entstehen. Das den Metabolismus von Wasserinhaltsstoffen bestimmende Redoxpotential ist aber nicht nur vom O_2 -Gehalt sondern auch vom NO_3^- und SO_4^- -Gehalt abhängig.

Grundwässer weisen meist geringere Gehalte an Sauerstoff auf als unbelastete Oberflächengewässer, können aber entsprechend den Gasgesetzen mitunter Sauerstoffsättigung erreichen.

Über die Grundwasserneubildung wird atmosphärischer Sauerstoff in das Grundwasser eingetragen. In Gebieten mit höherer Grundwasserneubildungsrate ist daher mit höheren Sauerstoffgehalten im Grundwasser zu rechnen. Auch aus der Porenluft kann an der Grundwasser-oberfläche Sauerstoff in das Grundwasser diffundieren.

Beim Fehlen von Sauerstoff im Grundwasser ist nicht gleich auf eine anthropogene Belastung zu schließen, da die natürliche Sauerstoffzehrung beachtlich sein kann.

Der Sauerstoffgehalt des Grundwassers ist auch abhängig vom O_2 -Verbrauch der geochemischen und mikrobiellen, sauerstoffzehrenden Umsetzungen während der Sickerbewegung durch Bo-

den und Gestein und während des Aufenthalts im Grundwasserleiter (Kontakt des Wassers mit der Aquifermatrix).

Die natürliche O_2 -Zehrung wird hauptsächlich von dem Vorhandensein an oxidierbaren organischen und anorganischen Stoffen - z.B. von Humus und von Mineralien wie Pyrit und von der Verweilzeit des Wassers bestimmt.

Für den Abbau von organischen Substanzen in Boden und Aquifer verbrauchen Mikroorganismen Sauerstoff, daher haben auch Grundwässer, die Messstellen aus anmoorigem Gelände (z.B. in Talauen) zufließen, meist nur niedrige Sauerstoffgehalte.

Je durchlässiger die ungesättigte Zone ist und je weniger organische Substanz vorliegt, umso sauerstoffreicher kann das Sickerwasser sein. In gering durchlässigen und schlecht belüfteten Böden ist kaum mit einer Erhöhung des O_2 -Gehaltes im Grundwasser zu rechnen.

Tiefe Grundwässer weisen aufgrund ihrer längeren Verweilzeiten und der verminderten Zufuhr von O_2 -reichem Sickerwasser in der Regel nur sehr geringe O_2 -Konzentrationen auf bzw. sind sauerstofffrei.

Bei anthropogener organischer Belastung (Benzin, Lösungsmittel, etc.) oder bei erhöhten organischen Einträgen aus der Landwirtschaft (Gülle) wird der Sauerstoffgehalt durch mikrobielle Aktivität bei der Oxidation dieser Stoffe verringert.

Die Löslichkeit von Sauerstoff im Wasser ist proportional zum Partialdruck der Gasphase und umgekehrt proportional zur Temperatur.

Im Gegensatz zu Oberflächengewässern unterliegt das Grundwasser nur geringeren Temperaturschwankungen, so dass der Sättigungsindex vergleichsweise nur wenig beeinflusst wird.

In der TrinkwV ist kein Grenzwert für Sauerstoff vorgesehen. Ein geringer O_2 -Gehalt beeinträchtigt den Geschmack des Trinkwassers, da viele Inhaltsstoffe dann nur unzureichend oxidiert vorliegen, deshalb wird sauerstoffarmes Grundwasser durch Belüftung aufbereitet. Dabei werden u.a. Eisen und Mangan ausgefällt, die bei hoher Konzentration das Trinkwasser geschmacklich und visuell beeinträchtigen. Sowohl ein hoher wie auch ein geringer O_2 -Gehalt beeinflusst im Zusammenspiel mit dem pH-Wert die Korrosion von Wasserleitungen.

2.9.2 Landesweite Situation, Regionalisierung, Bewertung

Sauerstofffreie und sauerstoffarme Grundwässer bis 4 mg/l (geringe Sättigung)

Solche Grundwässer treten insbesondere in den Kiesablagerungen des Quartär auf (Abb. 2.9.1, Abb. 2.9.2).

Vor allem im Oberrheingraben nördlich des Kaiserstuhls ist wenig Sauerstoff im Grundwasser gelöst. Dort nehmen die Ton- und Schluffanteile sowie die Menge an organischem Material im Grundwasserleiter zu. Dadurch verringert sich die Fließgeschwindigkeit und es erhöhen sich damit die mittlere Verweilzeit des Grundwassers und die Sauerstoffzehrung.

Östlich des Kaiserstuhls sowie entlang der Emendinger-Lahrer Vorbergzone bis Ettenheim sind niedrige Sauerstoffgehalte in der Ostrhe Rinne, einem ehemaligen Flussbett des Rheins, zu finden. Nach dem Abschnüren dieses Flussarmes verlandeten die Altarme und hinterließen viel organisches Material. Dieses wird mikrobiell unter Sauerstoffzehrung abgebaut.

Die gleichen Prozesse führen entlang des Rheins in den Rheinauen und in der Kinzig-Murg-Niederung im Bereich Offenburg/Kehl zu niedrigen Sauerstoffgehalten. Außerdem vermindern die hier schlecht durchlässigen Deckschichten (Auenböden) bei gleichzeitig geringen Grundwasserflurabständen in der Rheinniederung den Sauerstoffeintrag über die Bodenluft. In manchen Bereichen verursachen anmoorige

Böden oder Vorkommen von Torf die Zehrung des Sauerstoffs.

Ähnliches gilt für die quartären Talfüllungen in ganz Baden-Württemberg. In den Mittel- und Unterläufen ist zumeist feineres Sediment anzutreffen, so dass dort eine geringere Fließgeschwindigkeit des Grundwassers und die verminderte Porenluft in den Böden in Verbindung mit erhöhter natürlicher Organika zu geringeren Sauerstoffgehalten beiträgt.

In den dichter besiedelten Gebieten und v.a. in den Ballungsräumen ist zudem auch mit anthropogenen Einträgen an organischen Stoffen zu rechnen, was am Sauerstoffgehalt des Grundwasser zehrt. Weiterhin verhindert der in Stadtgebieten höhere Versiegelungsgrad die Grundwasserneubildung und damit den Sauerstoffeintrag über das Sickerwasser.

Sauerstoffreiche Grundwässer (hohe Sättigung)

Eine hohe Sauerstoffsättigung im Grundwasser ist insbesondere in den Festgesteinen des Kristallins, des Buntsandsteins sowie im Malm auffällig. Dort liegen die maximalen Sauerstoffgehalte (bis 110 %) z.T. etwas über der maximal möglichen Sättigung.

Ein großer Teil dieser Messstellen sind Quellen. Quellwässer mit zeitweiliger Sauerstoffübersättigung zeigen einen sehr kurzen Sickerweg an.

Die Grundwässer des Buntsandsteins und des Kristallins weisen durchweg hohe Sauerstoffgehalte im Bereich der Sättigung und darüber auf. Die hohen Sauerstoffgehalte sind für das Grundwasser in diesen Bereichen offenbar charakteristisch, da die Messpunkte hoher Sauerstoffsättigung die genannten geologischen Einheiten gut nachbilden.

Die in den o.g. Grundwasserlandschaften anzutreffenden hohen Sauerstoffkonzentrationen werden z.T. auch in Karstquellen gemessen. Die unterirdische Passage in den luftgefüllten Hohlräumen des Karstes sowie die kürzeren Sickerwege und Verweilzeiten als auch der mangelnde

Kontakt zu Humusmaterial bedingen dort einen höheren O_2 -Gehalt.

In der Oberrheinebene südlich des Kaiserstuhls werden meist wesentlich höhere O_2 -Konzentrationen gemessen, die z.T. im Bereich der Sättigung liegen. Dies ist hier zurückzuführen auf: die hier hohen Durchlässigkeiten in der ungesättigten Lockergesteinszone (Kies), auf die gleichzeitig großen Grundwasserflurabstände und auf die hier regional bedeutsame Grundwasserneubildung durch Infiltration von sauerstoffreichem Oberflächenwasser (Rhein Nebenflüsse). Auch entlang des Schwarzwaldrandes nördlich von Offenburg sowie in der Freiburger Bucht treten durch sauerstoffreiche Randzuströme vereinzelt hohe O_2 -Gehalte auf.

Die Infiltration sauerstoffreicher Odenwaldzuflüsse sowie des Neckars führen auch im Gebiet bei Heidelberg zu höheren O_2 -gehalten im Grundwasser.

Die mancherorts hohe Variabilität auf kleinem Raum kann auf lokale Variationen der Zusammensetzung des Grundwasserleiters, der Bodenbedeckung oder der Landnutzung zurückgeführt werden.

Sauerstoff- und Nitratgehalt

Die regionale Ausprägung der Sauerstoffgehalte erklärt z.T. auch die Verteilung der Nitratgehalte.

In Gebieten mit höheren O_2 -gehalten von etwa größer 3 mg/l kann das aus der landwirtschaftlichen Düngung einkommende Nitrat nicht mikrobiell reduziert werden, da die am Denitrifikationsprozess beteiligten Bakterien diesen Prozess nur im sauerstofffreien bis -armen Milieu bewerkstelligen können. Deshalb findet man in sauerstoffreichen Regionen auch höhere Nitratgehalte, wie z.B. im Markgräflerland.

Umgekehrt kann bei niedrigeren Sauerstoffgehalten der mikrobiell gesteuerte und von humusreichen und sauerstoffarmen bis -freien Verhältnissen abhängige Denitrifikationsprozess, einkommende Nitratfrachten vollständig zu Stickstoffgas oder Nitrit und Ammonium reduzieren, wie es z.B. in einigen Teilen der Oberrhein-

ebene mit sauerstoff- und nitratfreien Grundwässern geschieht (Kinzig-, Acher-, Renchniederungen, Teile der Ortenau (= Moordenau)).

Letzteres ist ein natürlicher Selbstreinigungsprozess.

In natürlicherweise sauerstoffarmen und -freien Grundwasserregionen kann die Trockenlegung von anmoorigen und moorigen Bereichen und andere Entwässerungsmaßnahmen, z.B. Tieferlegung von Fließgewässer- und Grabensohlen, durch die Grundwasserspiegelabsenkungen zu einer Vergrößerung der ungesättigten, luftgefüllten Zone beitragen. Dabei werden die bisher unter Sauerstoffabschluss im Boden und Aquifer konservierten Organika vermehrt oxidiert. Dies führt längerfristig einerseits zur Nitratbildung aus der oxidierten organischen Substanz und andererseits zu einer mangelnden Ausprägung des natürlichen Denitrifikationsprozesses, da die organischen Substanzen fehlen und das Grundwasser nun sauerstoffhaltiger geworden ist. Damit wird der natürliche Selbstreinigungsprozess zur Reduzierung von eingebrachtem Nitratdünger außer Kraft gesetzt.

In solchen Regionen kann aufgebrachtener Nitratdünger ungehindert durch die Bodenzone ins Grundwasser gelangen und dort zu höheren Nitratgehalten führen, wie es an einigen Messstellen bei der Beprobung 2000 beobachtet werden kann. An diesen Messstellen wird ein gleichzeitiges Nebeneinander von Sauerstofffreiheit und Nitratnachweisen festgestellt. Trotz vorhandener Sauerstoffgehalte von kleiner 1 mg/l werden gleichzeitig Nitratgehalte von z.T. nur einigen Milligramm, aber auch von 10 bis 90 mg/l gemessen. Hier ist ein bedenklicher Grundwasserzustand eingetreten. Solche Fälle treten landesweit auf, z.B. in der Oberrheinebene.

Hier läuft die Denitrifikation nur noch vermindert ab, offenbar aufgrund großer und schnell versickernder Nitratfrachten von der Landoberfläche, welche den natürlichen Selbstreinigungsprozess überfordern. Normalerweise müsste das einkommende Nitrat über die Denitrifikation reduziert und nicht nachweisbar sein.

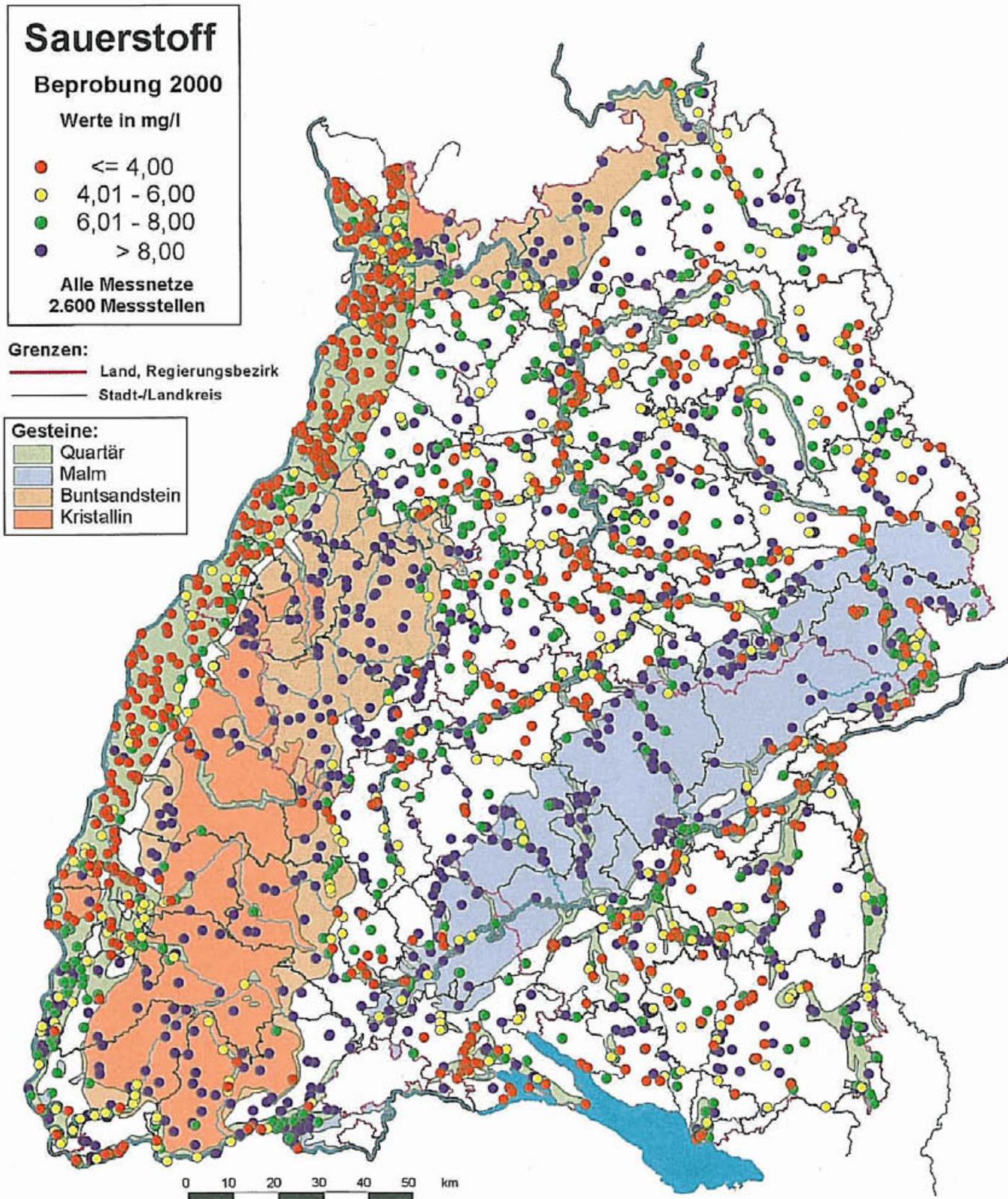


Abb. 2.9.1: Konzentrationsverteilung von Sauerstoff im Jahre 2000 mit ausgewählten geologischen Einheiten im Hintergrund.

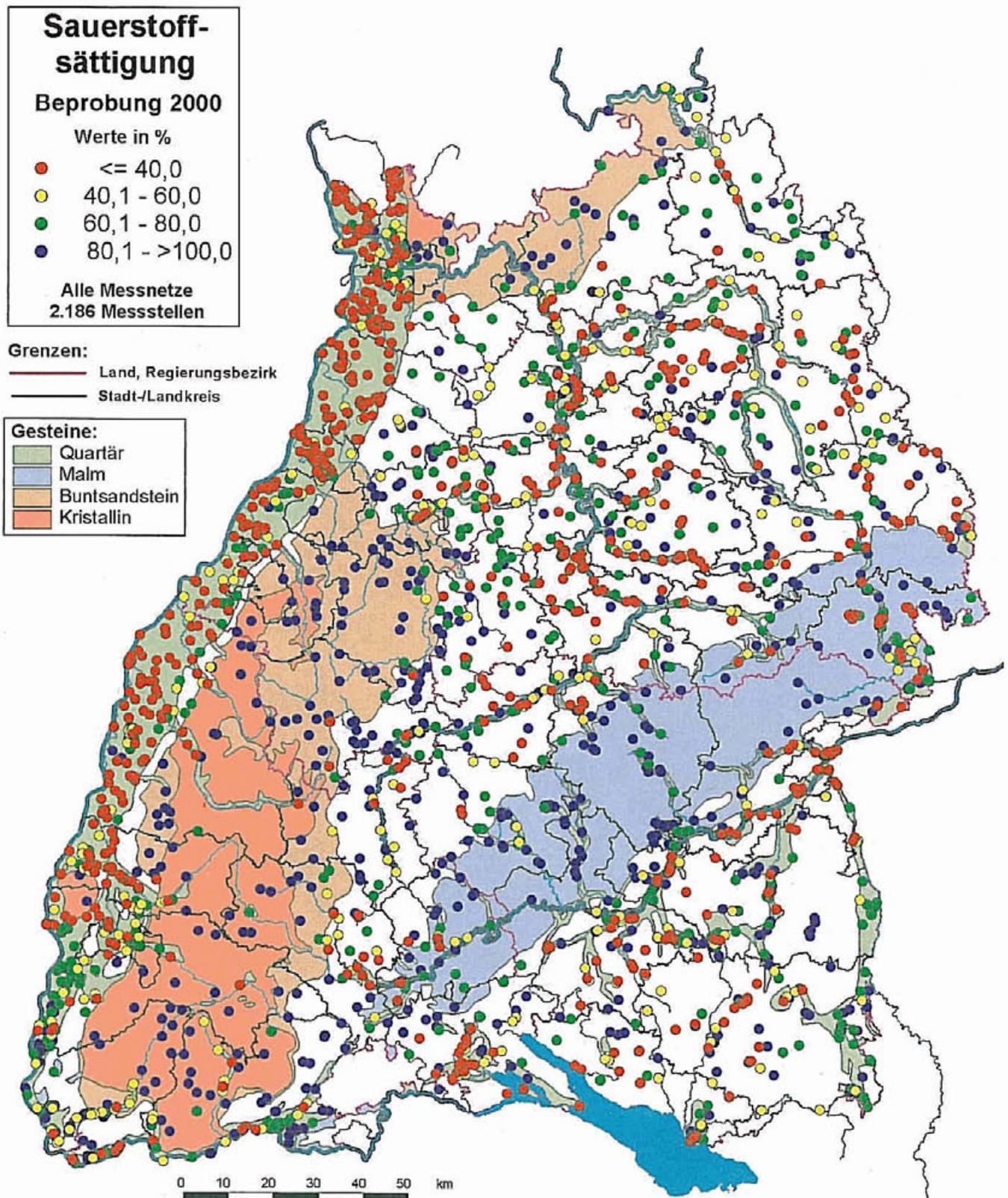


Abb. 2.9.2:

Verteilung der Sauerstoffsättigungsindizes im Jahre 2000 mit ausgewählten geologischen Einheiten im Hintergrund.

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.



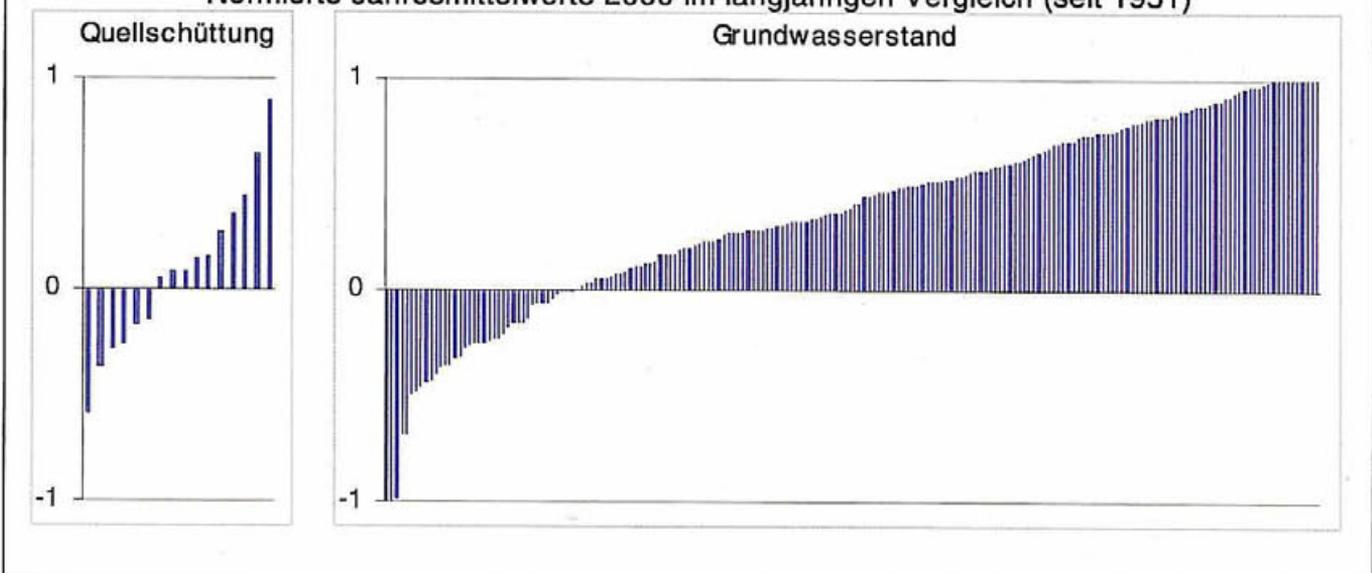
Datengrundlage

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 waren die Grundwasserstände und Quellschüttungen im Jahr 2000 niedriger als im nassen Vorjahr und entsprachen weitgehend leicht überdurchschnittlichen Verhältnissen. Die langfristigen Trends (50 Jahre) sind überwiegend fallend.
- Der kontinuierliche Anstieg der **Grundwasserstände** nach der ausgeprägten Trockenperiode (1989 bis 1991) hielt auch im Jahr 2000 an. Die mittelfristige (20 Jahre) Tendenz ist ausgewogen, die langfristige (50 Jahre) Entwicklung ist aber nach wie vor fallend. Der oberflächennahe Grundwasserspiegel im Oberrheingraben steigt bereichsweise deutlich an, in tieferen Stockwerken ist ein leichter Rückgang wahrnehmbar. 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 (45 Jahre) ist weitgehend unauffällig.

Normierte Jahresmittelwerte 2000 im langjährigen Vergleich (seit 1951)



Erläuterung: Dargestellt wird pro Messstelle der - gegen den seit 1951 jeweils kleinsten (-1) bzw. größten (+1) Jahresmittelwert - normierte Jahresdurchschnitt im Jahr 2000.

Ergebnisse 2000 Baden-Württemberg TMN Grundwasserstand (Auswahl)										
Messstelle	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum		Jahresmaximum		Mittelwert 2000	Trend		
			2000		2000			[cm/Jahr]		
			[m+NN]	Datum	[m+NN]	Datum		10 Jahre	20 Jahre	50 Jahre
116/022-0	Markgräfler Rheinebene	Quartär	216,18	27.12.	217,63	17.07.	216,18	0,04	-1,43	-2,95
124/023-8	Markgräfler Rheinebene	Quartär	240,03	23.12.	241,42	21.02.	240,03	11,43	-0,57	-2,64
112/065-3	Offenburger Rheinebene	Quartär	145,25	23.10.	146,2	03.01.	145,56	3,18	-0,35	0,07
115/066-9	Offenburger Rheinebene	Quartär	153,47	16.10.	155,91	02.10.	153,68	8,20	1,06	-0,40
115/068-6	Freiburger Bucht	Quartär	194,17	18.09.	195,62	17.12.	195,22	-0,43	-0,97	-0,26
133/068-0	Offenburger Rheinebene	Quartär	171,28	30.10.	171,82	10.01.	171,41	6,51	-0,64	-0,28
102/070-7	Freiburger Bucht	Quartär	217,5	21.08.	218,55	03.01.	217,97	2,92	-0,39	0,05
130/070-4	Markgräfler Rheinebene	Quartär	200,38	27.11.	201,34	03.04.	200,38	10,64	-0,58	-3,68
112/074-9	Hochrheintal	Quartär Talfüllungen	260,93	13.11.	261,76	10.01.	260,96	3,13	0,33	-
109/113-6	Offenburger Rheinebene	Quartär	124,82	03.07.	125,68	06.03.	125,01	3,08	0,32	0,06
126/114-5	Offenburger Rheinebene	Quartär	139,3	28.08.	140,3	21.02.	139,64	2,00	0,66	-0,19
103/115-2	Offenburger Rheinebene	Quartär	144,66	14.08.	145,64	31.01.	144,77	-7,11	-4,80	-0,94
110/116-6	Offenburger Rheinebene	Quartär	156,22	09.10.	157,03	20.11.	156,59	7,20	0,04	-2,50
100/119-1	Freiburger Bucht	Quartär	206,37	30.10.	207,3	06.03.	206,57	2,36	0,24	-2,19
110/119-7	Freiburger Bucht	Quartär	216,98	09.10.	218,28	26.02.	217,48	9,07	3,65	-2,62
124/119-0	Freiburger Bucht	Quartär	222,91	27.11.	224,71	03.04.	223,11	39,52	1,32	-0,57
124/123-1	Dinkelberg	Quartär Talfüllungen	329,36	10.07.	330,46	21.02.	329,65	0,21	-0,98	-
103/161-0	Nördlicher Oberheinniederung	Quartär	110,25	25.12.	111,18	21.02.	110,25	3,32	-0,80	-0,01
143/161-2	Nördlicher Oberheinniederung	Quartär	115,04	30.10.	115,61	03.01.	115,09	0,97	-0,44	0,77
120/162-0	Offenburger Rheinebene	Quartär	121,29	03.07.	121,68	05.06.	121,53	2,41	0,04	0,08
124/163-8	Offenburger Rheinebene	Quartär	130,62	03.07.	131,28	21.02.	130,92	2,83	-0,08	0,38
105/164-3	Offenburger Rheinebene	Quartär	157,85	06.11.	158,68	31.07.	158,48	14,77	-0,93	0,35
115/211-5	Nördlicher Oberheinniederung	Quartär	109,99	09.07.	110,94	03.01.	110,32	1,77	-1,07	-0,24
124/211-6	Hardlebenen (Oberheingraben)	Quartär	115,9	18.06.	116,38	21.02.	116,08	1,25	0,37	-0,17
703/256-1	Nördlicher Oberheinniederung	Quartär / tief	93,33	17.01.	93,59	07.08.	93,46	5,78	-5,82	-
118/258-2	Nördlicher Oberheinniederung	Quartär	97,37	30.10.	99,01	21.02.	97,41	6,25	0,18	1,01
227/259-1	Hardlebenen (Oberheingraben)	Quartär	109,06	03.01.	109,4	01.05.	109,06	6,84	-0,76	1,20
175/260-0	Hardlebenen (Oberheingraben)	Quartär / tief	111,29	18.12.	111,72	10.04.	111,3	5,69	-0,64	-
104/305-6	Hessische Rheinebene	Quartär	88,29	06.11.	89,93	03.01.	88,35	7,26	-1,07	-0,44
107/305-0	Neckar-Rheinebene	Quartär	95,7	25.09.	95,93	27.03.	95,7	13,06	2,07	-0,99
750/305-3	Neckar-Rheinebene	Quartär / tief	93,89	27.06.	94,73	14.03.	93,95	10,18	-0,32	-
742/306-9	Hardlebenen (Oberheingraben)	Quartär / tief	96,31	31.01.	96,56	18.12.	96,52	10,39	-7,42	-
100/307-1	Hardlebenen (Oberheingraben)	Quartär	99,55	07.02.	99,79	25.12.	99,79	7,48	-2,66	-2,35
101/307-6	Hardlebenen (Oberheingraben)	Quartär	100,87	03.01.	101,2	26.12.	101,2	9,38	-3,75	-4,51
111/307-9	Hardlebenen (Oberheingraben)	Quartär	104,23	03.01.	104,51	25.12.	104,51	10,33	-1,79	-2,01
108/308-7	Hardlebenen (Oberheingraben)	Quartär	106,49	12.11.	106,78	09.04.	106,56	3,40	-0,75	-1,47
101/320-1	Baar	Quartär Talfüllungen	674,74	14.08.	675,29	10.01.	674,98	1,53	0,59	-1,17
100/355-1	Badische Bergstraße	Quartär	96,99	11.09.	98,02	25.12.	98,02	15,23	2,69	0,17
101/372-4	Hegau	Quartär	413,49	29.05.	414,17	03.01.	413,72	0,73	-0,62	-
100/458-0	Neckarbecken	Quartär Talfüllungen	154,13	11.09.	154,7	20.03.	154,22	0,94	-0,10	-
110/509-7	Neckarbecken	Ob. Muschelkalk	174,1	13.11.	180,83	17.04.	174,57	43,58	0,72	-
100/516-6	Mittlere Kuppenalb	Malm Weißjura	690,74	20.11.	693,49	31.01.	690,89	13,42	-2,88	-
100/522-4	Hegau	Quartär (Moränen)	433,07	06.11.	433,92	03.04.	433,13	2,09	0,06	-
115/619-0	Donau-Ablach-Platten	Quartär	579,85	27.12.	581,09	03.04.	579,85	6,83	-0,03	-
130/623-6	Bodenseebecken	Quartär	399,32	18.09.	399,82	03.04.	399,57	3,52	1,06	-
101/713-8	Albuch und Härtsfeld	Malm Weißjura	538,57	21.08.	547,26	20.03.	539,14	5,00	-1,84	-
125/762-9	Albuch und Härtsfeld	Malm Weißjura	489,97	06.11.	493,21	27.03.	490,69	1,90	-3,63	-
154/767-1	Unteres Illertal	Quartär	507,28	28.08.	507,99	03.04.	507,45	4,11	1,46	-
161/768-5	Unteres Illertal	Quartär	532,53	25.12.	533,14	03.04.	532,53	-0,81	-0,32	-
177/770-1	Unteres Illertal	Quartär	593,86	03.07.	594,76	03.04.	593,91	-0,20	-0,28	-
138/771-6	Riss-Altrach-Platten	Quartär	627,96	27.12.	628,69	07.06.	627,96	0,48	-0,91	-
145/771-8	Westallgäuer Hügelland	Quartär	647,57	27.12.	649,66	10.04.	647,57	10,55	-4,37	-
110/773-2	Adelogg	Quartär	713,84	15.05.	715,23	20.03.	713,85	-0,50	-0,07	-
113/813-6	Lonetal-Flächenalb (Niedere Alb)	Malm Weißjura	459,47	06.11.	465,38	10.04.	460,25	3,94	-6,47	-
102/814-8	Donauried	Quartär	444,66	21.08.	446,52	29.05.	445,2406	7,44	2,63	-1,22

Ergebnisse 2000 Baden-Württemberg TMN Quellerschüttung (Auswahl)										
Messstelle	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum		Jahresmaximum		Mittelwert 2000	Trend		
			2000		2000			[l/s/Jahr]		
			[l/s]	Datum	[l/s]	Datum		10 Jahre	20 Jahre	45 Jahre
600/468-4	Baar-Alb	Malm Weißjura	66,00	18.09.	498,00	20.03.	82,00	6,49	2,43	-
602/320-8	Oberes Donautal	Malm Weißjura	1,38	21.08.	7,14	06.03.	2,27	0,08	-0,03	0,01
600/554-9	Bauland	Muschelkalk	22,97	30.10.	100,20	06.03.	42,40	1,84	-0,43	-0,05
600/222-6	Hochschwarzwald	Kristallin	2,38	15.11.	3,57	15.02.	2,38	0,06	-0,02	0,00
600/607-8	Hohenlocher-Haller-Ebenen	Lettenkeuper	1,72	04.12.	5,00	03.04.	1,72	0,10	-0,04	-0,01
600/407-7	Kraichgau	Höherer Keuper	3,30	03.01.	9,35	14.04.	3,83	0,24	-0,17	0,04
602/116-1	Mittlerer Schwarzwald	Buntsandstein	1,51	02.11.	1,92	15.02.	1,53	0,04	-0,01	-
600/263-6	Nördlicher Talschwarzwald	Buntsandstein	8,20	15.06.	40,20	01.05.	9,90	1,22	0,20	-
600/521-4	Oberschwäbisches Hügelland	Quartär	1,90	30.10.	4,32	06.03.	2,00	0,18	0,04	0,01
601/559-1	Schwäbisch-Fränkische Waldberge	Höherer Keuper	0,36	03.07.	0,85	03.04.	0,51	-0,02	-0,02	0,00
601/759-1	Schwäbisch-Fränkische Waldberge	Höherer Keuper	3,33	01.08.	6,67	03.04.	3,33	0,16	-0,01	0,02
600/220-3	Südöstlicher Schwarzwald	Buntsandstein	1,33	16.09.	5,00	15.06.	2,22	0,11	-0,08	0,01
601/219-3	Südöstlicher Schwarzwald	Kristallin	0,69	11.09.	5,00	17.07.	1,57	-0,02	-0,04	-0,01
600/605-4	Tauberland	Muschelkalk	4,40	01.10.	33,32	02.01.	7,40	0,29	-0,19	-0,01

3.2 Gesamtmessnetz – Beschaffenheit

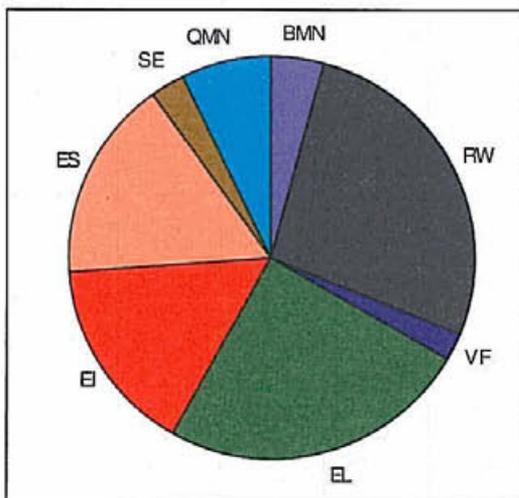
Messnetzziel

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

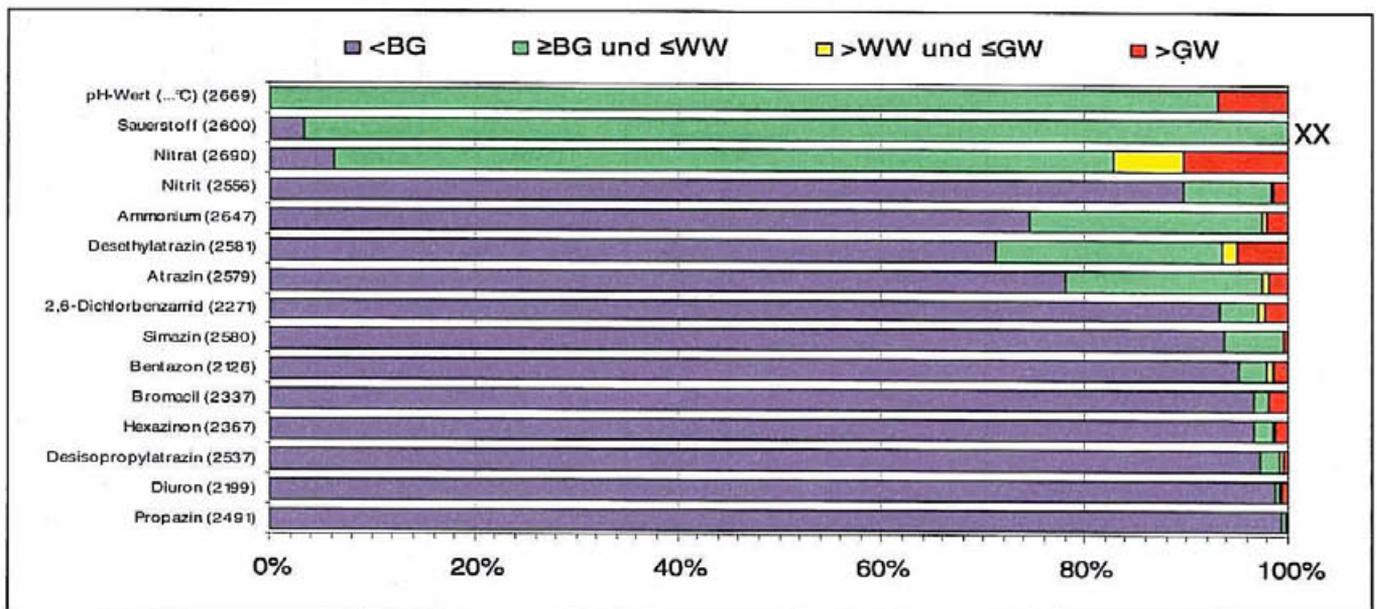
Datengrundlage

Ausgewertet wurden für das Jahr 1999 die Daten von insgesamt 2.699 Messstellen (Land: 2.132 Messstellen, Kooperation: WVU: 567). Die vom Land betriebenen Messstellen wurden auf folgende Messprogramme untersucht (Messprogramm-Parameter: s. Anhang):

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



Messnetz	Messstellen Anzahl	Messstellen Anteil %
BMN	110	4,1
RW	730	27,0
VF	58	2,1
EL	672	24,9
EI	427	15,8
ES	430	15,9
SE	76	2,8
QMN	196	7,3
Summe	2.699	100

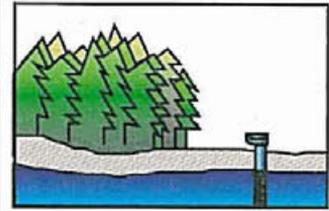


Ergebnisse 2000 : Baden-Württemberg Alle												
Parameter	Dim.	Anz. Mst.	≥ BG		> WW		> GW		P50 (Median)	P90 (P10/)	Maximum (Minimum/)	
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%				
Temperatur	°C	2644	2644	100	12	0,5	4	0,2	11,8	14,8	48,1	
SAK - 436	1/m	610	252	41,3	9	1,5	6	1	< 0,1	< 0,2	3,4	
El. Leitf. (25 °C)	mS/m	2655	2655	100	56	2,1	27	1	71,1	107,4	599	
pH-Wert (...°C)		2669	2669	100	184	6,9	184	6,9	7,2	(6,75/ 7,49	(4,77/ 9,08	
Säurekap. bis pH 4,3	mmol/l	607	603	99,3	-	-	-	-	5,26	6,7	8,75	
Basekap. bis pH 8,2	mmol/l	316	316	100	-	-	-	-	0,6025	1,16	5,4	
Summe Erdalkalien (GH)	mmol/l	666	664	99,7	-	-	-	-	3,24	4,69	11	
Sauerstoff	mg/l	2600	2515	96,7	-	-	-	-	6,5	10	12,4	
Sauerstoffsättigung	%	2186	2116	96,8	-	-	-	-	62	93	109	
SAK - 254	1/m	535	523	97,8	10	1,9	-	-	0,9	2,4	44,4	
Gel. organ. Kohlenst. (DOC)	mg/l	488	471	96,5	7	1,4	-	-	0,6	1,4	14	
Calcium	mg/l	660	660	100	1	0,2	0	0	102	140,35	337	
Magnesium	mg/l	667	667	100	25	3,7	6	0,9	16,2	35	63	
Natrium	mg/l	644	621	96,4	1	0,2	1	0,2	6	15,4	215	
Kalium	mg/l	626	597	95,4	5	0,8	2	0,3	1,4	4,1	34	
Ammonium	mg/l	2647	674	25,5	68	2,6	55	2,1	< 0,01	< 0,05	23	
Eisen, gesamt	mg/l	637	261	41	-	-	48	7,5	< 0,01	0,1	11,3	
Mangan, gesamt	mg/l	638	145	22,7	-	-	51	8	< 0,005	0,03	2	
Chlorid	mg/l	655	651	99,4	0	0	0	0	14,9	40	145	
Nitrat	mg/l	2690	2523	93,8	463	17,2	274	10,2	18,5	50,65	222	
Nitrit	mg/l	2556	264	10,3	43	1,7	35	1,4	< 0,01	< 0,02	7,45	
Sulfat	mg/l	655	654	99,8	5	0,8	5	0,8	24,4	105	732,4	
ortho-Phosphat	mg/l	579	402	69,4	-	-	0	0	< 0,05	0,17	1,1	
Bor	mg/l	578	282	48,8	23	4	1	0,2	0,02	0,07	1,2	
Aluminium, gelöst	mg/l	294	140	47,6	8	2,7	6	2	0,01	0,037	0,52	
Summe LHKW nach TrinkwV	mg/l	521	97	18,6	5	1	3	0,6	< 0,005	< 0,01	0,0281	
Atrazin	µg/l	2579	568	22	67	2,6	46	1,8	< 0,02	0,04	1,3	
Cyanazin	µg/l	457	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,05	-	
Propazin	µg/l	2491	16	0,6	5	0,2	5	0,2	< 0,02	< 0,05	0,42	
Sebutylazin	µg/l	244	6	2,5	0	0	0	0	< 0,02	< 0,05	0,05	
Simazin	µg/l	2580	163	6,3	13	0,5	12	0,5	< 0,02	< 0,02	0,38	
Terbutylazin	µg/l	2580	15	0,6	5	0,2	4	0,2	< 0,02	< 0,02	2,2	
Desethylatrazin	µg/l	2581	742	28,7	169	6,5	128	5	0,03	0,06	1,74	
Desisopropylatrazin	µg/l	2537	70	2,8	19	0,7	12	0,5	< 0,05	< 0,05	0,2	
Desethylterbutylazin	µg/l	2537	16	0,6	5	0,2	5	0,2	< 0,02	< 0,05	4,2	
Metalaxyl	µg/l	2292	11	0,5	3	0,1	3	0,1	< 0,05	< 0,05	0,73	
Metazachlor	µg/l	2562	3	0,1	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	0,08	
Metolachlor	µg/l	2542	14	0,6	4	0,2	4	0,2	< 0,05	< 0,05	12	
Bromacil	µg/l	2337	80	3,4	46	2	43	1,8	< 0,05	< 0,05	2	
Hexazinon	µg/l	2367	80	3,4	36	1,5	28	1,2	< 0,05	< 0,05	2,35	
Pendimethalin	µg/l	286	1	0,3	1	0,3	0	0	< 0,01	< 0,02	0,1	
Parathion-ethyl (E 605)	µg/l	209	1	0,5	1	0,5	1	0,5	< 0,05	< 0,05	0,14	
Chlortoluron	µg/l	2195	3	0,1	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	0,05	
Diuron	µg/l	2199	29	1,3	17	0,8	14	0,6	< 0,05	< 0,05	0,49	
Isoprotoluron	µg/l	2212	5	0,2	2	0,09	1	0,05	< 0,05	< 0,05	0,85	
Methabenzthiazuron	µg/l	164	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
Dichlorprop (2,4-DP)	µg/l	155	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,05	-	
Mecoprop (MCP)	µg/l	155	6	3,9	1	0,6	1	0,6	0,02	< 0,05	0,22	
Bentazon	µg/l	2126	104	4,9	46	2,2	30	1,4	< 0,05	< 0,05	37	
Dichlobenil	µg/l	253	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	2271	152	6,7	66	2,9	54	2,4	< 0,05	< 0,05	4,9	
Glyphosat	µg/l	51	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
Metribuzin	µg/l	186	1	0,5	0	0	0	0	< 0,03	< 0,05	0,01	
Metamitron	µg/l	151	3	2	0	0	0	0	< 0,05	< 0,1	0,06	
Terbazil	µg/l	228	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	-	
Triallat	µg/l	349	1	0,3	1	0,3	1	0,3	< 0,02	< 0,05	0,15	

3.3 Basismessnetz (BMN)

Messnetzziel

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

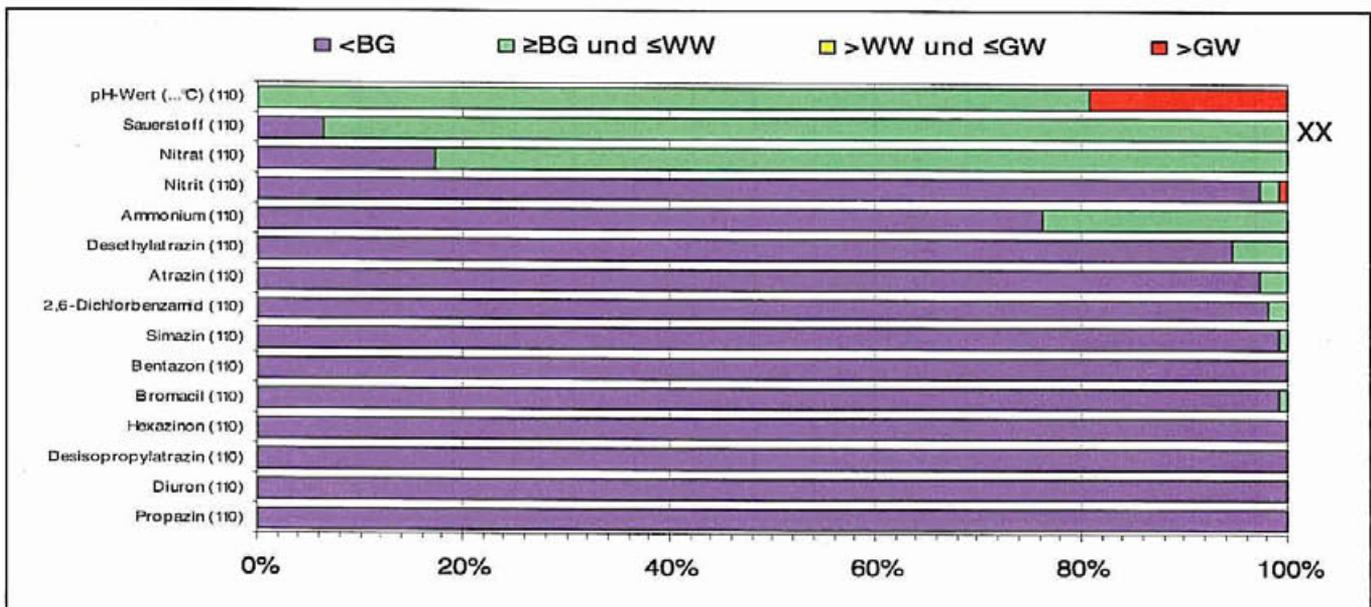


Datengrundlage

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

Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- Beim Nitrat steigt der Medianwert gegenüber 1999 leicht auf 6,8 mg/l an. Dies ist offenbar auf die Konzentrationszunahmen um etwa 1-2 mg/l an einigen Waldquellen zurückzuführen, als Folge der Windwurfschäden durch den Sturm „Lothar“ in 1999. Die bisherigen Ergebnisse des in 2000 eingerichteten Sonderuntersuchungsprogramms, zeigen nicht - oder noch nicht - die höheren Konzentrationszunahmen um bis zu 13 mg/l, wie sie z.T. vor zehn Jahren nach den Stürmen „Wiebke“ und „Vivian“ erreicht wurden. Damals reagierten insbesondere kleine Einzugsgebiete über die verstärkt ablaufende Humuszersetzung und Nitrifikation auf den Kahlfleichen mit Konzentrationszunahmen. Bis auf zwei Einzelfälle nahmen die Konzentrationen nach 2-5 Jahren wieder ab, z.T. bis unter das Ausgangsniveau vor den Stürmen, nachdem die Kahlfleiche verbuschte oder aufgeforstet wurde. Der P-90-Wert ist gegenüber dem Vorjahr von 15,5 mg/l auf 16,25 mg/l gestiegen, als Folge des zunehmenden landwirtschaftlichen Einflusses bei einigen Messstellen. Die beiden Maxima von über 30 mg/l werden an Quellen in anmoorigen und landwirtschaftlich genutzten Einzugsgebieten im Alpenvorland gefunden. Bedingt durch Entwässerungsmaßnahmen führt die Humuszersetzung und die offenbar vorhandene Grünlanddüngung zur verstärkten Nitratbildung, im einen Fall sogar trotz vollständiger Sauerstofffreiheit. Hier ist der Nitratreintrag offenbar so stark, dass das natürliche Selbstreinigungsvermögen über den Denitrifikationsprozess überfordert ist.
- Die hohe pH-Wert-Grenzwertunterschreitungsquote von etwa 20 % ist durch saure Quellen im Schwarzwald, Odenwald und Keuperbergland verursacht.
- Die vereinzelt PSM-Nachweise von Triazinen finden sich an Tiefbrunnen im Karst mit Ackerbau, Straßen und Deponien im Einzugsgebiet, die positiven Bromacil- und 2,6-Dichlorbenzamid-Befunde an einer Waldquelle mit Forstfahrwegen und an einem Brunnen mit Grünlandnutzung, Straßen und einer Siedlung im Einzugsgebiet.

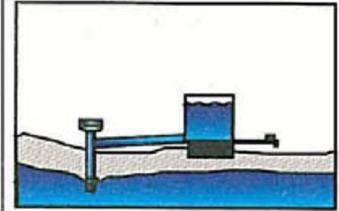


Ergebnisse 2000 : Baden-Württemberg BMN												
Parameter	Dim.	Anz. Mst.	≥ BG		> WW		> GW		P50 (Median)	P90 (P10/)	Maximum (Minimum/)	
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%				
Temperatur	°C	110	110	100	5	4,5	4	3,6	9,3	13,55	48,1	
SAK - 436	1/m	35	8	22,9	0	0	0	0	< 0,13	< 0,2	0,24	
El. Leitf. (25 °C)	mS/m	110	110	100	0	0	0	0	48,95	69,15	98,3	
pH-Wert (...°C)		110	110	100	21	19,1	21	19,1	7,29	(6,12/)	7,735 (4,84/)	9,08
Säurekap. bis pH 4,3	mmol/l	35	32	91,4	-	-	-	-	0,55	5,88	6,95	
Basekap. bis pH 8,2	mmol/l	35	35	100	-	-	-	-	0,41	0,76	1,08	
Summe Erdalkalien (GH)	mmol/l	35	35	100	-	-	-	-	0,31	3,46	3,72	
Sauerstoff	mg/l	110	103	93,6	-	-	-	-	9,1	10,8	12,1	
Sauerstoffsättigung	%	110	103	93,6	-	-	-	-	84,5	98	100	
SAK - 254	1/m	35	35	100	0	0	-	-	1,2	2,5	3,1	
Gel. organ. Kohlenst. (DOC)	mg/l	35	35	100	0	0	-	-	0,58	1,1	1,6	
Calcium	mg/l	35	35	100	0	0	0	0	8,2	104,3	122	
Magnesium	mg/l	35	35	100	1	2,9	0	0	2,1	18,5	46	
Natrium	mg/l	35	27	77,1	0	0	0	0	1,8	6,5	9,7	
Kalium	mg/l	35	32	91,4	0	0	0	0	1,04	2	2,7	
Ammonium	mg/l	110	26	23,6	0	0	0	0	< 0,01	0,13	0,33	
Eisen, gesamt	mg/l	35	10	28,6	-	-	2	5,7	< 0,01	0,024	1,18	
Mangan, gesamt	mg/l	35	6	17,1	-	-	6	17,1	< 0,005	0,075	0,351	
Chlorid	mg/l	35	35	100	0	0	0	0	2,4	9	11,5	
Nitrat	mg/l	110	91	82,7	0	0	0	0	6,8	16,25	36,6	
Nitrit	mg/l	110	3	2,7	1	0,9	1	0,9	< 0,01	< 0,03	0,21	
Sulfat	mg/l	35	35	100	0	0	0	0	11,2	35,9	75,6	
ortho-Phosphat	mg/l	35	19	54,3	-	-	0	0	< 0,05	0,14	0,187	
Bor	mg/l	35	7	20	0	0	0	0	< 0,01	0,03	0,091	
Aluminium, gelöst	mg/l	35	20	57,1	2	5,7	2	5,7	0,008	0,046	0,295	
Summe LHKW nach TrinkwV	mg/l	0	0		0		0		-	-	-	
Atrazin	µg/l	110	3	2,7	0	0	0	0	< 0,01	< 0,02	0,03	
Cyanazin	µg/l	29	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	-	
Propazin	µg/l	110	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,05	-	
Sebutylazin	µg/l	0	0		0		0		-	-	-	
Simazin	µg/l	110	1	0,9	0	0	0	0	< 0,01	< 0,02	0,01	
Terbutylazin	µg/l	110	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	-	
Desethylatrazin	µg/l	110	6	5,5	0	0	0	0	< 0,02	< 0,05	0,07	
Desisopropylatrazin	µg/l	110	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
Desethylterbutylazin	µg/l	110	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,05	-	
Metalaxyl	µg/l	110	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
Metazachlor	µg/l	110	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,05	-	
Metolachlor	µg/l	110	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
Bromacil	µg/l	110	1	0,9	0	0	0	0	< 0,03	< 0,05	0,02	
Hexazinon	µg/l	110	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,05	-	
Pendimethalin	µg/l	4	0	0	0	0	0	0	< 0,01	< 0,01	-	
Parathion-ethyl (E 605)	µg/l	0	0		0		0		-	-	-	
Chlortoluron	µg/l	110	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
Diuron	µg/l	110	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
Isoproturon	µg/l	110	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
Methabenzthiazuron	µg/l	4	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
Dichlorprop (2,4-DP)	µg/l	4	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
Mecoprop (MCP)	µg/l	4	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
Bentazon	µg/l	110	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
Dichlobenil	µg/l	4	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	110	2	1,8	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	0,02	
Glyphosat	µg/l	0	0		0		0		-	-	-	
Metribuzin	µg/l	4	0	0	0	0	0	0	< 0,03	< 0,03	-	
Metamitron	µg/l	4	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
Terbazil	µg/l	29	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	-	
Triallat	µg/l	29	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	-	

3.4 Rohwassermessstellen (RW)

Messnetzziel

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

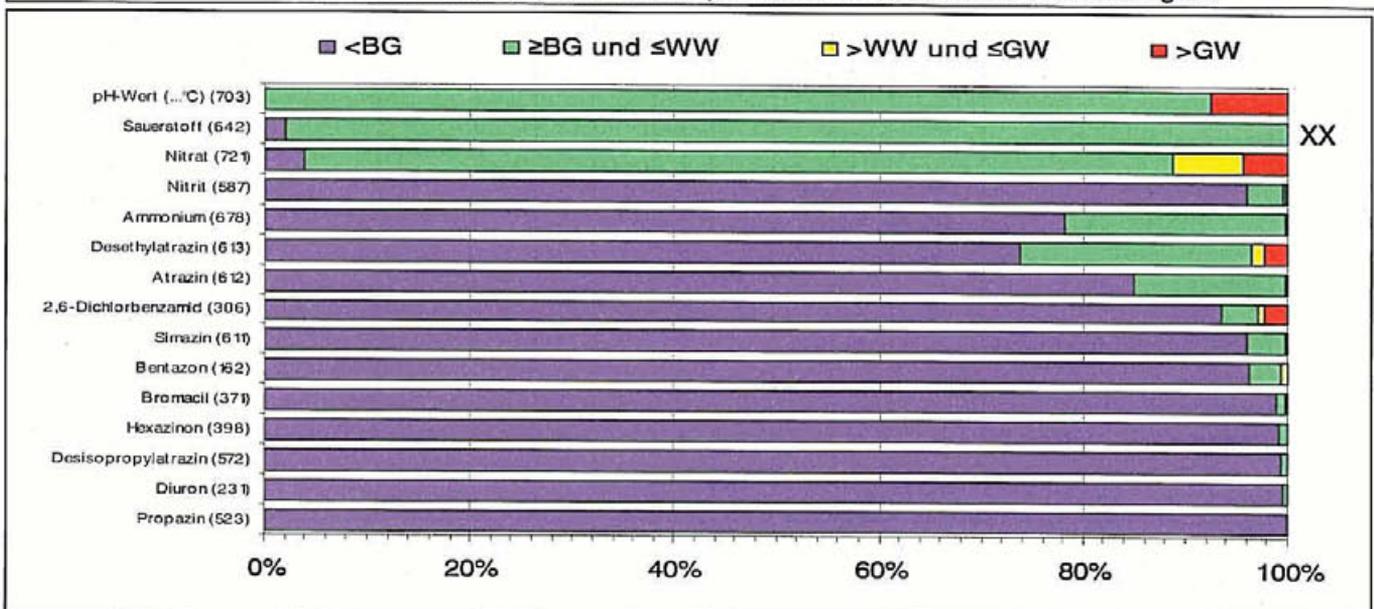


Datengrundlage

Ausgewertet wurden 730 Rohwassermessstellen (Land: 163 Messstellen, Kooperation: 567 Messstellen mit Stichtag: 23.02.2001). Bei den Landesmessstellen erstreckte sich die Untersuchung auf die Messprogramme: „Vor-Ort“, „Landwirtschaft“, „PSM-1“ und die diesjährigen PSM-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.
- Bei Nitrat nimmt die mittlere Belastung (Medianwert) gegenüber den Jahren 1994-1997 und gegenüber 1999 ab. Allerdings ist jetzt erst wieder ein Gleichstand mit den Belastungssituationen von 1993 und 1998 erreicht. Die meist hohen Sauerstoffgehalte fördern die Langlebigkeit von Nitrat. Vereinzelt finden sich trotz geringer Sauerstoffgehalte hohe Nitratgehalte. Hier existieren offenbar hohe Nitratreinträge, die das Nitratselbstreinigungsvermögen über den Denitrifikationsprozess überfordern.
- Bei Ammonium und Nitrit finden sich nur sehr wenige WW- und GW-Überschreitungen an 0,2 bis 0,5 % aller Messstellen. Dies ist auch auf den meist hohen Sauerstoffgehalt (Medianwert: 7,5 mg/l) zurückzuführen, welcher die Ammoniumoxidation zu Nitrat fördert.
- Bei Atrazin und Desethylatrazin (DEA) sind die Nachweisquoten immer noch im zweistelligen Zahlenbereich. Im Vergleich zu den Vorjahren 1993-1995 und auch zu 1992 zeigen sich deutliche Belastungsabnahmen, auch bei der Nachweishäufigkeit. Erstmals ist keine Atrazin-GW-Überschreitung vorhanden. Die DEA-GW-Überschreitungsquote ist gegenüber 1992 nur noch halb so hoch.
- Die 2,6-Dichlorbenzamid- bzw. Bentazon-Nachweisquoten von 6,5 bzw. 3,7 % sind die dritt- und fünftgrößten PSM-Quoten im Rohwassermessnetz. Obwohl 2,6-Dichlorbenzamid nur an etwa der Hälfte aller RW-Messstellen analysiert wurde, wird hier schon eine hohe Nachweisquote von 6,5 % mit 2,3 % GW-Überschreitungen registriert. Positiv-Befunde anderer PSM sind erfreulicherweise gering - abgesehen vom nicht mehr zugelassenen Simazin.
- An jeder dreizehnten Quelle (7,5 %) finden sich pH-Wert-Grenzwertunterschreitungen.

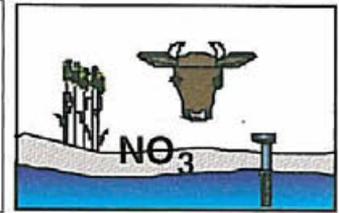


Ergebnisse 2000 : Baden-Württemberg RW												
Parameter	Dim.	Anz. Mst.	≥ BG		> WW		> GW		P50 (Median)	P90 (P10/)	Maximum (Minimum/)	
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%				
Temperatur	°C	675	675	100	0	0	0	0	10,9	13	20	
SAK - 436	1/m	482	216	44,8	6	1,2	3	0,6	0,08	0,14	3,4	
El. Leitf. (25 °C)	mS/m	686	686	100	0	0	0	0	66,2	91,5	148,4	
pH-Wert (...°C)		703	703	100	53	7,5	53	7,5	7,27	(6,68/)	7,54 (5,1/)	8,8
Säurekap. bis pH 4,3	mmol/l	479	479	100	-	-	-	-	5,35	6,73	8,75	
Basekap. bis pH 8,2	mmol/l	188	188	100	-	-	-	-	0,62	1,16	1,96	
Summe Erdalkalien (GH)	mmol/l	538	537	99,8	-	-	-	-	3,305	4,69	10	
Sauerstoff	mg/l	642	628	97,8	-	-	-	-	7,5	10,4	12	
Sauerstoffsättigung	%	228	226	99,1	-	-	-	-	68	94,5	103	
SAK - 254	1/m	407	399	98	7	1,7	-	-	0,8	2,2	8,8	
Gel. organ. Kohlenst. (DOC)	mg/l	360	343	95,3	2	0,6	-	-	0,6	1,4	3,8	
Calcium	mg/l	532	532	100	0	0	0	0	103	141	208	
Magnesium	mg/l	539	539	100	17	3,2	3	0,6	17,7	35	62,7	
Natrium	mg/l	516	513	99,4	1	0,2	1	0,2	6,25	17	215	
Kalium	mg/l	498	476	95,6	1	0,2	0	0	1,4	4,3	11	
Ammonium	mg/l	678	148	21,8	2	0,3	2	0,3	< 0,01	< 0,05	1,06	
Eisen, gesamt	mg/l	509	218	42,8	-	-	40	7,9	0,01	0,12	7,8	
Mangan, gesamt	mg/l	510	120	23,5	-	-	38	7,5	< 0,005	0,028	0,69	
Chlorid	mg/l	527	523	99,2	0	0	0	0	15,5	40	117	
Nitrat	mg/l	721	692	96	81	11,2	31	4,3	16,1	41,5	90,5	
Nitrit	mg/l	587	23	3,9	3	0,5	1	0,2	< 0,01	< 0,02	1,37	
Sulfat	mg/l	527	527	100	3	0,6	3	0,6	26,1	109	275	
ortho-Phosphat	mg/l	451	325	72,1	-	-	0	0	< 0,05	0,17	1,1	
Bor	mg/l	450	234	52	22	4,9	1	0,2	0,028	0,079	1,2	
Aluminium, gelöst	mg/l	166	72	43,4	4	2,4	3	1,8	0,019	0,03	0,52	
Summe LHKW nach TrinkwV	mg/l	504	93	18,5	3	0,6	2	0,4	< 0,005	< 0,01	0,0204	
Atrazin	µg/l	612	91	14,9	1	0,2	0	0	< 0,02	< 0,05	0,09	
Cyanazin	µg/l	187	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,05	-	
Propazin	µg/l	523	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,05	-	
Sebutylazin	µg/l	173	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,05	-	
Simazin	µg/l	611	24	3,9	1	0,2	1	0,2	< 0,02	< 0,05	0,12	
Terbutylazin	µg/l	611	2	0,3	0	0	0	0	< 0,02	< 0,05	0,04	
Desethylatrazin	µg/l	613	161	26,3	22	3,6	14	2,3	< 0,03	0,05	0,32	
Desisopropylatrazin	µg/l	572	3	0,5	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	0,03	
Desethylterbutylazin	µg/l	568	2	0,4	0	0	0	0	< 0,02	< 0,05	0,07	
Metaxyl	µg/l	323	1	0,3	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	0,01	
Metazachlor	µg/l	594	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
Metolachlor	µg/l	573	1	0,2	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	0,01	
Bromacil	µg/l	371	4	1,1	1	0,3	1	0,3	< 0,05	< 0,05	0,24	
Hexazinon	µg/l	398	3	0,8	0	0	0	0	< 0,02	< 0,05	0,07	
Pendimethalin	µg/l	101	0	0	0	0	0	0	< 0,01	< 0,02	-	
Parathion-ethyl (E 605)	µg/l	96	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
Chlortoluron	µg/l	226	1	0,4	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	0,05	
Diuron	µg/l	231	1	0,4	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	0,05	
Isoproturon	µg/l	244	1	0,4	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	0,03	
Methabenzthiazuron	µg/l	46	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
Dichlorprop (2,4-DP)	µg/l	37	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	-	
Mecoprop (MCP)	µg/l	37	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	-	
Bentazon	µg/l	162	6	3,7	1	0,6	0	0	< 0,05	< 0,05	0,1	
Dichlobenil	µg/l	135	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	306	20	6,5	9	2,9	7	2,3	< 0,05	< 0,05	0,58	
Glyphosat	µg/l	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	
Metribuzin	µg/l	68	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
Metamitron	µg/l	33	0	0	0	0	0	0	< 0,1	< 0,1	-	
Terbazil	µg/l	71	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	-	
Triallat	µg/l	146	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,05	-	

3.5 Emittentenmessstellen Landwirtschaft (EL)

Messnetzziel

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

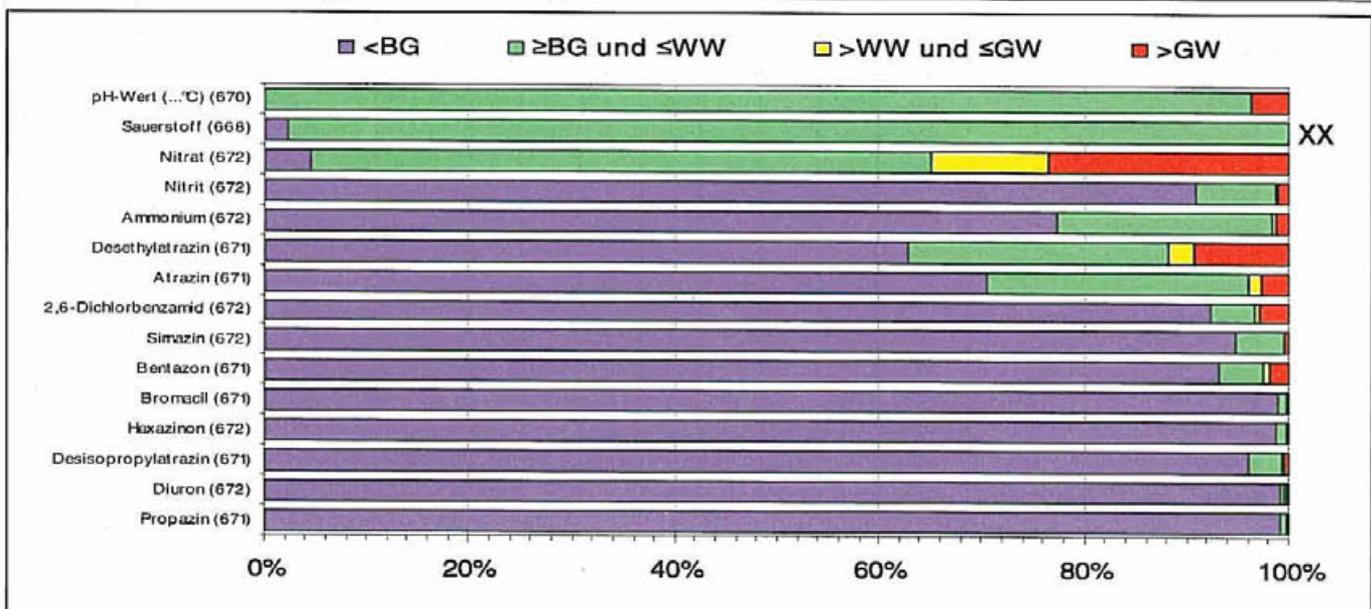


Datengrundlage

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

Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- Die Nitratbelastung ist nach wie vor die höchste aller Teilmessnetze. Z.T. finden sich hohe Gehalte trotz geringer Sauerstoffgehalte. Hier ist der Nitratreintrag offenbar so stark, dass das Selbstreinigungsvermögen über den Denitrifikationsprozess überfordert ist. Gegenüber den Vorjahren nimmt die mittlere Belastung (Medianwert) eindeutig und deutlich ab, auch im Bereich der sehr hohen Konzentrationen (P-90-Wert). Beide Kennwerte sind gegenüber 1999 um je etwa 2 mg/l gesunken. Der Medianwert von 29,5 mg/l liegt erstmals seit 1992 unter 30 mg/l, die WW- bzw. GW-Überschreitungsquote von erstmals unter 35 % bzw. erstmals unter 25 %.
- Die Ammonium-GW-Überschreitungen sind in einem Fall natürlich, meist aber durch Gülle- und Jaucheeinflüsse bedingt, welche sich bei gleichzeitiger Sauerstoffarmut bemerkbar machen.
- Bei den Pflanzenschutzmitteln (PSM) fallen auf: die immer noch hohen Nachweisquoten von Atrazin bzw. Desethylatrazin (DEA) im zweistelligen Zahlenbereich und bei DEA die noch sehr hohe GW-Überschreitungsquote von etwa 10 %. Im Vergleich zu den Vorjahren 1993-1995 zeigen sich bei beiden Stoffen bei den WW- und GW-Überschreitungen deutliche Belastungsabnahmen um etwa zwei bzw. ein Drittel. Gegenüber 1992 zeigt nur Atrazin eine Situationsverbesserung um etwa die Hälfte, bei DEA ist erst wieder das Belastungsniveau von 1992 erreicht.
- Die Bentazon-Nachweisquote von etwa 7 % ist die höchste aller Teilmessnetze. Bentazon findet sich insbesondere in Ackerbaugebieten. 2,6-Dichlorbenzamid findet sich oft an EL-Messstellen mit Wein- und Obstanbau, Grünland, Gärtnereien, Straßen, Gleisanlagen. Meist befinden sich auch Siedlungs- und Industrieflächen mit Brachflächen, Abwasserkanälen, Grünanlagen etc. in den Einzugsgebieten. Die Nachweisquote von 2,6-Dichlorbenzamid ist mit 7,6% etwa ein Prozent niedriger als bei den EI-Messstellen. Die überwiegende landwirtschaftliche Herkunft von Bentazon ist eindeutiger als von 2,6-Dichlorbenzamid. Die GW-Überschreitungen von Bromacil und Hexazinon finden sich im Gleisanlagenbereich.

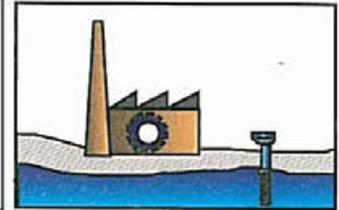


Ergebnisse 2000 : Baden-Württemberg EL											
Parameter	Dim.	Anz. Mst.	≥ BG		> WW		> GW		P50 (Median)	P90 (P10/)	Maximum (Minimum/)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	°C	672	672	100	0	0	0	0	11,6	14,3	20
SAK - 436	1/m	30	20	66,7	2	6,7	2	6,7	< 0,1	0,22	3
El. Leitf. (25 °C)	mS/m	672	672	100	6	0,9	1	0,1	73	102,7	214
pH-Wert (...°C)		670	670	100	25	3,7	25	3,7	7,19	(6,9/ 7,46	(4,9/ 8,06
Säurekap. bis pH 4,3	mmol/l	30	30	100	-	-	-	-	6,215	6,91	8,18
Basekap. bis pH 8,2	mmol/l	30	30	100	-	-	-	-	0,81	1,845	3,5
Summe Erdalkalien (GH)	mmol/l	30	30	100	-	-	-	-	3,83	5,185	11
Sauerstoff	mg/l	668	653	97,8	-	-	-	-	7,1	9,7	11
Sauerstoffsättigung	%	668	655	98,1	-	-	-	-	68	93	109
SAK - 254	1/m	30	27	90	3	10	-	-	1,25	6,35	44,4
Gel. organ. Kohlenst. (DOC)	mg/l	30	30	100	4	13,3	-	-	1	4,38	9,8
Calcium	mg/l	30	30	100	1	3,3	0	0	126,45	161,5	337
Magnesium	mg/l	30	30	100	2	6,7	2	6,7	22,75	33,5	63
Natrium	mg/l	30	30	100	0	0	0	0	6,65	16,25	50
Kalium	mg/l	30	30	100	2	6,7	1	3,3	1,185	6,7	17
Ammonium	mg/l	672	152	22,6	11	1,6	8	1,2	< 0,01	0,02	13,545
Eisen, gesamt	mg/l	30	18	60	-	-	5	16,7	0,01	2,43	11,3
Mangan, gesamt	mg/l	30	8	26,7	-	-	4	13,3	< 0,01	0,2985	2
Chlorid	mg/l	30	30	100	0	0	0	0	25,5	50,25	133
Nitrat	mg/l	672	641	95,4	234	34,8	158	23,5	29,55	75,7	222
Nitrit	mg/l	672	62	9,2	9	1,3	7	1	< 0,01	< 0,01	7,45
Sulfat	mg/l	30	29	96,7	2	6,7	2	6,7	43,05	162	732,4
ortho-Phosphat	mg/l	30	20	66,7	-	-	0	0	0,0365	0,178	0,76
Bor	mg/l	30	20	66,7	1	3,3	0	0	0,0255	0,075	0,24
Aluminium, gelöst	mg/l	30	11	36,7	0	0	0	0	< 0,005	0,0155	0,13
Summe LHKW nach TrinkwV	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
Atrazin	µg/l	671	197	29,4	27	4	18	2,7	< 0,02	0,05	0,52
Cyanazin	µg/l	108	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,05	-
Propazin	µg/l	671	5	0,7	1	0,1	1	0,1	< 0,02	< 0,05	0,42
Sebutylazin	µg/l	32	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	-
Simazin	µg/l	672	35	5,2	3	0,4	3	0,4	< 0,02	< 0,02	0,38
Terbutylazin	µg/l	672	3	0,4	1	0,1	0	0	< 0,02	< 0,02	0,1
Desethylatrazin	µg/l	671	249	37,1	79	11,8	63	9,4	< 0,05	0,09	1,74
Desisopropylatrazin	µg/l	671	27	4	4	0,6	3	0,4	< 0,05	< 0,05	0,19
Desethylterbutylazin	µg/l	672	4	0,6	1	0,1	1	0,1	< 0,02	< 0,05	0,11
Metalaxyl	µg/l	672	8	1,2	3	0,4	3	0,4	< 0,05	< 0,05	0,73
Metazachlor	µg/l	672	2	0,3	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	0,07
Metolachlor	µg/l	672	8	1,2	4	0,6	4	0,6	< 0,05	< 0,05	12
Bromacil	µg/l	671	7	1	1	0,1	1	0,1	< 0,05	< 0,05	0,17
Hexazinon	µg/l	672	8	1,2	1	0,1	1	0,1	< 0,05	< 0,05	0,12
Pendimethalin	µg/l	72	1	1,4	1	1,4	0	0	< 0,01	< 0,02	0,1
Parathion-ethyl (E 605)	µg/l	69	1	1,4	1	1,4	1	1,4	< 0,01	< 0,05	0,14
Chlortoluron	µg/l	672	1	0,1	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	0,03
Diuron	µg/l	672	5	0,7	3	0,4	2	0,3	< 0,05	< 0,05	0,49
Isoproturon	µg/l	672	1	0,1	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	0,05
Methabenzthiazuron	µg/l	40	0	0	0	0	0	0	< 0,04	< 0,04	-
Dichlorprop (2,4-DP)	µg/l	40	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	-
Mecoprop (MCP)	µg/l	40	6	15	1	2,5	1	2,5	< 0,02	< 0,045	0,22
Bentazon	µg/l	671	46	6,9	17	2,5	13	1,9	< 0,05	< 0,05	37
Dichlobenil	µg/l	40	0	0	0	0	0	0	< 0,01	< 0,01	-
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	672	51	7,6	23	3,4	19	2,8	< 0,05	< 0,05	0,73
Glyphosat	µg/l	1	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-
Metribuzin	µg/l	40	1	2,5	0	0	0	0	< 0,01	0,01	0,01
Metamitron	µg/l	40	3	7,5	0	0	0	0	< 0,01	< 0,045	0,06
Terbazil	µg/l	39	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	-
Triallat	µg/l	76	1	1,3	1	1,3	1	1,3	< 0,02	< 0,02	0,15

3.6 Emittentenmessstellen Industrie (EI)

Messnetzziel

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

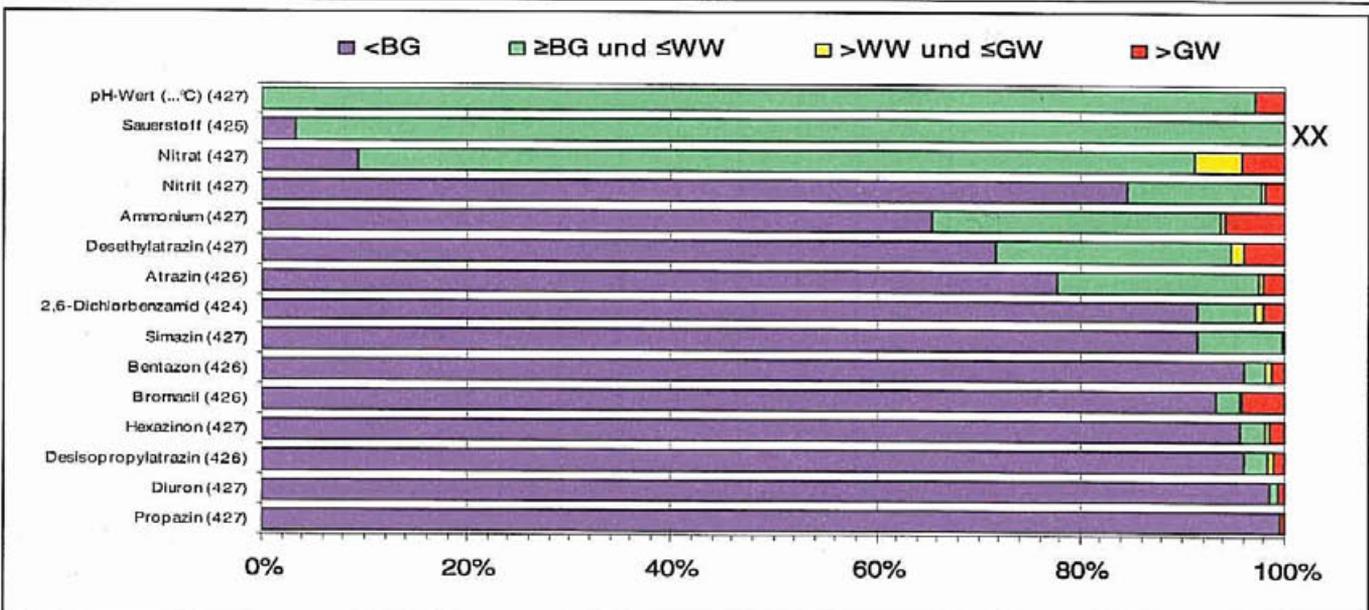


Datengrundlage

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

Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- Die Ammonium-GW-Überschreitungsquote ist die höchste aller Teilmessnetze (5,9 %). Zum geringeren Teil ist dies auf natürliche Prozesse im sauerstoffarmen Milieu zurückzuführen. Einige hohe Konzentrationen finden sich im sauerstoffhaltigen Milieu. Ursache sind oft größere Ammoniumemissionen, oft in mittel- und großstädtischen Bereichen, unterhalb von Abwasseranlagen und von Betrieben. Charakteristische Branchen sind: Chemie, Pharmazie, Lebensmittelherstellung, Raffinerien, Tankstellen, Speditionen, Gas- und Kraftwerke, Abfallwirtschaft.
- Bei den PSM fallen auf: die zweistelligen Nachweisquoten von Atrazin bzw. Desethylatrazin (DEA). Beide Stoffe, wie auch Simazin und Bentazon, finden sich oft unterhalb von ländlichen Siedlungsgebieten. Die Herkunft aus dem landwirtschaftlichen Umland ist bei o.g. PSM eher erkennbar als bei anderen u.g. PSM. Gegenüber den Vorjahren 1993-1995 sinkt die Atrazin-GW-Überschreitungsquote um etwa drei Viertel. Bei DEA ist die GW-Überschreitungsquoten auf 4,0 % gesunken, so dass nun Bromacil die höchste GW-Überschreitungsquote (4,2 %) und 2,6-Dichlorbenzamid gemeinsam mit Atrazin die drittgrößte GW-Überschreitungsquote (2,1 %) aufweist. Bromacil, Hexazinon, Diuron und 2,6-Dichlorbenzamid sind häufig unterhalb von Eintragsgebieten mit Gleisanlagen nachweisbar, Bromacil in 16 von 28, Diuron in fünf von sechs und Dichlorbenzamid in 23 von 37 Fällen. Die 2,6-Dichlorbenzamid-Nachweisquote von 8,5 % ist die höchste aller Teilmessnetze. Nachweise finden sich oft auch unterhalb von Sportanlagen, vereinzelt auch bei Grünlandnutzung, Friedhöfen und Abwassersammlern, nur in einem Fall beim Weinanbau. Bei sechs der neun GW-Überschreitungen befinden sich Gleisanlagen im Eintragsgebiet.
- Die meisten der sehr hohen Terbutylazin- und Desethylterbutylazin-Befunde sind unterhalb einer Leckage eines mit PSM versetzten Industriekühlwassers zu finden. Hier treten auch die Teilmessnetzmaxima, z.T. auch die landesweiten Maxima, von Atrazin, DEA, Desisopropylatrazin, Hexazinon und 2,6-Dichlorbenzamid auf. Der PSM-Schadensfall wird inzwischen saniert.

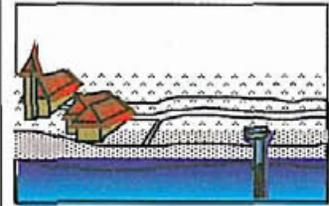


Ergebnisse 2000 : Baden-Württemberg EI												
Parameter	Dim.	Anz. Mst.	≥ BG		> WW		> GW		P50 (Median)	P90 (P10')	Maximum (Minimum/)	
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%				
Temperatur	°C	427	427	100	4	0,9	0	0	13,5	16,8	22	
SAK - 436	1/m	2	2	100	1	50	1	50	0,92	1,8	1,8	
Ei. Leitf. (25 °C)	mS/m	427	427	100	23	5,4	11	2,6	79,5	128	599	
pH-Wert (...°C)		427	427	100	12	2,8	12	2,8	7,16	(6,91/)	7,43 (5,96/)	8,85
Säurekap. bis pH 4,3	mmol/l	2	2	100	-	-	-	-	7,38	7,96	7,96	
Basekap. bis pH 8,2	mmol/l	2	2	100	-	-	-	-	3,6	5,4	5,4	
Summe Erdalkalien (GH)	mmol/l	2	2	100	-	-	-	-	4,575	5,37	5,37	
Sauerstoff	mg/l	425	411	96,7	-	-	-	-	4,7	8,2	10,9	
Sauerstoffsättigung	%	425	412	96,9	-	-	-	-	46	82	106	
SAK - 254	1/m	2	2	100	0	0	-	-	2,85	3,6	3,6	
Gel. organ. Kohlenst. (DOC)	mg/l	2	2	100	1	50	-	-	7,5	14	14	
Calcium	mg/l	2	2	100	0	0	0	0	118	162	162	
Magnesium	mg/l	2	2	100	1	50	0	0	37	47	47	
Natrium	mg/l	2	2	100	0	0	0	0	13,5	14	14	
Kalium	mg/l	2	2	100	1	50	1	50	18,1	34	34	
Ammonium	mg/l	427	147	34,4	27	6,3	25	5,9	< 0,01	0,13	23	
Eisen, gesamt	mg/l	2	1	50	-	-	1	50	0,12	0,23	0,23	
Mangan, gesamt	mg/l	2	1	50	-	-	0	0	0,01	0,01	0,01	
Chlorid	mg/l	2	2	100	0	0	0	0	48,75	73	73	
Nitrat	mg/l	427	387	90,6	37	8,7	18	4,2	17,1	39	156	
Nitrit	mg/l	427	66	15,5	10	2,3	8	1,9	< 0,01	0,02	0,77	
Sulfat	mg/l	2	2	100	0	0	0	0	71,5	111	111	
ortho-Phosphat	mg/l	2	2	100	-	-	0	0	0,075	0,12	0,12	
Bor	mg/l	2	2	100	0	0	0	0	0,045	0,06	0,06	
Aluminium, gelöst	mg/l	2	1	50	0	0	0	0	0,0525	0,1	0,1	
Summe LHKW nach TrinkwV	mg/l	0	0		0		0		-	-	-	
Atrazin	µg/l	426	95	22,3	11	2,6	9	2,1	< 0,02	0,03	1,3	
Cyanazin	µg/l	71	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,05	-	
Propazin	µg/l	427	2	0,5	2	0,5	2	0,5	< 0,03	< 0,05	0,3	
Sebutylazin	µg/l	16	3	18,8	0	0	0	0	< 0,02	0,02	0,05	
Simazin	µg/l	427	36	8,4	1	0,2	1	0,2	< 0,02	< 0,02	0,14	
Terbutylazin	µg/l	427	5	1,2	4	0,9	4	0,9	< 0,02	< 0,02	2,2	
Desethylatrazin	µg/l	427	121	28,3	22	5,2	17	4	< 0,05	0,05	1,5	
Desisopropylatrazin	µg/l	426	17	4	7	1,6	4	0,9	< 0,05	< 0,05	0,2	
Desethylterbutylazin	µg/l	427	5	1,2	4	0,9	4	0,9	< 0,03	< 0,05	4,2	
Metaxyl	µg/l	427	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
Metazachlor	µg/l	427	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
Metolachlor	µg/l	427	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
Bromacil	µg/l	426	28	6,6	19	4,5	18	4,2	< 0,05	< 0,05	2	
Hexazinon	µg/l	427	19	4,4	8	1,9	6	1,4	< 0,05	< 0,05	0,4	
Pendimethalin	µg/l	27	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	-	
Parathion-ethyl (E 605)	µg/l	24	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-	
Chlortoluron	µg/l	427	1	0,2	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	0,04	
Diuron	µg/l	427	6	1,4	3	0,7	3	0,7	< 0,05	< 0,05	0,21	
Isoproturon	µg/l	427	1	0,2	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	0,08	
Methabenzthiazuron	µg/l	12	0	0	0	0	0	0	< 0,04	< 0,05	-	
Dichlorprop (2,4-DP)	µg/l	12	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,05	-	
Mecoprop (MCPP)	µg/l	12	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,05	-	
Bentazon	µg/l	426	17	4	8	1,9	5	1,2	< 0,05	< 0,05	0,36	
Dichlobenil	µg/l	12	0	0	0	0	0	0	< 0,01	< 0,05	-	
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	424	36	8,5	12	2,8	9	2,1	< 0,05	< 0,05	0,9	
Glyphosat	µg/l	0	0		0		0		-	-	-	
Metribuzin	µg/l	12	0	0	0	0	0	0	< 0,01	< 0,03	-	
Metamitron	µg/l	12	0	0	0	0	0	0	< 0,01	< 0,05	-	
Terbazil	µg/l	47	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	-	
Triallat	µg/l	56	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	-	

3.7 Emittentenmessstellen Siedlung (ES)

Messnetzziel

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

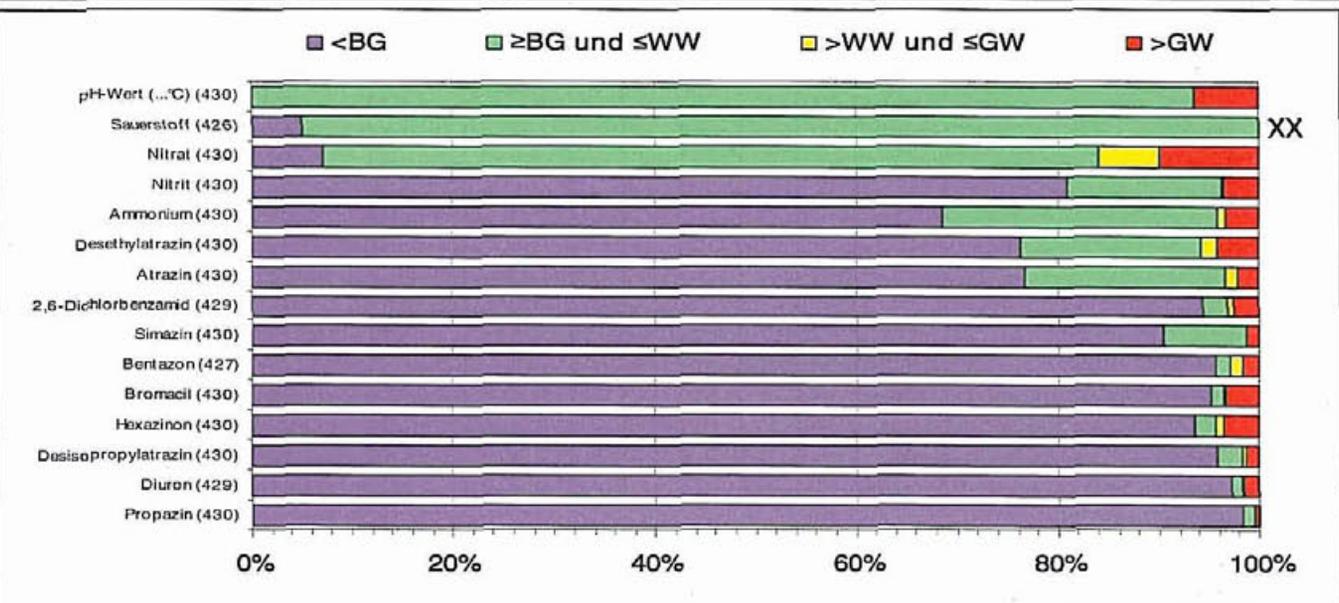


Datengrundlage

Beprobte wurden insgesamt 430 Emittentenmessstellen Siedlungen. Generell wurde untersucht auf die Messprogramme: „Vor-Ort“, „Landwirtschaft“, „PSM-1“ und die diesjährigen zusätzlichen PSM.

Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- Die Ammonium- bzw. die Nitrit-GW-Überschreitungsquote ist die zweithöchste bzw. die höchste aller Teilmessnetze (3,3 % bzw. 3,5 %). Nitrit findet sich auffällig oft an nahezu jeder fünften Messstelle (19,1 %). Zum geringeren Teil ist dies auf natürliche Prozesse im sauerstoffarmen Milieu zurückzuführen. Einige hohe Konzentrationen finden sich auch im sauerstoffhaltigen Milieu. Bei Ammonium liegt die Ursache z.T. in größeren Ammoniumemissionen, meist in mittel- und großstädtischen Bereichen, unterhalb von Abwasseranlagen, von Regenüberlaufbecken und von Deponien und Altlasten.
- Bei den PSM fallen auf: die zweistelligen Nachweisquoten von Atrazin bzw. Desethylatrazin (DEA). Die Simazin-Grenzwertüberschreitungen treten immer gemeinsam mit hohen Konzentrationen von Atrazin und Desisopropylatrazin auf und sind z.T. auch von positiven Befunden von Terbutylazin, Sebutylazin, Bromacil, Hexazinon und 2,6-Dichlorbenzamid begleitet. In den Eintragsgebieten finden sich neben den Siedlungen auch Gleisanlagen, Weinbau, Strassen, Abwassersammler und Deponien. Bei den Bentazon-Warnwertüberschreitungen ist die Herkunft aus dem landwirtschaftlichen Umland eher erkennbar als bei den anderen u.g. PSM. Die sechs Diuron-Grenzwertüberschreitungen werden z.T. von hohen Konzentrationen von Bromacil und Hexazinon begleitet. In vier der sechs Fälle befinden sich Gleisanlagen im Eintragsgebiet, aber auch Abwassersammler und eine Parkanlage. Die 14 Bromacil-GW-Überschreitungen werden nahezu immer, in 13 Fällen, von Hexazinonbefunden begleitet. In 11 der 14 Fälle liegen Gleisanlagen im Eintragsgebiet, vereinzelt auch Friedhöfe, Parks, Grünflächen, größere Strassen und Deponien. 2,6-Dichlorbenzamid weist mit 2,6 % die viertgrößte GW-Überschreitungsquote aller Teilmessnetze auf. Die 11 Grenzwertüberschreitungen finden sich in je drei Fällen in Bereichen mit größeren asphaltierten Plätzen, Gleisanlagen, größeren Strassen und Deponien, in zwei Fällen sind Friedhöfe zu finden, in je einem Fall auch eine Sport- und Kläranlage. Weinbau ist nicht beteiligt. Das landesweite Maximum findet sich an einem Schulgelände.

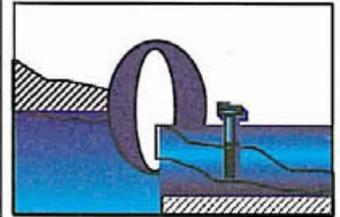


Ergebnisse 2000 : Baden-Württemberg ES											
Parameter	Dim.	Anz. Mst.	≥ BG		> WW		> GW		P50 (Median)	P90 (P10/)	Maximum (Minimum/)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	°C	430	430	100	3	0,7	0	0	13	15,6	23
SAK - 436	1/m	8	2	25	0	0	0	0	< 0,1	< 0,1	0,04
El. Leitf. (25 °C)	mS/m	430	430	100	22	5,1	10	2,3	79,6	131,6	366
pH-Wert (...°C)		430	430	100	28	6,5	28	6,5	7,12	(6,745/ 7,37)	(5,03/ 8,04)
Säurekap. bis pH 4,3	mmol/l	8	8	100	-	-	-	-	5,62	6,6	6,6
Basekap. bis pH 8,2	mmol/l	8	8	100	-	-	-	-	0,64	1,09	1,09
Summe Erdalkalien (GH)	mmol/l	8	8	100	-	-	-	-	3,605	6	6
Sauerstoff	mg/l	426	405	95,1	-	-	-	-	4,5	8,6	11
Sauerstoffsättigung	%	426	405	95,1	-	-	-	-	45,4	85	104
SAK - 254	1/m	8	8	100	0	0	-	-	0,9	2,3	2,3
Gel. organ. Kohlenst. (DOC)	mg/l	8	8	100	0	0	-	-	0,67	1,1	1,1
Calcium	mg/l	8	8	100	0	0	0	0	119	186	186
Magnesium	mg/l	8	8	100	1	12,5	1	12,5	23,5	53	53
Natrium	mg/l	8	8	100	0	0	0	0	9,85	24,4	24,4
Kalium	mg/l	8	8	100	1	12,5	0	0	1,74	11	11
Ammonium	mg/l	430	135	31,4	18	4,2	14	3,3	< 0,01	0,073	12,7
Eisen, gesamt	mg/l	8	1	12,5	-	-	0	0	< 0,01	0,02	0,02
Mangan, gesamt	mg/l	8	0	0	-	-	0	0	< 0,01	< 0,01	-
Chlorid	mg/l	8	8	100	0	0	0	0	23,45	48,2	48,2
Nitrat	mg/l	430	400	93	69	16	43	10	18,95	50	127
Nitrit	mg/l	430	82	19,1	16	3,7	15	3,5	< 0,01	0,02	0,57
Sulfat	mg/l	8	8	100	0	0	0	0	36,5	208	208
ortho-Phosphat	mg/l	8	4	50	-	-	0	0	0,035	0,08	0,08
Bor	mg/l	8	5	62,5	0	0	0	0	0,04	0,1	0,1
Aluminium, gelöst	mg/l	8	4	50	0	0	0	0	< 0,005	0,098	0,098
Summe LHKW nach TrinkwV	mg/l	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
Atrazin	µg/l	430	100	23,3	14	3,3	9	2,1	< 0,02	0,03	0,77
Cyanazin	µg/l	29	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-
Propazin	µg/l	430	7	1,6	2	0,5	2	0,5	< 0,05	< 0,05	0,16
Sebutylazin	µg/l	17	2	11,8	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	0,03
Simazin	µg/l	430	41	9,5	5	1,2	5	1,2	< 0,02	< 0,02	0,23
Terbutylazin	µg/l	430	3	0,7	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	0,05
Desethylatrazin	µg/l	430	102	23,7	25	5,8	18	4,2	< 0,05	0,06	0,71
Desisopropylatrazin	µg/l	430	18	4,2	7	1,6	5	1,2	< 0,05	< 0,05	0,19
Desethylterbutylazin	µg/l	430	3	0,7	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	0,05
Metalaxyl	µg/l	430	1	0,2	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	0,08
Metazachlor	µg/l	430	1	0,2	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	0,08
Metolachlor	µg/l	430	1	0,2	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	0,03
Bromacil	µg/l	430	21	4,9	15	3,5	14	3,3	< 0,05	< 0,05	1,89
Hexazinon	µg/l	430	28	6,5	19	4,4	15	3,5	< 0,05	< 0,05	2,35
Pendimethalin	µg/l	34	0	0	0	0	0	0	< 0,01	< 0,02	-
Parathion-ethyl (E 605)	µg/l	15	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-
Chlortoluron	µg/l	430	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-
Diuron	µg/l	429	12	2,8	7	1,6	6	1,4	< 0,05	< 0,05	0,37
Isoproturon	µg/l	429	1	0,2	1	0,2	0	0	< 0,05	< 0,05	0,1
Methabenzthiazuron	µg/l	19	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-
Dichlorprop (2,4-DP)	µg/l	19	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-
Mecoprop (MCP)	µg/l	19	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-
Bentazon	µg/l	427	19	4,4	12	2,8	7	1,6	< 0,05	< 0,05	0,56
Dichlobenil	µg/l	19	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	429	24	5,6	13	3	11	2,6	< 0,05	< 0,05	4,9
Glyphosat	µg/l	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
Metribuzin	µg/l	19	0	0	0	0	0	0	< 0,03	< 0,03	-
Metamitron	µg/l	19	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-
Terbazil	µg/l	14	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	-
Triallat	µg/l	14	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	-

3.8 Quellmessnetz (QMN)

Messnetzziel

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

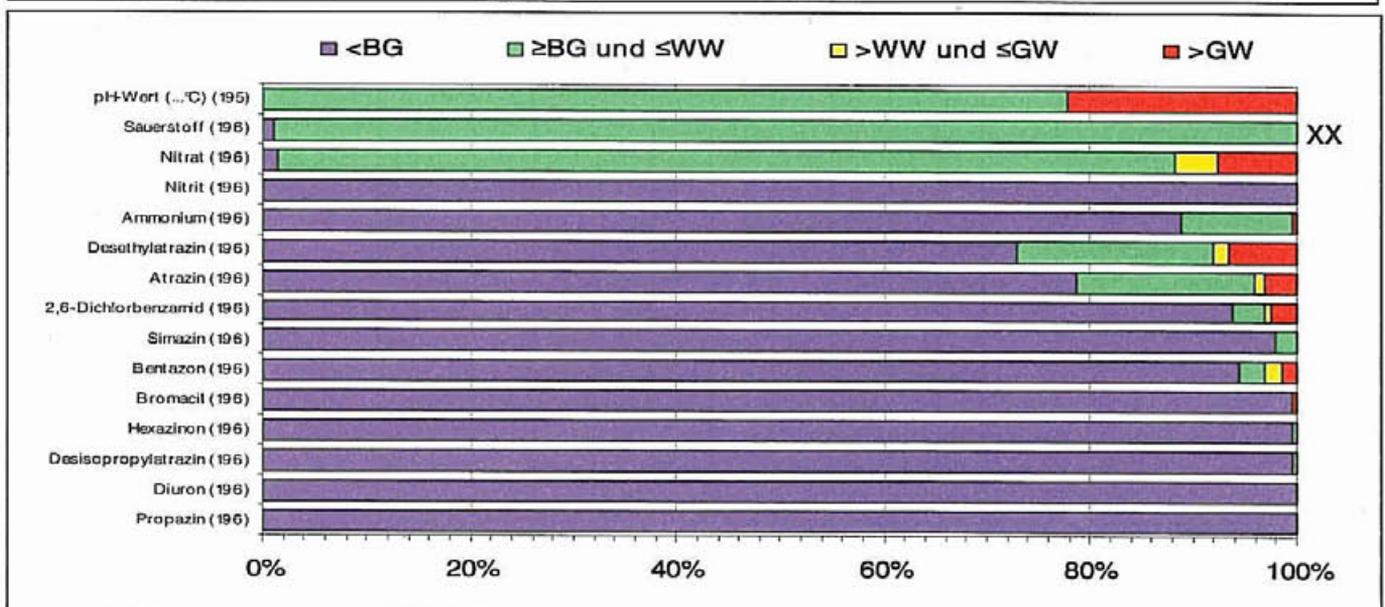


Datengrundlage

Beprobt wurden insgesamt 196 Quellen mit einem generellen Untersuchungsumfang auf die Messprogramme: „Vor-Ort“, „Landwirtschaft“, „PSM-1“ und die diesjährigen PSM-Zusatzparameter.

Wichtige Ergebnisse/Auffälligkeiten

- **Nitrat:** An mehr als jeder zehnten Quelle liegen die Gehalte über dem Warnwert von 40 mg/l, als Resultat der landwirtschaftlichen Düngeeinflüsse. Warnwertüberschreitungen finden sich oft in Ackerbau- und Weinbauregionen, meist in sauerstoffreichen Quellwässern mit Sauerstoffgehalten > 5 mg/l. Im hier vorhandenen aeroben Milieu ist Nitrat aus Nitratmineraldüngern oder aus der Ammoniumoxidation von organischen Düngungen lange beständig.
- Auffällig ist die generelle Nichtnachweisbarkeit von **Nitrit**, obwohl **Ammonium** an vielen Messstellen nachweisbar ist und positive Ammoniumbefunde an den landwirtschaftlich beeinflussten Quellen oft von gleichzeitig hohen Nitratgehalten begleitet werden. Hier ist Nitrit als Zwischenprodukt der Ammoniumoxidation zu Nitrat nicht nachweisbar, da Nitrit aufgrund des quellwassertypischen hohen **Sauerstoffgehalts** sehr rasch zu Nitrat oxidiert wird. Aus dem gleichen Grunde findet sich Ammonium im QMN mit der geringsten Nachweisquote aller Teilmessnetze (11 %). Es existiert nur eine GW-Überschreitung, trotz der oftmaligen Einzugsgebietsnutzung mit Landwirtschaft und Siedlungen. Aufgrund der Redoxabhängigkeit der Stickstoffspezies ist es nur logisch, dass dieses grenzwertüberschreitende Ammoniummaximum von 1,11 mg/l in einem natürlich sauerstofffreien Quellwasser mit landwirtschaftlicher Nutzung im Einzugsgebiet registriert wird. Hier kann Ammonium nicht zu Nitrat oxidiert werden. Daher ist Nitrat nicht nachweisbar.
- **PSM:** Atrazin-GW-Überschreitungen finden sich oft in den großen sauerstoffreichen Karstquellwässern am Albrand, immer begleitet von DEA-GW-Überschreitungen. Hexazinon und Bromacil sind in Bahngleisnähe nachweisbar. Hohe Bentazonkonzentrationen im Landwirtschafts- und Siedlungsbereich werden oft von Atrazin- und DEA-Befunden begleitet. 2,6-Dichlorbenzamid-Befunde gehen überwiegend mit Grünlandnutzung einher, vereinzelt auch mit Erwerbsgartenbau (Spalier-/ Beerenobst) und mit Weinbau, aber auch mit Sportanlagen und Regenwassersammlern.
- An jeder fünften Quelle finden sich **pH-Wert-Grenzwertunterschreitungen**.



Ergebnisse 2000 : Baden-Württemberg QMN											
Parameter	Dim.	Anz. Mst.	≥ BG		> WW		> GW		P50 (Median)	P90 (P10/)	Maximum (Minimum/)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	°C	196	196	100	0	0	0	0	9,5	11,4	15,4
SAK - 436	1/m	50	3	6	0	0	0	0	< 0,2	< 0,2	0,4
El. Leitf. (25 °C)	mS/m	196	196	100	4	2	4	2	61,75	85	319
pH-Wert (...°C)		195	195	100	43	22,1	43	22,1	7,2	(6,09/ 7,47	(4,77/ 7,76
Säurekap. bis pH 4,3	mmol/l	50	49	98	-	-	-	-	0,9125	6,295	6,68
Basekap. bis pH 8,2	mmol/l	50	50	100	-	-	-	-	0,5625	1,0475	1,28
Summe Erdalkalien (GH)	mmol/l	50	49	98	-	-	-	-	0,49	4,125	4,85
Sauerstoff	mg/l	196	194	99	-	-	-	-	9,5	10,6	12,4
Sauerstoffsättigung	%	196	194	99	-	-	-	-	88	97	105
SAK - 254	1/m	50	50	100	0	0	-	-	1,65	2,5	3,9
Gel. organ. Kohlenst. (DOC)	mg/l	50	50	100	0	0	-	-	0,5	0,98	1,3
Calcium	mg/l	50	50	100	0	0	0	0	14,075	126,5	158
Magnesium	mg/l	50	50	100	3	6	0	0	3,55	26,35	42
Natrium	mg/l	50	38	76	0	0	0	0	3,2	9,1	83
Kalium	mg/l	50	46	92	0	0	0	0	1,2	2,1	2,4
Ammonium	mg/l	196	22	11,2	1	0,5	1	0,5	< 0,01	< 0,03	1,11
Eisen, gesamt	mg/l	50	12	24	-	-	0	0	< 0,01	0,025	0,15
Mangan, gesamt	mg/l	50	10	20	-	-	3	6	< 0,005	0,0095	0,119
Chlorid	mg/l	50	50	100	0	0	0	0	7,7	29,3	145
Nitrat	mg/l	196	193	98,5	23	11,7	15	7,7	14,475	43	86
Nitrit	mg/l	196	0	0	0	0	0	0	< 0,01	< 0,03	0,01
Sulfat	mg/l	50	50	100	0	0	0	0	9,7	57,95	114
ortho-Phosphat	mg/l	50	30	60	-	-	0	0	0,056	0,218	0,5
Bor	mg/l	50	12	24	0	0	0	0	< 0,01	0,0205	0,073
Aluminium, gelöst	mg/l	50	32	64	2	4	1	2	0,0075	0,05	0,317
Summe LHKW nach TrinkwV	mg/l	17	4	23,5	2	11,8	1	5,9	< 0,001	0,0097	0,0281
Atrazin	µg/l	196	42	21,4	8	4,1	6	3,1	< 0,01	0,03	0,23
Cyanazin	µg/l	4	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	-
Propazin	µg/l	196	0	0	0	0	0	0	< 0,01	< 0,05	-
Sebutylazin	µg/l	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
Simazin	µg/l	196	4	2	0	0	0	0	< 0,01	< 0,01	0,02
Terbutylazin	µg/l	196	0	0	0	0	0	0	< 0,01	< 0,02	-
Desethylatrazin	µg/l	196	53	27	16	8,2	13	6,6	< 0,02	0,07	0,5
Desisopropylatrazin	µg/l	196	1	0,5	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	0,01
Desethylterbutylazin	µg/l	196	0	0	0	0	0	0	< 0,01	< 0,05	-
Metalaxyl	µg/l	196	1	0,5	0	0	0	0	< 0,01	< 0,05	0,04
Metazachlor	µg/l	195	0	0	0	0	0	0	< 0,03	< 0,05	-
Metolachlor	µg/l	196	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-
Bromacil	µg/l	196	1	0,5	1	0,5	1	0,5	< 0,03	< 0,05	0,14
Hexazinon	µg/l	196	1	0,5	0	0	0	0	< 0,01	< 0,05	0,01
Pendimethalin	µg/l	38	0	0	0	0	0	0	< 0,01	< 0,01	-
Parathion-ethyl (E 605)	µg/l	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
Chlortoluron	µg/l	196	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-
Diuron	µg/l	196	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-
Isoproturon	µg/l	196	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-
Methabenzthiazuron	µg/l	38	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-
Dichlorprop (2,4-DP)	µg/l	38	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-
Mecoprop (MCPP)	µg/l	38	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-
Bentazon	µg/l	196	11	5,6	6	3,1	3	1,5	< 0,05	< 0,05	0,36
Dichlobenil	µg/l	38	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-
2,6-Dichlorbenzamid	µg/l	196	12	6,1	6	3,1	5	2,6	< 0,05	< 0,05	0,65
Glyphosat	µg/l	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-
Metribuzin	µg/l	38	0	0	0	0	0	0	< 0,03	< 0,03	-
Metamitron	µg/l	38	0	0	0	0	0	0	< 0,05	< 0,05	-
Terbazil	µg/l	4	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	-
Triallat	µg/l	4	0	0	0	0	0	0	< 0,02	< 0,02	-

4 Ausblick und Berichtswesen

Messnetzbetrieb

Im Jahr 2001 steht turnusgemäß die Zustandserhebung des Grundwassers auf industrielle Parameter auf dem Programm. Daneben werden die bisher durchgeführten Controlling-Programme sowie die Untersuchungen im Rahmen verschiedener Berichtspflichten gegenüber dem Bund und der EU weitergeführt.

Qualitätsverbesserung

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 des WAABIS-Modul 8 „Grundwasserdatenbank“ (1. Stufe) bei ca. 60 Dienststellen der Landes- und Kommunalverwaltung wird jetzt in der 2. Stufe der Schwerpunkt bei der Messwertvisualisierung und der automatisierten Berichtserstellung gesetzt. Ferner wird der Datenaustauschdienst den Zugriff auf Daten anderer Dienststellen ermöglichen. Die Programmierung wird im 4. Quartal 2001 abgeschlossen sein.

Berichtswesen – Neuerscheinungen

Die Überarbeitung der Grundsatzpapiere für den Bereich Probennahme und Analytik ist abgeschlossen. Diese technischen Anleitungen liegen als Bericht „Leitfaden für Probennahme und Analytik von Grundwasser“ vor (Reihe Grundwasserschutz: Nr. 15, LfU, 2000).

Der Bericht zur grenzüberschreitenden **Grundwassersituation im Oberrheingraben** zwischen Basel und Rastatt ist erschienen. Das Projekt wurde im Rahmen der europäischen Programms INTERREG II (INTERREG-Oberrhein Mitte-Süd und PAMINA) gemeinsam mit der Région Alsace und der schweizerischen Seite durchgeführt.

Er enthält 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. Die Karten sind als Planungsunterlagen geeignet.

Zur Grundwassermenge ist der Bericht zur „**Grundwasseroberfläche im Oktober 1986 und April 1998 im Oberrheingraben zwischen Karlsruhe und Basel**“ erschienen, u.a. mit 10 Höhengleichenkarten (Reihe Grundwasserschutz: Nr. 12, Karlsruhe, 2000).

In Gemeinschaftsarbeit der Umweltministerien Hessen, Rheinland-Pfalz und Baden-Württemberg mit Beteiligung der LfU's wurde die „**Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung im Rhein-Neckar-Raum**“ fortgeschrieben. Der Bericht enthält wichtige Informationen und Planungskarten zu Grundwassermenge und Grundwasserbeschaffenheit (UVM u.a., 1999).

Auch steht die CD-ROM: „**Beschaffenheit des Grundwassers, Jahresdatenkatalog 1994 - 1998: Physikalisch-chemische Messwerte der Jahre 1994-1998 aus dem Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz des Landes**“ zur Verfügung. Die CD enthält für ca. 2.200 Landesgrundwassermessstellen alle Messergebnisse der letzten o.g. Jahre (Reihe Grundwasserschutz: Nr. 13, Karlsruhe, 2000).

Eine neu erschienene Literaturrecherche hat „**Arzneimittelrückstände und endokrin wirkende Stoffe in der aquatischen Umwelt**“ zum Thema (Reihe Grundwasserschutz: Nr. 8, Karlsruhe, 2000).

Das u.a. bei der LfU entwickelte „**Zentrale Umweltkompetenz-System-ZEUS**“ ist in einem neuen Bericht dokumentiert (Reihe Grundwasserschutz: Nr. 11, Karlsruhe, 2000). Anwendungsbeispiele beschreiben DV-Auswertungsverfahren: für Grundwassermenge und Hydrochemie, zur Grafikerstellung - z.B. Piper- und Rauten-Diagramm, zu multivariaten Statistikmethoden - z.B. Faktoren- und Clusteranalyse, zu regelbasierten Verfahren, zu Zeitreihenanalysen und zu Geostatistikmethoden - z.B. Kriging. Das Programm ZEUS ist käuflich zu erwerben.

Der Bericht über ein „**Innovatives Statistik-Verfahren zur Berechnung von Trends aus kurzen Zeitreihen**“ wird demnächst in der Reihe Grundwasserschutz erscheinen.

Weiterhin ist der Bericht „**Rahmenkonzept Grundwassermessnetz**“ (Reihe Grundwasserschutz: Nr. 10, LfU, 2000) als unveränderte Neuauflage erschienen.

Auch wurden zwei weitere **Hydrogeologische Erkundungen (HGE)** dokumentiert und zwar für das **Taubertal** und das **Enztal** (HGE-Taubertal, 2000; HGE-Enztal, 2000).

Die Berichte sind alle unter der Bezugsadresse der Justizvollzugsanstalt (JVA) Mannheim erhältlich (s. Anhang oder Impressum). Die Hydrogeologischen Erkundungen sind über die Gewässerdirektion Neckar, Bereich Künzelsau bzw. Nördlicher Oberrhein, Bereich Freudenstadt beziehbar.

Ein neuer Regionalbericht der Gewässerdirektion **Donau-Bodensee-Bereich Ulm** ist fertiggestellt worden: „**Grundwasserüberwachungsprogramm-Regionalbericht zu den Ergebnissen der Beprobung 1999**“. Dieser Bericht ist der erste Prototyp zur Erstellung von jährlichen Regionalberichten zur Grundwassersituation in den Gewässerdirektionsbereichen.

Die von der LfU für 2000 geplanten zwei Berichte zu **Messungen an Quellen** und zur **Schwermetallsituation** werden erst in 2001/ 2002 erscheinen.

Die Ergebnisse der Beprobung 2000 werden wieder in bewährter Weise für die einzelnen Landkreise ausgewertet und von den regionalen Behörden zur Verfügung gestellt.

Neue Projekte

Ein neues Großprojekt bis 2003 soll helfen, die **Grundwasserfauna Baden-Württembergs** zu beschreiben. Damit soll ein erster Schritt zum Schutz des bisher verborgenen und weitgehend unbekanntes „**Grundwasserlebensraumes**“ stattfinden. Eine kooperierende Universität stellt entsprechendes Fachwissen und Fachleute zur Verfügung.

Ein Atlas mit Karten zur **landesweiten Grundwasserbeschaffenheit** soll 2002 erscheinen. Hier werden die punktuellen Analysedaten der letzten 10 Jahre für 60 Parameter aus den Punktdaten von 3.000 Grundwassermessstellen mittels Interpolation in die Fläche dargestellt. Damit werden Grundwasserbereiche mit hohen und niedrigen Konzentrationsflächen schnell überschaubar.

Weiterhin ist ein weiteres grenzüberschreitendes **INTERREG-Projekt** zum Grundwasser im Oberrheingraben geplant. Diesmal soll auch Rheinland-Pfalz beteiligt werden, so dass das Projekt nahezu den gesamten Oberrhein erfassen wird.

Die CD-ROM: „**Beschaffenheit des Grundwassers, Jahresdatenkatalog 1994-1998: Physikalisch-chemische Messwerte der Jahre 1994-1998 aus dem Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz des Landes**“ wird mit einer grafischen Benutzeroberfläche zur Darstellung und Selektion der Messstellen im Raum versehen werden. Dabei werden auch die Messwerte der Jahre 1999 und 2000 ergänzt. Der **Jahresdatenkatalog 1994-2000** wird in 2001/2002 erscheinen.

5 Literaturverzeichnis

(Veröffentlichungen der letzten 5 Jahre)

5.1 Grundwasserüberwachungsprogramm Baden-Württemberg - Ergebnisse

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.): „Arzneimittelrückstände und endokrin wirkende Stoffe in der aquatischen Umwelt - Literaturrecherche“. - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 8, Karlsruhe, 2000.

LfU, 2000

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

LfU, 2000

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm - Grundwasseroberfläche im Oktober 1986 und April 1998 im Oberrheingraben zwischen Karlsruhe und Basel“. - 22 Seiten, Anhang mit 10 Höhengleichenkarten, Reihe Grundwasserschutz: Nr. 12, 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 (Hrsg.): „Grundwasserüberwachungsprogramm: Leitfaden für Probenahme und Analytik von Grundwasser“. - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 15, 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: „Grundwasserüberwachungsprogramm - Ergebnisse der Beprobung 1998“. - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 6, Karlsruhe, 1999.

LfU, 1999

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

LfU, 1999

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

LfU, 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“. - 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.

Bárdossy u.a. 1996

Bárdossy, A., Haberlandt, U., Grimm-Strele, J.: „Regional scales of groundwater quality parameters and their dependence on geology and land use“. - In: Kobus, H., Barczewski, B., Koschitzky, H.-P. (Ed.): Groundwater and Subsurface Remediation: 195-204, Springer-Verlag, 1996.

LfU, 1996

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

LfU, 1996

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

LfU, 1996

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

LfU u.a., 1996

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

LfU, 1996

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

LfU u.a., 1996

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

5.2 Fachspezifische EDV-Anwendungen

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, 2000

Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung (IITB), Landesanstalt für Umweltschutz: „Weiterentwicklung der Entwicklungsumgebung WAABIS am Beispiel der Fachanwendung Grundwasser“. - In: R. Mayer-Föll, A. Keitel, A. Jaeschke (Hrsg.): „Projekt AJA - Anwendung JAVA-basierter Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung – Phase-I-2000“. – Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe - FZKA 6565, Karlsruhe, 2000.

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“, 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.

IITB, 1997

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

Schuhmann, 1996

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

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 Quellmessnetzes

A 2 Messprogramme im Herbst 2000

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.

Messprogramm „Pflanzenschutzmittel-PSM-1“

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

Aus dem Messprogramm „Pflanzenschutzmittel-PSM-2“

Bentazon.

Aus dem Messprogramm „Pflanzenschutzmittel-PSM-4“

Chlortoluron, Diuron, Isoproturon.

„Zusätzliche Pflanzenschutzmittel“

2,6-Dichlorbenzamid an allen Landesmessstellen, Glyphosat an Landesmessstellen an 51 Bahnanlagen.

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).

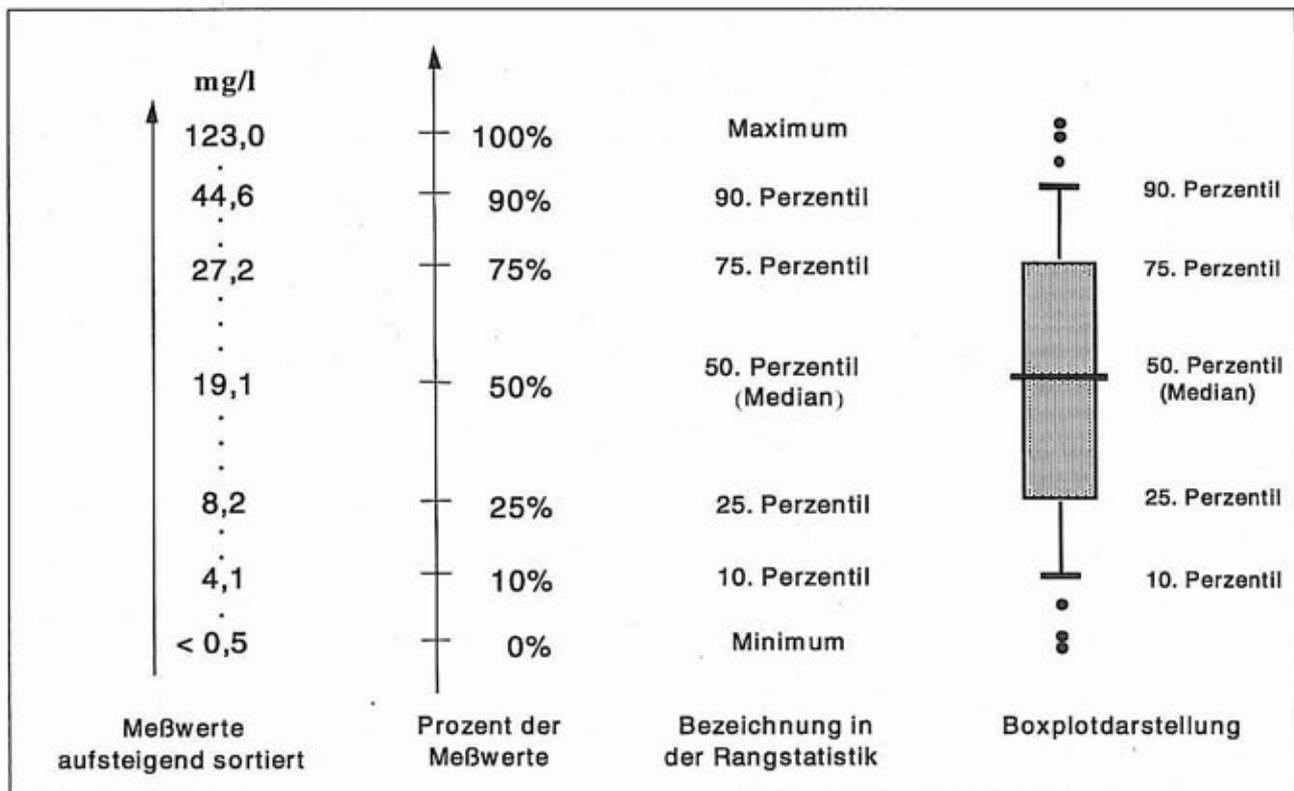


Abbildung A1: Beispiel für die Rangstatistik und die Boxplotdarstellung.

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	ANZ.MST. MW<BG	BESTIMMUNGSGRENZEN *	MINDESTBESTIMMUNGS- GRENZEN	WW	GW
Temperatur	°C	0	entfällt	entfällt	20	25
Färbung (SAK-436)	1/m	358	entfällt	entfällt	0,4	0,5
El. Leitf. (25 °C)	mS/m	0	entfällt	entfällt	160	200
pH-Wert (...°C)	-	0	entfällt	entfällt	6,5 / 9,5	6,5 / 9,5
Säurekap. bis pH 4,3	mmol/l	4	0,1	entfällt	-	-
Basekap. bis pH 8,2	mmol/l	0	entfällt	entfällt	-	-
Summe Erdalkalien (GH)	mmol/l	2	0,5	entfällt	-	-
Sauerstoff	mg/l	85	0,1 / 0,2 / 0,5	0,5	-	-
Sauerstoffsättigungsindex	%	70	0,1 / 1,0 / 2,0 / 5,0	-	-	-
SAK-254	1/m	11	0,1 / 0,0	entfällt	5	-
DOC	mg/l	17	0,1 / 0,2 / 0,3 / 0,5	0,2	3	-
Calcium	mg/l	0	entfällt	1,0	320	400
Magnesium	mg/l	0	entfällt	0,5	40	50
Natrium	mg/l	23	0,5 / 1,0	0,5	120	150
Kalium	mg/l	29	0,1 / 0,2 / 0,3 / 0,5 / 1,2	0,5	10	12
Ammonium	mg/l	1959	0,003 / 0,005 / 0,01 / 0,05	0,01	0,4	0,5
Eisen, gesamt	mg/l	375	0,003 / 0,005 / 0,007 / 0,01 / 0,02	0,01	-	0,2
Mangan, gesamt	mg/l	492	0,001 / 0,002 / 0,003 / 0,005 / 0,01	0,01	-	0,05
Chlorid	mg/l	4	0,5 / 1,0	0,5	200	250
Nitrat	mg/l	167	0,2 / 0,3 / 0,4 / 0,5 / 2,0	0,5	40	50
Nitrit	mg/l	2278	0,01 / 0,02	0,01	0,08	0,10
Sulfat	mg/l	1	1,0	1,0	240	240
Ortho-Phosphat	mg/l	176	0,005 / 0,01 / 0,03 / 0,05	0,03	-	6,7
Bor	mg/l	295	0,01 / 0,03 / 0,05	0,02	0,1	1,0
Aluminium, gelöst	mg/l	153	0,003 / 0,005 / 0,02	0,005	0,16	0,20
Summe LHKW nach TrinkwV	mg/l	424	0,001 / 0,002 / 0,005 / 0,008 / 0,01	entfällt	0,008	0,010
Atrazin	µg/l	1996	0,01 / 0,02 / 0,05	0,02	0,08	0,10
Cyanazin	µg/l	457	0,01 / 0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Propazin	µg/l	2458	0,01 / 0,02 / 0,03 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Sebutylazin	µg/l	238	0,01 / 0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Simazin	µg/l	2400	0,01 / 0,02	0,02	0,08	0,10
Terbutylazin	µg/l	2548	0,01 / 0,02	0,02	0,08	0,10
Desethylatrazin	µg/l	1824	0,01 / 0,02 / 0,03 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Desisopropylatrazin	µg/l	2450	0,01 / 0,02 / 0,03 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Desethylterbutylazin	µg/l	2504	0,01 / 0,02 / 0,03 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Metaxyl	µg/l	2264	0,01 / 0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Metazachlor	µg/l	2542	0,01 / 0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Metolachlor	µg/l	2512	0,01 / 0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Bromacil	µg/l	2240	0,01 / 0,02 / 0,03 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Hexazinon	µg/l	2270	0,01 / 0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Pendimethalin	µg/l	285	0,01 / 0,02	0,05	0,08	0,10
Parathion – Ethyl (E 605)	µg/l	208	0,01 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Chlortoluron	µg/l	2175	0,02 / 0,04 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Diuron	µg/l	2153	0,02 / 0,04 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Isoproturon	µg/l	2190	0,02 / 0,04 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Metabenzthiazuron	mg/l	164	0,01 / 0,04 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Dichlorprop	µg/l	155	0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Mecoprop	µg/l	149	0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Bentazon	µg/l	2005	0,01 / 0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Diclobenil	µg/l	253	0,01 / 0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,10
2,6 Dichlorbenzamid	µg/l	2102	0,01 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Glyphosat	µg/l	51	0,05	0,05	0,08	0,10
Metribuzin	µg/l	185	0,01 / 0,03 / 0,05	0,05	0,08	0,10
Metamitron	µg/l	148	0,01	0,05	0,08	0,10
Terbazil	µg/l	228	0,02	0,05	0,08	0,10
Triallat	µg/l	348	0,01 / 0,02 / 0,05	0,05	0,08	0,10

Tabelle A2:

Bei der Beprobung 2000 häufig auftretende Bestimmungsgrenzen sowie Warnwerte (WW) des Grundwasserüberwachungsprogrammes und Grenzwerte (GW) nach Trinkwasserverordnung vom 05.12. 1990. (MW = Messwert). Hinweis 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. Bei Angabe „-“ ist der betreffende Wert nicht festgelegt oder noch nicht festgelegt.

Grenzwerte und Warnwerte

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

A 5 Darstellung von Konzentrationen in Karten

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

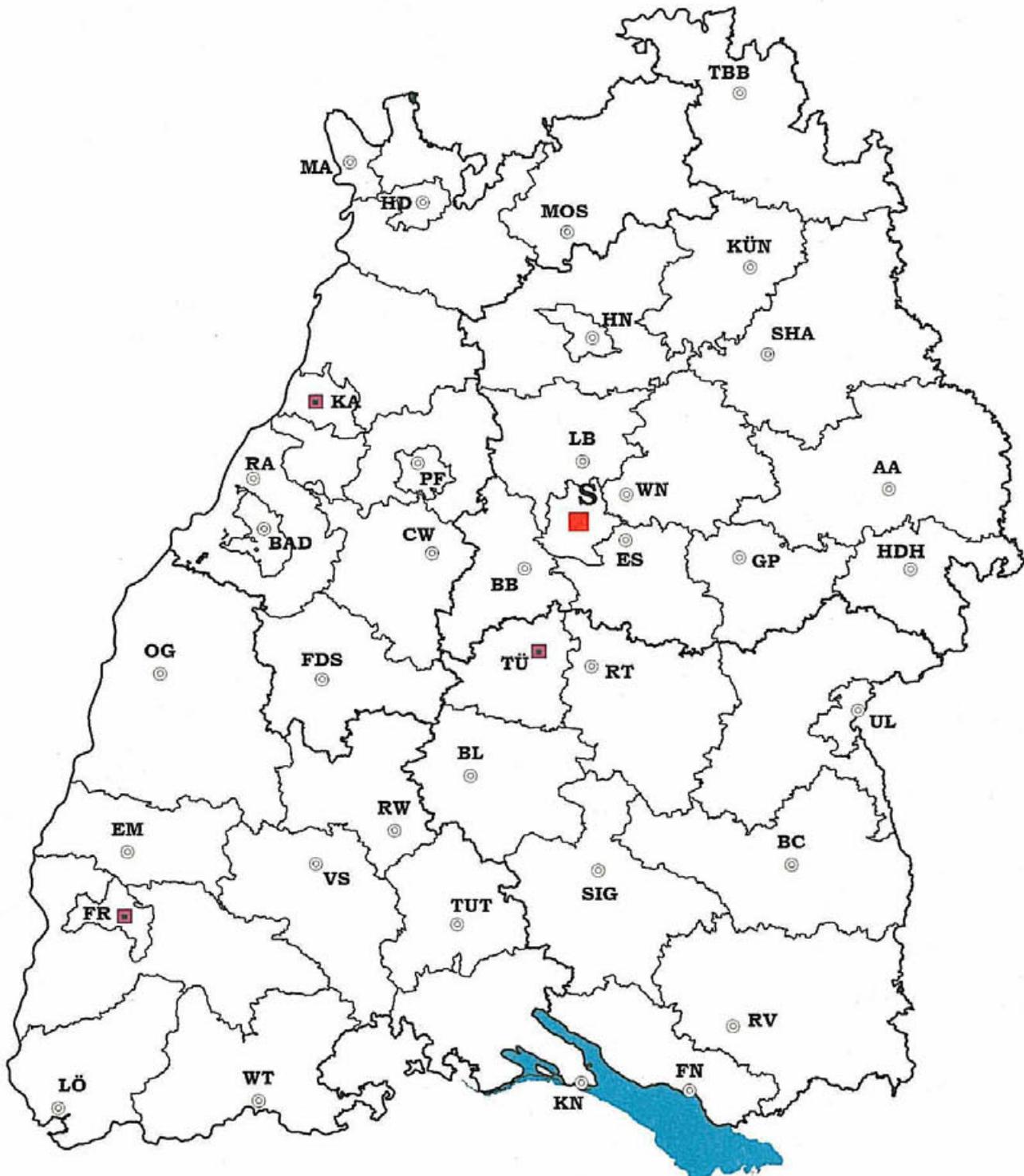
- Hellblau, = geogene Hintergrundbeschaffenheit oder bei grundwasserfremden Stoffen Werte unterhalb der
oder kleiner Bestimmungsgrenze
schwarzer
oder weißer
Punkt
- dunkelblau = Konzentrationen bis etwas oberhalb der Hintergrundbeschaffenheit oder bei grundwasserfremden Stoffen geringe ubiquitäre Beeinflussungen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

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)
Rahmenkonzept Grundwassermeßnetz	1	1996	-,-
Ergebnisse der Beprobung 1996	2	1997	24,00 DM (12 €)
Grundwasserüberwachungsprogramm - Einfluß der Probenahme auf die Ergebnisse von LHKW-Befunden	3	1997	15,00 DM (8 €)
Grundwasserversauerung in Baden-Württemberg	4	1998	33,00 DM (18 €)
Ergebnisse der Beprobung 1997	5	1998	24,00 DM (12 €)

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

Ergebnisse der Beprobung 1998	6	1999	24,00 DM (12 €)
Pilotprojekt Karlsruhe: Änderungen der Grundwasserbeschaffenheit auf dem Fließweg unter der Stadt - Auswertung und Ergebnisse -	7	1999	24,00 DM (12 €)
Arzneimittelrückstände und endokrin wirkende Stoffe in der aquatischen Umwelt - Literaturrecherche	8	2000	18,00 DM (9 €)
Grundwasserüberwachungsprogramm: Beprobung von Grundwasser - Literaturstudie	9	1999	18,00 DM (9 €)
Grundwasserüberwachungsprogramm: Rahmenkonzept Grundwassermessnetz	10	2000	15,00 DM (8 €)
Das zentrale Umweltkompetenzsystem ZEUS	11	2000	15,00 DM (8 €)
Grundwasserüberwachungsprogramm: Grundwasseroberfläche im Oktober 1986 und April 1988 im Oberrheingraben zwische Karlsruhe und Basel - Erläuterungen und Karten	12	2000	45,00 DM (23 €)
Beschaffenheit des Grundwassers Jahresdatenkatalog 1994 - 1998 CD-ROM	13	2000	60,00 DM (31 €)

Titel	Band	Jahr der Herausgabe	Preis (falls lieferbar)
Grundwasserüberwachungsprogramm Ergebnisse der Beprobung 1999	14	2000	24,00 DM (12 €)
Grundwasserüberwachungsprogramm Leitfaden für Probenahme und Analytik von Grundwasser	15	2000	15,00 DM (8 €)



LANDESANSTALT FÜR
UMWELTSCHUTZ
BADEN-WÜRTTEMBERG