




Grundwasserschutz 34

# Grundwasser-Überwachungsprogramm

 Ergebnisse der Beprobung 2006



Baden-Württemberg



# Grundwasser-Überwachungsprogramm

 Ergebnisse der Beprobung 2006

The text 'Ergebnisse der Beprobung 2006' is preceded by a small black silhouette of a lion, which is the logo of the Baden-Württemberg state government.

<b>HERAUSGEBER</b>	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Postfach 10 01 63, 76231 Karlsruhe <a href="http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de">www.lubw.baden-wuerttemberg.de</a>
<b>BEARBEITUNG</b>	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Referat 42 - Grundwasser, Baggerseen
<b>REDAKTION</b>	LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg Referat 42 - Grundwasser, Baggerseen
<b>BEZUG</b>	Diese Broschüre ist für 15,- Euro erhältlich bei der Verlagsauslieferung der LUBW, JVA Mannheim - Druckerei, Herzogenriedstraße 111, 68169 Mannheim, Telefax 0621/398-370 <a href="mailto:bibliothek@lubw.bwl.de">bibliothek@lubw.bwl.de</a> sowie als Download unter: <a href="http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de">www.lubw.baden-wuerttemberg.de</a>
<b>ISSN</b>	1437-0131 (Reihe Grundwasserschutz Bd. 34, 2007)
<b>STAND</b>	Juli 2007, 1. Auflage
<b>DRUCK</b>	Agentur und Druckerei Murr GmbH, 76187 Karlsruhe Gedruckt auf Recyclingpapier

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



Abkürzungsverzeichnis	6
<b>DIE WICHTIGSTEN ERGEBNISSE IM ÜBERBLICK</b>	<b>7</b>
Die quantitative Grundwassersituation 2006	7
Die qualitative Grundwassersituation 2006	8
Fazit	10
<b>1 GRUNDWASSERMESSNETZ BADEN-WÜRTTEMBERG</b>	<b>13</b>
1.1 Zielsetzung	13
1.2 Organisation des Landesmessnetzes	13
1.3 Organisation des Kooperationsmessnetzes	14
1.4 Qualitätssicherung im Rahmen des Messnetzbetriebes	15
1.4.1 Qualitätssicherung „Stammdaten“	15
1.4.2 Qualitätssicherung „Probennahme“	16
1.4.3 Qualitätssicherung „Analytik“	16
1.5 Datenverarbeitung in der Grundwasserdatenbank	16
1.5.1 Übernahme von Schichtenprofilen über einen Webservice	17
1.5.2 Erfassungsmodul für Ingenieurbüros und Bohrfirmen	17
1.5.3 Weiterentwicklung	19
<b>2 DAS GRUNDWASSER 2006 IN BADEN-WÜRTTEMBERG</b>	<b>20</b>
2.1 Hydrologische Situation	20
2.2 Grundwasserneubildung aus Niederschlägen	22
2.3 Die Grundwasservorräte 2006 in Baden-Württemberg	22
2.3.1 Datengrundlage und allgemeine Zustandsbeschreibung	22
2.3.2 Überregionale Grundwasserverhältnisse	24
2.4 Nitrat	28
2.4.1 Nitrat im Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz der LUBW (Landesmessnetz)	28
2.4.1.1 Statistische Kennzahlen für die verschiedenen Emittentengruppen	29
2.4.1.2 Räumliche Verteilung und Regionalisierung	30
2.4.1.3 Kurzfristige Veränderungen (Vergleich zu den beiden Vorjahren)	30
2.4.1.4 Mittelfristige Veränderungen (Entwicklung seit 1994)	35
2.4.2 Nitrat in Wasserschutzgebieten (SchALVO-Auswertungen)	37
2.4.2.1 Nitratklassengebiete: Kurzfristige Veränderungen (Vergleich zu den fünf Vorjahren)	39
2.4.2.2 Mittelfristige Veränderungen innerhalb und außerhalb von Wasserschutzgebieten (Entwicklung seit 1994)	41
2.5 Pflanzenschutzmittel (PSM)	42
2.5.1 Zulassung, Verwendung, Klassifizierung	42
2.5.2 Umweltrelevanz, Berichtspflichten, Fundaufklärung	43
2.5.3 Probennahme und Analytik	43
2.5.4 Bisher untersuchte Wirkstoffe	45
2.5.5 PSM-Untersuchungen 2006	46
2.5.6 Sonderuntersuchung 2006: Chloridazon und seine Abbauprodukte Desphenylchloridazon und Methyl-desphenylchloridazon	48
2.5.7 Sonderuntersuchung 2006: Tolyfluanid und sein Abbauprodukt „N,N-Dimethylsulfamid“	52

2.5.8	Bewertung der Gesamtsituation	54
2.6	Organische Spurenstoffe	57
2.6.1	Sonderuntersuchung Arzneimittelwirkstoffe	57
2.6.2	Sonderuntersuchung Perfluorierte Tenside (PFT)	62
<b>3</b>	<b>STATISTISCHE ÜBERSICHTEN DER TEILMESSNETZE</b>	<b>66</b>
3.1	Trendmessnetz (TMN) – Menge - Grundwasser und Quellen (GuQ)	66
3.2	Gesamtmessnetz - Beschaffenheit	68
3.3	Basismessnetz (BMN)	70
3.4	Repräsentatives Rohwassermessnetz (RW)	72
3.5	Emittentenmessstellen Landwirtschaft (EL)	74
3.6	Emittentenmessstellen Industrie (EI)	76
3.7	Emittentenmessstellen Siedlung (ES)	78
3.8	Quellmessnetz (QMN)	80
<b>4</b>	<b>AUSBLICK UND BERICHTSWESEN</b>	<b>82</b>
<b>5</b>	<b>LITERATURVERZEICHNIS</b>	<b>85</b>
5.1	Grundwasserüberwachungsprogramm Baden-Württemberg - Ergebnisse	85
5.2	Fachspezifische EDV-Anwendungen	91
<b>ANHANG</b>		<b>94</b>
A 1	Messstellenarten	94
A 2	Messprogramme im Herbst 2006	94
A 3	Statistische Verfahren	94
A 3.1	Rangstatistik	94
A 3.2	Rangstatistik und Boxplot	95
A 3.3	Zeitreihenstatistik: Trends an konsistenten und periodisch konsistenten Messstellengruppen	95
A 4	Bestimmungsgrenze, Rechenvorschriften, Grenzwert, Warnwert	96
A 5	Darstellung von Konzentrationen anhand von Messstellenpunkten in Karten	97
A 6	Hinweise zu den Statistiktabelle	98
A 7	Kopiervorlage mit Land- und Stadtkreisen zur Erstellung einer Orientierungsfolie für die Konzentrationskarten	99

## 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
GÜP	= Grundwasser-Überwachungs-Programm
GW	= Grenzwert
GWDB	= Grundwasserdatenbank der Wasserwirtschaftsverwaltung
GWD-WV	= Grundwasserdatenbank Wasserversorgung
LABDÜS	= Labordatenübertragungssystem
LAWA	= Länderarbeitsgemeinschaft Wasser
LAWA-GFS	= Geringfügigkeitsschwellenwerte der LAWA
LfU	= Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg
LUBW	= Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg
LGRB	= Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg (Abt. 9, RP Freiburg)
MEKA	= Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsausgleichsprogramm
Mst	= Messstelle
Mw	= Messwert
QMN	= Quellmessnetz
RW	= Rohwassermessnetz
RW-öWV	= Rohwasser für öffentliche Wasserversorgung
SchALVO	= Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung
SE	= sonstige Emittentenmessstellen
StaLa	= Statistisches Landesamt
TMN	= Trendmessnetz Grundwassermenge, Grundwasserstand, Quellschüttung, Lysimeter
TrinkwV	= Trinkwasserverordnung
UVB	= Untere Verwaltungsbehörden
VF	= Vorfeldmessstellen
VGW	= Verband der Gas- und Wasserwerke Baden-Württemberg e.V.
VKU	= Verband kommunaler Unternehmen
WIBAS	= Informationssystem Wasser, Immissionsschutz, Boden, Abfall, Arbeitsschutz
WRRL	= EU-Wasserrahmenrichtlinie
WVU	= Wasserversorgungsunternehmen
WW	= Warnwert des Grundwasserbeschaffenheitsmessnetzes

### Chemische Parameter:

DEA	= Desethylatrazin (Abbauprodukt des Pflanzenschutzmittelwirkstoffs Atrazin)
DMS	= N,N-Dimethylsulfamid (Abbauprodukt des Pflanzenschutzmittelwirkstoffs Tolyfluanid)
DTPA	= Diethylentriaminpentaessigsäure (organischer Komplexbildner)
EDTA	= Ethylendiamintetraessigsäure (organischer Komplexbildner)
LHKW	= Leichtflüchtige halogenierte Kohlenwasserstoffe (organische Lösemittel)
NDMA	= N-Nitrosodimethylamin
NTA	= Nitrilotriessigsäure (organischer Komplexbildner)
PER	= Tetrachlorethen (organisches Lösemittel)
PFT	= Perfluorierte Tenside
PSM	= Pflanzenschutzmittel
TRI	= Trichlorethen (organisches Lösemittel)
SAK	= Spektraler Absorptionskoeffizient



# Die wichtigsten Ergebnisse im Überblick

Dieser Bericht stützt sich bei der **Grundwassermenge** des Landes auf die Daten von rund 220 Trendmessstellen.

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

Die **Grundwasserbeschaffenheit** wurde an insgesamt 2.058 Messstellen des von der LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg betriebenen **Landesmessnetzes** untersucht. Diese Landesmessstellen, aufgegliedert in verschiedene Teilmessnetze, dienen der Überwachung und Dokumentation der landesweiten Grundwasserbeschaffenheit und dem flächendeckenden Grundwasser- und Umweltschutz auch außerhalb von Trinkwasserschutzgebieten. Die Untersuchungskosten der Landesmessstellen trägt das Land.

Die **Wasserversorgungswirtschaft** Baden-Württembergs stellte im Rahmen der Kooperationsvereinbarung aus dem Jahre 2003 die Nitrat-Daten von 2.766 Analysen zu 1.292 **Kooperations-Messstellen** in Wasserschutzgebieten bis zum Stichtag 15.04.2007 zur Verfügung. Zu 1.010 Messstellen wurden auch Analysen für Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und deren Abbauprodukte (PSM), insbesondere für Phenylharnstoffe, übermittelt, welche - wie die Nitratwerte - für die jährliche Beurteilung der Situation in den Wasserschutzgebieten benötigt werden.

Die Kooperations-Messstellen liegen alle in Trinkwasserschutzgebieten und umfassen zum größten Teil Förderbrunnen. Lässt man diejenigen Messstellen außer Betracht, die sich schon im Landesmessnetz befinden, übermittelten die Wasserversorgungsunternehmen (WVU) letztendlich die Analysen von 1.416 zusätzlichen Messstellen für die Auswertung der Nitrat- und PSM-Situation in den Wasserschutzgebieten.

Dieser Kooperationsbeitrag wird seit 2003 gesondert ausgewertet, um eine getrennte Beurteilung zwischen dem für Trinkwasserzwecke genutzten Grundwasser in Wasserschutzgebieten und dem gesamten nicht nur Nutzungsas-

pekten unterliegen dem Grundwasser zu ermöglichen.

Nachdem in 2003 und 2005 landwirtschaftstypische Parameter und in 2004 industrietypische Parameter untersucht worden waren, standen an den Landesmessstellen im Jahre 2006 wieder die **landwirtschaftstypischen Parameter** wie **Nitrat** und ausgewählte **Pflanzenschutzmittel** im Vordergrund.

## **DIE QUANTITATIVE GRUNDWASSERSITUATION 2006**

Die geringen Niederschlagsmengen im Winterhalbjahr 2005/2006 haben zu niedrigen **Grundwasservorräten** im Februar 2006 geführt. Die starken Frühjahrsniederschläge ab März 2006 haben signifikante Zunahmen der Sicker- und der Grundwasserstände auf überdurchschnittliche Werte im Frühjahr bewirkt. Im weiteren Jahresverlauf entsprachen die quantitativen Grundwasserverhältnisse den vieljährigen Erfahrungswerten. Die Jahressummen der **Niederschläge** lagen mit 97 % im Bereich des langjährigen Mittels.

Die Lysimeterbeobachtungen verdeutlichen eine intensive **Grundwasserneubildung** aus Niederschlägen im Zeitraum von Februar bis etwa Juni 2006. Nach dem naturgemäßen Ausbleiben der Sickerung im Frühsommer haben die Starkniederschläge im August 2006 für eine vergleichsweise frühe Wiederkehr der Grundwasserneubildung im Spätsommer und dadurch für eine Stabilisierung der Grundwasserstände gesorgt. Die Jahressummen der Sickerwassermengen entsprechen in 2006 weitgehend der erwartungsgemäßen Dynamik.

Im Mittel sind die **Grundwasserstände und Quellschüttungen** im Jahr 2006 insgesamt höher als im Vorjahr und entsprechen langjährig mittleren Verhältnissen.

- Die **kurzfristige Entwicklung** (10 Jahre) ist insgesamt rückläufig, insbesondere im Bereich des Rheineinzugsgebiets.
- Die **mittelfristige Entwicklung** (20 Jahre) ist nach wie vor steigend, mit Ausnahmen im mittleren Oberrheingraben sowie im Illertal.

- Die langfristige Entwicklung (50 Jahre) ist ausgeglichen bis leicht rückläufig.

#### **DIE QUALITATIVE GRUNDWASSERSITUATION 2006:**

Die Nitrat-Belastung ist nach wie vor flächenhaft hoch. Der Nitrat-Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms von 40 mg/l wird an jeder fünften Landesmessstelle überschritten, der Grenzwert der Trinkwasserverordnung (TrinkwV) und die Qualitätsnorm der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL) von 50 mg/l an jeder neunten Landesmessstelle.

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

Bei der kurzfristigen Nitrat-Entwicklung (1 Jahr) ist das landesweite Mittel um 0,4 mg/l gestiegen. An 48 % der Landesmessstellen sind Zunahmen, an 44 % Abnahmen zu beobachten, 8 % zeigen keine Veränderung.

Nachdem von 2004 auf 2005 Zunahmen in allen Belastungsklassen mit Gehalten größer/gleich 10 mg/l zu erkennen waren, sind 2006 Zunahmen nur in den Belastungsklassen von größer 25 mg/l festzustellen.

Dies unterstreicht die Wichtigkeit der ergriffenen landesumweltpolitischen Lenkungsmaßnahmen wie der SchALVO - besonders in den Problem- und Sanierungsgebieten. Allerdings wird daran erkennbar, dass diese Maßnahmen intensiviert und ergänzt werden müssen, um einen langfristig abnehmenden Trend abzusichern.

Die mittelfristige Nitrat-Entwicklung seit 1994 zeigt an jährlich im Herbst beprobten - d.h. konsistenten - Messstellen, dass sich der seit 1994 statistisch festgestellte fallende Trend in den Jahren 2005 und 2006 nicht fortgesetzt hat. Nach dem Anstieg der mittleren Konzentrationen von 2004 auf 2005 als Folge der Trockenheit in 2003 konsolidiert sich die Belastung 2006 auf dem 2005 erreichten Niveau. Diese Belastung entspricht dem Niveau vor der Trockenheit - also der Jahre 2002/2003 und liegt weiterhin unterhalb der Belastung der 1990er Jahre. Schon in den Jahren 1997, 1999 und 2001 gab es kurzfristige Zunahmen.

Auch 2006 liegen die Mittelwerte der Nitratkonzentrationen für alle Teilmessnetze deutlich unter den entsprechenden mittleren Gehalten aus dem Jahr 1994 und zwar mit mittleren Abnahmen von etwa 1 - 7 mg/l. Im Teilmessnetz Landwirtschaft wird mit etwa 5 mg/l (13 %) die zweitgrößte Abnahme festgestellt, jedoch wird hier noch immer an jeder vierten Messstelle der Grenzwert der TrinkwV überschritten. Das Maximum beträgt 191 mg/l Nitrat. Auch im gesamten Landesmessnetz hat die mittlere Nitratkonzentration von 1994 bis 2006 um etwa 13,0 % abgenommen.

Bei Differenzierung zwischen der Messstellenlage innerhalb und außerhalb von Wasserschutzgebieten und der Einbeziehung aller vorliegenden Daten - auch die der Wasserversorgungsunternehmen - ergeben sich gegenüber 1994 Abnahmen von etwa 13 % für Messstellen in Wasserschutzgebieten und von 12 % für außerhalb gelegene Messstellen. Jedoch nahmen auch hier von 2004 auf 2005 die mittleren Konzentrationen trockenheitsbedingt zu: Innerhalb der Wasserschutzgebiete um 0,4 mg/l, außerhalb um 1 mg/l. Im Jahr 2006 bleibt die mittlere Belastung auf genau diesen beiden 2005 erreichten Niveaus.

Die Auswertung von Messergebnissen der Jahre 2001 bis 2006 zur Entwicklung der Nitratbelastung in Wasserschutzgebieten anhand von durchgehend mindestens einmal jährlich beprobten Messstellen zeigt folgendes Ergebnis:

Wasserschutzgebiete in Nitratklasse 1 - Normalgebiete: nahezu unveränderte mittlere Konzentrationen mit einer sehr leichten Zunahme um 0,1 mg/l von 14,3 mg/l (2001) auf 14,4 mg/l (2006), d.h. plus 0,7 %. Auch im Vergleich zum Vorjahr ergibt sich eine sehr leichte Zunahme.

Wasserschutzgebiete in Nitratklasse 2 - Problemgebiete: veränderte mittlere Konzentrationen mit einer Abnahme von 2001 auf 2006 um 1,7 mg/l auf 32,3 mg/l, d.h. minus 5 %. Im Vergleich zum Vorjahr ergibt sich eine sehr leichte Zunahme.

Wasserschutzgebiete in Nitratklasse 3 - Sanierungsgebiete: veränderte mittlere Konzentrationen mit einer über die Vorjahre durchgängig festgestellten deutlichen Abnahme von 2001 auf 2006 um 3,6 mg/l auf 48,8 mg/l, d.h. minus etwa 7 %.

Die Maßnahmen zur Reduzierung der Nitratbelastung im Umweltbereich, in der Landwirtschaft und von Seiten der

Wasserversorgungswirtschaft haben in den letzten zehn Jahren erfreulicherweise zu einer Abnahme der Nitratbelastung geführt. Jedoch ist die Belastung in weiten Teilen des Landes nach wie vor hoch, auch in Wasserschutzgebieten. Die Entwicklung ist noch nicht so stabil, dass dadurch negative Einflüsse von extremen Trockenjahren gänzlich aufgefangen werden können.

Das Messprogramm der **Pflanzenschutzmittel** umfasste 2006 bei der Herbstbeprobung 13 erstmals im Landesmessnetz untersuchte Herbizide und Fungizide sowie fünf bereits früher untersuchte Phenylharnstoffe. Erfreulicherweise gab es insgesamt nur 14 Positivbefunde. Bei fünf Stoffen war der Grenzwert der TrinkwV / die Qualitätsnorm der WRRL von 0,1 µg/l überschritten, davon viermal in einem Brunnen.

Aufgrund von aktuellen Ereignissen zum Jahresende 2006 wurde in Pilotuntersuchungen die Belastung mit **Abbauprodukten** von zwei häufig eingesetzten PSM-Wirkstoffen untersucht. Es handelt sich dabei um

- **Desphenylchloridazon** und **Methylphenylchloridazon** („Metabolit B“ und „Metabolit B1“), beides Abbauprodukte von Chloridazon, das seit über 40 Jahren als Herbizid im Futter- und Zuckerrübenanbau verwendet wird. Nur an 4 bzw. 12 von 41 „Verdachtsmessstellen“ wurden keine Metaboliten gefunden, ansonsten war die Belastung überraschend hoch: In 35 Fällen lag die Konzentration des Metaboliten B und in 21 Fällen die Konzentration des Metaboliten B1 über dem Wert von 0,1 µg/l. In einer freiwilligen Vereinbarung zwischen den Zulassungsinhabern und dem Land werden künftig aus „Vorsorgegründen keine chloridazonhaltigen Produkte mehr in sensiblen und für die Trinkwassergewinnung bedeutsamen Gebieten mehr verwendet“.

- **N,N-Dimethylsulfamid (DMS)**, Abbauprodukt von Tolyfluamid, das als Fungizid in Reben- und Obstkulturen eingesetzt wird. An 36 der 101 „Verdachtsmessstellen“ wurde kein DMS nachgewiesen, bei 57 Messstellen lag eine Überschreitung des Grenzwerts der TrinkwV / der Qualitätsnorm der WRRL vor. Sehr hohe Belastungen von rund 6 – 11 µg/l traten im Bereich von Erdbeerfeldern auf. Der Spitzenwert von 16 µg/l wurde in einer Quellsfassung gemessen, in deren Einzugsgebiet ausschließlich Weinberge

liegen. Inzwischen hat das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit vorsorglich für tolylfuanidhaltige PSM ein Ruhen der Zulassungen bis zum 31.12.2007 angeordnet. Diese Mittel dürfen für die Freilandanwendung nicht mehr vertrieben werden, Anwendungen im Gewächshaus sind ausgenommen. Zum längerfristigen Schutz des Trinkwassers vor Tolylfuanid-Einträgen wurde im Frühjahr 2007 der Einsatz dieses Wirkstoffs in Baden-Württemberg in Wasserschutzgebieten in der SchALVO verboten.

Die Auswertung der PSM-Daten von 86 häufig gemessenen Wirkstoffen und 6 Abbauprodukten im Zeitraum 1997 – 2006 zur Beschreibung der **Gesamtsituation PSM** zeigt:

- 37 Substanzen wurden an keiner einzigen Messstelle gefunden, darunter 1 Abbauprodukt, 28 nicht mehr zugelassene und 8 zugelassene Wirkstoffe.
- Positive Befunde in Konzentrationen unter dem Grenzwert von / der Qualitätsnorm der WRRL lagen von 28 Stoffen vor (1 Abbauprodukt, 19 nicht mehr zugelassene und 8 zugelassene Wirkstoffe).
- Grenzwertüberschreitungen an bis zu 1 % der Messstellen werden durch 25 Stoffe verursacht (2 Abbauprodukte, 10 nicht mehr zugelassene und 13 zugelassene Wirkstoffe).
- Grenzwertüberschreitungen an mehr als 1 % der Messstellen werden durch die Abbauprodukte 2,6-Dichlorbenzamid und Desethyltriazin hervorgerufen.

Das pilothafte Monitoring von **Arzneimittelwirkstoffen** wurde 2006 fortgesetzt. Von 22 untersuchten Verdachtsmessstellen waren 16 mit bis zu sieben Wirkstoffen belastet. Die sowohl nach Anzahl als auch nach Konzentration am häufigsten vertretenen Substanzen waren Carbamazepin, Diclofenac und die iodierten Röntgenkontrastmittel Iopamidol und Amidotrizoesäure. Gegenüber den Messungen im Jahr 2000 wurden 2006 mehr Wirkstoffe an mehr Messstellen nachgewiesen. An Messstellen, die unmittelbar durch Rohabwasser beeinflusst sind, d.h. durch undichte Abwasserleitungen oder Klärbecken findet man typischerweise Carbamazepin, Diclofenac und Bezafibrat in Konzentrationen von 500 bis 1200 ng/l, Röntgenkontrastmittel bis zu 200 ng/l. An Messstellen, die durch Kläranlagenabläufe bzw. Uferfiltrat beeinflusst sind, sind die in der Kläranlage gut bis mittelmäßig eliminierbaren Substanzen wie Bezafibrat und Diclofenac nicht mehr nachweisbar, wohl

aber die schlecht bis gar nicht eliminierbaren Verbindungen wie Carbamazepin und Amidotrizoensäure.

Perfluorierte Tenside (PFT) gelangten im Sommer 2006 in die Schlagzeilen, als in Nordrhein-Westfalen PFT-haltiger „Dünger“ auf Felder ausgebracht wurde und in der Folge hohe Konzentrationen an Perfluorooktanat (PFOA) im Trinkwasser des Hochsauerlandkreises gefunden wurden. Bei der Untersuchung von 46 Verdachtsmessstellen in Baden-Württemberg wurden an 70 % der Messstellen PFT gefunden, insbesondere die am häufigsten vorkommenden Substanzen PFOA und Perfluoroktansulfonat (PFOS). Hohe Befunde an Perfluorbutansulfonat (PFBS) an Messstellen entlang des Rheins konnten auf eine Stoßeinleitung in den Rhein in der Schweiz zurückgeführt werden.

#### FAZIT:

Im Mittel bewegen sich die Grundwasserstände und Quellschüttungen im Jahr 2006 auf insgesamt höherem Niveau als im Vorjahr und entsprechen langjährig mittleren Verhältnissen. Die starken Frühjahrsniederschläge haben signifikante Zunahmen der zu Jahresbeginn niedrigen Grundwasservorräte auf überdurchschnittliche Werte bewirkt. Im weiteren Jahresverlauf entsprachen die quantitativen Grundwasserverhältnisse den langjährigen Erfahrungswerten.

Nitrat stellt nach wie vor die Hauptbelastung des Grundwassers in der Fläche dar.

Die Auswertungen der LUBW zur Grundwasserbeprobung zeigen gegenüber dem Vorjahr einen Anstieg der mittleren Nitratkonzentration um 0,4 mg/l auf 24,7 mg/l. Zum Vergleich: Von 2004 auf 2005 betrug der Anstieg 0,9 mg/l. Damit konsolidiert sich das Belastungsniveau wieder auf das der Jahre 2002/2003.

Der Anstieg von 2004 auf 2005/2006 ist auf das Trockenjahr 2003 zurückzuführen. Durch die damalige Trockenheit lagen die landwirtschaftlichen Erträge weit unter dem Durchschnitt und damit auch die von den Pflanzen aufgenommenen Nährstoffe. Die Landwirte konnten bei der Düngung im Frühjahr 2003 den trockenheitsbedingten Minderbedarf nicht abschätzen. Die Beprobung der Bodenwerte im Herbst 2003 brachte

daher auch einen Anstieg der  $N_{\min}$  - Werte gegenüber dem Jahr 2002. Dieser Anstieg der Nitratwerte im Boden, der sich in den Folgejahren nicht fortsetzte, wurde bis 2005/2006 in das Grundwasser ausgetragen und führt jetzt dort zum Anstieg der Nitratgehalte. Jedoch hat seit 1994 die landesweite Belastung um etwa 13 % abgenommen.

Erfreulich ist, dass der Anstieg im Jahr 2005 innerhalb der Wasserschutzgebiete deutlich geringer ausgefallen war als außerhalb der Wasserschutzgebiete und es 2006 in beiden Bereichen zu keiner weiteren Verschlechterung kommt, sondern sich genau diese Verhältnisse konsolidieren. In den Wasserschutzgebieten ist bei den hoch belasteten Sanierungsgebieten auch 2006 eine von 2001 an, von Jahr zu Jahr durchgängig vorhandene Abnahme des Nitratwertes festzustellen.

In den Problemgebieten und in den gering belasteten Normalgebieten weist der mittlere Nitratwert von 2005 auf 2006 einen sehr leichten Anstieg auf.

Es bleibt abzuwarten, ob die erst in 2005 einsetzende Nitratauswaschung des in den Trockenjahren 2003/2004 in den oberen Bodenschichten angereicherten Stickstoffs in das Grundwasser bereits abgeschlossen ist oder ob es zu einem weiteren Konzentrationsanstieg kommen wird. Die nach 2003 gemessenen weitaus niedrigeren Bodenstickstoffwerte in landwirtschaftlich genutzten Böden lassen eher wieder eine Fortsetzung des fallenden Trends erwarten.

Das Monitoring der Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und deren Abbauprodukte ist im Landesmessnetz seit rund 20 Jahren etabliert. Dadurch konnten diejenigen Stoffe identifiziert werden, die für das Grundwasser und die Trinkwasserversorgung ein Problem darstellen. Insbesondere die Triazine erwiesen sich als sehr schlecht im Untergrund abbaubar und damit langlebig. Nur durch ein Totalverbot konnte die Belastung mit diesen Stoffen und deren Abbauprodukten im Laufe der Jahre reduziert werden. Bei anderen Stoffen wie beispielsweise Bentazon konnten – auch aufgrund der Ergebnisse aus Baden-Württemberg - Verbesserungen durch eine Konkretisierung der Anwendungsbestimmungen erreicht werden. Insgesamt gesehen hat sich die Belastungssi-

tuation in Baden-Württemberg in den letzten Jahren merklich entspannt. Jedoch müssen die Funde der Ende letzten Jahres erstmalig festgestellten Abbauprodukte der Wirkstoffe Tolyfluanid und Chloridazon mit großer Sorge betrachtet werden. In Zukunft wird sich das Augenmerk auf die Problematik der Abbauprodukte dieser und weiterer Wirkstoffe richten.

Arzneimittelwirkstoffe in den derzeit gefundenen Konzentrationen stellen aus Sicht des Gesundheitsschutzes keine Gefährdung dar, weder bei kurzzeitiger noch bei lebenslanger Aufnahme. Dennoch sollten aus Gründen des Vorsorgeprinzips alle Maßnahmen in Betracht gezogen werden, die den Eintrag von Arzneimittelwirkstoffen in die Umwelt vermeiden oder zumindest verringern. Pilotuntersuchungen, bei denen in der Kläranlage eine Nachreinigung der Abwässer mit Aktivkohle er-

folgte, haben gezeigt, dass je nach Wirkstoff eine Elimination von 40 – 95 % möglich ist.

Perfluorierte Tenside stellen derzeit in Baden-Württemberg kein flächendeckendes Problem für das Grundwasser dar. Punktueller Belastungen sind jedoch weiter zu verfolgen und die Ursachen zu klären.

Die großräumigen industriell und landwirtschaftlich verursachten Belastungen des Grundwassers geben trotz deutlicher Verbesserungen der Situation mit Nitrat, LHKW, Komplexbildnern und Pflanzenschutzmitteln weiterhin Anlass zur Besorgnis. Bereits eingeleitete Schutzmaßnahmen, die Sanierung der Abwasseranlagen bzw. die Einführung von nicht umweltgefährdenden Ersatzstoffen in der Industrie sind weiter zu verfolgen bzw. zu verbessern.

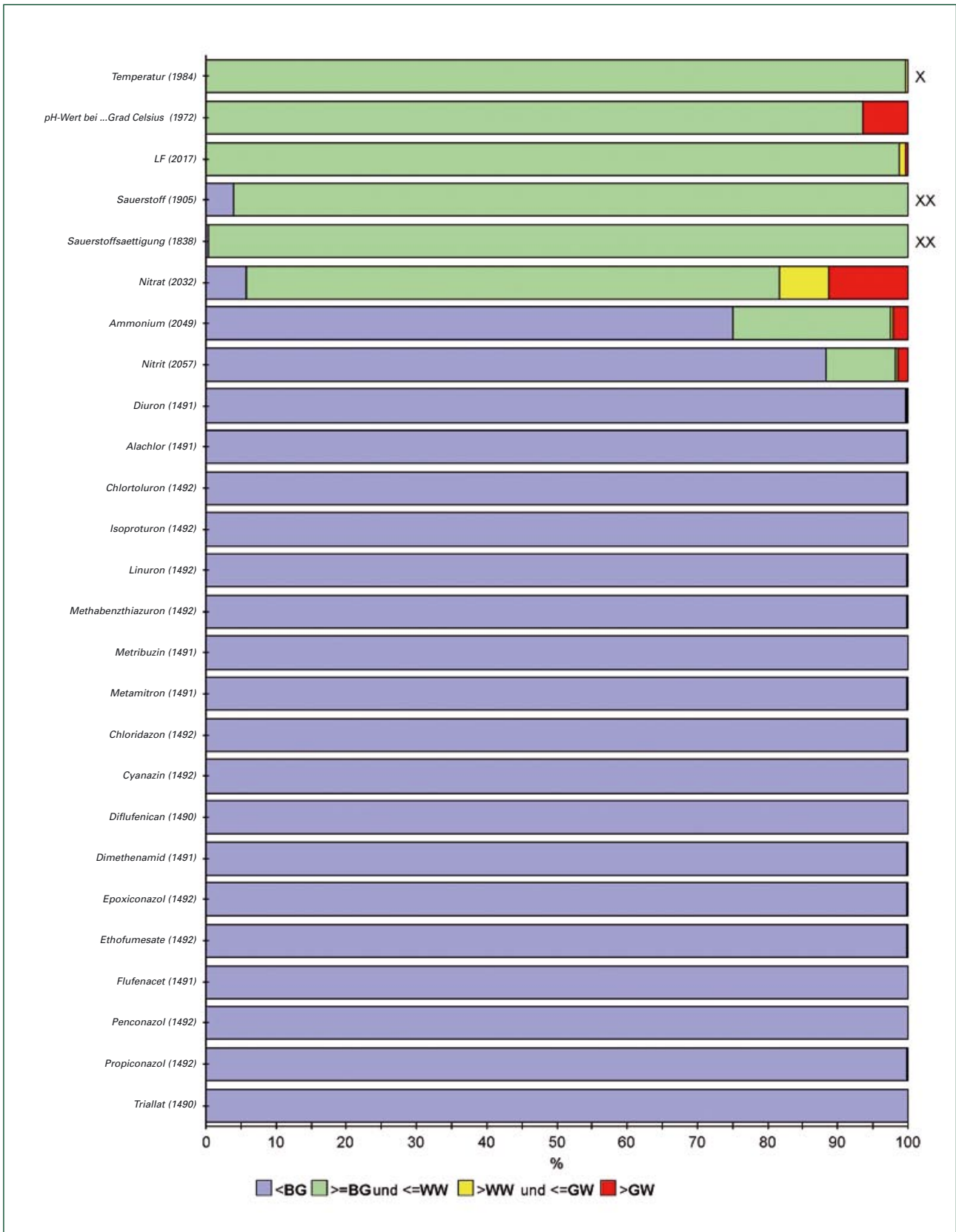


Abbildung 0.1: Übersicht über die Ergebnisse der Beprobung 2006: Prozentuale Verteilung der Messwerte (BG = Bestimmungsgrenze, WW = Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogrammes, GW = Grenzwert der Trinkwasserverordnung / Qualitätsnorm der WRRL, < kleiner als, > größer als, = kleiner gleich, = größer gleich, in Klammern: Anzahl der Messwerte, x = kein Warn- oder kein Grenzwert festgelegt, xx = kein Warn- und kein Grenzwert festgelegt).

# 1 Grundwassermessnetz Baden-Württemberg

## 1.1 ZIELSETZUNG

Im Rahmen des Grundwasserüberwachungsprogramms Baden-Württemberg werden von der LUBW Landesanstalt für Umweltschutz, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg flächenhaft repräsentative Daten erhoben, erfasst, aufbereitet, ausgewertet und verfügbar gemacht.

Die Ergebnisse aus den Grundwasserbeprobungen und -messungen sollen:

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

Aufgrund der gewonnenen Daten aus dem Messnetz können Verbesserungs-, Eingriffs- und Lenkungsmöglichkeiten abgeleitet werden.

Seit Dezember 2000 werden mit der Wasserrahmenrichtlinie der EU (WRRL) erstmals auch für das Grundwasser Grenzwerte für Nitrat und die Pflanzenschutzmittel festgelegt. Die inzwischen verabschiedete Richtlinie 2006/118/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 12.12.2006 - „Tochterrichtlinie Grundwasser“ – sieht für mindestens weitere zehn Stoffe und Parameter Schwellenwerte vor, die jedoch von den Mitgliedstaaten noch festgelegt werden müssen. Das Grundwasserüberwachungsprogramm ist an die Anforderungen anzupassen. Die EU-Trinkwasserrichtlinie von 1998 wurde mit der „Verordnung zur Novellierung der Trinkwasserverordnung vom 21.05.2001“ in deutsches Recht umgesetzt. Diese TrinkwV gilt ab 01.01.2003 und wurde bei den Auswertungen in diesem Bericht zugrundegelegt.

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

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

## 1.2 ORGANISATION DES LANDESMESSNETZES

Das von der LUBW betriebene Landesmessnetz Grundwasser besteht aus:

### dem Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz:

- mit rund 2.060 Messstellen, davon ca. 520 Quellen, 520 Beobachtungsrohre und 1.020 Brunnen, gegliedert in Teilmessnetze nach Beeinflussungen im Einzugsgebiet und der Nutzung der Messstellen, wobei die Beauftragung der Analytik zu den rund 2.060 Messstellen zentral durch die LUBW erfolgt,
- mit mindestens jährlicher Untersuchung aller Messstellen mit jährlich wechselndem Messprogramm,
- mit Untersuchung von rund 640 Messstellen alle 2 Monate auf Stickstoffparameter,
- mit Untersuchung von 60 Messstellen alle 2 Monate auf versauerungs- und schüttungsabhängige Parameter.

### dem Grundwasserstandsmessnetz:

- mit 200 Trend-Messstellen mit wöchentlicher Wasserstandsmessung, wobei der größere Teil der Grundwasserstands-Landesmessstellen, etwa rund 2.500 Messstellen, nicht Gegenstand dieses Berichts ist, da er von den Regierungspräsidien und Landratsämtern hinsichtlich regionaler Fragestellungen verwaltet und ausgewertet wird.

### dem Quellmessnetz:

- mit rund 200 Messstellen, wobei z. Z. an rund 90 Messstellen wöchentlich die Quellschüttung gemessen wird und hydrochemische Untersuchungen mit jährlich wechselndem Messprogramm an allen Messstellen einmal im Herbst stattfinden.

### dem Lysimetermessnetz:

- mit 30 Messstellen und täglicher bis wöchentlicher Messung der Sickerwassermenge.

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

### 1.3 ORGANISATION DES KOOPERATIONSMESSNETZES

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

Grundlage für den Betrieb des Kooperationsmessnetzes war damals eine Vereinbarung zwischen VGW, DVGW-Landesgruppe, VKU, Städtetag und Gemeindetag. Die genannten Trägerorganisationen gründeten damals eine eigene „Grundwasserdatenbank Wasserversorgung - GWD-WV“ in der die von den Wasserversorgungsunternehmen beauftragten Analysen gesammelt und ausgewertet werden. Die Ergebnisse der Wasserversorgungsunternehmen werden in jedem Jahr parallel in einem eigenständigen Bericht der GWD-WV dargestellt.

2003 wurde ein weiterer Kooperationsvertrag zwischen dem Land und der Wasserversorgungswirtschaft abge-

schlossen, der beinhaltet, dass die Wasserversorgungswirtschaft für jedes Wasserschutzgebiet Konzentrationswerte zu Nitrat und Pflanzenschutzmitteln (PSM) für die im Rahmen der SchALVO notwendigen Wasserschutzgebiets-Einstufungen analysieren lässt und diese den Landratsämtern übermittelt. Die Landratsämter ihrerseits stufen die Wasserschutzgebiete ein und übermitteln die Nitrat- und PSM-Werte der LUBW.

Über diesen Weg stellte die Wasserversorgungswirtschaft Baden-Württembergs zum Stichtag 15.04.2007 Nitrat-Daten von 2.766 Nitratanalysen zu 1.292 Messstellen in Trinkwasserschutzgebieten als Kooperationsbeitrag zur Verfügung. Davon sind 195 Messstellen „Überschneidermessstellen“, d.h. für diese Messstellen liegen schon Daten aus dem Landesmessnetz vor. Teilweise beinhalten diese Analysen mehr Parameter als Nitrat. Die Nitrat-Daten der 1.292 Messstellen gehen im vorliegenden Bericht ausschließlich in die Auswertungen des Teilkapitels Nitrat über die SchALVO ein.

Als weiteren WVU-Kooperationsbeitrag erhielt die LUBW 10.974 Analysen von einzelnen Pflanzenschutzmitteln zu 1.010 Messstellen in Trinkwasserschutzgebieten mit 89 Überschneidermessstellen (Stichtag 15.04.2007). Davon betrafen das in diesem Jahr von der LUBW im Landesmessnetz untersuchte Programm „PSM-4“ insge-

Tabelle 1.2.1: Übersicht über die Teilmessnetze und ihre Messstellenanzahl, 2006.

Teilmessnetz Grundwasserbeschaffenheitsmessnetz	Abk.	Anzahl der beprobten Messstellen in 2006		
		Land Herbst 2006	Kooperationsbeitrag	Gesamt
<b>Basismessnetz</b>	BMN	109		
<b>Rohwassermessstellen für die öffentliche Wasserversorgung</b>	RW	168		
<b>Vorfeldmessstellen</b>	VF	58		
<b>Emittentenmessstellen Landwirtschaft</b>	EL	663		
<b>Emittentenmessstellen Industrie</b>	EI	405		
<b>Emittentenmessstellen Siedlung</b>	ES	403		
<b>Sonstige Emittentenmessstellen</b>	SE	62		
<b>Quellmessnetz</b>	QMN	190		
<b>Summe</b>	Alle	2.058		
<b>SchALVO-Messstellen in WSG</b>	SAL	davon: 523	1.416*	1.939
<b>Grundwassermengenmessnetz</b>				
		Anzahl der beobachteten Messstellen 2006		
	Abk.	Trendmessnetz	Regionalmessnetz	Gesamt
<b>Grundwasserstand</b>	ST	200	2.663	2.863
<b>Quellschüttung</b>	QS	17	174	191
<b>Lysimeter</b>	Lys	6	29	35
<b>Summe</b>	Alle	223	2.866	3.089

\* Diese Analysen werden in dem Wasserschutzgebietskapitel 2.4.2 mit ausgewertet. Darüber hinaus liegen für 213 Messstellen zu den Daten des Landes ergänzende Daten der WVU vor (Überschneider-Mst.). Für weitere 51 Messstellen, die nicht zum Landesmessnetz gehören, liegen weitere WVU-Analysen vor.



Tabelle 1.2.2: Organisation der vom Land betriebenen Teilmessnetze.

<b>Organisation</b>	<i>Grundwasserbeschaffenheit</i>	<i>Grundwasserstand/Quellschüttung</i>
<b>Messturnus</b>	Jährlich im Herbst (Herbstbeprobung); für besondere Fragestellungen wie z. B. SchALVO oder Versauerung teilweise in zweimonatlichem Rhythmus; zusätzlich gezielte Nachuntersuchungen im Rahmen der Fundaufklärung bei hohen Pflanzenschutzmittelbefunden	Grundwasserstand: an jedem Montag (Regelfall) Quellschüttung: wöchentlich Lysimeter: täglich bis mehrmals wöchentlich
<b>Organisation</b>	LUBW und Regieunternehmen (Vergabe)	LUBW, Regierungspräsidien
<b>Datenbeschaffung</b> <b>Auftragsnehmer (Messung, Probennahme, Analytik)</b> <b>Auftragsvoraussetzungen</b> <b>Qualitätssicherung</b>	Probennahme und Analytik: Vergabe an Probennahmebüros und chemische Labors. Nachweis der Qualifikation u. a. durch: <ul style="list-style-type: none"> <li>■ Akkreditierung nach DIN EN 45001 bzw. DIN EN ISO 17025</li> <li>■ Regelmäßige erfolgreiche Teilnahme an der Analytischen Qualitätssicherung (AQS) mit Ringversuchen, Laborvergleichsuntersuchungen und Laborauditierungen</li> <li>■ auftragsspezifische Qualitätssicherungsmaßnahmen</li> <li>■ Teilnahme an Probennehmer-Lehrgängen I und II der LUBW</li> <li>■ unangekündigte Probennahmekontrollen</li> </ul>	Mengenmessung durch freiwillige oder vom Land verpflichtete Beobachter; unterschiedlicher Datenfluss bei den „Trendmessstellen“ für die landesweite Zustandsbeschreibung und den „Regionalmessstellen“ für den übergeordneten Grundwasserschutz
<b>Messstelleneigentümer</b>	Größtenteils wird auf Messstellen zurückgegriffen, die nicht in Landesbesitz sind. Private, gewerbliche und kommunale Betreiber stellen sie für die Probennahme bzw. Beobachtung zur Verfügung.	
<b>Kosten</b>	Die Kosten für Probennahme und Analytik bzw. Beobachtung trägt das Land.	
<b>Datenerfassung und Übermittlung</b>	Die mittels LABDÜS (LABorDatenÜbertragungsSystem) von den chemischen Labors erfassten Analysen werden dem Regieunternehmen per E-Mail übermittelt.	Die Beobachter übersenden Belege mit den eingetragenen Messdaten. Die Erfassung erfolgt durch die LUBW bzw. per Vergabe an Büros.
<b>Datenhaltung</b>	Grundwasserdatenbank (GWDB) der LUBW	
<b>Datenplausibilisierung und Qualitätssicherung</b>	Statistische und visuelle Plausibilisierungen beim Einlesen der Messwerte, ggf. Gegenmessung von Rückstellproben oder Nachbeprobungen; weiterhin: Mehrfachbestimmungen, vergleichende Untersuchungen, Analyse von Rückstellproben und Probennahmekontrollen vor Ort	Visuelle Belegprüfungen, Plausibilitätsprüfung beim Einlesen, Kontrolle der Ganglinien, Zeitreihenanalysen

samt 949 Messstellen mit 72 Überschneidermessstellen. Diese „PSM-4“-Daten gehen im vorliegenden Bericht ausschließlich in einige Auswertungen über die PSM-Gesamtsituation im Lande ein. Wie die Nitratdaten dienen sie vorrangig zur Beurteilung der Situation in den Wasserschutzgebieten. Für die Messstellen mit PSM-Analysen liegt nicht immer auch eine Nitratanalyse vor und umgekehrt. Mit Überschneidern erreichten die LUBW die Nitrat- und PSM-4-Daten zu insgesamt 1.629 Messstellen in Trinkwasserschutzgebieten.

Letztlich konnte die LUBW-Grundwasserdatenbank für das Jahr 2006 zusätzlich zu den von der LUBW betriebenen Landesmessstellen, d.h. ohne Überschneidermessstellen, die PSM- und Nitratanalysen von 1.416 verschiedenen WVU-Messstellen übernehmen.

#### 1.4 QUALITÄTSSICHERUNG IM RAHMEN DES MESSNETZBETRIEBES

##### 1.4.1 QUALITÄTSSICHERUNG „STAMMDATEN“

Nach den systematischen Überprüfungen der rund 2.060 von der LUBW betriebenen Grundwasser-Beschaffen-

heits-Messstellen in den 90er Jahren werden die Daten zu Bauformen, Ausbau, Koordinaten, Probennahmestellen, Betreiberadressen, Ansprechpartnern und den Nutzungen der Aufschlüsse im Rahmen des Messbetriebes fortgeschrieben. Diese Aktualisierung der Stammdaten zu den einzelnen Messstellen findet nach jeder Beprobungskampagne durch Aufarbeitung der von den Probennehmern zurückgesandten Beprobungsunterlagen statt.

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

In der Grundwasserdatenbank der LUBW stehen mittler-

weile zu fast sämtlichen Landesmessstellen Fotodokumentationen und Hydrogeologische Schnitte digital zu Verfügung.

#### 1.4.2 QUALITÄTSSICHERUNG „PROBENNAHME“

Für einen Auftrag zur Probennahme ist als Mindest-Qualifikation die erfolgreiche Teilnahme an den „Lehrgängen I und II für Probennehmer beim Grundwassermessnetz“, durchgeführt bei VEGAS, Universität Stuttgart erforderlich.

Die Qualität der Probennahme an Grundwassermessstellen wird durch folgende Maßnahmen sichergestellt:

- Der „Leitfaden für Probennahme und Analytik“ der LUBW, der u. a. die „Anleitung zur Probennahme von Grund-, Roh- und Trinkwasser“ enthält, ist Vertragsbestandteil (LfU, 2000) und bei jeder Probennahme einzuhalten.
- Zu jeder Probennahme werden detaillierte messstellen-spezifische Vorgaben und Informationen zur Verfügung gestellt.
- Die Einhaltung der allgemeinen und messstellenspezifischen Vorgaben zur Probennahme wird stichprobenartig durch unangekündigte Probennahmekontrollen vor Ort überprüft.

#### 1.4.3 QUALITÄTSSICHERUNG „ANALYTIK“

Für einen Auftrag zur Analytik muss der Auftragnehmer seit dem Jahr 2004 als Mindestqualifikation eine gültige, für die Grundwasseruntersuchung anwendbare und vollständige Akkreditierung nach DIN EN 45001 bzw. DIN EN ISO 17025 einer evaluierten Akkreditierungsstelle vorlegen.

Die Qualität der Analysenwerte wird durch folgende Maßnahmen sichergestellt:

- Im Vorfeld der Herbstbeprobung 2006 wurde durch die Analytische Qualitätssicherung (AQS) Baden-Württemberg eine Laborvergleichsuntersuchung zu Pflanzenschutzmittelwirkstoffen und ihren Abbauprodukten durchgeführt. Die erfolgreiche Teilnahme daran war zusätzliche Bedingung für einen Analysenauftrag für diese ausgewählten Stoffe.

■ Zusätzlich finden im Rahmen der einzelnen Beprobungsrunden folgende Qualitätssicherungsmaßnahmen statt:

- eine verdeckte vergleichende Untersuchung mit dotierten Proben,
- eine zweite verdeckte vergleichende Untersuchung mit Original-Grundwasser,
- parallel beauftragte Analysen,
- Stichproben-Analysen aus Rückstellproben,
- Absicherung von Positiv-Befunden und Grenzwert-Überschreitungen bei PSM durch:
  - zweifache Gegenmessung aus der Rückstellprobe,
  - teilweise Nachbeprobung mit dreifacher Parallelanalyse.

#### 1.5 DATENVERARBEITUNG IN DER GRUNDWASSERDATENBANK

Zur Durchführung landesweiter und lokaler Aufgaben im Rahmen des Grundwasserschutzes und der Grundwasserbewirtschaftung wird routinemäßig die von der LUBW entwickelte Grundwasserdatenbank („GWDB“) eingesetzt.

Nutzer sind die Umwelt- und Wasserrechtsämter in den Landratsämtern und Stadtkreisen, die vier Regierungspräsidien und die Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg selbst. Die mittelfristige Planung sieht vor, dass auch die Chemischen und Veterinäruntersuchungsämter und die Betreiber von Deponien die GWDB als Basis für ein eigenes Auswertemodul verwenden.

Die Grundwasserdatenbank ist als Fachanwendung Grundwasser Teil des Umweltinformationssystems des Landes (WIBAS = Informationssystem Wasser, Immissionsschutz, Boden, Abfall, Arbeitsschutz). Die Auswertungen und Darstellungen des vorliegenden Berichts wurden wiederum in weiten Teilen mit der Grundwasserdatenbank erzeugt.

Die Auslieferung der in JAVA programmierten „Grundwasserdatenbank“ an die beteiligten Dienststellen erfolgte in der Version 3.1.2 im März 2007.

Die Entwicklungsschwerpunkte im Jahr 2006 lagen u.a. weiterhin im geologisch/hydrogeologischen Bereich und bei grafischen Auswertemöglichkeiten:

- Übernahme von Schichtenprofilen: Direktzugriff und Datenübernahme auf Hydrogeologische Schichtenprofile des Regierungspräsidiums Freiburg, Abteilung 9 (Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau) über einen Webservice.
- Erfassungsmodul für Ingenieurbüros und Bohrfirmen: Programm zur Unterstützung der Erfassung von messstellenbeschreibenden Daten Vor-Ort. Definierter Import über eine XML-basierte Schnittstelle.
- Erdwärmesonden: Bessere Verarbeitbarkeit des Genehmigungsstatus von Erdwärmesonden
- Erweiterung des Parameterumfangs: Integration von Arzneimittelstoffen und Summenparametern für Auswertungen im Rahmen der Altlastenbearbeitung.
- Neue grafische Auswertungen: Generierung von automatischen Lageplänen, Boxplotdiagrammen (Statistische Streuungsdiagramme), Massendiagrammerzeugung und Isoflächendarstellung für chemische Stoffe.
- Weitere Einbindung von Einzugsgebieten: Hinzunahme zahlreicher Einzugsgebiete von Grundwassermessstellen in den gefährdeten Grundwasserkörpern nach Vorgaben der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie.

Die Übernahme der Schichtenprofile und das Erfassungsmodul für Ingenieurbüros sollen im Folgenden detaillierter erläutert werden.

### 1.5.1 ÜBERNAHME VON SCHICHTENPROFILEN ÜBER EINEN WEBSERVICE

Hydrogeologische Schichtenprofile werden im Rahmen der Bohranzeige beim Regierungspräsidium Freiburg, Abteilung 9 (LGRB) festgelegt und in das Bohrarchiv digital übertragen.

Diese Profile sind für die Nutzer der GWDB bei den einzelnen Dienststellen von großem Interesse. Besonders sollten die flexiblen Auswertemöglichkeiten der WIBAS-Fachanwendung genutzt werden können. Daher wurde ein Webservice eingerichtet, über den sich der GWDB-Anwen-

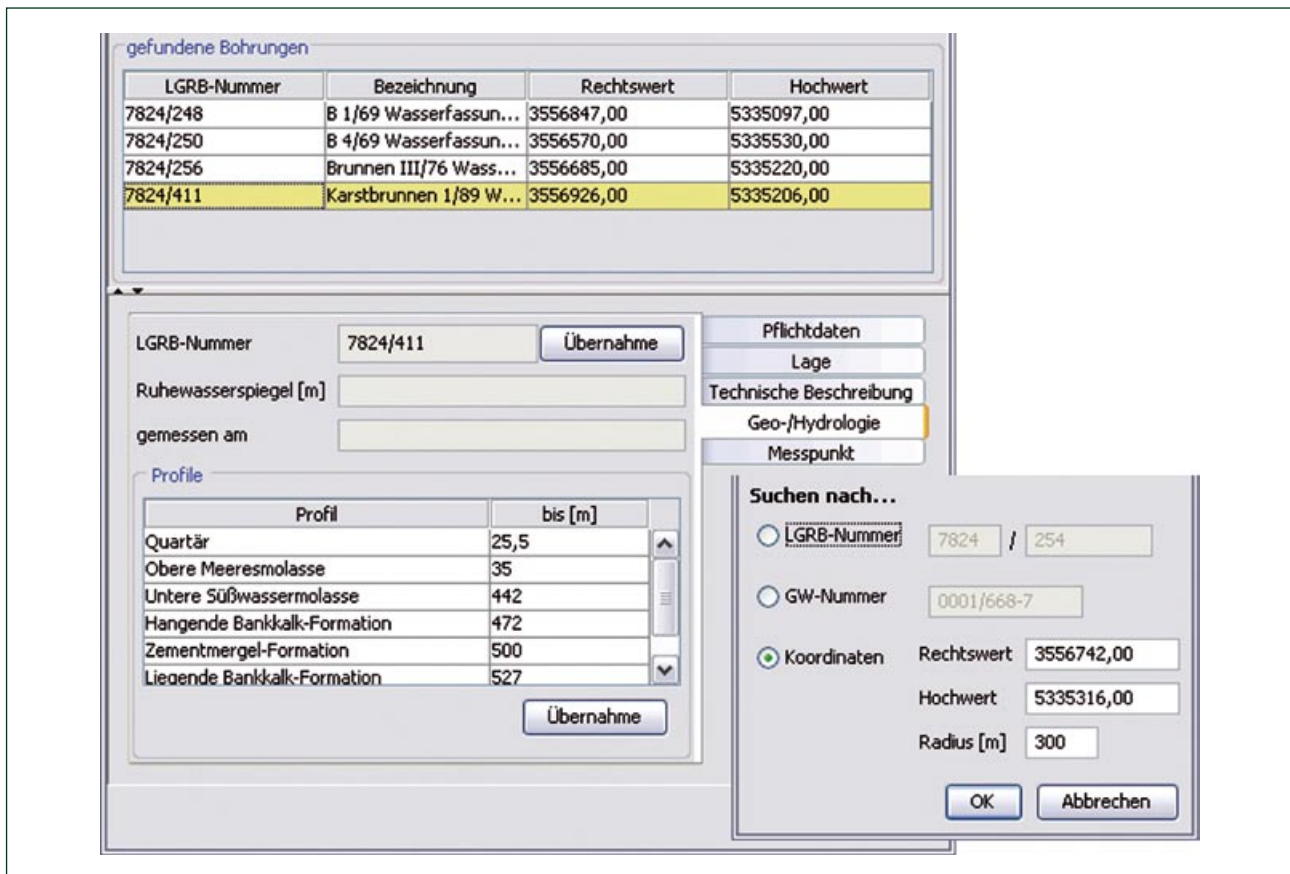


Abb. 1.5.1: Übernahme von Schichtenprofilen aus dem Bohrarchiv über einen Webservice.

der in das Bohrchiv einklinken kann. Steht die Identifikationsnummer des LGRB noch nicht bereit, kann eine Suche über einen Umkreis durchgeführt werden (Abb. 1.5.1). Nach dem Objektgleich kann das Profil in die Grundwasserdatenbank persistent übernommen und dort visualisiert werden.

### 1.5.2 ERFASSUNGSMODUL FÜR INGENIEURBÜROS UND BOHRFIRMEN

Im Zuge von Projekten werden immer wieder Bestandsaufnahmen von bestimmten Gebieten durchgeführt, bei denen die vorhandenen Messstellen erfasst und überprüft werden müssen.

Beispiele hierfür sind

- Hydrogeologische Erkundungen
- Erhebungen im Rahmen der Europäischen Wasserrahmenrichtlinie

- Bohrvorhaben
- Allgemeine Vor-Ort-Begehungen, Bestandsaufnahmen
- Messstellenüberprüfungen

Für die Zielgruppe Ingenieurbüros, Bohrfirmen und andere externe Auftragnehmer wurde daher ein Programm entwickelt, das unabhängig von der Grundwasserdatenbank die externe Erfassung von Stammdaten erlaubt.

Der sogenannte „GWDB-Editor“ (lizenzfreie Setup-Routine) ist wegen seiner Schlantheit auf jedem Laptop installierbar, das in JAVA entwickelte Programm benötigt keine Datenbank, da der Austausch über eine XML-Schnittstelle erfolgt.

Messstellendaten lassen sich bei allen Wasserbehörden je nach Projektziel per Knopfdruck exportieren und dem externen Auftragnehmer per Mail übersenden. Dort wird die XML-Datei eingelesen, eine komfortable Maske bietet umfangreiche Erfassungsmöglichkeiten an. Nach Abschluss

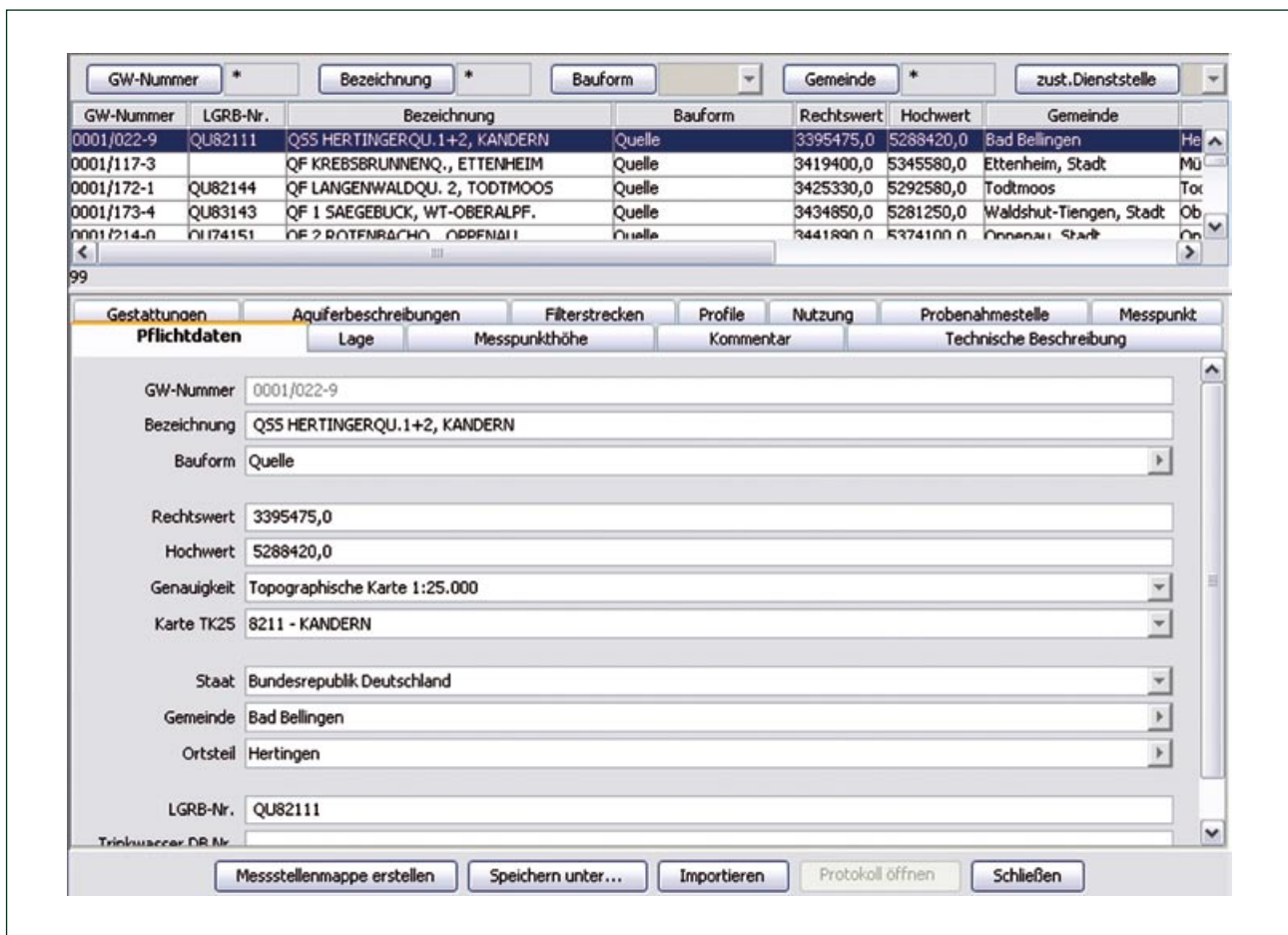


Abb. 1.5.2: „GWDB-Editor“ zur externen Erfassung von Messstellendaten.

der Arbeiten wird die Datei durch Abspeichern aktualisiert und an den Auftraggeber zum Einlesen zurückgesendet. Vorteil dabei ist, dass alle Schlüssellisten hinterlegt sind, also Erfassungsfehler vermieden werden können und auch neue Objekte, die bisher noch nicht in der Grundwasserdatenbank vorhanden sind, erfasst werden können. Beim Einlesen werden die entsprechenden Objekte nach Plausibilitätsprüfungen direkt angelegt.

### 1.5.3 WEITERENTWICKLUNG

Für das Jahr 2007 sind folgende Schwerpunktthemen vorgesehen:

■ Auftragsverwaltung: Unterstützung der Beauftragung

von Probennehmern und Laboratorien durch definierte Auswertungsmöglichkeiten bis hin zum Serienbrief

- Darstellung von empirischen Prognoseverfahren bei den Zeitreihendiagrammen von Grundwasserständen und Quellschüttungen
- Erweiterung des Erfassungsprogramms für Ingenieurbüros zur Erfassung von Messwerten und Optimierung der Prüfmechanismen beim Import
- Optimierung der Erfassungs- und Auswertemöglichkeit für Erdwärmesonden, neue Beschreibungsdaten und Berichte.

## 2 Das Grundwasser 2006 in Baden-Württemberg

### 2.1 HYDROLOGISCHE SITUATION

Das Jahr 2006 war im Vergleich zu den mittleren Niederschlagsverhältnissen leicht unterdurchschnittlich. Das Flächenmittel der Niederschlagshöhen betrug 2006 in Baden-Württemberg 930 mm, das sind 97 % des Niederschlagsmittelwertes von 1961-1990 (Abbildung 2.1.1).

Die kontrastreichen Niederschlagsverteilungen innerhalb des Jahres 2006 weichen von dem mittleren Gang stark ab. Auf den niederschlagsarmen Jahresbeginn folgt ein überdurchschnittliches Frühjahr. Die Monate Januar und Februar zeichnen sich dabei durch sehr unterdurchschnittliche, die Monate März und Mai 2006 demgegenüber durch deutlich überdurchschnittliche Niederschlagshöhen aus. Für den Januar 2006 werden für Baden-Württemberg im Flächenmittel 26 mm Niederschlag berechnet, das sind

35 % des Monatsmittelwerts. Im März 2006 sind es 121 mm, entsprechend 173 % der langjährigen Werte.

Nach den trockenen Sommermonaten Juni und Juli ist der August mit 171 mm für Baden-Württemberg – das sind 184 % des Monatsmittelwerts – extrem nass. Die Niederschlagsverhältnisse sind im darauf folgenden Herbst landesweit differenziert, erscheinen im baden-württembergischen Flächenmittel allerdings insgesamt ausgeglichen. Das Jahresende fällt besonders trocken aus (Abbildung 2.1.2).

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

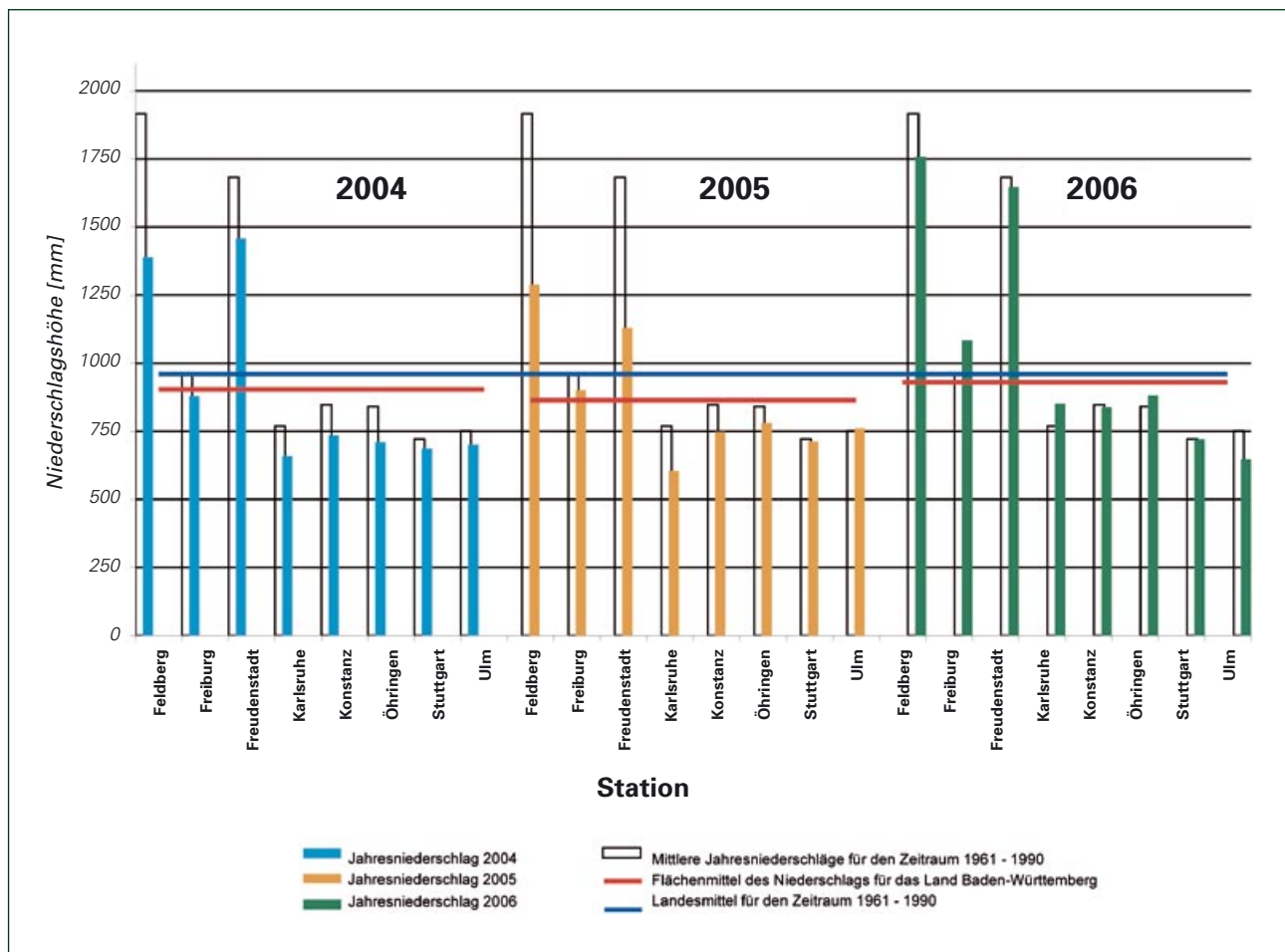


Abbildung 2.1.1: Jahresniederschläge an ausgewählten DWD-Stationen in Baden-Württemberg in den Jahren 2004, 2005 und 2006 im Vergleich zu den langjährigen Mitteln (Quelle: DWD).

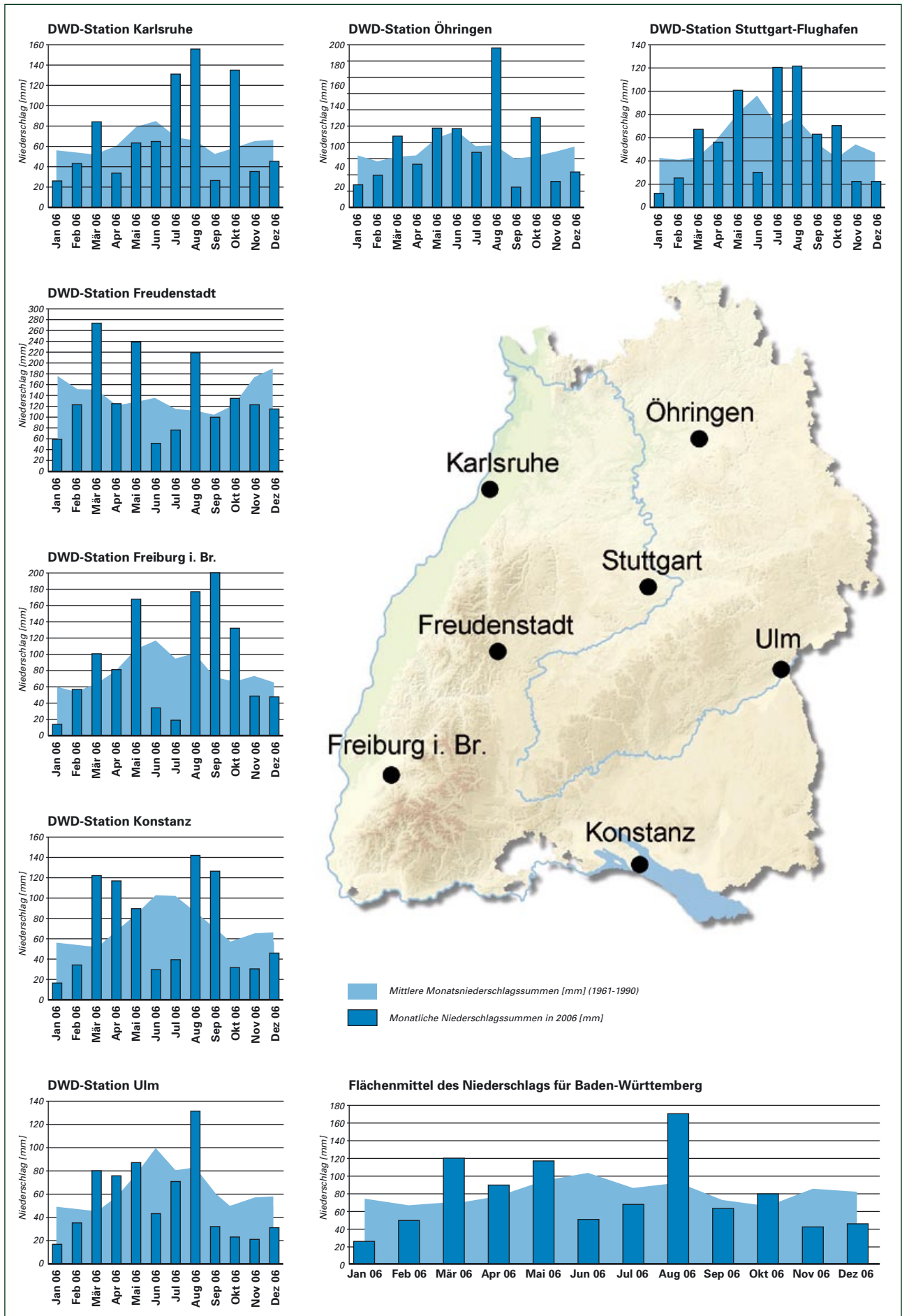


Abbildung 2.1.2: Monatliche Niederschlagshöhen an ausgewählten DWD-Stationen in Baden-Württemberg im Jahr 2006 im Vergleich zu den langjährigen Monatsmitteln (Quelle: DWD).

## 2.2 GRUNDWASSERNEUBILDUNG AUS NIEDERSCHLÄGEN

Die Grundwasserneubildung aus Niederschlägen ist 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 nicht mehr vorhandenen Pflanzenwachstum. Die sommerlichen Niederschläge sind mengenmäßig mit den Winterniederschlägen zwar vergleichbar, werden jedoch zum größten Teil durch Evapotranspiration verbraucht. Bei der Betrachtung der Niederschlags- und Sickerwassermengen der Lysimeter Unterzeil, Rauental und Rielasingen sowie dem Grundwasserstand an benachbarten Messstellen wird deutlich, dass ein Zufluss zum Grundwasser und ein Anstieg des Grundwasserstands in erster Linie von den Winterniederschlägen abhängt (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 Grundwasserstand 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 langer Beobachtungsreihen von Niederschlag und Grundwasserstand deutet darauf hin, dass besonders die niederschlagsarmen Winterhalbjahre 1963, 1971, 1972, 1977, 1989 bis 1991 sowie 2004 einen deutlich spürbaren Einfluss auf die Grundwasserstände (Niedrigwasserperioden im Grundwasser) hatten.

Die Lysimeterbeobachtungen dokumentieren die intensive Grundwasserneubildung aus Niederschlägen im Zeitraum

von Februar bis etwa Juni 2006. Die starken Niederschläge ab dem Monat März haben signifikante Zunahmen der Sickerate und der Grundwasserstände auf überdurchschnittliche Werte im Frühjahr bewirkt. Im Sommer kam es zum naturgemäßen Rückgang der Sickerung. Die Starkniederschläge im August haben für eine vergleichsweise frühe Wiederkehr der Versickerungen im Spätsommer und dadurch für eine Stabilisierung der Grundwasserstände gesorgt. Lediglich einige Lysimeter aus dem Illertal waren zum Jahresende 2006 immer noch trocken. Die Jahresgänge der Sickerwassermengen entsprechen in 2006 somit weitgehend der erwartungsgemäßen Dynamik.

Die hohen Niederschläge im August haben landesweit außergewöhnlich hohe Versickerungen im Spätsommer ausgelöst und das Leerlaufen des Bodenwasserspeichers verhindert. Dadurch haben die unterdurchschnittlichen Niederschläge zum Jahresende beträchtliche Sickerwasserraten bewirkt. Aus diesem Grund hat auch in den Teilen des Oberrheingrabens mit tiefgründigen Böden die Grundwasserneubildung im Herbst 2006 unerwartet eingesetzt. Im Beprobungszeitraum 2006 muss mit witterungsbedingt kurzfristigen Auswaschungs- bzw. Verdünnungseffekten in einzelnen Bereichen gerechnet werden.

Zur Charakterisierung der Sickerungsverhältnisse sind die Monatssummen der Niederschläge und Versickerungsmengen an ausgewählten amtlichen Lysimeterstationen und die zugehörigen Grundwasserstände an Referenzmessstellen im Vergleich zu 20-jährigen Monatsmittelwerten dargestellt (Abbildung 2.2.1).

## 2.3 DIE GRUNDWASSERVORRÄTE 2006 IN BADEN-WÜRTTEMBERG

### 2.3.1 DATENGRUNDLAGE UND ALLGEMEINE ZUSTANDSBESCHREIBUNG

In Baden-Württemberg werden rund drei Viertel des Trinkwassers aus Grund- und Quellwasser gewonnen. Wesentliche Aufgabe der Wasserwirtschaftsverwaltung ist es, eine nachhaltige Grundwasserbewirtschaftung sicherzustellen und die Grundwasserressourcen in qualitativer wie quantitativer Hinsicht für künftige Generationen zu erhalten. Hierzu wird ein Überblick über die aktuelle Zustandsentwicklung der landesweiten Grundwasservorräte gegeben



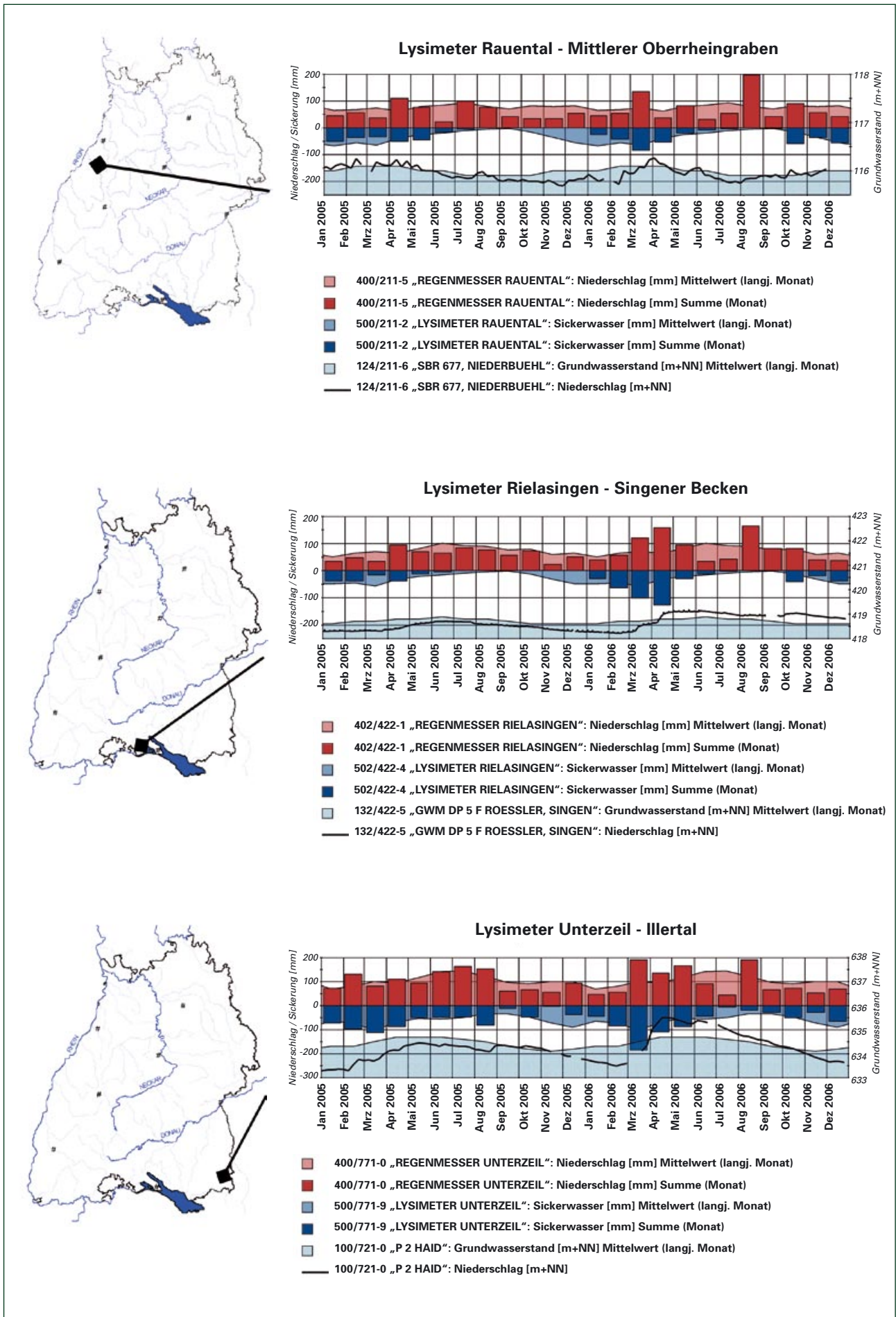


Abbildung 2.2.1: Niederschlag, Sickerung und Grundwasserstand an ausgewählten Lysimeteranlagen in den Jahren 2005 und 2006.

und die im Jahr 2006 beobachteten Tendenzen dargestellt.

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

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

Zum Jahresende 2005 wurden in vielen Bereichen niedrige Grundwasserverhältnisse beobachtet. Der im Jahr 2005 eingeleitete Rückgang dauerte bis etwa März 2006 an. Anschließend konnten die überdurchschnittlichen Frühjahrsniederschläge eine rasche Erholung der Grundwasservorräte auf langjährig mittlere Verhältnisse bewirken. Die Grundwasserstände bewegten sich im weiteren Jahresverlauf im Normalbereich. Zum Jahresende 2006 waren in einigen Bereichen aufgrund unterdurchschnittlicher Niederschläge rückläufige Entwicklungen bis in den unteren Normalbereich zu beobachten. Die Jahresmittelwerte der Quellschüttungen entsprechen weitgehend mittleren Verhältnissen, wobei zum Jahresende unterdurchschnittliche Verhältnisse zu verzeichnen waren.

### 2.3.2 ÜBERREGIONALE GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE

Die messstellenbezogene Beurteilung der aktuellen quantitativen Grundwasserstandsverhältnisse wurde auf der Grundlage der Mittelwerte im Jahr 2006 im mehrjährigen Vergleich (20 Jahre) durchgeführt. Darüber hinaus wurden die jeweiligen Entwicklungstendenzen (lineare Trends aus 20 Beobachtungsjahren) ausgewertet. Die Ergebnisse sind

in Abbildung 2.3.3 zusammenfassend dargestellt. Die aufgeführten Standorte sind für die zugehörigen Grundwasserlandschaften repräsentativ. Die verwendeten Farben veranschaulichen den standortspezifischen Zustand des Grundwasserdargebots im Vergleich zu den langjährigen Grundwasserverhältnissen. Die Symbole stehen für den zunehmenden, gleich bleibenden bzw. abnehmenden Trend.

Die Grundwasserstände in **Hochrhein, Wiesental und Klettgau** bewegten sich zum Jahresbeginn 2006 auf niedrigem Niveau. Die starken Frühjahrsniederschläge bewirkten einen steilen Anstieg der Grundwasservorräte auf deutlich überdurchschnittliche Werte. Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen (Messstelle 0160/223-0 in Abb. 2.3.2).

Auch im Bereich des **südlichen und mittleren Oberrheins** erreichten die anfänglich niedrigen Grundwasserstände nach steilen Anstiegen die Obergrenze des Normalbereichs im Frühjahr 2006. Der Grundwasserstandsverlauf war im weiteren Jahresverlauf unauffällig auf mittlerem Niveau. Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen (Messstelle 0115/066-9 in Abb. 2.3.1).

Die Grundwasserstände im **nördlichen Oberrhein** bewegten sich im Jahr 2006 permanent im unteren Normalbereich. Dabei werden im Grabenrandbereich und in Rheinnähe insgesamt niedrige Jahresmittelwerte berechnet (Messstelle 0116/309-5 in Abb. 2.3.1). Im **Rhein-Neckar-Raum** sind die Grundwasserstände insbesondere in der zweiten Jahreshälfte angestiegen. Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist insgesamt ausgeglichen, wobei im östlichen Rhein-Neckar-Raum steigende Trends beobachtet werden.

Nachdem die Grundwasservorräte im **Singener Becken** seit 2003 unterdurchschnittlich waren, konnte die Grundwasserneubildung aus den Frühjahrsniederschlägen eine dauerhafte Erholung bewirken. Die Grundwasserstände bewegten sich in der zweiten Jahreshälfte von 2006 unauffällig auf mittlerem Niveau (Messstelle 100/522-4 in Abb. 2.3.1). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

Die starken Frühjahrsniederschläge konnten die am Jahresanfang zunächst niedrigen Grundwasserstände in den quartären Talfüllungen des **Donautals** kurzfristig bis auf überdurchschnittliche Zustände anheben. In der zweiten Jahreshälfte verläuft der Grundwassergang unauffällig auf

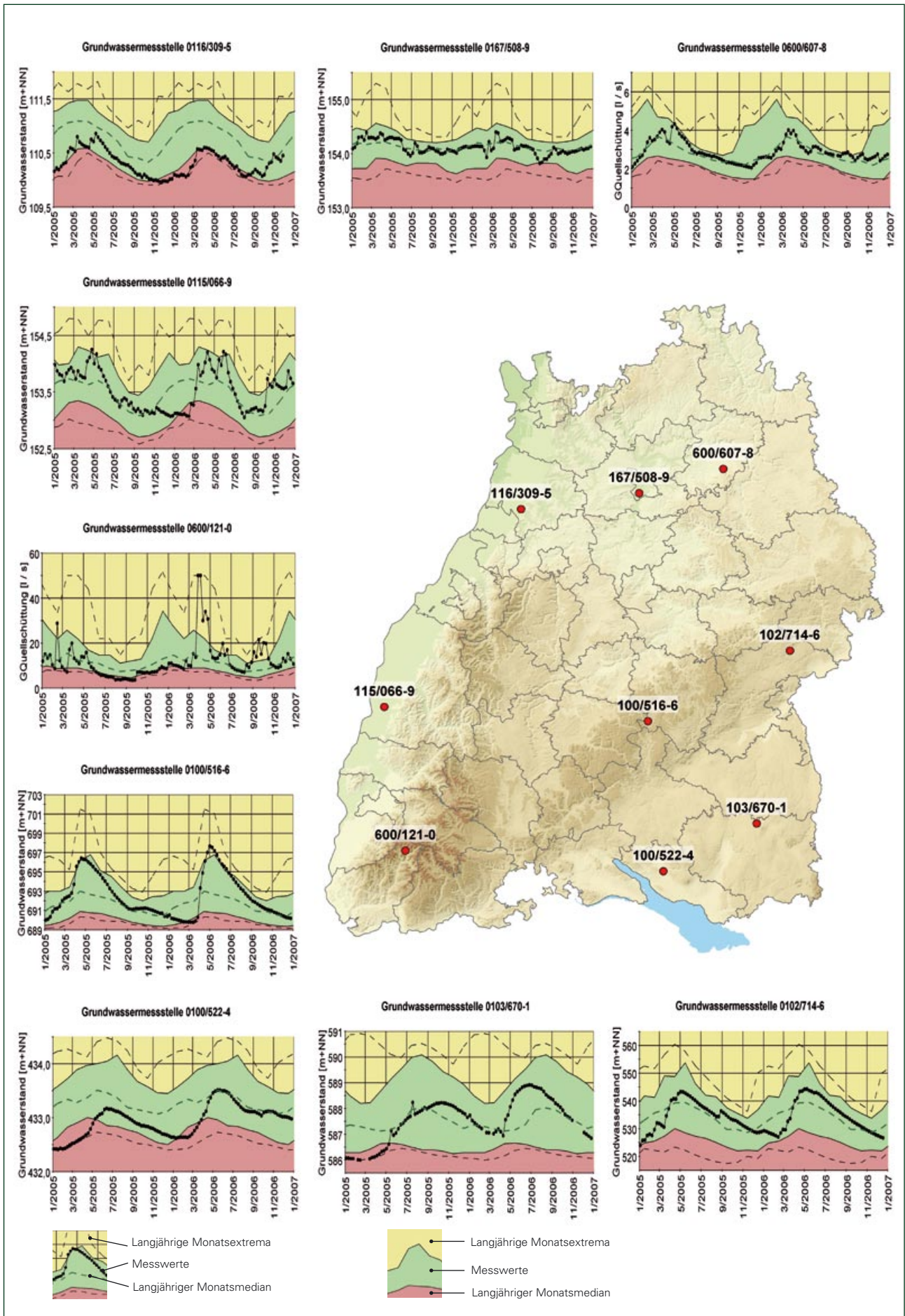


Abbildung 2.3.1: Grundwasserstand/Quellschüttung und zugehöriger Normalbereich aus 20 Beobachtungsjahren an ausgewählten Grundwassermessstellen in den Jahren 2005 und 2006.

mittlerem Niveau. Die beträchtlichen Herbstniederschläge hatten im Donautal keine nennenswerten Auswirkungen (Messstelle 0100/270-7 in Abb. 2.3.2). Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

Die Grundwasserstände im oberen Iller- und Rißtal sowie im Raum Isny und im Bereich der Leutkircher Heide entsprechen im Jahr 2006 – abgesehen von kurzen Hochwassersituationen im Frühjahr – den mittleren Verhältnissen (Messstelle 0103/670-1 in Abb. 2.3.1). Auch im Argendelta entwickelten sich die Grundwasservorräte unauffällig. Im unteren Illertal herrschen im Jahresmittel nach wie vor leicht unterdurchschnittliche Verhältnisse vor. Die Grundwasserdynamik wurde in den südöstlichen Landesteilen

von den Augustniederschlägen nicht dauerhaft beeinflusst. Die 20-jährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

Die starken Frühjahrsniederschläge, bewirkten im Karstaquifer der Schwäbischen Alb stark ansteigende Grundwasserstände und Quellschüttungen bewegten sich im weiteren Jahresverlauf 2006 permanent rückläufig im Normalbereich (Messstellen 0100/516-6 und 0102/714-6 in Abb. 2.3.1). Die Augustniederschläge hatten keine dauerhaften Auswirkungen. Die 20-jährigen Trends sind ausgeglichen.

Die Grundwasserstände im Lockergestein des mittleren Neckarraumes bewegten sich in den Jahren 2005 und 2006

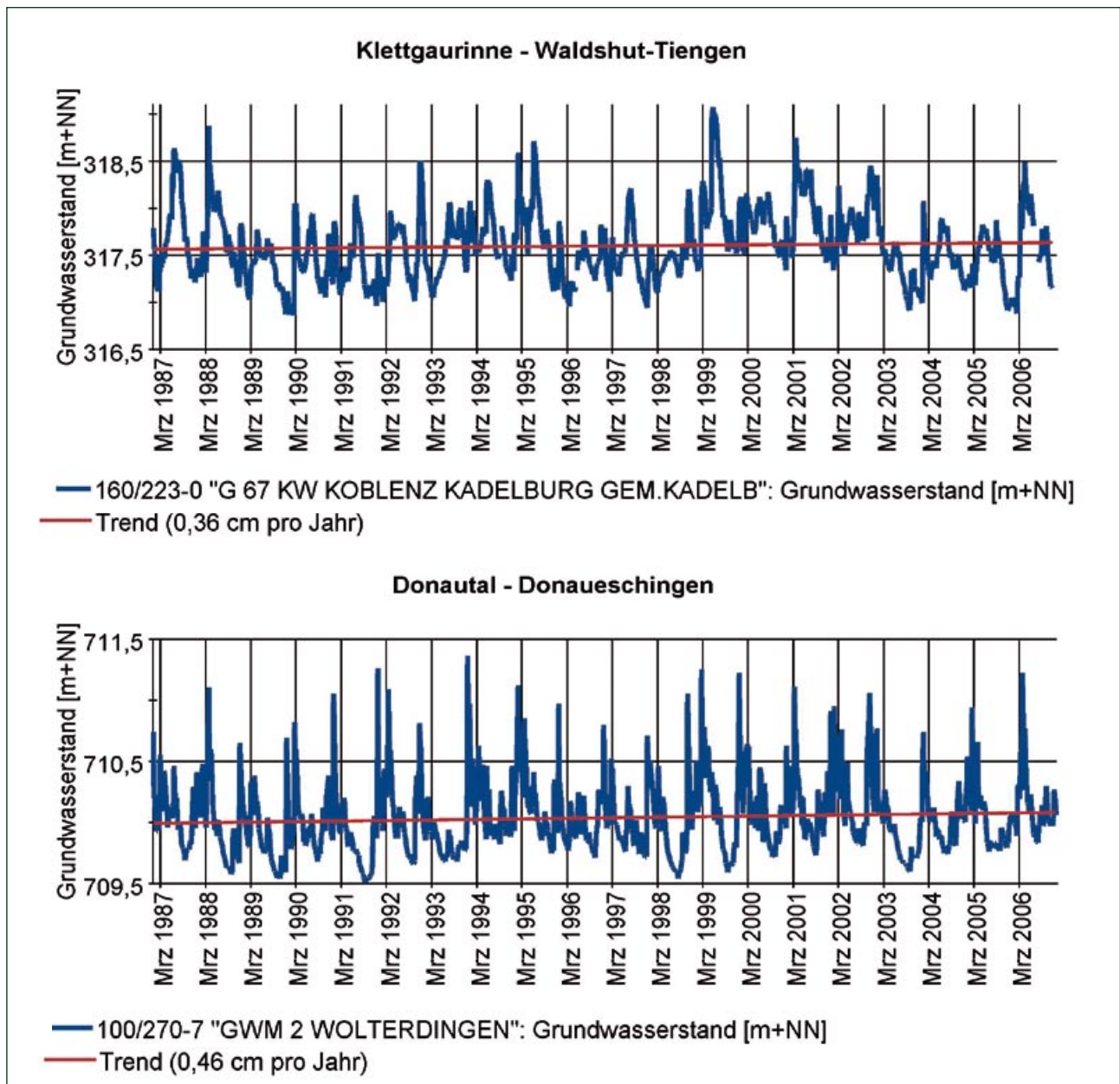
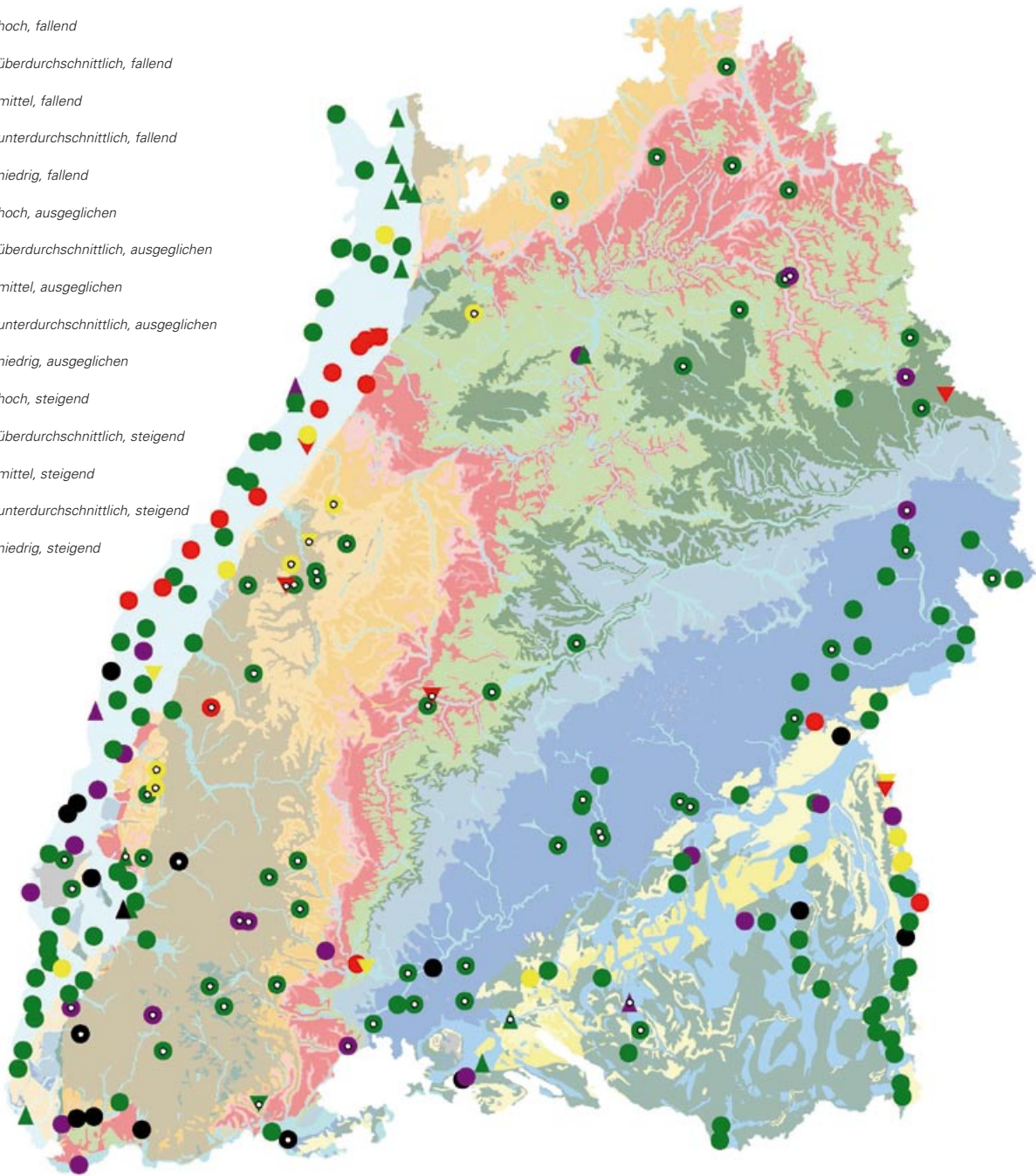


Abbildung 2.3.2: Ganglinien ausgewählter Grundwasserstandsmessstellen mit Trendbetrachtung (1987-2006).

Zeichenerklärung der Grundwasserverhältnisse

- Grundwasserstandsmessstelle
- ⊙ Quellmessstelle
- ▼ hoch, fallend
- ▼ überdurchschnittlich, fallend
- ▼ mittel, fallend
- ▼ unterdurchschnittlich, fallend
- ▼ niedrig, fallend
- hoch, ausgeglichen
- überdurchschnittlich, ausgeglichen
- mittel, ausgeglichen
- unterdurchschnittlich, ausgeglichen
- niedrig, ausgeglichen
- ▲ hoch, steigend
- ▲ überdurchschnittlich, steigend
- ▲ mittel, steigend
- ▲ unterdurchschnittlich, steigend
- ▲ niedrig, steigend



Grundwassereinheiten

- |  |  |
|--|--|
| ■ Junge Magmatite (GWG) (1)                                | ■ Quartäre Kiese und Sande (GWL) (1)                         |
| ■ Mittelkeuper und Oberkeuper (GWL) (1)                    | ■ Quartäre Kiese und Sande unter Moränensedimenten (GWL) (1) |
| ■ Obere Meeresmolasse (GWL) (1)                            | ■ Tertiär im Oberrheingraben (GWG) (1)                       |
| ■ Oberer Buntsandstein bis Mittlerer Muschelkalk (GWG) (1) | ■ Trias, undifferenziert (GWG) (1)                           |
| ■ Oberer Muschelkalk (GWL) (1)                             | ■ Unterer und Mittlerer Buntsandstein (GWL) (1)              |
| ■ Oberjura (Raurasische Fazies) (GWL) (1)                  | ■ Unterjura und Mitteljura (GWG) (1)                         |
| ■ Oberjura (Schwäbische Fazies) (GWL) (1)                  | ■ Unterkeuper und Gipskeuper (GWG) (1)                       |
| ■ Paläozoikum Kristallin (GWG) (1)                         | ■ übrige Molasse (GWG) (1)                                   |
| ■ Quartäre Becken- und Moränensedimente (GWG) (1)          |  |

Abbildung 2.3.3: Charakterisierung der mittleren Grundwasserverhältnisse im Jahr 2006 und des Trendverhaltens im Zeitraum 1987-2006 (Hintergrunddarstellung: Grundwassereinheiten).

dauerhaft im Bereich der langjährigen Erfahrungswerte auf Durchschnittsniveau (Messstelle 0167/508-8 in Abb. 2.3.1).

Die Jahresgänge der Quellschüttungen in den Festgesteinen von **Nord-Württemberg** verliefen im gesamten Jahr 2006 unauffällig im oberen Normalbereich auf leicht überdurchschnittlichem Niveau (Messstelle 0600/607-8 in Abb. 2.3.1). Die langjährige Entwicklungstendenz ist ausgeglichen.

Die **Schwarzwaldquellen** verfügen über kleinräumige Einzugsgebiete und weisen daher starke, niederschlagsbedingte Schüttungsschwankungen auf. Die Schüttungen stiegen daher im Frühjahr sehr stark an, bereichsweise bis auf langjährige Höchstwerte. Nach dem Rückfall des Abflussregimes auf Durchschnittsniveau entsprachen die Schüttungen in der zweiten Jahreshälfte – mit Ausnahme vorübergehend erhöhter Werte im Herbst – mittleren Verhältnissen. Im Jahresmittel liegen überwiegend mittlere Verhältnisse vor (Messstelle 0600/121-0 in Abb. 2.3.1).

Insgesamt beobachtet man bei den Grundwasserständen und Quellschüttungen im Jahr 2006 insgesamt durchschnittliche Verhältnisse. Nachdem zum Jahresende 2005 rückläufige Tendenzen zu verzeichnen waren, haben sich die Grundwasservorräte in der ersten Jahreshälfte von 2006 niederschlagsbedingt deutlich erholt. Im weiteren Jahresverlauf entsprachen die quantitativen Grundwasserhältnisse den vieljährigen Erfahrungswerten. Der 20-jährige Trend ist bei den Grundwasserstandsmessstellen und den Quellen ausgeglichen (siehe Abb. 2.3.3).

## 2.4 NITRAT

Im Rahmen einer Kooperationsvereinbarung aus dem Jahre 2003 zwischen dem Land und den baden-württembergischen Wasserversorgungsunternehmen (WVU) erhält die LUBW auch die Daten von der „Grundwasserdatenbank Wasserversorgung“, in der die im Auftrag der Wasserversorgungsunternehmen ermittelten Nitrat- und Pflanzenschutzmittel-Messwerte zusammengestellt sind.

Die Landratsämter verwenden die Daten zur Einstufung der Wasserschutzgebiete in Pflanzenschutzmittelsanierungsgebiete bzw. in die drei Nitratklassen: Normal-, Problem- und Sanierungsgebiet. Der LUBW wurden bis zum Stichtag 15.04.2007 insgesamt 2.766 Nitratwerte zu 1.292

Messstellen in Wasserschutzgebieten übermittelt, davon befinden sich 195 Messstellen im Landesmessnetz (Überschneidermessstellen). Somit wird die Gesamtdatenbasis des Landesmessnetzes zu Nitrat durch den Kooperationsbeitrag letztlich mit zusätzlichen 1.097 Messstellen ergänzt. Dies sind etwa 400 Messstellen weniger als in 2004. Dies beruht auf der Vereinbarung, für gering nitratbelastete Messstellen in Wasserschutzgebieten der Nitratklasse 1 nur alle drei Jahre die Nitratkonzentrationen zu ermitteln.

Diese Daten gehen im vorliegenden Bericht in die Auswertungen zur Nitratsituation in den Wasserschutzgebieten ein (Kapitel 2.4.2).

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

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

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

### 2.4.1 NITRAT IM GRUNDWASSERBESCHAFFENHEITSMESSNETZ DER LUBW (LANDESMESSNETZ)

Die LUBW unterhält ein landesweites Messnetz, das durch die flächendeckende Messstellenverteilung repräsentative Aussagen zur Gesamtsituation der Grundwasserbeschaffenheit des Landes erlaubt.

Die wichtigsten Ergebnisse, die sich für Nitrat aus den Untersuchungen 2006 in diesem Landesmessnetz ergeben,

sind in diesem Kapitel zusammengestellt. Im Herbst 2006 wurde das Grundwasser von 2.032 Messstellen im Auftrag der LUBW auf Nitrat untersucht.

#### 2.4.1.1 STATISTISCHE KENNZAHLEN FÜR DIE VERSCHIEDENEN EMITTENTENGRUPPEN

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

Im Jahr 2006 lag die Überschreitungshäufigkeit des Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms von 40 mg/l bei 18,4 % und des Grenzwertes der TrinkwV / der Qualitätsnorm der WRRL von 50 mg/l bei 11,3 % der Messstellen des Landesmessnetzes (Abb. 2.4.1, Tab. 2.4.1). Die Beiträge der verschiedenen Messstellengruppen zur Gesamtbelastung sind wie in den Vorjahren sehr unter-

schiedlich, wobei die Reihenfolge der Teilmessnetze nach ihrer Überschreitungshäufigkeit unverändert ist. So ergibt sich beispielsweise für das Basismessnetz (BMN) ein unterdurchschnittliches Belastungsniveau, während die Emittentenmessstellen Landwirtschaft (EL) mit einem im Vergleich großen Anteil an Messstellen mit hohen Nitratbelastungen ein überdurchschnittliches Belastungsniveau (Abb. 2.4.1) aufweisen.

Die gegenüber 2005 leichten Zunahmen der Überschreitungshäufigkeiten des Grenz- und Warnwertes im gesamten Landesmessnetz basieren - mit Ausnahme des Basismessnetzes - auf Zunahmen in nahezu allen einzelnen Teilmessnetzen, jedoch sind die Zunahmen im Quellmessnetz (QMN) und bei den Emittentenmessstellen Landwirtschaft (EL) mit 1 bis 2 % am höchsten.

Beim Teilmessnetz „Landwirtschaft“ (EL), das mit ca. 660 Messstellen größte Teilmessnetz, ergibt sich eine Zunahme der Messstellen mit Nitratkonzentrationen über 50 mg/l

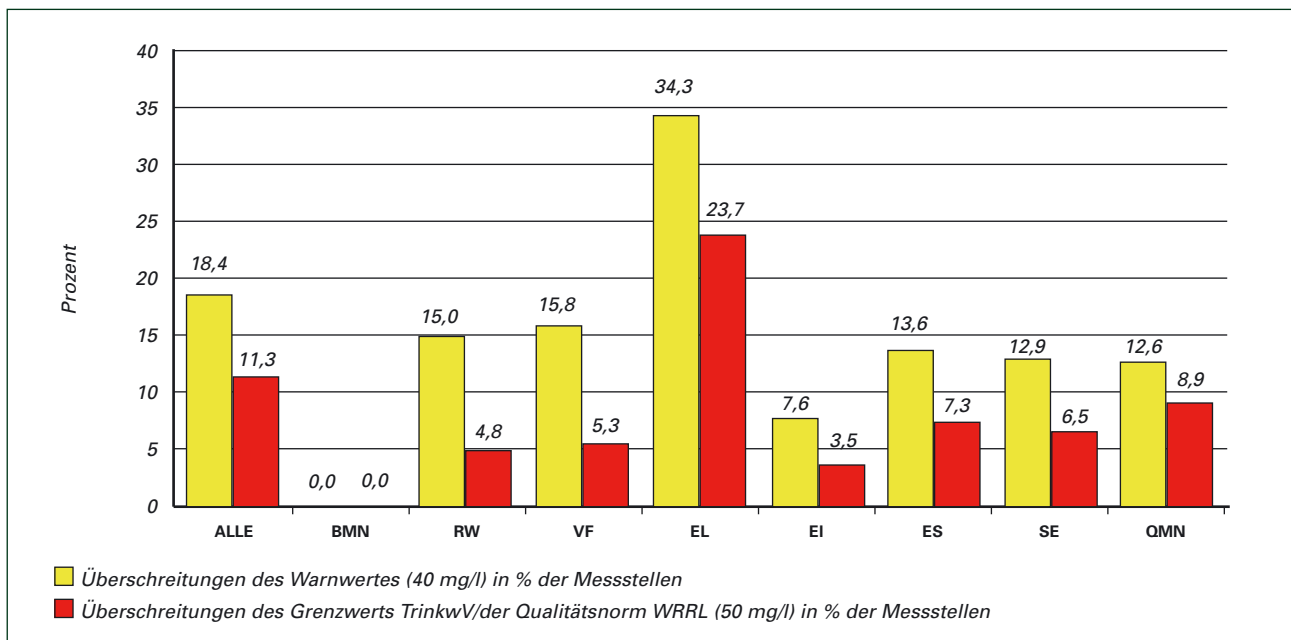


Abbildung 2.4.1: Prozentualer Anteil der Messstellen mit Warn- und Grenzwertüberschreitungen im Gesamtnetz und in den Teilmessnetzen 2006 (Datenbasis: nur Landesmessstellen, Abk. s. Anhang A1).

Tabelle 2.4.1: Statistische Kennzahlen Nitrat 2006 (Abkürzungen s. Anhang A1).

	Landes- Messnetz	EL	ES	RW	BMN
<b>Anzahl der Messstellen</b>	2.032	654	396	167	109
<b>Mittelwert in mg/l</b>	24,7	34,5	23,2	22,0	8,1
<b>Medianwert in mg/l</b>	19,6	29,4	19,2	19,0	7,2
<b>Überschreitungen des Warnwertes (40 mg/l) in % der Messstellen</b>	18,4	34,3	13,6	15,0	0,0
<b>Überschreitungen des Grenzwertes der WRRL bzw. TrinkwV (50 mg/l) in % der Messstellen</b>	11,3	23,7	7,3	4,8	0,0

von 20,5 % im Jahr 2004 auf 21,7 % bei den Untersuchungen 2005 und auf 23,7 im Herbst 2006.

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

#### 2.4.1.2 RÄUMLICHE VERTEILUNG UND REGIONALISIERUNG

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

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

Die Beschaffenheit des Grundwassers kann kleinräumig sehr unterschiedlich sein. So können bei den Nitratbelastungen schon in wenigen 100 m Abstand deutliche Konzentrationsunterschiede beobachtet werden. Trotzdem ist es gerechtfertigt, für einen Überblick über das gesamte Land die punktuellen Messungen zu regionalisieren und eine flächendeckende Belastungskarte (Abb. 2.4.3) zu erstellen, um das großräumige Belastungsniveau zu beschreiben.

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

Für die Regionalisierung wurde das am Institut für Wasserbau der Universität Stuttgart speziell entwickelte Kriging-Verfahren SIMIK+ verwendet, in dem die beiden Haupteinflussfaktoren Landnutzung in 16 Klassen und

Hydrogeologie („Oberflächennahe Aquifere“) in 21 Klassen berücksichtigt werden. Tiefe Messstellen wurden ausgeschlossen. Abbildung 2.4.3 verdeutlicht die Hauptbelastungsgebiete.

Angegeben sind die Konzentrationen der Rasterelemente (300 m x 300 m). Durch die räumliche Integrationswirkung werden dabei die punktuellen Extremwerte an den Messstellen nicht erreicht.

#### 2.4.1.3 KURZFRISTIGE VERÄNDERUNGEN (VERGLEICH ZU DEN BEIDEN VORJAHREN)

Bei den wichtigsten summarischen Statistiken sind im gesamten Landesmessnetz im Vergleich zum Vorjahr sehr leichte bis leichte Steigerungen zu beobachten (Tab. 2.4.2). Die als Folge des Trockenjahres 2003 stattgefundenen Steigerungen von 2005 auf 2006 sind nicht so stark wie von 2004 auf 2005.

Vergleicht man die Ergebnisse der Beprobungskampagne Herbst 2006 mit denen aus dem Herbst 2005, so hat sich im Mittel die Nitratbelastung des Grundwassers von durchschnittlich 24,3 mg/l um 0,4 mg/l auf 24,7 mg/l nur sehr leicht erhöht. In 2004 lag sie bei 23,4 mg/l.

Ähnlich stellt sich die Situation für den Medianwert der Nitratkonzentration im Landesmessnetz dar. Während der Median 2005 bei 19,5 mg/l lag, ergibt sich für 2006 ein um 0,1 mg/l auf 19,6 mg/l angestiegener Nitratgehalt. In 2004 lag Median bei 18,2 mg/l.

Der prozentuale Anteil an Messstellen, an denen der Grenzwert von 50 mg/l überschritten wurde, hat von 10,9 % auf 11,3 % zugenommen (2004: 10,3 %).

Tabelle 2.4.2: Statistische Kennzahlen der Nitratdaten von 2006 im Vergleich zu 2005.

	Landesmessnetz 2006	Landesmessnetz 2005
<b>Anzahl der Messstellen</b>	2.032	2.081
<b>Mittelwert in mg/l</b>	24,7	24,3
<b>Medianwert in mg/l</b>	19,6	19,5
<b>Überschreitungen des Warnwerts (40 mg/l) in % der Messstellen</b>	18,4	17,3
<b>Überschreitungen des Grenzwerts der WRRL bzw. TrinkwV (50 mg/l) in % der Messstellen</b>	11,3	10,9



## Nitrat

### Beprobung 2006

Werte in mg/l

- <= 15,0
- 15,1 - 25,0
- 25,1 - 35,0
- 35,1 - 50,0
- > 50,0

Alle Messnetze

2.032 Messstellen

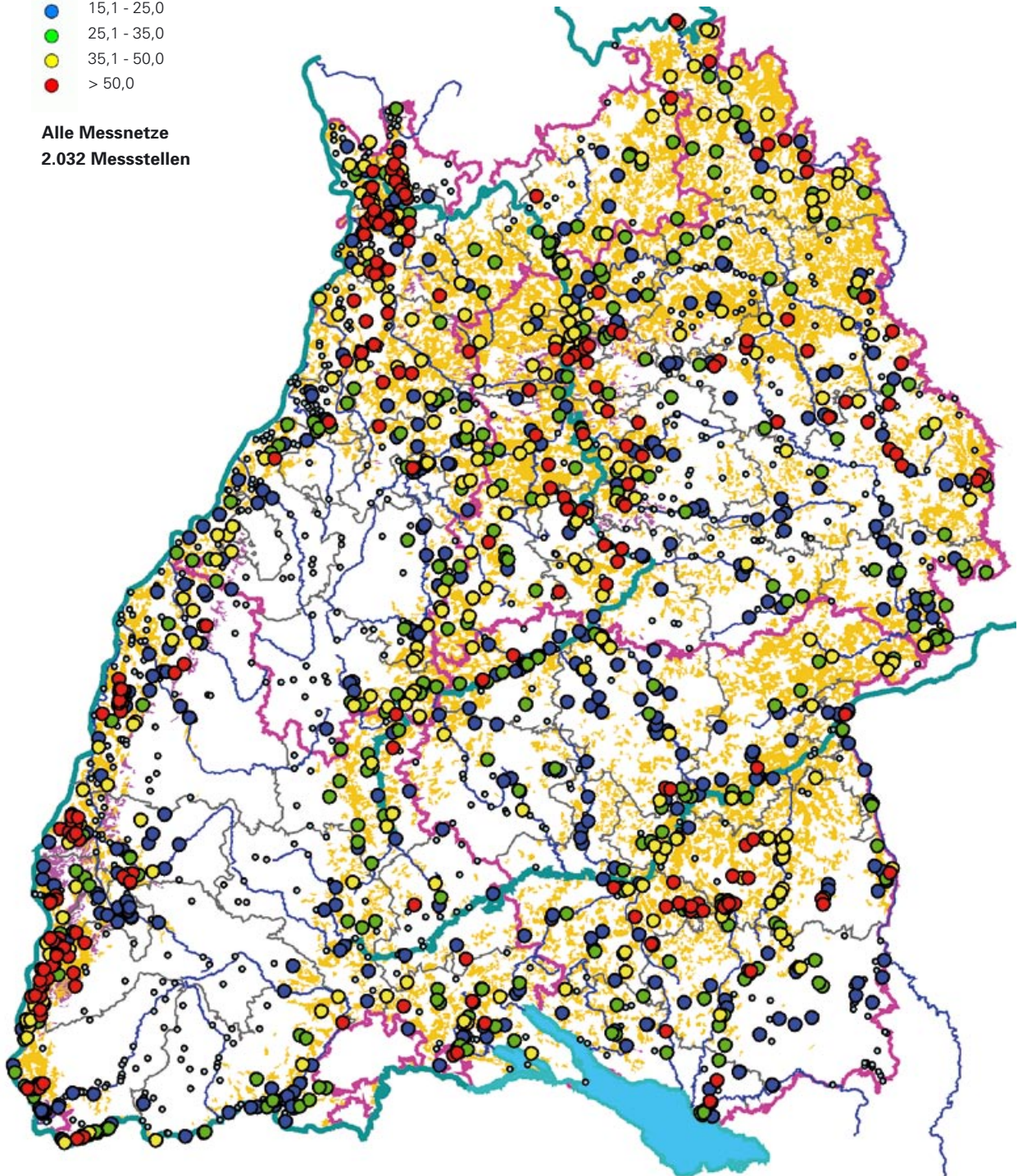
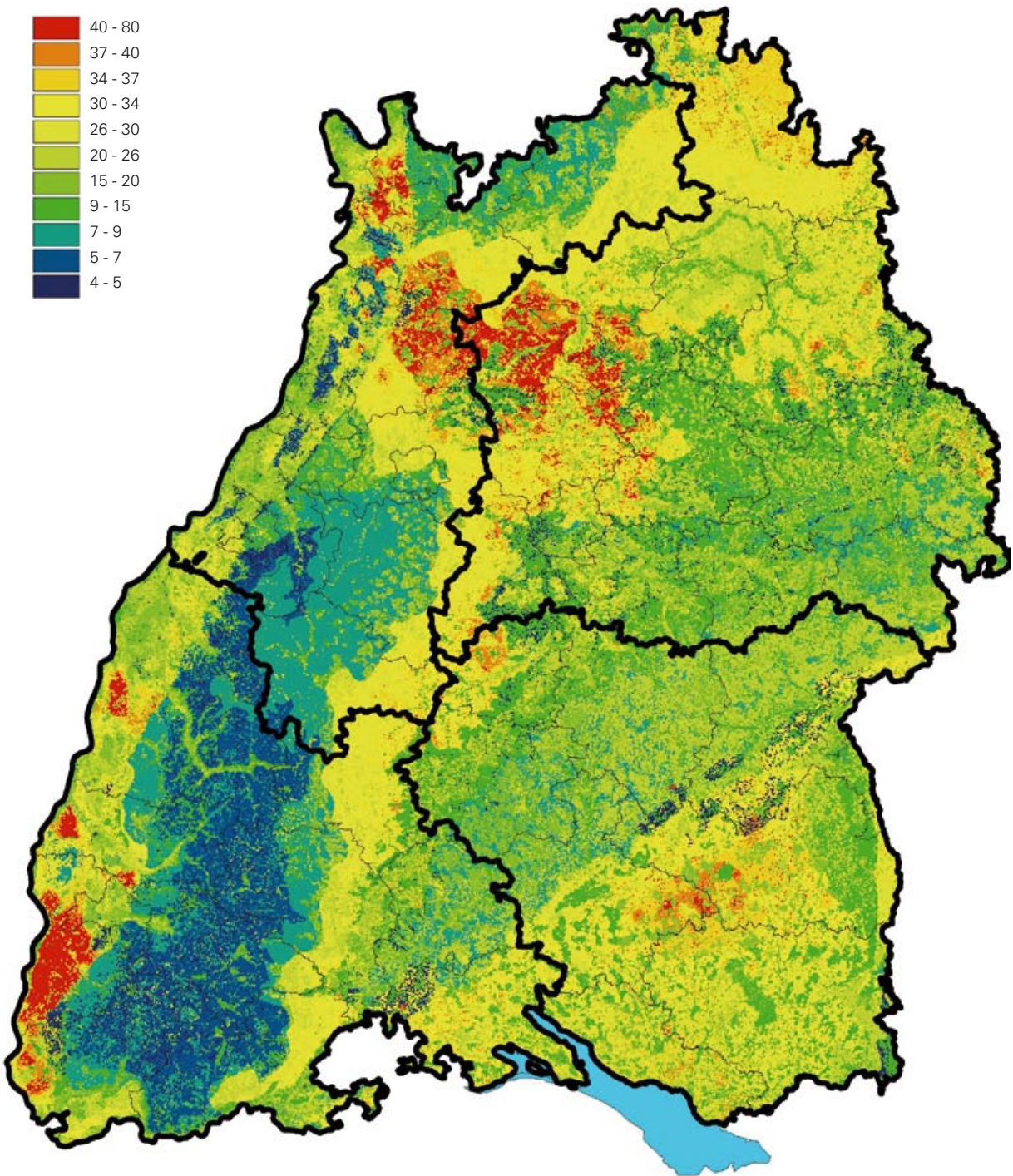
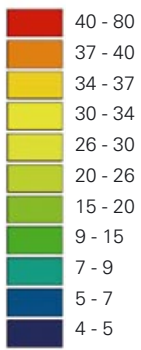


Abbildung 2.4.2: Nitratgehalte 2006. Nur Landesmessstellen mit Landnutzungsarten im Kartenhintergrund, braune Flächen: Ackerbau; violette Flächen: Weinbau. Quellenangabe für die Landnutzungsdarstellung: „Räumliches Informations- und Planungssystem (RIPS)“ - Bearbeitung durch das Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung der Universität Karlsruhe, 1993.

## Nitrat Beprobung 2006

Werte von ... bis ... [mg/l]



0 10 20 30 40 50 Kilometer

Abb. 2.4.3: Verteilung Nitratgehalte 2006 im oberflächennahen Grundwasser, regionalisierte Darstellung nur oberflächennaher Messstellen (Anm.: dargestellt sind 1.840 von insgesamt 2.032 Landesmessstellen, da ein Teil der Messstellen in tiefen Aquiferen verfiltert ist oder für Messstellen keine Aquifer- oder Landnutzungszuordnung vorliegt).

Gegenüber diesen o.g. nur sehr leichten Anstiegen ist die Überschreitungsquote des Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms etwas stärker gestiegen. Während 2005 der Anteil an Landesmessstellen mit Nitratgehalten über 40 mg/l bei 17,3 % lag, zeigen die Auswertungen für 2006 eine mit etwa 1 % leicht gestiegene Überschreitungsquote des Warnwertes von 18,4 % (2004: 17,2 %).

An 2.006 Messstellen des Landesmessnetzes liegen Nitrat-Messwerte sowohl für 2006 als auch für 2005 vor. Beim direkten Vergleich der einzelnen Messstellen zeigt sich, dass 962 Zunahmen des Nitratwertes (maximal um + 70 mg/l) 889 Messstellen mit Abnahmen (bis zu - 138 mg/l) gegenüberstehen. Dies entspricht bei 48 % Zunahmen im Vergleich zu 44 % Abnahmen einem sehr leichten Überwiegen der Zunahmen um das etwa 1,1-fache. Bei den restlichen 155 Messstellen sind die Nitratwerte im Vergleich zum Vorjahr unverändert.

Teilt man die 2.006 Messwerte aus 2006 in sechs Konzentrationsklassen ein und bildet für jede Klasse den Mittelwert der sich aus den Veränderungen von 2006 im Vergleich zu 2005 ergebenden Differenzen, so erhält man die in Abbildung 2.4.4 dargestellte Grafik.

Nachdem von 2003 auf 2004 Zunahmen nur an Messstellen mit sehr hohen Belastungen von größer 80 mg/l und von 2004 auf 2005 Zunahmen in allen Belastungsklassen

mit Gehalten größer/gleich 10 mg/l zu erkennen waren, sind 2006 Zunahmen in den Belastungsklassen von größer/gleich 25 mg/l und Abnahmen in den Belastungsklassen von kleiner 25 mg/l festzustellen.

Die Auswertung ergibt für die oberste Klasse mit 43 stark belasteten Messstellen mit Konzentrationen über 80 mg/l eine mittlere Zunahme des Nitratgehaltes um 4,2 mg/l. Dies ist 2006 die stärkste Zunahme aller Klassen. Jedoch war in dieser Klasse von 2004 auf 2005 die Zunahme mit 8,2 mg/l noch größer gewesen.

In den anderen drei Belastungsklassen mit zunehmenden Nitratgehalten liegen die mittleren Zunahmen im Bereich von 0,8 bis 0,9 mg/l.

Zu den vier Konzentrationsklassen mit zunehmenden Nitratgehalten gehören mit 786 Messstellen mehr als ein Drittel (39 %) der insgesamt 2.006 in den Jahren 2006 und 2005 gemeinsam untersuchten Grundwassermessstellen (Abb. 2.4.4).

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

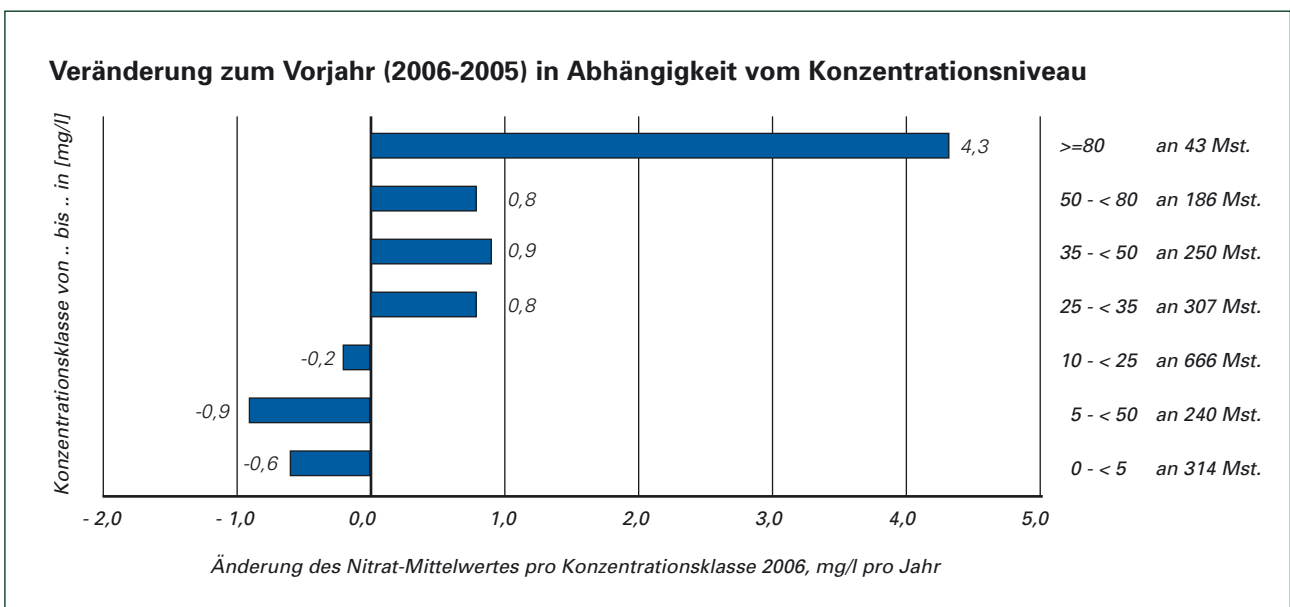


Abbildung 2.4.4: Mittlere Änderung 2006 gegen 2005 in den verschiedenen Konzentrationsklassen.

## Nitrat

Differenz 2006 - 2005

Zu- und Abnahmen  
von 2005 nach 2006

Werte in mg/l

- -138,8 bis -8,0
- > -8,0 bis +8,0
- > +8,0 bis +70,0

Alle Messnetze  
2.006 Messstellen

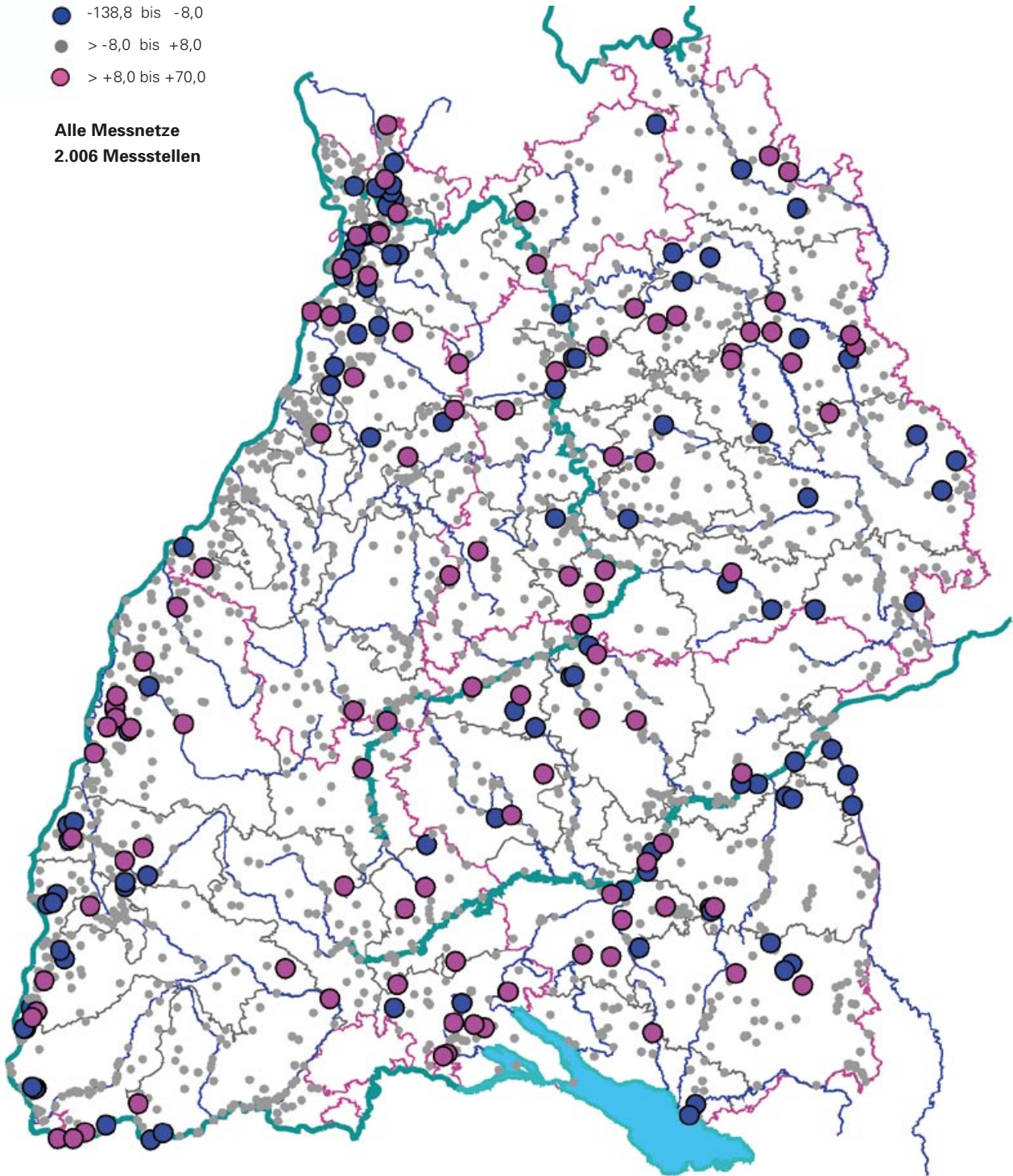


Abbildung 2.4.5: Räumliche Verteilung der kurzfristigen Änderungen der Nitratgehalte (2006 - 2005).

Stellt man die Messstellen mit zu- bzw. abnehmenden Nitratgehalten zwischen 2005 und 2006 graphisch dar, so ergibt sich die in Abbildung 2.4.5 wiedergegebene Karte. Dabei sind die Messstellen mit größeren Zu- bzw. Abnahmen (mit Änderungen von mehr als + bzw. - 8 mg/l) farblich hervorgehoben.

Die Karte zeigt Gebiete mit einer Häufung starker Zunahmen (violette Punkte), wie beispielsweise im Ortenaukreis und in den Landkreisen Konstanz, Sigmaringen und Schwäbisch Hall.

Ein Gebiet mit Häufung starker Abnahmen (blaue Punkte) ist der Raum südlich von Heidelberg bis nördlich von Mannheim. Jedoch findet sich hier ein dichtes Nebeneinander von Zu- und Abnahmen, was - im Vergleich zu großräumigen Einflussgrößen, wie geologische Einheiten oder klimatischen Faktoren - für das Überwiegen sehr lokaler Einflüsse spricht (Abb. 2.4.5).

#### 2.4.1.4 MITTELFRISTIGE VERÄNDERUNGEN (ENTWICKLUNG SEIT 1994)

Eine Mindestanforderung für eine zeitliche Vergleichbarkeit der Ergebnisse ist die Konsistenz der Messreihen. Messstellenkonsistenz bedeutet, dass für jede Messstelle aus jedem Jahr des betrachteten Zeitabschnitts ein Messwert vorliegen muss. Zur Begrenzung jahreszeitlicher Ein-

flüsse werden darüber hinaus nur solche Messwerte verwendet, die aus der jährlich von der LUBW beauftragten „Herbstbeprobungskampagne“, d. h. aus dem Zeitraum zwischen Anfang September und Ende Oktober stammen. Durch dieses Vorgehen wird neben dem Ausschluss jahreszeitlicher Einflussgrößen auch sichergestellt, dass für jede zur Auswertung herangezogene Messstelle nur jeweils ein geprüfter Nitratmesswert vorliegt.

Unter Einhaltung dieser Bedingungen lassen sich im Landesmessnetz, das einen repräsentativen Überblick für das gesamte Land ermöglicht, fundierte Aussagen in Bezug auf längerfristige zeitliche Entwicklungen treffen. Durch unvermeidbare Ausfälle einzelner Messstellen in verschiedenen Beprobungsjahren werden die „konsistenten“ Datenkollektive immer kleiner je länger die betrachteten Zeiträume sind. Für Nitrat ist ein akzeptabler Kompromiss der Zeitraum ab 1994, für den bis 2006 insgesamt 1.625 konsistente Messreihen vorliegen. Das entspricht 80 % aller im Herbst 2006 auf Nitrat untersuchten Messstellen.

Eine wichtige, bei der Dateninterpretation zu beachtende Konsequenz dieser Einschränkung ist, dass zwar die statistischen Kennwerte innerhalb dieser Zeitreihen untereinander vergleichbar sind und insofern Aussagen über Entwicklungstendenzen ermöglichen, jedoch das Niveau der Werte durch die wechselnde Zusammensetzung der

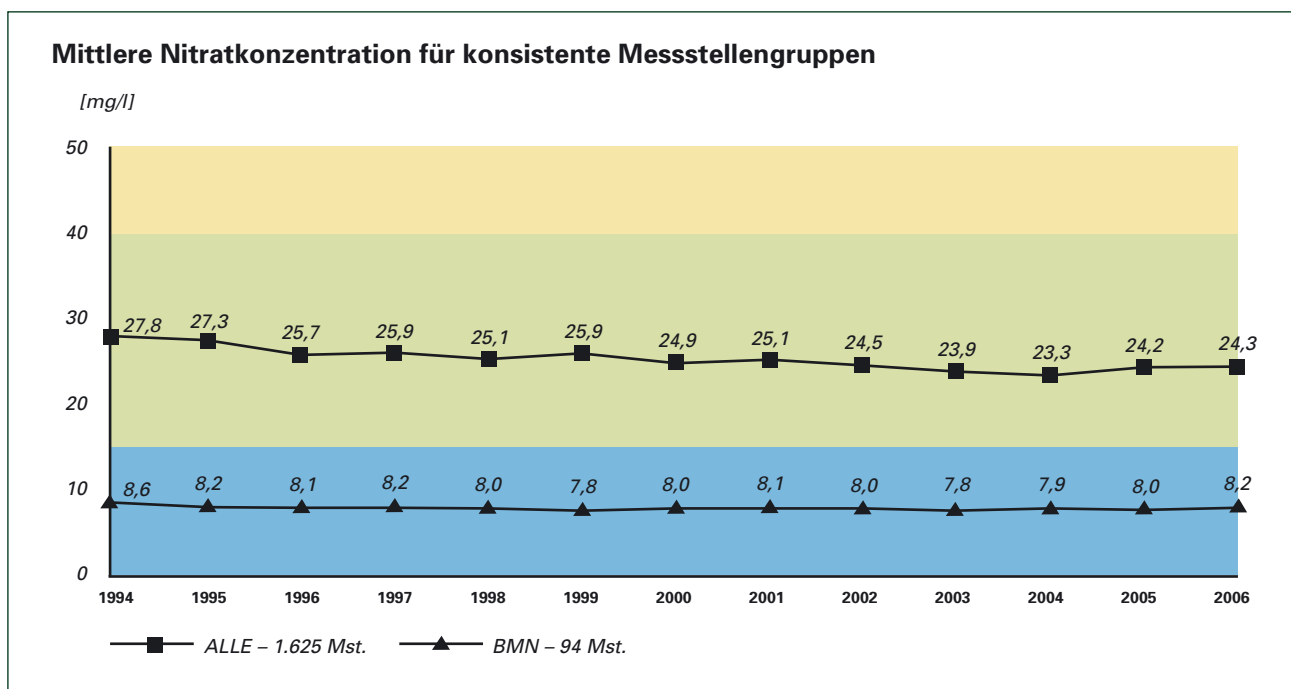


Abbildung 2.4.6: Entwicklung der Mittelwerte für Nitrat zwischen 1994 bis 2006 bei konsistenten Messstellengruppen im Beprobungszeitraum jeweils zwischen Anfang September und Ende Oktober.

### Mittlere Nitratkonzentration für konsistente Messstellengruppen

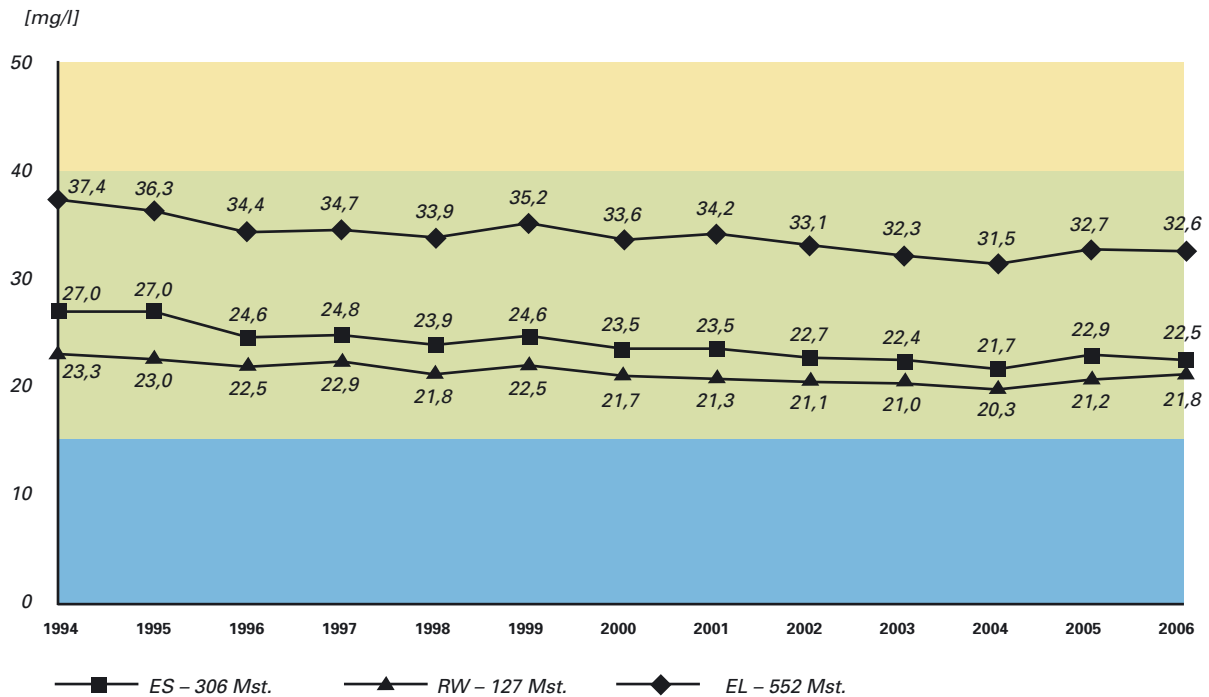


Abbildung 2.4.7: Entwicklung der Mittelwerte für Nitrat zwischen 1994 bis 2006 bei konsistenten Messstellengruppen im Beprobungszeitraum jeweils zwischen Anfang September und Ende Oktober.

konsistenten Reihen in den verschiedenen Zeitspannen durchaus unterschiedlich sein kann.

In den Abbildungen 2.4.6 und 2.4.7 sind die Zeitreihen der konsistenten Messstellengruppen von 1994 bis 2006 jeweils mit den mittleren Nitratgehalten pro Jahr angegeben.

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

Dies wird in den beiden Abbildungen durch die Hintergrundfarben veranschaulicht. Während die hellblaue Farbe für eine Konzentrationsklasse steht, die vor allem durch die geogene Hintergrundbeschaffenheit bzw. geringfügigen anthropogenen Beeinflussungen gekennzeichnet ist, entsprechen der grüne und der gelbe Farbbereich Nitratkonzentrationen mit geringen bis starken Belastungen. Die Grenze zwischen dem grünen und gelben Farbbereich stellt dabei die Konzentration von 40 mg/l, dem Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms, dar.

Betrachtet man in Abbildung 2.4.6 die Zeitreihe ALLE mit 1.625 konsistenten Messstellen, so lässt sich feststellen, dass der Mittelwert der Nitratkonzentration von 24,2 mg/l im Jahr 2005 nur um 0,1 mg/l auf 24,3 mg/l in 2006 gestiegen ist, der Mittelwert also nahezu unverändert ist. Die von 2004 auf 2005 aufgrund des Trockenjahres 2003 erfolgte beachtliche Niveauerhöhung von im Mittel 0,9 mg/l hat sich also 2006 nicht in gleichem Ausmaß erhöht, sondern sich auf dem 2005 erreichten Niveau konsolidiert. Dieses Niveau entspricht dem der Jahre 2002/2003.

Wie zu erwarten, ergeben sich im Basismessnetz nur geringfügige Schwankungen. Der mittlere Nitratgehalt der 94 landesweit verteilten Messstellen ist mit 8,2 mg/l im Jahr 2006 gegenüber dem Vorjahr nur sehr leicht gestiegen und nahezu unverändert.

In Abbildung 2.4.7 sind die Zeitreihen der konsistenten Messstellengruppen von 1994 bis 2006 für die Teilmessnetze Landwirtschaft (EL), Siedlungen (ES) und Rohwasser (RW) graphisch dargestellt. Die Auswertungen zeigen, dass die mittleren Nitratgehalte pro Jahr von 2004 auf 2005 in allen drei Teilmessnetzen als Folge des Trockenjahrs 2003 um beachtliche etwa 1 mg/l gestiegen waren. Jedoch

folgt 2006 nicht nochmals eine weitere Erhöhung von ähnlichem oder gleichem Ausmaß. Die Belastung hat sich konsolidiert, auch wenn in einigen Teilmessnetzen (VF, QMN, RW, EI, BMN) weitere Erhöhungen ersichtlich sind. Erniedrigungen gibt es in den Teilmessnetzen ES, EL, SE.

So hat im Rohwassermessnetz (RW) der mittlere Nitratgehalt der 127 konsistenten Messstellen um 0,6 mg/l zugenommen und liegt jetzt bei 21,8 mg/l. Bei den Emittentenmessstellen Siedlung (ES) im Vergleich zu 2005 hat sich der mittlere Nitratgehalt um 0,4 mg/l auf 22,5 mg/l erniedrigt.

Im Landwirtschaftsmessnetz (EL) ist der mittlere Nitratgehalt nahezu unverändert. Insgesamt hat sich der Nitrat-Mittelwert der 552 konsistenten Messstellen dieses Teilmessnetzes um 0,1 mg/l von 32,7 mg/l im Jahr 2005 auf 32,6 mg/l im Jahr 2006 vermindert, nachdem er sich von 2004 auf 2005 um beachtliche 1,2 mg/l erhöht hatte.

Insgesamt lässt sich festhalten, dass sich 2005 und 2006 der Trend der seit 1994 sinkenden Nitratbelastungen nicht weiter fortgesetzt hat, sowohl an den konsistenten Messstellen des gesamten Messnetzes als auch an den Messstellen der Teilmessnetze. Jedoch hat 2006 eine Konsolidierung der im Jahr 2005 gestiegenen Belastung stattgefunden.

Ähnliche Kurvenverläufe gab es schon in den Jahren 1997, 1999 und 2001. So betrug die aus Abb. 2.4.6 ersichtliche Zunahme von 1998 auf 1999 in der Messstellengruppe ALLE vergleichbare 0,8 mg/l. Die Gruppe EL zeigte damals auch eine Zunahme von 1,3 mg/l (Abb. 2.4.7). In den anderen beiden Jahren 1997 und 2001 waren die Zunahmen jedoch geringer.

Im Jahr 2006 liegen die Mittelwerte der Nitratkonzentrationen für alle Messnetze mit konsistenten Datenreihen deutlich unter den entsprechenden mittleren Gehalten aus dem Jahr 1994 (Abb. 2.4.6 und Abb. 2.4.7). Im gesamten Landesmessnetz hat die mittlere Nitratkonzentration von 1994 bis 2006 um 3,5 mg/l (12,6 %) abgenommen. Im Landwirtschaftsmessnetz ist sie um 4,8 mg/l (12,8 %) gesunken.

#### 2.4.2 NITRAT IN WASSERSCHUTZGEBIETEN (SCHALVO-AUSWERTUNGEN)

In Baden-Württemberg teilen die Landratsämter aufgrund der im Februar 2001 novellierten Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) alle Wasserschutzgebiete (WSG) in drei Nitratklassen (NK 1 - 3) ein:

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

Die Ersteinstufung 2001 erfolgte aufgrund der Datenbasis 1996 - 2000. Diese Einstufungen wurden mit der sogenannten „Deklaratorischen Liste“ im Gesetzblatt Baden-Württemberg am 28.02.2001 veröffentlicht. Jeweils zum 1. Januar des Jahres wird die Einstufung der WSG durch die Unteren Wasserbehörden fortgeschrieben und anschließend im Gesetzblatt als Anlage 7 der SchALVO veröffentlicht.

Die in den folgenden Jahren z.T. vollzogenen Umstufungen erfolgten aufgrund der weiteren Nitratkonzentrationsent-

Tab. 2.4.3: Anzahl und Verteilung der Wasserschutzgebiete nach der SchALVO - Ersteinstufung 2001 und in den folgenden Jahren bis 2007 (einschließlich Teileinzugsgebiete).

Jahr	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
<b>Normalgebiete</b>	2.156	2.091	2.055	2.051	2.049	2.047	2.028
<b>Problemgebiete</b>	319	344	341	323	297	289	294
<b>Sanierungsgebiete</b>	182	177	169	155	140	122	111
<b>Gesamt</b>	2.657	2.612	2.565	2.529	2.486	2.458	2.433

Tab. 2.4.4: Gesamtfläche der baden-württembergischen Wasserschutzgebiete zwischen 2001 und 2007 und Flächenanteile der SchALVO-Wasserschutzgebiets-Nitratklassen (einschließlich Teileinzugsgebiete).

Jahr	Stichtag 15.02.01		Stichtag 31.01.04		Stichtag 31.01.05		Stichtag 31.01.06		Stichtag 31.01.07	
	Fläche [ha]	Anteil [%]	Fläche [ha]	Anteil [%]	Fläche [ha]	Anteil [%]	Fläche [ha]	Anteil [%]	Fläche [ha]	Anteil [%]
<b>Normalgebiete</b>	601.080	73,3	633.494	73,6	703.873	78,8	730.332	80,5	712.291	78,0
<b>Problemgebiete</b>	163.555	19,9	170.419	19,8	136.684	15,3	137.446	15,1	164.976	18,1
<b>Sanierungsgebiete</b>	55.505	6,8	57.304	6,7	52.820	5,9	39.536	4,4	36.256	4,0
<b>Gesamt</b>	820.139	100	861.218	100	893.377	100	907.313	100	913.523	100

## WSG

### Nitratbelastungs- klassen

-  Normalgebiet
-  Problemgebiet
-  Sanierungsgebiet

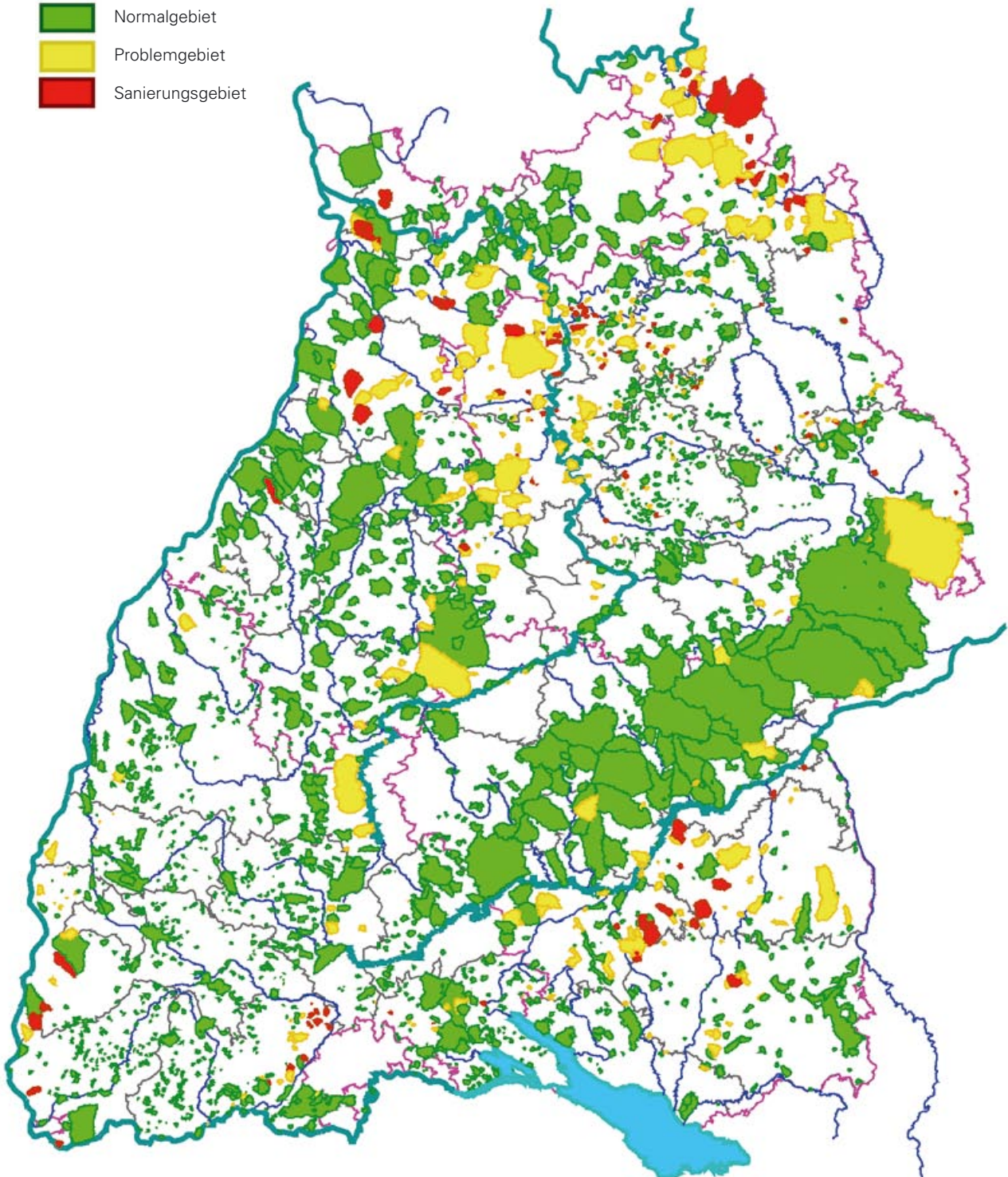


Abb. 2.4.8: Lage der in drei Nitratklassen nach SchALVO eingeteilten Wasserschutzgebiete in Baden-Württemberg (einschließlich Teileinzugsgebiete) (Stand: Januar 2007).



wicklung nach 2001 unter Berücksichtigung des mittleren Nitratkonzentrationsniveaus und des Trendverhaltens.

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

Landesweit ist die Wasserschutzgebietsgesamtläche von 2001 bis Ende 2006 um etwa 93.000 ha erweitert worden (Tab 2.4.4). Die Lage der Wasserschutzgebiete zeigt Abb. 2.4.8.

#### 2.4.2.1 NITRATKLASSENGEBIETE: KURZFRISTIGE VERÄNDERUNGEN (VERGLEICH ZU DEN FÜNF VORJAHREN)

Trotz der kurzen Beurteilungsdauer von nur sechs Jahren wird versucht, Tendenzen darzustellen.

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

##### ■ Wasserschutzgebiete (WSG) in Nitratklasse 1 (NK1) - Normalgebiete:

Nahezu unveränderte mittlere Konzentrationen mit einer sehr leichten Zunahme um 0,1 mg/l von 2001 auf 2006 (+ 0,7 %). Auch im Vergleich zum Vorjahr ergibt sich eine Zunahme: + 0,1 mg/l.

Repräsentativität aufgrund der Ersteinstufung in 2001:

ca. 19 % der gesamten NK1 - WSG in 2001.

##### ■ Wasserschutzgebiete in Nitratklasse 2 (NK2) - Problemgebiete:

Veränderte mittlere Konzentrationen mit einer Abnahme um 1,7 mg/l von 2001 auf 2006 (- 5,0 %). Jedoch ergibt sich im Vergleich zum Vorjahr eine Zunahme: + 0,2 mg/l.

Repräsentativität aufgrund der Ersteinstufung in 2001: ca. 39 % der gesamten NK2 - WSG in 2001.

##### ■ Wasserschutzgebiete in Nitratklasse 3 (NK3) - Sanierungsgebiete:

Veränderte mittlere Konzentrationen mit einer über die Vorjahre durchgängig feststellbaren Abnahme um 3,6 mg/l von 2001 auf 2006 (- 6,9 %). Auch im Vergleich zum Vorjahr ergibt sich eine Abnahme: - 0,9 mg/l.

Repräsentativität aufgrund der Ersteinstufung in 2001: 42 % der gesamten NK3 - WSG in 2001.

Die zweite Auswertung über die nicht konsistenten Nitratklassen - Messstellengruppen aufgrund der Basis der jeweiligen SchALVO-Einstufungsbasis in jedem Jahr zeigt in Abb. 2.4.10:

##### ■ Wasserschutzgebiete in Nitratklasse 2 (NK2) - Problemgebiete:

Veränderte mittlere Konzentrationen mit einer registrierten sehr leichten Zunahme um 0,3 mg/l von 2001 auf 2006 (+ 0,9 %). Auch im Vergleich zum Vorjahr ergibt sich eine Zunahme: + 0,8 mg/l.

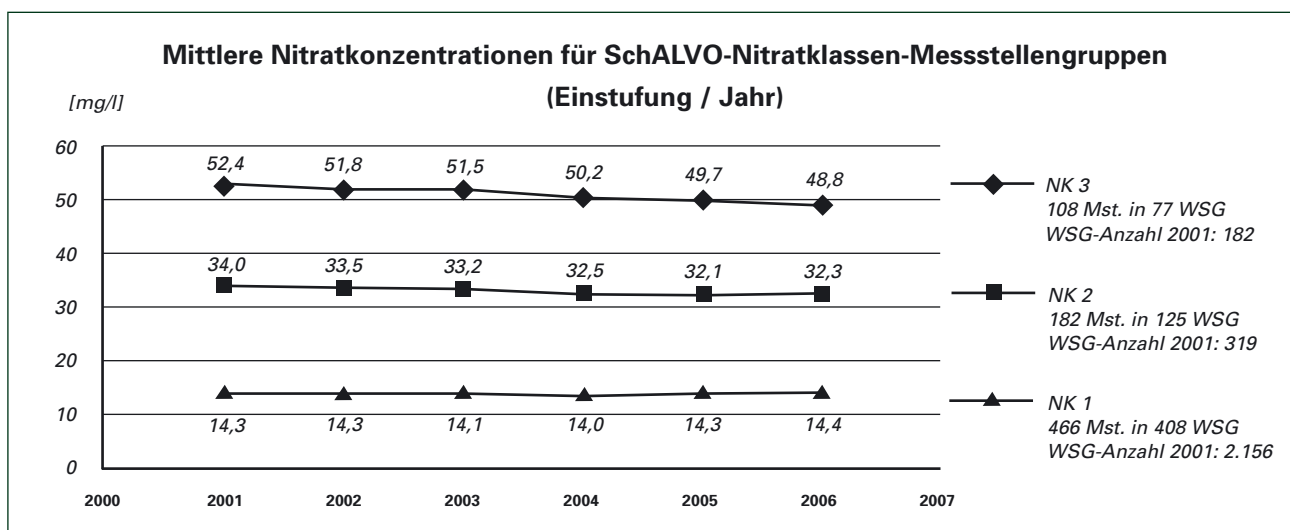


Abb. 2.4.9: Entwicklung der jährlichen Mittelwerte für Nitrat von 2001 bis 2006 für konsistente Messstellen nach SchALVO-Nitratklasseneinstufung über alle pro Jahr und pro Messstelle zur Verfügung stehenden Nitratwerte (SchALVO-Einstufungsbasis: 2001), Abk. siehe Text. (Anm. zur Anzahl WSG in den Nitratklassen: Gegenüber Tab. 2.4.3 mit WSG-Stand 2001 ohne mittlerweile aufgehobene und nicht ersetzte WSG). Datenquelle: alle Landesmessstellen und alle Kooperationsmessstellen der Wasserversorgungsunternehmen, aber nur Messstellen in WSG, welche für die WSG-Einstufung maßgebend sind.

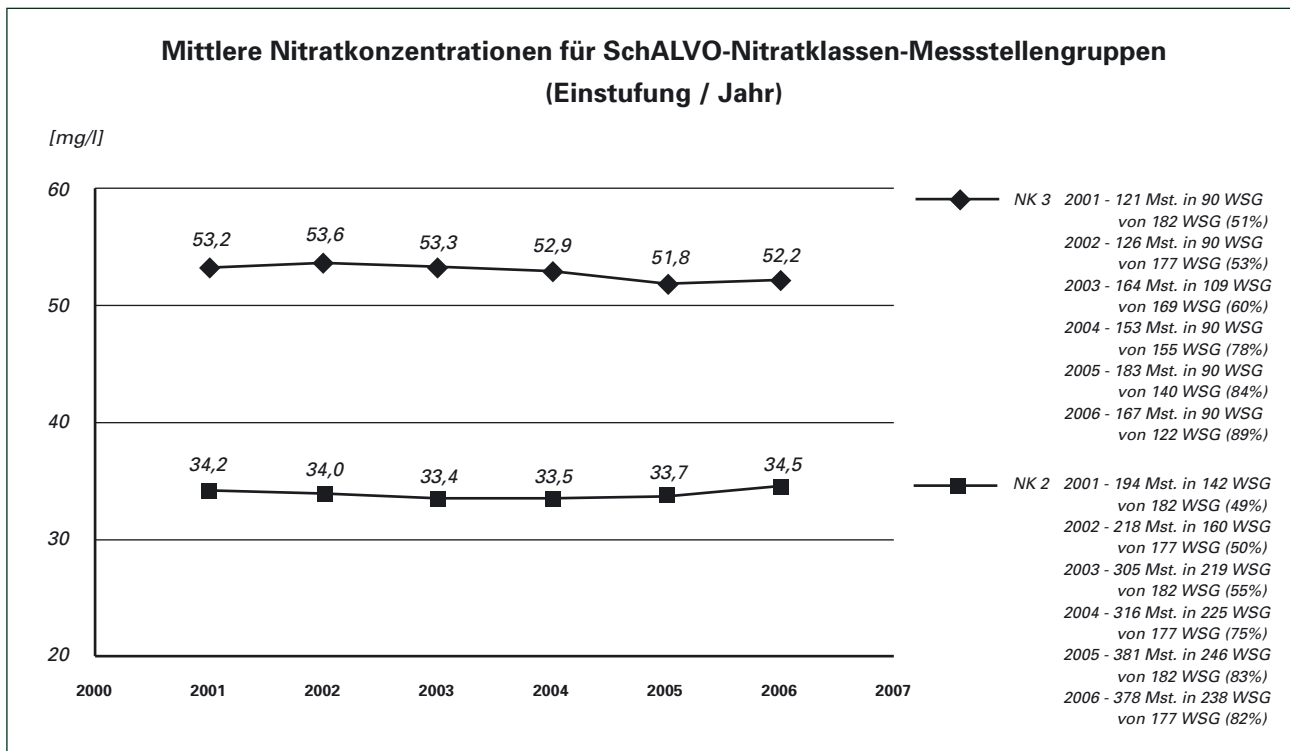


Abb. 2.4.10: Entwicklung der jährlichen Mittelwerte für Nitrat von 2001 bis 2006 für die pro Jahr eingestufteten SchALVO-Nitratklassen-Messstellengruppen über alle pro Jahr und pro Messstelle zur Verfügung stehenden Nitratwerte (SchALVO-Einstufungsbasis: 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006), Datenquelle: alle Landesmessstellen und alle Kooperationsmessstellen der Wasserversorgungsunternehmen, aber nur Messstellen in WSG, die für die WSG-Einstufung maßgebend sind.

Repräsentativität aufgrund der jährlichen Ersteinstufungen: 49 - 83 % der gesamten NK2 - WSG pro Jahr.

■ **Wasserschutzgebiete in Nitratklasse 3 (NK3) - Sanierungsgebiete:**

Veränderte mittlere Konzentrationen mit einer registrierten **Abnahme um 1,0 mg/l** von 2001 auf 2006 (- 1,9 %). Jedoch ergibt sich im Vergleich zum Vorjahr eine Zunahme: + 0,4 mg/l.

Repräsentativität aufgrund der jährlichen Ersteinstufungen: 51 - 89 % der gesamten NK3 - WSG pro Jahr.

**Fazit:** In den Wasserschutzgebieten ist anhand der hier erst genannten Auswertung über konsistente Messstellen festzustellen, dass der Nitratwert gegenüber allen Vorjahren nur in den höher belasteten Sanierungsgebieten auch im Jahr 2006 abnimmt.

Dagegen hat sich in den Problemgebieten der bisher über die Vorjahre festgestellte durchgehend abnehmende Trend nicht weiter fortgesetzt. Hier kommt es erstmals seit 2001 im Jahr 2006 gegenüber 2005 zu einem sehr leichten Anstieg der mittleren Belastung, wobei der mittlere Nitratwert noch unter der Belastung aus 2001 liegt.

Bei Betrachtung der konsistenten Messstellen mit mindestens einer Beprobung pro Jahr ergeben sich für 2006 gegenüber 2001 signifikante Abnahmen um 5 - 7 % in den Problem- und Sanierungsgebieten.

In den Normalgebieten ist gegenüber 2001 wie auch gegenüber dem Vorjahr 2005 eine sehr leichte Mittelwerterhöhung festzustellen. Jedoch liegt diese im Bereich der zu erwartenden Schwankungsbreite.

Die bei der zweiten Auswertung mit nicht konsistenten Messwertreihen festgestellten deutlichen Erhöhungen zum Vorjahr - bei den Problemgebieten sogar über das in 2001 vorhandene Belastungsniveau - sind inhaltlicher und statistischer Natur und beruhen offenbar auf den von den Unteren Wasserbehörden vorgenommenen Klassen-Umstufungen und Schutzgebietsaufhebungen. Von 2005 auf 2006 wurden mehrheitlich mehr Rückstufungen von Klasse 3 auf 2 vorgenommen als Höherstufungen.

Der Klassenwechsel von mittlerweile weniger belasteten Schutzgebieten aus Nitratklasse 3 in 2 führt zu einer Erhöhung des Gruppenmittelwertes der verbleibenden immer noch sehr hoch belasteten Wasserschutzgebiete in

Klasse 3. In Klasse 2 führt der Neuzugang höher belasteter Schutzgebiete aus Klasse 3 auch zu einer Erhöhung der mittleren Belastung.

#### 2.4.2.2 MITTELFRISTIGE VERÄNDERUNGEN INNERHALB UND AUSSERHALB VON WASSERSCHUTZGEBIETEN (ENTWICKLUNG SEIT 1994)

Abb. 2.4.11 zeigt die mittelfristige Entwicklung seit 1994, ebenfalls für konsistente Messstellengruppen, basierend auf der im Jahr 2006 aktuellen Lage innerhalb und außerhalb von Wasserschutzgebieten.

**Fazit:** Auch diese Auswertung zeigt den in den letzten zwölf Jahren allgemein abnehmenden Trend bei der Nitratbelastung auf, und zwar sowohl innerhalb wie auch außerhalb von Wasserschutzgebieten. Der Trend wird jedoch von zwei Anstiegen von 1998 auf 1999 und von 2004 auf 2005 unterbrochen. Durch den letzten Anstieg wird jedoch nicht wieder das Niveau von 1994 erreicht, sondern nur das Niveau der Jahre 2002/2003. In 2006 konsolidiert sich die Belastung auf dem Niveau des Vorjahres von 2005.

Im Jahr 2006 wird das zuletzt 2005 erreichte höhere Niveau

gehalten. Gegenüber dem Vorjahr sinkt die mittlere Belastung außerhalb der Wasserschutzgebiete um 0,1 mg/l, innerhalb der Wasserschutzgebiete verharrt sie auf 23,6 mg/l.

Die gemeinsame Konzentrationszunahme von 2004 auf 2005 war auf die ausgebliebene Versickerung in den beiden Trockenjahren 2003/2004 – d.h. Anreicherung des Stickstoffs in der ungesättigten Zone – und die dann erst zur Jahreswende 2004/2005 beginnende Versickerung – d.h. Lösung und Transport des Stickstoffs – zurückzuführen. Erst 2005 erreichten die in 2003 im Boden gemessenen Nitratkonzentrationszunahmen auch das Grundwasser. Dieser Transportvorgang hat sich offenbar 2006 fortgesetzt.

Erfreulich war, dass 2005 der Anstieg der mittleren Nitratkonzentrationen innerhalb der Wasserschutzgebiete deutlich geringer ausgefallen war als außerhalb. Während damals der Anstieg im Grundwasser außerhalb der Wasserschutzgebiete 1 mg/l betrug, war innerhalb der Wasserschutzgebiete eine geringere Zunahme von nur 0,4 mg/l festzustellen. In den Problem- und Sanierungsgebieten greifen offensichtlich die Maßnahmen in der Landwirtschaft, so dass selbst solch ungünstige Witterungsrandbedingungen ausgeglichen werden können.

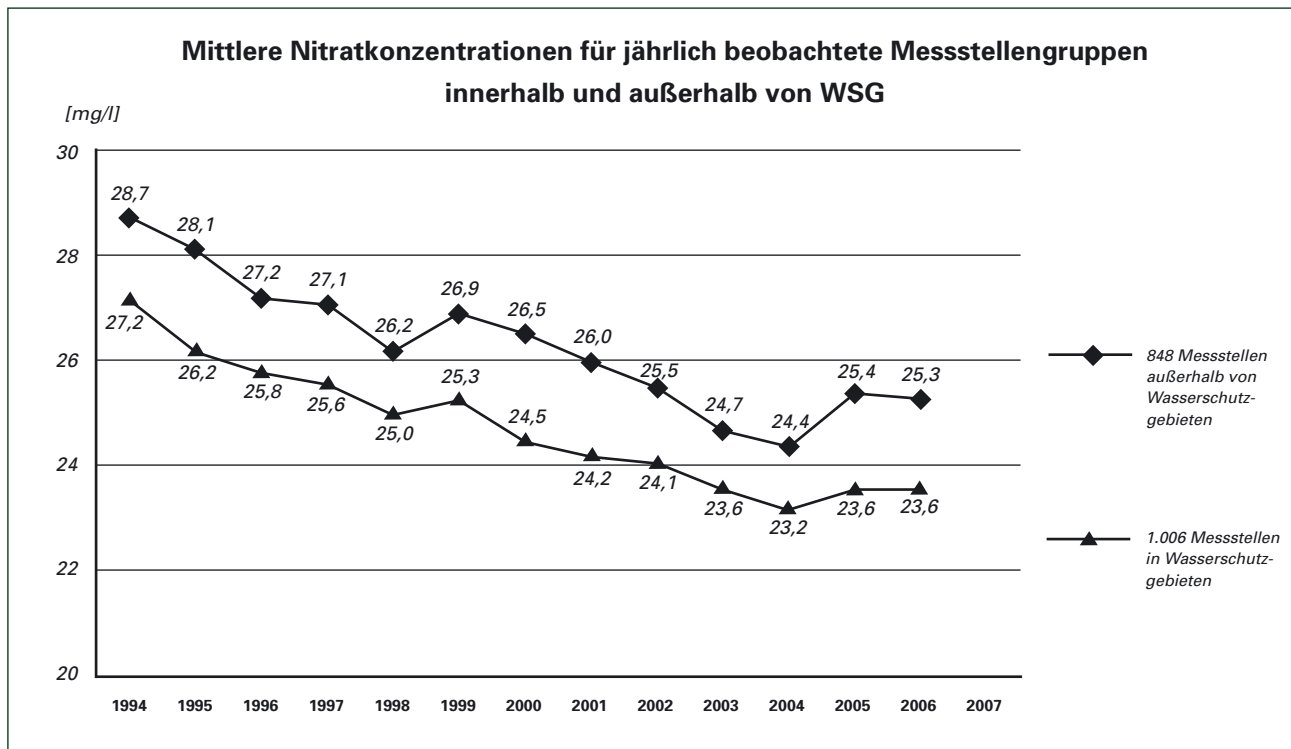


Abb. 2.4.11: Entwicklung der jährlichen Mittelwerte für Nitrat von 1994 bis 2006 für 1.006 konsistente Messstellen in Wasserschutzgebieten (WSG) und für 848 konsistente Messstellen außerhalb von Wasserschutzgebieten über alle pro Jahr und pro Messstelle zur Verfügung stehenden Nitratwerte, Stichtag 08.05.2007, Datenquelle: alle Landesmessstellen und alle Kooperationsmessstellen der Wasserversorgungsunternehmen.

Die Auswertung von allen in der Datenbank vorhandenen 1.854 konsistenten Messstellen (Stichtag 08.05.2007) mit der Differenzierung auf die Messstellenlage innerhalb und außerhalb von Wasserschutzgebieten lässt - wie schon in den letzten Jahren - beim Gesamttrend seit 1994 keine Unterschiede zu erkennen. Bei beiden konsistenten Messstellengruppen existiert ein seit 1994 allgemein sinkender Trend von jeweils etwa minus 0,3 mg/l · Jahr.

Die Abnahmen gegenüber 1994 betragen 2006 für Messstellen außerhalb von Wasserschutzgebieten derzeit minus 3,4 mg/l (- 11,8 %), für Messstellen innerhalb von Wasserschutzgebieten minus 3,6 mg/l (- 13,2 %).

Es bleibt abzuwarten, ob die 2005 einsetzende und die im Jahr 2006 weiterhin zu beobachtende Nitratauswaschung des in den beiden Trockenjahren 2003/2004 in den oberen Bodenschichten angereicherten Stickstoffs in das Grundwasser bereits abgeschlossen ist oder nicht.

Jedoch lassen die 2006 erkennbare Konsolidierung der Grundwasserbelastung auf dem 2005 erreichten Niveau und die nach 2003 gemessenen weitaus niedrigeren Bodenstickstoffwerte in landwirtschaftlich genutzten Böden mittelfristig wieder eine Fortsetzung des fallenden Trends erwarten.

## 2.5 PFLANZENSCHUTZMITTEL (PSM)

### 2.5.1 ZULASSUNG, VERWENDUNG, KLASSIFIZIERUNG

Die Zulassung von Pflanzenschutzmitteln erfolgt in Deutschland durch das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL). Dabei arbeitet das BVL mit drei anderen Bundesbehörden zusammen, die jeweils unterschiedliche Aufgaben haben:

- Biologische Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft (BBA): Prüfung von Wirksamkeit, Pflanzenverträglichkeit, praktischer Anwendbarkeit und Nutzen

- Bundesinstitut für Risikobewertung (BfR): Beurteilung der Auswirkungen auf die Gesundheit von Mensch und Tier
- Umweltbundesamt (UBA): Beurteilung möglicher Auswirkungen auf den Naturhaushalt.

Das BVL selbst bewertet die Zusammensetzung und die physikalisch-chemischen Eigenschaften der Produkte. Das Prüfungs- und Bewertungsverfahren ist EU-weit in der Richtlinie über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln (91/414/EWG) festgelegt. Die Zulassung eines Pflanzenschutzmittels kann in einem der Mitgliedsstaaten nur dann erfolgen, wenn der entsprechende Wirkstoff im Anhang 1 dieser Richtlinie genannt ist.

Weiterhin hört das BVL im weiteren Zulassungsverfahren den Sachverständigenausschuss des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz an. Um eine sichere Anwendung zu gewährleisten, kann das BVL bei der Zulassung die Pflanzenschutzmittel mit Anwendungsbeschränkungen und Auflagen versehen. PSM werden befristet für höchstens 10 Jahre zugelassen. Danach erfolgt eine erneute Zulassung aufgrund des aktuellen Kenntnisstands. Die Zulassungspflicht für PSM besteht schon seit 1968.

Derzeit (Stand 01.01.2007) sind in der Bundesrepublik Deutschland 254 PSM-Wirkstoffe in 1.026 Handelsprodukten auf dem Markt. Im Jahr 2005 entfiel der mit 50 % mengenmäßig weitaus größte Anteil auf die Herbizide, gefolgt von den Fungiziden mit 33 % und den Insektiziden mit 3 % (Tabelle 2.5.1). Die meisten PSM werden in der Landwirtschaft eingesetzt, während nur ein kleiner Teil der abgesetzten Wirkstoffmenge (etwa 2 %) auf den Bereich Haus und Garten entfällt. Weiterhin werden Herbizide auf Nichtkulturland, wie auf und an Böschungen, gepflasterten oder nicht versiegelten Brach- und Betriebsflächen, Flugplätzen, Gleisanlagen, Strassen sowie auf Parkplätzen

Tabelle 2.5.1: Abgesetzte Wirkstoffmengen in Deutschland 2005 in Tonnen (IVA-Mitgliedsfirmen).

Wirkstoffklasse	2002	2003	2004	2005	2005 Anteil in %
<b>Herbizide</b>	12.135	15.153	15.113	14.355	50
<b>Fungizide</b>	9.713	9.720	7.547	9.469	33
<b>Insektizide</b>	737	895	1.183	789	3
<b>Sonstige</b>	4.050	2.833	2.736	3.897	14
<b>Summe</b>	26.635	28.601	26.579	28.510	100

Quelle: Jahresbericht 2005/2006 des Industrieverbands Agrar e.V. (IVA).

Tabelle 2.5.2: Die wichtigsten chemischen Stoffklassen der PSM-Wirkstoffe.

Stoffklasse	Wirkstoffklasse / Eigenschaften	Beispiele
<b>Organochlorverbindungen</b>	Insektizide, schwer abbaubar Anreicherung im Biokreislauf, in BRD seit 1960er Jahre verboten	DDT, HCH, Lindan (Gamma-HCH)
<b>Organophosphorverbindungen</b>	selektive Insektizide oder Akarizide (Milben), meist gut abbaubar	Parathion-Ethyl (E605), Malathion
<b>Organostickstoffverbindungen</b>		
- Carbamate	je nach Struktur insektizid, herbizid oder fungizid, meist gut abbaubar	Carbofuran, Pirimicarb
- Phenylharnstoffe	hauptsächliche Herbizide, gelten als gut abbaubar	Isoproturon, Diuron, Chlortoluron
- Triazine	Herbizide, schwer abbaubar, meist verboten	Atrazin, Simazin, Terbutylazin
<b>Carbonsäurederivate</b>		
- Phenoxyalkancarbonsäuren	Herbizide, langsamer Abbau der gebildeten Carbonsäuren	2,4-D, Mecoprop, Dichlorprop
- Derivate aliphatischer Carbon- säuren	Herbizide	Dalapon

angewendet, um diese Flächen von Pflanzenbewuchs freizuhalten.

Neben der Klassifizierung der PSM nach ihrer Wirkung ist es auch gebräuchlich, sie nach Stoffklassen einzuteilen, zu denen sie aufgrund ihrer chemischen Struktur gehören. Damit eng verbunden ist auch die analytische Bestimmungsmethode. Die Stoffklassen, zu denen die wichtigsten synthetisch-organischen Pflanzenschutzmittelwirkstoffe gehören, sind in Tabelle 2.5.2 mit beispielhaften Vertretern angegeben.

### 2.5.2 UMWELTRELEVANZ, BERICHTSPFLICHTEN, FUNDAUFKLÄRUNG

Nach der Umweltqualitätsnorm der WRRL bzw. der TrinkwV vom 21.05.2001 gilt für die Einzelwerte der PSM-Wirkstoffe und deren relevanter Abbauprodukte ein Grenzwert von 0,1 µg/l. Eine Ausnahme bilden hierbei die vier Organochlorpestizide Aldrin, Dieldrin, Heptachlor und Heptachlorepoxyd, für die nach der TrinkwV ein deutlich niedriger Grenzwert von je 0,03 µg/l festgelegt wurde.

Für die Summe an PSM gilt ein Grenzwert von 0,5 µg/l. Dabei ist jedoch nicht definiert, wie viele und welche Substanzen zur Summenbildung heranzuziehen sind.

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

Die Ergebnisse der PSM-Untersuchungen aus den Landesmessnetzen werden regelmäßig an das Umweltbundesamt übermittelt, das diese Daten veröffentlicht. Auf der Grundlage dieser Listen kann das BVL als Zulassungsbehörde bei Grenzwertüberschreitungen von Wirkstoffen oder relevanten Metaboliten den Zulassungsinhaber mit der Fundaufklärung beauftragen.

### 2.5.3 PROBENNAHME UND ANALYTIK

Die Konzentrationen der PSM-Wirkstoffe im Grundwasser liegen üblicherweise im Bereich von ng/l bis µg/l. Daher muss bereits die Probennahme mit entsprechender Sorgfalt durchgeführt werden. Die Vorgehensweise sowie die zu verwendenden Probennahmegeräte, Aufbewahrungsbedingungen und Analysenmethoden sind im „Leitfaden für Probennahme und Analytik von Grundwasser“ (LfU, 2000) beschrieben. In den meisten Fällen werden die Wirkstoffe nach einem Anreicherungsschritt (Festphasen- oder Flüssig/Flüssig-Extraktion) mittels der Gaschromatographie (GC) oder der Hochleistungs-Flüssigkeits-Chromatographie (HPLC) getrennt und mit einem geeigneten Detektor quantitativ bestimmt. In neuerer Zeit ist noch die Methode der Flüssigchromatographie mit Tandem-Massenspektrometrie (LC/MS-MS) hinzugekommen. Die einzelnen Verfahrensschritte bedingen jeweils Ergebnisunsicherheiten, so dass man bei der Konzentrationsbestimmung von Pflanzenschutzmitteln und dem damit verbundenen Arbeiten im niedrigen Konzentrationsbereich mit insgesamt höheren Toleranzbereichen als beispielsweise bei der Bestimmung von Nitrat rechnen muss.

Die Bestimmungsgrenze beträgt bei den 2006 untersuchten Wirkstoffen in mehr als 88 % der Analysen 0,05 µg/l und nur in wenigen Fällen 0,02 oder 0,01 µg/l. Das PSM-Messprogramm 2006 enthielt zahlreiche Stoffe, die üblicherweise nicht zum Routinemessprogramm der meisten Laboratorien gehören. Im Vorfeld beauftragte daher die LUBW die AQS-Stelle Baden-Württemberg mit der Durchführung einer Vergleichsuntersuchung zur Vorqualifizierung der Laboratorien. Die Ergebnisse sind in Abbildung 2.5.1 zusammengestellt. Hellgrau unterlegt ist die einfache Standardabweichung vom Sollwert, schwarz unterlegt sind die Ausschlussgrenzen. Die Ausschlussgrenzen umfassen die prozentuale Abweichung vom Sollwert, die noch als „richtig“ akzeptiert werden kann. Breitere Messwertstreuungen um den Sollwert führen zu höheren Standardabweichungen und höheren Werten für die Ausschlussgrenze.

Die gefundenen Ausschlussgrenzen und damit die Schwankungsbreiten um den Sollwert liegen je nach Wirkstoff zwischen 15 und rund 60 %. Die Darstellung lässt den Schluss zu, dass Wirkstoffe, die bereits bei früheren Beprobungen untersucht wurden wie Chlortoluron, Isoproturon, Methabenzthiazuron und Linuron tendenziell „besser“

von den Laboratorien beherrscht werden als Wirkstoffe, für die erst im Rahmen der Beprobung 2006 die entsprechende Analytik im Laboratorium etabliert werden musste. Zum Vergleich sind die Kennzahlen des seit mehr als zwei Jahrzehnten in der Routineanalytik gemessenen und inzwischen von den Laboratorien „gut beherrschte“ Pflanzenschutzmittel Atrazin sowie Nitrat im Diagramm dargestellt. Letzteres ist als anorganisches Ion sehr viel besser bestimmbar als die PSM.

Trotz der großen Fortschritte in der Entwicklung der Messverfahren liegen somit Schwankungsbreiten von 30 – 40 % bei der PSM-Analytik im üblichen Bereich.

Alle PSM-Befunde mit Grenzwertüberschreitungen an den Landesmessstellen wurden durch Paralleluntersuchungen, Analysen von Rückstellproben oder durch Nachbeprobungen mit mindestens dreifacher Parallelbestimmung in verschiedenen Laboratorien abgesichert. Dieser hohe finanzielle und logistische Aufwand für die Qualitätssicherung ist erforderlich, um für die Berichtspflichten gegenüber Bund und Land sowie für die Fundaufklärung durch die Zulassungsinhaber belastbare Daten vorlegen zu können.

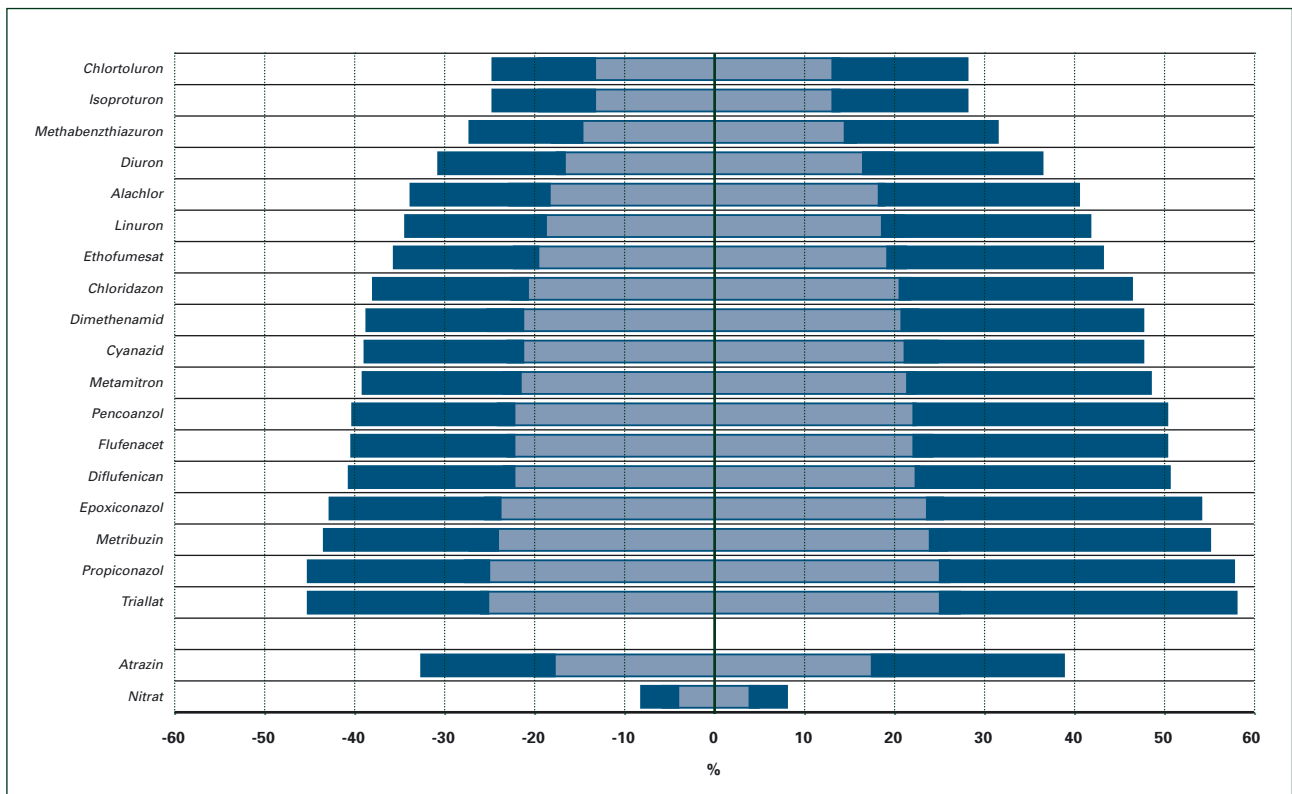


Abb. 2.5.1: Ergebnisse der Laborvergleichsuntersuchung der AQS-Baden-Württemberg: Relative Standardabweichung (hell) und Ausschlussgrenzen (dunkel); Sollwert = 0 %.

## 2.5.4 BISHER UNTERSUCHTE WIRKSTOFFE

Tabelle 2.5.3 gibt einen Überblick über die Zahl der Messstellen, die seit 1993 im landesweiten Grundwassermessnetz auf die aufgelisteten 101 PSM-Wirkstoffe untersucht wurden. Aus Kostengründen und aufgrund der sehr breiten Palette überwachungsrelevanter PSM-Parameter ist es nicht möglich, jeden Wirkstoff in jedem Jahr zu analysieren. Mehrfach wurden daher bestimmte Stoffe zunächst pilotmäßig an ausgewählten Messstellen und dann je nach Relevanz auch im gesamten Messnetz untersucht. Die Aufstellung beinhaltet sowohl die vom Land beauftragten

Analysen als auch die von den Wasserversorgungsunternehmen im Rahmen der Kooperationsvereinbarungen an die Grundwasserdatenbank übermittelten Analysen. Im Jahr 2005 steigt bei zahlreichen Wirkstoffen die Zahl der Messstellen gegenüber den Vorjahren um etwa 600 bis 800 auf über 3.000 Messstellen. Dies ist insbesondere auf die Kooperationsvereinbarung aus dem Jahre 2003 zurückzuführen, die die Übermittlung von PSM-Analysen für die im Rahmen der SchALVO notwendigen Wasserschutzgebieten-Einstufungen vorsieht. Damit steht in Baden-Württemberg für sehr viele Wirkstoffe und Abbauprodukte eine große

Tabelle 2.5.3 : Gesamtanzahl der auf PSM untersuchten Messstellen im Grundwassermessnetz 1993 - 2006. Es sind nur Wirkstoffe und Abbauprodukte genannt, die an mindestens 100 Messstellen untersucht wurden; Fettdruck: Wirkstoffe und Abbauprodukte, die an mehr als 1.500 Messstellen untersucht wurden. Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 04/2007, Landesmessstellen und Kooperationsmessstellen der WWU.

Wirkstoffe und Abbauprodukte	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<b>2,4-Dichlorphenoxyessigsäure (2,4D)</b>				599				157		<b>2160</b>		<b>2746</b>	854	220
<b>2,6-Dichlorbenzamid</b>					<b>2128</b>	213	653	<b>2316</b>	<b>2307</b>	919	787	389	<b>3563</b>	328
<b>Alachlor</b>		128	122	157					314					<b>1626</b>
Aldicarb			116						310					
<b>Aldrin</b>		125	124	135							<b>2228</b>	103		
Ametryn	152	118	128	148										
Aminomethylphosphonsäure (AMPA)					152					195				
<b>Atrazin</b>	<b>2498</b>	<b>2727</b>	<b>2565</b>	<b>2689</b>	774	1207	1178	<b>2696</b>	<b>2682</b>	1263	944	537	<b>3604</b>	389
Azinphos-ethyl		154		100										
Azinphos-methyl	104													
<b>Bentazon</b>				564				<b>2150</b>		<b>2137</b>		<b>2752</b>	889	229
<b>Bromacil</b>	<b>2173</b>	<b>2409</b>	<b>2277</b>	<b>2384</b>	328	917	839	<b>2386</b>	<b>2372</b>	940	784	377	<b>3544</b>	325
Carbofuran	297	274	281	305	149	125	140	128						
Chlorfenvinphos		205	122	160										
<b>Chloridazon</b>	102		105					159						<b>1618</b>
<b>Chlorpyrifos</b>					348					<b>2137</b>				
<b>Chlortoluron</b>	112	770	<b>2095</b>	103	273			<b>2217</b>		<b>2197</b>			206	<b>2484</b>
<b>Cyanazid</b>	270	275	314	539	211	247	289	480	676	260			191	<b>1650</b>
<b>Desethylatrazin</b>	<b>2498</b>	<b>2728</b>	<b>2565</b>	<b>2689</b>	781	1205	1178	<b>2695</b>	<b>2675</b>	1265	944	538	<b>3602</b>	386
<b>Desethylterbuthylazin</b>	<b>2325</b>	<b>2532</b>	1200	<b>2530</b>	563	1093	1066	<b>2636</b>	<b>2611</b>	1195	912	507	<b>3591</b>	382
<b>Desisopropylatrazin</b>	<b>2357</b>	<b>2567</b>	1253	<b>2560</b>	546	1120	1073	<b>2629</b>	<b>2611</b>	1198	917	509	<b>3593</b>	378
Desmetryn	205	169	180	197	116	131	124	136						
<b>Diazinon</b>	205	169	169	172	<b>2240</b>	226	107		104	<b>2223</b>				
<b>Dicamba</b>										<b>2135</b>		<b>2731</b>	854	220
<b>Dichlobenil</b>	197	235	244	273	<b>2214</b>	241	131	281	302	203		154	188	
<b>Dichlordiphenyldichlorethen (p,p') DDE (p,p')</b>				114							<b>2188</b>			
<b>Dichlordiphenyldichlorethan (o,p') DDT (o,p')</b>				114							<b>2183</b>			
<b>Dichlordiphenyldichlorethan (p,p') DDT (p,p')</b>				114							<b>2188</b>			
<b>Dichlorprop (2,4-DP)</b>				596				157		<b>2165</b>		<b>2748</b>	852	226
Dichlorvos	119													
Diclofenthion	119													
<b>Dieldrin</b>											<b>2225</b>			
<b>Diflufenican</b>														<b>1614</b>
<b>Dimethenamid</b>														<b>1617</b>
Dimefuron										197				
<b>Dimethoat</b>	229	132	205	145	<b>2212</b>	200		107	104	<b>2223</b>				
<b>Disulfoton</b>					308					<b>2137</b>				
<b>Diuron</b>	516	784	<b>2102</b>	112	614			<b>2220</b>		<b>2198</b>		100	205	<b>2489</b>
<b>Endosulfan, -β</b>				112							<b>2194</b>			
<b>Endosulfan, -α</b>				112							<b>2194</b>			
<b>Endrin</b>											<b>2188</b>			
<b>Epoxiconazol</b>														<b>1617</b>
<b>Ethofumesat</b>														<b>1617</b>
Etrimfos	188	120	123	131										
<b>Fenitrothion</b>	119			114	<b>2186</b>	165				<b>2189</b>				
Fluazifop-butyl	105			101										
<b>Flufenacet</b>														<b>1617</b>

Wirkstoffe und Abbauprodukte	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<b>Flufenoxuron</b>					307				311					
<b>Formothion</b>	119				351									
<b>Glyphosat</b>					304					195				
<b>Heptachlor</b>											<b>2228</b>			
<b>Heptachlorepoxyd, cis-</b>											<b>2189</b>			
<b>Heptachlorepoxyd, trans</b>											<b>2188</b>			
<b>Hexachlorbenzol</b>				112							<b>2188</b>			
<b>Hexachlorcyclohexan, -α</b>				114					313		<b>2187</b>			
<b>Hexachlorcyclohexan, -β</b>				114					312		<b>2192</b>			
<b>Hexachlorcyclohexan, -δ</b>									313		<b>2192</b>			
<b>Hexachlorcyclohexan, -γ (Lindan)</b>	147	146	133	174					316		<b>2193</b>			
<b>Hexazinon</b>	<b>2179</b>	<b>2395</b>	<b>2265</b>	<b>2396</b>	362	948	871	<b>2418</b>	<b>2397</b>	980	765	393	<b>3545</b>	337
<b>Isodrin</b>											<b>2187</b>			
<b>Isoproturon</b>	177	809	<b>2136</b>	127	<b>2217</b>	143		<b>2240</b>		<b>2201</b>		101	208	<b>2486</b>
<b>Linuron</b>	129	766	<b>2055</b>		142			118		<b>2168</b>			204	<b>2476</b>
Lenacil								119						
<b>Malathion</b>	129	124	102		<b>2193</b>	166				<b>2193</b>				
<b>MCPA</b>				191				156		<b>2163</b>		<b>2752</b>	882	
<b>Mecoprop (MCP)</b>				596				163		<b>2169</b>		<b>2754</b>	879	227
Mercaptodimethur									311					
<b>Metalaxyl</b>	<b>2151</b>	<b>2329</b>	975	<b>2300</b>	275	894	771	<b>2340</b>	<b>2315</b>	889	722	311	<b>3531</b>	281
<b>Metamitron</b>				100				152						<b>1616</b>
<b>Metazachlor</b>	<b>2422</b>	<b>2626</b>	1294	<b>2611</b>	597	1160	1127	<b>2665</b>	<b>2633</b>	1226	924	522	<b>3591</b>	384
<b>Methabenzthiazuron</b>	112	742	<b>2061</b>		244			164		<b>2168</b>			206	<b>2474</b>
Methoxychlor		132												
Metobromuron	115	177	375		134									
Metoxuron	115	177	375		134									
<b>Metolachlor</b>	<b>2423</b>	<b>2621</b>	1245	<b>2609</b>	616	1159	1126	<b>2642</b>	<b>2619</b>	1200	924	524	<b>3597</b>	376
<b>Metribuzin</b>	269	233	243	280	113	144	120	195	191					<b>1634</b>
Mevinphos	129	108	102											
Monuron					107									
Monolinuron		131	299											
Neburon					307									
Oxadixyl				100										
<b>Parathion-ethyl (E 605)</b>	208	359	258	352	<b>2225</b>	270	139	219	182	<b>2230</b>				
Parathion-methyl	260	376	290	305	146	160	138	123						
<b>Penconazol</b>														<b>1617</b>
<b>Pendimethalin</b>	203	228	203	310	<b>2252</b>	247	179	293	276	<b>2209</b>				
<b>Pentachlornitrobenzol (Quintocen)</b>											<b>2188</b>			
Phenmedipham				100										
Prometryn	155	162	143	151										
<b>Propazin</b>	<b>2291</b>	<b>2530</b>	1259	<b>2505</b>	542	1067	1016	<b>2583</b>	<b>2558</b>	1152	892	490	<b>3585</b>	373
Propoxur	134			114										
<b>Propiconazol</b>														<b>1617</b>
<b>Sebutylazin</b>	196	247	207	259	<b>2248</b>	263	201	258	248	<b>2288</b>	115	120	167	
<b>Simazin</b>	<b>2434</b>	<b>2640</b>	2520	<b>2630</b>	675	1161	1148	<b>2682</b>	<b>2656</b>	1242	923	523	<b>3595</b>	385
Terbazil				293		109	139	238	228	114			130	
Terbutryn	161	135	142	155										
<b>Terbutylazin</b>	<b>2429</b>	<b>2638</b>	<b>2509</b>	<b>2629</b>	697	1158	1148	<b>2683</b>	<b>2660</b>	1241	928	529	<b>3598</b>	384
<b>Tetrachlordiphenylethan (p,p') TDE,p,p'</b>				114							<b>2188</b>			
<b>Triallat</b>	427	471	311	498	206	188	250	362	305	185		101	170	<b>1629</b>
Triadimentol	144	111	122	141										
<b>Trifluralin</b>				129	<b>2178</b>	174		144	130	<b>2181</b>				
Vinclozolin	144	139	124	215		120		121	121					

und statistisch verlässliche Datenbasis zur Verfügung. Der Wiederholungsturnus landesweiter Messungen macht dabei auch Aussagen zu Trendentwicklungen möglich.

#### 2.5.5 PSM-UNTERSUCHUNGEN 2006

Im Jahr 2006 wurden 18 PSM-Wirkstoffe ausgewählt (Tab. 2.5.4). Neben den Phenylharnstoffen Diuron, Chlortoluron, Isoproturon, Linuron, Methabenzthiazuron, die auch

schon in der Vergangenheit mehrfach untersucht wurden, handelt es sich um weitere Herbizide und Fungizide aus verschiedenen chemischen Stoffklassen, die erstmals im Landesmessnetz gemessen wurden. Von den 18 Wirkstoffen haben derzeit 11 eine Zulassung. Die nicht mehr zugelassenen Wirkstoffe werden im Landesmessnetz weiterhin untersucht, da sie oft über Jahrzehnte nach Zulassungsende noch im Grundwasser nachzuweisen sind.

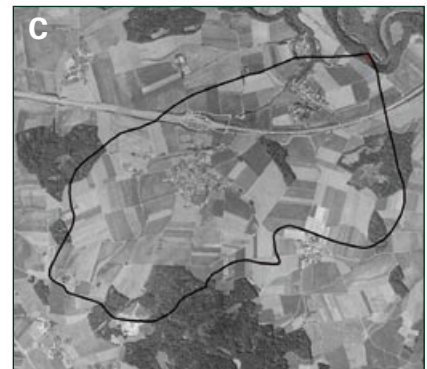


Tabelle 2.5.4: Im Jahr 2006 bei der Herbstbeprobung untersuchte 18 Wirkstoffe (Fettdruck = zugelassen).

Wirkstoff	Zulassungsstatus	hauptsächlich Einsatzgebiet
Alachlor	zugelassen bis 10/92	Herbizid gegen Unkräuter/Ungräser in Mais und Sojabohnen, prioritärer Stoff gemäß Anhang X der WRRL
<b>Chloridazon</b>	zugelassen	Herbizid gegen Unkräuter in Rübenanbau (5 Handelsprodukte)
Chlortoluron	zugelassen bis 03/01	Herbizid gegen Unkräuter in Wintergetreide
Cyanazin	zugelassen bis 12/88	Herbizid gegen Unkräuter u.a. in Erbsen
<b>Diflufenican</b>	zugelassen	meist in Kombination mit anderen Wirkstoffen als Herbizid in Wintergetreide (10 Handelsprodukte, Wirkstoff teilweise in Kombination mit Mecoprop-P, Flufenacet u.a.)
<b>Dimethenamid</b>	zugelassen	Herbizid u.a. gegen Schadhirsens und Kamillearten im Mais, Rüben und verschiedene Gemüsekulturen (1 Handelsprodukt)
<b>Diuron</b>	zugelassen	Herbizid gegen Unkräuter im Obstbau, Weinbau und insbesondere Nichtkulturland (6 Handelsprodukte, Wirkstoff teilweise in Kombination mit Amitrol (Obstbau, Weinbau) oder Propyzamid), vorläufig als prioritärer Stoff gemäß Anhang X der WRRL eingestuft
<b>Epoconazol</b>	zugelassen	Fungizid in Getreide (11 Handelsprodukte, Wirkstoff teilweise in Kombination mit Fenpropimorph oder Kresoxim-methyl u.a.)
<b>Ethofumesat</b>	zugelassen	Herbizid gegen Unkräuter in Futterrüben, Zuckerrüben, diversen Küchenkräutern (8 Handelsprodukte, Wirkstoff meist in Kombination mit Phenmedipham, Desmedipham Metamitron )
<b>Flufenacet</b>	zugelassen	Herbizid, gegen Schadhirsens u.a. in Wintergetreide, Mais und Kartoffel/Spargel (6 Handelsprodukte, Wirkstoff meist in Kombination mit Metribuzin, Diflufenican, Pendimethalin, Metosulan)
<b>Isoproturon</b>	zugelassen	Herbizid gegen Unkräuter in Getreide (9 Handelsprodukte, Wirkstoff teilweise in Kombination mit Diflufenican, Ioxynil und Beflupbutamid), vorläufig als prioritärer Stoff gemäß Anhang X der WRRL eingestuft
Linuron	zugelassen bis 05/97	Herbizid gegen Unkräuter im Kartoffel- und Gemüseanbau
<b>Metamitron</b>	zugelassen	Herbizid gegen Unkräuter in Futterrüben, Zuckerrüben (5 Handelsprodukte, teilweise in Kombination mit Ethofumesat, Phenmedipham und Desmedipham)
Methabenzthiazuron	zugelassen bis 10/96	Herbizid gegen Unkräuter im Mais
<b>Metribuzin</b>	zugelassen	Algizid und selektiv herbizid gegen Unkräuter im Kartoffelanbau (4 Handelsprodukte, davon eines in Kombination mit Flufenacet)
<b>Penconazol</b>	zugelassen	Fungizid gegen Echten Mehltau im Weinbau, Erdbeeren, Tabak Apfel (1 Handelsprodukt)
<b>Propiconazol</b>	zugelassen	Fungizid gegen diverse Pilzkrankheiten in Getreide (7 Handelsprodukte, teilweise in Kombination mit Difenconazol, Fenpropidin, Tebucanazol, Prochloraz, Trifloxistrolin )
Triallat	zugelassen bis 12/02	Herbizid gegen Wildkräuter in Getreide

Tabelle 2.5.5: Beprobung 2006 - Befunde über 0,05 µg/l PSM-Wirkstoff (Fettdruck: zugelassener Wirkstoff).

Wirkstoff	Konzentration in µg/l	Fundort	Foto
Alachlor	0,08	Messstelle mit einem Anteil von etwa 40 % landwirtschaftlich genutzter Flächen im Einzugsgebiet	
<b>Chloridazon</b>	0,31	Brunnen auf dem Gelände des Aussiedlerhofs A	A
Chlortoluron	0,10	Brunnen auf dem Gelände des Aussiedlerhofs A	A
<b>Dimethenamid</b>	0,06	Bewässerungsbrunnen für die Treibhäuser einer Gärtnerei	B
<b>Diuron</b>	0,08	Grundwasserbeobachtungsrohr in der Talau unmittelbar neben Bahngleisen	
	0,09	Grundwasserbeobachtungsrohr unmittelbar neben Bahngleisen	
	0,06	Grundwasserbeobachtungsrohr mit Bahngleisen im Einzugsgebiet	
	0,06	Grundwasserbeobachtungsrohr auf Betriebsgelände mit 78 % Siedlung im Einzugsgebiet	
<b>Epoconazol</b>	0,47	Brunnen auf dem Gelände des Aussiedlerhofs A	A
<b>Ethofumesat</b>	1,00	Brunnen auf dem Gelände des Aussiedlerhofs A	A
Linuron	0,10	Brunnen neben Gewächshäusern	
<b>Metamitron</b>	0,05	Brunnen mit 100 % landwirtschaftlich genutzter Flächen im Einzugsgebiet	
	0,15	Brunnen auf dem Gelände des Aussiedlerhofs A	A
<b>Propiconazol</b>	0,29	Etwa 70-80 % Getreidefelder im Einzugsgebiet der Messstelle	C



## ERGEBNISSE DER PSM-UNTERSUCHUNGEN 2006

Insgesamt wurden 1.499 Messstellen des Landesmessnetzes auf die genannten 18 Wirkstoffe untersucht. Die sieben Wirkstoffe Cyanazin, Diflufenican, Flufenacet, Isoproturon, Metribuzin, Penconazol und Triallat konnten an keiner Messstelle nachgewiesen werden. Die Positivergebnisse der anderen 10 Wirkstoffe sind in Tabelle 2.5.5 zusammengestellt. Insgesamt wurde in 16 Fällen die Bestimmungsgrenze überschritten, davon zweimal in sehr niedrigen Konzentrationen (Methabenzthiazuron 0,03 µg/l und Diuron 0,02 µg/l – nicht in der Tabelle erwähnt). In acht Fällen wurde der Warnwert des Grundwasserüberwachungsprogramms von 0,08 µg/l überschritten und bei fünf Wirkstoffen trat eine Überschreitung des Grenzwertes der TrinkwV vom 21.05.2001 und der Umweltqualitätsnorm der WRRL von 0,1 µg/l auf. Die Messstellen mit Diuron-Werten über der Bestimmungsgrenze unterliegen alle dem Einfluss von Bahngleisen oder Industriebetriebsflächen. Vier Wirkstoffe über dem Grenzwert wurden in einem Brunnen eines Aussiedlerhofs gefunden. Ursache ist dort die Anwendung von PSM im Ackerbereich auf inselartigen Teilflächen mit geringen Deckschichten und stark kiesigem Untergrund, was zu einer höheren Durchlässigkeit führt.

## ZEITLICHE ENTWICKLUNG

Aus den Beprobungen der Jahre 1995, 2000 und 2002 liegen Daten der Phenylharnstoffe Diuron, Chlortoluron, Isoproturon, Linuron und Methabenzthiazuron vor. Erfreulicherweise gibt es außer bei Diuron nur sehr wenige Positivbefunde. Die zeitliche Entwicklung der Diuron-Belastung anhand von konsistenten Messstellen im genannten Zeitraum zeigt einen deutlichen Rückgang: Lagen 1995

noch an 17 Messstellen (1,4 %) positive Befunde über 0,05 µg/l vor, so sind es 2006 nur noch drei Messstellen, gab es 1995 Überschreitungen des Grenzwertes von 0,1 µg/l an 5 Messstellen (0,9 %), so wurden 2006 keine Überschreitungen mehr festgestellt.

## 2.5.6 SONDERUNTERSUCHUNG 2006: CHLORIDAZON UND SEINE ABBAUPRODUKTE DESPHENYLCHLORIDAZON UND METHYLDESPHENYLCHLORIDAZON

Im Herbst 2006 wurden im Betriebs- und Forschungslabor der Landeswasserversorgung (LW) bei der Routineuntersuchung von Grundwasserproben zwei neue, bisher noch nicht aufgetretene Substanzen in Konzentrationen deutlich über 0,1 µg/l gefunden. Zeitgleich befasste sich die LW in einem Untersuchungsprojekt mit dem Zuckerrübenherbizid Chloridazon und seinem Abbauprodukt „Metabolit B“. Die Auswertung der Spektren zeigte, dass es sich bei einer der unbekannteren Verbindungen um den „Metaboliten B“ handelte, die andere Verbindung konnte als „Metabolit B1“, ebenfalls ein Abbauprodukt von Chloridazon, identifiziert werden.

Der Wirkstoff Chloridazon wird seit über 40 Jahren als Herbizid im Futterrüben- und Zuckerrübenanbau eingesetzt. Derzeit sind fünf chloridazonhaltige Handelsprodukte auf dem Markt, eines davon als Kombinationspräparat mit dem Wirkstoff Quinmerac. Die Halbwertszeit von Chloridazon im Boden beträgt bei ausreichender Feuchtigkeit etwa 6 – 8 Wochen. Sowohl Modellrechnungen als auch Lysimeterstudien im Zulassungsverfahren zeigten, dass Chloridazoneinträge in das Grundwasser nicht zu erwarten sind. Für Chloridazon werden die in Abbildung 2.5.2 dargestellten Abbauewege angenommen.

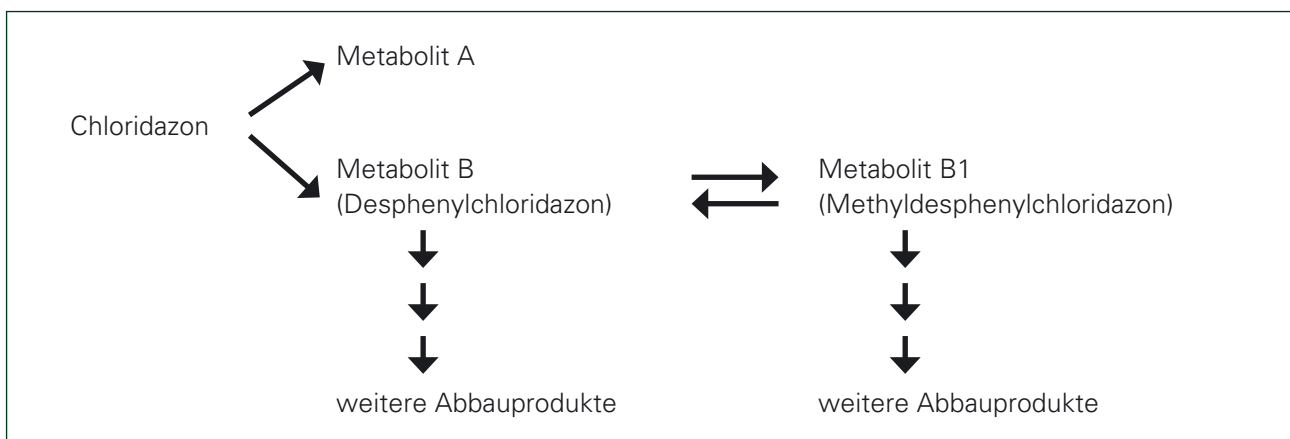


Abb. 2.5.2: Vereinfachtes Schema des Abbaus von Chloridazon

Metabolit A entsteht nur in der Zuckerrübe nach Aufnahme des Wirkstoffs. In der Umwelt wurde das Auftreten dieser Substanz nicht nachgewiesen, sie ist für das Grundwasser nicht von Bedeutung. Metabolit B und Metabolit B1 hingegen werden im Untergrund gebildet, stehen miteinander im chemischen Gleichgewicht und werden jeweils durch Folgeschritte weiter abgebaut.

Aufgrund der o.g. Befunde wurden im Dezember 2006 insgesamt 41 Messstellen des Grundwassermessnetzes auf Chloridazon, Desphenylchloridazon sowie auf Methyl-desphenylchloridazon untersucht. Die ausgewählten Messstellen lagen alle in den Hauptanbaugebieten von Zuckerrüben (Abbildung 2.5.5), insbesondere im Raum Heilbronn, wo sich der Schwerpunkt des Zuckerrübenanbaus des Landes befindet. Dort steht in Offenau auch die einzige Zuckerfabrik Baden-Württembergs.

Die Analytik (LC/MS-MS) für diese relativ polaren Metaboliten ist derzeit erst in wenigen Chemischen Laboratorien etabliert. Da keine Erfahrungswerte über die Qualität dieser Messungen vorlagen, wurden zur Absicherung alle Proben in drei verschiedenen Laboratorien auf Desphenylchloridazon untersucht. Die Ergebnisse dieser Parallelbestimmungen stimmten insgesamt recht gut überein. Die Daten zu Methyl-desphenylchloridazon liegen nur aus einem Labor vor.

## ERGEBNISSE

Der Wirkstoff Chloridazon wurde nur in einem einzigen Brunnen auf dem Gelände eines Aussiedlerhofs in einer Konzentration von 0,18 mg/l gefunden, die anderen 40 untersuchten Verdachtsmessstellen waren ohne Chlori-

dazon-Befund. Bei der genannten Ausnahme erfolgte der Eintrag vermutlich über inselartige Teilflächen im Einzugsgebiet, teilweise auch brunnennah. Die dort vorhandenen Deckschichten haben eine geringe Mächtigkeit und der Untergrund besteht vorwiegend aus Kies, so dass ein rascher Eintrag ins Grundwasser möglich ist.

Die Belastung der meisten Brunnen und Beobachtungsröhre mit den Abbauprodukten Desphenylchloridazon und Methyl-desphenylchloridazon war hingegen unerwartet hoch. Die Verteilung dieser Messergebnisse ist in den Abbildungen 2.5.3 und 2.5.4 zusammengestellt. Der Wert von 0,1 µg/l war im Falle von Desphenylchloridazon an 35 Messstellen überschritten, im Falle von Methyl-desphenylchloridazon an 21 Messstellen. Die höchste Belastung mit Desphenylchloridazon von 10 µg/l wurde in dem bereits genannten Brunnen auf einem Aussiedlerhof gefunden.

Untersuchungen der Chemischen- und Veterinäruntersuchungsämter in 135 Proben von Trinkwasser und zur Trinkwassergewinnung vorgesehenem Rohwasser zeigten ähnliche Resultate: in 76 Proben lag die Desphenylchloridazon-Konzentration unter 0,1 µg/l, in 40 Proben zwischen 0,1 und 1,0 µg/l und in 19 Proben zwischen 1,0 und 10,0 µg/l. Bei den höchsten Funden von 5,0, 7,0 und 10,0 µg/l handelt es sich nicht um öffentliche Wasserversorgungen, sondern um Einzelwasserversorgungen von landwirtschaftlichen Anwesen.

Zusammenhänge zwischen der Belastung und der Hydrogeologie oder dem Schutzpotential der Grundwasserüberdeckung sind nicht festzustellen. Hingegen korreliert die Konzentrationsverteilung des Desphenylchloridazons gut

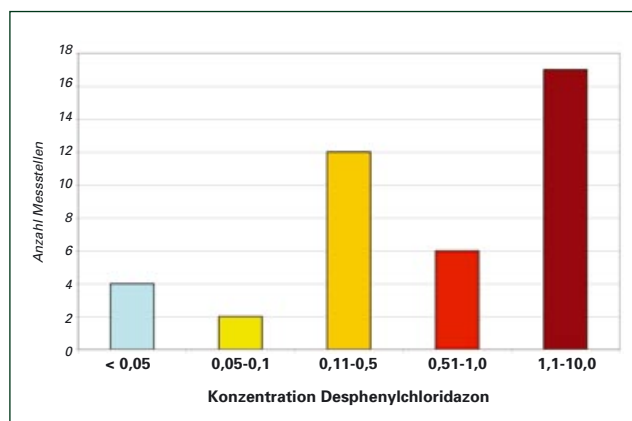


Abb. 2.5.3: Verteilung der Messwerte Desphenylchloridazon, Beprobungen Dezember 2006 und Januar 2007.

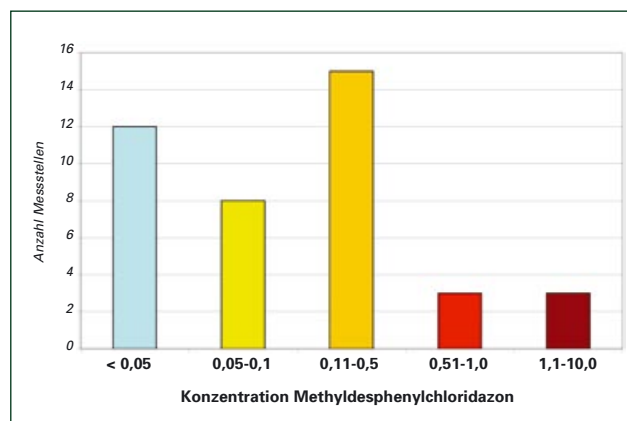


Abb. 2.5.4: Verteilung der Messwerte Methyl-desphenylchloridazon, Beprobungen Dezember 2006 und Januar 2007.

mit dem Anteil des Zuckerrübenanbaus an der Gesamtackerfläche (Abb. 2.5.5) je Gemeinde. Auch die Betrachtung der Einzugsgebietsflächen der Messstellen zeigt einen deutlichen Zusammenhang zwischen landwirtschaftlicher Nutzung und der Konzentration an Desphenylchloridazon (Abbildung 2.5.6).

Das Konzentrationsniveau des Folgeprodukts Methyl-desphenylchloridazon liegt insgesamt niedriger. Das Verhältnis der gefundenen Konzentrationen zwischen Desphenylchloridazon und Methyl-desphenylchloridazon ist nicht konstant, sondern schwankt zwischen 1,6 und 38.

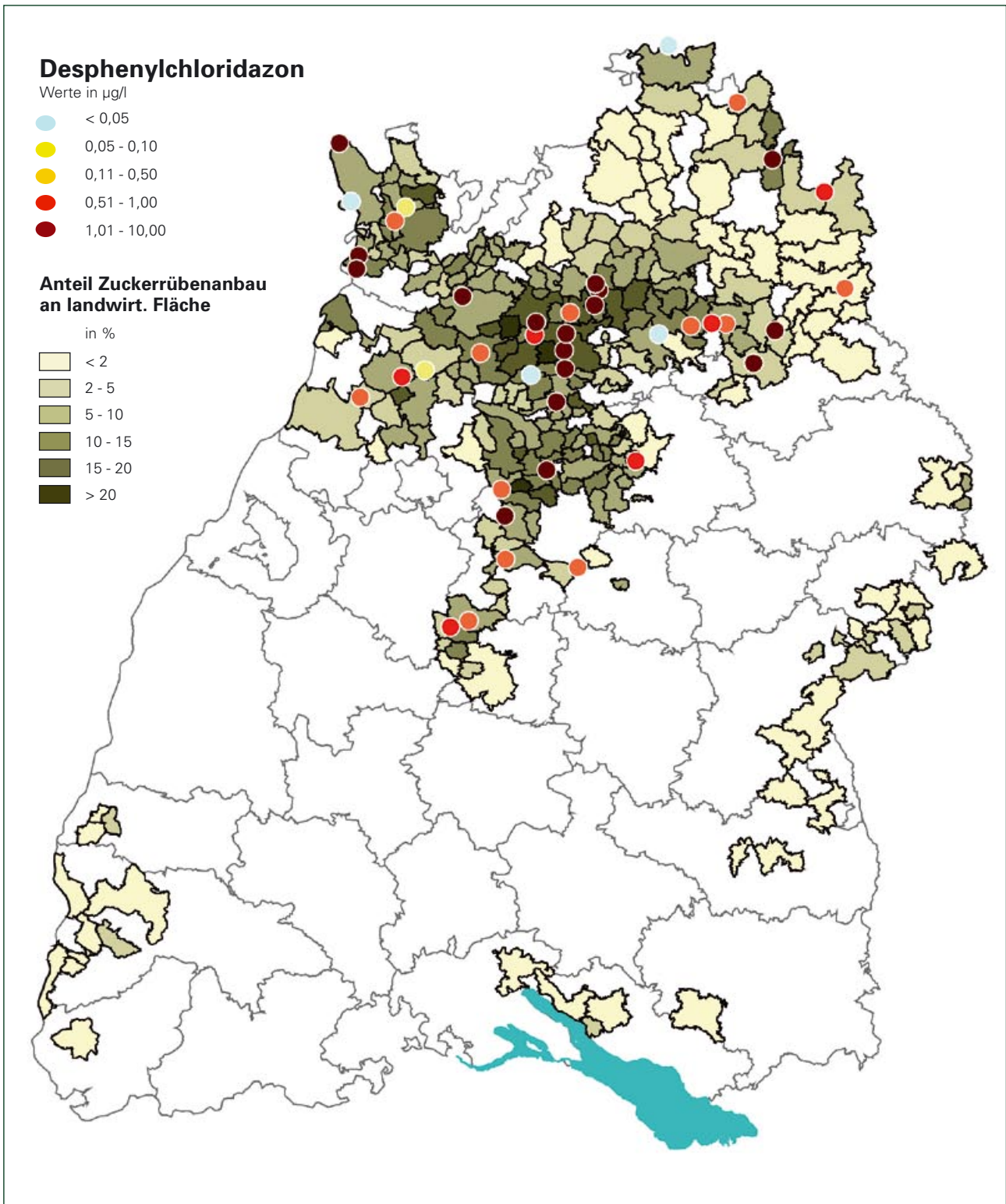


Abb. 2.5.5: Konzentrationsverteilung Desphenylchloridazon in den Zuckerrübenanbaugebieten Baden-Württembergs, Beprobung Dezember 2006 und Januar 2007. Der Anteil des Zuckerrübenanbaus an der Gesamtackerfläche ist der Bodennutzungshaupterhebung des Statistischen Landesamtes entnommen.

## BEWERTUNG UND WEITERES VORGEHEN

Die beiden Substanzen Desphenylchloridazon und Methyl-desphenylchloridazon (Metabolit B und Metabolit B1) entstehen beim Abbau des zugelassenen Rübenerbizids Chloridazon. Da Chloridazon bereits seit den 1960er Jahren eingesetzt wird, findet man die Abbauprodukte überall dort, wo derzeit oder auch in der Vergangenheit Rübren angebaut werden oder wurden. Desphenylchloridazon und Methyl-desphenylchloridazon wurden anhand ihrer toxikologischen und ökotoxikologischen Eigenschaften

bei der Neuzulassung 2005 als nicht relevant beurteilt, d.h. aus gesundheitlicher Sicht sind diese beiden Substanzen in den bisher gefundenen Konzentrationen als unbedenklich anzusehen.

Aus Gründen des nachhaltigen Grundwasserschutzes und da es sich bei Chloridazon und seinen Metaboliten um grundwasserfremde Stoffe handelt, sind künftig diese Einträge ins Grundwasser zu vermeiden oder zu verringern. Dazu vereinbarten das Umweltministerium Baden-

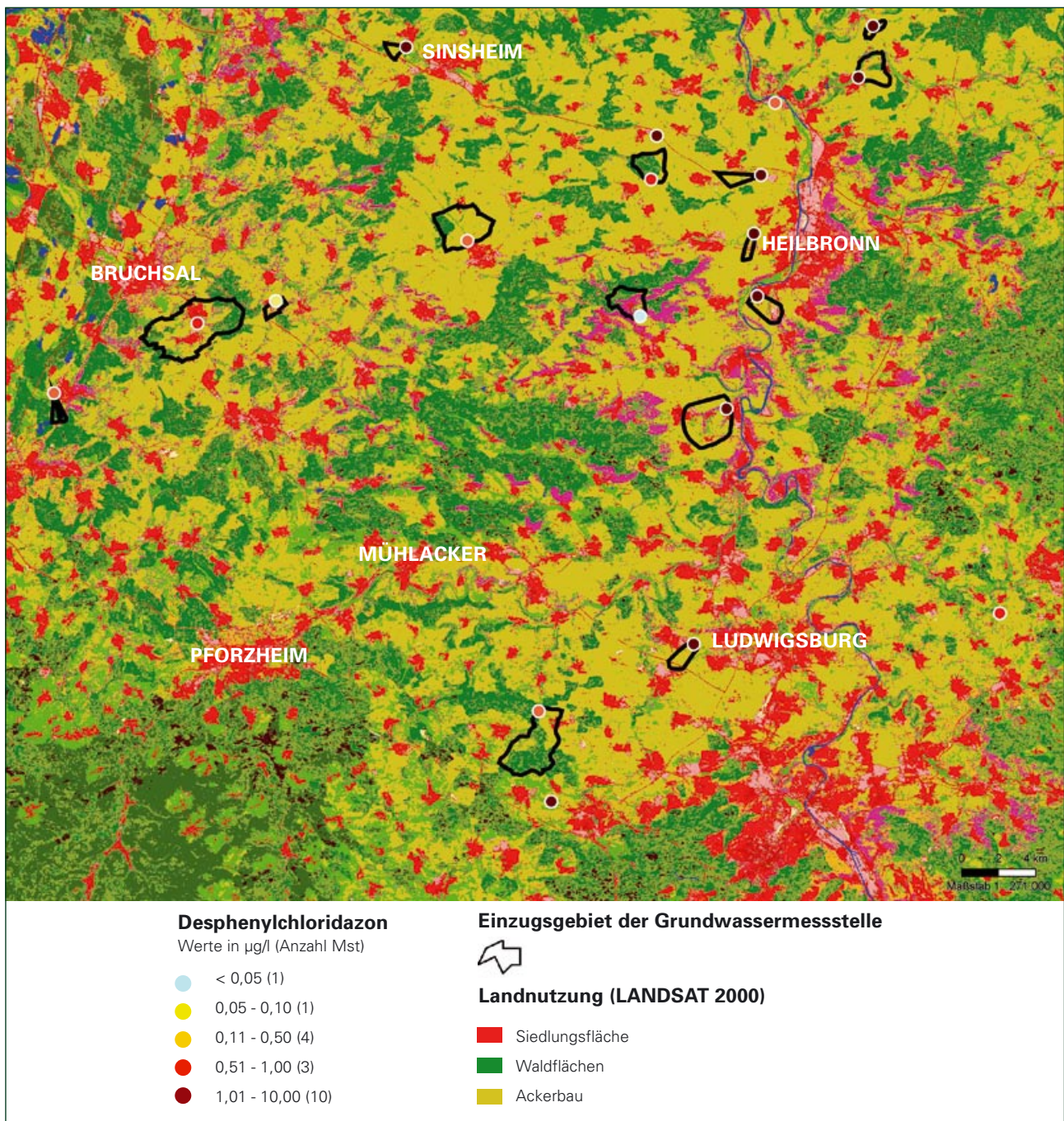


Abb. 2.5.6: Einzugsgebiete der Grundwassermessstellen mit Landnutzungen und Konzentrationsverteilung Desphenylchloridazon im Großraum Heilbronn, Beprobung Dezember 2006 und Januar 2007.

Württemberg und das Bayerische Staatsministerium für Umwelt, Gesundheit und Verbraucherschutz mit den Zulassungsinhabern bei einer Besprechung im Februar 2007, „aus Vorsorgegründen keine chloridazonhaltigen Produkte mehr auf Rübenanbauflächen in sensiblen und für die Trinkwassergewinnung bedeutenden Gebieten zu verwenden sowie auf Produkte, die größere Wirkstoffmengen an Chloridazon enthalten, in Baden-Württemberg und Bayern generell zu verzichten.“ (Pressemitteilung des Umweltministeriums vom 02.03.2007). Diese freiwillige Vereinbarung gilt ab der Zuckerrübensaison 2007. Die Zulassungsinhaber und die Landwirtschaftsverwaltung werden die Landwirte entsprechend informieren. Parallel dazu beauftragte das BVL den Zulassungsinhaber mit einem bundesweiten Monitoringprogramm.

Es ist zu vermuten, dass sich innerhalb der jahrzehntelangen Anwendung ein „Metabolitendepot“ angesammelt hat, das erst im Laufe weiterer Jahre ausgewaschen wird. Die LUBW wird daher die weitere Entwicklung verfolgen.

#### 2.5.7 SONDERUNTERSUCHUNG 2006: TOLYLFLUANID UND SEIN ABBAUPRODUKT „N,N-DIMETHYLSULFAMID“

Der Wirkstoff Tolyfluanid wird als Fungizid gegen Mehltau, Grauschimmel, Schorf und anderen Pilzbefall in Weinreben, Obst, Beeren, Gemüse, Salaten, Hopfen und Zierpflanzen eingesetzt. In einem vom DVGW-Technologiezentrum Wasser (TZW) bearbeiteten Forschungsvorhaben wurde festgestellt, dass Tolyfluanid im Boden und in Gewässern zu N,N-Dimethylsulfamid (DMS) abgebaut wird. DMS wird weder bei der Bodenpassage noch bei

der Filtration über Aktivkohle aus dem Wasser entfernt. Im Falle einer Ozonbehandlung zur Oxidation und Entkeimung von Trinkwasser kann sich DMS in N-Nitrosodimethylamin (NDMA) umwandeln (Abb. 2.5.7). Dieses ist stark genotoxisch und wahrscheinlich humankarzinogen und dementsprechend aus Vorsorgegründen im Trinkwasser nicht erwünscht. Allerdings kann NDMA in den Filterstufen, die einer Ozonanlage üblicherweise nachgeschaltet sind, wieder entfernt werden. DMS war bisher nicht als Abbauprodukt von Tolyfluanid bekannt. Der Hersteller hat daher nach Bekanntwerden dieser Erkenntnisse mit neuen umweltchemischen, toxikologischen und ökotoxikologischen Studien begonnen.

Zur Erfassung der aktuellen Situation in Baden-Württemberg hat die LUBW im Dezember 2006 und Januar 2007 insgesamt 101 Messstellen des Grundwassergütemessnetzes auf DMS untersucht. In einem ersten Schritt wurden insbesondere Messstellen in Erdbeerkulturen im Bereich von Gärtnereien ausgewählt und im Dezember 2006 beprobt, danach folgten im Januar 2007 weitere Messstellen, in deren Einzugsgebiet Wein, Obst oder Hopfen angebaut wird. Diese Kulturen sind in der Oberrheinebene entlang der Vorbergzone, am Bodensee sowie in den Gäulandschaften Baden-Württembergs zu finden. Um einen Eindruck zur flächenhaften Verteilung zu erlangen, wurden auch Gebiete im Schwarzwald und auf der Schwäbischen Alb untersucht, in denen diese Kulturen nicht angebaut werden. Auch beim DMS besteht derzeit noch das Problem, dass die Messung dieser Substanz noch nicht in der Routineanalytik etabliert ist und sie nur wenige Laboratorien bestimmen können.

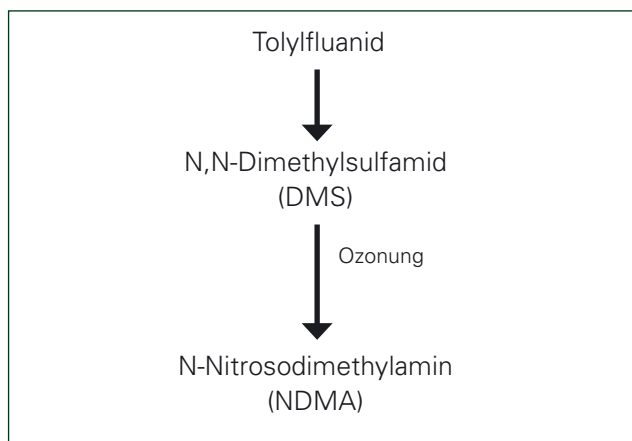


Abb. 2.5.7: Vereinfachtes Schema des Abbaus von Tolyfluanid.

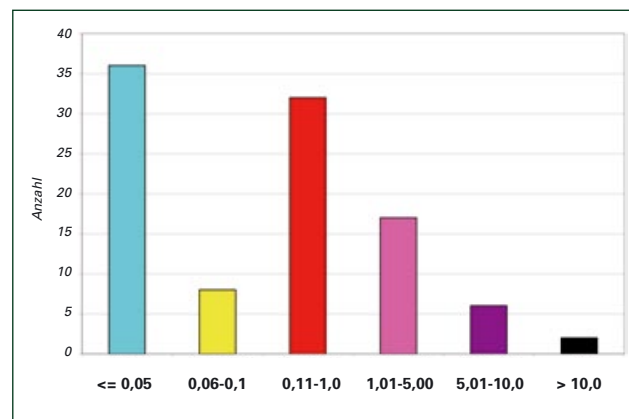


Abb. 2.5.8: Verteilung der Messwerte N,N-Dimethylsulfamid (DMS), Beprobung Dezember 2006 und Januar 2007.

## ERGEBNISSE

An 36 der 101 Verdachtsmessstellen wurde kein DMS nachgewiesen. Diese Messstellen liegen insbesondere in den Gäulandschaften, auf der Schwäbischen Alb und im Main-Tauber-Kreis (Abb. 2.5.9). In den Einzugsgebieten dieser Messstellen sind die Anteile der Wein- und Obstbauflächen meist gering.

An weiteren acht Messstellen wurden positive Befunde unterhalb des Grenzwerts von  $0,1 \mu\text{g/l}$  gefunden. Eine Überschreitung des Grenzwerts lag bei 57 Messstellen, entsprechend 56 %, vor (Abb. 2.5.8). Die meisten belasteten Messstellen liegen in den klassischen Wein- und Obstbaugebieten entlang der Vorbergzone der Oberrheinebene, am mittleren Neckar und seinen Nebenflüssen sowie am

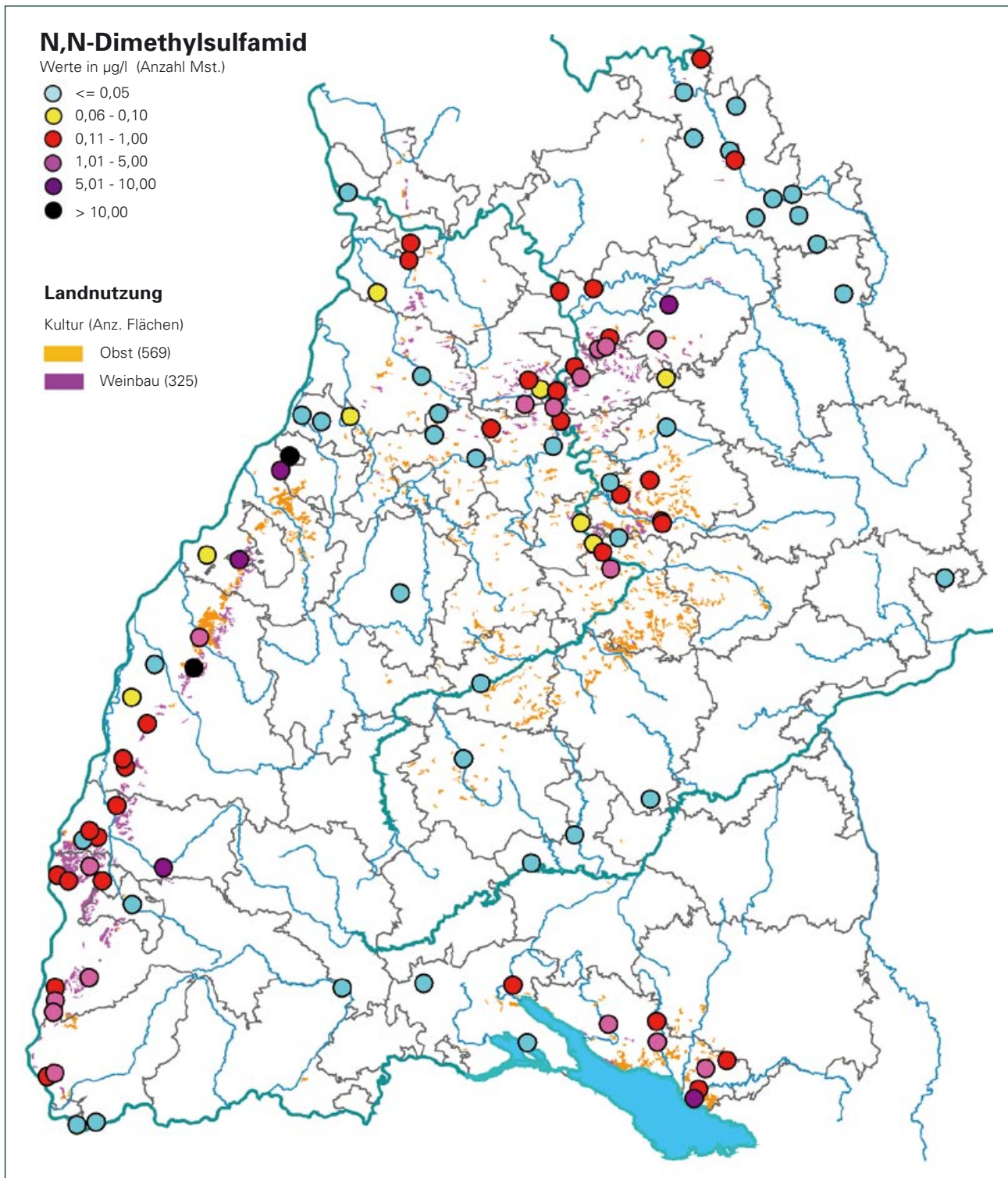


Abb. 2.5.9: Konzentrationsverteilung N,N-Dimethylsulfamid - DMS in den Obst- und Weinbaugebieten Baden-Württembergs, Beprobung Dezember 2006 und Januar 2007.

Bodensee. Sehr hohe Belastungen im Bereich von rund 6 – 11 µg/l wurden insbesondere im Bereich von Erdbeerkulturen gefunden. Dort ist der Anteil der für die Erdbeerbefelder genutzten Flächen innerhalb des Einzugsgebiets der Messstellen relativ klein, aber dafür der Eintrag an Tolyfluanid vergleichsweise hoch. Die Höchstkonzentration von 16 µg/l trat in einer Quellfassung in der Vorbergzone bei Durbach (Oberrheinebene) auf. Das Einzugsgebiet dieser Messstelle umfasst ausschließlich Weinberge, das Wasser wird nur zu Bewässerungs- und Feuerlöschzwecken verwendet. Eine andere hoch belastete Messstelle mit 8,7 µg/l DMS liegt mitten in einem Hopfenanbauggebiet bei Langenargen.

#### BEWERTUNG UND WEITERES VORGEHEN

Das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit hat Tolyfluanid als „relevanten“ Metaboliten eingestuft und für tolyfluanidhaltige PSM vorsorglich ein Ruhen der Zulassung bis zum 31.12.2007 angeordnet. Diese Mittel dürfen nicht mehr für die Freilandanwendung vertrieben werden. Anwendungen im Gewächshaus sind ausgenommen. Das Umweltbundesamt gibt für Stoffe wie DMS, für die weder subchronische noch chronische Tierversuche vorliegen, einen „lebenslang duldbaren gesundheitlichen Orientierungswert“ von 1,0 µg/l vor. Darin ist aufgrund dieser fehlenden Daten ein entsprechender Sicherheitszuschlag enthalten. Für NDMA hält das UBA aus gesundheitlicher Sicht bei lebenslangem Genuss eine Belastung des Trinkwassers mit maximal 0,01 µg/l NDMA für akzeptabel. Zum längerfristigen Schutz des Trinkwassers vor Tolyfluanid-Einträgen wurde der Einsatz dieses Wirkstoffs in Baden-Württemberg in Wasserschutzgebieten in der SchALVO verboten (Änderung der Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung vom 1. April 2007, GBl. 2007, S. 225).

#### 2.5.8 BEWERTUNG DER GESAMTSITUATION

Seit 1993 wurden im qualitativen Landesgrundwassermessnetz bei den Routinebeprobungen im Herbst auf insgesamt 67 PSM-Wirkstoffe und Abbauprodukte einmalig oder mehrfach untersucht (Tabelle 2.5.3). Pilotmäßige Untersuchungsprogramme sind hierbei nicht berücksichtigt. Darüber hinaus stehen in der Datenbank für diesen Zeitraum PSM-Messwerte von weiteren 34 Wirkstoffen und Abbauprodukten zur Verfügung, die bei den Routinebeprobungen unbeauftragt „mitgemessen“ wurden oder

von den WVU im Rahmen der Kooperation zur Verfügung gestellt wurden.

Um einen Überblick über die Belastung mit Pflanzenschutzmitteln und deren Abbauprodukten in den letzten 10 Jahren von 1997 bis 2006 zu erhalten, wurden nur Stoffe herangezogen, die an mindestens 100 Messstellen untersucht wurden. So liegen beispielsweise aus diesem Zeitraum für Lenacil Daten von 150, für Desethylatrazin von 4.368 verschiedenen Messstellen vor. Bei Vorliegen mehrerer Messwerte an einer Messstelle wurde der Medianwert verwendet. Damit kamen insgesamt 86 Wirkstoffe und 6 Abbauprodukte in die Auswertung. 57 Wirkstoffe, d.h. etwa zwei Drittel, sind inzwischen verboten, 29 Wirkstoffe haben derzeit eine Zulassung. Die Wirkstoffe und ihre Abbauprodukte wurden je nach Häufigkeit der Nachweise bzw. Überschreitungen des Grenzwerts von 0,1 µg/l klassifiziert (Tabelle 2.5.6).

37 Substanzen wurden an keiner einzigen Messstelle gefunden, darunter 1 Abbauprodukt, 28 nicht mehr zugelassene und 8 zugelassene Wirkstoffe. Positive Befunde lagen von 50 Wirkstoffen und 5 Abbauprodukten vor, davon 28 Stoffe in Konzentrationen unter dem Grenzwert von 0,1 µg/l. In der Klasse bis 1 % Grenzwertüberschreitungen sind weitere 23 Wirkstoffe und 2 Abbauprodukte zu finden. Bei den Grenzwertüberschreitungen an mehr als 1 % der Messstellen handelt es sich ausschließlich um Abbauprodukte:

- 2,6-Dichlorbenzamid, das Abbauprodukt von Diclobenil, an 61 von 4.133 Messstellen (= 1,5 %)
- Desethylatrazin, das Abbauprodukt von Atrazin, an 136 von 4.368 Messstellen (= 3,1 %).

Gegenüber der entsprechenden Übersicht 2005 sind die Wirkstoffe Atrazin und Bromacil 2006 nun in der niedrigeren Belastungsklasse zu finden. Insbesondere beim Atrazin dürfte dies bei dieser statistischen Betrachtung darauf zurück zu führen sein, dass durch die Kooperationsvereinbarung mit den Wasserversorgungsunternehmen in den letzten Jahren zahlreiche Daten aus Wasserschutzgebieten hinzugekommen sind, in denen ohnehin keine oder nur eine niedrigere PSM-Belastung vorliegt und dort Atrazin durch die SchALVO schon drei Jahre länger verboten war. Dadurch vermindert sich zwar die statistisch ermittelte Belastungsquote, andererseits wird die Datengrundlage repräsentativer.



Tabelle 2.5.6: Belastung der Messstellen mit PSM-Wirkstoffen und ihren Abbauprodukten in den letzten zehn Jahren. Es sind nur Wirkstoffe und Abbauprodukte genannt, die im Zeitraum 1997-2006 an mindestens 100 Messstellen untersucht wurden. Triazine wurden z.B. an bis zu 4.368 Messstellen untersucht. Bei Vorliegen mehrerer Messwerte an einer Messstelle wurde der Medianwert verwendet.

Datengrundlage: Grundwasserdatenbank, Abfrage 04/2007, Landesmessstellen und Kooperationsmessstellen der WVU.

Fettdruck: Wirkstoff hat eine Zulassung (Stand: April 2007)  
 Normalschrift: Wirkstoff ist nicht mehr zugelassen  
 Kursivschrift: Abbauprodukt

Negative Befunde an allen Messstellen	Positive Befunde			
	in Konzentrationen $\leq 0,1 \mu\text{g/l}$	an bis zu 1 % der Messstellen mit Konzentrationen über $0,1 \mu\text{g/l}$	an über 1 bis 3 % der Messstellen mit Konzentrationen über $0,1 \mu\text{g/l}$	an über 3 % der Messstellen mit Konzentrationen über $0,1 \mu\text{g/l}$
Aldicarb	Alachlor	<b>2,4 D</b>	2,6-Dichlorbenzamid	Desethylatrazin
Aldrin	<b>Chloridazon</b>	Atrazin		
Ametryn	<b>Chlorpyrifos</b>	<b>Bentazon</b>		
Azinphos-ethyl	Chlortoluron	Bromacil		
Carbofuran	Cyanazin	<i>Desethylterbutylazin</i>		
Desmetryn	Diazinon	<i>Desisopropylatrazin</i>		
<b>Diflufenican</b>	Dieldrin	<b>Dicamba</b>		
<b>Dimethoat</b>	<b>Dimethenamid</b>	Dichlobenil		
Endosulfan, $\alpha$ -	Disulfoton	<b>Dichlorprop (2,4-DP)</b>		
Endosulfan, $\beta$ -	Fenitrothion	Dimefuron		
Endrin	Flufenoxuron	<b>Diuron</b>		
<b>Flufenacet</b>	HCH, $\alpha$ -	<b>Epoxiconacol</b>		
Formothion	HCH, $\delta$ -	<b>Ethofumesat</b>		
HCH, $\beta$ -	HCH, $\gamma$ - (Lindan)	<b>Glyphosat</b>		
Heptachlorepoxid, cis-	Heptachlor	Hexachlorbenzol (HCB)		
Heptachlorepoxid, trans-	Isodrin	Hexazinon		
Lenacil	Linuron	<b>Isoproturon</b>		
Mercaptodimethur	Malathion	<b>Mecoprop (MCP)</b>		
Metobromuron	<b>MCPA</b>	<b>Metalaxyl</b>		
Metoxuron	<b>Metamitron</b>	<b>Metolachlor</b>		
<b>Metribuzin</b>	<b>Metazachlor</b>	Propazin		
Monolinuron	Methabenzthiazuron	<b>Propiconazol</b>		
Monuron	p,p'-DDT	Sebutylazin		
Neburon	p,p'-DDE	Simazin		
o,p'-DDT	Parathion-ethyl (E-605)	<b>Terbutylazin</b>		
Oxadixyl	<b>Pendimethalin</b>			
p,p'-DDE	Triallat			
Parathion-methyl	<b>Trifluralin</b>			
<b>Penconacol</b>				
Pentachlornitrobenzol				
<b>Phenmedipham</b>				
<b>Picloram</b>				
Prometryn				
Terbazil				
Terbutryn				
<b>Triadimenol</b>				
Vinclozolin				

Die regionale Verteilung der Messstellen mit den Hauptbelastungsstoffen Desethylatrazin, 2,6-Dichlorbenzamid, Bentazon, Atrazin, Bromacil und Hexazinon ist in Abbildung 2.5.10 graphisch wiedergegeben. Datengrundlage sind die Überschreitungen des Grenzwertes von  $0,1 \mu\text{g/l}$  in den letzten fünf Jahren an Messstellen des Landesmessnetzes und des Kooperationsmessnetzes Wasserversorgung. Für diese Darstellung wurde der jeweils aktuellste Messwert berücksichtigt.

Atrazin und Desethylatrazin tragen immer noch zur Hauptbelastung bei, obwohl Atrazin bereits seit 1991 in der Bundesrepublik verboten ist. In Baden-Württemberg war die Anwendung in Wasserschutzgebieten schon ab 1988 nicht mehr erlaubt. Die Nachweishäufigkeit ist in den letzten Jahren stark rückläufig, dennoch wird es noch einige Jahre dauern, bis die Grundwässer frei von Atrazin und Desethylatrazin sind.

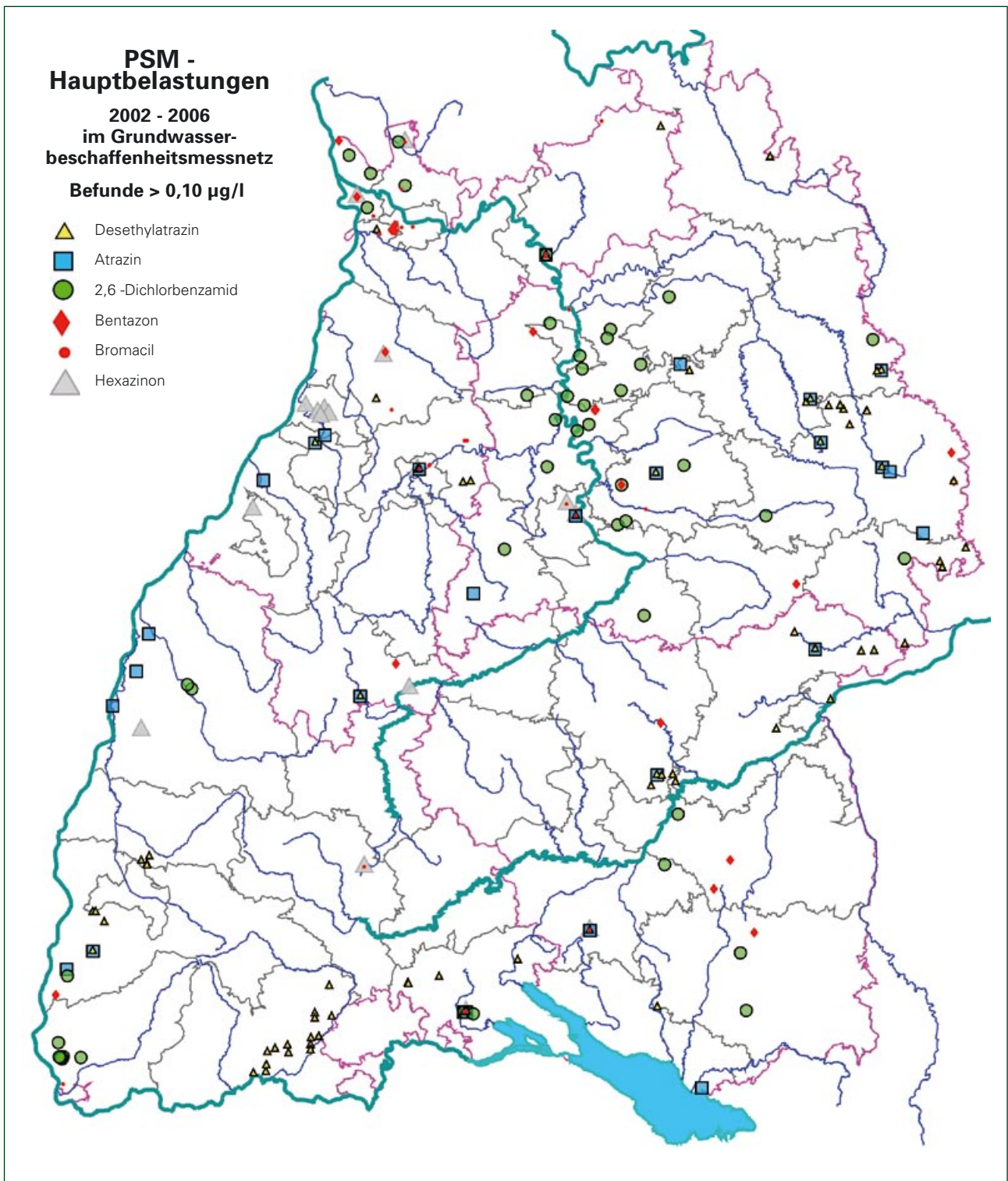


Abb. 2.5.10: PSM-Hauptbelastung: 2 Abbauprodukte und 4 PSM-Wirkstoffe an 217 Messstellen mit Befunden über dem Grenzwert von TrinkwV/ der Qualitätsnorm der WRRL von 0,1 µg/l. Datengrundlage: Landesmessstellen und Kooperationsmessstellen der Wasserversorgungsunternehmen: pro Messstelle jeweils der aktuellste Messwert aus dem Zeitraum 2002 bis 2006.

Hexazinon und Bromacil wurden in der Vergangenheit als Totalherbizide insbesondere auf Nichtkulturland eingesetzt. Beide Wirkstoffe sind seit Anfang der 1990er Jahre wegen ihrer Persistenz verboten. Betroffen ist in erster Linie das Umfeld von Gleisanlagen, die Belastung geht deutlich zurück.

2,6-Dichlorbenzamid ist unter den PSM und Abbauprodukten die am zweithäufigsten gefundene Substanz nach Desethylatrazin. Seit Mitte 2004 besteht für Dichlobenil ein Zulassungswiderruf, der sowohl den Einsatz als auch das Aufbrauchen von Restbeständen verbietet. Die höchsten Belastungen weisen Messstellen auf, die in oder unter-

halb von Weinbergen liegen, insgesamt gehen die Konzentrationen zurück.

**Bentazon** ist unter den am häufigsten gefundenen PSM-Wirkstoffen der einzige, der noch zugelassen ist. Allerdings haben die zahlreichen Positivbefunde in den letzten Jahren dazu geführt, dass zahlreiche Anwendungsbeschränkungen erlassen wurden. Aufgrund seiner hohen Mobilität im Untergrund wurde beispielsweise der Einsatz auf besonders durchlässigen Böden verboten.

Das Monitoring auf Pflanzenschutzmittelwirkstoffe und deren Abbauprodukte ist im Landesmessnetz seit rund 20 Jahren etabliert. Ab 1986 wurden im Basismessnetz und ab 1989 im „Grobraster“ zunächst nur auf die Triazine untersucht. Mit dem Aufbau des Messnetzes in den 1990er Jahren und den weiteren analytischen Möglichkeiten wurden nach und nach weitere Wirkstoffe und Wirkstoffklassen untersucht. Dabei konnten diejenigen Stoffe identifiziert werden, die für das Grundwasser und die Trinkwasserversorgung ein Problem darstellen. Insbesondere die Triazine erwiesen sich als sehr schlecht im Untergrund abbaubar und damit langlebig. Nur durch ein Totalverbot, d.h. durch Beseitigen der Eintragsquelle, konnte die Belastung mit diesen Stoffen und deren Abbauprodukten im Laufe der Jahre reduziert werden. Bei anderen Stoffen wie beispielsweise Bentazon konnten – auch aufgrund der Ergebnisse aus Baden-Württemberg - Verbesserungen durch eine Konkretisierung der Anwendungsbestimmungen erreicht

werden. Insgesamt gesehen hat sich die Belastungssituation in Baden-Württemberg in den letzten Jahren merklich entspannt. Jedoch müssen die Funde der Ende letzten Jahres erstmalig gefundenen Abbauprodukte der Wirkstoffe Tolyfluanid und Chloridazon mit großer Sorge betrachtet werden. In Zukunft wird sich das Augenmerk auf die Problematik der Abbauprodukte dieser und weiterer Wirkstoffe richten.

## 2.6 ORGANISCHE SPURENSTOFFE

### 2.6.1 SONDERUNTERSUCHUNG ARZNEIMITTELWIRKSTOFFE

In Deutschland sind etwa 3.000 Arzneimittelwirkstoffe in rund 9.700 Präparaten auf dem Markt. Einige Medikamente werden in der Größenordnung von einigen Tausend bis einigen hunderttausend Kilogramm pro Jahr hergestellt und verabreicht (Tabelle 2.6.1). Die Zulassung für Humanarzneimittel erfolgt durch das Bundesamt für Arzneimittel und Medizinprodukte, die Umweltpflichtprüfung im Rahmen des Zulassungsverfahrens nimmt das Umweltbundesamt vor. Arzneimittelwirkstoffe sind seit Mitte der 1990er Jahre in der Umweltdiskussion, nachdem diese Stoffe in Abwasser, Fließgewässern, Grundwasser und vereinzelt im Trinkwasser nachgewiesen wurden. Der Eintragspfad verläuft in erster Linie über das Abwasser, sofern es sich nicht um produktionsbedingte Einleitungen in die Fließgewässer handelt. Humanpharmaka werden nach der Einnahme zum großen Teil unverändert wieder ausgeschieden. So

Tabelle 2.6.1: Untersuchte Arzneimittelwirkstoffe 2006.

Wirkstoff	Verbrauch 2001 in kg/a*	Arzneimittelgruppe
Diazepam	1.107	Psychopharmaka
Carbamazepin	87.605	Antiepileptikum, wird auch als Antidepressivum eingesetzt
Clofibrinsäure	Metabolit	Lipidsenker (Blutfettspiegel senkende Mittel) und Metabolite von Lipidsenkern
Bezafibrat	33.476	
Gemfibrozil	5.244	
Fenofibrinsäure	Metabolit	
Fenofibrat	16.912	
Etofibrat	2.161	
Diclofenac	85.801	Analgetika/Antiphlogistika (schmerzstillende/entzündungshemmende Mittel)
Ketoprofen	1.613	
Ibuprofen	344.885	
Indometacin	3.721	
Naproxen	5.060	
Fenoprofen	-	
Pentoxifyllin	75.020	Durchblutungsfördernde Mittel
Iopamidol	42.994	Iodierte Röntgenkontrastmittel
Iopromid	64.056	
Iomeprol	83.377	
Amidotrizoesäure	60.687	

\* Quelle: Bund-/Länderausschuss für Chemikaliensicherheit (BLAC)

findet man beispielsweise im Urin nach Verabreichung des Lipidsenkers Bezafibrat noch 95 % der Ausgangssubstanz, beim Antiepileptikum Carbamazepin noch 30 %. Über die menschlichen Ausscheidungen gelangen die pharmazeutischen Wirkstoffe in die Kanalisation und weiter in die Kläranlage. Darüber hinaus werden nach wie vor unbenutzte Medikamente und Restmengen über die Toilette unsachgemäß entsorgt. Leckagen in den Abwasserkanälen können zum Eindringen der Arzneimittel in das Grundwasser führen.

Die Abbaubarkeit von Arzneimitteln in der Belebtschlammstufe einer Kläranlage ist recht unterschiedlich. Der Lipidsenker Bezafibrat und das Schmerzmittel Ibuprofen werden z.B. zu 90 bis 95 % abgebaut, das Schmerzmittel Diclofenac hingegen nur zu 20 - 40 %. Carbamazepin verlässt die Kläranlage praktisch unverändert. Die iodierten Röntgenkontrastmittel werden weder biologisch abgebaut noch am Klärschlamm sorbiert. Andere Wirkstoffe findet man im Klärschlamm, diese können über die ackerbauliche Verwertung auf die Felder gelangen.

Im weiteren Verlauf des Eintragspfads gelangen die Wirkstoffe über den Kläranlagenablauf in den Vorfluter, wo sie bei entsprechenden hydrologischen Verhältnissen in den Grundwasserleiter eingetragen werden können.

#### UNTERSUCHUNGEN 2006

Die erste pilothafte Untersuchung der LUBW bzw. der damaligen LfU Baden-Württemberg auf Arzneimittelwirk-

stoffe im Grundwasser fand im Jahr 1998 statt. Dazu wurden 24 Messstellen ausgesucht, die bekanntermaßen durch Abwasser beeinflusst waren, sei es direkt über undichte Abwassersammler bzw. undichte Klärbecken oder indirekt durch das Uferfiltrat. Als Indikator für die Abwasserbeeinflussung wurde der Borgehalt herangezogen, da Bor wesentlicher Bestandteil kommunaler und industrieller Abwässer ist und in der Kläranlage nicht eliminiert wird. In den Jahren 1999 bis 2001 wurde diese Messstellengruppe erneut mit jeweils ähnlichem Untersuchungsumfang beprobt, zwei Messstellen fielen aus, so dass sich die Zahl auf 22 reduzierte. Die damaligen Untersuchungen waren auch Bestandteil des Forschungsprojekts „Pharmaka und Hormone in der aquatischen Umwelt“ des damaligen Ministeriums für Umwelt und Verkehr. Im Jahr 2006 folgte eine weitere Wiederholungsbeprobung dieser 22 Messstellen, um die zeitliche Entwicklung zu verfolgen. Der Untersuchungsumfang ist in Tabelle 2.6.1 zusammengestellt.

#### ERGEBNISSE

Von den im Jahr 2006 untersuchten 22 Verdachtsmessstellen waren an sechs Messstellen keine Arzneimittel nachweisbar. Die anderen 16 Messstellen waren mit bis zu sieben Wirkstoffen belastet. Die sowohl nach Anzahl als auch nach Konzentration am häufigsten vertretenen Substanzen waren Carbamazepin, Diclofenac und die iodierten Röntgenkontrastmittel Iopamidol und Amidotrizoesäure (Tab. 2.6.2). Bei der Beprobung 2000 waren acht Messstellen unbelastet, maximal vier Substanzen wurden an den am

Tabelle 2.6.2: Arzneimittelwirkstoffe und Röntgenkontrastmittel: Vergleich der Untersuchungsbefunde an 22 ausgewählten Verdachtsmessstellen in den Jahren 2000 und 2006.

Substanz	2000		2006	
	Anzahl Messstellen mit	Maximalwert in ng/l	Anzahl Messstellen mit	Maximalwert in ng/l
Diazepam	0		0	
<b>Carbamazepin</b>	<b>8</b>	<b>900</b>	<b>9</b>	<b>860</b>
Clofibrinsäure	0		0	
<b>Bezafibrat</b>	0		<b>1</b>	<b>28</b>
Gemfibrozil	0		0	
<b>Fenofibrinsäure</b>	0		<b>4</b>	<b>73</b>
<b>Fenofibrat</b>	0		<b>2</b>	<b>22</b>
Etofibrat	0		0	
<b>Diclofenac</b>	<b>4</b>	<b>590</b>	<b>5</b>	<b>800</b>
Ketoprofen	0		0	
<b>Ibuprofen</b>	0		<b>1</b>	<b>72</b>
<b>Indometacin</b>	<b>2</b>	<b>100</b>	<b>3</b>	<b>31</b>
Naproxen	0		0	
Fenoprofen	0		0	
Pentoxifyllin	0		0	
<b>Iopamidol</b>	<b>5</b>	<b>300</b>	<b>5</b>	<b>120</b>
Iopromid	0		0	
Iomeprol	0		0	
<b>Amidotrizoesäure</b>	<b>13</b>	<b>1100</b>	<b>12</b>	<b>570</b>

stärksten belasteten Messstellen gefunden. Gegenüber dem Jahr 2000 wurden 2006 mehr Wirkstoffe an mehr Messstellen nachgewiesen.

Die meisten Wirkstoffe und die höchsten Konzentrationen waren 2006 wie auch schon in den Jahren 1999-2001 in den beiden Messstellen zu finden, die sich neben oder auf dem Betriebsgelände von Kläranlagen befinden, gefolgt von der Messstelle im Bereich einer Abwasserhebeanlage.

Der zeitliche Verlauf der Belastung einer Auswahl von 10 der 22 Messstellen ist in den Abbildungen 2.6.1 und 2.6.2 für ein niedrigeres und für ein höheres Belastungsniveau dargestellt. Es lassen sich dabei zwei Gruppen von Messstellen unterscheiden:

- Messstellen, die unmittelbar durch Rohabwasser beeinflusst sind, d.h. durch undichte Abwasserleitungen oder Klärbecken: Dies sind die Messstellen auf dem Gelände der beiden Kläranlagen (72/507-8 und 82/861-3), dem Abwasserhebewerk (7/308-4) sowie die Messstellen 129/306-1 und 30/306-0. Borwerte von mehreren 100 µg/l sind dort typisch, Carbamazepin, Diclofenac und Bezafibrat findet man in Konzentrationen von 500 bis 1200 ng/l. Röntgenkontrastmittel sind ebenfalls zu finden, jedoch in geringeren Konzentrationen von bis zu 200 ng/l.
- Messstellen, die durch Kläranlagenabläufe bzw. Uferfiltrat beeinflusst sind: Typische Borkonzentrationen sind dort wegen der Verdünnung 55 bis 160 µg/l. An diesen Stellen findet man die in der Kläranlage gut bis mittelmäßig eliminierbaren Substanzen wie Bezafibrat und Diclofenac nicht mehr, wohl aber die schlecht bis gar nicht eliminierbaren Verbindungen wie Carbamazepin und Amidotrizoesäure in vergleichsweise hohen Konzentrationen. Dies ist der Fall bei den durch die Donau (1/716-8) und den Neckar beeinflussten Messstellen (1150/512-0, 169/510-1, 126/459-5, 15/459-3), wobei sich insbesondere am Neckar der starke Einfluss der Uferfiltration durch die Stauhaltung zeigt.

Wie die Daten zeigen, ist bei den untersuchten Arzneimittelwirkstoffen in den letzten Jahren kein Rückgang festzustellen, das Belastungsniveau ist in mehreren Fällen

angestiegen. Mit zurückgehenden Konzentrationen ist erst zu rechnen, wenn die Einträge an der Quelle beseitigt oder vermindert sind. An den Beispielen des Pflanzenschutzmittels Atrazin und den Leichtflüchtigen Halogenwasserstoffen hat sich jedoch gezeigt, dass sich die Abnahme auch nach Beendigung des Eintrags noch über Jahre bis Jahrzehnte hinziehen kann.

#### BEWERTUNG UND WEITERES VORGEHEN

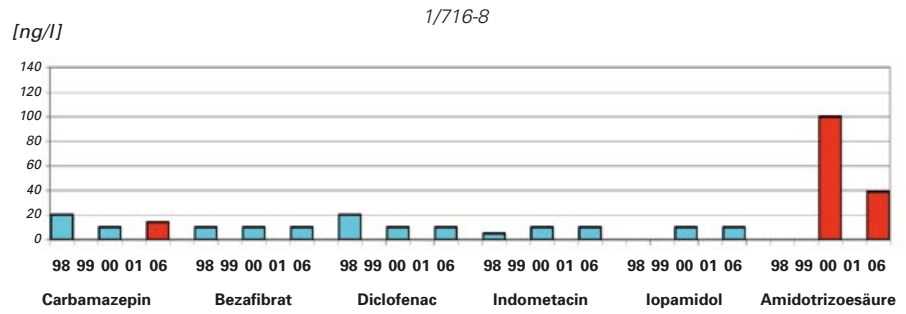
Bei den 22 ausgesuchten Messstellen handelt es sich um „Verdachtsfälle“, d.h. diese Messstellen sind bekanntermaßen direkt oder indirekt durch Abwasser beeinflusst und stellen daher den „worst case“ dar. Somit erklärt sich die hohe Zahl von 16 belasteten Messstellen mit den Substanzen, die 2006 untersucht wurden. Jedoch dürfen die an diesen „Indikatormessstellen“ vorliegenden Befunde keinesfalls auf das gesamte Landesmessnetz hochgerechnet werden. Eine Untersuchung auf 74 Arzneimittelwirkstoffe im September 2000 im Repräsentativmessnetz „EUA“ mit 80 Messstellen für die Berichtspflichten gegenüber der EU zeigte, dass 76 % der Proben frei von Wirkstoffen waren, in 20 % der Proben fand man einen und in nur 4 % der Proben fand man mehr als einen Wirkstoff.

Dennoch bleibt Frage wie künftig mit Arzneimittelrückständen in Gewässern umzugehen ist. Von Seiten des Gesundheitsschutzes besteht Übereinstimmung, dass bei den derzeit gefundenen Konzentrationen für den Menschen über das Trinkwasser weder bei kurzzeitiger noch bei lebenslanger Aufnahme eine Gefährdung ausgeht. Die Auswirkungen auf die Gewässerökologie sind allerdings derzeit noch nicht abschätzbar. Das weitere Verfolgen der Entwicklung ist daher erforderlich.

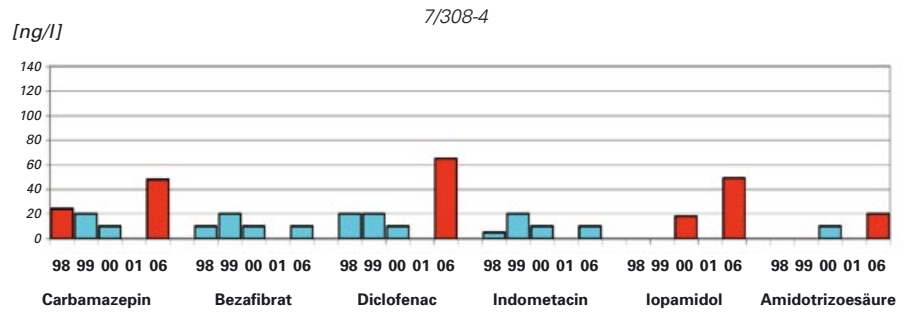
Aus Gründen des Vorsorgeprinzips sollten jedoch alle Maßnahmen in Betracht gezogen werden, die den Eintrag von Arzneimittelwirkstoffen in die Umwelt vermeiden oder zumindest verringern. Dazu gehört die Fortführung von Kanalsanierungsprogrammen, um den Eintrag über Leckagen ins Grundwasser zu verringern. Dazu gehört ferner der Ausstieg aus der landwirtschaftlichen Klärschlammverwertung hin zur energetischen Nutzung. Derzeit gehen bereits rund 75 % des Klärschlammes in die Verbrennung. Das Umweltministerium unterstützt diesen Weg durch entsprechende Fördermittel. Da Arzneimittelwirkstoffe bei der konventionellen Abwasserreinigung nur unzureichend



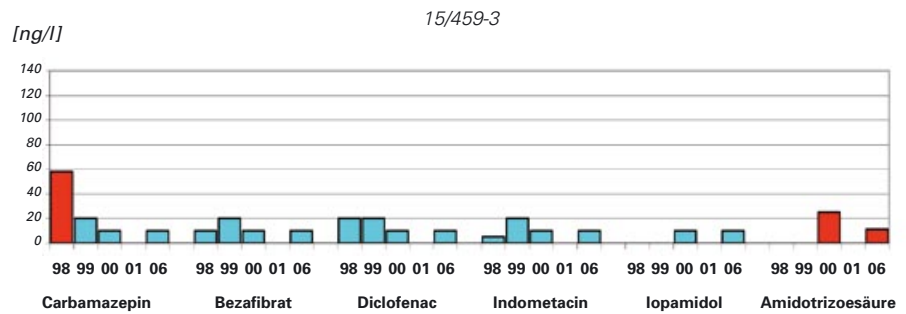
100 m neben Abwassersammler und Vorfluter Donau



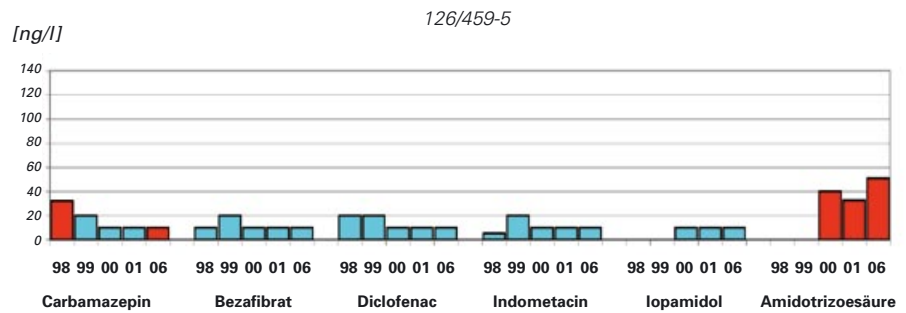
Am Abwasserhebewerk zwischen Abwassersammler und Vorfluter



Talaue am Neckar, Kläranlage für 10.000 EWG, 4 km oberstromig



Talaue am Neckar, Kläranlage für 4.800 EWG, 350 m oberstromig



Zwischen Abwassersammler und Krachbach, 30 bzw. 40 m entfernt

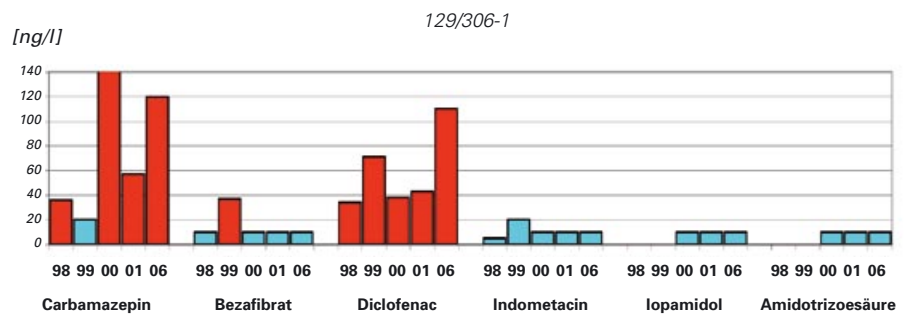
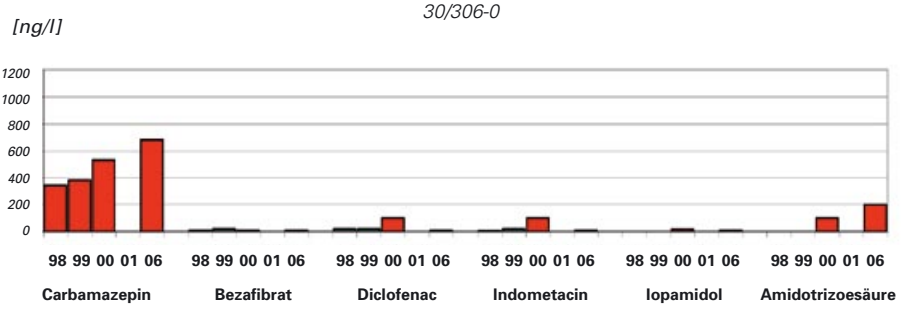


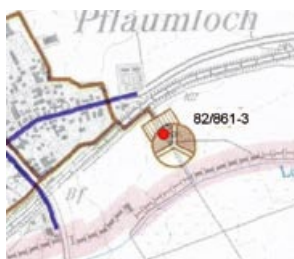
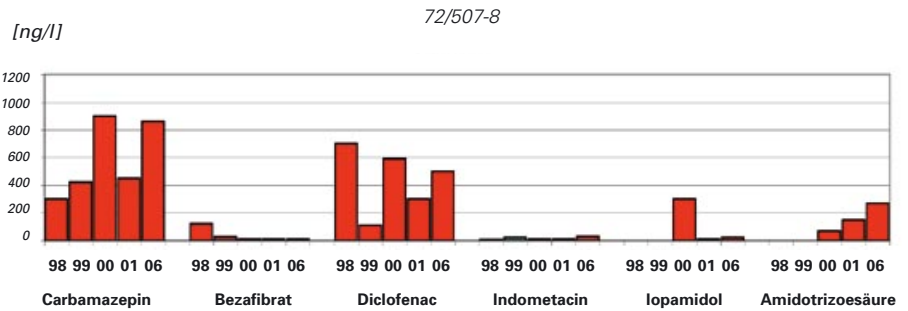
Abbildung 2.6.1 Zeitlicher Verlauf der Konzentration einiger Arzneimittelwirkstoffe und Röntgenkontrastmittel von 1998 bis 2006: Niedrigeres Konzentrationsniveau.



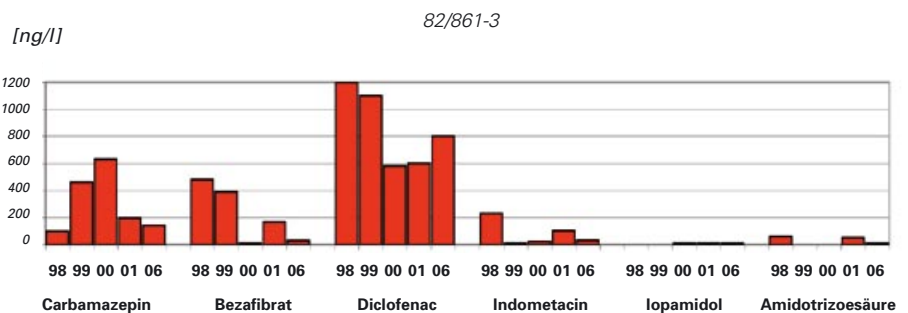
Zwischen Abwassersammler und Leimbach, 40 bzw. 10 m entfernt



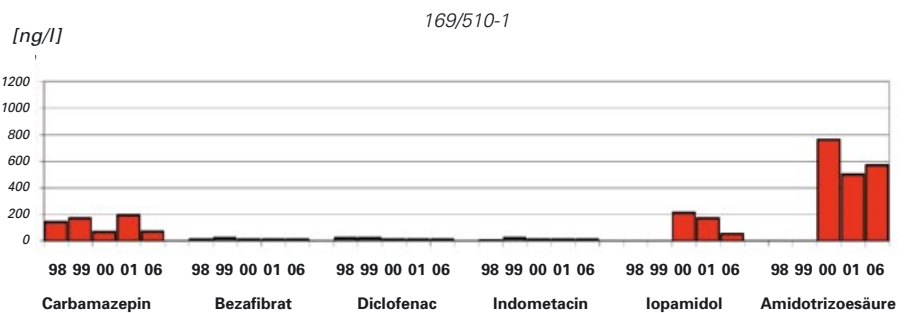
Neben Betriebsgelände Kläranlage für 4.000 EWG



Betriebsgelände Kläranlage für 6.600 EWG



Talaue am Neckar, Kläranlage für 7.500 EWG, 1 km oberstromig



Direkt am Abwassersammler in der Talaue am Neckar, Kläranlage für 7.900 EWG, 5,5 km oberstromig

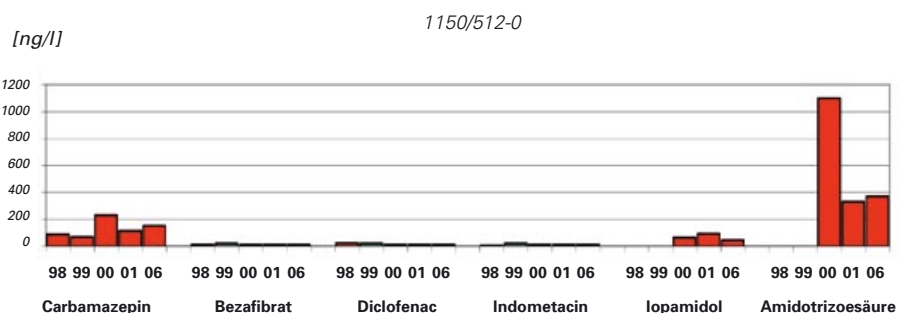


Abbildung 2.6.2 Zeitlicher Verlauf der Konzentration einiger Arzneimittelwirkstoffe und Röntgenkontrastmittel von 1998 bis 2006: Höheres Konzentrationsniveau.

eliminiert werden, wird in Baden-Württemberg derzeit der effektivste Ansatz zur Verringerung der Einträge in die Gewässer darin gesehen, in der Kläranlage als Nachreinigung Pulveraktivkohle einzusetzen. Pilotuntersuchungen haben gezeigt, dass damit je nach Wirkstoff eine Elimination von 40 bis 95 % möglich ist. Dabei ist mit Mehrkosten in der Größenordnung von 10 Cent je m<sup>3</sup> aufbereitetem Abwasser zu rechnen.

### 2.6.2 SONDERUNTERSUCHUNG PERFLUORIERTER TENSIDE (PFT)

Tenside sind Verbindungen, die in Wasch- und Reinigungsmitteln enthalten sind. Sie enthalten einen hydrophilen (wasserlöslichen) und einen hydrophoben (wasserabstoßenden) Molekülteil. Beim Waschprozess lagern sich die hydrophoben Moleküle um die Schmutzpartikel, die hydrophilen Enden weisen in Richtung Wasser und werden von diesem ausgeschwemmt. Man unterscheidet anionische, kationische, nichtionische und amphotere Tenside. Sind im Kohlenwasserstoffgerüst eines Tensids alle Wasserstoffatome durch Fluoratome ersetzt, spricht man von Perfluorierten Tensiden (PFT). Üblicherweise enthält die hydrophobe Kohlenstoffkette zwischen vier und 14 C-Atome. Diese Substanzen werden ausschließlich synthetisch hergestellt und in der Technik beispielsweise als Hochleistungstenside, in Feuerlöschschäumen und in Imprägniermitteln für Papier, Leder und Textilien verwendet. Weiterhin sind PFT auch Endprodukte des biologischen Abbaus zahlreicher Vorläufersubstanzen, wie sie in technischen Produkten enthalten sind. Perfluorierte Tenside werden auch als PBT-Chemikalien bezeichnet, da sie persistent, bioakkumulierbar und toxisch sind. Am wichtigsten sind die anionischen PFT, die sich ihrerseits nach ihrem hydrophilen Molekülende in Carboxylate, Sulfonate, Sulfate und Phosphate unterteilen lassen. Die bekanntesten Vertreter sind PFOA (Perfluoroktanoat) und PFOS (Perfluoroktansulfonat).

PFOA und PFOS gelangten im Sommer 2006 in die Schlagzeilen, als in Gewässern ländlich geprägter Gebiete Nordrhein-Westfalens erhöhte Konzentrationen an PFT festgestellt wurden. Die Ursachenforschung ergab, dass es sich dabei um die kriminelle Entsorgung von PFT-haltigen Abfällen handelte, indem diese als angeblicher „Bioabfall aus der Nahrungsmittelindustrie“ mit Gesteinsmehl vermischt an die dortigen Landwirte als Dünger abgegeben wurde.

Über die Oberflächengewässer des Hochsauerlandkreises gelangte PFOA in das Trinkwasser, wo Konzentrationen bis zu 0,56 µg/l gemessen wurden.

### UNTERSUCHUNGEN 2006

Aus Anlass dieser Vorkommnisse führte die LUBW im November 2006 eine pilothafte Untersuchung auf PFT durch. Dazu wurden 46 Messstellen ausgesucht, die den „worst case“ repräsentieren, da sie

- durch Abwasser direkt oder indirekt beeinflusst sind (Betriebsgelände Kläranlage, Leckagen in Abwassersammlern, Uferfiltrat);
- sich auf dem Betriebsgelände von Firmen befinden, die aufgrund ihrer Produktpalette mit PFT umgehen, z.B. Papierveredler, Galvaniken, etc.; Hinweise hierauf ergaben sich z.B. aus der Belastung mit EDTA und DTPA;
- sich im Einflussbereich von Deponien und Sondermülldeponien befinden;
- auf Gelände liegen, wo es in der Vergangenheit bekanntermaßen Feuerlöschübungen gegeben hat oder es gebrannt hat und Feuerlöschschäume eingesetzt wurden. Dies war der Fall auf einem Militärflughafen und einem Fabrikgelände.

Untersucht wurde auf 18 Einzelsubstanzen, die in Tabelle 2.6.3 zusammengestellt sind. PFT sind recht polare Substanzen, deren Analytik erst in den letzten Jahren entwickelt wurde. Daher sind diese Bestimmungen derzeit noch nicht in der Routineanalytik etabliert und nur in einigen wenigen Laboratorien verfügbar.

### ERGEBNISSE

Nach Anzahl der Befunde und der Konzentration sind PFOA und PFOS am stärksten vertreten. So findet man an rund 70 % der Messstellen PFOS und PFOA. Die kürzerkettigen Carboxylate und Sulfonate PFHxA, PFHpA und PFBS, PFHxS mit vier bis sieben Kohlenstoffatomen findet man zwar ebenfalls in 35 – 56 % der Fälle, jedoch mit Ausnahme von PFBS hauptsächlich im Konzentrationsbereich unter 5 ng/l. Die anderen Substanzen wurden nur in geringem Umfang in niedrigen Konzentrationen gemessen. Fünf Stoffe konnten in keiner einzigen Probe gefunden werden. Hinweis: Dem Schwellenwert 5 ng/l liegt keine rechtliche oder fachliche Ableitung zu Grunde, er wurde für die vor-



Tabelle 2.6.3 Untersuchungsumfang Perfluorierte Tenside (PFT) und Zahl der Positivbefunde an den 46 untersuchten Verdachtsmessstellen.

Substanz	Bestimmungs- grenze in ng/l	Anzahl Positiv- befunde	Anzahl Positiv- befunde > 5 ng/l*	Maximal- wert ng/l
Perfluorhexanoat (PFHxA)	1	26	6	67
Perfluorheptanoat (PFHpA)	1	20	4	20
Perfluoroctanoat (PFOA)	1	33	12	140
Perfluornonanoat (PFNA)	1	3	0	2
Perfluordecanoat (PFDA)	1	3	0	3
Perfluorundecanoat (PFUnA)	1	1	0	2
Perfluordodecanoat (PFDoA)	1	3	0	2
Perfluoroctansulfonat (PFOS)	1	32	19	1000
Perfluortetradecanoat (PFTA)	2	1	0	2
Perfluor-3,7-dimethyloctanoat (PF-3,7-DMOA)	2	0	0	-
Perfluorbutansulfonat (PFBS)	2	21	7	2500
Perfluorhexansulfonat (PFHxS)	2	16	8	1200
Perfluordecansulfonat (PFDS)	2	1	0	3
Perfluoroctansulfonsäureamid (PFOSA)	2	0	0	-
7H-Dodecafluorheptanoat (HPFHpA)	2	0	0	-
2H,2H-Perfluordecanoat (H2PFDA)	2	0	0	-
2H,2H,3H,3H-Perfluorundecanoat (H4PFUnA)	2	0	0	-
1H,1H,2H,2H-Perfluoroctansulfonat (H4PFOS)	2	1	1	18

\*Dem Schwellenwert von 5 ng/l liegt keine rechtliche oder fachliche Vorgabe zugrunde, er dient nur zur Abgrenzung zwischen niedriger und hoher Konzentration.

liegenden Auswertungen zur Abgrenzung zwischen niedriger und hoher Belastung ausgewählt.

Tabelle 2.6.3 zeigt die Zahl an PFT-Einzelsubstanzen, die an den Messstellen nachgewiesen wurden. Zehn Messstellen waren frei von PFT, weiter fünf Messstellen enthielten jeweils eine Verbindung, allerdings in niedrigen Konzentrationen zwischen 1 - 4 ng/l. Am häufigsten waren 4 - 6 Substanzen zu finden, darunter immer PFOA und PFOS. Fälle mit mehr als sechs Substanzen waren eher die Ausnahme. Für die summarische Auswertung wurden die positiven Befunde aufaddiert (Abb. 2.6.4). Rund ein Drittel der Messstellen hatte eine niedrige Belastung bis maximal 5 ng/l, an zwei Messstellen lag der Summenwert über 500 ng/l.

Der höchste Summenwert von 2.518 ng/l PFT wurde bei Karlsruhe an einer Messstelle direkt am Rhein gefunden. Der Hauptbestandteil war Perfluorbutansulfonat (PFBS) mit 2.500 ng/l. Diese Belastung stammte mit hoher Wahrscheinlichkeit aus dem Rhein, da eine andere Messstelle auf dem gleichen Firmengelände nur 17 ng/l enthielt. Untersuchungen im Rhein ließen vermuten, dass offensichtlich eine PFBS-Welle aus der Schweiz über die Aare in den Rhein gelangt war. Eine Nachuntersuchung der erstgenannten Messstelle im Februar 2007 bestätigte diese Annahme, da dann nur noch 35 ng/l PFT, davon 19 ng/l PFBS, gemessen wurden. Dies erklärt auch zwei erhöhte PFT-Werte von 102 bzw. 322 ng/l an Messstellen in Rheinfeldern in unmittelbarer Rheinnähe. Auch dort war PFBS Hauptbestandteil.

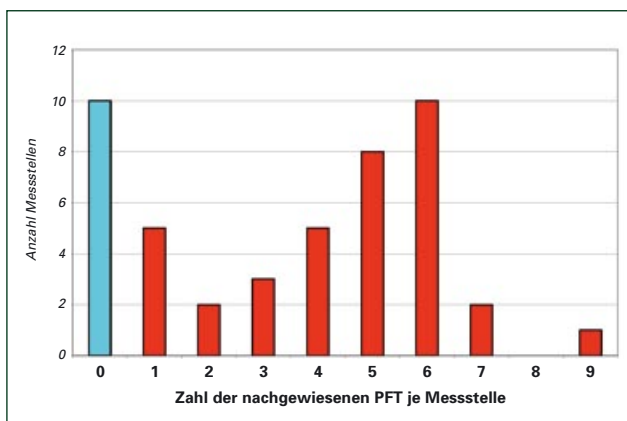


Abb. 2.6.3: Pilotuntersuchung auf PFT an 46 Grundwassermessstellen: Zahl der je Messstelle nachgewiesenen Einzelsubstanzen.

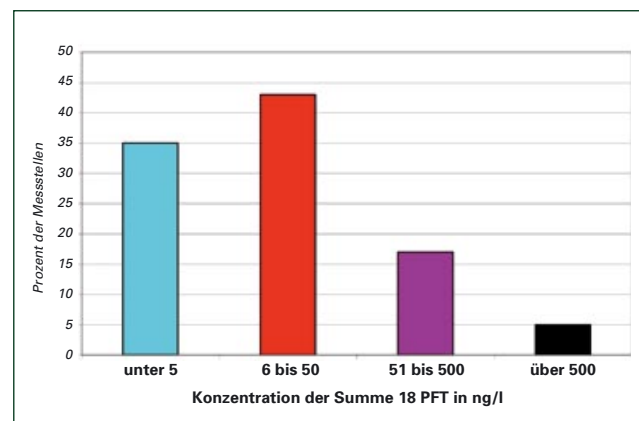


Abb. 2.6.4: Pilotuntersuchung auf PFT an 46 Grundwassermessstellen: Konzentrationsverteilung der 18 untersuchten Einzelsubstanzen als Summe PFT.

Die zweite Probe mit einer gesamten PFT-Konzentration von 2.430 ng/l, davon 1.000 ng/l der Einzelsubstanz PFOS, wurde in einem Beobachtungsrohr in Grenzach-Wyhlen gefunden. Ein Industriebetrieb im Einzugsbereich der Messstelle kam nicht in Frage, ebenso konnte der Verdacht einer Altablagerung als alleiniger Verursacher bisher nicht bestätigt werden.

#### **BEWERTUNG UND WEITERES VORGEHEN**

Weder in der TrinkwV noch in der WRRL noch in internationalen Regelwerken sind Grenzwerte oder Qualitätszielwerte für die Perfluorierten Tenside enthalten. Aufgrund der Funde im Hochsauerland hat die Trinkwasserkommission beim Umweltbundesamt eine „vorläufige Bewertung für PFT im Trinkwasser am Beispiel ihrer Leitsubstanzen PFOA und PFOS“ herausgegeben. Als Mindestqualitätsziel für eine lebenslange gesundheitliche Vorsorge schlägt sie für die am häufigsten in Gewässern auftretenden Verbindungen PFOA und PFOS die Einhaltung eines Summenwerts von 0,1 µg/l vor und übernimmt damit den allgemeinen Vorsorgewert für schwach bis nicht genotoxische Stoffe oder Stoffgruppen (vgl. Pflanzenschutzmittel). Als vorläufiger Maßnahmewert für Trinkwasser werden 5,0 µg/l genannt, d.h. ab dieser Konzentration dürfte ein Wasser nicht mehr als Trinkwasser verteilt werden.

Die bei den vorliegenden Untersuchungen gemessenen Konzentrationen an „worst-case“-Messstellen liegen in

91 % der Fälle unter 0,1 µg/l = 100 ng/l, nur an vier Messstellen liegen sie darüber. In zwei Fällen dürfte ein direkt benachbarter Abwassersammler die Ursache sein, die andere Messstelle liegt auf dem Firmengelände einer Galvanik, dem Spitzenwert von 1.043 ng/l als Summe von PFOA und PFOS gehen die Behörden noch nach. Damit erreicht selbst dieser Spitzenwert den genannten Maßnahmenwert von 5.000 ng/l bei weitem nicht. Insgesamt gesehen stellen somit die PFT im Grundwasser in Baden-Württemberg allenfalls ein punktuell Problem in Einzelfällen, nicht jedoch ein flächendeckendes Problem dar.

Derzeit laufen landesweite Untersuchungen von Abwasser und Klärschlamm auf PFT. Wie bei den Arzneimitteln soll auch bei den PFT das Gefährdungspotential für die Umwelt dadurch vermindert werden, dass Klärschlamm nicht mehr auf die landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht, sondern verbrannt wird.

In der EU werden das Inverkehrbringen und die Verwendung von PFOS bis auf einige Ausnahmen, für die es keine Alternativen gibt, ab dem 27. Juni 2008 verboten (Richtlinie 2006/122/EG). Für PFOS-haltige Feuerlöschmittel gilt eine Aufbrauchsfrist von 54 Monaten. Einige Unternehmen haben bereits Maßnahmen eingeführt, um die Einträge von PFT in die Umwelt zu reduzieren. Bis Februar 2008 soll der Risikobewertungsbericht der Europäischen Kommission nach der Maßgabe der neuen europäischen Chemikalienverordnung REACH vorliegen.

## Perfluorierte Tenside

Werte in µg/l

- < = 5
- 6 - 50
- 51 - 500
- > 500

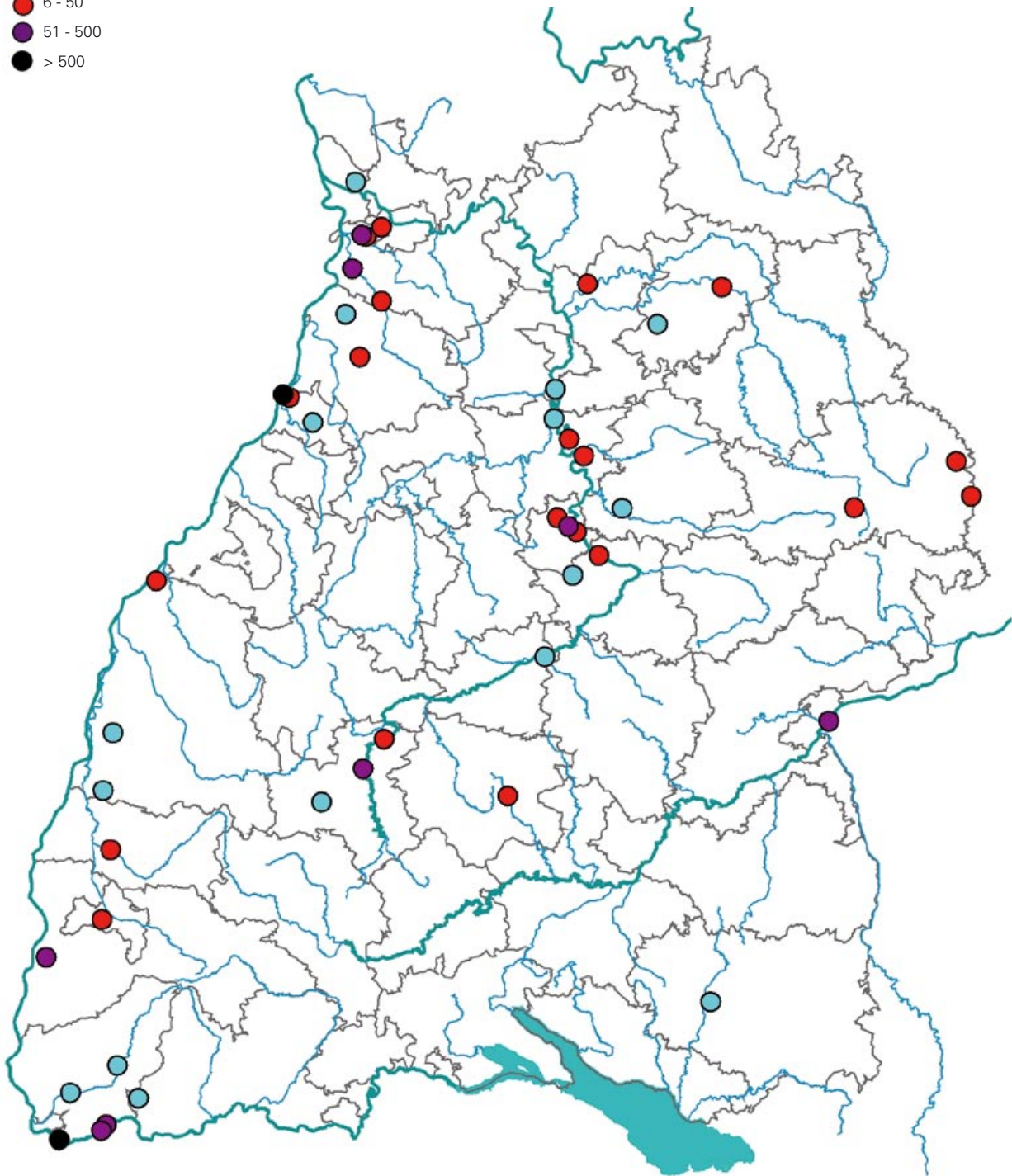


Abb. 2.6.5: Konzentrationsverteilung Perfluorierte Tenside (PFT) als Summe aus 18 Einzelsubstanzen an 46 Verdachtsmessstellen, Beprobung November 2006.

# 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

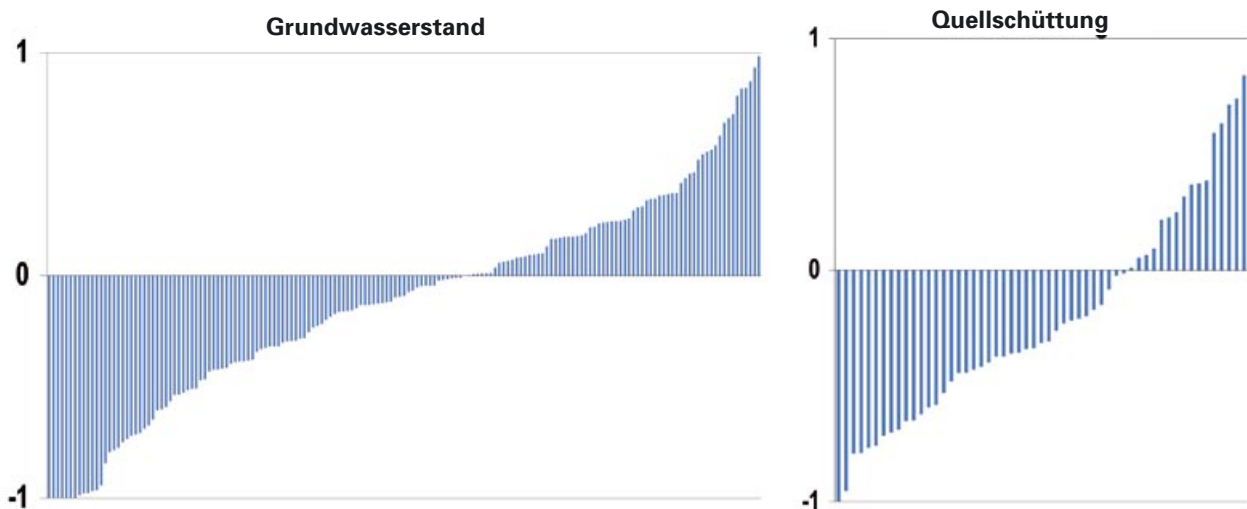
### DATENGRUNDLAGE

Auswahl von 342 repräsentativen und funktionsfähigen Messstellen mit beschleunigter Datenübermittlung: 205 Grundwasserstandsmessstellen (wöchentlicher Beobachtungsturnus), 127 Quellen (wöchentliche bis monatliche Messung) und 10 Lysimeter (tägliche bis wöchentliche Beobachtung)

### WICHTIGE ERGEBNISSE/AUFFÄLLIGKEITEN

- Insgesamt bewegen sich die Grundwasserstände und Quellschüttungen im Jahr 2006 auf etwas höherem Niveau als im Vorjahr und entsprechen etwa durchschnittlichen Verhältnissen.
- Die Grundwasserstände bewegen sich in den meisten Landesteilen auf höherem Niveau als im Jahr 2005 und entsprechen im langjährigen Vergleich insgesamt durchschnittlichen Verhältnissen. Die starken Frühjahrsniederschläge bewirkten einen signifikanten Anstieg. In den südöstlichen Landesteilen und im mittleren Oberrheingraben war dabei die deutlichste Erholung zu verzeichnen. Der kurzfristige Trend (10 Jahre) ist leicht rückläufig insbesondere im Bereich des Rheineinzugsgebiets, der mittelfristige Trend (20 Jahre) ist nach wie vor steigend, mit Ausnahmen im mittleren Oberrheingraben sowie im Illertal. Die langfristige Tendenz (50 Jahre) ist ausgeglichen.
- Die mittleren Jahreswerte der Quellschüttungen sind im vieljährigen Vergleich überwiegend leicht unterdurchschnittlich. Die sehr ungleiche Niederschlagsverteilung über das Jahr 2006 findet sich im Gang der Quellschüttungen wieder. Der kurzfristige (10 Jahre) Trend ist nach wie vor fallend, die mittelfristige (20 Jahre) Tendenz und die langfristigen Entwicklungen (50 Jahre) sind weitgehend unauffällig.

### Normierte Jahresmittelwerte 2006 im langjährigen Vergleich (seit 1957)



Erläuterung: Dargestellt wird pro Messstelle der - gegen den seit 1957 jeweils kleinsten (-1) bzw. größten (+1) Jahresmittelwert - normierter Jahresdurchschnitt im Jahr 2006.

Ergebnisse 2006 Baden-Württemberg TMN Grundwasserstand (Auswahl)										
Messstelle	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum		Jahresmaximum		Mittelwert 2006 [m+NN]	Trend [cm/Jahr]		
			2006		2006			10 Jahre	20 Jahre	50 Jahre
			[m+NN]	Datum	[m+NN]	Datum				
110018-1	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	171,72	20.03.	172,25	04.06.	172,08	-1,2	0,6	0,2
104019-6	Markgräfler Rheinebene	Quart. Talfüllungen	190,12	31.07.	190,77	23.10.	190,44	-1,3	0,9	1,0
115019-6	Markgräfler Rheinebene	Quart. Talfüllungen	182,90	13.02.	183,23	02.10.	183,07	0,3	0,5	0,4
124023-8	Markgräfler Rheinebene	Quart. Talfüllungen	239,00	24.07.	241,27	05.06.	240,53	-0,3	4,7	-1,1
133068-0	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	170,99	13.02.	171,80	12.06.	171,38	-1,4	1,0	0,3
102070-7	Feiburger Bucht	Quart. Talfüllungen	217,30	31.07.	218,62	17.04.	218,01	-0,2	0,5	0,1
104071-8	Markgräfler Hügelland	Quart. Talfüllungen	253,20	20.02.	256,44	17.04.	255,02	-2,5	0,6	-
102073-1	Hochschwarzwald	Quart. Talfüllungen	336,71	13.02.	338,68	24.04.	337,55	0,7	2,9	-0,7
110073-8	Dinkelberg	Quart. Talfüllungen	291,65	13.02.	293,50	10.04.	292,33	-1,3	0,3	-1,4
126114-5	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	139,18	31.07.	140,15	03.04.	139,61	0,3	1,0	0,3
103115-2	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	144,41	24.07.	145,33	12.06.	144,73	-6,2	-6,8	-0,9
131115-0	Mittlere Schwarzwald	Quart. Talfüllungen	159,64	30.07.	161,24	04.06.	160,17	-1,8	-0,2	-
100119-1	Feiburger Bucht	Quart. Talfüllungen	206,17	05.02.	207,31	08.10.	206,71	-1,8	0,7	-1,5
124123-1	Dinkelberg	Quart. Talfüllungen	329,26	13.02.	330,77	11.12.	329,75	0,0	0,1	-0,3
103161-0	Nördliche Oberrhein-Niederung	Quart. Talfüllungen	109,51	13.02.	111,42	17.04.	110,41	-1,9	0,0	0,1
143161-2	Nördliche Oberrhein-Niederung	Quart. Talfüllungen	114,53	17.07.	115,35	09.01.	115,06	-1,2	-0,5	0,7
120162-0	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	120,89	18.09.	121,55	13.03.	121,17	-2,0	0,0	0,1
157162-8	Offenburger Rheinebene	Quart. Talfüllungen	121,74	02.01.	122,41	17.04.	122,05	-4,7	-1,0	0,2
115211-5	Nördliche Oberrhein-Niederung	Quart. Talfüllungen	109,80	13.02.	110,89	17.04.	110,2	-1,3	-0,2	-0,1
124211-6	Hardlebene	Quart. Talfüllungen	115,72	13.02.	119,03	18.12.	115,99	-0,7	0,1	0,1
160223-0	Hochthental	Quart. Talfüllungen	316,88	13.02.	318,49	17.04.	317,59	-2,1	0,4	-
227259-1	Hardlebene	Quart. Talfüllungen	108,62	13.03.	108,84	30.10.	108,73	-4,1	0,4	1,9
150260-6	Hardlebene	Quart. Talfüllungen	112,17	06.02.	112,45	24.04.	112,3	-0,9	-2,4	1,7
133034-6	Hessische Rheinebene	Quart. Talfüllungen	93,91	26.06.	94,14	02.01.	93,98	0,4	4,2	-
733034-4	Hessische Rheinebene	Quart. Talfüllungen	91,37	31.07.	91,84	03.04.	91,66	2,1	4,6	-
104030-6	Neckar Rheinebene	Quart. Talfüllungen	87,21	13.02.	89,84	17.04.	88,45	-5,1	-0,3	0,0
100307-1	Hardlebene	Quart. Talfüllungen	99,26	31.07.	99,58	16.10.	99,38	-0,5	1,3	-1,6
108308-7	Hardlebene	Quart. Talfüllungen	106,07	16.01.	106,40	05.06.	106,24	-4,3	-0,4	-1,3
101320-1	Baar	Quart. Talfüllungen	674,63	11.09.	675,39	12.04.	674,83	-1,8	-0,2	-1,1
100321-9	Hegau-Alb	Muschelkalk	683,51	13.02.	685,21	17.04.	684,03	-2,7	0,0	-0,6
100355-1	Bergstraße	Quart. Talfüllungen	96,53	13.02.	96,90	17.04.	96,65	-2,0	4,9	1,9
105370-3	Hegau-Alb	Quart. Talfüllungen	651,77	12.06.	655,16	10.07.	652,74	2,1	3,6	2,6
132422-5	Hegau	Quart. Talfüllungen	418,27	13.02.	419,19	22.05.	418,86	0,3	1,8	-
167508-9	Neckarbecken	Quart. Talfüllungen	153,82	24.07.	154,40	13.03.	154,09	-1,6	2,0	-
100516-6	Mittlere Kuppenalb	Malm Weißjura	689,78	13.03.	697,87	01.05.	692,4	5,0	3,3	-
100517-0	Hohe Schwabenalb	Malm Weißjura	680,74	13.02.	695,47	24.04.	684,69	-3,7	-1,1	-
3568-8	Donau-Ablach-Platten	nicht bearbeitet	524,56	06.02.	526,33	03.04.	524,9	0,1	0,4	-
110623-5	Oberschwäbisches Hügelland	nicht bearbeitet	411,88	30.01.	412,62	13.03.	412,24	0,6	0,7	-
130623-6	Bodenseeboden	Quart. Talfüllungen	398,97	18.12.	399,80	02.05.	399,32	-1,2	1,3	-
107666-2	Mittlere Flächenalb	nicht bearbeitet	518,61	25.12.	527,59	24.04.	522,25	9,9	2,5	-
148717-0	Flachland der unteren Riss	nicht bearbeitet	492,48	13.11.	493,48	17.04.	492,75	0,5	0,8	-
125721-3	Riss-Altach-Platten	Quart. Talfüllungen	651,79	04.12.	653,27	24.04.	652,36	-0,1	-0,4	-
102762-4	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	500,51	25.12.	505,64	10.04.	502,48	0,4	2,5	0,3
101767-0	Albuch und Härtsfeld	Malm Weißjura	488,67	13.02.	490,34	03.04.	489,29	-8,6	-4,0	-1,9
109768-9	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	530,14	04.12.	530,99	24.04.	530,44	-0,1	-1,0	0,3
132768-3	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	516,29	04.12.	517,37	10.04.	516,68	-0,8	1,0	-1,0
111769-0	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	552,12	04.12.	552,89	17.04.	552,4	-1,0	-0,4	0,3
104770-4	Unteres Illertal	Quart. Talfüllungen	572,79	06.02.	573,68	24.04.	573,12	1,6	0,4	-0,8
177770-1	Riss-Altach-Platten	Quart. Talfüllungen	593,45	04.12.	595,22	17.04.	593,95	-1,9	-1,1	-
110773-2	Westallgäuer Hügelland	Quart. Talfüllungen	713,57	04.12.	715,66	03.04.	714,09	0,7	-0,2	-
102814-8	Donautied	Quart. Talfüllungen	444,46	02.01.	447,09	18.04.	445,22	-3,0	2,6	-1,1
100863-0	Ries-Alb	Malm /ief	447,95	27.11.	451,11	01.05.	449,41	9,1	-0,4	0,6

Ergebnisse 2006 Baden-Württemberg TMN Quellschüttung (Auswahl)										
Messstelle	Naturraum	Grundwasser-Landschaft	Jahresminimum		Jahresmaximum		Mittelwert 2006 [l/s]	Trend [l/s/Jahr]		
			2006		2006			10 Jahre	20 Jahre	50 Jahre
			[l/s]	Datum	[l/s]	Datum				
600069-3	Kaiserstuhl	mächtiger Löss	0,43	25.02.	0,74	24.06.	0,58	0,0	0,0	0,0
600171-5	Hochschwarzwald	Kristalin	0,04	03.08.	1,16	04.04.	0,33	0,0	0,0	0,0
601212-5	Nördlicher Talschwarzwald	Buntsandstein	0,72	21.08.	6,76	03.04.	2,42	-0,2	0,0	0,0
600263-6	Nördlicher Talschwarzwald	Buntsandstein	4,26	02.01.	26,62	03.04.	10,57	-1,0	-0,1	-0,1
602320-8	Baar-Alb und Oberes Donautal	Malm Weißjura	0,91	13.02.	10,00	27.03.	2,77	-0,1	0,0	0,0
600321-0	Hegau-Alb	Tertiär	0,66	02.01.	3,33	27.03.	1,49	-0,1	0,0	0,0
600407-7	Könichgau	Höherer Keuper	1,56	13.02.	4,68	04.09.	2,70	-0,3	-0,1	0,0
600468-4	Baar-Alb und Oberes Donautal	Malm Weißjura	50,00	06.11.	518,00	01.05.	109,84	-2,1	1,5	-
600521-4	Oberschwäbisches Hügelland	Quartär Kies+Sand	1,36	13.02.	4,57	17.04.	2,56	0,0	0,1	0,0
600554-9	Bauland	Muschelkalk	29,50	16.10.	81,60	29.05.	51,58	-1,1	0,3	0,0
600607-8	Hohenloher Haller Ebenen	Lettenkeuper	2,42	04.12.	4,01	20.03.	2,89	-0,1	0,0	0,0
603657-5	Kocher Jagst Ebenen	Muschelkalk	0,46	07.08.	3,33	13.03.	1,63	-0,1	0,0	0,0
600665-7	Mittlere Flächenalb	Malm Weißjura	825,00	03.11.	22595,00	28.03.	2676,86	-48,9	10,2	7,5
601759-1	Schwäb.-Fränk. Waldberge	Höherer Keuper	2,13	27.02.	5,57	06.06.	3,52	0,0	0,0	0,0

### 3.2 GESAMTMESSNETZ - BESCHAFFENHEIT

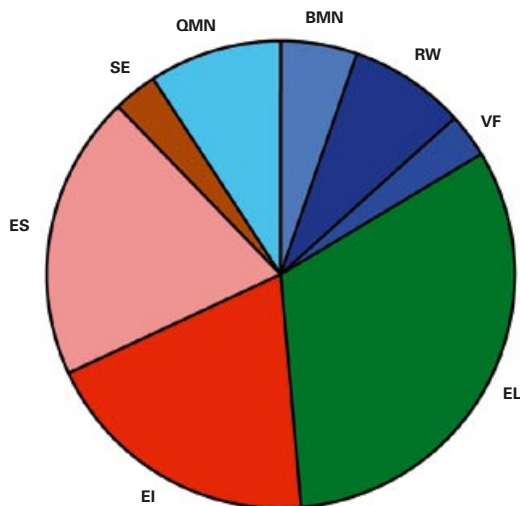
#### MESSNETZZIEL

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

#### DATENGRUNDLAGE

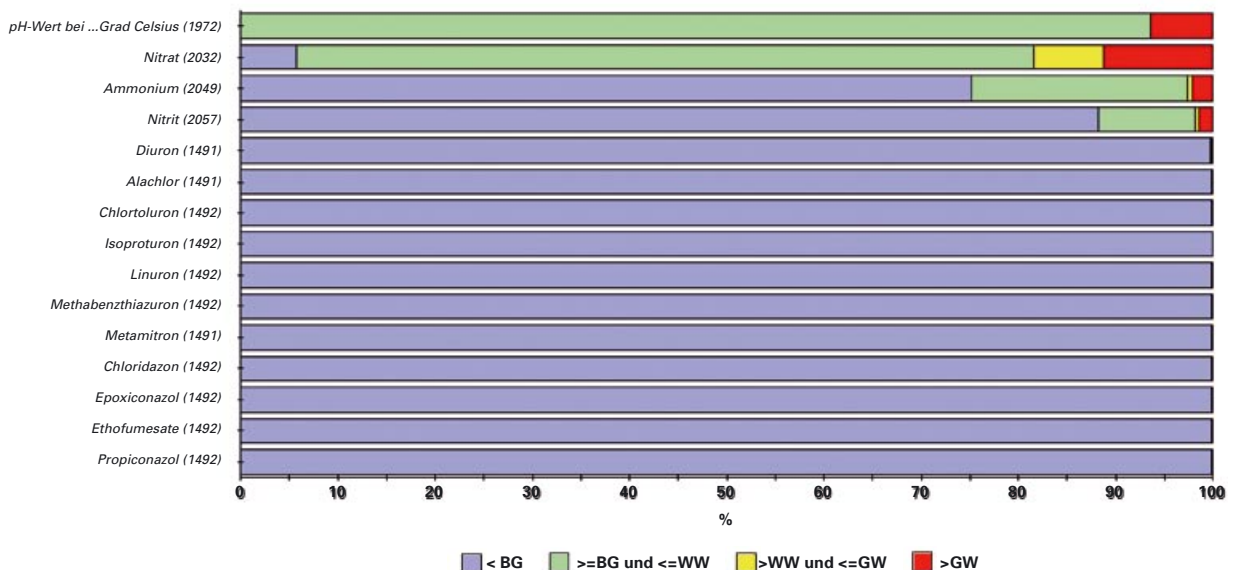
Ausgewertet wurden für das Jahr 2006 die Daten von insgesamt 2.058 Landesmessstellen. Die vom Land betriebenen Messstellen wurden auf folgende landesweiten Messprogramme untersucht (Messprogramm-Parameter: s. Anhang A2):

Messprogramm	BMN	RW/VF	EL	EI/ES/SE	QMN
Vor-Ort-Parameter	●	●	●	●	●
Messprogr. Stickstoff aus LW	●	●	●	●	●
Messprogramm PSM - 4	●	●	●	●	●
Messprogramm 13 zusätzliche PSM	●	●	●	●	●



Messnetz	Messstellen Anzahl	Messstellen Anteil %
BMN	109	5,3
RW	168	8,2
VF	58	2,8
EL	663	32,2
EI	405	19,7
ES	403	19,6
SE	62	3,0
QMN	190	9,2
Summe	2.058	100

#### ALLE



Ergebnisse 2006:		Baden-Württemberg ALLE									
Parameter	Dimension	Anz. Mst.	>BG		>WW		>GW		P50 (Median)	P90	Maximum (Minimum)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	°C	1984	1984	100,0	8	0,4	-	-	12,1	15,3	46,1
pH-Wert bei ... Grad Celsius	-	1972	1972	100,0	127	6,4	127	6,4	7,14	7,41	<b>(4,81) / 9,02</b>
Leitfähigkeit, elektrisch bei ... Grad Celsius	mS/m	2017	2017	100,0	25	1,2	8	0,4	65,0	100,7	<b>599,0</b>
Sauerstoff	mg/l	1904	1830	96,1	-	-	-	-	5,8	9,6	11,5
Sauerstoffsättigung	%	1838	1832	99,7	-	-	-	-	59,0	91,0	105,0
Nitrat	mg/l	2032	1917	94,3	374	18,4	230	11,3	19,6	<b>52,5</b>	<b>191,0</b>
Ammonium	mg/l	2049	511	24,9	53	2,6	43	2,1	<0,010	0,05	<b>5,824</b>
Nitrit	mg/l	2057	240	11,7	38	1,8	30	1,5	<0,01	0,01	<b>1,60</b>
Diuron	µg/l	1491	5	0,3	1	0,1	0	0,0	<0,05	<0,05	0,09
Alachlor	µg/l	1491	1	0,1	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	0,08
Chlortoluron	µg/l	1492	1	0,1	1	0,1	0	0,0	<0,05	<0,05	0,10
Isoproturon	µg/l	1492	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Linuron	µg/l	1492	1	0,1	1	0,1	0	0,0	<0,05	<0,05	0,10
Methabenzthiazuron	µg/l	1492	1	0,1	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	0,03
Metribuzin	µg/l	1491	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Metamitron	µg/l	1491	2	0,1	1	0,1	1	0,1	<0,05	<0,05	<b>0,15</b>
Chloridazon	µg/l	1492	1	0,1	1	0,1	1	0,1	<0,05	<0,05	<b>0,31</b>
Cyanazin	µg/l	1492	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Diflufenican	µg/l	1490	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Dimethenamid	µg/l	1491	1	0,1	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	0,06
Epoxiconazol	µg/l	1492	1	0,1	1	0,1	1	0,1	<0,05	<0,05	<b>0,47</b>
Ethofumesate	µg/l	1492	1	0,1	1	0,1	1	0,1	<0,05	<0,05	<b>1,00</b>
Flufenacet	µg/l	1491	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Penconazol	µg/l	1492	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Propiconazol	µg/l	1492	1	0,1	1	0,1	1	0,1	<0,05	<0,05	<b>0,29</b>
Triallat	µg/l	1490	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-

Hinweise siehe Anhang A6

**MESSNETZZIEL**

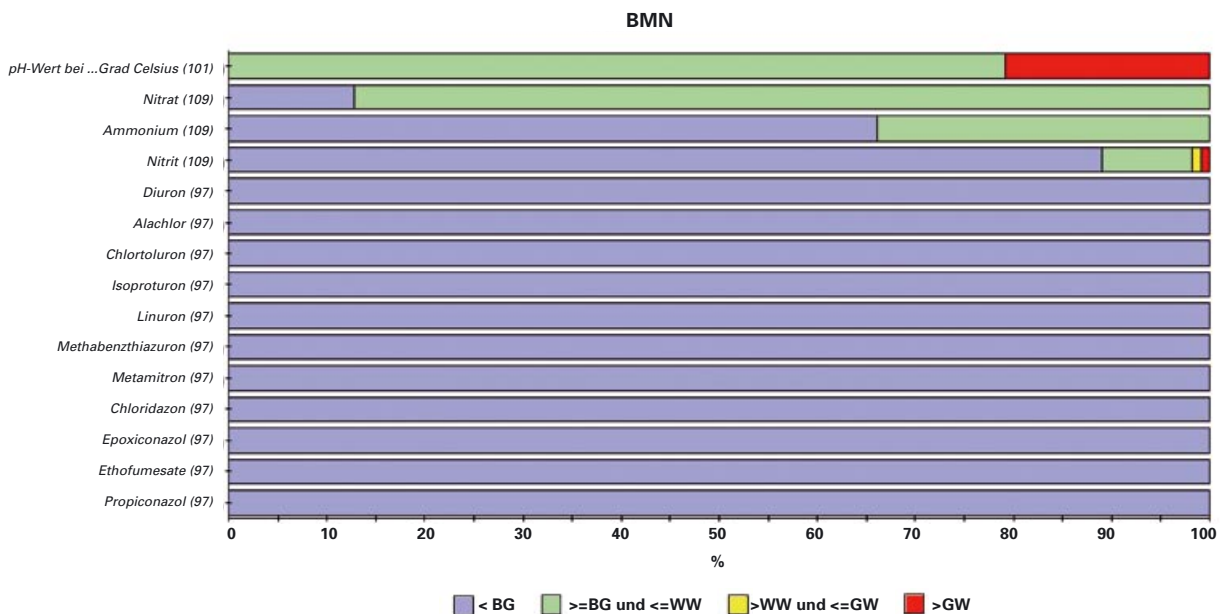
Landesweiter Überblick über Zustand und Entwicklung der natürlichen, von anthropogenen Einflüssen möglichst wenig beeinflussten Grundwasserbeschaffenheit

**DATENGRUNDLAGE**

Beprobt wurden 109 Messstellen in verschiedenen Grundwasserlandschaften Baden-Württembergs. Generell wurde untersucht auf die Messprogramme: „Vor-Ort“, die Stickstoffparameter Nitrit, Nitrat, Ammonium, „PSM-4“ und weitere 13, im Herbst 2006 erstmals untersuchte Pflanzenschutzmittelwirkstoffe

**WICHTIGE ERGEBNISSE/AUFFÄLLIGKEITEN**

- Beim **Nitrat** liegen 90 % aller Messstellen unter 16,2 mg/l (P-90-Wert), was in etwa als die Obergrenze des natürlichen Nitratgehaltes (15 mg/l) angesetzt werden kann. Die Hälfte aller Messstellen weist sogar noch kleinere Konzentrationen von weniger als 7,2 mg/l (P-50-Wert) auf. Das Maximum von 33,5 mg/l ist auf landwirtschaftlichen Einfluss an einer Quelle in Oberschwaben zurückzuführen.
- Alle **PSM**-Messergebnisse liegen unter der Bestimmungsgrenze.
- Die hohen **Temperaturen** von über 40 °C werden an Thermalwässern vorgefunden.
- Der hohe Anteil der Grenzwertunterschreitungen beim **pH-Wert** von 20,8 % ist durch saure Quellwässer in den Höhenlagen von Schwarzwald, Odenwald und Keuperbergland verursacht. Das Maximum und Minimum im BMN sind gleichzeitig die landesweiten Extremwerte. pH 9,02 findet sich an einer sehr tiefen, in der Oberen Meeresmolasse verfilterten Messstelle am Bodensee, pH 4,81 an einer sauren Quelle im mittleren Schwarzwald.





Ergebnisse 2006:		Baden-Württemberg BMN									
Parameter	Dimension	Anz. Mst.	>BG		>WW		>GW		P50 (Median)	P90	Maximum (Minimum)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	°C	102	102	100,0	4	3,9	-	-	9,7	13,6	46,1
pH-Wert bei ... Grad Celsius	-	101	101	100,0	21	20,8	21	20,8	7,25	7,65	<b>(4,81)</b> / 9,02
Leitfähigkeit, elektrisch bei ... Grad Celsius	mS/m	101	107	100,0	0	0,0	0	0,0	41,3	61,3	90,4
Sauerstoff	mg/l	94	92	97,9	-	-	-	-	9,2	10,8	11,5
Sauerstoffsättigung	%	90	90	100,0	-	-	-	-	84,5	97,0	102,0
Nitrat	mg/l	109	95	87,2	0	0,0	0	0,0	7,2	16,2	33,5
Ammonium	mg/l	109	37	33,9	0	0,0	0	0,0	<0,010	0,140	0,380
Nitrit	mg/l	109	12	11,0	2	1,8	1	0,9	<0,01	0,01	<b>0,12</b>
Diuron	µg/l	97	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Alachlor	µg/l	97	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Chlortoluron	µg/l	97	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Isoproturon	µg/l	97	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Linuron	µg/l	97	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Methabenzthiazuron	µg/l	97	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Metribuzin	µg/l	97	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Metamitron	µg/l	97	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Chloridazon	µg/l	97	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Cyanazin	µg/l	97	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Diflufenican	µg/l	97	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Dimethenamid	µg/l	97	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Epoxiconazol	µg/l	97	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Ethofumesate	µg/l	97	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Flufenacet	µg/l	97	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Penconazol	µg/l	97	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Propiconazol	µg/l	97	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Triallat	µg/l	97	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-

Hinweise siehe Anhang A6

**MESSNETZZIEL**

Landesweiter repräsentativer Überblick über das zur öffentlichen Wasserversorgung genutzte Grundwasser

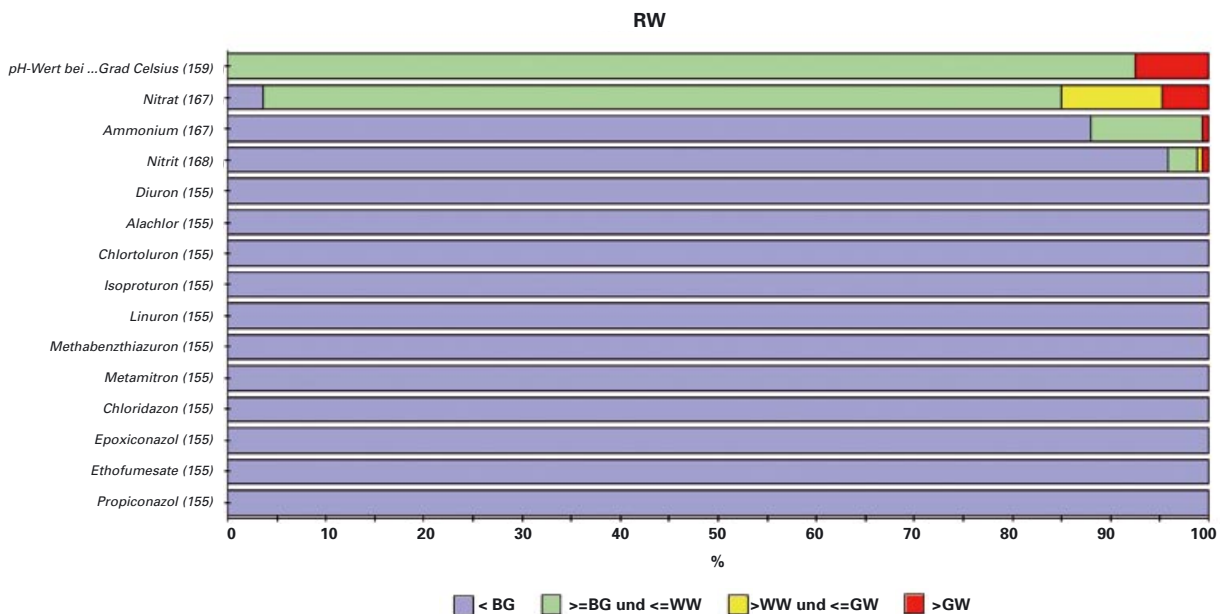
**DATENGRUNDLAGE**

Ausgewertet wurden 168 repräsentative Rohwassermessstellen aus dem Landesmessnetz. Generell wurde untersucht auf die Messprogramme: „Vor-Ort“, die Stickstoffparameter Nitrit, Nitrat, Ammonium, „PSM-4“ und weitere 13, im Herbst 2006 erstmals untersuchte Pflanzenschutzmittelwirkstoffe.

**WICHTIGE ERGEBNISSE/AUFFÄLLIGKEITEN**

Sämtliche genannten Grenzwertüberschreitungen beziehen sich auf das Grundwasser als Rohwasser, ungeachtet dessen, inwieweit dieses Wasser für die Trinkwasserversorgung noch aufbereitet oder mit weniger belastetem Wasser gemischt wird.

- **Nitrat:** An jeder einundzwanzigsten Messstelle liegt der Nitratgehalt über dem Grenzwert von 50 mg/l. Der P-90-Wert liegt bei 42,8 mg/l, der P-50-Wert bei 19,0 mg/l. An 15,0 % aller Messstellen wird der Warnwert von 40 mg/l überschritten. Weit weniger als die Hälfte aller Messstellen (37 %) - nahezu nur ein Drittel - weisen natürliche Nitratgehalte von weniger als 15 mg/l auf.
- Alle PSM-Messergebnisse liegen unter der Bestimmungsgrenze.
- Beim pH-Wert wird der untere Grenzwert an 7,5 % der Messstellen unterschritten, meist im mittleren und südlichen Schwarzwald.



Ergebnisse 2006:		Baden-Württemberg RW									
Parameter	Dimension	Anz. Mst.	>BG		>WW		>GW		P50 (Median)	P90	Maximum (Minimum)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	°C	163	163	100,0	0	0,0	-	-	11,5	13,2	15,3
pH-Wert bei ... Grad Celsius	-	159	159	100,0	12	7,5	12	7,5	7,17	7,48	<b>(5,81) / 7,7</b>
Leitfähigkeit, elektrisch bei ... Grad Celsius	mS/m	165	165	100,0	0	0,0	0	0,0	62,9	90,7	117,2
Sauerstoff	mg/l	155	152	98,1	-	-	-	-	6,2	9,3	10,7
Sauerstoffsättigung	%	153	153	100,0	-	-	-	-	57,2	90,1	100,0
Nitrat	mg/l	167	161	96,4	25	15,0	8	4,8	19,0	42,8	88,9
Ammonium	mg/l	167	20	12,0	1	0,6	1	0,6	<0,010	0,016	0,960
Nitrit	mg/l	168	7	4,2	2	1,2	1	0,6	<0,01	<0,01	<b>0,14</b>
Diuron	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Alachlor	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Chlortoluron	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Isoproturon	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Linuron	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Methabenzthiazuron	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Metribuzin	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Metamitron	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Chloridazon	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Cyanazin	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Diflufenican	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Dimethenamid	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Epoxiconazol	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Ethofumesate	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Flufenacet	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Penconazol	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Propiconazol	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Triallat	µg/l	154	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-

Hinweise siehe Anhang A6

**MESSNETZZIEL**

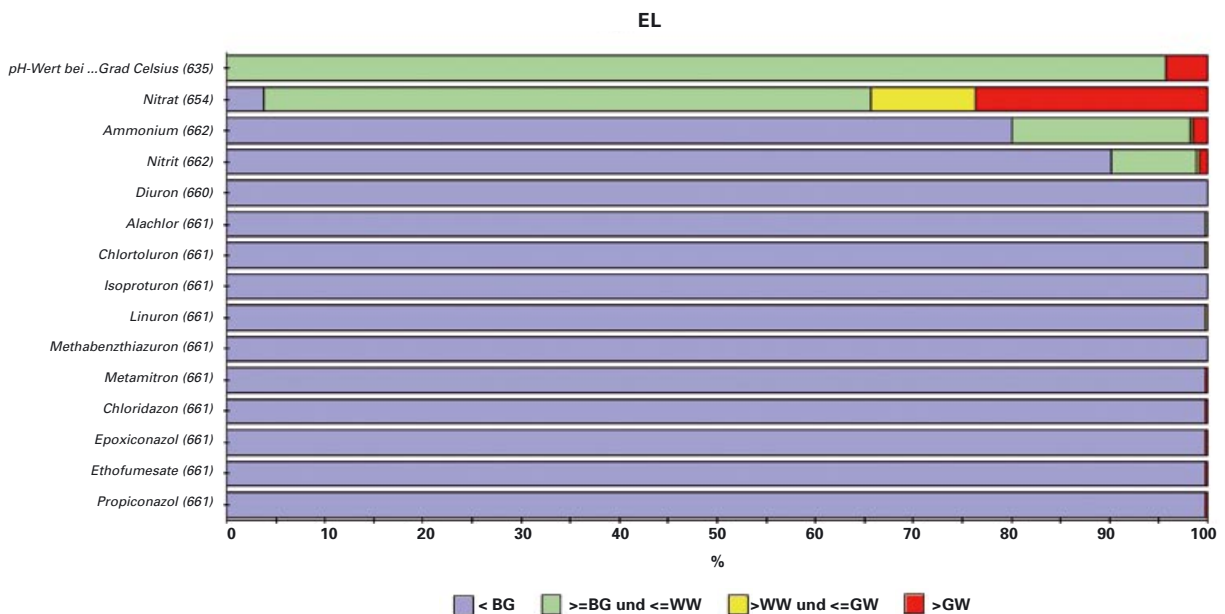
Landesweiter Überblick über Zustand und Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit im Wirkungsbereich von landwirtschaftlichen Bodennutzungen

**DATENGRUNDLAGE**

Die insgesamt 663 beprobten Emittentenmessstellen Landwirtschaft wurden generell untersucht auf die Messprogramme: „Vor-Ort“, die Stickstoffparameter Nitrit, Nitrat, Ammonium, „PSM-4“ und weitere 13, im Herbst 2006 erstmals untersuchte Pflanzenschutzmittelwirkstoffe

**WICHTIGE ERGEBNISSE/AUFFÄLLIGKEITEN**

- **Nitrat:** An nahezu jeder vierten Messstelle liegt der Nitratgehalt über dem Grenzwert der TrinkwV und der Qualitätsnorm der WRRL von 50 mg/l. Der P-90-Wert liegt bei 68,0 mg/l, der P-50-Wert bei 29,4 mg/l. An einem Drittel aller Messstellen (34,3 %) wird der Warnwert von 40 mg/l überschritten. An drei Viertel aller Messstellen (75 %) liegen die Konzentrationen über dem natürlichen Nitratgehalt von 15 mg/l.
  
- **PSM:** Bei den PSM finden sich hier die meisten Nachweise aller Teilmessnetze in z.T. landesweit höchsten Konzentrationen. An sechs Messstellen werden insgesamt neun Wirkstoffe nachgewiesen: Alachlor, Chlortoluron, Linuron, Metamitron, Chloridazon, Dimethenamid, Epoxiconazol, Ethofumesat und Propiconazol. Wirkstoffe mit Überschreitungen der Grenzwerte der TrinkwV / Qualitätsnorm der WRRL sind in Fettdruck dargestellt. Vier der Grenzwertüberschreitungen - darunter auch die von Chloridazon - finden sich alle in einem Brunnen auf einem Aussiedlerhof. Der hohe Befund von Propiconazol – einem Fungizid gegen Pilzkrankheiten im Getreide wird - wird an einer Quelle gemessen, welche eine Hochfläche mit Getreidefelder entwässert. Der Anteil der Getreidefelder an der gesamten Einzugsgebietsfläche ist dort mit 70 - 80 % sehr hoch.



Ergebnisse 2006:		Baden-Württemberg EL									
Parameter	Dimension	Anz. Mst.	>BG		>WW		>GW		P50 (Median)	P90	Maximum (Minimum)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	°C	642	642	100,0	0	0,0	-	-	11,7	14,6	19,7
pH-Wert bei ... Grad Celsius	-	635	635	100,0	27	4,3	27	4,3	7,16	7,41	<b>(5,04) / 7,92</b>
Leitfähigkeit, elektrisch bei ... Grad Celsius	mS/m	643	643	100,0	0	0,0	0	0,0	64,5	93,3	195,0
Sauerstoff	mg/l	610	587	96,2	-	-	-	-	6,5	9,5	11,2
Sauerstoffsättigung	%	587	584	99,5	-	-	-	-	64,0	92,0	105,0
Nitrat	mg/l	654	630	96,3	224	34,3	155	23,7	29,4	<b>68,0</b>	<b>191,0</b>
Ammonium	mg/l	662	132	19,9	12	1,8	10	1,5	<0,010	0,02	<b>4,800</b>
Nitrit	mg/l	662	65	9,8	8	1,2	6	0,9	<0,01	<0,01	<b>0,34</b>
Diuron	µg/l	660	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Alachlor	µg/l	661	1	0,2	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	0,08
Chlortoluron	µg/l	661	1	0,2	1	0,2	0	0,0	<0,05	<0,05	0,10
Isoproturon	µg/l	661	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Linuron	µg/l	661	1	0,2	1	0,2	0	0,0	<0,05	<0,05	0,10
Methabenzthiazuron	µg/l	661	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Metribuzin	µg/l	661	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Metamitron	µg/l	661	2	0,3	1	0,2	1	0,2	<0,05	<0,05	<b>0,15</b>
Chloridazon	µg/l	661	1	0,2	1	0,2	1	0,2	<0,05	<0,05	<b>0,31</b>
Cyanazin	µg/l	661	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Diflufenican	µg/l	660	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Dimethenamid	µg/l	661	1	0,2	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	0,06
Epoxiconazol	µg/l	661	1	0,2	1	0,2	1	0,2	<0,05	<0,05	<b>0,47</b>
Ethofumesate	µg/l	661	1	0,2	1	0,2	1	0,2	<0,05	<0,05	<b>1,00</b>
Flufenacet	µg/l	660	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Penconazol	µg/l	661	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Propiconazol	µg/l	661	1	0,2	1	0,2	1	0,2	<0,05	<0,05	<b>0,29</b>
Triallat	µg/l	660	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-

Hinweise siehe Anhang A6

**MESSNETZZIEL**

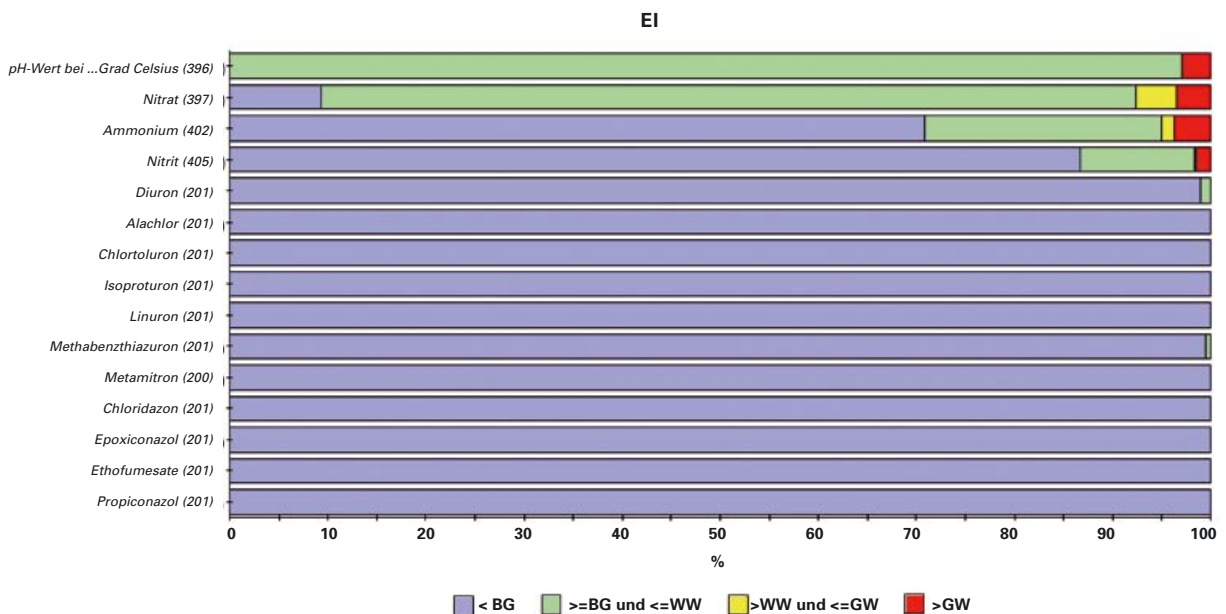
Landesweiter Überblick über Zustand und Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit unterstromig von Industriestandorten

**DATENGRUNDLAGE**

Die 405 Emittentenmessstellen Industrie wurden generell untersucht auf die Messprogramme: „Vor-Ort“, die Stickstoffparameter Nitrit, Nitrat, Ammonium, „PSM-4“ und weitere 13, im Herbst 2006 erstmals untersuchte Pflanzenschutzmittelwirkstoffe

**WICHTIGE ERGEBNISSE/AUFFÄLLIGKEITEN**

- **Nitrat:** An jeder 28. Messstelle liegt der Nitratgehalt über dem Grenzwert der TrinkwV und der Qualitätsnorm der WRRL von 50 mg/l. Der P-90-Wert liegt bei 37,0 mg/l, der P-50-Wert bei 16,6 mg/l. An mehr als 90 % aller Messstellen (92 %) wird der Warnwert von 40 mg/l unterschritten. An etwa der Hälfte aller Messstellen (55 %) liegen die Konzentrationen über dem natürlichen Nitratgehalt von 15 mg/l.
  
- Die PSM-Wirkstoffe Diuron und Methabenzthiazuron wurden an drei Messstellen gefunden. In keinem Fall liegt aber eine Grenzwertüberschreitung vor. Diuron findet sich einmal in einem Beobachtungsrohr in der Nähe von Bahngleisen und einmal in einem Beobachtungsrohr mit einem weitgehend siedlungsgeprägten Grundwassereinzugsgebiet.



Ergebnisse 2006:		Baden-Württemberg EI									
Parameter	Dimen- sion	Anz. Mst.	>BG		>WW		>GW		P50 (Median)	P90	Maximum (Minimum)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	°C	397	397	100,0	2	0,5	-	-	13,7	16,5	22,5
pH-Wert bei ... Grad Celsius	-	396	396	100,0	12	3,0	12	3,0	7,13	7,39	<b>(6,20)</b> / 8,81
Leitfaehigkeit, elektrisch bei ... Grad Celsius	mS/m	401	401	100,0	14	3,5	5	1,2	73,2	126	<b>599,0</b>
Sauerstoff	mg/l	389	366	94,1	-	-	-	-	4,4	8	10,6
Sauerstoffsattigung	%	371	369	99,5	-	-	-	-	46,0	80,0	102,0
Nitrat	mg/l	397	360	90,7	30	7,6	14	3,5	16,6	37,0	<b>119,0</b>
Ammonium	mg/l	402	117	29,1	20	5,0	15	3,7	<0,010	0,11	<b>5,824</b>
Nitrit	mg/l	405	54	13,3	7	1,7	6	1,5	<0,01	0,01	<b>0,38</b>
Diuron	µg/l	201	2	1,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	0,06
Alachlor	µg/l	201	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Chlortoluron	µg/l	201	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Isoproturon	µg/l	201	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Linuron	µg/l	201	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Methabenzthiazuron	µg/l	201	1	0,5	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	0,03
Metribuzin	µg/l	201	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Metamitron	µg/l	200	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Chloridazon	µg/l	201	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Cyanazin	µg/l	201	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Diflufenican	µg/l	201	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Dimethenamid	µg/l	201	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Epoxiconazol	µg/l	201	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Ethofumesate	µg/l	201	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Flufenacet	µg/l	201	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Penconazol	µg/l	201	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Propiconazol	µg/l	201	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Triallat	µg/l	201	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-

Hinweise siehe Anhang A6

**MESSNETZZIEL**

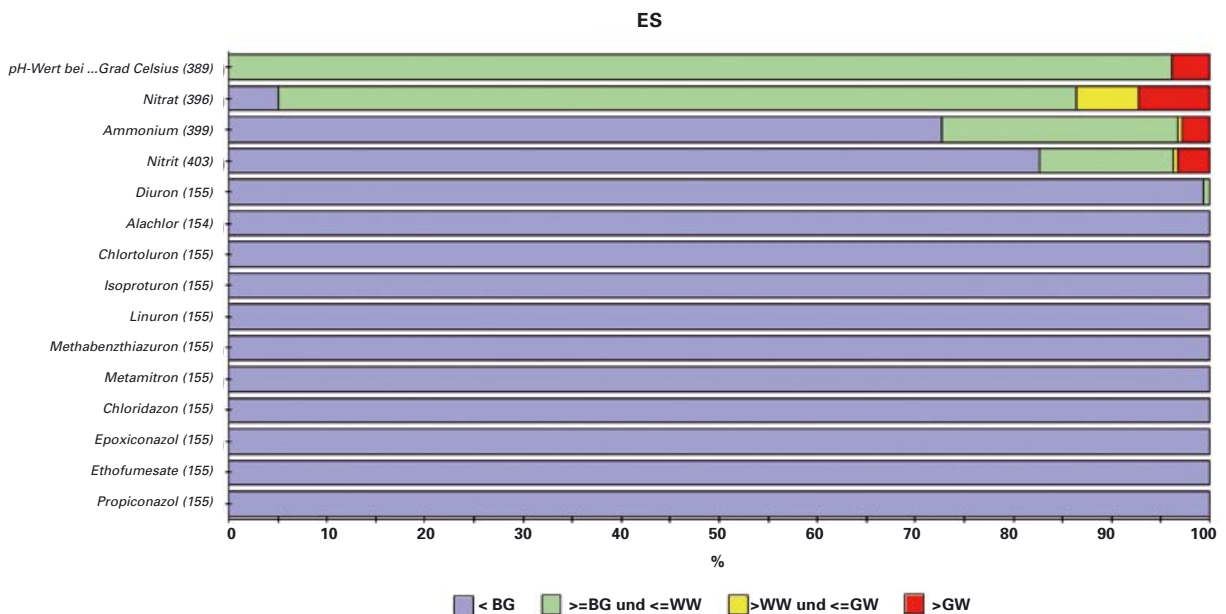
Landesweiter Überblick über Zustand und Entwicklung der Grundwasserbeschaffenheit unterstromig von Siedlungsgebieten

**DATENGRUNDLAGE**

Die insgesamt 403 beprobten Emittentenmessstellen Siedlungen wurden generell untersucht auf die Messprogramme: „Vor-Ort“, die Stickstoffparameter Nitrit, Nitrat, Ammonium, „PSM-4“ und weitere 13, im Herbst 2006 erstmals untersuchte Pflanzenschutzmittelwirkstoffe.

**WICHTIGE ERGEBNISSE/AUFFÄLLIGKEITEN**

- **Nitrat:** An jeder vierzehnten Messstelle liegt der Nitratgehalt über dem Grenzwert der TrinkwV und der Qualitätsnorm der WRRL von 50 mg/l. Der P-90-Wert liegt bei 46,1 mg/l, der P-50-Wert bei 19,2 mg/l. Etwas mehr als 10 % aller Messstellen (13,6 %) überschreiten den Warnwert von 40 mg/l. An nahezu zwei Drittel aller Messstellen (64 %) liegen die Konzentrationen über dem natürlichen Nitratgehalt von 15 mg/l.
- Bei den PSM wird nur in einem Fall Diuron gefunden, jedoch liegt der Wert unterhalb des Grenzwertes. Die betroffene Messstelle liegt unterstromig einer mehrgleisigen Bahnanlage.





Ergebnisse 2006:		Baden-Württemberg ES									
Parameter	Dimen- sion	Anz. Mst.	>BG		>WW		>GW		P50 (Median)	P90	Maximum (Minimum)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	°C	386	386	100,0	2	0,5	-	-	13,2	15,6	22,1
pH-Wert bei ... Grad Celsius	-	389	389	100,0	15	3,9	15	3,9	7,09	7,31	<b>(5,02)</b> / 8,80
Leitfaehigkeit, elektrisch bei ... Grad Celsius	mS/m	395	395	100,0	8	2,0	2	0,5	74,0	125,3	<b>330,0</b>
Sauerstoff	mg/l	373	361	96,8	-	-	-	-	4,3	8,4	10,3
Sauerstoffsattigung	%	362	361	99,7	-	-	-	-	44,5	81,0	98
Nitrat	mg/l	396	376	94,9	54	13,6	29	7,3	19,2	46,1	<b>131,0</b>
Ammonium	mg/l	399	109	27,3	13	3,3	11	2,8	<0,010	0,063	<b>3,300</b>
Nitrit	mg/l	403	70	17,4	15	3,7	13	3,2	<0,01	<0,02	<b>1,60</b>
Diuron	µg/l	155	1	0,6	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	0,06
Alachlor	µg/l	154	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Chlortoluron	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Isoproturon	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Linuron	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Methabenzthiazuron	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Metribuzin	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Metamitron	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Chloridazon	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Cyanazin	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Diflufenican	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Dimethenamid	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Epoxiconazol	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Ethofumesate	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Flufenacet	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Penconazol	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Propiconazol	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Triallat	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-

Hinweise siehe Anhang A6

**MESSNETZZIEL**

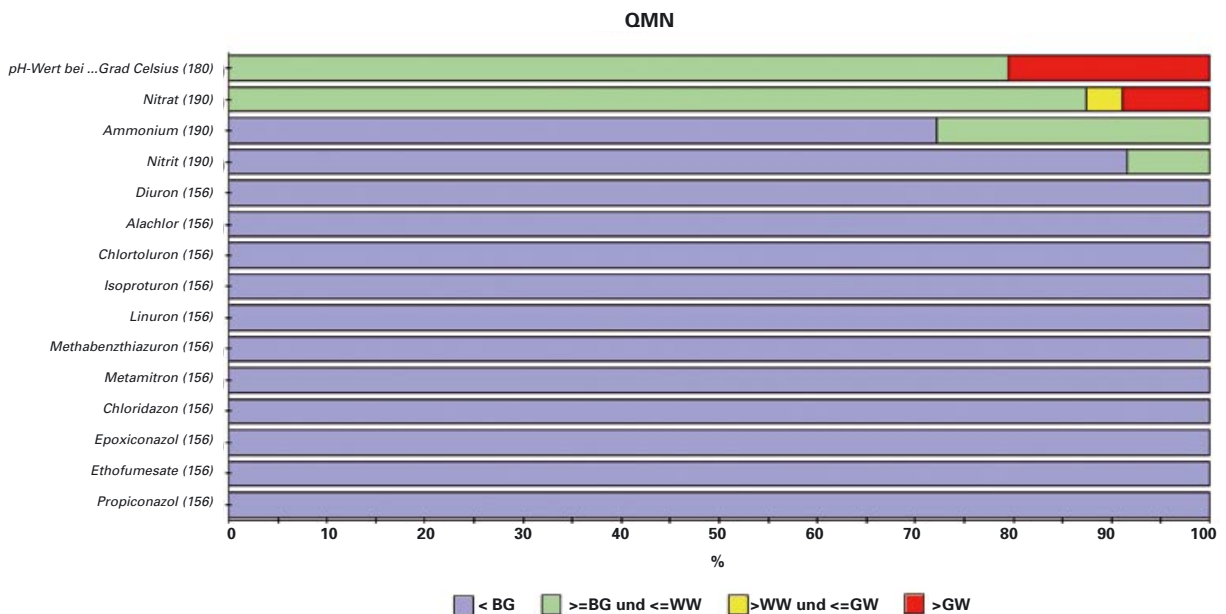
Landesweiter Überblick über die Grundwasserbeschaffenheit im Festgesteinsbereich unter Berücksichtigung von Nutzungseinflüssen sowie der Schüttungsmengen

**DATENGRUNDLAGE**

Die insgesamt 190 beprobten Quellen wurden generell untersucht auf die Messprogramme: „Vor-Ort“, die Stickstoffparameter Nitrit, Nitrat, Ammonium, „PSM-4“ und weitere 13, im Herbst 2006 erstmals untersuchte Pflanzenschutzmittelwirkstoffe.

**WICHTIGE ERGEBNISSE/AUFFÄLLIGKEITEN**

- **Nitrat:** An jeder elften Messstelle liegt der Nitratgehalt über dem Grenzwert der TrinkwV und der Qualitätsnorm der WRRL von 50 mg/l. Der P-90-Wert liegt bei 48 mg/l, der P-50-Wert bei 14,6 mg/l. An etwas mehr als 10 % aller Messstellen (12,6 %) wird der Warnwert von 40 mg/l überschritten. Etwa die Hälfte der Quellen (53 %) weist natürliche Nitratgehalte von weniger als 15 mg/l auf.
- PSM-Nachweise gibt es keine.
- Mit einem P-90-Wert von 97,0 % Sauerstoffsättigung sind fast alle untersuchten Quellen nahezu sauerstoffgesättigt.
- Nahezu an jeder fünften Quelle (20,6 %) finden sich Unterschreitungen des pH-Grenzwertes, meist im Odenwald und Schwarzwald.



Ergebnisse 2006:		Baden-Württemberg QMN									
Parameter	Dimen- sion	Anz. Mst.	>BG		>WW		>GW		P50 (Median)	P90	Maximum (Minimum)
			Anz.	%	Anz.	%	Anz.	%			
Temperatur	°C	179	179	100,0	0	0,0	-	-	9,9	11,6	15,4
pH-Wert bei ... Grad Celsius	-	180	180	100,0	37	20,6	37	20,6	7,16	7,48	<b>(5,19) / 7,82</b>
Leitfaehigkeit, elektrisch bei ... Grad Celsius	mS/m	187	187	100,0	3	1,6	1	0,5	53,5	76,6	<b>286,0</b>
Sauerstoff	mg/l	168	168	100,0	-	-	-	-	9,3	10,6	11,2
Sauerstoffsattigung	%	169	169	100,0	-	-	-	-	87,0	97,0	102,0
Nitrat	mg/l	190	190	100,0	24	12,6	17	8,9	14,6	48,0	<b>82,2</b>
Ammonium	mg/l	190	53	27,9	0	0	0	0,0	<0,010	0,016	<b>0,060</b>
Nitrit	mg/l	190	16	8,4	0	0,0	0	0,0	<0,01	<0,01	<b>0,03</b>
Diuron	µg/l	156	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Alachlor	µg/l	156	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Chlortoluron	µg/l	156	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Isoproturon	µg/l	156	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Linuron	µg/l	156	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Methabenzthiazuron	µg/l	156	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Metribuzin	µg/l	156	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Metamitron	µg/l	156	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Chloridazon	µg/l	156	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Cyanazin	µg/l	156	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Diflufenican	µg/l	155	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Dimethenamid	µg/l	156	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Epoxiconazol	µg/l	156	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Ethofumesate	µg/l	156	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Flufenacet	µg/l	156	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Penconazol	µg/l	156	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Propiconazol	µg/l	156	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-
Triallat	µg/l	156	0	0,0	0	0,0	0	0,0	<0,05	<0,05	-

Hinweise siehe Anhang A6

## 4 Ausblick und Berichtswesen

### MESSNETZBETRIEB

Im Jahr 2007 steht wieder die landesweite Zustandserhebung des Grundwassers auf landwirtschaftstypische Stoffe und Parameter auf dem Programm. Daneben werden die bisher durchgeführten Controllingprogramme sowie die Untersuchungen im Rahmen verschiedener Berichtspflichten gegenüber dem Bund und der EU weitergeführt (u.a. Nitrit, Nitrat, Ammonium, PSM).

An einigen wenigen Grundwassermessstellen werden die Langzeituntersuchungen im Hinblick auf die Versauerung weitergeführt.

### QUALITÄTSVERBESSERUNG

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

### DATENVERARBEITUNG

Im Jahr 2006 wurden weitere Anforderungen der Nutzer der etwa 50 Dienststellen der Landes- und Kommunalverwaltung umgesetzt.

Neben den Optimierungen der bisherigen Funktionalitäten konnten für die aktuelle Version besonders Schnittstellen (Bohrarchiv, Externes Erfassungsprogramm) und weitere grafische Auswertemöglichkeiten (Isoflächen für chemische Messwerte, Boxplots, Massendiagramme, etc.) realisiert werden.

Für das Jahr 2007 sollen die neuen Schnittstellen erweitert, die Grundwasserdatenbank als zentrales Werkzeug zur Erfassung und Auswertung von Erdwärmesonden ausgebaut und die verwaltungstechnische Abwicklung der Beauftragung von Laboratorien und Probennehmern eingeführt werden.

Die Neuentwicklung der CD-Veröffentlichung „Elektronischer Jahresdatenkatalog Grundwasser“ zur Datenbereitstellung der Messwerte für die Öffentlichkeit ist ebenso vorgesehen.

### BERICHTSWESEN – NEUERSCHEINUNGEN - PROJEKTE

Als LUBW-Dokumentation erschien im Frühjahr 2006 das Handbuch Grundwasserdatenbank, Ergänzungsband II, welches die Beschreibung aller Neuerungen der Version 3.1.0 enthält. Das Handbuch insgesamt dient sowohl dem Lerneinstieg für Erstbenutzer als auch als Nachschlagewerk für den routinierten Anwender.

Auf den Internetseiten der LUBW <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de> werden u.a. unter der Rubrik „Service/Information - Publikationen - Wasser - Grundwasser“ auch Auszüge der jährlichen Berichte „Ergebnisse der Beprobungen“ angeboten, z.T. auch die kompletten Berichte. In Papierform sind die LUBW-Berichte unter der Bezugsadresse der Justizvollzugsanstalt (JVA) Mannheim erhältlich (Adresse siehe Impressum).

Im Internet wird seit Mai 2001 unter dem Stichwort **GuQ - Grundwasserstände und Quellschüttungen** über die aktuellen Grundwassermengenverhältnisse in Baden-Württemberg berichtet. Die Seite wird monatlich aktualisiert. Eine landesweite Übersichtskarte zeigt die regionalen Verhältnisse an ausgewählten Messstellen. Ganglinien belegen die kurzfristige Entwicklung, Trendlinien die langfristige Tendenz über die letzten 30 Jahre. Seit August 2006 werden mögliche Entwicklungen der Grundwasserstände und der Quellschüttungen im bevorstehenden Monat prognostiziert und als zusätzliche Ganglinie dargestellt. Texte bewerten die Situation, technische Stammdaten und Fotos liefern weitere Informationen: <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de>.

Seit Herbst 2004 sind die Messergebnisse des wägbaren Lysimeters Büchig-Blankenloch (bei Karlsruhe) abrufbar. Dargestellt sind hier die Ganglinien der Parameter Niederschlag, Bodenwassergehalt, Versickerung, Lufttemperatur, Globalstrahlung und Verdunstung.

Der „Regionalbericht 2005 des Grundwasserüberwachungsprogramms“ ist vom Regierungspräsidium Tübingen veröffentlicht worden und beschreibt die regionale Situation.

Die „Regionalberichte für 2006 - Ergebnisse der Beprobung“ werden von den Regierungspräsidien zur Verfügung gestellt.

Die von den Regierungspräsidien, vom Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau, der LUBW und den unteren Wasserbehörden bearbeiteten **Hydrogeologischen Erkundungen (HGE) Mittlere Alb, Würm-Schwippe, Enztal-Pforzheim, Enzkreis, Kraichgau, Odenwald-Kraichgau** werden weitergeführt. Das Projekt **Tauber-tal-Main-Tauber-Kreis** ist nach dem Erscheinen aller drei Mappen erfolgreich beendet. Die Bearbeitung des Rotach-Gebietes wurde zurückgestellt.

Die Mappen der Hydrogeologischen Erkundungen sind seit 2005 über die **Bezugsadressen** der LUBW und des Regierungspräsidiums Freiburg - Abteilung 9 - Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) beziehbar, z.T. auch über die Regierungspräsidien Karlsruhe und Tübingen (<http://www.rp.baden-wuerttemberg.de>). Die HGE-Karten mit Beiheften sind für den konkreten Planungsgebrauch in Behörden und Planungsbüros auch als CD erhältlich.

Das grenzüberschreitende von der EU geförderte **INTERREG-III-Projekt** zur Modellierung der Grundwasserbelastung durch Nitrat (**MoNit**) im Oberrheingraben wurde im Juli 2006 unter Einbeziehung aller schweizerischen, französischen und deutschen Projektpartner mit einem Abschluss-symposium beendet und die Abschlussberichte vorgestellt.

Hauptanliegen war es, die **Nitrateinträge** genauer zu beschreiben und deren Transport zu modellieren, um die Wirksamkeit von Maßnahmen zur Reduzierung der Nitratbelastung im Grundwasser besser bewerten zu können. Verhaltensänderungen von Landwirten als Reaktion auf politische Maßnahmen wurden untersucht und in einem sozioökonomischen Modell nachgebildet. Dadurch kann eine Abschätzung der Effizienz von geplanten Maßnahmen zur langfristigen Reduzierung von Stickstoff im Boden und damit auch von Nitrat im Grundwasser erfolgen.

Stickstoffumsätze im System Boden-Pflanze sowie der Nitrateintrag aus dem Boden ins Grundwasser werden unter Berücksichtigung der angebauten Kulturarten, klimatischen Faktoren, Bodenparameter und der Bewirtschaftungsweise (z.B. Düngungspraxis, Zwischenfrüchte) modelliert. Bodenkundliche Vor-Ort-Untersuchungen und Analysen der Stickstoffisotope in Bodenlösung, Sicker- und Grundwas-

ser helfen, die bisherigen Kenntnisse über die Herkunft des Nitrats aus anthropogenen oder natürlichen Quellen und Prozessen zu erweitern.

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

Zu den einzelnen Themenkreisen (<http://www2.lfu.baden-wuerttemberg.de/lfu/abt4/monit/>) sind folgende **Berichte und Karten** in Papierform erschienen:

**MoNit: Hydrogeologischer Bau und hydraulische Eigenschaften.**

**MoNit: Fluss-Grundwasser-Interaktion.**

**MoNit: Nitratherkunft im Bodenwasser und Grundwasser.**

**MoNit: Grundwasserströmung und Nitrattransport.**

**MoNit: Entwicklung von Prognosewerkzeugen.**

**MoNit: Prognosen zur Entwicklung der Nitratbelastung.**

Die Berichte sind zweisprachig deutsch und französisch. Sie sind über die Bezugsadresse der LUBW kostenlos erhältlich. Die Berichte stehen auch vollständig im Internet zum Herunterladen zur Verfügung.

Neben der „Nitratmodellierung“ sind weitere Interreg-III-Projekte in Zusammenarbeit mit französischen und Schweizer Partnern durchgeführt worden: Die Erarbeitung von **Indikatoren** zur Überwachung der Maßnahmen zum Schutz des Grundwassers im Oberrheingraben und die Erstellung von **pädagogischen Modellen** über die Funktionsweise

des Grundwassers zur Sensibilisierung der Öffentlichkeit. Die pädagogischen Modelle wurden am 01.02.2007 im Rahmen einer deutsch-französischen Präsentation in Straßburg vorgestellt. Ziel ist es, die Bedeutung des Grundwassers für die regionale Entwicklung aufzuzeigen. In verschiedenen elektronischen Modellschaukästen wird die Grundwasserwelt im Oberrheingraben und die Entstehung und Ausbreitung von Belastungen nachgestellt, so dass auch die Verantwortung jedes einzelnen Bürgers beim Grundwasserschutz sichtbar wird. Die Ausstellung kann von interessierten Institutionen, Behörden und Verbänden ausgeliehen werden.

Ergebnisse der o.g. Projekte wurden u.a. am „Tag des Wassers“ im März 2004 und 2005, bei einem Kolloquium der LUBW im April 2005 und auf dem Abschlussposium im Juli 2006 vorgestellt, weiterhin auch auf anderen Tagungen wie RÈALISE - Resau Alsace de Laboratoires en Ingènièrie de Sciences pour l'Environnement in Strasbourg. Alle Interreg-III-Projekte wurden von der EU zu 50 % mitfinanziert.

Das Projekt **Erhebung und Beschreibung der Grundwasserfauna in Baden-Württemberg** ist beendet. Gemeinsam mit dem Institut für regionale Umweltforschung und Um-

weltbildung (IFU) am Institut für Biologie der Universität Koblenz-Landau suchte die LUBW 250 geeignete Messstellen aus. Die Fangkampagnen und das Identifizieren und Auszählen der Grundwassertiere und die Ergebnisdarstellung sind abgeschlossen. Ein ausführlicher Fachbericht und ein Kurzbericht in Papierform sind unter der Bezugsadresse der Justizvollzugsanstalt (JVA) Mannheim erhältlich. Der Kurzbericht steht auch im Internet vollständig zur Verfügung. In den nächsten Jahren werden 40 Messstellen in einem Dauermonitoring weiter beobachtet.

Für den Herbst 2007 ist wieder eine aktualisierte Ausgabe des „Elektronischen Jahresdatenkatalogs Grundwasser“ als CD-ROM geplant, der die aktuellen chemisch-physikalischen Messwerte, Grundwasserstände und Quellschüttungen der Landesmessstellen der LUBW - besonders für die Zielgruppe „Ingenieurbüros“ - tabellarisch, kartografisch und als Ganglinien für den Zeitraum von 1995 bis 2006 bereitstellt.

Die **Reduktion des Beobachtungsumfangs im Grundwasserstandsmessnetz** wurde von den Regierungspräsidenten zum 01.01.2007 umgesetzt. Dadurch werden zukünftig rund ein Drittel der laufenden Beobachtungskosten eingespart.

# 5 Literaturverzeichnis

Veröffentlichungen der letzten 5 bis 8 Jahre unter Beteiligung der LUBW/LfU.

Weitere Veröffentlichungen - LUBW/LfU-Reihe-Grundwasserschutz sind im Internet unter <http://www.lubw.baden-wuerttemberg.de> unter den Rubriken „Themen - Wasser - Grundwasser - Grundwasserüberwachungsprogramm“ oder unter den Rubriken „Service/Information - Publikationen - Wasser - Grundwasser“ zusammengestellt. Auch ist dort der monatlich aktualisierte Zustandsbericht über den Entwicklungsstand der Grundwasservorräte in Baden-Württemberg (Grundwasserstände und Quellschüttungen „GuQ“) in Karten, Ganglinien und Textform abrufbar.

## 5.1 GRUNDWASSERÜBERWACHUNGSPROGRAMM BADEN-WÜRTTEMBERG - ERGEBNISSE

Wingering, 2007

Wingering, M.: „Ein empirisches Verfahren zur Vorhersage von Grundwasserständen und Quellschüttungen“. - HW - Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 51, H. 1: 8 -16.

LUBW, 2006

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Grundwasser-Überwachungsprogramm - Erhebung und Beschreibung der Grundwasserfauna in Baden-Württemberg - Fachbericht“. - Reihe Grundwasserschutz 32, Karlsruhe, 2006.

LUBW, 2006

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Grundwasser-Überwachungsprogramm - Erhebung und Beschreibung der Grundwasserfauna in Baden-Württemberg - Kurzbericht“. - Reihe Grundwasserschutz 33, Karlsruhe, 2006.

LUBW, 2006

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Hydrogeologischer Bau und hydraulische Eigenschaften“. -INTERREG III A-Projekt MoNit „Modellierung der Grundwasserbelastung durch Nitrat im Oberrheingraben“. - Abschlussbericht, Karlsruhe, 2006.

LUBW, 2006

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Fluss-Grundwasser-Interaktion“. - INTERREG III A-Projekt MoNit „Modellierung der Grundwasserbelastung durch Nitrat im Oberrheingraben“. - Abschlussbericht, Karlsruhe, 2006.

LUBW, 2006

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Nitratherkunft im Bodenwasser und Grundwasser“. - INTERREG III A-Projekt MoNit „Modellierung der Grundwasserbelastung durch Nitrat im Oberrheingraben“. - Abschlussbericht, Karlsruhe, 2006.

LUBW, 2006

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserströmung und Nitrattransport“. - INTERREG III A-Projekt MoNit „Modellierung der Grundwasserbelastung durch Nitrat im Oberrheingraben“. - Abschlussbericht, Karlsruhe, 2006.

LUBW, 2006

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Prognosen zur Entwicklung der Nitratbelastung“. - INTERREG III A-Projekt MoNit „Modellierung der Grundwasserbelastung durch Nitrat im Oberrheingraben“. - Abschlussbericht, Karlsruhe, 2006.

LUBW, 2006

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Beprobung 2005 – Kurzbericht“. - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 31, Karlsruhe, 2006.

LUBW, 2006

Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Beprobung 2005 – Fachbericht“. - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 30, Karlsruhe, 2006.

Auckenthaler u.a., 2005

Auckenthaler, A., Seiberth, C., Affolter, A., Casper, M. (2005): „Untersuchung der Nitratherkunft im Bodenwas-

ser und Grundwasser - Untersuchungskonzept und erste Resultate“. - In: LfU (Hrsg.): „MONIT - Entwicklung von Prognosewerkzeugen - Zwischenpräsentation - Tagung 15.04.2005 in Karlsruhe“. - Tagungsband: 83 - 96, Karlsruhe, 2005.

Beha u.a., 2005

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

Beha u.a., 2005

Beha, A., Finck, M., Korte, S., van Dijk, P., Casper, M. (2005): „Beurteilung der Effizienz von Maßnahmen zur Verringerung des Nitrataustrags - prozessorientierte Modellierung mit STICS“. - In: VD-LUFA Kongress 2005 - Kurzfassung der Referate, Bonn, 2005.

Casper u.a., 2005

Casper, M., Grimm-Strele, J., Gudera, T., Korte, S., Lambrecht, H., Schneider, B., van Dijk, P., Rinaudo, J. D., Finck, M. (2005): „Das EU-Projekt MoNit: Entscheidungshilfesystem zur Bewertung der Wirkung von Maßnahmen und veränderten Rahmenbedingungen auf die Nitratbelastung des Grundwassers im Oberrheingraben: Modellkopplung und Szenarienabbildung“. - In: Tagungsunterlagen - <http://www.lfi.rwth-aachen.de/TDH2005> - Tag der Hydrologie 2005, Aachen, 2005.

Casper u.a., 2005

Casper, M., Grimm-Strele, J., Gudera, T., Korte, S., Lambrecht, H., Schneider, B., Rinaudo, J.D., van Dijk, P., Finck, M. (2005): EU-Project MoNit: „Decision support system to assess the impact of actions and changing frameworks on the nitrate load in the Upper Rhine Valley aquifer - Models and scenarios“. - In: Sharing a common vision of our water resources, Conference Proceedings, Menton, 7-10 September, Menton, 2005.

Finck u.a., 2005

Finck, M., Steiner, M., Auckenthaler, A., Korte, S. (2005): „Datengrundlagen für die N-Modelle STOFFBILANZ und STICS: Deutschland und Schweiz“. - In: LfU (Hrsg.): „MO-

NIT - Entwicklung von Prognosewerkzeugen - Zwischenpräsentation - Tagung 15.04.2005 in Karlsruhe“. - Tagungsband: 125 - 143, Karlsruhe, 2005.

Finck u.a., 2005

Finck, M., Steiner, M., Deller, B., Korte, S., Grimm-Strele, J., Lambrecht, H., van Dijk, P., Casper, M., Gebel, M. (2005): „Modellierung des Nitrataustrags aus der landwirtschaftlichen Nutzfläche im Oberrheingraben“. - In: VD-LUFA Kongress 2005 - Kurzfassung der Referate, Bonn, 2005.

Gebel u.a., 2005

Gebel, M., Kaiser, M., Korte, S., Lambrecht, H., Casper, M., Finck, M. (2005): Calculation of diffuse seepage loads of nitrogen in the Upper Rhine Valley using the STOFFBILANZ model. In: Sharing a common vision of our water resources, Conference Proceedings, Menton, 7-10 September, Menton, 2005.

Grimm-Strele u.a., 2005

Grimm-Strele, J., Schrempp, S., Casper, M., Elsass, Ph. (2005): „Modellierungskonzept: Auswahl von Bausteinen“. - In: LfU (Hrsg.): „MONIT - Entwicklung von Prognosewerkzeugen - Zwischenpräsentation - Tagung 15.04.2005 in Karlsruhe“. - Tagungsband: 19 - 25, Karlsruhe, 2005.

Grimm - Strele u.a., 2005

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

Gudera u.a., 2005

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

LfU, 2005

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Beprobung 2004“. - Kurzbericht. - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 28, Karlsruhe, 2005.



- LfU, 2005  
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Be-  
probung 2004“. - Fachbericht.- Reihe Grundwasserschutz:  
Nr. 27, Karlsruhe, 2005.
- LfU u.a., 2005  
LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württem-  
berg, Regierungspräsidium Freiburg Abt. 9 - Landesamt  
für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (RP-LGRB), Land-  
ratsamt Konstanz: „Hydrogeologische Erkundung Baden-  
Württemberg Singen - Mappe 1 - Hydrogeologischer Bau.“  
- Mappe mit Beiheft, Tabellen, 8 Karten (u.a. Geologische  
Aufschlusskarte, Hydrogeologische Schnitte und Lage der  
Basis und der Oberflächen der verschiedenen Grundwas-  
serleiter), 1 CD-ROM; Bezug über LUBW oder RP-LGRB-  
Freiburg, 2005.
- LfU u.a., 2005  
LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württem-  
berg, Regierungspräsidium Freiburg Abt. 9 Landesamt  
für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (RP-LGRB), Regie-  
rungspräsidium Stuttgart, Landratsamt Main-Tauber-Kreis,  
Gewässerdirektion Neckar - Bereich Künzelsau: „Hydro-  
geologische Erkundung Baden-Württemberg Tauber-  
tal - Main-Tauberkreis-Mappe 3 - Grundwasserdynamik,  
Grundwasserhaushalt, Grundwasserschutz.“ - Mappe mit  
Beiheft, Tabellen, 7 Karten (u.a. aktualisierte Hydrologische  
Grundkarte, Grundwassergleichenplan, Markierungsversu-  
che, Grundwasserneubildung, Niederschlag, Verdunstung,  
Basisabfluss/Gesamtabfluss, Niedrigwasserabflusspenden,  
Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung, Landnut-  
zung), 1 CD-ROM; Bezug über LUBW oder RP-LGRB-  
Freiburg; Künzelsau, 2005.
- LfU, 2005  
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg:  
„MONIT: Entwicklung von Prognosewerkzeugen - Zwi-  
schenpräsentation“ Tagung 15.04.2005 in Karlsruhe. Ge-  
fördert von INTERREG III. Trinationales Projekt zur  
flächenhaften Bilanzierung der Nitratstoffströme im Oberr-  
heingraben.
- Lambrecht u.a., 2005  
Lambrecht, H., Koller, R., Grimm-Strele, J. (2005): „Mo-  
délisation de la pollution des eaux souterraines par les ni-  
trates dans la vallée du Rhin Supérieur (MoNit): un projet  
transfrontalier d'INTERREG IIIa“. - In: Tagung - „RÉALISE  
Réseau Alsace de Laboratoires en Ingénierie et Sciences  
pour l'Environnement“. - Strasbourg, 31.01.05, Tagungsun-  
terlagen, 2005.
- Lambrecht u.a., 2005  
Lambrecht, H., Fink, M., Korte, S., Casper, M., Grimm-  
Strele, J. (2005): „Flächenhafte Abbildung von Stickstoff -  
Umsätzen im Projektgebiet - das Modell STOFFBILANZ“.  
- In: LfU (Hrsg.): „MONIT - Entwicklung von Prognose-  
werkzeugen - Zwischenpräsentation - Tagung 15.04.2005 in  
Karlsruhe“. - Tagungsband: 97 - 104, Karlsruhe, 2005.
- Simon, 2005  
Simon, M. (2005): „Das Untersuchungsgebiet Oberrhein-  
graben“. - In: LfU (Hrsg.): „MONIT - Entwicklung von  
Prognosewerkzeugen - Zwischenpräsentation - Tagung  
15.04.2005 in Karlsruhe“. - Tagungsband: 11 - 26, Karlsru-  
he, 2005.
- Casper u.a., 2004  
Casper, M., Grimm-Strele, J., Gudera, T., Simon, M., van  
Dijk, P., Resch, K.: „Modellierung des Nitrateintrages und  
Nitrattransportes im Grundwasser des Oberrheingrabens  
- Modellierungskonzept und Datenmanagement in einem  
länderübergreifenden Projekt (MoNit)“. - In: Tagungsun-  
terlagen - Tag der Hydrologie 2004, Potsdam, 2004.
- Gudera u.a., 2002  
Gudera, T., Lang, U., Rausch, R.: „Modellierung des regio-  
nalen Grundwasserhaushalts für das Gebiet der Heilbron-  
ner Mulde“. - Zeitschrift Grundwasser 7: 224 - 232, 2002.
- LfU, 2004  
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg:  
„Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Be-  
probung 2003“. - Reihe Grundwasserschutz: Nr.25, Karlsru-  
he, 2004.
- LfU u.a., 2004  
LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württem-  
berg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau  
(LGRB), Gewässerdirektion Donau - Bodensee - Berei-  
che Ulm und Riedlingen: „Hydrogeologische Erkundung  
Baden-Württemberg Mittlere Alb 2 - Grundwasserdyna-

mik - Grundwassergleichen“. - Mappe mit Beiheft, vier Grundwassergleichenplänen, Tabellen der Stichtagsmessergebnisse, 1 CD-ROM; Bezug über LUBW, RP-LGRB-Freiburg oder RP-Tübingen; Ulm, 2004.

LfU u.a., 2004

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

LfU u.a., 2004

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

LfU u.a., 2004

LfU - Landesanstalt für Umweltschutz und UVM - Ministerium für Umwelt und Verkehr (Hrsg.), Universität Freiburg - Institut für Hydrologie: „Wasser- und Boden-Atlas Baden-Württemberg (WaBoA)“. - Thematische Karten zu Oberirdischen Gewässern, Boden und Bodenwasserhaushalt, Grundwasser, Gewässerökologie und Gewässerschutz (Zweite Kartenlieferung, weitere Themen folgen in Ergänzungslieferungen), Atlas, 2 CD-ROM, Karlsruhe, 2004.

Lang & Gudera, 2004

Lang, U. & Gudera, T. (2004): “Conception of the simulation of regional nitrate transport in the Upper Rhine”.

- In: “International Conference on Finite-Element Models, MODFLOW and More - Carlsbad 2004, Czech Republic”. - Tagungsunterlagen, 2004.

Usländer u.a., 2004

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

Bárdossy u.a., 2003

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

Böhm, u.a., 2003

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

Böhm, 2003

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

LfU, 2003

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Beprobung 2002“. - Reihe Grundwasserschutz: Nr.23, Karlsruhe, 2003.

LfU u.a., 2003

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, LGRB - Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau Baden-Württemberg und Büro Hydrag: „Hydrogeologische Kartierung - Ostalb“. - Textheft 131 S., Schubert mit 10 Karten: Hydrologische Messeinrichtungen, Quellen, Geologie, hydrogeologische Schnitte, Grundwasseroberfläche,

Klimatische Wasserbilanz, Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung, Landnutzung,1 CD-ROM, Bezug über LGRB, Freiburg, 2003.

Blankenhorn, 2002

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

Gudera u.a., 2002

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

LfU, 2002

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: „Grundwasserüberwachungsprogramm-Ergebnisse der Beprobung 2001“. - Reihe Grundwasserschutz: Nr.21, Karlsruhe, 2002.

LfU u. a., 2002

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

LfU u.a., 2002

LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB), Große Kreisstadt Pforzheim, Landratsamt Enzkreis, Gewässerdirektion Nördlicher Oberrhein - Bereich Freudenstadt: „Hydrogeologische Erkundung Baden-Württemberg Enzthal - Pforzheim - Mappe 2 - Hydrogeologischer Bau, Grundwassergleichen“. - Neu überarbeitete Hydrologische Grundkarte mit Wasserschutzgebieten, Beiheft mit Tabellen der hydrologischen Messeinrichtungen und Schubert: 6 Schichtlagerungskarten, 1 hydrogeologischer Schnitt, 1 Grundwassergleichenplan, 1 CD-ROM; Bezug über RP-Karlsruhe, LUBW oder RP-LGRB-Freiburg; Freudenstadt, 2002.

LfU u.a., 2003

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

LfU u.a., 2003

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

Reinstorf u.a., 2002

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

Walther u.a., 2002

Walther, W., Reinstorf, F., Hölscher, J., Bittersohl, J., Grimm - Strele, J.: „Regionalisierung luftgetragener diffuser Stoffeinträge anhand von Daten aus bestehenden Messnetzen in Niedersachsen und Sachsen - ein Methodenvergleich“. - KA - Korrespondenz Wasserwirtschaft, Abwasser, Abfall (49), Nr. 6: 816 - 825, 2002.

Wingering, 2002

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

Grimm-Strele, 2001

Grimm-Strele, J.: „Grundwasser im Blickpunkt“. - In: Brau-

ner-Noack, M.: „Trinkwasser-Grundwasserschutz“. WWT-Wasserwirtschaft-Wassertechnik, 1/2001: 50 - 52, 2001.

Grimm-Strele, 2001

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

Grimm-Strele, 2001

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

LfU, 2001

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

LfU, 2001

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

LfU, 2001

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

LfU, 2001

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: „Statistische Signifikanztests zur Bewertung von Änderungen

der Grundwasserbeschaffenheit“. - Reihe Grundwasserschutz: Nr. 17, Karlsruhe, 2001.

LfU u.a., 2001

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

LfU, 2001

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

LfU, 2000

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

LfU u.a., 2000

Région Alsace, LfU - Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau u.a.: „Bestandsaufnahme der Grundwasserqualität im Oberrheingraben - Basel bis Raum Rastatt - Lauterbourg“. - Fünf Teilberichte u.a. zu: Ergebnisse der Beprobungskampagne 1996/ 1997, Ergebnisse in tiefen Grundwasserbereichen, Maßnahmenvorschläge zur Bekämpfung der Belastung des Grundwassers im Oberrheingraben, Zusammenfassung und Empfehlungen, Vorbereitungsarbeiten, 50 Karten zur Grundwasserbeschaffenheit u.a.: Nitrat, Chlorid, Sulfat, Sauerstoff, Pflanzenschutzmittel, Schwermetalle, Chlorierte Kohlenwasserstoffe, Europäisches Programm INTERREG II und PAMINA, Strasbourg, 2000.

LfU, 2000

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

LfU, 2000

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

Pruess u.a., 2000

In: Pruess, A., Borho, W., Kohl, R., Grimm-Strele, J., Wilpert, K., Hug, R. (2000): „Depositionsmessungen in Baden-Württemberg“. - In: Ihle, P. (Hrsg.): „Atmosphärische Stoffeinträge in der Bundesrepublik Deutschland“. - B.G. Teubner Verlag, Stuttgart, Leipzig, Wiesbaden, 2000.

LfU, 1999

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

LfU, 1999

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: „Dem Wasser auf der Spur - Ein Film über das Lebenselixier Wasser“. - VHS-Video, 15 Minuten, Karlsruhe, 1999.

## 5.2 FACHSPEZIFISCHE EDV-ANWENDUNGEN

LUBW, 2007

D. Schuhmann:  
„Handbuch Grundwasserdatenbank“, Ergänzungsband II, Version 3.2.0, LUBW-Fachdokumentation, Karlsruhe, 2007.

IPF & LUBW, 2006

D. Hilbring, G. Staub, J. Wiesel (IPF-Institut für Photogrammetrie, Universität Karlsruhe), B. Schneider (LUBW): „GISterm3D - Integration von 3D-Visualisierungen in das Umweltinformationssystem Baden-Württemberg“. - In: Mayer-Föll, R. (Hrsg.): F+E Vorhaben KEWA – Kooperative Entwicklung wirtschaftlicher Anwendungen für Umwelt und Verkehr in neuen Verwaltungsstrukturen - Phase I 2005/06. - Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe (FZKA) Nr. 7250, 2006.

IITB, LUBW u.a., 2006

T. Usländer u.a. (Fraunhofer-Gesellschaft IITB): „WaterFrame - Kooperative Entwicklung von Gewässerinforma-

tionssystemen in Baden-Württemberg, Thüringen und Bayern“. - In: Mayer-Föll, R. (Hrsg.): F+E Vorhaben KEWA – Kooperative Entwicklung wirtschaftlicher Anwendungen für Umwelt und Verkehr in neuen Verwaltungsstrukturen - Phase I 2005/06. - Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe (FZ) Nr. 7250, 2006.

LUBW, 2006

D. Schuhmann:  
„Handbuch Grundwasserdatenbank“, Ergänzungsband I, Version 3.1.0, LUBW-Fachdokumentation, Karlsruhe, 2006.

IITB, 2006

T. Usländer (Fraunhofer-Gesellschaft IITB): „Reines Wasser mit GIS“. - In: Move. Moderne Verwaltung (2006), Nr.3, 2006

IITB, 2006

H. Schmid, T. Usländer (Fraunhofer-Gesellschaft IITB): „WaterFrame® - A software framework for the development of WFD-oriented water information systems“. - In: EnviroInfo 2006: Managing environmental knowledge. 20th International Conference on Informatics for Environmental Protection : September 6 - 8, 2006, Graz, Austria, 2006

LfU, 2005

D. Schuhmann:  
„Handbuch Grundwasserdatenbank“, LUBW-Fachdokumentation, Karlsruhe, 2005.

LfU, 2005

Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: „Jahresdatenkatalog Grundwasser 1995-2004“. - Physikalisch-chemische Messwerte für ca. 2.300 Messstellen, Grundwasserstandsdaten und Quellschüttungen für ca. 300 Messstellen für die Jahre 1995 bis 2002; Grafische Benutzeroberfläche, Kartografische und tabellarische Darstellungsmöglichkeiten, Diagramme und Zeitreihen, Exportmöglichkeiten in MS-EX-CEL und MS-ACCESS, Reihe Grundwasserschutz: Nr. 29, 1 CD-ROM mit Beiheft, Karlsruhe, 2004.

Disy, 2004

C. Hofmann u.a. (Fa. Disy Informationssysteme GmbH): „disy Cadenza: Plattform für Berichts- und Auswertesysteme insbesondere im Umweltbereich“. - In: Mayer-Föll, R.

- (Hrsg.): Project AJA - Anwendung Java-basierter und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung - Phase V 2004. - Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe (FZ) Nr. 7077, 2004.
- IPF, LfU, 2004  
D. Hilbring, J. Wiesel (IPF-Institut für Photogrammetrie, Universität Karlsruhe), B. Schneider (LfU): „GIStern3D - Integration und Visualisierung von hoch auflösenden Geländemodellen und Weiterentwicklung von GeoPro3D“. - In: Mayer-Föll, R. (Hrsg.): Project AJA - Anwendung Java-basierter und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung - Phase V 2004. - Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe (FZ) Nr. 7077, 2004.
- IITB, LfU u.a., 2004  
T. Usländer u.a. (Fraunhofer-Gesellschaft IITB): „WaterFrame - Integrierte Gewässerinformationssysteme in Baden-Württemberg, Thüringen und Bayern“. - In: Mayer-Föll, R. (Hrsg.): Project AJA - Anwendung Java-basierter und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung - Phase V 2004. - Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe (FZ) Nr. 7077, 2004.
- IPF & LfU, 2003  
D. Hilbring, J. Wiesel (IPF-Institut für Photogrammetrie, Universität Karlsruhe), B. Schneider (LfU): „GIStern3D - Erstellung und Implementierung eines Konzepts für die Visualisierung von digitalen Geländemodellen in GIStern und Weiterentwicklung in GeoPro“. - In: Mayer-Föll, R. (Hrsg.): Project AJA - Anwendung Java-basierter und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung - Phase VI. - Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe (FZ) Nr. 6950, 2003.
- LfU, 2004  
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: „Jahresdatenkatalog Grundwasser 1995-2003“. - Physikalisch-chemische Messwerte für ca. 2.300 Messstellen, Grundwasserstandsdaten und Quellschüttungen für ca. 300 Messstellen für die Jahre 1995 bis 2002; Grafische Benutzeroberfläche, Kartografische und tabellarische Darstellungsmöglichkeiten, Diagramme und Zeitreihen, Exportmöglichkeiten in MS-EXCEL und MS-ACCESS, Reihe Grundwasserschutz: Nr. 26, CD-ROM, Karlsruhe, 2004.
- IITB & LfU u.a., 2003  
„WRRL-IS: Innovative Fachdienste für Gewässerinformationssysteme“. - In: Mayer-Föll, R. (Hrsg.): Project AJA - Anwendung Java-basierter und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung - Phase VI. - Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe (FZ) Nr. 6950, 2003.
- Disy, 2003  
C.Hofmann u.a. (Fa. Disy Informationssysteme GmbH): „disy Cadenza: Übersicht und ausgewählte Lösungsbeispiele für Berichts- und Auswertesysteme“. - In: Mayer-Föll, R. (Hrsg.): Project AJA - Anwendung Java-basierter und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung - Phase VI. - Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe (FZ) Nr. 6950, 2003.
- LfU, 2003  
Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg: „Jahresdatenkatalog Grundwasser 1995-2002“. - Physikalisch-chemische Messwerte für ca. 2.300 Messstellen, Grundwasserstandsdaten und Quellschüttungen für ca. 300 Messstellen für die Jahre 1995 bis 2002; Grafische Benutzeroberfläche, Kartografische und tabellarische Darstellungsmöglichkeiten, Diagramme und Zeitreihen, Exportmöglichkeiten in MS-EXCEL und MS-ACCESS, Reihe Grundwasserschutz: Nr. 24, CD-ROM, Karlsruhe, 2003.
- IPF, 2002  
Hilbring, D: (Institut für Photogrammetrie, Universität Karlsruhe): „3D-Grundwasseranalyse von Bauvorhaben mittels GeoPro3D“. - In: Proceedings of the 16th International Conference: Informatics for Environmental Protection. - Vienna, 2002.
- IITB, 2002  
Usländer, T., Bonn G. (Fraunhofer-Institut für Informations- und Datenverarbeitung IITB): „Layered Information System Architecture for the Implementation of the European Water Framework Directive“. - In: Proceedings of the 16th International Conference: Informatics for Environmental Protection. - Vienna 2002.

IPF & LfU, 2002

D. Hilbring, J. Wiesel (IPF-Institut für Photogrammetrie, Universität Karlsruhe), B. Schneider (LfU): „GIStern3D - Weiterentwicklung von GeoPro3D und Neuentwicklung des Height-Service für die Integration digitaler Geländemodelle“. In: Mayer-Föll, R. (Hrsg.): Project AJA - Anwendung Java-basierter und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung - Phase-III. - Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe (FZ) Nr. 67, 2002.

IITB, 2002

Usländer, T. (IITB): „Kooperative Weiterentwicklung der Fachanwendungen WAABIS-Grundwasser in Baden-Württemberg und FIS Gewässer in Thüringen“. - In: Mayer-Föll, R. (Hrsg.): Project AJA - Anwendung Java-basierter und anderer leistungsfähiger Lösungen in den Bereichen Umwelt, Verkehr und Verwaltung - Phase-III. - Wissenschaftliche Berichte des Forschungszentrums Karlsruhe (FZ) Nr. 67, 2002.

# Anhang

## A 1 MESSSTELLENARTEN

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

Alle	=	Alle Messstellen aus allen Teilmessnetzen
BMN	=	Messstellen des Basismessnetzes
RW	=	Messstellen des repräsentativen Rohwassermessnetzes
VF	=	Messstellen des repräsentativen Vorfeldmessnetzes
EL	=	Emittentenmessstellen Landwirtschaft
EI	=	Emittentenmessstellen Industrie
ES	=	Emittentenmessstellen Siedlung
SE	=	Sonstige Emittentenmessstellen
QMN	=	Messstellen des Quellmessnetzes

## A 2 MESSPROGRAMME IM HERBST 2006

Messprogramm „Vor-Ort-Parameter“ - landesweit an allen Messstellen

Grundwasserstand und Pumpenförderstrom/Quellschüttung, Farbe-qualitativ, Trübung-qualitativ, Bodensatz-qualitativ, Geruch-qualitativ, Temperatur, Elektrische Leitfähigkeit (bei 20°C), pH-Wert (bei ...°C), Sauerstoffkonzentration, Sauerstoffsättigungsindex

Aus dem Messprogramm „Landwirtschaft“ - landesweit an allen Messstellen

Ammonium, Nitrat, Nitrit

Messprogramm „Pflanzenschutzmittel - PSM - 4“ - an ausgewählten 1.500 Messstellen

Chlortoluron, Diuron, Isoproturon, Linuron, Methabenzthiazuron

Zusätzliche Pflanzenschutzmittel 2006 - an ausgewählten 1.500 Messstellen

Alachlor, Chloridazon, Cyanazin, Diflufenican, Dimethenamid, Epoxiconazol, Ethofumesat, Flufenacet, Metamitron, Metribuzin, Penconazol, Propiconazol, Triallat

## A 3 STATISTISCHE VERFAHREN

### A 3.1 RANGSTATISTIK

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

- Bei Datenkollektiven mit einem hohen Anteil an Messwerten „<BG“ - wobei diese auch 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.), nicht definiert ist.
- Bei kleineren Teilkollektiven wirkt sich die hohe Variabilität der Extremwerte besonders stark auf die Mittelwerte aus. Medianwerte sind 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.

### A 3.2 RANGSTATISTIK UND BOXPLOT

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

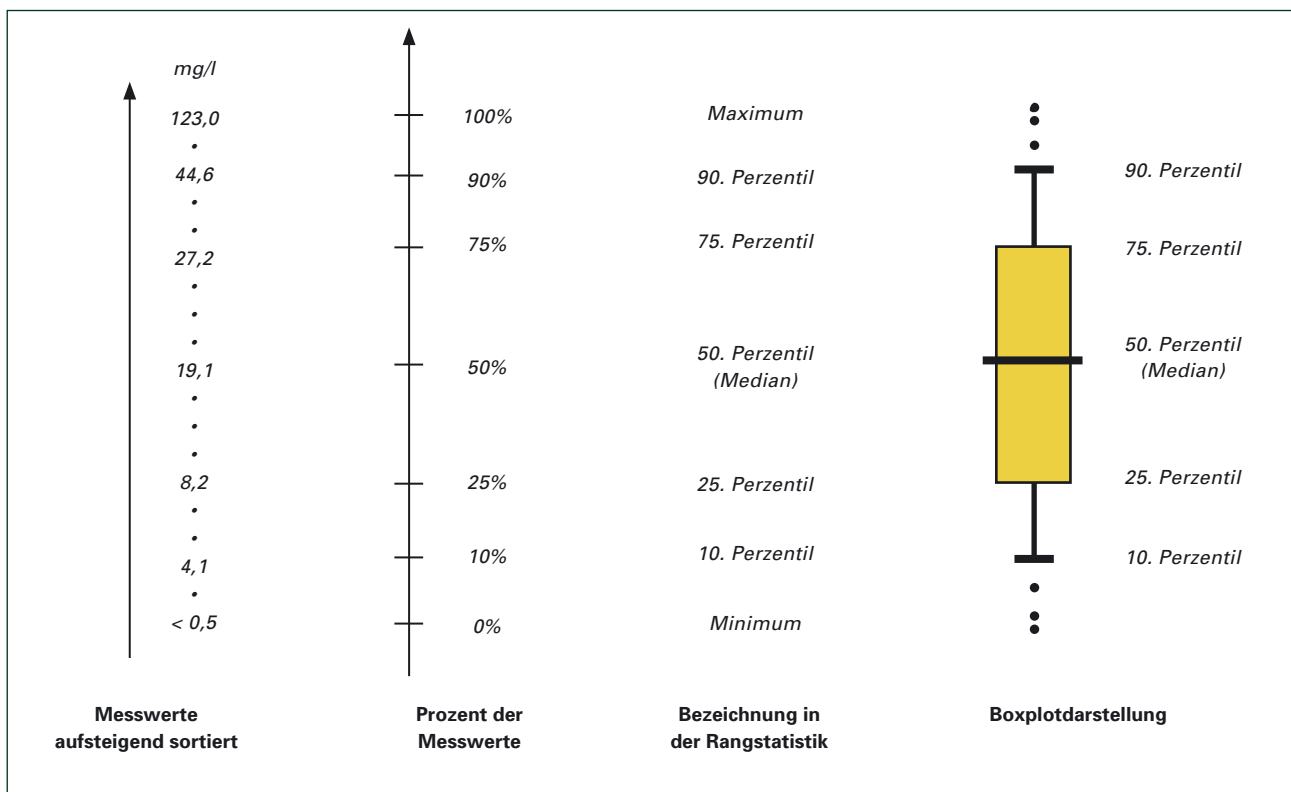


Abbildung A1: Beispiel für die Rangstatistik und die Boxplotdarstellung.

### A 3.3 ZEITREIHENSTATISTIK: TRENDS AN KONSISTENTEN UND PERIODISCH KONSISTENTEN 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) und im betrachteten Zeitraum muss aus jedem Jahr mindestens ein Messwert vorliegen. Hinsichtlich der Namensgebung „konsistent“ und „periodisch konsistent“ werden folgende Vereinbarungen getroffen: Liegt für jedes Jahr im betrachteten Zeitraum für jede Messstelle je mindestens ein Wert vor - d.h. ohne Unterbrechungen in der Datenreihe -, so handelt es sich um eine „konsistente“ Messstellengruppe. Wenn im betrachteten Zeitraum aber nur Werte für mehrere einzelne Jahre vorhanden sind (Perioden) - d.h. mit einzelnen Unterbrechungen, so handelt es sich um eine „periodisch-konsistente“ Messstellengruppe. Sollen bei bestimmten Auswertungen mögliche jahreszeitliche Schwankun-

gen weitgehend vermieden werden, werden nur die Messwerte der Herbstbeprobung oder der Monate September bis Oktober bzw. November herangezogen. Liegen innerhalb dieses Zeitfensters mehrere Analysen vor, wird der Medianwert für die betreffende Messstelle berechnet.

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

#### A 4 BESTIMMUNGSGRENZE, RECHENVORSCHRIFTEN, GRENZWERT, WARNWERT

- Bei der Angabe „Anzahl Messstellen mit Messwerten größer Bestimmungsgrenze“ ist zu berücksichtigen, dass die Bestimmungsgrenzen eines Parameters von Labor zu Labor z.T. unterschiedlich sind (Tab. A2). Bei den Auswertungen führt dies dazu, dass z.B. ein kleinerer Konzentrationswert (z.B. „0,03 µg/l“) als positiver Befund bewertet wird, während der höhere Zahlenwert bei Angabe von „< 0,05 µg/l“ als negativer Befund angesehen werden muss.
- Lag von einer Messstelle mehr als eine Analyse im Berichtszeitraum vor, wurde jeweils der Medianwert dieser Daten angesetzt. Bei der Ermittlung des Maximums wurde auf die Einzelwerte zurückgegriffen.
- Rechenvorschrift zur Berechnung der Summenparameter: „Summe LHKW nach TrinkwV 2001“ als Beispiel für die Ermittlung von Werten von Summenparametern: Für die Ermittlung der „Summe LHKW nach TrinkwV 2001“ gibt es keine allgemeingültige Rechenvorschrift. Der Parameter „Summe LHKW nach TrinkwV 2001“ wird definitionsgemäß aus der Summe der beiden Stoffe Trichlorethen und Tetrachlorethen gebildet. Entsprechend Trinkwasserverordnung von 2001 beträgt der Grenzwert 0,010 mg/l. Die Bestimmungsgrenze für die beiden Stoffe beträgt 0,0001 bis 0,001 mg/l. Bei den vorliegenden und auch bei allen Auswertungen der vergangenen Jahre werden zunächst alle Summenwerte mit „<“-Zeichen ausgeschieden und dann erst gegen den Grenzwert geprüft. Bei der Verarbeitung der Daten in der Grundwasserdatenbank wird daher folgende Vorgehensweise praktiziert:

Fälle 1 + 2: Beide Befunde sind „< BG“, „< BG“ wird zum Summenwert.

Fälle 3 + 4: Werte „< BG“ und positive Befunde sind gemischt, nur die positiven Befunde werden zur Addition verwendet, Werte „< BG“ bleiben außer Betracht.

Tabelle A1: Rechenvorschrift für die LHKW-Summenbildung nach TrinkwV 2001 in der Grundwasserdatenbank.

	Fall 1	Fall 2	Fall 3	Fall 4
<b>Trichlorethen (TRI)</b>	< 0,0001	< 0,001	0,0038	0,0670
<b>Tetrachlorethen (PER)</b>	< 0,0001	< 0,001	< 0,0001	0,0055
<b>Summe LHKW nach TrinkwV 2001</b>	< 0,0001	< 0,001	0,0038	0,0725

#### GRENZWERTE UND WARNWERTE

- Die in Tabelle A2 zusammengestellten Grenzwerte (GW) für chemische Stoffe und einzelne Parameter sind der Trinkwasserverordnung vom 21.05.2001 entnommen. Darüber hinaus sind in der EU-Wasserrahmenrichtlinie Qualitätsnormen für Nitrat und die Pflanzenschutzmittel mit identischen Zahlenwerten genannt. 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. Grundwasserfremde Stoffe dürfen grundsätzlich nicht ins Grundwasser gelangen. Die Trinkwasserverordnung vom 21.05.2001 gilt ab 01.01.2003.
- Warnwerte (WW) wurden im Rahmen des Grundwasserüberwachungsprogramms festgelegt und haben keinen rechtlichen Charakter. Sie orientieren sich i.a. an gesetzlichen Grenz- und Richtwerten sowie an sonstigen Empfehlungen (z.B. 80 % des Trinkwassergrenzwertes). Sie werden bei Bedarf neueren Erkenntnissen angepasst.

Tabelle A2: Bei der **Beprobung 2006** häufig auftretende Bestimmungsgrenzen, Warnwerte (WW) des Grundwasserüberwachungsprogramms und Grenzwerte (GW) nach Trinkwasserverordnung vom 21.05.2001 bzw. Qualitätsnorm der EU-Wasserrahmenrichtlinie, soweit nicht anders angegeben.

Hinweise:

<sup>1</sup> MW = Messwert. Die Anzahl der vorkommenden Werte „> BG“ ergibt sich aus der statistischen Übersicht des Gesamtmessnetzes (Kap. 3.2).<sup>2</sup> Bestimmungsgrenzen, die in weniger als 3 % der Fälle auftreten, sind nicht berücksichtigt. Bestimmungsgrenzen, die in mehr als 30% der Fälle auftreten, sind fett gedruckt.

<sup>3</sup> Mindestbestimmungsgrenzen des Grundwasserüberwachungsprogramms. Bei Angabe „-“ ist der betreffende Wert nicht festgelegt oder noch nicht festgelegt.

<sup>4</sup> Nach TrinkwV gilt für Nitrit am Ausgang des Wasserwerks ein Grenzwert von 0,1 mg/l. Dieser Wert wurde bei den Auswertungen in diesem Bericht zugrunde gelegt.

Parameter	Dimension	Anz. Mst. MW<BG <sup>1</sup>	Bestimmungsgrenzen <sup>2</sup>	Mindestbestimmungsgrenze <sup>3</sup>	WW	GW
Temperatur	°C	0	entfällt	entfällt	20,0	-
pH-Wert bei ...Grad Celsius	-	0	entfällt	entfällt	6,5 / 9,5	6,5 / 9,5
Leitfähigkeit, elektrisch bei ...Grad Celsius	mS/m	0	entfällt	entfällt	200,0	-
Sauerstoff	mg/l	74	0,1 / 0,2 / <b>0,5</b>	0,5	-	-
Sauerstoffsättigung	%	6	<b>5,0</b>	entfällt	-	-
Nitrat	mg/l	115	0,3 / <b>0,5</b>	0,5	40,0	50,0
Ammonium	mg/l	1538	<b>0,010</b>	0,010	0,400	0,500
Nitrit	mg/l	1817	<b>0,01</b>	0,01	0,080	0,104
Diuron	µg/l	1486	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,5	0,080	0,10
Alachlor	µg/l	1490	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,5	0,080	0,10
Chlortoluron	µg/l	1491	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,5	0,080	0,10
Isoproturon	µg/l	1492	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,5	0,080	0,10
Linuron	µg/l	1491	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,5	0,080	0,10
Methabenzthiazuron	µg/l	1491	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,5	0,080	0,10
Metribuzin	µg/l	1491	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,5	0,080	0,10
Metamitron	µg/l	1489	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,5	0,080	0,10
Chloridazon	µg/l	1491	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,5	0,080	0,10
Cyanazin	µg/l	1492	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,5	0,080	0,10
Diflufenican	µg/l	1490	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,5	0,080	0,10
Dimethenamid	µg/l	1490	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,5	0,080	0,10
Epoxiconazol	µg/l	1491	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,5	0,080	0,10
Ethofumesate	µg/l	1491	0,02 / <b>0,05</b>	0,5	0,080	0,10
Flufenacet	µg/l	1491	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,5	0,080	0,10
Penconazol	µg/l	1492	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,5	0,080	0,10
Propiconazol	µg/l	1491	0,01 / 0,02 / <b>0,05</b>	0,5	0,080	0,10
Triallat	µg/l	1490	0,02 / <b>0,05</b>	0,5	0,080	0,10

## A 5 DARSTELLUNG VON KONZENTRATIONEN ANHAND VON MESSSTELLENPUNKTEN IN KARTEN

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

- hellblau, oder kleiner grauer o. weißer Punkt = geogene Hintergrundbeschaffenheit oder bei grundwasserfremden Stoffen Werte unterhalb der Bestimmungsgrenze
- dunkelblau = Konzentrationen bis etwas oberhalb der Hintergrundbeschaffenheit
- grün = Konzentrationen merklich oberhalb der Hintergrundbeschaffenheit oder bei grundwasserfremden Stoffen geringfügig erhöhte Konzentrationen
- gelb = Konzentrationen erheblich oberhalb der Hintergrundbeschaffenheit oder bei grundwasserfremden Stoffen merklich erhöhte Konzentrationen (beim pH-Wert: Überschreitung des oberen Grenzwertes von 9,5, bei Nitrat > 35 mg/l bis ≤ 50 mg/l, Nitratwarnwert = 40 mg/l)

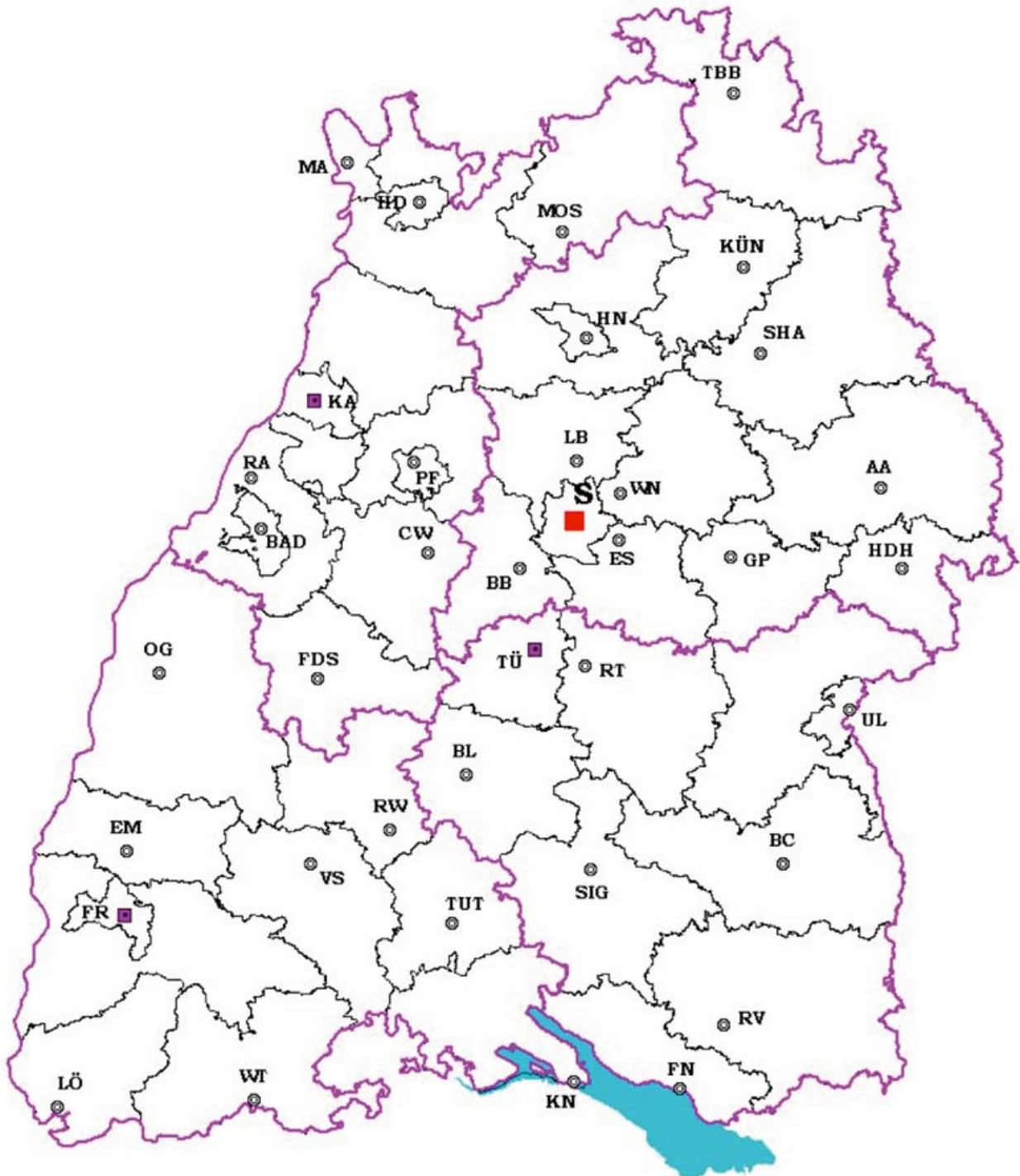
- orange = Überschreitung des Warnwertes des Grundwasserüberwachungsprogramms (Ausnahme Nitrat s. gelb) bzw. deutlich erhöhte Konzentrationen
- rot = Überschreitung des Grenzwertes der Trinkwasserverordnung 2001 / der Qualitätsnorm der WRRL bzw. stark erhöhte Konzentrationen (beim pH-Wert: Unterschreitung des unteren Grenzwertes von 6,5)
- violett = variabel
- schwarzer Punkt = variabel

Diese Farbcodierung gilt nicht für Karten mit regionalisierten Konzentrationsdarstellungen. Aus der o.g. Klassenzuordnung ergibt sich keine automatische Bewertung der Grundwasserbeschaffenheit, so dass sich auch kein unmittelbarer Handlungsbedarf aus der Einstufung in diese Klassen ableitet.

#### **A 6 HINWEISE ZU DEN STATISTIKTABELLEN**

- 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.





