



Teil 1

**Pflanzenschutzmittel in Wasserschutzgebieten
in Baden-Württemberg**

Wie empfindlich sind unsere Grundwasservorkommen?

Erika Snjaric, Julia Bauer, Thilo Fischer und Sebastian Sturm

Teil 2

**Auswertung zum langjährigem Verlauf der
SchALVO-Einstufung von Wasserschutzgebieten
in Nitratklassen in Baden-Württemberg**

Rabea Muhrez und Sebastian Sturm

Grundwasserdatenbank Wasserversorgung (2023)

c/o TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser
Abteilung Wasserversorgung / Sachgebiet Risikomanagement
Karlsruher Straße 84, 76139 Karlsruhe
Tel.-Nr.: 0721 9678-207 / Fax-Nr.: 0721 9678-102

E-Mail: info@grundwasserdatenbank.de, Internet: www.grundwasserdatenbank.de

Inhaltsverzeichnis

Pflanzenschutzmittel in Wasserschutzgebieten in Baden-Württemberg	2
- Wie empfindlich sind unsere Grundwasservorkommen? -	
Ziel des Sonderbeitrags	2
1. Pflanzenschutzmittel im Grundwasser	3
2. Datengrundlage und Methoden	5
2.1 Datengrundlage zu Pflanzenschutzmitteln in der GWD-WV	5
2.2 Analyse des Auftretens von PSM-Wirkstoffen und –Metaboliten in Wasserschutzgebieten mit unterschiedlicher Vulnerabilität	5
2.3 Analyse der Befundlage von PSM-Wirkstoffen und –Metaboliten zur Einschätzung von PSM-sensiblen Gebieten	9
3. Ergebnisse	11
3.1 PSM-Rückstände im Rohwasser in Baden-Württemberg	11
3.2 PSM-Wirkstoffe und –Metaboliten in vulnerablen Gebieten	13
3.3 Befunde von PSM-Wirkstoffen und –Metaboliten in Wasserschutzgebieten in Baden-Württemberg (PSM-sensible Gebiete)	24
4. Zusammenfassung und Fazit	28
5. Literaturverzeichnis	30
Auswertung zum langjährigem Verlauf der SchALVO-Einstufung von Wasserschutzgebieten in Nitratklassen in Baden-Württemberg	32
1. Einleitung	32
2. Datengrundlage und methodische Vorgehensweise	33
3. Ergebnisse	34
4. Zusammenfassung und Diskussion	37

Pflanzenschutzmittel in Wasserschutzgebieten in Baden-Württemberg - Wie empfindlich sind unsere Grundwasservorkommen? -

Erika Snjaric, Julia Bauer, Thilo Fischer, Sebastian Sturm (2023)
TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe

Ziel des Sonderbeitrags

Pflanzenschutzmittel (PSM) werden überwiegend in der Landwirtschaft zum Schutz von Kulturpflanzen eingesetzt. Aufgrund der dabei meist umweltoffenen Anwendung ist der Einsatz jedoch auch mit Risiken für den Naturhaushalt im Allgemeinen und das Grundwasser im Speziellen verbunden. Über den Vorgang der Zulassung soll zwar sichergestellt werden, dass diese Risiken minimiert werden, dennoch belegen Nachweise von PSM-Wirkstoffen und deren Abbauprodukte (Metaboliten) im Grundwasser und in Rohwässern, welche für die Trinkwassergewinnung genutzt werden, immer wieder derartige unerwünschte anthropogene Einträge. Diese stellen häufig auch die Wasserversorger vor enorme Probleme, da zur Einhaltung der aktuellen und auch etwaiger künftiger Qualitäts- und Reinheitsanforderungen an das Trinkwasser gegebenenfalls belastete Rohwässer kostenintensiv aufbereitet werden müssen.

Aktuelle Entwicklungen zeigen, dass Grenzwerte, die etwa in Form von Gesundheitlichen Orientierungswerten für bestimmte PSM-Metaboliten im Trinkwasser festgelegt wurden, innerhalb von kurzer Zeit bei Vorliegen neuer Erkenntnisse bei der Stoffbewertung deutlich herabgesetzt werden können. Dies würde die Problematik für Wasserversorger noch deutlich verschärfen. Umso wichtiger ist es, vorbeugend Einträge von unerwünschten PSM-Wirkstoffen und PSM-Abbauprodukten in die genutzten Rohwasservorkommen zu unterbinden. Dazu soll in diesem Sonderbeitrag anhand der Daten der seit über 30 Jahren bestehenden Grundwasserdatenbank Wasserversorgung (GWD-WV) untersucht werden, wie die mögliche Betroffenheit und Empfindlichkeit von Wasserschutzgebieten gegenüber PSM-Einträgen beurteilt werden kann. Das Ziel ist es, die wissenschaftliche Basis für erforderliche Gegenmaßnahmen zum Risikomanagement in Wasserschutzgebieten abzuleiten.



1 Pflanzenschutzmittel im Grundwasser

Pflanzenschutzmittel dienen in der Landwirtschaft dem Schutz von Kulturpflanzen. Daneben werden sie auch in geringerem Maße im Gartenbau und auf Nichtkulturland (z.B. an Bahnanlagen) eingesetzt. Aufgrund ihrer Mobilität und Persistenz in der Umwelt können PSM-Wirkstoffe und deren Metaboliten auch in angrenzende Ökosysteme und das Grundwasser verlagert werden. Neben dem Eintrag von Nitrat ist die Belastung mit PSM der wichtigste Grund für einen schlechten chemischen Zustand des Grundwassers und Ursache für nachteilige Beeinträchtigungen der für die Trinkwassergewinnung verwendeten Rohwässer.

Der Erhalt dieser essentiellen Ressource ist auf europäischer Ebene etwa durch die Wasserrahmenrichtlinie (2000), die Grundwasserrichtlinie (2006) und national durch die Grundwasserverordnung (GrwV 2010) geregelt. In Baden-Württemberg erfolgt die Erhebung von PSM-Daten durch die Wasserversorger im Rahmen der zweiten Kooperationsvereinbarung zum Vollzug der Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung (SchALVO 2001). Seit 2004 werden hierfür PSM-Daten systematisch und flächendeckend im Rahmen von inzwischen vier PSM-Monitoringprogrammen in der Grundwasserdatenbank Wasserversorgung (GWD-WV) über den freiwilligen Kooperationsbeitrag der Wasserversorger erfasst (vgl. Tabelle 1).

Pflanzenschutzmittelrückstände sind in Baden-Württemberg in nahezu zwei Drittel aller Wasserschutzgebiete (WSG) nachgewiesen worden, verbunden mit Schwellenwertüberschreitungen bzw. Überschreitung der Gesundheitlichen Orientierungswerte (GOW) in etwa 5 % der WSG (GWD-WV 2019). Während die Befunde von nicht mehr zugelassenen PSM in der Regel rückläufig sind (z.B. von Atrazin), treten aktuell vermehrt Befunde von sog. nicht relevanten Metaboliten verschiedener PSM in den Vordergrund. Die Problematik wird dadurch verschärft, dass diese Metaboliten meist polarer sind als ihre Ausgangswirkstoffe. Aufgrund der dadurch häufig höheren Mobilität und Persistenz von PSM-Metaboliten weisen diese im Vergleich zu PSM-Wirkstoffen ein höheres Verlagerungspotential auf (Lange et al. 2018) und werden verstärkt ins Grundwasser eingetragen.

Das Auftreten von PSM in Wasserschutzgebieten hängt - neben dem in der Zulassung geregelten Anwendungsbereich sowie der Mobilität und Persistenz der eingesetzten PSM - auch an der jeweiligen landwirtschaftlichen Nutzung und der standortspezifischen Vulnerabilität des WSG. Bei der Vulnerabilität, also der Verschmutzungsempfindlichkeit des Grundwassers, spielt insbesondere die Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung eine entscheidende Rolle. Dies ergibt sich aus der Hydrogeologie und Mächtigkeit der Deckschichten sowie der Grundwasserneubildung und bestimmt somit die Zeit, die beim vertikalen Stofftransport von der Bodenoberfläche ins Grundwasser, für Rückhalt, Verdünnung und Abbau eines Stoffs zur Verfügung steht. Vulnerable Gebiete in diesem Zusammenhang sind somit solche Wasserschutzgebiete, die schlecht gegen den Eintrag von mobilen Stoffen, wie die verschiedenen anthropogenen PSM-Wirkstoffe und -Metaboliten, geschützt sind. In diesem Sonderbeitrag wird hierzu ein möglicher Zusammenhang zwischen der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung im WSG und der Befundlage an PSM-Rückständen analysiert.

PSM-Wirkstoffe werden in der EU gemäß der EG-Verordnung Nr. 1107/2009 bewertet und genehmigt und in Deutschland durch das Bundesamt für Verbraucherschutz und



Lebensmittelsicherheit (BVL) zugelassen. Demgemäß werden nur PSM zugelassen und dürfen in Verkehr gebracht werden, deren Umweltauswirkungen geprüft wurden. In Deutschland ist für die Risikobewertung bezüglich des Grundwassers das Umweltbundesamt (UBA) zuständig.

PSM-Wirkstoffe werden prinzipiell nur zugelassen, wenn ihre zu erwartende Maximalkonzentration im Grundwasser 0,1 µg/L nicht überschreitet. Dies gilt analog auch für relevante Metaboliten, also Abbauprodukte, die eine Toxizität, Persistenz oder Umweltauswirkung analog der Muttersubstanz aufweisen. Der Wert von 0,1 µg/L ist, angelehnt an die EU-Richtlinie 2006/118/EG (Grundwasserrichtlinie), so auch in der GrwV als Schwellenwert verankert. Die Regelungen für nicht relevante Metaboliten, also Abbauprodukte, die keine (bekannte) Restwirkung und Toxizität mehr aufweisen, weichen davon jedoch ab. Im Pflanzenschutzrecht werden hier teils Konzentrationen im Sickerwasser bis über 10 µg/L als akzeptabel angesehen. Je nach Datenlage zur Toxizität wird in Deutschland für das Trinkwasser jedoch häufig ein GOW von 1 oder 3 µg/L durch das UBA festgelegt, welcher für die Wasserversorger maßgeblich ist. Eine Konzentration von 10 µg/L sollte generell nicht überschritten werden (Minimierungsgebot der Trinkwasserverordnung). Die Gesundheitlichen Orientierungswerte unterscheiden sich damit fundamental von dem für Wirkstoffe und relevante Metaboliten festgelegten strengen Grenzwert bzw. der Umweltqualitätsnorm.

Wasserversorger sind verpflichtet, die festgeschriebenen strengen Grenzwerte für PSM-Wirkstoffe und –Metaboliten einzuhalten und müssen die verwendeten Rohwässer gegebenenfalls aufwändig und kostenintensiv aufbereiten. Bei Überschreitungen der Gesundheitlichen Orientierungswerte für nicht relevante Metaboliten greift hier in der Regel das Minimierungsgebot der Trinkwasserverordnung, wonach Maßnahmen auch dann ergriffen werden müssen, wenn es keine festgelegten Grenzwerte gibt. Zur Reduzierung von PSM-Einträgen bei bereits nachgewiesenen Belastungen mit PSM in WSG liegt über die baden-württembergische Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO 2001) ein rechtliches Instrument vor, indem durch das Land PSM-Sanierungsgebiete ausgewiesen werden können. In diesen WSG ist dann der Einsatz der jeweils eigentlich zugelassenen PSM-Wirkstoffe verboten, die zu den Befunden im Grundwasser führen. In den Formulierungen der PSM-Sanierungsgebiete unterscheidet der Text der SchALVO dabei nicht zwischen relevanten und nicht relevanten Metaboliten und gibt generell für Wirkstoffe und deren Abbauprodukte einen Maximalwert von 0,1 µg/L vor.

Aktuelle Entwicklungen zeigen, dass bei einer europäischen Neubewertung von Wirkstoffen der Fall auftreten kann, dass PSM-Metaboliten schlagartig ihren Status von „nicht relevant“ zu „relevant“ ändern. Wasserversorger, die den Gesundheitlichen Orientierungswert für einen PSM-Metaboliten bis dahin sicher eingehalten haben, könnten dann plötzlich mit Schwellenwertüberschreitungen und damit mit verschärften Anforderungen konfrontiert sein. Sie würden de facto eine Rohwasserressource nutzen, in die möglicherweise über Jahre und Jahrzehnte unkontrolliert PSM-Rückstände über das Sickerwasser eingetragen wurden und sich hohe Konzentrationen angereichert haben. In Anbetracht des oft „langen Gedächtnisses“ des Grundwassers und der aufgrund ihrer Stoffeigenschaften teils schlecht durch Aufbereitungsmaßnahmen beherrschbaren Substanzen können daraus massive Probleme resultieren. Hier gilt es, durch ein zielgerichtetes und vorausschauendes Risikomanagement im Schutzgebiet gerade bei Wasserschutzgebieten mit erwiesenem historischen Eintrag von PSM entgegen zu wirken.



Als besonders sensibel gegenüber dem Eintrag von PSM können Wasserschutzgebiete betrachtet werden, in denen bereits ein Eintrag von PSM festgestellt wurde und dies unabhängig von der intrinsischen Vulnerabilität des WSG. In solchen Gebieten ist im Einklang mit der EU-Richtlinie 2009/128/EC zur nachhaltigen Verwendung von Pestiziden ein Einsatz von PSM grundsätzlich problematisch. Im Rahmen dieses Sonderbeitrags werden „PSM-sensible Gebiete“ in Baden-Württemberg auf der Basis von Maximalwerten in WSG identifiziert. Angelehnt an die Diskussion um den aktuell kritischsten Schwellenwert von 0,1 µg/L definieren wir in der vorliegenden Auswertung ein WSG dann als „PSM-sensibel“, wenn aufgrund der historischen Befundlage abgeleitet werden kann, dass prinzipiell ein Eintrag von PSM-Rückständen mit Konzentrationen > 0,1 µg/L in diese WSG möglich ist.

2 Datengrundlage und Methoden

2.1 Datengrundlage zu Pflanzenschutzmitteln in der GWD-WV

Umfangreiche und flächendeckende Datensätze zu Pflanzenschutzmittelwirkstoffen und deren Metaboliten liegen in Baden-Württemberg seit 2004 vor. Diese Daten wurden im Rahmen von inzwischen vier Monitoringprogrammen im Zuge der Kooperationsvereinbarung mit dem Land Baden-Württemberg zum Vollzug der SchALVO erhoben. Der Parameterumfang wurde von der GWD-WV nach Beratungen im Beirat und in Abstimmung mit dem Landesamt für Umwelt in Baden-Württemberg (LUBW) im Laufe der Zeit wiederholt angepasst, um aktuelle Entwicklungen zu berücksichtigen. So wurden Parameter ohne Positivbefunde ersatzlos gestrichen und neue Parameter aufgenommen. Ein Grundstock an 12 PSM und 7 Metaboliten wurde seit 2004 teilweise und seit 2009 nahezu durchgängig erfasst (Tabelle 1) und bildet daher die Basis für die nachfolgenden Auswertungen in diesem Sonderbeitrag.

Die Daten aus den jeweiligen Programmen liegen dabei von etwa 2.200 bis 2.500 Messstellen (MST) in etwa 1.550 bis 1.750 Wasserschutzgebieten (WSG) vor, wobei dies je nach Parameter variiert (Tabelle 2). Liegen für eine Messstelle (MST = Rohwasserentnahmestelle) mehrere Messwerte vor, so wurde nur der höchste Wert dieser MST (Maximalwert) ohne zeitliche Eingrenzung verwendet, da bereits einmalige Funde die grundsätzliche mögliche Betroffenheit eines Gebietes durch mögliche PSM-Einträge markieren und von Bedeutung für die Wasserversorger sein können.

2.2 Analyse des Auftretens von PSM-Wirkstoffen und –Metaboliten in Wasserschutzgebieten mit unterschiedlicher Vulnerabilität

Zur Analyse der Vulnerabilität von Wasserschutzgebieten wurde der über das Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau (LGRB) verfügbare Rasterdatensatz zur Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung (SF) verwendet, der als 40 m Raster flächendeckend für ganz Baden-Württemberg digital vorliegt (LGRB 2013). Die durch das LGRB abgeschätzte Schutzfunktion berücksichtigt Eingangsdaten zur Sickerwasserrate, der nutzbaren Feldkapazität des Bodens, der Bodenmächtigkeit, der Gesteinsart und weitere Kennwerte. Die Abschätzung ist angelehnt an das Verfahren nach Hölting et al. 1995 (Wirsing und Kern 2020). Die Schutzfunktion ist dabei in Klassen von eins bis fünf eingeteilt, welche für eine sehr geringe (1) bis sehr hohe (5) Schutzfunktion stehen und näherungsweise eine Verweilzeit von mobilen Stoffen im Boden von wenigen Tagen bis über 25 Jahren repräsentieren sollen. Diese Klassen spiegeln somit den Schutz der



Grundwasserüberdeckung gegenüber dem Eintrag von mobilen Stoffen von der Bodenoberfläche in das Grundwasser wider.

Für die weitere Analyse wurde die Variante 2 der Gesamtschutzfunktion der Grundwasserüberdeckung (wasserwirtschaftlich genutzter Grundwasserleiter) verwendet. Bereiche, denen keine Schutzfunktion zugewiesen ist (wie z.B. Siedlungen, Gewässer- und Deponieflächen), wurden aus der Analyse ausgeschlossen. Anschließend erfolgte das Verschneiden der Schutzfunktionskarten mit den Geometrien (Umrissen) aller 2022 rechtskräftig festgesetzten Wasserschutzgebiete bzw. – wo vorhanden – Teileinzugsgebiete. Im Folgenden wird einheitlich der Begriff Wasserschutzgebiete (WSG) für beide Gebietsarten verwendet. Fachtechnisch abgegrenzte WSG und WSG, für welche keine Daten vorlagen, wurden nicht in die Auswertung mit einbezogen. Zur weiteren Einschränkung auf WSG mit potentiellm Einsatz von PSM, wurde zusätzlich die Landnutzung berücksichtigt (zum Ablauf vgl. Abbildung 1 obere Teilabbildung). Da PSM für unterschiedliche Anwendungsgebiete zugelassen sind, wurden bei der Landnutzung Gebiete mit Ackerflächen und/oder Wein- und Obstplantagen berücksichtigt. Das Herbizid Bromacil wurde aufgrund des vorwiegenden Einsatzes entlang von Bahntrassen unabhängig von der Landnutzungsart von dieser Auswertung ausgeschlossen. Die Landnutzungsdaten stammen vom Daten- und Kartendienst der Landesanstalt für Umwelt Baden-Württemberg (LUBW). Sie basieren auf der Auswertung von LANDSAT-Daten aus dem Jahr 2000 im 30 m Raster.

Im weiteren Verlauf wurden zwei verschiedene Berechnungen der Schutzfunktion für das gesamte WSG durchgeführt (vgl. Abbildung 1 untere Teilabbildung) und mit der Befundsituation an PSM im Rohwasser verknüpft. Zunächst wurde aus der Schutzfunktion einzelner Teilgebiete eines WSG der Durchschnitt der Schutzfunktion des WSG flächengewichtet gemittelt. Diese Auswertung zeigte für viele Parameter, dass Positivbefunde am häufigsten in WSG mit einem geringen bis mittleren Durchschnitt der Schutzfunktion auftreten (Abbildung 2 Histogramm links). Zur Überprüfung, ob dies ein Artefakt der Mittelung - insbesondere bei heterogenen WSG - ist und ob ggf. besonders vulnerable Teilbereiche eines WSG eine besondere Rolle für das Auftreten von Maximalwerten spielen, wurde zudem das Minimum der Schutzfunktion für die WSG abgeschätzt. Hierfür wurde die niedrigste im WSG auftretende Schutzfunktion dem kompletten WSG zugeordnet. Diese wurde aus den 10 % der landwirtschaftlich im Acker-, Obst- oder Weinbau genutzten Fläche des WSG mit der niedrigsten Schutzfunktion ermittelt. Diese Auswertung stellt somit die Näherung für eine „worst-case“ Abschätzung dar. Tatsächlich traten die meisten Positivbefunde bei Betrachtung des Minimums der Schutzfunktion in der untersten Schutzfunktionsklasse (sehr gering) auf (Abbildung 2 Histogramm rechts) was auf eine erhöhte Bedeutung vulnerabler Teilgebiete für den PSM-Eintrag im Grundwasser hindeutet. Diese Beobachtung gilt sowohl über alle Parameter als auch für sämtliche, hier betrachteten Einzelparameter, wie das Beispiel für N,N-Dimethylsulfamid zeigt (ebenfalls Abbildung 2). Aufgrund der höheren Aussagekraft des Minimums der Schutzfunktion wird im Folgenden ausschließlich darauf zurückgegriffen.

Für die visuelle Auswertung der PSM-Belastung unterschiedlich vulnerabler WSG wurden die Maximalwerte der einzelnen PSM-Wirkstoffe und –Metaboliten und für alle Parameter je MST gegen die ermittelte Schutzfunktion des WSG dargestellt. Verwendet wurden ausschließlich Positivbefunde, da nur in diesem Fall ein Einsatz des entsprechenden Wirkstoffs als sicher belegt angenommen werden kann. Für eine verbesserte Aussagekraft der Abbildungen wurden diese nur für Parameter erstellt, für die mehr als



35 MST Positivbefunde aufwiesen (mehr als ca. 1,5 % der MST, Tabelle 2). Die Box im dargestellten Box-Whisker-Plot umfasst 50 % der Daten (unteres bis oberes Quartil), die Längen der Whisker berechnen sich über das 1,5-fache des Interquartilsabstands und umfassen damit „milde“ Ausreißer. Hingegen sind „extreme“ Ausreißer als einzelne Punkte dargestellt.

Positivbefunde und Befunde einzelner Parameter über 0,1 µg/L (alle Parameter) und zusätzlich über GOW (nicht relevante Metaboliten) wurden in Karten, die die Information zu den Schutzgebietsklassen der jeweils relevanten Landnutzung enthalten, dargestellt. Zur Verbesserung der Aussagekraft werden hier nur Karten für Parameter gezeigt, die in mehr als 25 WSG Positivbefunde aufwiesen (mehr als ca. 1,5 % der WSG, Tabelle 2).

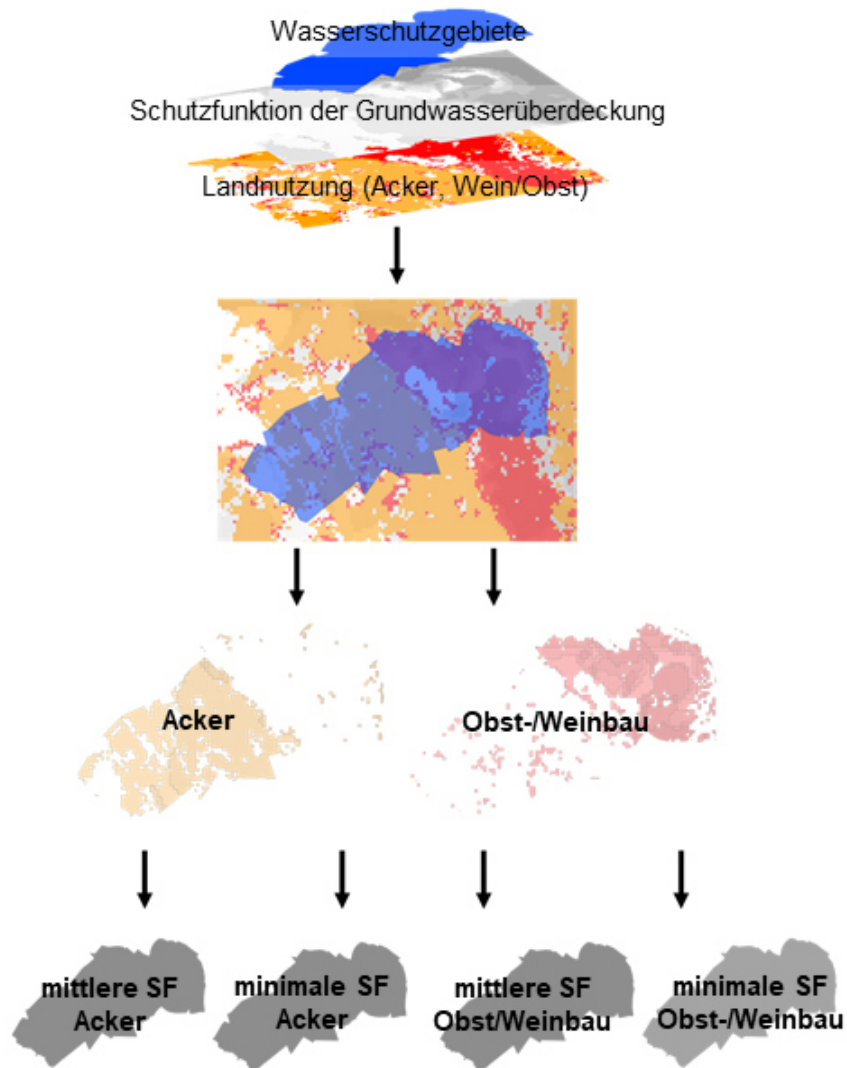


Abbildung 1 Schematische Darstellung der Datenaufbereitung: Ausgangsdaten – Verschneiden der Daten – Schutzfunktion einzelner Teilgebiete in einem WSG gekoppelt an die Landnutzung – Durchschnitt und Minimum der Schutzfunktion im WSG je Landnutzung.



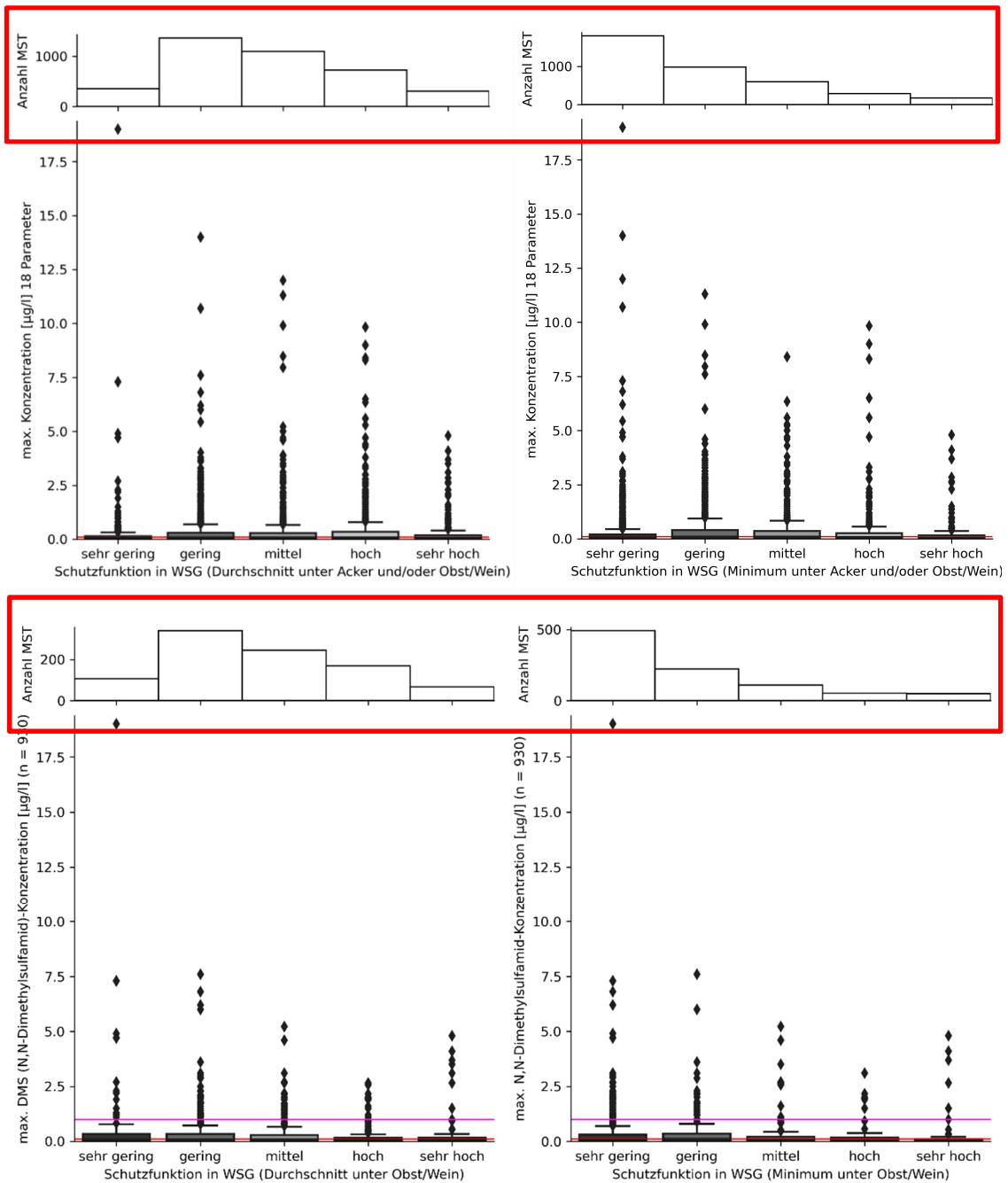


Abbildung 2 Histogramm und Boxplot für alle Parameter (oben) und N,N-Dimethylsulfamid (DMS) (unten): Anzahl der MST mit Positivbefunden (Histogramm) sowie Maximalkonzentration der MST (Boxplot) in WSG mit unterschiedlichem Durchschnitt (links) bzw. Minimum (rechts) der Schutzfunktion im WSG. Für die Abbildung für alle Parameter wurde für jeden Parameter die jeweilige Schutzfunktion gemäß Haupteinsatzgebiet des Wirkstoffs berücksichtigt, für DMS ist dies Obst/Wein. Die waagrechte rote Linie repräsentiert einen Wert von 0,1 µg/L, die zusätzliche pinke Linie in der Abbildung für DMS den GOW von 1 µg/L.



2.3 Analyse der Befundlage von PSM-Wirkstoffen und –Metaboliten zur Einschätzung von PSM-sensiblen Gebieten

Zur Darstellung von Wasserschutzgebieten, die aufgrund der in diesem Sonderbeitrag ausgewerteten Datengrundlage als sensibel gegenüber dem Eintrag von PSM in das Grundwasser aufgefasst werden können, wurden Karten zur Befundlage auf Basis der Maximalkonzentration von Wirkstoffen sowie relevanten und nicht relevanten Metaboliten in Wasserschutzgebieten von Werten $> 0,1 \mu\text{g/L}$ und bei nicht relevanten Metaboliten zusätzlich $> \text{GOW}$ erstellt. Zudem wurden historische PSM-Sanierungsgebiete nach SchALVO in einer Karte erfasst. Landwirtschaftlich im Acker-, Obst- oder Weinbau genutzte Flächen wurden aus den LANDSAT-Daten (vgl. oben) berechnet, die landwirtschaftliche Nutzung als Grünland wurde nicht erfasst.



Tabelle 1 Ausgewählte PSM-Wirkstoffe und –Metaboliten: Wirkung, Haupteinsatzgebiete, Verkauf der PSM in Deutschland* und Erfassung in den verschiedenen Monitoringprogrammen der GWD-WV.

Bezeichnung (Wirkstoff, rM, nrM)	Haupteinsatzgebiete	Verkauf in DE*	Monitoringprogramm			
			04 08	09 13	14 18	19 23
N,N-Dimethylsulfamid (DMS) (nrM von Tolyfluanid)	Wein, Obst	2000 – 2006 ¹	-	x	x	x
Chloridazon	Ackerbau	1987 – 2019	-	x	x	x
Desphenylchloridazon (Metabolit B) (nrM von Chloridazon)	Ackerbau	1987 – 2019	-	x	x	x
Methyldesphenylchloridazon (Metabolit B1) (nrM von Chloridazon)	Ackerbau	1987 – 2019	-	x	x	x
Atrazin	Ackerbau	1987 – 1991 ²	x	x	x	x
<i>Desethylatrazin (rM von Atrazin)</i>	Ackerbau	1987 – 1991	x	x	x	x
<i>Desethylterbuthylazin (rM von Terbuthylazin)</i>	Ackerbau	1987 – 2022	x	x	x	x
<i>Desisopropylatrazin (rM von Atrazin)</i>	Ackerbau	1987 – 1991	-	x	x	x
2,6-Dichlorbenzamid (nrM von Dichlobenil)	Wein, Obst	1987 – 2001 ³	-	x	x	x
Bentazon	Ackerbau	1987 – 2018	x	x	x	x
Bromacil	Gleis	1987 – 1990	-	x	x	x
Chlortoluron	Ackerbau	1987 – 2022 ³	x	-	-	x
Hexazinon	Ackerbau, Wein, Obst	1987 – 1992	-	x	x	x
Metalaxyl	Ackerbau	1987 – 2022 ³	x	x	x	x
Metazachlor	Ackerbau	1987 – 2022	-	x	x	x
Metolachlor	Ackerbau	1987 – 2001 ⁴ 2002 – 2022 ⁴	x	x	x	x
Propazin	Ackerbau	1991 – 1992	x	x	x	x
Simazin	Ackerbau, Wein, Obst	1987 – 1998 ³	x	x	x	x
Terbuthylazin	Ackerbau	1987 – 2022 ¹	x	x	x	x

* Verkaufsmengen liegen seit 1987 vor (BVL 2022)

¹ seit 2001 in WSG in Baden-Württemberg verboten (SchALVO)

² seit 1988 in WSG in Baden-Württemberg verboten

³ mit Unterbrechungen

⁴ zunächst Verkauf von (R- und S-) Metolachlor, später nur von S-Metolachlor



3 Ergebnisse

3.1 PSM-Rückstände im Rohwasser in Baden-Württemberg

Pflanzenschutzmittelrückstände waren in Baden-Württemberg seit Beginn der Aufzeichnungen an rund zwei Drittel der ausgewerteten Messstellen (1722 von 2534 MST) und analog in zwei Drittel der ausgewerteten WSG (1189 von 1763 WSG) nachweisbar. Die Auswertungen repräsentieren dabei etwa drei Viertel der 2280 festgesetzten WSG in Baden-Württemberg. Zu 524 WSG liegen in der GWD-WV keine Daten vor (23 % der WSG). Darunter fallen neben den WSG, in denen tatsächlich keine Beprobungen durch die Wasserversorger stattgefunden haben, LUBW-Messstellen, MST in durch die unteren Wasserbehörden freigestellten WSG (z.B. in Waldgebieten), sowie MST, denen mehrere WSG zugeordnet sind, die in der GWD-WV aber maximal ein WSG repräsentieren.

Sämtliche hier ausgewertete PSM-Wirkstoffe und –Metaboliten wiesen landesweit Positivbefunde auf, jedoch in unterschiedlichem Ausmaß (Tabelle 2). Am häufigsten nachweisbar waren der nicht relevante Tolyfluanid-Metabolit N,N-Dimethylsulfamid (DMS) (in 47,4 % der WSG) sowie die nicht relevanten Chloridazon-Metaboliten Desphenylchloridazon (Metabolit B) und Methyldesphenylchloridazon (Metabolit B1) (51,3 % bzw. 32,6 % der WSG). Der nicht relevante Metabolit 2,6-Dichlorbenzamid (Wirkstoff Dichlobenil) hatte zudem in 7,7 % der WSG Positivbefunde. Die Befundlage für nicht relevante Metaboliten ist somit für Baden-Württemberg vergleichbar mit der deutschlandweiten Befundlage für Grundwasser: auch hier wurden am häufigsten Positivbefunde von Desphenylchloridazon und N,N-Dimethylsulfamid in analogem Ausmaß berichtet (LAWA 2019).

Bei den PSM-Wirkstoffen hatten Atrazin und Bentazon eine nennenswerte Anzahl an Positivbefunden in WSG (8,3 % bzw. 3,6 %). Der relevante Atrazin-Metabolit Desethylatrazin war zudem in 21,3 % der WSG und damit etwa zweieinhalb Mal häufiger nachweisbar als der Ausgangswirkstoff Atrazin, dessen Einsatz in WSG in Baden-Württemberg bereits seit 1988 verboten ist. Der relevante Atrazin-Metabolit Desisopropylatrazin war zudem in knapp 1 % der WSG nachweisbar. Für Propazin und Simazin lagen in etwa 1 % der WSG für die weiteren untersuchten PSM-Parameter in weniger als 1 % der WSG Positivbefunde vor. Insgesamt lässt sich festhalten, dass die Belastung einzelner Messstellen überwiegend auf das Auftreten von - v.a. nicht relevanten - Metaboliten zurückgeht.



Tabelle 2 Ausgewählte PSM-Wirkstoffe und –Metaboliten. Grenzwerte* (GW) und Anzahl an MST und WSG: gesamt, mit Positivbefunden, mit Maximalwerten > 0,1 µg/L (alle Parameter) sowie mit Maximalwerten > GOW (nur nicht relevante Metaboliten).

Bezeichnung (Wirkstoff, rM, nrM)	GW* [µg/L]	Anzahl MST				Anzahl WSG			
		ge- samt	Positiv- befunde	> 0,1 µg/L	> GOW	ge- samt	Positiv- befunde	> 0,1 µg/L	> GOW
N,N-Dimethylsulfamid (DMS)	1,0	2262	1095	422	101	1597	757	307	89
Chloridazon	0,1	2219	12	0		1571	9	0	
Desphenylchloridazon (Metabolit B)	3,0	2249	1180	814	45	1594	817	551	37
Methyldesphenylchloridazon (Metabolit B1)	3,0	2229	754	363	1	1584	516	243	1
Atrazin	0,1	2476	192	8		1742	149	8	
<i>Desethylatrazin</i>	0,1	2476	496	42		1742	371	34	
<i>Desethylterbuthylazin</i>	0,1	2469	13	1		1736	13	1	
<i>Desisopropylatrazin</i>	0,1	2470	30	3		1737	22	1	
2,6-Dichlorbenzamid	3,0	2435	158	34	0	1715	132	31	0
Bentazon	0,1	2389	74	20		1690	61	14	
Bromacil	0,1	2441	16	6		1719	9	3	
Chlortoluron	0,1	2329	2	0		1661	2	0	
Hexazinon	0,1	2442	14	1		1720	12	1	
Metalaxyl	0,1	2423	6	2		1708	5	1	
Metazachlor	0,1	2469	5	0		1738	5	0	
Metolachlor	0,1	2471	10	0		1738	10	0	
Propazin	0,1	2458	24	0		1730	17	0	
Simazin	0,1	2471	32	3		1738	20	1	
Terbuthylazin	0,1	2475	18	0		1741	16	0	

* aktuell gültiger Schwellenwert gemäß GrwV 2010 (Wirkstoffe und relevante Metaboliten) bzw. GOW gemäß UBA (nicht relevante Metaboliten).



3.2 PSM-Wirkstoffe und -Metaboliten in vulnerablen Gebieten

3.2.1 Häufigkeit von PSM-Positivbefunden in unterschiedlich vulnerablen Wasserschutzgebieten

Die Häufigkeit des Auftretens von PSM-Positivbefunden in Wasserschutzgebieten ist deutlich an das Minimum der Schutzfunktion des WSG gekoppelt (vgl. Histogramme in Abbildung 3 und Abbildung 4). Belastungen eines WSG mit PSM-Rückständen traten am häufigsten in WSG mit sehr geringer Schutzfunktion auf und nahmen zu den höheren Schutzfunktionsklassen hin ab. Die wenigsten Positivbefunde wurden in WSG mit einer sehr hohen Schutzfunktion gemessen.

Das berechnete Minimum der Schutzfunktion eines WSG berücksichtigt, dass Wasserschutzgebiete nicht homogen sind, sondern besonders vulnerable Teilbereiche beinhalten können. Über diese besonders vulnerablen Bereiche können mobile Stoffe bevorzugt von der Bodenoberfläche ins Grundwasser transportiert werden, indem sie eine Art „Bypass“ für diese Stoffe bieten. Unsere Auswertungen deuten somit darauf hin, dass besonders vulnerable Teilgebiete eines WSG vermutlich einen erhöhten Anteil zur Belastung des gesamten WSG mit PSM-Rückständen beitragen.

3.2.2 Extremwerte und Überschreitungen von Schwellenwerten und Gesundheitlichen Orientierungswerten in unterschiedlich vulnerablen Gebieten

Neben der Häufigkeit, mit welcher Positivbefunde hauptsächlich in vulnerableren Gebieten dokumentiert wurden, traten auch Maximalbelastungen bevorzugt in Gebieten mit den niedrigeren Schutzfunktionsklassen auf. Der Schwellenwert von 0,1 µg/L gemäß GrwV für Wirkstoffe und relevante Metaboliten wurde unter anderem durch die Wirkstoffe Bentazon und Atrazin sowie durch den relevanten Atrazin-Metaboliten Desethylatrazin an mehreren MST überschritten. Diese MST liegen in WSG mit allen Schutzfunktionsklassen bis auf sehr gut geschützte Gebiete mit „sehr hoher“ Schutzfunktion (eine Ausnahme bei Desethylatrazin) (Abbildung 3). Die GW-Überschreitungen für Atrazin wurden gefunden, obwohl dieser Wirkstoff in WSG in Baden-Württemberg bereits seit 1988 verboten war und die flächendeckende Überwachung der PSM Konzentrationen erst mit den Monitoringprogrammen ab 2004 begann. Dem Auftreten von Bentazon in besonders vulnerablen WSG war bis zum Ende der Aufbrauchsfrist 2019 eine Zulassungsbeschränkung auf „nicht sandige“ Böden entgegengesetzt.

Bei den nicht relevanten Metaboliten überschritt insbesondere der Chloridazon-Metabolit Desphenylchloridazon den Gesundheitlichen Orientierungswert von 3,0 µg/L in WSG mit sämtlichen Schutzfunktionsklassen bis auf die Klasse „sehr hoch“ (Abbildung 4). Hingegen überschritten die Konzentrationen von N,N-Dimethylsulfamid den Gesundheitlichen Orientierungswert von 1,0 µg/L gänzlich unabhängig von der Schutzfunktion der WSG (Abbildung 2). Ein Wert von 0,1 µg/L wurde durch alle hier beschriebenen nicht relevanten Metaboliten unabhängig von der Schutzfunktion des WSG überschritten.

Generell zeigt sich, dass Extrembelastungen des Grundwassers in Gebieten mit sämtlichen Schutzfunktionsklassen auftreten können. Einzig homogene WSG mit einer durchweg sehr hohen Schutzfunktion ihrer Grundwasserüberdeckung scheinen besser geschützt gegenüber dem Eintrag von Höchstkonzentrationen an PSM mit Werten über



den derzeit gültigen Grenzwerten (SW bzw. GOW). Dieser Schutz ist jedoch nicht ausreichend, wenn auch für nicht relevante Metaboliten ein maximal zulässiger Wert von 0,1 µg/L angestrebt wird.

3.2.3 Mittlere Belastung und räumliche Verteilung von PSM-Rückständen in unterschiedlich vulnerablen Gebieten

Situation in Baden-Württemberg: alle PSM-Parameter

Über alle analysierten Parameter betrachtet traten PSM-Rückstände in Wasserschutzgebieten mit geringer bis hoher Schutzfunktion in ähnlichen Konzentrationen auf (Abbildung 3). Gut geschützte Gebiete mit einer sehr hohen Schutzfunktion scheinen hingegen im Allgemeinen besser geschützt gegenüber dem Auftreten von PSM-Rückständen. Dies ist einleuchtend, da es sich bei WSG mit einer sehr hohen minimalen Schutzfunktion generell um homogene Gebiete mit einem durchgängig hohen Schutz des Grundwassers - verbunden mit sehr hohen Verweilzeiten in der Grundwasserüberdeckung - gegenüber dem Eintrag von mobilen Stoffen handelt. Dennoch ist die Aussagekraft für diese Gebiete statistisch eingeschränkt, da nur sehr wenige WSG in diese Klasse fallen und somit Einzelereignisse das Ergebnis der Klasse beeinflussen können. Auch in WSG mit sehr geringem Minimum der Schutzfunktion scheint die Belastung mit PSM-Rückständen vergleichsweise geringer zu sein. Dies könnte unter Umständen auf eine stärkere Verdünnung im Grundwasserleiter bei höherer Durchlässigkeit der Grundwasserüberdeckung zurückzuführen sein (Lange et al. 2018).

Abbildung 5 und Abbildung 6 zeigen die räumliche Verteilung der unterschiedlich vulnerablen WSG in Baden-Württemberg sowie die generelle Befundlage von PSM-Wirkstoffen und Metaboliten. Besonders auffällig ist die große Anzahl wenig geschützter (Schutzfunktionsklassen „gering“ und „sehr gering“) und stark belasteter WSG auf der Schwäbischen Alb und entlang des Oberrheins. Ein weiterer Belastungsschwerpunkt ist im nördlichen Baden-Württemberg verortet und hier teils unabhängig von der Vulnerabilität der WSG vermutlich aufgrund des starken Einsatzes im Rübenanbau sowie im Obst- und Weinbau. In der Region südlich der Schwäbischen Alb sowie im Alb-Wutach-Gebiet liegen ebenfalls zahlreiche vulnerable WSG, die hohe Belastungen aufweisen.

Nicht relevante Chloridazon-Metaboliten (Landnutzung Ackerbau)

Während für den Wirkstoff Chloridazon, welcher bevorzugt im Rübenanbau angewendet wurde, zu wenig Positivbefunde für die Auswertung vorlagen, sind die Mediane und Quartile für dessen Metaboliten B und B1 (Desphenylchloridazon und Methyl-desphenylchloridazon) analog zum Bild für alle Parameter in WSG mit mittleren Vulnerabilitäten (Schutzfunktionsklassen „gering“ bis „hoch“) am höchsten (Abbildung 4). Etwas niedrigere Mediane und Quartile lassen sich wiederum bei einer „sehr geringen“ (ggf. Verdünnungseffekte) und „sehr hohen“ Schutzfunktion (Schutz durch Grundwasserüberdeckung) beobachten. Für Chloridazon wurde ab 2015 ebenfalls ein Anwendungsverbot auf sandigen Böden durch die Anwendungsbestimmung NG 415 erlassen.

Entsprechend des vorwiegenden Einsatzes der Muttersubstanz Chloridazon im Rübenanbau, liegt der historische Schwerpunkt der Belastung mit Chloridazon-Metaboliten in der Rübenanbauregion rund um Heilbronn. Hier wurde der GOW für nicht relevante



Metaboliten von 3,0 µg/L flächig durch den Metaboliten B unabhängig von der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung überschritten (Abbildung 7). Zudem traten Positivbefunde und Werte über 0,1 µg/L in vielen Regionen mit Ackerbau in Baden-Württemberg auf (Rhein-Tiefland, auf und südlich der Schwäbische Alb, Bodenseeregion, Neckar- und Tauber-Gäuf Flächen). Die räumliche Verteilung der Befunde des Metaboliten B1 ist analog zum Metaboliten B, jedoch mit niedrigeren Konzentrationen und weniger häufig (Abbildung 7).

Nicht relevante Metaboliten N,N-Dimethylsulfamid und 2-6-Dichlorbenzamid (Landnutzung Wein- und Obstbau)

Für den Metaboliten des im Wein- und Obstbau eingesetzten Fungizids Tolyfluanid N,N-Dimethylsulfamid sind die Mediane und Quartile in den vulnerablen WSG (Schutzfunktionsklassen „sehr gering“ bis „mittel“) am höchsten mit einer Abnahme hin zur höchsten Schutzfunktionsklasse (Abbildung 4). Positivbefunde und erhöhte Belastungen traten vor allem in den Wein- und Obstbauregionen im Oberrheingraben, in der Region rund um Stuttgart und Ludwigsburg sowie in der Bodenseeregion auf (Abbildung 8).

Der persistente und mobile, nicht relevante Metabolit 2-6-Dichlorbenzamid des im Obst- und Weinbau eingesetzten Wirkstoffs Dichlobenil hat die höchsten Mediane und Quartile der Maximalkonzentrationen in WSG mit „sehr geringer“ Schutzfunktion und vergleichbare Werte in den weiteren Schutzfunktionsklassen (Abbildung 4). Gebiete mit in den Monitoringprogrammen gemessenen Positivbefunden und erhöhten Konzentrationen finden sich überwiegend in der Obst- und Weinanbauregion rund um Stuttgart und Ludwigsburg und vereinzelt landesweit (Abbildung 8).

Wirkstoffe Bentazon und Atrazin sowie relevanter Atrazin- Metabolit Desethylatrazin (Landnutzung Ackerbau)

Für das bereits seit 1991 deutschlandweit und seit 1988 in WSG in Baden-Württemberg nicht mehr zugelassene Atrazin sind die Mediane und Quartile der Maximalwerte in den Schutzfunktionsklassen „mittel“ und „hoch“ am höchsten. Niedrigere Maximalwerte in sehr vulnerablen Gebieten sind vermutlich auf Verdünnungseffekte zurückzuführen. Hingegen sind die mittleren Belastungen mit dem Atrazin-Metaboliten Desethylatrazin relativ gleichmäßig über die Schutzfunktionsklassen verteilt. Im Mittel am wenigsten mit Atrazin und dessen Metaboliten belastet scheinen MST in WSG mit homogener, sehr hoher Schutzfunktion zu sein (Abbildung 3). Positivbefunde an Atrazin und Desethylatrazin traten landesweit in Ackerbaugebieten auf, die Schwerpunkte der Belastung lagen im Alb-Wutach-Gebiet sowie auf der Schwäbische Alb (Abbildung 9).

Der im Ackerbau zur Unkrautvernichtung eingesetzte und inzwischen nicht mehr zugelassene Wirkstoff Bentazon hat die höchsten Mediane und oberen Quartile der Konzentrationen im Grundwasser in WSG mit geringer und mittlerer Schutzfunktion. Bei WSG mit sehr geringer Schutzfunktion sind Median und oberes Quartil deutlich niedriger (Abbildung 3). Dies spiegelt möglicherweise Verdünnungseffekte wieder oder könnte eine Folge der Anwendungsbestimmung NG 407 sein, durch die ab 2005 eine Anwendung von Bentazon auf sandigen Böden verboten wurde. Die WSG mit historischen Positivbefunden und Schwellenwertüberschreitungen liegen in Ackerbauregionen vereinzelt über ganz Baden-Württemberg verteilt (Abbildung 10).



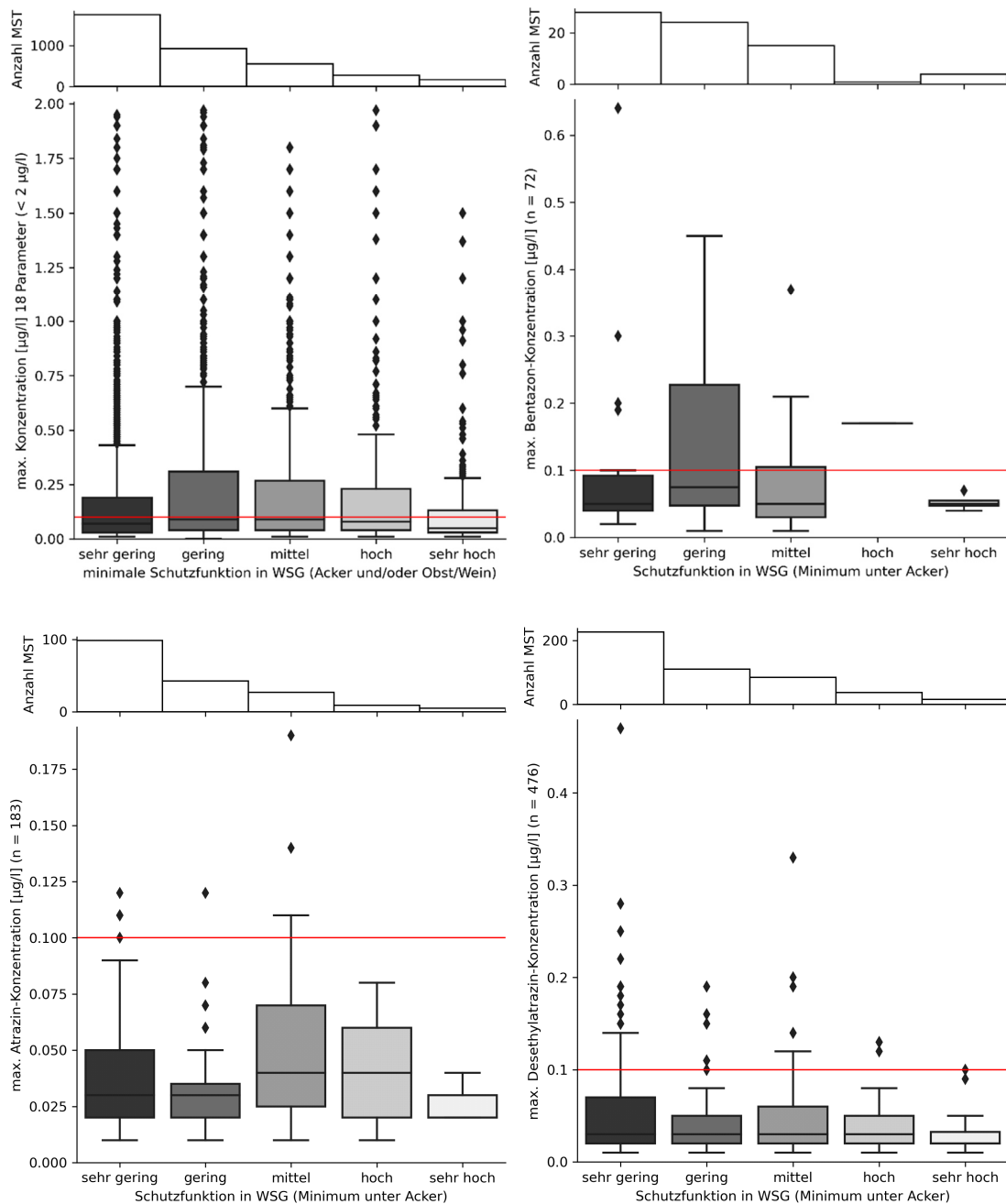


Abbildung 3 Histogramm und Boxplot für alle Parameter, Bentazon, Atrazin und dessen Metaboliten Desethylatrazin: Anzahl der MST mit Positivbefunden (Histogramme) sowie Maximalkonzentration (Boxplots) in WSG mit unterschiedlicher Schutzfunktion für das Haupteinsatzgebiet des jeweiligen Wirkstoffs. Die waagrechte rote Linie repräsentiert den Schwellenwert von 0,1 µg/L. Die Abbildung für alle Parameter ist zur besseren Übersichtlichkeit bei 2,0 µg/L abgeschnitten (vgl. Abbildung 2).



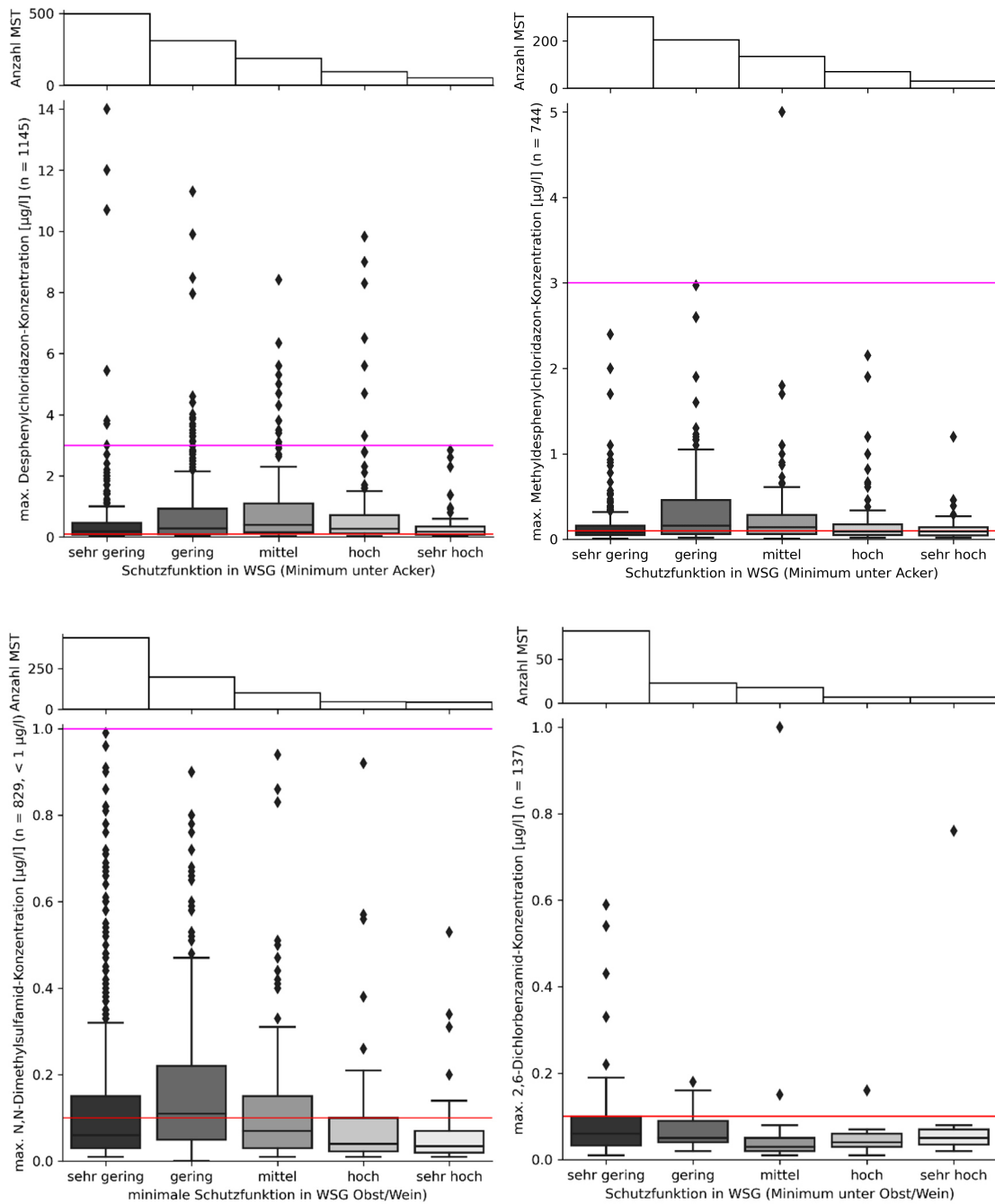


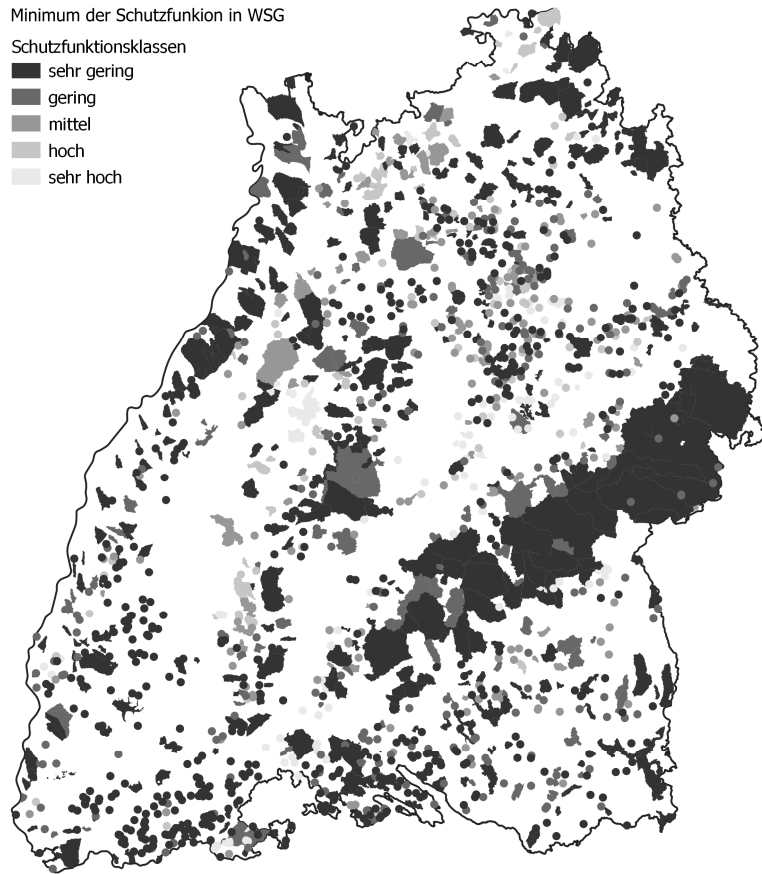
Abbildung 4 Histogramm und Boxplot für die Chloridazon-Metaboliten Metabolit B und B1 sowie die Metaboliten N,N-Dimethylsulfamid und 2,6-Dichlorbenzamid: Anzahl der MST mit Positivbefunden (Histogramme) sowie Maximalkonzentration (Boxplots) in WSG mit unterschiedlicher Schutzfunktion für das Haupteinsatzgebiet des jeweiligen Wirkstoffs. Die waagrechte rote Linie repräsentiert einen Wert von 0,1 $\mu\text{g/L}$, die waagrechte pinke Linie den jeweils gültigen, aktuellen GOW (nicht relevante Metaboliten). Die Abbildung für N,N-Dimethylsulfamid ist zur besseren Übersichtlichkeit bei 1,0 $\mu\text{g/L}$ abgeschnitten (vgl. Abbildung 2).



Minimum der Schutzfunktion in WSG

Schutzfunktionsklassen

- sehr gering
- gering
- mittel
- hoch
- sehr hoch



Befundlage von PSM und Metaboliten in WSG

WSG ≤ 200 ha

- Positivbefund
- > 0,1 µg/L
- > GOW

WSG > 200 ha

- Positivbefund
- > 0,1 µg/L
- > GOW

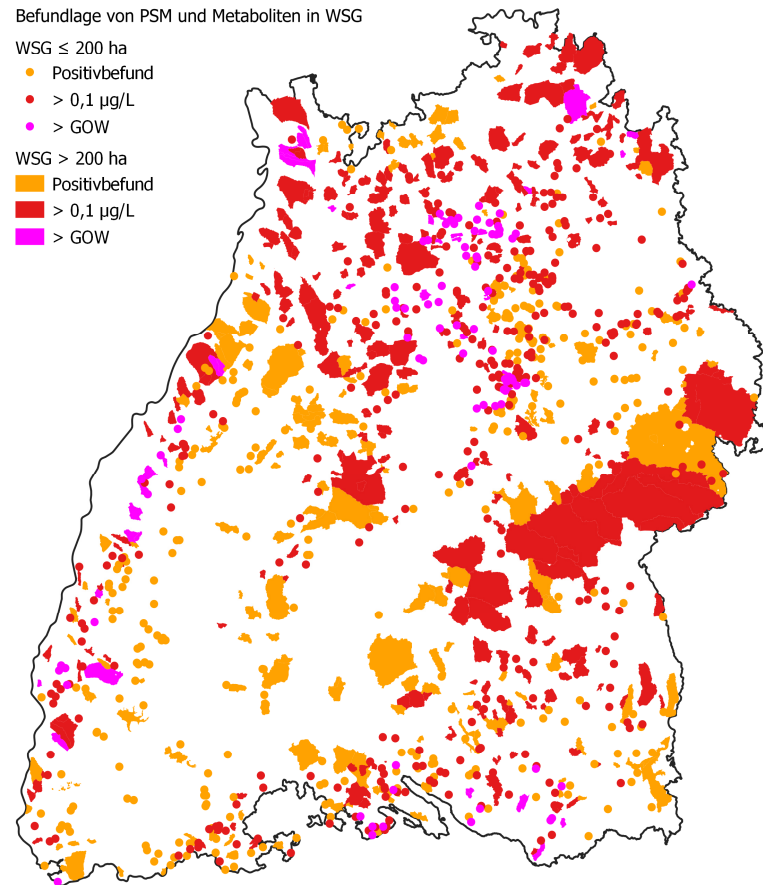


Abbildung 5 Minimum der Schutzfunktion für alle Landnutzungsarten (links), Karte der Belastung in Wasserschutzgebieten mit allen PSM-Parametern klassifiziert nach Befundlage mit Positivbefunden und Werten > 0,1 µg/L sowie > GOW (rechts).

Befundlage von PSM und Metaboliten
und Minimum der Schutzfunktion in WSG

Befundlage

- Positivbefund
- > 0,1 µg/L
- > GOW

Schutzfunktionsklassen

- sehr gering
- gering
- mittel
- hoch
- sehr hoch

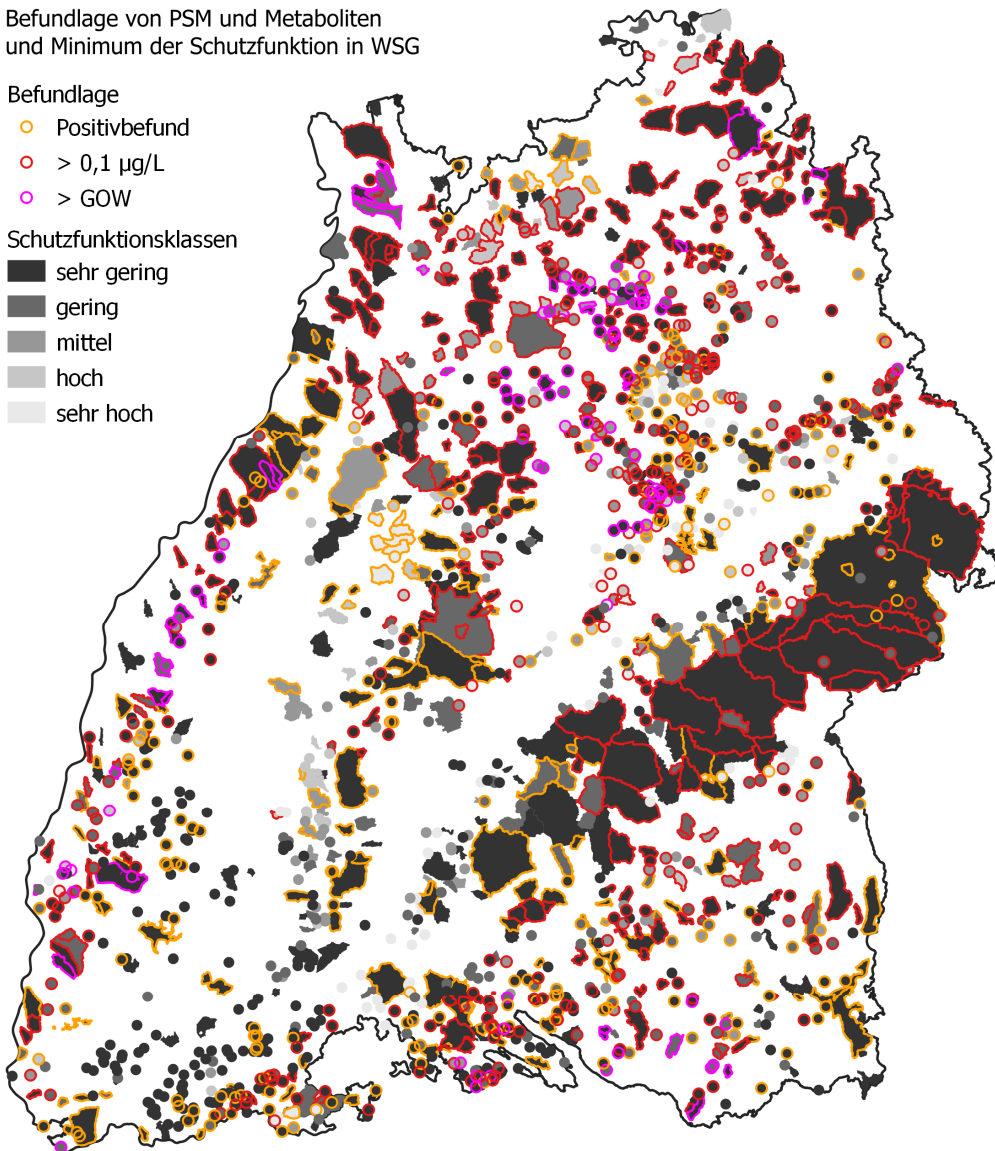
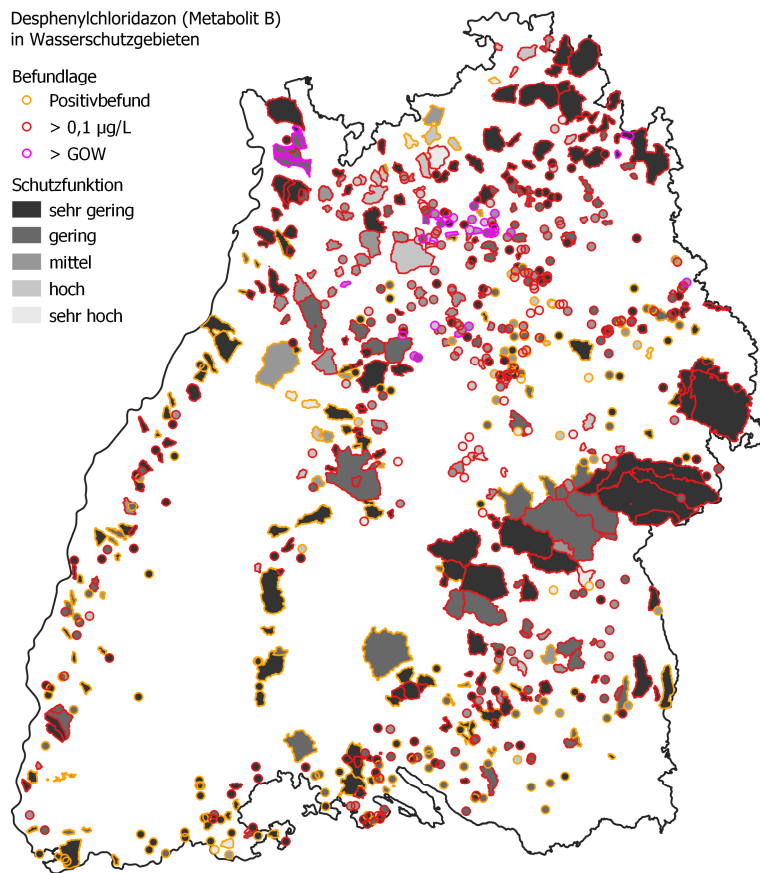


Abbildung 6 Karte der Belastung der Wasserschutzgebiete mit allen PSM-Parametern klassifiziert nach Befundlage mit Positivbefunden und Werten > 0,1 µg/L bzw. > GOW und mit hinterlegtem Minimum der Schutzfunktion über die Landnutzungsarten Ackerbau bzw. Wein-/Obstbau.



Desphenylchloridazon (Metabolit B)
in Wasserschutzgebieten

- Befundlage
- Positivbefund
 - > 0,1 µg/L
 - > GOW
- Schutzfunktion
- sehr gering
 - gering
 - mittel
 - hoch
 - sehr hoch



Methyldesphenylchloridazon (Metabolit B1)
in Wasserschutzgebieten

- Befundlage
- Positivbefund
 - > 0,1 µg/L
 - > GOW
- Schutzfunktion
- sehr gering
 - gering
 - mittel
 - hoch
 - sehr hoch

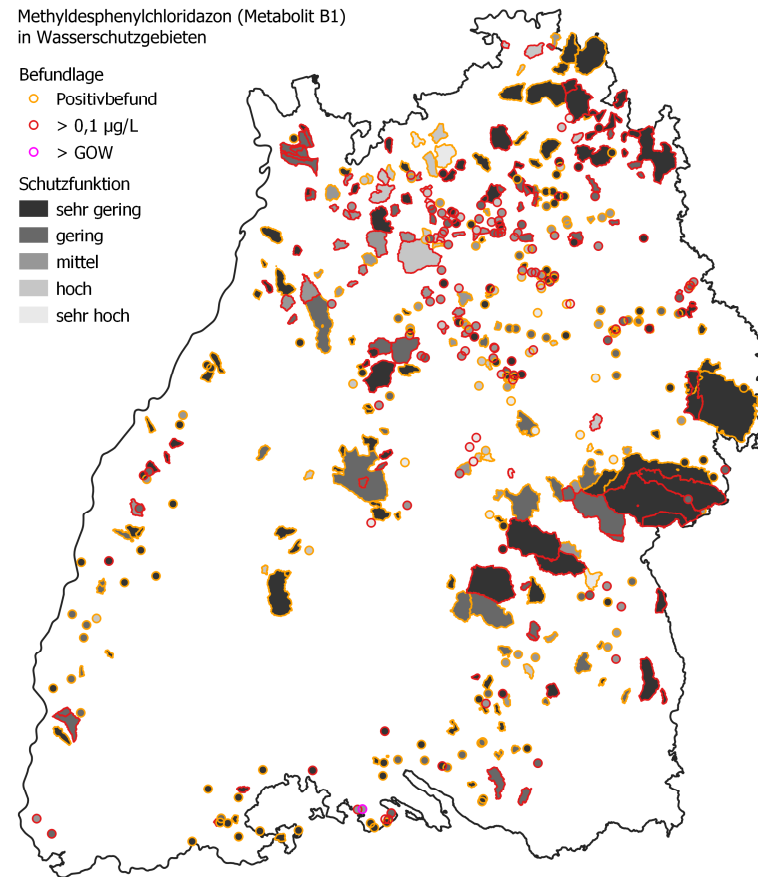
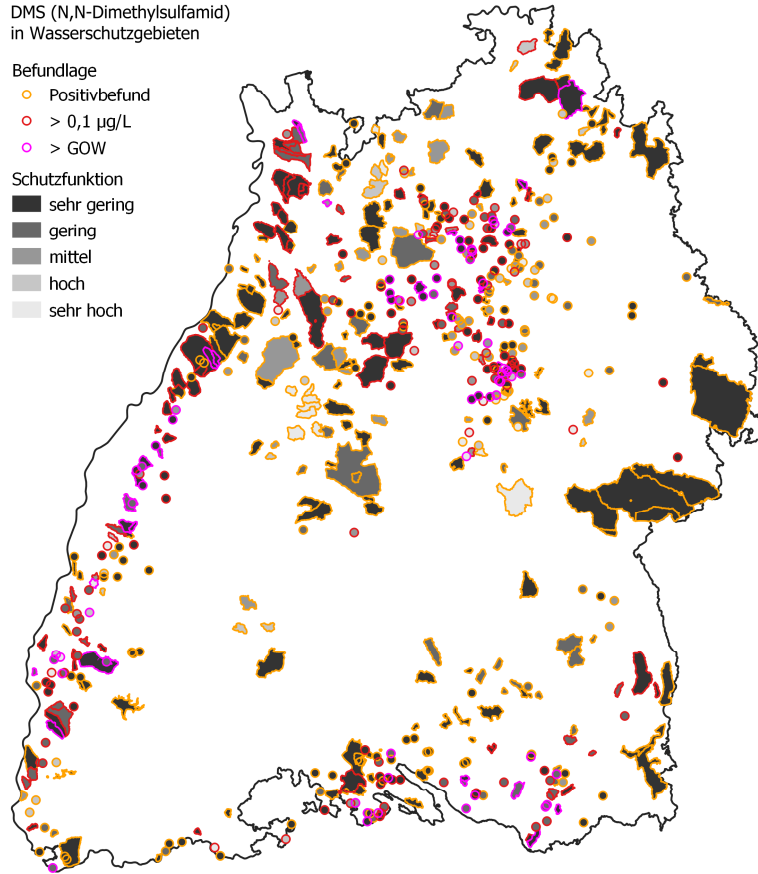


Abbildung 7 Karte der Belastung der Wasserschutzgebiete mit Desphenylchloridazon (Metabolit B) und Methyldesphenylchloridazon (Metabolit B1) (Maximum der Einzelwerte je WSG) klassifiziert nach Befundlage mit Positivbefunden und Werten > 0,1 µg/L bzw. > GOW und mit hinterlegtem Minimum der Schutzfunktion für die Landnutzung Ackerbau.

DMS (N,N-Dimethylsulfamid)
in Wasserschutzgebieten

- Befundlage
- Positivbefund
 - > 0,1 µg/L
 - > GOW
- Schutzfunktion
- sehr gering
 - gering
 - mittel
 - hoch
 - sehr hoch



2,6-Dichlorbenzamid
in Wasserschutzgebieten

- Befundlage
- Positivbefund
 - > 0,1 µg/L
- Schutzfunktion
- sehr gering
 - gering
 - mittel
 - hoch
 - sehr hoch

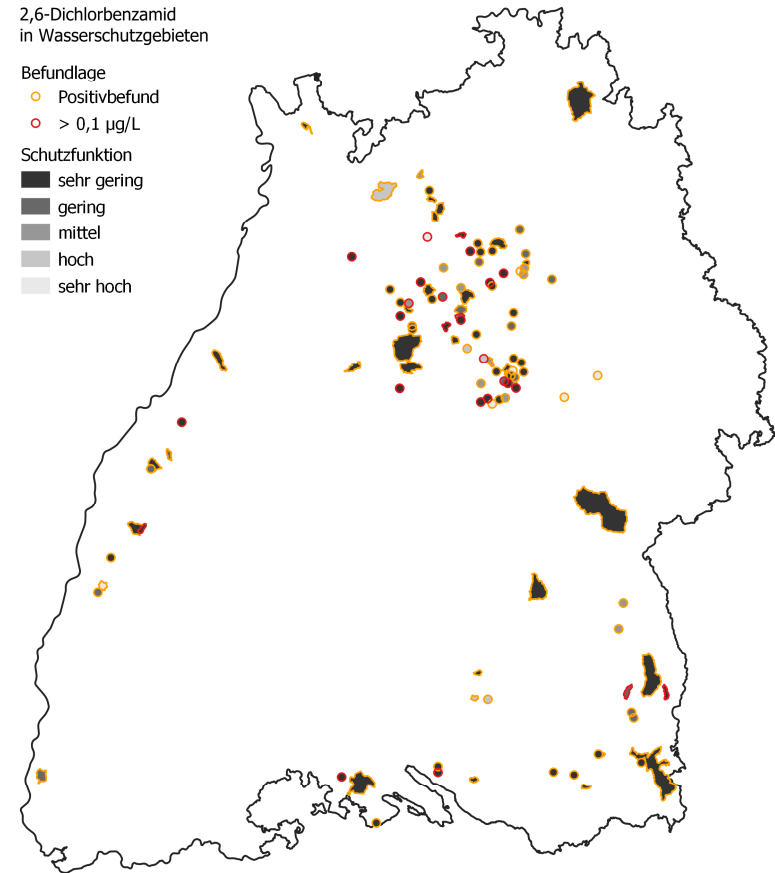


Abbildung 8 Karte der Belastung der Wasserschutzgebiete mit N,N-Dimethylsulfamid und 2,6-Dichlorbenzamid (Maximum der Einzelwerte je WSG) klassifiziert nach Befundlage mit Positivbefunden und Werten > 0,1 µg/L bzw. > GOW und mit hinterlegtem Minimum der Schutzfunktion für die Landnutzung Wein und Obstanbau.

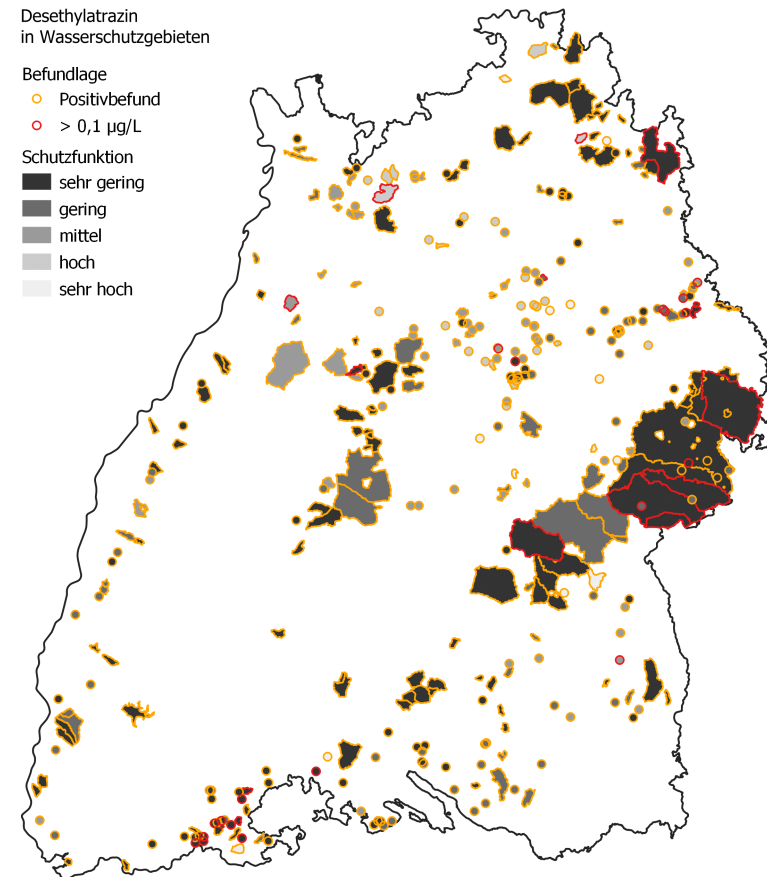
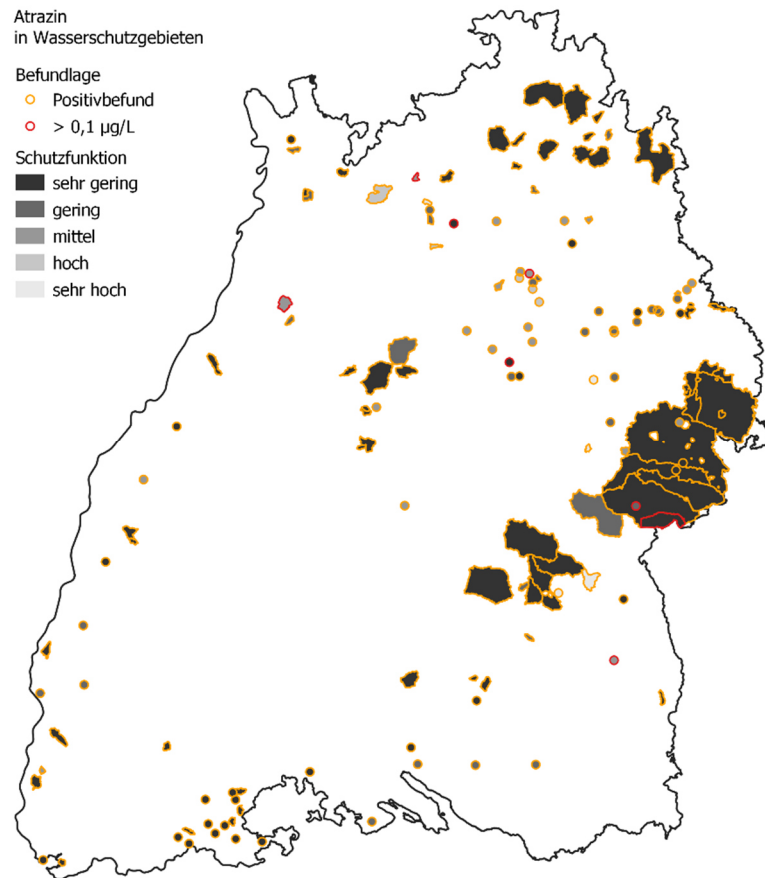


Abbildung 9 Karte der Belastung der Wasserschutzgebiete mit Atrazin und Desethylatrazin (Maximum der Einzelwerte je WSG) klassifiziert nach Befundlage mit Positivbefunden und Werten > 0,1 µg/L bzw. > GOW und mit hinterlegtem Minimum der Schutzfunktion für die Landnutzung Ackerbau.

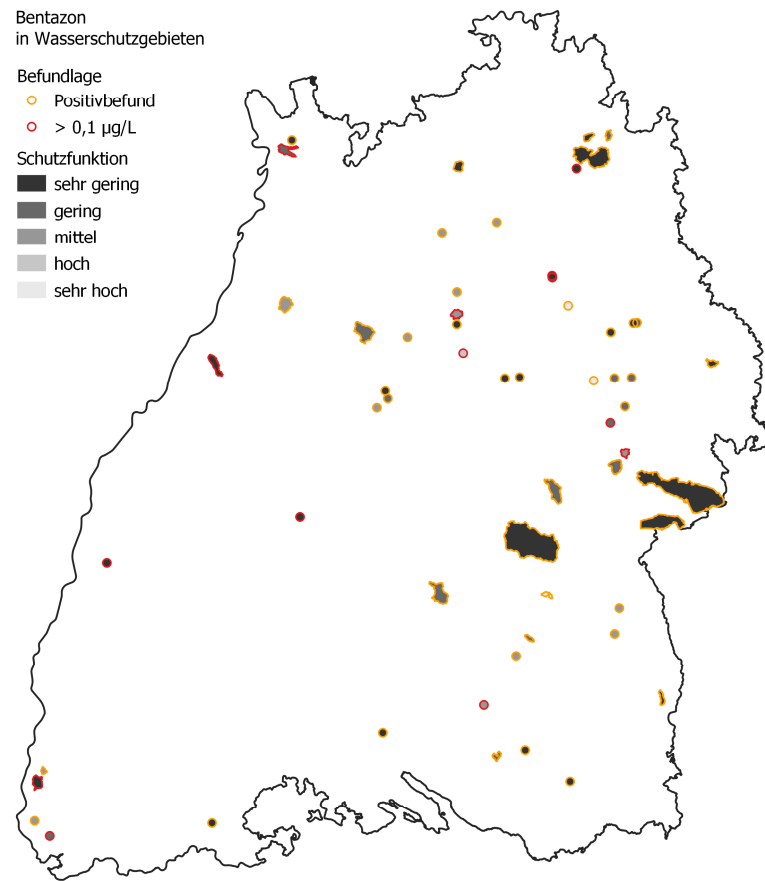


Abbildung 10 Karte der Belastung der Wasserschutzgebiete mit Bentazon (Maximum der Einzelwerte je WSG) klassifiziert nach Befundlage mit Positivbefunden und Werten > 0,1 µg/L bzw. > GOW und mit hinterlegtem Minimum der Schutzfunktion für die Landnutzung Ackerbau.

3.3 Befunde von PSM-Wirkstoffen und -Metaboliten in Wasserschutzgebieten in Baden-Württemberg (PSM-sensible Gebiete)

Die Auswertungen zur Befundlage für PSM-Rückstände in Baden-Württemberg zeigen, dass nicht nur in zwei Dritteln aller ausgewerteten Wasserschutzgebiete Positivbefunde von PSM-Rückständen nachgewiesen wurden (vgl. 3.1) sondern, dass hierbei auch noch in einer erheblichen Anzahl von WSG eine Konzentration von 0,1 µg/L durch mindestens einen PSM-Parameter überschritten wurde (in 699 bzw. 39,6 % der WSG). In diesen WSG liegen 1.951 km² landwirtschaftlich genutzte Fläche, davon der Großteil Ackerbau (Tabelle 3). Dies entspricht einem Anteil von knapp 73 % der landwirtschaftlich genutzten Flächen in den ausgewerteten WSG. Für diese WSG zeigt somit die historische Befundlage, dass prinzipiell ein Eintrag von PSM mit Konzentrationen von über 0,1 µg/L möglich ist, sodass diese Gebiete als „PSM-sensibel“ definiert werden können. Die PSM-sensiblen Gebiete sind großflächig über weite Gebiete entlang des Rheintals, in den mittleren und nördlichen Gebieten der Neckar- und Tauber-Gäuplatten und im angrenzenden Keuper-Lias-Land, auf der schwäbischen Alb und der südlichen angrenzenden Donau- und Bodenseeregion sowie im Alb-Wutach-Gebiet verteilt. Wenig belastete WSG liegen vor allem im Bereich des Schwarzwalds und den östlich daran angrenzenden Gebieten rund um Baar und Hegau (Abbildung 11).

Ein relativ geringer Anteil der PSM-sensiblen Gebiete ist hierbei auf Schwellenwertüberschreitungen für Wirkstoffe und relevante Metaboliten zurückzuführen. Der Wert von 0,1 µg/L, der dem aktuell gültigen Schwellenwert für die genannten Parameter gemäß GrwV entspricht, wurde in 3,2 % der WSG durch diese Parameter überschritten (insgesamt 56 WSG, Tabelle 3). Dieser prozentuale Anteil entspricht auch deutschlandweiten Beobachtungen (LAWA 2019). Die landwirtschaftliche Fläche in diesen WSG trägt dabei jedoch mit 414 km² (circa 15 %) einen doch erheblichen Anteil zu den PSM-sensiblen Gebieten bei. Die betroffenen WSG liegen vereinzelt über Baden-Württemberg verteilt mit Häufungen in den großen WSG auf der Schwäbischen Alb und im Alb-Wutach-Gebiet (Abbildung 12). Die Wasserversorger, die das Rohwasser aus diesen WSG nutzen, müssen dieses gegebenenfalls heute bereits aufwändig aufbereiten oder andere Maßnahmen ergreifen. Demgegenüber stehen zehn ehemalige PSM-Sanierungsgebiete nach SchALVO, die überwiegend aufgrund von Überschreitungen des Schwellenwerts für das zwischenzeitlich nicht mehr zugelassene Bentazon ausgewiesen und inzwischen wieder aufgehoben wurden (ebenfalls Abbildung 12). Hierbei ist zu beachten, dass durch die Ausweisung von PSM-Sanierungsgebieten wie sie die SchALVO seit 2001 vorsieht, nur der Einsatz von zugelassenen PSM verboten werden kann. WSG, die eine hohe Belastung mit dem dann bereits nicht mehr zugelassenen Atrazin oder dessen Metaboliten aufwiesen (vgl. Tabelle 2), kamen daher als Sanierungsgebiete nie in Betracht.

Den zentralen Beitrag zu den PSM-sensiblen Gebieten liefern jedoch WSG, die durch Belastungen mit - bis dato - nicht relevanten Metaboliten gekennzeichnet sind. In insgesamt 39,6 % der ausgewerteten WSG (685 WSG, Tabelle 3) wurde der Wert von 0,1 µg/L durch nicht relevante Metaboliten überschritten (analog deutschlandweit gemäß LAWA-Bericht 2019). Diese WSG umfassen eine Fläche von 1.943 km², was nahezu deckungsgleich mit der Fläche der PSM-sensiblen Gebiete ist und rund 72 % der landwirtschaftlich genutzten Flächen in den ausgewerteten WSG entspricht. Diese WSG liegen großflächig über Baden-Württemberg verteilt und bedingen das Muster der PSM-sensiblen Gebiete (vgl. Abbildung 11 und Abbildung 12). Aktuell unterliegen Wirkstoffe, deren nicht relevante Metaboliten sich in Konzentrationen über 0,1 µg/L im Grundwasser



anreichern, keinen Restriktionen zur Anwendung in WSG, rücken jedoch in den Fokus, sollte aufgrund einer Neueinschätzung der Relevanz der Metaboliten kurzfristig ein Grenzwert von 0,1 µg/L Anwendung finden. Dies hätte für die Wasserversorger weitreichende Konsequenzen, da dann gegebenenfalls eine umfangreiche Rohwasseraufbereitung notwendig würde. In nur 42 der betroffenen 685 WSG müssen aufgrund der Konzentrationen an Wirkstoffen und relevanten Metaboliten bereits heute Maßnahmen ergriffen werden, um Grenzwertüberschreitungen im Trinkwasser zu vermeiden. GOW-Überschreitungen durch nicht relevante Metaboliten wurden in 7,1 % der WSG (122 WSG) auf einer Fläche von knapp 160 km² (Tabelle 3) überwiegend in der Region um Heilbronn, Ludwigsburg und Stuttgart, entlang des Rheintals sowie in der Bodenseeregion (Abbildung 12) und nahezu analog der Verteilungsmuster von N,N-Dimethylsulfamid und Desphenylchloridazon (vgl. oben) gemessen. Hier ist es heute schon denkbar, dass vom Gesundheitsamt entweder befristete Ausnahmegenehmigungen erteilt oder Gegenmaßnahmen bis hin zur Aufbereitung gefordert werden (Minimierungsgebot der Trinkwasserverordnung).

Insgesamt wären beim Szenario einer Neueinschätzung der Relevanz von bis dato pflanzenschutzrechtlich nicht relevanten Metaboliten verbunden mit einer Absenkung des Grenzwerts für diese auf 0,1 µg/L schon allein nach der aktuellen Befundlage bis zu 643 WSG (37,2 % der WSG) betroffen, in denen die Anwendung von PSM aktuell keinen Restriktionen unterliegt. Dies wäre dann gegebenenfalls mit einer Pflicht zur Aufbereitung ausgerichtet auf den Zielwert von 0,1 µg/L durch die Wasserversorger verbunden. Für den Fall, dass es dann auch zu Einschränkungen des landwirtschaftlichen Einsatzes von PSM in diesen Gebieten kommt (SchALVO-Sanierungsgebiete), wären von den Einschränkungen rund 2.000 km² landwirtschaftlich genutzte Fläche in WSG und somit etwa 11 % der gesamten landwirtschaftlich im Acker-, Wein- oder Obstbau genutzten Fläche in Baden-Württemberg betroffen.

Tabelle 3 Anzahl und Flächen der ausgewerteten WSG mit Konzentrationen an PSM-Wirkstoffen und Metaboliten. Die Prozentangabe bezieht sich auf die für Ackerbau, Wein- und Obstanbau genutzte betroffene Fläche in den WSG in Baden-Württemberg.

Parameter	Anzahl WSG mit Daten	Wert	WSG		Fläche	
			Anzahl	%	km ²	%
WS + rM + nrM	1763	> 0,1 µg/L	699	39,6	Acker: 1856 Obst/Wein: 95	69,1 3,5
Wirkstoff + rM	1757	> 0,1 µg/L	56	3,2	Acker: 406 Obst/Wein: 8	15,1 0,3
nrM	1730	> 0,1 µg/L	685	39,6	Acker: 1849 Obst/Wein: 95	68,8 3,5
nrM	1730	> GOW	122	7,1	Acker: 130 Obst/Wein: 27	4,8 1,0



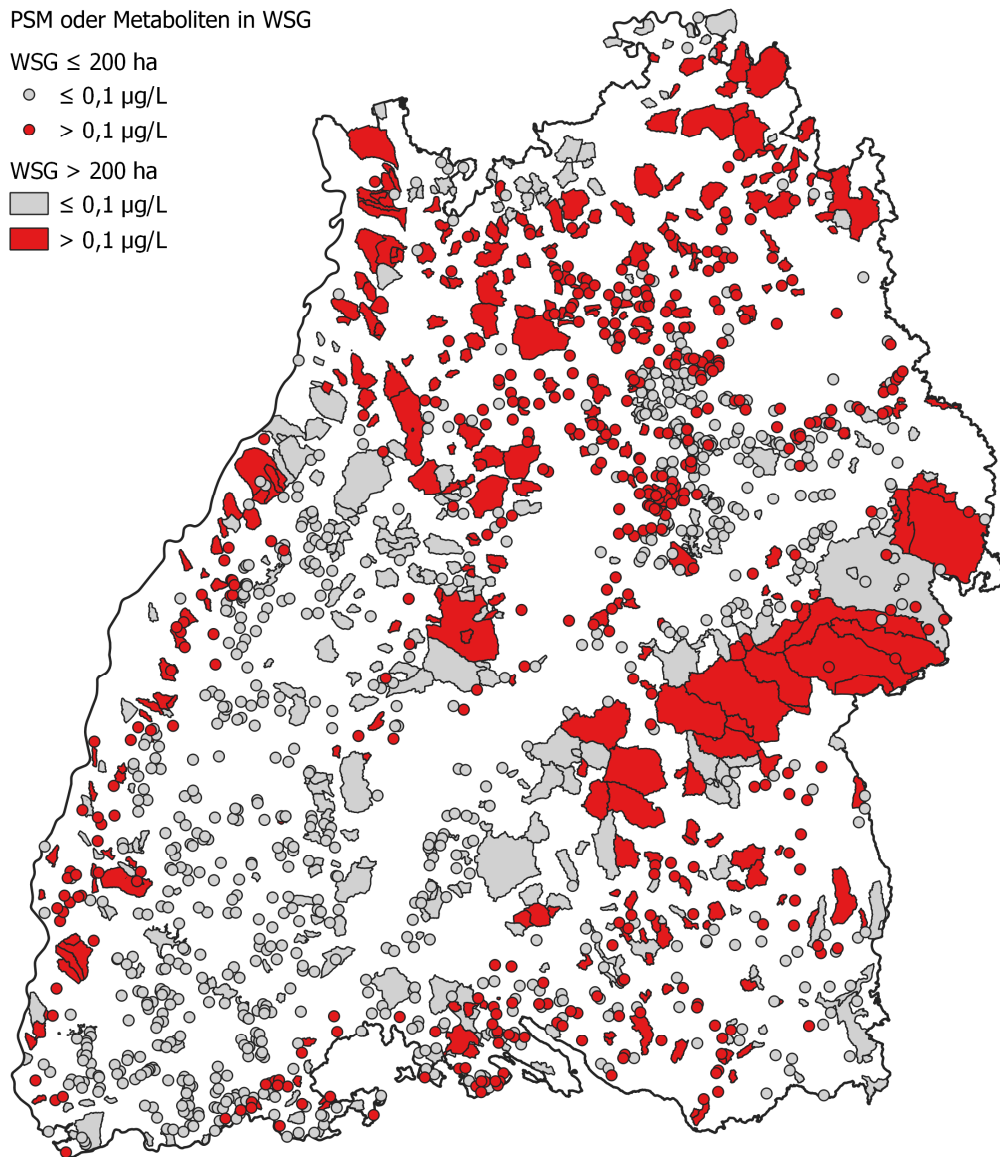


Abbildung 11 PSM-sensible Gebiete aufgrund der Befundlage von PSM-Wirkstoffen und –Metaboliten mit Werten $>$ 0,1 $\mu\text{g/L}$ in den untersuchten WSG.



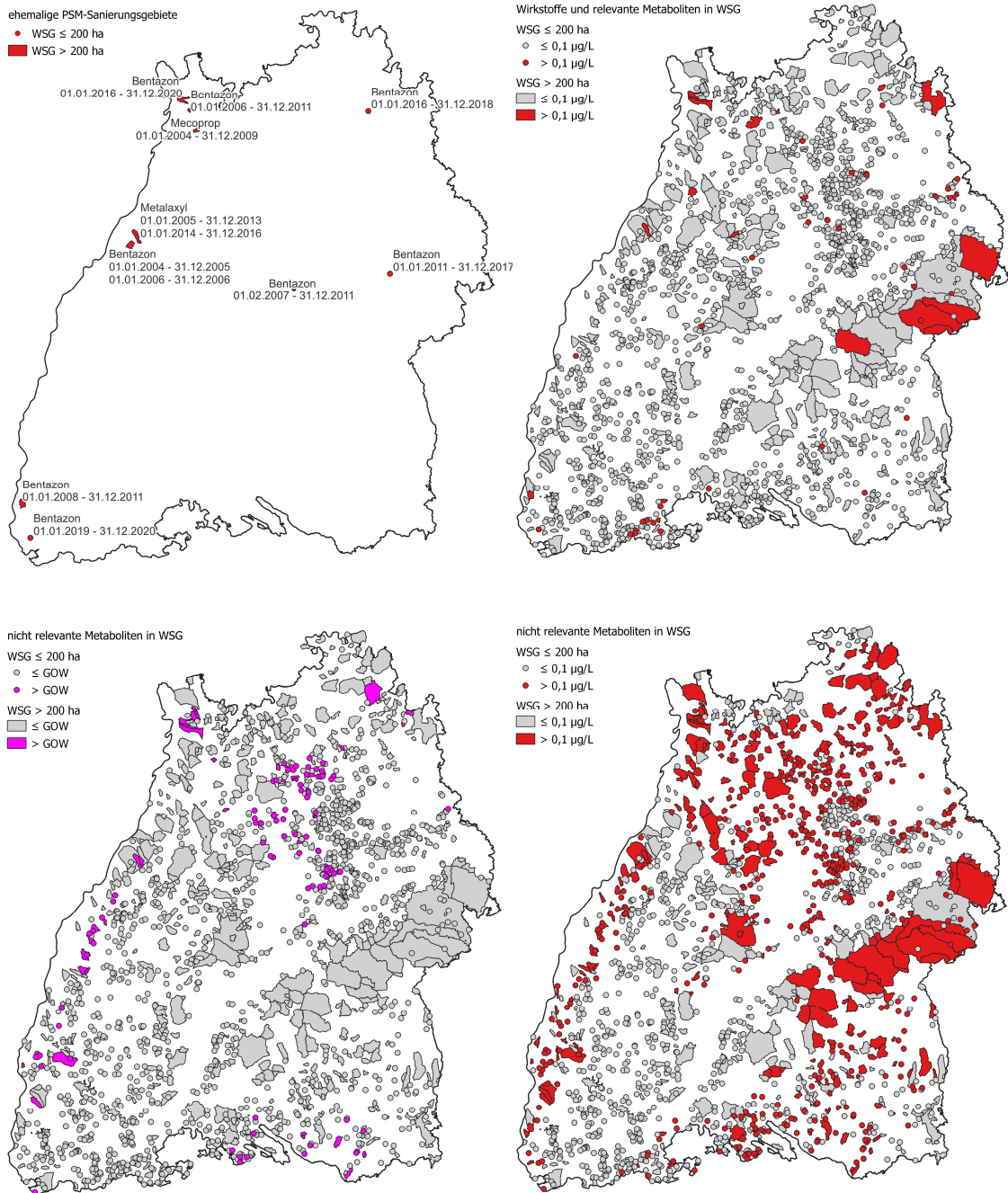


Abbildung 12 Historische PSM-Sanierungsgebiete (oben links). WSG mit Konzentrationen > 0,1 µg/l für Wirkstoffe und relevante Metaboliten (oben rechts). WSG mit Konzentrationen > GOW und > 0,1 µg/L für nicht relevante Metaboliten (unten links bzw. rechts).



4 Zusammenfassung und Fazit

Rückstände von Pflanzenschutzmitteln sind im Grundwasser prinzipiell unerwünscht und stellen die Wasserversorgung vor enorme Herausforderungen. In Baden-Württemberg liegen knapp 17 % der gesamten landwirtschaftlich im Acker-, Obst- oder Weinbau genutzten Flächen in Wasserschutzgebieten (knapp 3.000 von etwa 17.700 km²). In den WSG wird dabei auf fast einem Drittel der Fläche Ackerbau oder Obst-/Weinbau betrieben (die Gesamtfläche der festgesetzten Wasserschutz- und Teileinzugsgebiete beträgt mit knapp 9.550 km² etwa 30 % der gesamten Landesfläche). Da auf den überwiegend konventionell bewirtschafteten Flächen auch chemisch-synthetische PSM eingesetzt werden, besteht in vielen Wasserschutzgebieten das Risiko, dass diese in das Grundwasser eingetragen werden und dort gegebenenfalls jahrzehntelang verbleiben. Die Notwendigkeit eines umfangreichen flächendeckenden Monitorings sowie grundlegenderer Auswertungen liegen damit klar auf der Hand. Die hier vorliegenden Auswertungen der Daten der Grundwasserdatenbank Wasserversorgung zeigen, dass landesweit PSM-Rückstände bereits in etwa zwei Drittel aller Wasserschutzgebiete Baden-Württembergs nachgewiesen werden konnten und dass die Belastungen vor allem auf die Anwesenheit nicht relevanter Metaboliten zurückzuführen sind.

Die Grundwasserüberdeckung durch Böden und die Gesteinsschichten der ungesättigten Zone bestimmt die Vulnerabilität eines Wasserschutzgebiets gegenüber dem Eintrag von mobilen PSM-Rückständen. Unsere Auswertungen geben Hinweise, dass besonders vulnerable Teilflächen eines WSG einen erhöhten Anteil zur Belastung eines WSG mit PSM-Rückständen beitragen. WSG mit erhöhter Vulnerabilität wiesen dabei tendenziell höhere Belastungen mit PSM-Rückständen auf. In besonders vulnerablen Gebieten mit erhöhter Durchlässigkeit kann jedoch eine verstärkte Verdünnung durch die Grundwasserneubildung auch zu geringeren Maximalkonzentrationen führen. Generell am besten geschützt gegenüber dem Eintrag von mobilen PSM-Rückständen in das Grundwasser waren gemäß unserer Auswertung ausschließlich besonders gut geschützte WSG mit einer durchgängig hohen Schutzwirkung der Grundwasserüberdeckung. Überschreitungen gültiger Schwellenwerte oder gesundheitlicher Orientierungswerte wurden nur in diesen Gebieten in der Regel nicht beobachtet. Jedoch sind diese homogenen, gut geschützten WSG äußerst selten. Umgekehrt scheint potenziell der Eintrag von PSM-Rückständen in alle vulnerablen WSG, die keinen besonders hohen Schutz durch die Grundwasserüberdeckung aufweisen, möglich. Zudem weist die Verteilung der Befunde des seit über 30 Jahren verbotenen Atrazin und seiner Metaboliten darauf hin, dass auch eine hohe Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung bei langen Sickerzeiten keinen absoluten Schutz vor Einträgen bietet, sondern nur eine lange Verzögerung des Eintrags bewirkt.

Die Auswertung der Befundlage zur Ermittlung PSM-sensibler Gebiete zeigt, dass in Baden-Württemberg eine Konzentration von 0,1 µg/L durch PSM-Wirkstoffe und –Metaboliten in rund 40 % der ausgewerteten WSG - und damit verbunden in knapp drei Viertel der landwirtschaftlich genutzten Flächen in WSG - überschritten wurde. Für diese WSG gilt somit, dass sie als prinzipiell sensibel gegenüber aktuellen und künftigen Einträgen von PSM-Rückständen (mit teils hohen Konzentrationen) anzusehen sind. Sie sind daher von besonderer Relevanz für die Wasserversorgung und erfordern erhöhte Aufmerksamkeit. Die ermittelten PSM-sensiblen Gebiete sind großflächig über weite Ackerbau-, Wein- und Obstanbaugebiete Baden-Württembergs verteilt. Besonderes Augenmerk kommt dabei generell den nicht relevanten Metaboliten zu, die den überwiegenden Teil



aller ermittelten „PSM-sensiblen“ Gebiete bedingen. Auf nicht relevante Metaboliten werden aktuell die Gesundheitlichen Orientierungswerte für die Beurteilung angewendet, die deutlich über dem Grenzwert für Wirkstoffe und relevante Metaboliten liegen. Sollte eine Neubewertung als relevante Metaboliten erfolgen, kommen auf viele Wasserversorger in Baden-Württemberg große Herausforderungen zu. Die Nutzung eines Grundwassers mit Konzentrationen von nicht relevanten Metaboliten $> 0,1 \mu\text{g/L}$ unterhalb der aktuellen GOW wäre damit eine „Trinkwassergewinnung auf Widerruf“.

Bei dieser Einschätzung ist zudem zu beachten, dass die vorliegenden Ergebnisse überwiegend auf der Auswertung der zurückliegenden Monitoringprogramme der GWD-WV basieren und damit zum Teil auch heute nicht mehr zugelassene PSM umfassen. Viele nicht relevante Metaboliten aktuell zugelassener und weiträumig eingesetzter Pflanzenschutzmittel haben aufgrund ihrer Stoffeigenschaften ebenfalls das Potential, in Konzentrationen deutlich über $0,1 \mu\text{g/L}$ im Sicker- und Grundwasser aufzutreten (Banning et al. 2022). Damit handelt es sich bei den aktuellen Auswertungen eher um eine „best case“ Auswertung, die eventuell vorliegende Befunde weiterer bekannter, aber bislang noch nicht untersuchter, Metaboliten noch nicht berücksichtigen konnte. Damit die Nutzung der Grundwasservorkommen nicht zu einer Trinkwassergewinnung auf Widerruf im Falle einer Neubewertung solcher Substanzen wird, bedarf es wirksamer Maßnahmen zum Risikomanagement in den Wasserschutzgebieten des Landes und Regelungen zum Einsatz der entsprechenden PSM-Wirkstoffe in Wasserschutzgebieten „bevor das Kind in den Brunnen gefallen ist“ (vgl. das Verbot von Terbutylazin durch die SchALVO).

Die Grundwasserdatenbank Wasserversorgung Baden-Württemberg hat hier schon vorausschauend reagiert und beschlossen, das künftige Monitoringprogramm der GWD-WV ab dem Jahr 2024 risikobasiert anzupassen und eine Reihe von entsprechenden - bislang noch als „nicht relevant“ eingestuften - Metaboliten in das Monitoring aufzunehmen. Damit stellen sich die Wasserversorgungsunternehmen neuen Herausforderungen und leisten ihren Teil als Kooperationsbeitrag zum Schutz und zur risikobasierten Überwachung der Grundwasserqualität in Baden-Württemberg.



5 Literaturverzeichnis

- Banning, H.; Bialek, K.; König, W.; Müller, A.; Pickl, C.; Scheithauer, M. et al. (2022): Empfehlungsliste für das Monitoring von Pflanzenschutzmittel-Metaboliten in deutschen Grundwässern. Stand: 29. Juli 2022. UBA. Online verfügbar unter https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/3521/dokumente/2022_07_29_uba_empfehlungsliste_update2022_de.pdf, zuletzt geprüft am 24.07.2023.
- Bundesministerium der Justiz; juris GmbH (2010): Verordnung zum Schutz des Grundwassers(Grundwasserverordnung - GrwV), S. 1–16.
- BVL (2022): PSM-Wirkstoffabsatz seit 1987. Online verfügbar unter https://www.bvl.bund.de/SharedDocs/Downloads/04_Pflanzenschutzmittel/01_meldungen_par_64/meld_par_64_Wirkstoffabsatz_seit_1987.html, zuletzt geprüft am 18.07.2023.
- EG-Grundwasserrichtlinie (2006): Richtlinie 2006/118/EG zum Schutz des Grundwassers vor Verschmutzung und Verschlechterung (Grundwasserrichtlinie). In: *Amtsblatt der Europäischen Union* L 372/19.
- EG-Verordnung Nr. 1107/2009 (2009): Verordnung (EG) Nr. 1107/2009 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 21. Oktober 2009 über das Inverkehrbringen von Pflanzenschutzmitteln und zur Aufhebung der Richtlinien 79/117/EWG und 91/414/EWG des Rates. In: *Amtsblatt der Europäischen Union*.
- Europäisches Parlament; Rat der Europäischen Union (2000): RICHTLINIE 2000/60/EG DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik 2899. In: *Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften* L 327/1.
- Grundwasserdatenbank Wasserversorgung (GWD-WV) (2019): 27. Jahresbericht. Ergebnisse der Beprobung 2018.
- Lange, F. T.; Sturm, S.; Müller, J.; Richter, D.; Brauer, F.; Fischer, T. et al. (2018): Ableitung einer standortbezogenen Minimierungsstrategie für den Eintrag von Abbauprodukten aus Pflanzenschutzmitteln (Metaboliten) in für die Trinkwassergewinnung genutzte Grundwasserleiter.
- LAWA (2019): Bericht zur Grundwasserbeschaffenheit: Pflanzenschutzmittel. Berichtszeitraum 2013 bis 2016. Hg. v. Bund/Länderarbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA). Berlin.
- LGRB (2013): Geologische Karte 1 : 50.000, Geodaten der Integrierten Geowissenschaftlichen Landesaufnahme (GeoLa). Hg. v. Regierungspräsidium Freiburg, Landesamt für Geologie, Rohstoffe und Bergbau. Online verfügbar unter http://www.lgrb-bw.de/aufgaben_lgrb/geola/produkte_geola, zuletzt geprüft am 12.07.2023.
- Umweltministerium Baden-Württemberg (2001): Verordnung des Ministeriums für Umwelt und Verkehr über Schutzbestimmungen und die Gewährung von



Ausgleichsleistungen in Wasser- und Quellenschutzgebieten. (Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung SchALVO) vom 20. Februar 2001. SchALVO, vom 03.12.2013 (mehrfach geändert durch Artikel 15 (GBl. S. 389, 444)). Online verfügbar unter <https://www.landesrecht-bw.de/jportal/?quelle=jlink&query=WasSchAusglV+BW&psml=bsbawueprod.psml&max=true>, zuletzt geprüft am 24.07.2023.

Wirsing, Gunther; Kern, Franz-Josef (2020): Landesweiter digitaler Datensatz zur Bewertung der Schutzfunktion der Grundwasserüberdeckung in Baden-Württemberg. Hg. v. Regierungspräsidium Freiburg.



Auswertung zum langjährigem Verlauf der SchALVO-Einstufung von Wasserschutzgebieten in Nitratklassen in Baden-Württemberg

Rabea Muhrez, Sebastian Sturm (2023)
TZW: DVGW-Technologiezentrum Wasser, Karlsruhe

1 Einleitung

In Baden-Württemberg gibt es rund 2280 rechtskräftig festgesetzte Wasserschutzgebiete, die der Sicherung der öffentlichen Wasserversorgung dienen. Die Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung (SchALVO) regelt die Einstufung der Wasserschutzgebiete (WSG) nach der Höhe der Nitratbelastung des Rohwassers in unterschiedliche Nitratklassen. So werden die Wasserschutzgebiete in folgende drei Nitratklassen eingeteilt: Normalgebiete (NG), Problemgebiete (PG) und Sanierungsgebiete (SG).

Die Einstufung der Wasserschutzgebiete erfolgt jedes Jahr durch die zuständigen unteren Wasserbehörden und basiert auf den von den Wasserversorgungsunternehmen über die Grundwasserdatenbank Wasserversorgung (GWD-WV) zur Verfügung gestellten Nitratkonzentrationen in den Rohwässern der jeweiligen Gewinnungsanlagen. Zur Einstufung werden sowohl zeitliche Trends als auch Mittelwerte der Nitratkonzentrationen der letzten zurückliegenden Jahre betrachtet.

- Als Problemgebiete (PG) werden WSG ausgewiesen, in denen über einen Zeitraum von zwei Jahren eine durchschnittliche Nitratkonzentration von mehr als 35 mg/L oder eine durchschnittliche Nitratkonzentration von mehr als 25 mg/L sowie ein mittlerer jährlicher Konzentrationsanstieg von mehr als 0,5 mg/L über einen Zeitraum von fünf Jahren vorliegt.
- Sanierungsgebiete (SG) sind WSG, in denen über einen Zeitraum von zwei Jahren eine durchschnittliche Nitratkonzentration von mehr als 50 mg/L oder eine durchschnittliche Nitratkonzentration von mehr als 40 mg/L sowie ein mittlerer jährlicher Konzentrationsanstieg von mehr als 0,5 mg/L über einen Zeitraum von fünf Jahren vorliegt.
- Alle WSG, für die bezüglich der Nitratkonzentration im Rohwasser keines der vorgenannten Kriterien zutrifft, werden als Normalgebiete (NG) geführt.

Die Einstufung in eine bestimmte Nitratklasse hat Auswirkungen auf den jährlichen Monitoringturnus im Rohwasser und vor allem auf die Schutzmaßnahmen bzw. die gestaffelten Auflagen für die Landwirtschaft, die in den entsprechenden Wasserschutzgebieten ergriffen werden müssen bzw. gelten. So müssen in Gebieten mit höherer Nitratbelastung strengere Schutzmaßnahmen umgesetzt werden als in Gebieten mit geringerer Belastung. Ziel dieser Maßnahmen ist es, eine Verunreinigung des Grundwassers durch Nitrat zu verringern bzw. Konzentrationsanstiege zu verhindern und somit die Qualität des Trinkwassers zu sichern. In den Normalgebieten gelten keine nennenswerten Auflagen, die über die „ordnungsgemäße Landwirtschaft“ hinausgehen, weshalb diese Gebiete teils auch als „ogL“-Gebiete bezeichnet werden. Je nach Entwicklung der Nitratkonzentrationen im Rohwasser erfolgt dann in den Folgejahren ggf. eine Neuein- bzw. Umstufung der WSG in eine andere Klasse. Die Einstufung bleibt dabei wirksam, bis die



Voraussetzungen der letzten Einstufung über die Dauer von drei aufeinander folgenden Jahren nicht mehr vorliegen.

Die Ergebnisse der vorliegenden Auswertung sollen dabei helfen, einen Einblick in den historischen Verlauf der Einstufungen der Wasserschutzgebiete in Baden-Württemberg zu gewinnen und mögliche Schwankungen aufzuzeigen. Das Ziel ist es, die nachhaltige Wirksamkeit der Einstufungspraxis insbesondere bei Rückstufungen von Sanierungsgebieten in Problemgebiete und von Problemgebieten in Normalgebiete aus Sicht des Grundwasserschutzes einschätzen zu können.

2 Datengrundlage und methodische Vorgehensweise

Die Grundwasserdatenbank Wasserversorgung (GWD-WV) verfügt über umfangreiche Daten und Informationen zu den Wasserschutzgebieten in Baden-Württemberg. Für die vorliegende Auswertung wurden Daten zur Nitratklasse der Wasserschutzgebiete in Baden-Württemberg aus den Jahren 2006 bis 2023 sowie die Nitratkonzentration an SchALVO-Kooperationsmessstellen aus den Jahren 2006 bis 2022 herangezogen, sofern diese vorliegen. Frühere Einstufungen der WSG seit 2001 sind in der Datenbank nicht abgebildet bzw. archiviert und konnten daher in den Auswertungen nicht berücksichtigt werden.

Dabei wurden nur die Wasserschutzgebiete berücksichtigt, die 2023 bereits mindestens zwei Jahre festgesetzt waren. Wasserschutzgebiete, die in den Jahren 2022 und 2023 neu festgesetzt bzw. ausgewiesen wurden, wurden aus der Auswertung ausgeschlossen, da Daten aus einem Mindestzeitraum benötigt werden, um ein WSG nach den SchALVO-Kriterien einstufen zu können. Lag für eine Messstelle mehr als ein Messwert vor, wurde für diese MST der Jahresmittelwert berechnet. Für WSG mit mehreren zugeordneten SchALVO-MST wurde der Mittelwert der mittleren Jahreskonzentration an den MST gebildet und dem WSG zugeordnet.

Die Daten wurden mit Hilfe eines hierzu eigens erstellten Python-Skripts aufbereitet und ausgewertet. Das Skript greift auf alle internen Berichtsdatenbanken der vergangenen Jahre sowie das Daten-Archiv der GWD-WV zu. Das Skript lädt die erforderlichen Daten, bereinigt und transformiert die geladenen Daten und stellt diese in einer übersichtlichen Form für die weitere Auswertung zusammen. Zur graphischen Auswertung werden der zeitliche Verlauf der Einstufungen sowie der Jahresmittelwert der Nitratkonzentration je WSG dargestellt. Anschließend wurden die Ergebnisse für die so ausgewerteten WSG in verschiedenen Kategorien klassifiziert (Tabelle 1).



3 Ergebnisse

In die vorliegende Auswertung konnten insgesamt 2.046 Wasserschutzgebiete einbezogen werden, für die alle erforderlichen Daten vorlagen (Tabelle 1). Der Großteil der Wasserschutzgebiete, nämlich 1675 (82 %), ist seit 2006 unverändert in eine der drei Nitratklassen (PG, SG, NG) eingestuft. Von den unverändert eingestuften WSG sind 40 als Sanierungsgebiet und 73 als Problemgebiet klassifiziert. Insgesamt wurden 371 WSG, entsprechend einem Anteil von 18 %, mindestens einmal umgestuft (entweder hoch- oder herabgestuft). Darunter befinden sich auch 63 WSG (3 % der WSG), deren Einstufung in der Vergangenheit sich drei Mal oder häufiger geändert hat.

Tabelle 1 Übersicht über die Anzahl der WSG den in verschiedenen Einstufungskategorien.

Kategorie	Anzahl	Prozentual
Anzahl Wasserschutzgebiete	2.046	100%
unverändert seit 2006, davon: <ul style="list-style-type: none">• Sanierungsgebiete• Problemgebiete	1.675 40 73	82%
mindestens einmal herabgestuft	326	16%
mindestens einmal hochgestuft	200	10%
mindestens einmal umgestuft (hoch- oder herabgestuft)	371	18%
≥ dreimal umgestuft (hoch- oder herabgestuft)	63	3%

In Abbildung 1 ist die räumliche Verteilung der 63 Wasserschutzgebiete dargestellt, die mindestens dreimal hoch- oder herabgestuft wurden. Die Abbildung weist somit auf Regionen hin, in denen die Grundwasserbelastung mit Nitrat offenbar deutlich schwankend ist und die unteren Wasserbehörden entsprechend häufig mit einer Neueinstufung reagieren.



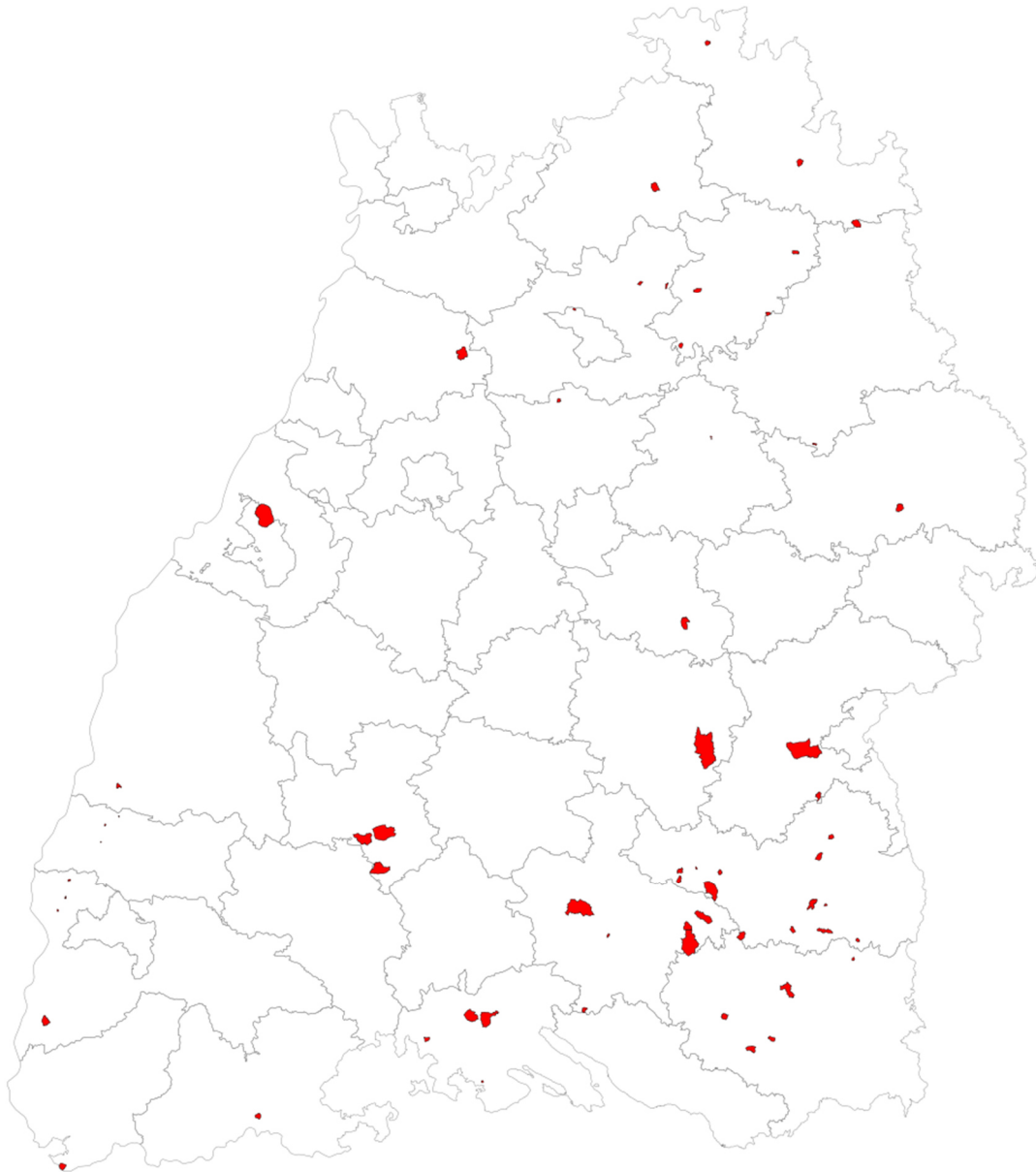


Abbildung 1 Die 63 Wasserschutzgebiete mit drei oder mehr Umstufungen der Nitratklasse seit 2006.

Nachfolgende Liniendiagramme zeigen ausgewählte Beispiele für einzelne Wasserschutzgebiete aus dieser Gruppe. Die blaue Linie repräsentiert die Entwicklung der Einstufungen der Wasserschutzgebiete, die zusätzliche rote Linie den Jahresmittelwert der Nitratkonzentration im Rohwasser des jeweiligen Wasserschutzgebiets. Zu beachten ist, dass die Einstufung gemäß den o.g. Kriterien der SchALVO jeweils auf den Nitratmittelwerten und Trends der Vorjahre basiert.



Abbildung 2 zeigt den zeitlichen Verlauf in einem Wasserschutzgebiet, in welchem aufgrund fallender Nitratkonzentrationen konsequenterweise eine schrittweise Herabstufung vom SG zum PG bis hin zum NG erfolgte. Auf zwischenzeitlich wieder ansteigende Werte folgte dann die erneute Höherstufung vom NG zum PG.

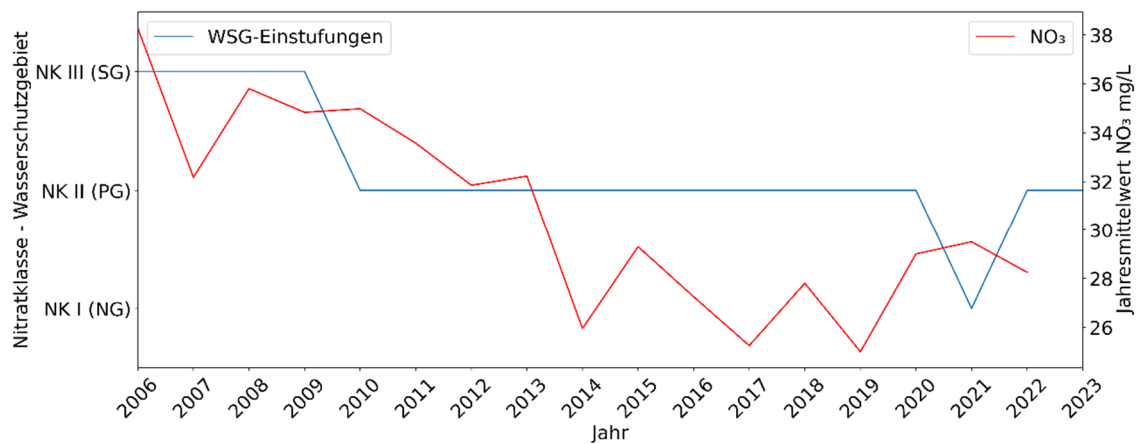


Abbildung 2 Beispiel für die Einstufung eines WSG, bei dem die Einstufung die Entwicklung der Nitratkonzentration angemessen nachbildet.

Im Gegensatz dazu liefern das zweite und dritte Beispiel Hinweise auf mögliche Schwachstellen im gegenwärtigen Konzept zur Einstufung. Im zweiten Beispiel (Abbildung 3) wird die zeitliche Verzögerung zwischen den tatsächlichen Nitratkonzentrationen und der Einstufung deutlich. Die Einstufung ist hier deutlich als „reaktiv“ zu erkennen und „hinkt der Belastungssituation hinterher“. Auffallend ist, dass die nach einer Herabstufung gesunkenen Anforderungen an die Landwirtschaft sich dann augenscheinlich in erneuten Anstiegen der Nitratbelastung im Grundwasser auswirken.



Abbildung 3 Beispiel für die Einstufung eines WSG, in dem die Einstufung aufgrund des Zeitversatzes zwischen Konzentrationsänderung und Einstufung keine angemessene Reaktion auf die Belastungssituation ermöglicht ¹⁾.

¹⁾Bei der Berechnung des Mittelwerts sind sowohl Messwerte von Pegeln mit hohen Nitratwerten als auch Daten von Tiefbrunnen, die durch Uferfiltrat beeinflusst sind und deutlich niedrigere Nitratwerte aufweisen, eingegangen. Alle Messstellen (Pegel und Tiefbrunnen) sind im SchALVO-Kooperationsmessnetz enthalten



Das dritte Beispiel (Abbildung 4) verdeutlicht ebenfalls die Problematik einer – rückwirkend betrachtet – „voreiligen“ Herabstufung eines SG zum PG. Nach einem kurzzeitigen Rückgang der Nitratbelastung (mutmaßlich ein Erfolg der Schutzmaßnahmen im Sanierungsgebiet) wird das SG zum PG herabgestuft. In der Gesamtschau der Daten zeigt sich aber, dass die Nitratwerte im Grundwasser nur kurzzeitig sanken und nun wieder steil ansteigen, was der Herabstufung widerspricht.

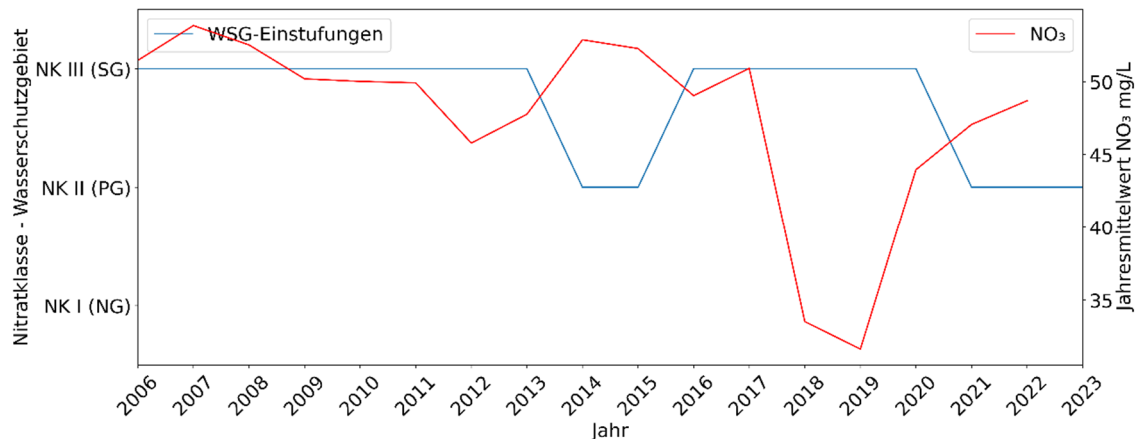


Abbildung 4 Beispiel für die zu schnelle Herabstufung trotz anhaltend hoher Nitratwerte ²⁾.

²⁾Die Nitratwerte aus den Jahren 2018 und 2019 sind nicht repräsentativ für das Rohwasser des Brunnens. Es liegt demnach kein zwischenzeitlicher Konzentrations-Rückgang bzw. -Anstieg vor, da sie vermutlich durch ein abweichendes Pumpregime verursacht wurden. Die Nitratwerte wurden vom zuständigen Landratsamt für die Aufnahme in die Datenbank akzeptiert

4 Zusammenfassung und Diskussion

Die rund 2.300 Wasserschutzgebiete in Baden-Württemberg werden nach der Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung (SchALVO) nach der Höhe der Nitratbelastung des Rohwasser in drei unterschiedlich Nitratklassen eingeteilt: Normalgebiete (NG), Problemgebiete (PG) und Sanierungsgebiete (SG). In vorliegender Arbeit wurde untersucht, wie sich der Status der WSG-Einstufungen seit 2006 verändert hat. Ziel war es, daraus Hinweise auf die nachhaltige Wirksamkeit der Einstufungspraxis zu erhalten.

Für diese Analyse wurden die Daten zur Einstufung bezüglich der Nitratklasse der Wasserschutzgebiete in Baden-Württemberg aus den Jahren 2006 bis 2023 sowie die Nitratkonzentration an den SchALVO-Kooperationsmessstellen aus den Jahren 2006 bis 2022 der GWD-WV herangezogen. Die Auswertungen erfolgten über ein eigens dazu programmiertes Python-Skript.

Die vorliegenden Auswertungen zeigen, dass die Einstufung von Wasserschutzgebieten in die verschiedenen Nitratgebiete zum großen Teil seit Jahren stabil ist (82 % der WSG). Ein großer Anteil davon ist erfreulicherweise seit Jahren als NG eingestuft. Auch, dass 16 % der WSG eine Herabstufung infolge der sinkenden Nitratbelastung erfahren



haben und dass diese Herabstufung bislang auch nicht rückgängig gemacht werden musste, ist ein gutes Signal für den Grundwasserschutz.

Allerdings ist unter den seit 2006 unverändert eingestuften WSG auch eine nennenswerte Anzahl von PG und SG, die offensichtlich bislang nicht zum PG oder gar NG herabstufen werden konnten. In diesen WSG haben die Maßnahmen der SchALVO somit seit 2006 nicht zum erwünschten Sanierungserfolg geführt. Als Warnsignal ist auch zu sehen, dass 200 der WSG (10 %) eine Höherstufung erfahren haben, da sich die Belastung hier offenbar verstärkt hat.

63 WSG wurden bezüglich der Nitratklasse mehrfach herauf- oder heruntergestuft. Diese Mehrfachumstufungen werfen in der Praxis oft Fragen auf. So wird eine Herabstufung der Nitratklasse durch die betroffenen Wasserversorger oft als „Aufgabe des Erreichten“ aufgefasst und ist mit der Sorge verbunden, dass die Nitratbelastung bei einer Absenkung des Schutzniveaus bald wieder steigen kann („Jo-Jo-Effekt“). Für die Landwirte ist hingegen teilweise nicht nachvollziehbar, warum eingeführte Umstellungen in der betrieblichen Praxis, die auch mit zusätzlichen Einnahmen aus erhöhten Ausgleichsmaßnahmen teilweise kompensiert wurden, nun nicht mehr „förderwürdig“ sein sollen. Die dargestellten Beispiele zeigen die Problematik, dass bei einer Herabstufung häufig die Nitratkonzentration – vermutlich aufgrund eines Nachlassens der Bemühungen zum Grundwasserschutz durch geringere Auflagen für die Landwirtschaft – wieder ansteigen.

Auch wenn die vorliegenden Auswertungen nicht alle im Einzelfall relevanten dynamischen und statischen Kriterien und Einflussfaktoren (z.B. hydrogeologische Einheiten, Boden, klimatische Bedingungen und Grundwasserflurabstände) berücksichtigen können, zeigt sie doch, dass die aktuellen Kriterien für Höherstufung teils zu spät greifen, da sie nicht auf frühzeitige leichte Trends reagieren. Insbesondere eine Herabstufung bei Sanierungsgebieten und stark belasteten Gebieten wie Problemgebieten muss sehr sorgfältig abgewogen werden und darf erst erfolgen, wenn niedrigere Nitratkonzentrationen im gesamten Einzugsgebiet dauerhaft sicher erreicht wurden. Die Einstufungskriterien der SchALVO sollten dahingehend überprüft werden, wie eine zeitnahe Reaktion auf nachteilige Veränderungen der Nitratkonzentration im Grundwasser im Sinne des vorbeugenden Grundwasserschutzes ermöglicht und wie die Bemühungen zum Schutz des Grundwassers und zur Trendumkehr von Belastungen bei höheren Belastungen gewährleistet bleiben können.

