Jahrbuch Naturschutz in Hessen 2: 114-119 Zierenberg 1997

Georg Berthold und Benedikt Toussaint

Pflanzenschutzmittel im Grundwasser

- Auswertung und Bewertung von hessischen Grund- und Rohwassermeßwerten -

1 Problemstellung

Pflanzenschutz wird betrieben, seitdem sich der Mensch auf das Säen und Ernten verlegt hatte. Bereits 1720 wurde Kupfersulfat als Beizmittel bei Getreide eingesetzt. 1939 wurde die kontaktinsektizide Wirkung chlorierter Kohlenwasserstoffe (DDT) entdeckt. Seit dieser Zeit wurde eine Vielzahl von Mitteln entwickelt, die auf vielfältige Weise im Pflanzenschutz eingesetzt wurden bzw. werden. Auch bei Ausnutzung aller alternativen Möglichkeiten des Pflanzenschutzes kann heute auf den Einsatz chemischer Pflanzenschutzmittel (PSM) nicht vollständig verzichtet werden.

Durch den Einsatz chemischer PSM kommt es daher zwangsläufig zu einer Belastung der Kompartimente Boden - Wasser - Luft. Ob ein oder mehrere Umweltkompartimente einer Belastung ausgesetzt sind, hängt weitgehend von den Stoffeigenschaften der jeweiligen PSM ab. PSM können über das Sickerwasser die ungesättigte Bodenzone verlassen und in das Grundwasser gelangen.

2 Ergebnisse

Allgemein wird angenommen, daß mit zunehmender Tiefe die PSM-Konzentrationen in einem Grundwasserleiter abnehmen. Ebenfalls wird vermutet, daß zwischen Nitrat- und PSM-Gehalten von Grund- und Rohwässern eine positive Korrelation besteht.

Wie aus Abb. 1 zu ersehen ist, erhält man für Grundwasser, das relativ flach verfilterten Grund- und Rohwassermeßstellen zuströmt, häufiger positive PSM-Befunde als aus tiefer verfilterten Meßstellen entnommenen Proben. Hinsichtlich des Zusammenhanges Nitratkonzentration - PSM-Konzentration ist festzustellen, daß zwar eine Clusterung von positiven PSM-Befunden und merklichen Nitratgehalten vorliegt, jedoch ein linearer Zusammenhang der Art „je höher die Nitratgehalte des Grund- bzw. Rohwassers, desto höher auch die PSM-Gehalte" optisch nicht zu erkennen ist. Hohe PSM-Rückstände treten sowohl bei niedrigen als auch sehr hohen Nitratkonzentrationen auf.

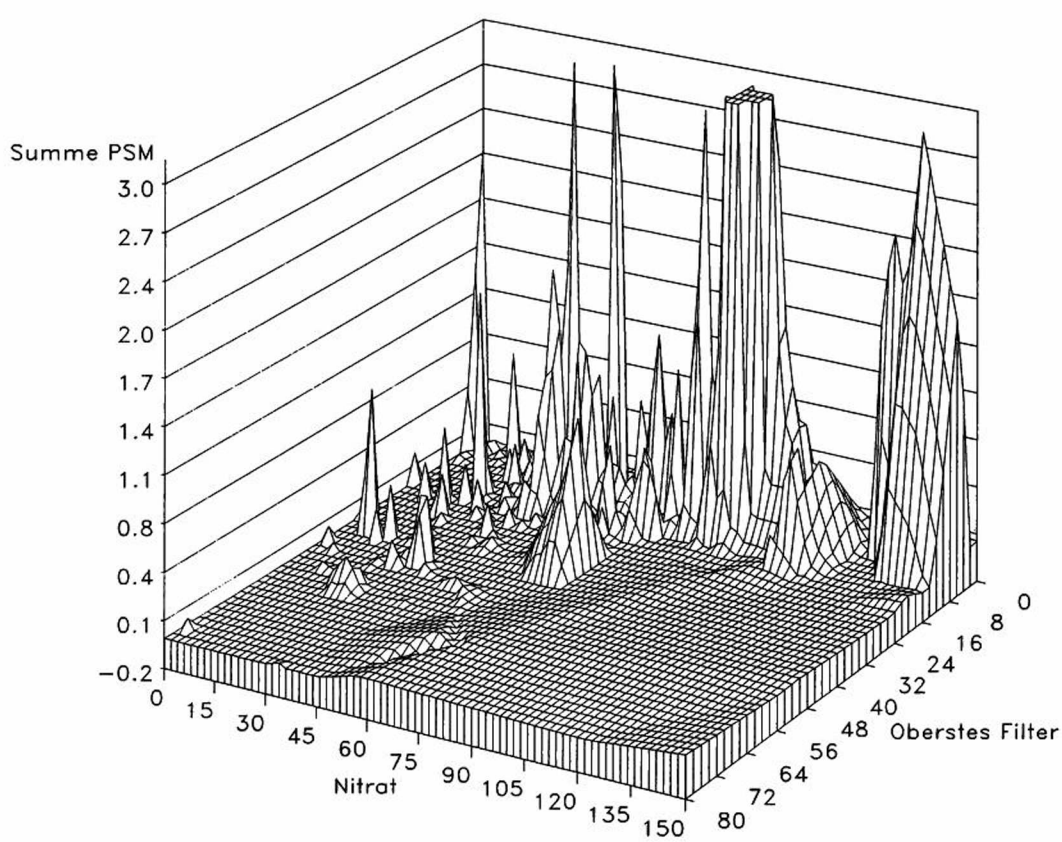

Abb. 1: Zusammenhang zwischen Filtertiefe einer Meßstelle (Oberkante Filter in m u. Gelände), Nitratkonzentration der Wässer (mg/l Nitrat) und Konzentration der Summe der PSM-Rückstände (µg/l) für Rohwässer aus Förderbrunnen und Grundwasser in Hessen

Der schwach ausgeprägte Zusammenhang zwischen der Summe der PSM-Rückstände und der Nitratgehalte hat mehrere Ursachen:

- Höhere Nitratgehalte im Grund- und Rohwasser treten vor allem in ackerbaulich genutzten Gebieten auf. PSM werden jedoch auch z.B. auf Bahnanlagen, auf öffentlichen Flächen, in Gewerbegebieten und Industrieanlagen sowie teilweise auch in Waldflächen eingesetzt. Desweiteren können PSM auch durch die Infiltration belasteter oberirdischer Gewässer in das Grundwasser gelangen.
- Nitrat kann im Boden, im Sickerraum und im Grundwasserraum durch Denitrifikation reduziert werden. Hierbei ist vor allem die heterotrophe Denitrifikation (10 % aller Bakterien können dies) zu nennen, und in diesem Zusammenhang ist vor allem der Kohlenstoffgehalt (leichtabbaubarer Teil) des Bodens, der ungesättigten und der gesättigten Zone des Grundwasserleiters entscheidend. Für die Reduktion von 40 kg NO_3-N werden 100 kg löslicher organischer Kohlenstoff benötigt.

Die exemplarisch gemachten Ausführungen machen deutlich, daß es nicht unbedingt einen engen Zusammenhang zwischen PSM-Rückständen und der Nitratkonzentration der Grund- und Rohwässer geben muß.

Desweiteren wird ersichtlich, daß PSM auch im tieferen Grundwasser vorkommen, die Konzentrationen sind jedoch deutlich geringer als in den Wässern aus flach verfilterten Meßstellen. Dies bedeutet, daß die PSM-Rückstände im Grundwasserleiter bei einem entsprechenden vertikalen Strömungsgradienten von oben nach unten transportiert werden und die Abbauleistung des Untergrundes nicht ausreicht, um diese Stoffe zu eliminieren. Da allgemein angenommen wird, daß ein merklicher Abbau der PSM nur in den obersten Bodenschichten stattfindet, ist die Abnahme der PSM-Konzentrationen in den Grund- und Rohwässern mit zunehmender Tiefe der Filterstrecke der Meßstellen mit großer Wahrscheinlichkeit lediglich auf Verdünnungseffekte zurückzuführen.

Die Abb. 2a und 2b visualisieren die zeitliche Variabilität der PSM-Rückstände in den Wasserproben aus Roh- und Grundwassermeßstellen. Der Anteil der Wässer aus Meßstellen ohne PSM-Rückstände erhöhte sich von 76,5 % im Jahr 1991 auf 85,3 % im Jahr 1992, in den Jahren 1993 bis 1995 zeigten ca. 89 % der Wässer keine nachweisbaren PSM-Rückstände. Gleichzeitig ist ein Anstieg der Anzahl von Grund- und Rohwasserproben, in denen zumindest der Grenzwert für PSM-Einzelwirkstoffe von 0,1 µg/l überschritten ist, zu verzeichnen. Eine ähnliche Entwicklung wird auch durch den prozentualen bzw. absoluten Anstieg von Wässern mit mehr als 0,5 µg/l PSM-Rückständen deutlich. Während im Jahr 1991 nur in 1,6 % aller Wasserproben der Grenzwert von 0,5 µg/l überschritten wurde, weisen im Jahre 1995 bereits 3,8 % aller Grund- und Rohwasserproben Konzentrationen auf, die über dem genannten Grenzwert liegen.

In den Vergleichsjahren 1991 und 1995 war der Parameter Nitrat nur mäßig - wenn auch signifikant - mit den Herbiziden Atrazin bzw. dessen Abbauprodukt Desethylatrazin und dem Totalherbizid Bromacil korreliert. Atrazin wurde in großer Menge beim Maisanbau eingesetzt, Bromacil (als Bodenherbizid mit Dauerwirkung) kam ebenfalls in der Landwirtschaft zum Einsatz. Der Zusammenhang zwischen Nitratkonzentrationen und der Summe der PSM-Rückstände in den Grund- und Rohwässern ist mit einem Korrelationskoeffizienten von 0,185 ebenfalls als nur mäßig anzusehen.

Betrachtet man die Korrelationen zwischen der Summe der PSM-Wirkstoffe und den Einzelparametern bzw. Gruppenparametern für das Jahr 1991, fällt auf, daß vor allem für Atrazin und dessen Abbauprodukt Desethylatrazin hohe positive Korrelationen erhalten werden. Wichtig erscheint die Tatsache, daß zwischen der Summe der PSM-Rückstände und den einzelnen PSM-Gruppen eindeutig die Triazin-Wirkstoffe den engsten Zusammenhang aufweisen. Desweiteren werden gute Korrelationen für Bromacil und Hexazinon aus der Gruppe der N-Heterocyclen erhalten.

Werden die genannten Korrelationen für das Jahr 1995 analysiert, fällt auf, daß zwar die Güte der Korrelationen für Atrazin bzw. Desethylatrazin vs. Summe der PSM-Rückstände gleich geblieben ist, gleichzeitig aber sich die Korrelationen für Bentazon, Diuron und Mecoprop entscheidend verbessert haben. War im Jahr 1991 noch die Gruppe der Triazine eindeutig mit der besten Korrelation zur Summe der PSM-Rückstände vertreten, werden im Jahr 1995 für die anderen PSM-Gruppen ähnlich hohe Korrelationskoeffizienten ausgewiesen. Dies bedeutet, daß Wirkstoffe wie Diuron, Isoproturon und Bentazon immer deutlicher als Kontaminanten hervortreten.

Auffallend ist jedoch, daß mit zunehmender Zeit (1991 bis 1995) die Derivate der Stoffgruppen N-Heterocyclen, Phenoxycarbonsäuren und Phenylharnstoffe immer häufiger vertreten sind. Die Tatsache, daß auch im Jahr 1995 den Triazinen noch eine erhebliche Bedeutung zukommt, beweist die Persistenz dieser Stoffe im Grundwasserleiter. Die Feststellung, daß die Korrelationen zwischen der Summe der PSM-Rückstände und dem Abbauprodukt Desethylatrazin in der Regel besser ausfallen als für den Orginalwirkstoff Atrazin, weist darauf hin, daß die gebildeten Metaboliten der Wirkstoffe teilweise in größerer Häufigkeit und Konzentration in den Wässern auftreten als die der Ausgangsstoffe. Gleichzeitig wird dadurch erkennbar, daß überwiegend die genannten PSM-Wirkstoffe nur sehr schwer abbaubar sind und lange im Ökosystem verweilen. Haben die Wirkstoffe bzw. deren Metaboliten den Grundwasserraum erreicht, ist eine merkliche Abnahme der Stoffkonzentrationen nur noch durch Verdünnung zu erwarten.

Um zu klären, welche einzelnen Wirkstoffe hauptsächlich die Summe der PSM-Rückstände repräsentieren, wurde eine schrittweise Regressionsrechnung durchgeführt. Das Verfahren wählt aus einer definierten

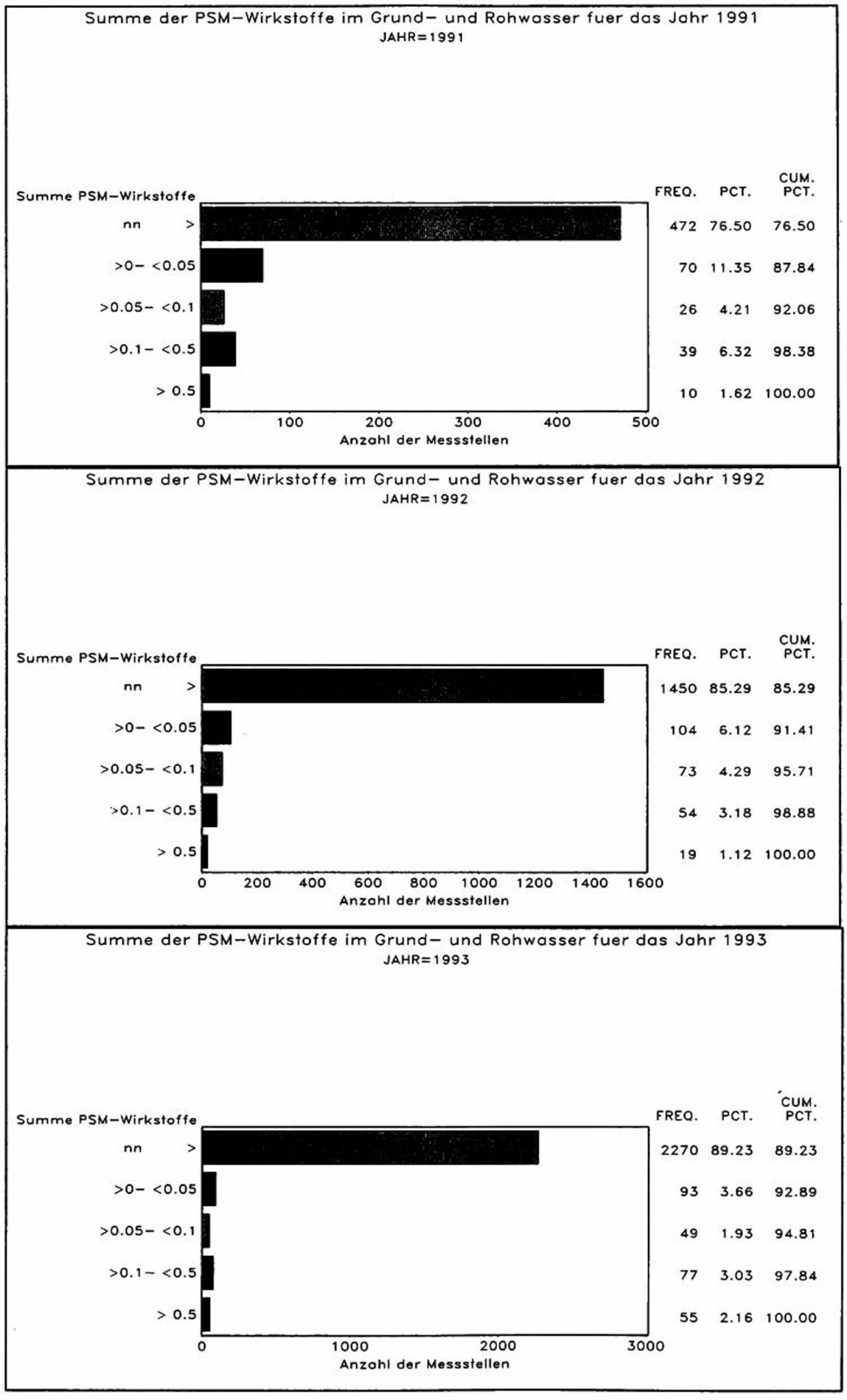

Abb. 2a: Anzahl von Roh- und Grundwassermeßstellen sowie deren %-Anteile (PCT.) in den gewählten Konzentrationsbereichen hinsichtlich der Summe der PSM-Rückstände (µg/l) für die Jahre 1991 bis 1993

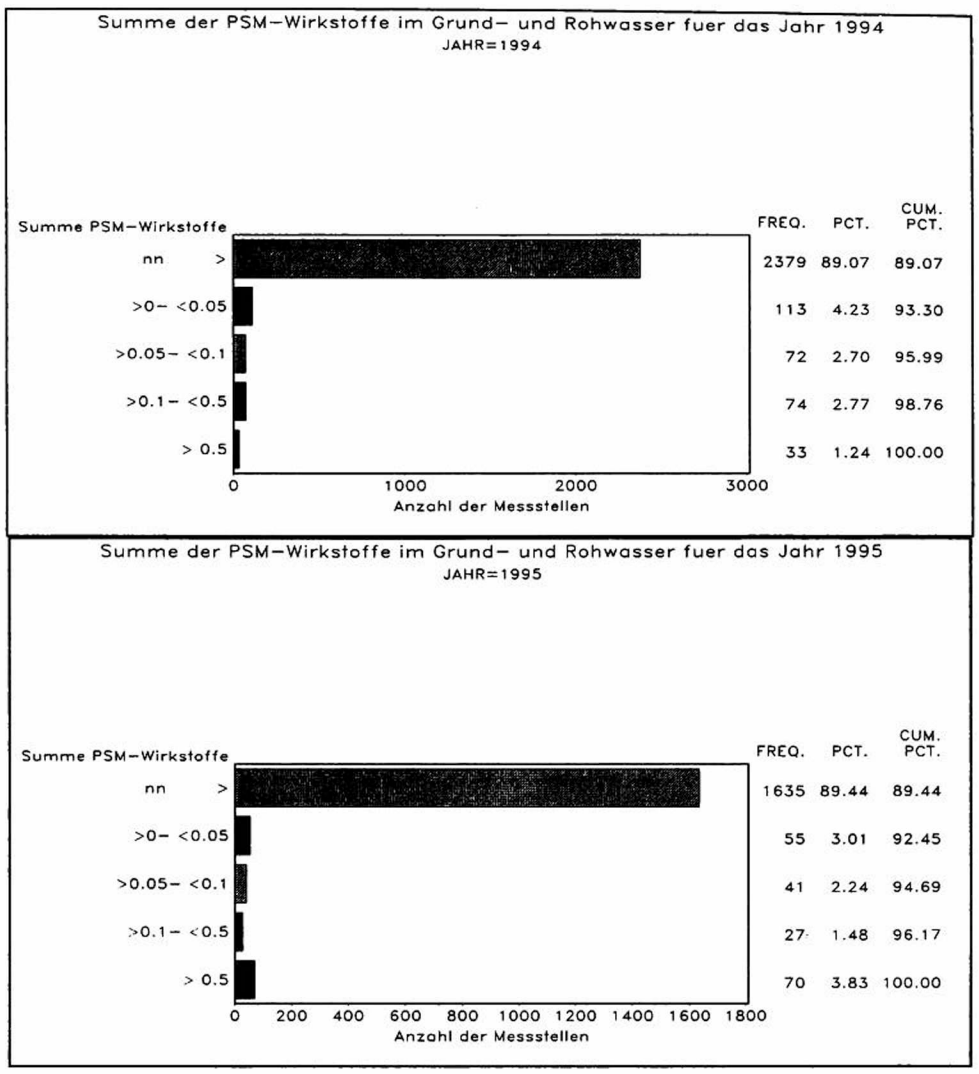

Abb. 2b: Anzahl von Roh- und Grundwassermeßstellen sowie deren %-Anteile (PTC.) in den gewählten Konzentrationsbereichen hinsichtlich der Summe der PSM-Rückstände (µg/l) für die Jahre 1994 und 1995

Tab.1: Ergebnisse der schrittweisen Regressionsrechnung zur Herleitung des Parameters „Summe der PSM-Wirkstoffe" anhand einzelner PSM-Wirkstoffe für die Meßstellenarten „Förderbrunnen", "Grundwassermeßstellen" bzw. "Vorfeldmeßstellen" und "Quellen"

Förderbrunnen		Grundwassermeßstellen bzw. Vorfeldmeßstellen		Quellen	
Parameter	F-Wert	Parameter	F-Wert	Parameter	F-Wert
Atrazin	1739	Atrazin	888	Atrazin	827
Desethylatrazin	7079	Desethylatrazin	134	Desethylatrazin	10201
Propazin	180	Simazin	30	Simazin	164
Simazin	780	Bentazon	839	Bromacil	156
Bentazon	22142	Bromazil	50379	Isoproturon	232
Bromazil	67924	Hexazinon	399		
Hexazinon	8685	MCPA	1315		
MCPA	8	Mecoprop	82		
Mecoprop	1107	Diuron	41		
Chlortoluron	13				
Diuron	1599				
Isoproturon	64				
Bestimmtheitsmaß(r^2): 99 %		Bestimmtheitsmaß: (r^2): 99 %		Bestimmtheitsmaß: (r^2): 99 %	

durchgeführt. Das Verfahren wählt aus einer definierten Anzahl von Variablen jeweils diejenige aus, die den höchsten Einfluß auf die Zielvariable (hier Summe der PSM-Wirkstoffe) hat. Das Ergebnis dieses Verfahrens ist eine polynome Regressionsgleichung, in der die am höchsten signifikanten Parameter, welche die Summe der PSM-Wirkstoffe erklären, aufgeführt sind.

In Tab. 1 sind die Parameter, die die Summe der PSM-Wirkstoffe signifikant beeinflussen, angegeben, außerdem der F-Wert. Dieser Wert errechnet sich aus dem Quotienten der mittleren Quadratsummen für das Modell und den mittleren Quadratsummen für den Fehler. Der F-Wert stellt die Teststatistik für die Parameter der linearen Gleichung dar. Je größer der F-Wert ist, um so stärker beeinflußt der einzelne Parameter die Regressionsbeziehung. Es wird ersichtlich, daß vor allem bei den Wässern aus Förderbrunnen und Grundwassermeßstellen der Wirkstoff Bromacil den größten Einfluß auf die Regressionsbeziehung hat. Bei den Wässern aus Quellen hat Desethylatrazin als Abkömmling von Atrazin den größten Einfluß auf die Regressionsbeziehung. Die Bestimmtheitsmaße aller drei Regressionsbeziehungen liegen bei 99 %. Dies bedeutet, daß mit einer Wahrscheinlichkeit von 99 % die Summe der PSM-Wirkstoffe aus den in Tab. 1 aufgeführten Einzelparametern hergeleitet werden kann.

Anders ausgedrückt heißt dies, daß bei einem Nachweis von PSM in Grundwasser- und Rohwasserproben mit 99 % Wahrscheinlichkeit einer der aufgeführten Einzelparameter beteiligt ist. Es ist Interessant, daß für den Wirkstoff Diuron ähnliche F-Werte in Förderbrunnen errechnet werden wie für Atrazin. Diuron wurde u.a. zur Unkrautbekämpfung auf Flächen der Deutschen Bundesbahn eingesetzt, die Deutsche Bahn AG verzichtet mittlerweile darauf. Desweiteren wird ersichtlich, daß das Umbauprodukt Desethylatrazin (F-Wert = 7079) mit wesentlich mehr Gewicht in die Regressionsgleichung eingeht als sein Ausgangsprodukt Atrazin (F-Wert = 1739). Dies zeigt auf, daß die Metaboliten einer Substanz wesentlich zur Kontamination der Wässer beitragen.

3 Zusammenfassende Bewertung

Die am häufigsten nachgewiesenen PSM-Wirkstoffe bzw. Metaboliten in den Grund- und Rohwässern waren Atrazin, Desethylatrazin, Propazin, Simazin und Terbuthylazin aus der Gruppe der *Triazine*, Bentazon, Bromacil, Hexazinon und Metazachlor aus der Gruppe der *N-Heterocyclen*, MCPA, Mecoprop, Dichlorprop und Dicamba aus der Gruppe der *Phenoxycarbonsäuren*, Diuron, Isoproturon, Monuron und Chlortoluron aus der Gruppe der *Phenylharnstoffe* sowie Lindan und dessen Metaboliten aus der Gruppe der *Organochlorverbindungen*.

Es zeigte sich, daß bei einem positiven PSM-Befund mit hoher Wahrscheinlichkeit die Stoffe Atrazin, Desethylatrazin, Propazin, Simazin, Bentazon, Bromacil, Hexazinon, MCPA, Mecoprop, Chlortoluron, Diuron und Isoproturon vertreten sind.

Da Atrazin, Propazin, Simazin, Bromacil und Hexazinon schon seit Jahren keine Zulassung durch die Biologische Bundesanstalt in Braunschweig mehr besitzen, handelt es sich bei vielen häufig nachgewiesenen PSM um „Altlasten". Es erscheint jedoch auch nicht ausgeschlossen, daß trotz eines Anwendungsverbotes „Altbestände" immer noch eingesetzt werden.

Sowohl für die Gruppe der Triazine als auch der Organochlorverbindungen konnte eine signifikante Abnahme der Rückstände in den Grund- und Rohwässern zwischen 1991 und 1995 festgestellt werden.

Aus der Korrelationsrechung (Summe der PSM-Wirkstoffe vs. Einzelparameter) geht hervor, daß die Wirkstoffe Bentazon, Diuron und Mecoprop in den letzten Jahren immer mehr an Bedeutung gewinnen.

Allgemein ist festzustellen, daß der Anteil der fettlöslichen PSM-Wirkstoffe abnimmt. Damit sinkt die Gefahr einer Anreicherung von Rückständen in den Fettgeweben von Lebewesen. Durch die Zunahme polarer Wirkstoffe bzw. von Mitteln mit vielen funktionellen Gruppen steigt jedoch allgemein die Geschwindigkeit, mit der diese Mittel Lebensräume und Lebensprozesse durchlaufen. Eine Abtrennung dieser polaren Wirkstoffe aus dem Rohwasser mittels Aktivkohlefilter gestaltet sich zudem sehr schwierig.

In Mittel- und Nordhessen drängt sich der Verdacht auf, daß die im Grundwasser nachgewiesenen PSM zumindest teilweise etwas mit der Infiltration von belasteten oberirdischen Gewässern bzw. mit Emissionen aus Gleisanlagen zu tun haben könnten. Die vereinzelt erhaltenen positiven PSM-Funde abseits von diesen linienförmigen Kontaminationsherden dürften aus punktuellen Belastungen (z.B. nicht ordnungsgemäße Landwirtschaft, falsche Handhabung/Unfälle bei der PSM-Anwendung, leichtsinninger, aber gesetzlich nicht reglementierter Umgang mit PSM) resultieren. Ebenfalls dürfte die Art der Grundwasserleiter bei der Verteilung der PSM in den Untergrund eine Rolle spielen. Der Transport des Sicker- und Grundwassers auf Trennfugen in den vorherrschenden Kluftgrundwasserleitern hat zur Folge, daß das räumliche Verteilungsbild der PSM sehr heterogen erscheint. Dazu beitragen dürfte auch, daß das Meßnetz nicht sehr dicht ist.

In Südhessen ist es wahrscheinlich, daß aufgrund der landwirtschaftlichen Struktur des Gebietes die PSM nicht nur flächenhaft eingesetzt, sondern in den mächtigen Porengrundwasserleiter aus hydrogeologischen Gründen auch verstärkt lateral im Untergrund transportiert werden. Außerdem ist zu berücksichtigen, daß ein dichtes Meßnetz existiert, so daß flächenhafte Einträge zwangsläufig besser zur Geltung kommen als in den relativ weitmaschigen Meßnetzen in Nord- und Mittelhessen.

Der Großraum Frankfurt und das Hessischen Ried sind Schwerpunkte der PSM-Belastung des Grund- und Rohwassers. Diese Gebiete decken sich jedoch nicht überall mit den Bereichen, in denen hohe Nitratkonzentrationen für die Grund- und Rohwässer ausgewiesen werden. So wird im Raum Lorsch, Lampertheim und Viernheim eine Häufung positiver PSM-

Funde festgestellt, während nur geringe Nitratgehalte in den Wässern gefunden werden.

Im Einflußbereich von Gleisanlagen und oberirdischen Gewässern ist das Grund- und Rohwasser signifikant häufiger mit PSM-Rückständen belastet als in Wässern von Meßstellen außerhalb dieser linienförmigen Belastungsquellen. Desweiteren wurde festgestellt, daß die Mehrzahl der wegen Überschreitung der Grenzwerte für PSM stillgelegten Gewinnungsanlagen sich in unmittelbarer Nähe von Gleisanlagen bzw. oberirdischen Gewässern befindet.

Die höchsten und häufigsten Befunde von PSM-Rückständen wurden in den Wässern aus Vorfeldmeßstellen erhalten. Diese sind in der Regel flach ausgebaut und im Abstrom von potentiellen Gefahrenquellen plaziert. In den Wässern tiefer verfilterter Meßstellen werden in der Regel niedrigere PSM-Konzentrationen erhalten. Die niedrigeren PSM-Konzentrationen werden vornehmlich auf Verdünnungseffekte zurückgeführt.

Generell ist festzustellen, daß dem Boden die höchste Schutzfunktion für das Grund- und Rohwasser zukommt. Überall dort, wo die Rückhaltekraft des Bodens für PSM eingeschränkt ist (natürlich bedingt durch sorptionsschwache Standorte, Verlagerung durch Makroporen oder künstlich durch die Entfernung des Mutterbodens verursacht), wird ein Eintrag von PSM in das Grund- und Rohwasser nachgewiesen.

Auf auswaschungsgefährdeten Standorten muß durch enge Zusammenarbeit von PSM-Anwendern, Wasserwirtschaft und Offizialberatung die PSM-Anwendung weiter eingeschränkt werden. Mit Hilfe einer gut organisierten Beratung und Aufklärung dürfte es möglich sein, einen großen Teil der PSM-Einträge, die durch unsachgemäße Handhabung verursacht wurden, in Zukunft zu verhindern, jedenfalls zu minimieren.

Anschrift der Verfasser:
Dr. Georg Berthold
Prof. Dr. Benedikt Toussaint
Hessische Landesanstalt für Umwelt,
Rheingaustraße 186
65203 Wiesbaden

Jahrbuch Naturschutz in Hessen 2: 119-123 Zierenberg 1997

Gerd Bauschmann

Das Transfer-Zentrum Naturschutz (TZN) im Naturschutz-Zentrum Hessen – Akademie für Natur- und Umweltschutz

1 Basis für ein Transfer-Zentrum Naturschutz

Im November 1997 wurde auf der Mitgliederversammlung des Naturschutz-Zentrums Hessen (NZH) die seit über 20 Jahren gültige Satzung gründlich überarbeitet, modernisiert und erweitert. Insbesondere die Ziele und Aufgaben tragen nun aktuellen Gegebenheiten und Erfordernissen Rechnung. In dem Namenszusatz „Akademie für Natur und Umweltschutz" wurde zudem die bereits seit Jahren praktizierte Arbeitsweise des NZH dokumentiert. Der für Naturschutz zuständige hessische Minister Gerhard Bökel, der als Vertreter des Landes Hessen an der Versammlung teilnahm, sagte zu, die Akademie personell zu verstärken.

Was macht eine **moderne Umweltakademie** aus? Der Direktor der Alfred Toepfer Akademie für Naturschutz (NNA), Professor Johann SCHREINER, hat dies für den „Bundesweiten Arbeitskreis der staatlich getragenen Bildungsstätten im Natur- und Umweltschutz" (BANU), dem für das Land Hessen das NZH angehört, wie folgt formuliert:

- **Integration der Aufgabenbereiche Natur- und Umweltschutz,** da sich deren Inhalte überlagern und Maßnahmen des technischen Umweltschutzes dazu beitragen, Naturschutzziele zu erreichen.
- **Erweiterung der klassischen Themenfelder der Umweltbildung,** um wirtschafts-, sozial- und arbeitsmarktpolitische Themen und somit die Integration von Natur- und Umweltschutzthemen in alle Lebens- und Gesellschaftsbereiche. Dazu zählen z. B. Fragen der Ressourcen- und Energienutzung, der Mobilität, von Bauen, Wohnen, der Gen- und Biotechnologie, von Lebensstilfragen und Wertediskussionen.
- Mittel- und langfristig die **Einbindung weiterer Fachgebiete** - Pädagogik, Psychologie, Soziologie, Politologie, Kulturwissenschaften, Wirtschaftswissenschaften und Marketing - im Sinne der Interdisziplinarität.
- **Übernahme neuer Aufgaben**, z. B. Beratungs- und Vermittlungsaufgaben im ökologischen Bildungsbereich sowie im Natur- und Umweltschutz, beispielsweise als Clearing-Stelle für Umweltbildung, sowie Moderations- und Mediationstätigkeiten zu konkreten Konflikten im Umweltbereich.
- **Durchführung eigener Forschungsvorhaben** zu naturschutzrelevanten Fragestellungen. Sowohl für die Vernetzung der Forschung als auch für die Vermittlung von Forschungsergebnissen an Praxis und Öffentlichkeit ist die Notwendigkeit eigener fachlicher Kompetenz unabdingbare Voraussetzung.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Jahrbuch Naturschutz in Hessen

Jahr/Year: 1997

Band/Volume: 2

Autor(en)/Author(s): Berthold Georg, Toussaint Benedikt

Artikel/Article: Pflanzenschutzmittel im Grundwasser - Auswertung und Bewertung von hessischen Grund- und Rohwassermeßwerten - 114-119