

UBA-BE-051

BERICHTE

**PESTIZIDE IN AQUATISCHEN SYSTEMEN
ÖSTERREICHS**



Pestizide in aquatischen Systemen Österreichs

UBA-BE-051

Wien, Jänner 1997

Bundesministerium für Umwelt, Jugend
und Familie



Autoren:

Karina Wiener
Andreas Chovanec
Johannes Grath

Impressum:

Medieninhaber und Herausgeber: Umweltbundesamt, 1090 Wien, Spittelauer Lände 5

© Umweltbundesamt, Wien, Jänner 1997

Alle Rechte vorbehalten
ISBN 3-85457-286-7

Zusammenfassung und Perspektiven

Zahlreiche, in Österreich durchgeführte Studien beschäftigen sich mit dem Problembereich „Pestizide in aquatischen Systemen“. Hierbei wurden Poren- und Karstgrundwässer, Wässer und Sedimente von Oberflächengewässern und auch Niederschlagsproben analysiert; auch die Akkumulation von pestiziden Wirkstoffen in Organismen wurde untersucht. Der vorliegende Bericht faßt die Inhalte der meisten veröffentlichten Berichte zusammen (Stand Ende 1995), vermittelt einen Eindruck über die Belastung aquatischer Systeme mit Pestiziden und dokumentiert somit auch den Wissensstand auf diesem Gebiet.

Diese Zusammenschau zeigt, daß die aquatische Umwelt z.T. deutlich mit Pestiziden belastet ist. In diesem Zusammenhang sind vor allem Atrazin und seine Metabolite zu nennen (vgl. dazu u.a. auch DONNERER, 1995). Sowohl in Porengrundwasser-, Oberflächenwasser- und Niederschlagsproben werden - in erster Linie im Osten und Süden des Bundesgebietes - erhöhte Konzentrationen gemessen. So weisen beispielsweise 27 von 67 Grundwassergebieten gemäß der Grundwasserschwellenwertverordnung Überschreitungen der Konzentrationen von Atrazin oder dessen Abbauprodukten auf. Mit der Aufhebung der Zulassung von Atrazin ist in Österreich der wesentlichste Schritt getan worden, um diese Belastungen zu reduzieren. Aufgrund der Langlebigkeit dieser Substanzen ist jedoch nur sehr langsam mit einer Entspannung der Situation zu rechnen. In bezug auf Regelungen in der EU wäre sicherzustellen, daß die konsequente Verfolgung des Vorsorgeprinzips auf diesem Sektor, d.h. das österreichische Anwendungsverbot für Atrazin, nicht durch EU-Regelungen unterlaufen wird (UBA, 1996).

Auffällig ist, daß auch Lindan sich in verschiedenen Kompartimenten des Wasserkreislaufes in z.T. erheblichen Konzentrationen nachweisen läßt. Als äußerst positiv ist die sehr gute Qualität der Karst- und Kluffgrundwasservorkommen zu bewerten.

Auch im Rahmen des Nationalen Umweltplanes (ÖSTERREICHISCHE BUNDESREGIERUNG, 1995) werden Belastungen durch Pflanzenschutzmittel als Problembereich hervorgehoben, als Ursachen werden u.a. Anwendungsfehler im Pflanzenschutz sowie Kostenvorteile gegenüber Methoden alternativen Pflanzenschutzes genannt. Die vorgeschlagenen Lösungsansätze umfassen u.a. die Verringerung des Einsatzes, die Extensivierung der Bewirtschaftung sowie den Umstieg auf biologischen Landbau (vgl. dazu z.B. PIRKLHUBER & GRÜNDLINGER, 1993).

In diesem Zusammenhang ist in erster Linie das „Österreichische Programm zur Förderung einer umweltgerechten, extensiven und den natürlichen Lebensraum schützenden Landwirtschaft“ zu nennen, mit der die EU-Verordnung 2078/92 für umweltgerechte und den natürlichen Lebensraum schützende landwirtschaftliche Produktionsverfahren umgesetzt wird. Der Aspekt des Grundwasserschutzes wird

beispielsweise durch die Förderung folgender Maßnahmen berührt: Verzicht auf ertragssteigernde Betriebsmittel (z.B. Pflanzenschutzmittel), Abstockung des Viehbestandes, Verzicht auf Betriebsintensivierung im Grünland, Förderung der biologischen Wirtschaftsweise und Stilllegung von Flächen. Die Wassergüte von Oberflächengewässern soll u.a. durch die Stilllegung von an Gewässern gelegenen Flächen, durch die Anlage von Gewässerrandstreifen sowie durch Maßnahmen zum Erosionsschutz positiv beeinflusst werden (STALZER, 1995; POSCH, 1995).

Die Erhebung der Wassergüte gemäß Hydrographiegesetz ist - nicht zuletzt durch die hohen Anstrengungen in Richtung Qualitätssicherung und Standardisierung (z.B. SCHMID & SÖVEGJARTO, 1991; WWK/UBA, 1993, 1995) - ein geeignetes Instrument, den Status quo der Belastungssituation österreichischer Grundwässer und Fließgewässer sowie ihre langfristige Entwicklung zu dokumentieren; damit ist vor allem auch die Grundlage für die im Wasserrechtsgesetz vorgesehenen Sanierungsmaßnahmen sowie deren Erfolgskontrolle gegeben. Durch die laufende Anpassung des Programmes - vor allem auf dem Gebiet der Auswahl der zu analysierenden Pflanzenschutzmittel - kann auf Ergebnisse der Wassergüte-Erhebung selbst und anderer nationaler oder internationaler Untersuchungsprogramme sowie auf mögliche Änderungen bei den rechtlichen Rahmenbedingungen (z.B. Zulassungen, Verbote) reagiert werden.

INHALT:

1.	Einleitung	1
1.1.	Landwirtschaft und Pestizideinsatz	2
1.2.	Gesetzliche Regelungen	3
1.2.1.	Zulassung von Pestiziden	3
1.2.2.	Pestizidgrenzwerte	4
1.2.3.	Wassergüte-Erhebung gemäß "WGEV"	5
<hr/>		
2.	Ergebnisse verschiedener Untersuchungen zu Pestiziden in aquatischen Systemen	6
2.1.	Österreichweite Wassergüte-Erhebung gemäß "WGEV"	6
2.1.1.	Porengrundwasser	6
2.1.2.	Karst- und Klufftgrundwasser	8
2.1.3.	Fließgewässer	9
2.2.	Pestizid-Untersuchungen im Grundwasser	11
2.2.1.	Grundwassergüte Tullner Feld - Pilotstudie	11
2.2.2.	Grundwasseruntersuchung im Unteren Kampthal	13
2.2.3.	Grundwasseruntersuchungen auf Pflanzenschutzmittel und Nitrat im Leibnitzerfeld	14
2.2.4.	Untersuchungen von Hausbrunnen im Bezirk Radkersburg	17
2.2.5.	Grundwasseruntersuchungen im Unteren Murtal	18
2.2.6.	Karstwasserqualität	19
2.3.	Pestizid-Untersuchungen in Oberflächengewässern	20
2.3.1.	Gewässergüte-Untersuchungen im Marchfeld	20
2.3.2.	Baggerseen und ihre Wechselbeziehungen zum Grundwasser	22
2.3.3.	Pestiziduntersuchung an Kärntner Seen	23
2.3.4.	Amphibien als Bioindikatoren für die Schadstoffbelastung von Kleingewässern	24
2.3.5.	Pestizide im Sediment und Quellmoos (<i>Fontinalis antipyretica</i>) zweier Flüsse in Oberösterreich	25
2.4.	Pestizid-Untersuchungen im Niederschlag	26
2.4.1.	Pestizide im Niederschlag	26
<hr/>		
3.	Literatur	29
<hr/>		



1. Einleitung

Pflanzenschutzmittel sind gemäß der Definition des Pflanzenschutzmittelgesetzes (BGBl. Nr. 476/1990) "Stoffe und Zubereitungen sowie Organismen, die dazu bestimmt sind, Pflanzen oder Pflanzenerzeugnisse vor Schadorganismen zu schützen oder Flächen oder Gewässer von Pflanzenwuchs freizumachen oder freizuhalten (Totalherbizide)". Je nach ihrer Wirkung werden Pestizide wie folgt unterteilt: Herbizide - gegen unerwünschte Pflanzen, Fungizide - gegen Pilzbefall, Insektizide - gegen Insekten, Nematizide - gegen Fadenwürmer, Rodentizide - gegen Nagetiere, Molluskizide - gegen Schnecken und Akarizide - gegen Milben.

Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Land- und Forstwirtschaft zum Ziele der Ertragssteigerung hat erst in den letzten Jahren eine Stagnation bzw. geringe Abnahme erfahren, die auf eine verbesserte Selektivität, den integrierten Pflanzenschutz und die Zunahme des biologischen Landbaus zurückzuführen ist (BITTERMANN & ZETHNER, 1994). Die bei Pestizid-Anwendung auftretenden Nebenwirkungen wie die Störung der natürlichen Funktionsfähigkeit des Wirkungsgefüges biotischer und abiotischer Faktoren sowie das Auftreten wirkstoffresistenter Schädlingsformen erfordern aber ihrerseits einen verstärkten Pestizideinsatz. Praxisübliche Aufwandmengen herkömmlicher Herbizide betragen etwa 1 kg Aktivsubstanz pro Hektar. Daraus resultiert eine Initialbelastung der obersten Zentimeter des behandelten Bodens von etwa 1 mg Aktivsubstanz pro kg Boden (FILA & KOHLMANN, 1990). Der weitere Verbleib der ausgebrachten Pestizide ist von den Stoffeigenschaften und der Formulierung ebenso wie von verschiedensten klimatischen, chemisch-physikalischen und biotischen Faktoren abhängig. Durch Prozesse wie Verdunstung, Erosion und Versickerung wird ein Teil der Wirkstoffe verfrachtet. Über direkte Abdrift, atmosphärischen Eintrag, oberflächiges Abfließen (z.B. über Drainagen) und Versickern können verfrachtete Pestizide Grund- und Oberflächengewässer z.T. beträchtlich kontaminieren (NORDMEYER, 1988).

Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Forstwirtschaft beträgt mit etwa 1 - 2% der jährlich zur Anwendung kommenden Pestizide nur einen Bruchteil des Einsatzes in der Landwirtschaft (MÜLLER et al., 1993). Auch der Pestizid-Einsatz außerhalb der Land- und Forstwirtschaft, auf Industrieflächen, Bahndämmen, etc., ist verhältnismäßig gering, doch ist die Verfrachtung und damit der Eintrag von Wirkstoffen (hauptsächlich Totalherbizide), die auf versiegelte bzw. vegetationslose Flächen aufgebracht wurden, in aquatische Systeme als wesentlich höher zu vermuten (KUBMAUL & KREUTER, 1994).

Das öffentliche Interesse für Pestizide in aquatischen Systemen wurde über ihre Nachweise im Grundwasser geweckt, dessen zunehmende Belastungen nicht zuletzt durch verfeinerte Analysemethoden festgestellt werden konnten. Es zeigte sich, daß z.T. hohe Belastungen des Grundwassers verbreitet sind.

Der vorliegende Bericht hat zum Ziel, eine Zusammenstellung über bisher durchgeführte und veröffentlichte Untersuchungen zu Pestiziden in aquatischen Systemen in Österreich zu geben (Stand: Ende 1995; vgl. auch CHOVANEC, 1995). Für ein umfassendes Gesamtbild erscheint es sinnvoll, vorerst einen kurzen Überblick über die Situation der Landwirtschaft und die Gesetzeslage bezüglich Pestizide und Wassergüte-Überwachung in Österreich zu geben.

1.1. Landwirtschaft und Pestizideinsatz

Von Österreichs Gesamtfläche von 83.858,2 km² wurden im Jahr 1993 insgesamt 75.270 km² bewirtschaftet. Davon entfielen 3,241.000 ha (43%) auf Wald, Forstgärten und Forstbaumschulen, 1,982.000 ha (26%) auf Dauergrünland und 1,401.000 ha (19%) auf Ackerland, der Rest setzt sich aus Obst- und Gartenanlagen und unproduktiven Flächen zusammen (ÖSTAT, 1994). Die größten Anteile an den Ackerflächen Österreichs haben die östlichen Bundesländer Niederösterreich (49,8%), Oberösterreich (20,8%), Steiermark (11,3%) und Burgenland (11,1%) (vgl. Abb.1).

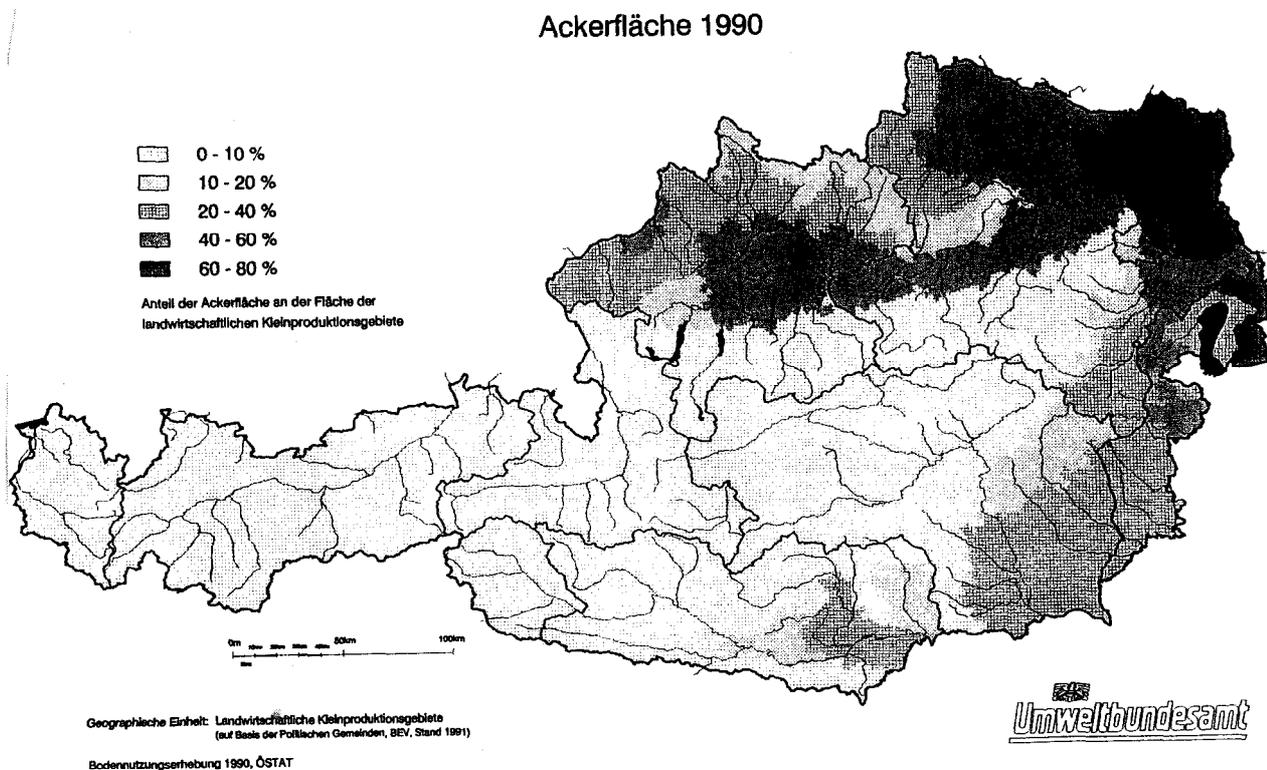


Abb.1: Verteilung der Ackerflächen auf das Bundesgebiet Österreichs.

Dieser Flächenverteilung steht eine Wirkstoffmenge von insgesamt 3.983,35 t im Jahr 1993 in Verkehr gebrachter Pestizide gegenüber. Unter den 978 im Jahr 1993 zugelassenen Pflanzenschutzmitteln, die ca. 270 Wirkstoffe enthalten, stellen Herbizide mit 1.873 t (47%) und Fungizide mit 1.580 t (39%) den Hauptanteil des Wirkstoffverbrauchs, während Insektizide mit 141 t (3,5%) einen weit geringeren Anteil an den 1993 in Verkehr gebrachten Pflanzenschutzmitteln haben (BMLF, 1994). Das tatsächliche Inlandsaufkommen, das sich aus Produktion plus Import minus Export ergibt, zeigt von 1992 auf 1993 eine - vermutlich witterungsbedingte - Zunahme von rund 8% (UBA, 1994).

1.2. Gesetzliche Regelungen

1.2.1. Zulassung von Pestiziden

Das Pflanzenschutzmittelgesetz (BGBl. Nr. 476/1990) regelt die Zulassung, Kennzeichnung und das Inverkehrbringen von Pestiziden sowie diesbezügliche Kontrollen und Strafbestimmungen. Mit Inkrafttreten dieses Gesetzes wurde erstmals die Beurteilung der Auswirkungen auf die Umwelt als Zulassungskriterium gesetzlich verankert. Ein Antrag auf Zulassung eines Pflanzenschutzmittels hat Angaben über Zusammensetzung, Beschaffenheit nach Art und Menge der Bestandteile einschließlich allfälliger toxikologisch bedeutsamer Verunreinigungen sowie gefährliche Eigenschaften zu enthalten. Weiters sind dem Stand der wissenschaftlichen Erkenntnisse entsprechende Unterlagen beizustellen, die eine umfassende toxikologische und ökotoxikologische Beurteilung ermöglichen und Auswirkungen auf Mensch und Umwelt abschätzen lassen. Pflanzenschutzmittel, die vor Inkrafttreten des neuen Pflanzenschutzmittelgesetzes zugelassen wurden, müssen in den kommenden Jahren einer neuerlichen Registrierung unterzogen werden. Das Umweltbundesamt ist im Rahmen des Vollzuges des Pflanzenschutzmittelgesetzes mit der Erstellung von Gutachten über die Umweltauswirkungen von Pestiziden betraut.

Mit 1. Jänner 1994 trat mit einer auf Basis des Chemikaliengesetzes erlassenen Verordnung über ein Verbot bestimmter gefährlicher Stoffe in Pflanzenschutzmitteln (BGBl. Nr. 97/1992) ein totales Anwendungsverbot für Atrazin in Kraft. Dieses Verbot bezüglich Herstellung, Inverkehrbringen und Anwendung von Atrazin und Zubereitungen, die Atrazin enthalten, wurde mit Erkenntnis des Verfassungsgerichtshofes vom 1. Oktober 1994 aufgehoben. Im April 1995 wurde die Aufhebung der Zulassung durch Novellierung des Pflanzenschutzmittelgesetzes beschlossen.

Im Zuge der Verordnung über ein Verbot bestimmter gefährlicher Stoffe in Pflanzenschutzmitteln (BGBl. Nr. 97/1992) wurde u.a. auch die Verwendung von Lindan (γ - HCH)

als Pflanzenschutzmittel - mit Ausnahme zur gewerblichen Saatgutbehandlung - ab Erscheinen der Verordnung am 20. Februar 1992 verboten.

1.2.2. Pestizidgrenzwerte

Wesentliche Regelwerke, die den Bereich Pflanzenschutzmittel in aquatischen Systemen betreffen, sind die Trinkwasser-Pestizidverordnung (BGBl. Nr. 448/1991) und die Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. Nr. 502/1991).

Gemäß Trinkwasser-Pestizidverordnung (BGBl. Nr. 448/1991) ist seit 1. Juli 1994 das Inverkehrbringen von Trinkwasser, das die Grenzwerte von 0,01 µg/l für Hexachlorbenzol, 0,03 µg/l für Aldrin und Dieldrin und 0,1 µg/l für andere Pestizide, außer Atrazin, überschreitet, verboten. Für Atrazin galt seit 1. Jänner 1993 der Grenzwert von 0,5 µg/l, der ab 1. Juli 1995 ebenfalls auf 0,1 µg/l gesenkt wurde. Gemäß der Trinkwasser - Ausnahmeverordnung (BGBl. Nr. 384/1993) kann der Landeshauptmann auf Antrag die Anwendung dieser Grenzwerte aussetzen, wenn sie ohne Errichtung einer Trinkwasseraufbereitungsanlage nicht eingehalten werden können und die ortsübliche Trinkwasserversorgung nicht anders sichergestellt werden kann.

Der Schwellenwert für Pestizide im Grundwasser entspricht i.d.R. dem Trinkwasser-Grenzwert von 0,1 µg/l (GSwV, BGBl. Nr. 502/1991). Werden an einer Meßstelle die entsprechenden Schwellenwerte über einen Meßzeitraum von mindestens zwei Jahren und bei 8 Messungen bei mehr als 25% der Werte überschritten, so gilt diese Meßstelle als gefährdet. Eine Einstufung von 25% oder mehr der Meßstellen eines Grundwassergebietes als gefährdet stellt die rechtliche Basis für die Ausweisung des Grundwassergebietes als Sanierungsgebiet durch den Landeshauptmann gemäß § 33f Abs. 2 WRG dar.

Der EU-Grenzwert für Trinkwasser ist in der „Richtlinie des Rates vom 15. Juli 1980 über die Qualität von Wasser für den menschlichen Gebrauch“ (80/778/EWG) für Pestizide und ähnliche Produkte mit 0,1 µg/l je Substanz und mit 0,5 µg/l insgesamt (Summe) festgelegt.

Gesetzliche Bestimmungen bezüglich Pflanzenschutzmitteln in Oberflächengewässern liegen derzeit nur in Form eines Entwurfs einer Immissionsverordnung für Fließgewässer (BMLF, 1993) und einer Verordnung über die Qualitätsanforderungen an Oberflächengewässer für die Trinkwassergewinnung (BGBl. Nr. 359/1995) vor. Der Entwurf einer Immissionsverordnung für Fließgewässer differenziert die Immissionswerte nach dem Gewässertyp (Berg- oder Flachlandgewässer). Für Pestizide stimmen die Werte beider Gewässertypen überein. Demnach liegen die Immissionsbeschränkungen für Organochlorpestizide bei 0,005 µg/l (z.B. Aldrin) bzw. 0,01 µg/l (z.B. Lindan), die anderer Pestizide bei 0,1 µg/l. Diese Konzentrationen sollen allgemein nicht überschritten werden, wobei als Über-

schreitung gilt, wenn ein Meßwert um mehr als die Verfahrensstandardabweichung der angewandten Analysenmethode über dem Immissionswert liegt.

Die Oberflächen-Trinkwasserverordnung (BGBl. Nr. 359/1995) unterscheidet drei Qualitäts-Kategorien von Oberflächengewässern, die nach entsprechender Aufbereitung zur Trinkwassergewinnung verwendet werden dürfen. Die Grenzwerte für den gesamten Pestizidgehalt dieser Kategorien liegen bei 1 µg/l, 2,5 µg/l bzw. 5 µg/l. Oberflächenwasser, das nicht mindestens den vorgeschriebenen Grenzwerten der dritten Kategorie entspricht, darf nicht zur Trinkwassergewinnung verwendet werden.

Die „Richtlinie des Rates vom 18. Juli 1978 über die Qualität von Süßwasser, das schutz- oder verbesserungswürdig ist, um das Leben von Fischen zu erhalten“ (78/659/EWG) enthält keine Zielvorgaben für Pestizide.

1.2.3. Wassergüte-Erhebung gemäß "WGEV"

Um fundierte Daten über den Zustand und allenfalls erforderliche Schutz- und Sanierungsmaßnahmen an belasteten Grund- und Oberflächengewässern zu erhalten, sind bundeseinheitliche Untersuchungen, die Trends und Gefahrenpotentiale erkennen lassen, Voraussetzung. Von seiten des Gesetzgebers wurde daher im Rahmen der Wasserrechtsgesetznovelle 1990 (BGBl. Nr. 252/1990) die legislative Grundlage für den Aufbau einer bundeseinheitlichen Datenbasis der Qualität von Grundwasser und Fließgewässern geschaffen (WWK/UBA, 1993).

In der Wassergüte-Erhebungsverordnung ("WGEV", BGBl. Nr. 338/1991) sind Art, Umfang, Frequenz, örtlicher Bereich und Methoden der für die Erhebung der Wassergüte erforderlichen Beobachtungen festgesetzt. Demnach sollen für das Grundwasser-Monitoring bis 1996 schrittweise rund 2050 Meßstellen ausgebaut und vierteljährlich beprobt werden, wobei etwa 80% der Meßstellen zur Überwachung von Porengrundwasser und 20% von Karst- und Kluftwasservorkommen vorgesehen sind.

Für die Erhebung der Wassergüte in den Fließgewässern wurden in der "WGEV" 244 Meßstellen und eine Beprobung in zweimonatigen Intervallen festgelegt. Zusätzlich wird einmal jährlich die biologische Gewässergüte ermittelt und ausgewählte Parameter im Sediment untersucht.

Die erhobenen Daten werden von Landesdienststellen in festgelegter Form EDV-mäßig erfaßt und dem Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft übermittelt. Die Verwaltung und Bearbeitung der Datenbestände sowie eine jährliche Publikation der Datenauswertung erfolgt nach Ressortübereinkommen durch das Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft und dem Umweltbundesamt gemeinsam (WWK/UBA, 1993).

2. Ergebnisse verschiedener Untersuchungen zu Pestiziden in aquatischen Systemen

2.1. Österreichweite Wassergüte-Erhebung gemäß "WGEV"

2.1.1. Porengrundwasser

Mit erstem Quartal des Jahres 1992 wurde mit der regelmäßigen, vierteljährlichen Beprobung von 774 Grundwassermeßstellen begonnen. Bis Mitte 1993 wurde das Meßstellennetz auf 1053 Probenahmestellen erweitert; in diesem Beobachtungszeitraum wurden insgesamt 5.464 Beprobungen durchgeführt. Neben zahlreichen chemisch-physikalischen Parametern wurden die Grundwasserproben auf folgende pestizide Wirkstoffe analysiert (BRANDSTETTER, 1995):

Triazingruppe:

- * Atrazin
- * Desethylatrazin
- * Desisopropylatrazin
- * Cyanazin
- * Prometryn
- * Propazin
- * Simazin
- * Sebutylazin
- * Terbutylazin

Metolachlor

Alachlor

Phenoxyalkankarbonsäuregruppe:

- * 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure (2,4-D)
- * Dichlorprop (2,4-DP)
- * (4-Chlor-2-methyl-phenoxy)-essigsäure (MCPA)
- * 4-(4-Chlor-2-methyl-phenoxy)-buttersäure (MCPB)
- * 2-(4-Chlor-2-methyl-phenoxy)-propionsäure (MCPB)
- * 2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure (2,4,5-T)
- * Dicamba

Am häufigsten wurde Atrazin und dessen Hauptmetabolit Desethylatrazin nachgewiesen (Tab.1). Im Untersuchungszeitraum wurde Desethylatrazin an ca. 36% der Meßstellen, Atrazin an ca. 28% der Meßstellen in Konzentrationen über dem Grundwasserschwellenwert von 0,1 µg/l (vgl. Kap.1.2.1) gefunden. Desisopropylatrazin trat an ca. 2% der Meßstellen in Konzentrationen über 0,1 µg/l auf.

Tab.1: Anzahl der Meßstellen mit Konzentrationen von mehr als 0,1 µg/l des jeweiligen Wirkstoffes in den bisher durchgeführten Beobachtungsdurchgängen vom 1. Quartal 1992 (1/92) bis zum 2. Quartal 1993 (2/93) unter Angabe der jeweiligen Anzahl beprobter Meßstellen.

Wirkstoff	1/92 (747)	2/92 (764)	3/92 (943)	4/92 (1007)	1/93 (1007)	2/93 (1014)
Atrazin	184	189	265	290	310	316
Desethylatrazin	249	243	283	318	445	407
Desisopropylatrazin	24	20	9	11	32	31
Cyanazin	2	0	2	1	3	2
Prometryn	0	2	1	1	0	1
Propazin	2	0	0	0	2	3
Simazin	2	1	2	3	13	4
Sebutylazin	0	0	0	0	0	0
Terbutylazin	0	0	1	2	1	1
Alachlor	1	0	0	0	0	0
Metolachlor	5	4	6	3	2	2
2,4 - D	6	0	0	0	1	1
Dichlorprop	3	0	0	0	1	1
MCPA	1	0	0	0	5	4
MCPB	2	0	0	0	8	1
MCPP	2	0	3	0	0	1
2,4,5 - T	0	1	2	11	0	0
Dicamba	-	-	-	19	8	1

Auswertungen im Hinblick auf Sanierungsgebiete im Sinne der Grundwasserschwellenwertverordnung (BGBl. Nr. 502/1991) zeigten, daß für die Parameter Atrazin und Desethylatrazin in den meisten der derzeit beobachteten Grundwassergebiete die Kriterien für die Ausweisung von Sanierungsgebieten erfüllt sind (GRATH et al., 1995). Die erhöhten Konzentrationen dieser Herbizid-Wirkstoffe sind nicht auf die intensiv bewirtschafteten Gebiete im Osten Österreichs beschränkt. Alle anderen pestiziden Wirkstoffe sind nur vereinzelt nachgewiesen worden (Tab.1), wobei einige davon regional beschränkt auftraten.

2.1.2. Karst- und Kluffgrundwasser

Das Meßstellennetz in diesem Bereich wurde bis Juni 1993 auf 48 beprobte Meßstellen ausgebaut, die ausschließlich in den Bundesländern Kärnten, Salzburg und Tirol liegen. In der Zeit von Jänner 1992 bis Juni 1993 wurden insgesamt 241 Quellwasserproben entnommen und neben zahlreichen anderen Parametern in Salzburg auf 19, in Kärnten auf 18 und in Tirol auf 17 Pestizide untersucht (HERLICKA & SCHEIDLEDER, 1995).

In 14 Proben von 10 Quellen konnten Pestizide nachgewiesen werden. Ihre Konzentrationen lagen jedoch durchwegs unter der von der "WGEV" geforderten Mindestbestimmungsgrenze von 0,1 µg/l (Tab.2). Die höchste Konzentration von 0,03 µg/l wurde für Desethylatrazin gefunden. Als Haupteintragsquelle für Pestizide in hochalpine Regionen wird der Niederschlag vermutet. Um eine Kontrolle langzeitiger Veränderungen zu gewährleisten, wird eine Modifikation der bisher praktizierten Form der Erhebung der Wassergüte in den Karst- und Kluffgrundwässern überlegt.

Tab.2: Häufigkeit, prozentueller Anteil und Maximalkonzentration nachgewiesener Pestizide im Untersuchungszeitraum von Jänner 1992 bis Juni 1993.

Substanz	Anzahl der Nachweise	Anteil der Nachweise an allen Proben in %	Maximalkonzentration in µg/l
Atrazin	5	2,1	0,01
Desethylatrazin	4	1,7	0,03
Desisopropylatrazin	1	0,4	0,01
Simazin	2	0,8	0,01
Metolachlor	1	0,4	0,01
Cyanazin	1	0,4	0,02
Prometryn	2	0,8	0,01
Propazin	1	0,4	0,01

2.1.3. Fließgewässer

Mit erstem Quartal des Jahres 1992 wurde mit der Beprobung von 137 Fließgewässermeßstellen begonnen. Bis Juni 1993 wurde das Meßstellennetz an Fließgewässern auf 158 Probenahmepunkte ausgebaut (CHOVANEK & WINKLER, 1995). Die sechsmal jährlich in der fließenden Welle gezogenen Proben wurden auf etwa 50 Parameter untersucht. Darunter wurden auch regelmäßig folgende Pestizid-Wirkstoffe analysiert:

- | | |
|-----------------------|-----------------|
| * Atrazin | * Propazin |
| * Desethylatrazin | * Simazin |
| * Desisopropylatrazin | * Sebutylazin |
| * Cyanazin | * Terbutylazin |
| * Prometryn | |
| * Metolachlor | * Pendimethalin |
| * Alachlor | * Terbutryn |

In geringerem Ausmaß wurden Proben in manchen Bundesländern zusätzlich auf folgende Pestizide untersucht: Dicamba, Dichlorprop (2,4-DP), 2,4-Dichlorphenoxyessigsäure (2,4-D), (4-Chlor-2-methyl-phenoxy)-essigsäure (MCPA), 4-(4-Chlor-2-methyl-phenoxy)-buttersäure (MCPB), 2-(4-Chlor-2-methyl-phenoxy)-propionsäure (MCPB), 2,4,5-Trichlorphenoxyessigsäure (2,4,5-T), Hexachlorbutadien, Trifluralin, Lindan, Dieldrin, Orben-carb, Metazachlor, Hexachlorbenzol, Dicamba, Aldrin, DDT - Summe, Endrin.

Am häufigsten konnte Atrazin nachgewiesen werden. Im Untersuchungszeitraum wurde der im Entwurf der Immissionsverordnung genannte Grenzwert für Atrazin von 0,1 µg/l (vgl. Kap.1.2.2) bei 11,2% der untersuchten Proben aus ganz Österreich überschritten (Tab.3). Für die einzelnen Bundesländer lag der Anteil der Überschreitungen zwischen 0% (Salzburg und Vorarlberg) und 37,3% (Niederösterreich). Belastete Gewässer, die im Zeitraum von Juli 1992 bis Juni 1993 einen Medianwert von mehr als 0,1 µg/l Atrazin aufwiesen, sind vor allem im Osten Österreichs zu finden (Abb.2).

Nur vereinzelt und punktuell konnten erhöhte Konzentrationen an Desethylatrazin nachgewiesen werden. Desisopropylatrazin wurde nur einmal am Inn nachgewiesen. Ebenso konnten Simazin und Cyanazin nur einmal festgestellt werden.

Erhöhte Werte an Metolachlor wurden 13 mal gefunden, wobei besonders in der Raab und der Ravnitz z.T. hohe Werte von mehr als 1 µg/l nachgewiesen wurden.

Die Proben wiesen bezüglich der anderen untersuchten Pestizid-Wirkstoffe keine Auffälligkeiten auf.

Tab.3: Anzahl der im Untersuchungszeitraum (Anfang 1992 bis Juni 1993) analysierten Atrazin-Werte sowie jener, die Konzentrationen über 0,1 µg/l aufwiesen.

Bundesland	Werte	> 0,1 µg/l	%
Burgenland	77	22	28,6
Kärnten	212	9	4,2
Niederösterreich	185	69	37,3
Oberösterreich	241	15	6,2
Salzburg	128	0	0,0
Steiermark	126	8	6,3
Tirol	134	1	0,7
Vorarlberg	48	0	0,0
Wien	44	10	22,7
Österreich gesamt	1195	134	11,2

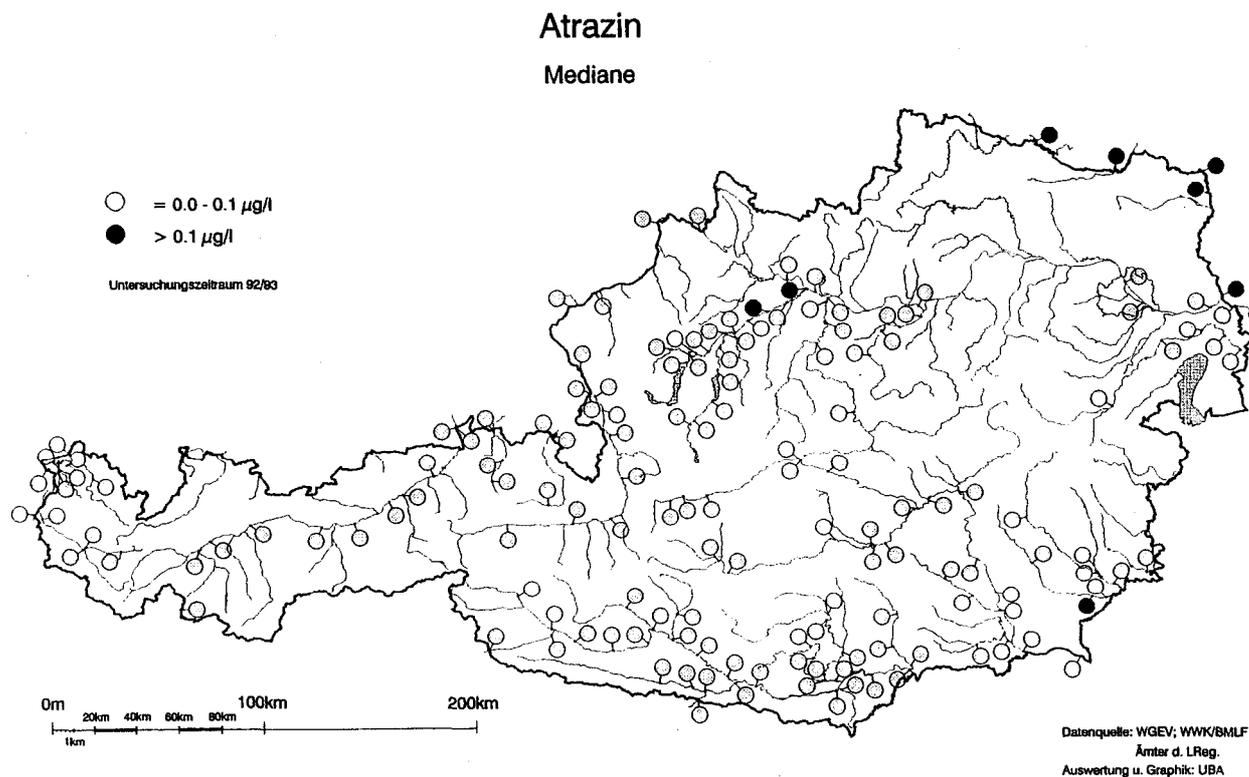


Abb.2: Medianwerte der Atrazin-Konzentrationen der Fließgewässermeßstellen im Beobachtungszeitraum 1992/93.

Nicht zuletzt ist es der verbesserten Analytik zu verdanken, daß Pestizide auch in Größenordnungen, wie sie im geschützt und unbelastet geglaubten Grundwasser auftreten, meßbar wurden, was zu einer zunehmenden Thematisierung der "Pestizidproblematik" führte (MILDE & FRIESEL, 1987).

Zusätzlich zur umfassenden Wassergüte-Erhebung gemäß "WGEV" wurden daher in den letzten Jahren im Rahmen regionaler Wassergüte-Untersuchungen auch Pestizid-Wirkstoffe analysiert. Im folgenden soll ein Überblick über in Österreich veröffentlichte Untersuchungen, die Analysen auf Pflanzenschutzmittel zum Ziel hatten, gegeben werden.

2.2. Pestizid-Untersuchungen im Grundwasser

2.2.1. Grundwassergüte Tullner Feld - Pilotstudie (GRATH et al., 1992)

Diese Untersuchung des Umweltbundesamtes stellt die Pilotstudie zur österreichweiten Wassergüte-Erhebung dar. Es wurden im Zeitraum von November 1989 bis November 1990 an 44 Grundwassersonden im Tullner Feld vierteljährlich Beprobungen durchgeführt. An jeder Meßstelle wurden über 40 Parameter untersucht, darunter auch folgende pestizide Wirkstoffe und zwei Metabolite (GRATH et al., 1992):

- | | |
|-----------------------|---------------------|
| * Atrazin | * Simazin |
| * Desethylatrazin | * Alachlor |
| * Desisopropylatrazin | * Aldicarb |
| * Bentazon | * Dichlorprop |
| * 2,4-D | * Pyridate (CL9673) |
| * Lindan | * Carbazim |
| * Thiophanate-Methyl | |

Im Untersuchungszeitraum konnten nur der Wirkstoff Atrazin und dessen Hauptmetabolit Desethylatrazin sowie Lindan nachgewiesen werden. Allerdings lag die Nachweisgrenze für Lindan bei 0,001 µg/l und damit um eine Zehnerpotenz niedriger als die für Atrazin und Desethylatrazin. Die festgestellten Werte für Lindan lagen nur geringfügig über dieser Nachweisgrenze.

Das Jahresmittel der Atrazin-Konzentrationen lag bei 28 Meßstellen unter 0,1 µg/l, bei 16 Meßstellen darüber (Tab.4). Nur bei 9 Meßstellen war Atrazin bei einer Nachweisgrenze von 0,01 µg/l nicht nachweisbar. Der höchste Wert im Jahresmittel betrug 1,13 µg/l.

Auch Desethylatrazin wurde häufig festgestellt, nur bei 7 Meßstellen konnte diese Substanz nicht nachgewiesen werden (Nachweisgrenze 0,02 µg/l). Das zeigt, daß auch Metabolite von Wirkstoffen noch einen beachtlichen Teil zur Gesamtbelastung beitragen können (GRATH et al., 1992).

Tab.4: Meßstellenzahl, deren Jahresmittel der Atrazin- bzw. Desethylatrazin-Werte im entsprechenden Konzentrationsbereich lag.

Konzentration in µg/l	Atrazin	Desethylatrazin
≤ 0,1	28	36
> 0,1 bis 0,5	12	7
> 0,5	4	1

2.2.2. Grundwasseruntersuchung im Unteren Kamptal (GEIST et al., 1989)

Von November 1987 bis November 1988 wurden in 5 Meßserien Wasserproben von Hausbrunnen und Gemeindewasserversorgungen im Unteren Kamptal auf zahlreiche chemisch-physikalische und organische Parameter untersucht. Wasserproben von 15 beprobten Brunnen wurden einmal auch auf Atrazin untersucht. Diese Brunnen lagen vor allem im Bereich des Horner Beckens (GEIST et al., 1989).

Die Verteilung der ermittelten Atrazin-Gehalte auf verschiedene Konzentrationsbereiche ist Tab.5 zu entnehmen. Erhöhte Atrazinwerte wurden vor allem in Nonndorf gemessen, wo Konzentrationen von bis zu 18,9 µg/l festgestellt werden mußten. Die Ursache für diesen Extremwert konnte im Rahmen der Untersuchung nicht ermittelt werden (GEIST et al., 1989).

Tab.5: Verteilung der Atrazin-Gehalte der untersuchten Brunnen auf verschiedene Konzentrationsbereiche.

Atrazin-Konzentration in µg/l	Anzahl der beprobten Brunnen
≤ 0,01	3
> 0,01 bis 0,1	4
> 0,1 bis 1	5
> 1 bis 2	1
> 2 bis 10	1
> 10	1

2.2.3. Grundwasseruntersuchungen auf Pflanzenschutzmittel und Nitrat im Leibnitzerfeld

(PODESSER-KORNETI & LORBEER, 1992; PODESSER-KORNETI, 1992a; PODESSER-KORNETI & STADLBAUER, 1995)

Das Grundwasser im Leibnitzerfeld wird in hohem Maße als Trinkwasser für Einzel- sowie für kommunale Versorgung genutzt. Die seit 1985 regelmäßig durchgeführten Grundwasseruntersuchungen in diesem Gebiet zeigten eine deutliche Zunahme der Belastung durch Nitrat und Pflanzenschutzmittel, die vorwiegend auf die intensive landwirtschaftliche Nutzung zurückzuführen ist. Das Vorkommen von Atrazin im Grundwasser hatte bereits zu einem Anwendungsverbot in drei Schongebieten dieser Region geführt.

Eine periodische (vierteljährlich) Untersuchung auf pestizide Wirkstoffe, die vom Umweltbundesamt in Zusammenarbeit mit der Fachabteilung Ia, Referat Gewässeraufsicht des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung durchgeführt wurde, sollte zeigen, ob nach dem Anwendungsverbot für Atrazin Wirkstoffe anderer Pestizide vermehrt im Grundwasser festzustellen sind (PODESSER-KORNETI & LORBEER, 1992).

Die Untersuchung von 14 Probenahmestellen in der Zeit von Februar 1990 bis Februar 1991 ergab für die Pestizide Dicamba, Pendimethalin, Pyridat (CL 9673) und Metolachlor ausschließlich Werte, die unter der Nachweisgrenze von 0,01 µg/l für Dicamba und Pendimethalin, bzw. 0,02 µg/l für Metolachlor und 0,1 µg/l für Pyridat, lagen. Nur einer der untersuchten Brunnen wies zweimal erhöhte Werte für Alachlor auf, bei allen anderen Entnahmestellen lag die Konzentration unter der Nachweisgrenze von 0,01 µg/l (PODESSER-KORNETI & LORBEER, 1992).

Die Atrazin-Werte aller Meßergebnisse aus dem Jahr 1990 lagen über der Bestimmungsgrenze der angewandten Methode von 0,1 µg/l. Die Verteilung der Meßergebnisse auf die verschiedenen Konzentrationsbereiche zeigt, daß Konzentrationen von 0,3 µg/l bis 0,5 µg/l am häufigsten auftraten (Tab.6).

Tab.6: Verteilung der Meßergebnisse für Atrazin (Februar 1990 bis Februar 1991) auf verschiedene Konzentrationsbereiche (55 Meßergebnisse = 100%).

Konzentration in µg/l	Anzahl der Meßergebnisse	Anteil in %
≥ 0,1 bis 0,3	17	30,9
> 0,3 bis 0,5	24	43,6
> 0,5 bis 0,7	9	16,4
> 0,7 bis 0,9	4	7,3
> 0,9 bis 1,0	1	1,8

Der höchste gemessene Atrazin-Wert betrug 0,96 µg/l und lag damit unter dem damaligen Grenzwert von 2 µg/l. Alle Meßergebnisse für Atrazin lagen jedoch über dem derzeit gültigen Grundwasserschwellenwert von 0,1 µg/l für Pestizide.

Im Jahr 1991 wurden die Grundwasserproben aus den 14 Brunnen monatlich auf Atrazin und Alachlor untersucht (PODESSER-KORNETI, 1992a). Die Grundwasserproben vom Juni und September wurden außerdem auf weitere 29 Pflanzenschutzmittel analysiert. Dabei konnten nur Metolachlor in einer Probe und Propazin in sechs Proben nachgewiesen werden. Die Konzentration an Alachlor lag bei allen Proben unter der Nachweisgrenze von 0,1 µg/l.

Die Atrazingehalte der Grundwasserproben lagen auch 1991 unter dem damaligen Grenzwert von 2 µg/l (Tab.7), jedoch über dem Grundwasserschwellenwert von 0,1 µg/l. Der höchste gemessene Wert betrug 1,77 µg/l. Bei 10 der 14 untersuchten Brunnen war der Trend des Atrazingehaltes steigend (PODESSER-KORNETI, 1992a).

Tab.7: Verteilung der Meßergebnisse für Atrazin (Jänner bis Dezember 1991) auf verschiedene Konzentrationsbereiche (166 Meßergebnisse = 100%).

Konzentration in µg/l	Anzahl der Meßergebnisse	Anteil in %
≥ 0,1 bis 0,5	126	75,9
> 0,5 bis 1,0	39	23,5
> 1,0 bis 1,5	0	0,0
> 1,5 bis 2,0	1	0,6

Zusätzlich wurden 1991 im Leibnitzerfeld von 10 Naßbaggerungen 50 Proben entnommen und ebenfalls auf Atrazin und Alachlor untersucht (PODESSER-KORNETI, 1992a). Der höchste gemessene Atrazinwert betrug 0,31 µg/l. Nur in 7 Proben (=14%) war Atrazin nicht nachweisbar (Nachweisgrenze 0,1 µg/l) . Die Alachlormessungen lagen bei allen Proben unter der Nachweisgrenze von 0,1 µg/l.

Bei Folgeuntersuchungen in den Jahren 1992 bis 1994 wurden monatlich Grundwasserproben aus 15 (1992) bzw. 16 (1993 und 1994) Brunnen entnommen und vor allem auf Belastungen durch Nitrat und Pflanzenschutzmittel (insbesondere Atrazin) untersucht. Zusätzlich wurden im Untersuchungszeitraum aus 10 Probenahmestellen (Naßbaggerungen) Wasserproben gezogen (5x in den Jahren 1992 und 1993, nur 1x 1994) und nur auf die Pestizide Atrazin und Alachlor untersucht (PODESSER-KORNETI & STADLBAUER, 1995).

Es zeigte sich, daß 1992 etwa 14%, 1993 8% und 1994 etwa 3% der untersuchten Grundwasserproben Atrazinwerte über der bis 1.7.1995 zulässigen Höchstkonzentration von 0,5 µg/l aufwiesen. Es konnte im Laufe der Untersuchungsjahre ein fallender Trend der Atrazinwerte festgestellt werden (Tab.8). Die Konzentration an Alachlor lag bei allen untersuchten Brunnen unter der Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/l.

Im Oktober 1993 wurden die Grundwasserproben zusätzlich auf die Pestizide Desethylatrazin, Desisopropylatrazin, Hexazinon, Methabenzthiazuron, Bromacil und 2-Hydroxyatrazin untersucht. Neben Atrazin konnten Desethylatrazin und in einer Probe auch Desisopropylatrazin nachgewiesen werden. Die zulässige Höchstkonzentration von 0,1 µg/l für Desethylatrazin wurde bei 5 der 15 untersuchten Proben überschritten.

Die höchste Atrazin-Konzentration in Proben aus den Naßbaggerungen betrug 0,4 µg/l. 1992 lagen 42% (50 Proben = 100%) der Atrazinwerte aus Naßbaggerungen unter der Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/l, 1993 38% (50 Proben = 100%) und 1994 alle der im Mai untersuchten Proben (PODESSER-KORNETI & STADLBAUER, 1995).

Tab.8: Verteilung der Meßergebnisse für Atrazin auf verschiedene Konzentrationsbereiche (174 Meßergebnisse = 100% für 1992, 186 Meßergebnisse = 100% für 1993 und 192 Meßergebnisse = 100% für 1994).

Konzentration in µg/l	1992		1993		1994	
	Anzahl	Anteil (%)	Anzahl	Anteil (%)	Anzahl	Anteil (%)
< 0,1	7	4,0	28	15,1	55	28,6
≥ 0,1 bis 0,3	102	58,6	102	54,9	102	53,1
> 0,3 bis 0,5	40	23,0	41	22,0	29	15,1
> 0,5 bis 0,7	17	9,8	13	7,0	3	1,6
> 0,7 bis 0,9	6	3,5	2	1,0	3	1,6
> 0,9 bis 1,0	2	1,1	0	0,0	0	0,0

2.2.4. Untersuchungen von Hausbrunnen im Bezirk Radkersburg (PODESSER-KORNETI, 1993)

Da ca. 28 % der steiermärkischen Bevölkerung ihr Trinkwasser aus Einzelwasserversorgungsanlagen beziehen, ist eine Kontrolle der Grundwasserqualität wesentlich. Mit dieser Zielsetzung wurden im Zeitraum von August 1991 bis Juni 1992 vom Referat Gewässeraufsicht des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung insgesamt 557 Einzelwasserversorgungsanlagen (Brunnen, Quellen und vereinzelt Arteser) im Bezirk Radkersburg in physikalischer, chemischer und mikrobiologischer Hinsicht untersucht. Im Zuge dessen wurden auch an Wasserproben aus 39 Einzelwasserversorgungsanlagen in neun Gemeinden die Konzentrationen der Pestizide Atrazin und Alachlor bestimmt (PODESSER-KORNETI, 1993).

Die Atrazinwerte lagen in 9 Proben (=23,1% der 39 untersuchten Proben) über dem bis 1. Juli 1995 gültigen Grenzwert von 0,5 µg/l. Mehr als die Hälfte der Proben mit Überschreitungen dieses Grenzwertes stammten aus der Gemeinde Murfeld. 21 Proben (=53,9% der 39 untersuchten Proben) wiesen Atrazin-Konzentrationen über 0,1 µg/l auf (Tab.9).

Die Konzentration von Alachlor lag bei allen untersuchten Proben unter der Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/l (PODESSER-KORNETI, 1993).

Tab.9: Verteilung der Meßergebnisse für Atrazin auf verschiedene Konzentrationsbereiche (39 Meßergebnisse = 100%).

Konzentration in µg/l	Anzahl der Meßergebnisse	Anteil in %
< 0,1	18	46,1
0,1 - 0,5	12	30,8
> 0,5 - 1,0	8	20,5
> 1,0	1	2,6

2.2.5. Grundwasseruntersuchungen im Unteren Murtal

(PODESSER-KORNETI, 1992b und 1994)

Das Referat Gewässeraufsicht des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung führte seit den Jahren 1975/76 Grundwasseruntersuchungen im Unteren Murtal durch. Dabei wurden seit 1989 die aus 16 Bohrsonden gezogenen Grundwasserproben neben zahlreichen chemisch-physikalischen Parametern auch auf Belastungen durch Pflanzenschutzmittel untersucht (PODESSER-KORNETI, 1992b und 1994).

Atrazin konnte bei nahezu allen untersuchten Proben nachgewiesen werden. Mehr als ein Drittel der Proben wiesen in den Jahren 1989 bis 1991 Atrazin-Konzentrationen von mehr als 0,5 µg/l auf (Tab.10). Im Jahr 1992 wurden zwischen 12,5% und 43,8% der Proben Atrazingehalte über der ab 1.1.1993 gültigen zulässigen Höchstkonzentration von 0,5 µg/l festgestellt. Im Jahr 1993 lagen 26,6% bis 37,5% der Grundwasserproben über dieser zulässigen Höchstkonzentration (Tab.10).

Neben Atrazin konnten im Zeitraum von 1989 bis 1991 oft auch Alachlor, Metazachlor und Metolachlor nachgewiesen werden (PODESSER-KORNETI, 1992b). Bei den Untersuchungen der Proben der 16 Entnahmestellen in den Jahren 1992 und 1993 auf Alachlor wurden nur an zwei Meßstellen einmalige Konzentrationen über der Bestimmungsgrenze von 0,1 µg/l festgestellt. Die ermittelten Werte lagen dabei bei 0,24 µg/l bzw. bei 0,15 µg/l (PODESSER-KORNETI, 1994).

Tab.10: Häufigkeitsverteilung der Atrazin-Konzentrationen (in%) in den beprobten Monaten (3, 4, 5, ...) sowie gesamt für die Untersuchungsjahre 1989 bis 1993.

Probenahme		Konzentration in µg/l			
Jahr	Monat	≤ 0,5	> 0,5 - 1,0	> 1,0 - 2,0	> 2,0
1989	6	60,0	33,3	6,7	0,0
1990	5	56,3	25,0	12,5	6,2
1990	9	56,3	31,2	12,5	0,0
1991	5	62,5	12,5	12,5	12,5
1991	9	62,5	31,3	6,2	0,0
1992	3/4	87,5	12,5	0,0	0,0
1992	6	81,2	18,8	0,0	0,0
1992	8	62,5	37,5	0,0	0,0
1992	11/12	56,2	31,3	12,5	0,0
1993	3	62,5	25,0	12,5	0,0
1993	5	68,7	31,3	0,0	0,0
1993	8	62,5	31,3	6,2	0,0
1993	11	73,4	20,0	6,6	0,0

2.2.6. Karstwasserqualität (HERLICKA & LORBEER, 1994)

Im Rahmen des Pilotprojektes "Dachstein" wurden mehr als 40 Quellen, ein Bach und Sickerwasseraustritte im Bereich einer aufgelassenen Deponie vierteljährlich in der Zeit von August 1991 bis August 1992 beprobt und auf etwa 60 chemisch-physikalische Parameter untersucht (HERLICKA & LORBEER, 1994). Diese großräumige Erhebung der Karstwasserqualität in einem der größten Karstmassive Österreichs sollte u.a. die Erfassung und Quantifizierung von Einflußfaktoren ermöglichen. Um Zusammenhänge zwischen Niederschlägen (quantitativ und qualitativ) und der Karstgrundwasserqualität erkennen zu können, wurden über den gesamten Untersuchungszeitraum Monatsmischproben des Niederschlages vom Krippenstein analysiert.

An organischen Substanzen konnten in den Niederschlagswässern nur Trichloressigsäure (TCA) und Hexachlorcyclohexan (α -HCH und γ -HCH) nachgewiesen werden. Trichloressigsäure ist ein in der Bundesrepublik Deutschland zugelassener Pflanzenschutzmittelwirkstoff, in Österreich ist seine Verwendung jedoch verboten. Die Gehalte von bis zu 0,25 $\mu\text{g/l}$ im Niederschlagswasser liegen z.T. deutlich über dem Pestizid-Grenzwert von 0,1 $\mu\text{g/l}$ für Trinkwasser (Trinkwasser-Pestizidverordnung, BGBl. Nr. 448/1991). Bei den nachgewiesenen Spuren handelt es sich um das Pestizid Lindan, das zu 99% aus γ -HCH besteht. Die Gehalte zwischen 0,005 $\mu\text{g/l}$ und 0,045 $\mu\text{g/l}$ liegen zwar unter dem Pestizid-Grenzwert für Trinkwasser, sind verglichen mit anderen Untersuchungen jedoch als auffällig hoch zu bezeichnen (HERLICKA & LORBEER, 1994).

Wie bei anorganischen, so konnten auch bei den organischen Inhaltsstoffen des Niederschlagswassers starke jahreszeitliche Konzentrations-Schwankungen beobachtet werden.

Im Karstquellwasser konnten in keinem der fünf Probendurchgänge Spuren der analysierten Pestizide Atrazin und Lindan nachgewiesen werden, obwohl die angesetzten Analysegrenzen von 0,01 $\mu\text{g/l}$ für Atrazin und 0,0001 $\mu\text{g/l}$ bis 0,001 $\mu\text{g/l}$ für Lindan sehr tief lagen.

2.3. Pestizid-Untersuchungen in Oberflächengewässern

2.3.1. Gewässergüte-Untersuchungen im Marchfeld

(KAUPA et al., 1988)

Im Rahmen des Marchfeldkanalprojektes wurde der Ist-Zustand der relevanten Gewässer untersucht. Dazu wurden im Zeitraum von April 1984 bis Dezember 1987 von zwei Probenahmestellen an der Donau (in Langenzersdorf und Stopfenreuth), sechs Meßstellen am Rußbach und zwei am Stempfelbach vierteljährliche Proben auf zahlreiche chemisch-physikalische und biologische Parameter untersucht. Im ersten Untersuchungsjahr waren aus der Donau Proben in 14-tägigen Intervallen entnommen worden, ab November 1984 wurde auch hier auf eine vierteljährliche Beprobung übergegangen. Zusätzlich zur Oberflächenwasser-Beprobung wurden an 120 Grundwassermeßstellen vierteljährlich, bzw. nur einmal jährlich bei Meßstellen von untergeordneter Bedeutung, Proben entnommen und ebenso auf zahlreiche chemisch-physikalische Parameter untersucht (KAUPA et al., 1988).

Stichprobenartig wurden die Wasserproben auch auf folgende Pestizide untersucht: Atrazin, Siamzin, α -HCH, γ -HCH (Lindan), Alachlor, Aldrin, 2,4-D und 2,4,5-T. Dabei traten im Donauwasser im Oktober 1985 und Juni 1986 erhöhte Konzentrationen der untersuchten Wirkstoffe auf, was möglicherweise auf den Anwendungszeitpunkt zurückzuführen ist. Die ermittelten Wirkstoff-Konzentrationen lagen außer einem Wert für Aldrin sämtlich unter den damals gültigen Trinkwasser-Grenzwerten der jeweiligen Substanzen (KAUPA et al., 1988). Minimal-, Maximal- und Mittelwert der Pestizid-Konzentrationen der Untersuchungsgewässer sind Tab. 11 zu entnehmen.

Die Untersuchung des Grundwassers auf Pestizide beschränkte sich vorerst auf die häufig angewendeten Herbizide Atrazin, Simazin und Alachlor. Es konnte Simazin nicht, Alachlor selten und Atrazin häufig nachgewiesen werden. In 60% der Grundwasserproben wurden Atrazinrückstände gefunden.

Tab.11: Minimal-, Maximal- und Mittelwert der Analysenwerte (in µg/l) der untersuchten Pestizide an verschiedenen Meßstellen unter Angabe der Probenzahl.
(n.n. = nicht nachweisbar)

	Atrazin	Simazin	α - HCH	γ - HCH	Alachlor	Aldrin	2,4 - D	2,4,5 - T
Donau - Langenzersdorf								
Minimum	0,07	n.n.	n.n.	0,003	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Maximum	0,33	0,02	0,02	0,05	0,16	0,05	2,07	1,25
Mittelwert	0,16	--	--	--	--	--	--	--
Probenzahl	5	3	7	7	4	4	7	7
Rußbach - Parbasdorf								
Minimum	0,17	--	0,01	n.n.	0,03	n.n.	0,13	n.n.
Maximum	1,54	--	2,62	0,02	0,05	0,03	0,47	0,20
Mittelwert	0,63	0,02	0,549	0,008	0,04	0,012	0,316	0,07
Probenzahl	3	1	5	5	2	5	5	5
Rußbach - Engelhartstetten								
Minimum	0,09	--	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Maximum	0,99	--	1,24	<0,005	0,06	0,06	0,5	0,4
Mittelwert	0,46	0,02	0,264	<0,001	0,03	<0,018	<0,188	<0,17
Probenzahl	3	1	5	5	2	5	5	5
Stempfelbach - Untersiebenbrunn								
Minimum	0,20	--	0,007	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,05
Maximum	1,02	--	0,60	0,01	0,10	0,06	0,72	0,75
Mittelwert	0,66	0,34	0,136	0,003	0,05	0,018	0,268	0,28
Probenzahl	3	1	5	5	2	5	5	5
Stempfelbach - Groissenbrunn								
Minimum	0,08	--	0,001	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Maximum	0,13	--	0,015	0,02	0,06	0,03	0,40	0,37
Mittelwert	0,105	0,01	0,037	<0,005	0,03	<0,012	<0,20	<0,084
Probenzahl	2	1	5	5	2	5	5	5

2.3.2. Baggerseen und ihre Wechselbeziehungen zum Grundwasser (BMLF, 1995)

Baggerseen sind durch Schotterabbau freigelegte Grundwasserkörper, die nach ihrer Entstehung immer noch in Wechselbeziehung zum Grundwasser stehen. Der Grundwasserkörper ist nach dem Öffnen vielfachen Belastungen ausgesetzt und es besteht die Gefahr eines erhöhten Schadstoffeintrages. Im Rahmen von interdisziplinären Untersuchungen wurden an den Schwarzlseen (Steiermark), dem Weizelsdorfer Badeseesee (Kärnten) und dem Baggersee Ornding (Niederösterreich) die Wechselbeziehungen zwischen offenem und geschlossenem Grundwasserkörper sowie die Auswirkungen von Einzugsgebiet, Ufergestaltung und Folgenutzungen auf die Qualität des Grundwassers untersucht (BMLF, 1995). Im Zuge der physikalisch-chemischen Untersuchungen der Wasserproben wurden auch Pestizide analysiert.

Eine Untersuchung auf Pestizide erfolgte an den Schwarzlseen am 2.12.1991 im Tiefenprofil beider Seen und an sechs nahegelegenen Brunnen. In allen Proben wurde Atrazin nachgewiesen und in drei der untersuchten Brunnen konnte auch Metolachlor gefunden werden. Am 6.7.1992 wurden die Proben erneut auf Pestizide analysiert, wobei diesmal nur Atrazin nachgewiesen werden konnte. Es zeigte sich bei beiden Untersuchungen, daß die Konzentration von Atrazin im See und im Unterstrombereich stark abnimmt.

Eine vergleichende Untersuchung der Atrazin-Konzentrationen im zu- und abströmenden Grundwasser und in den Baggerseen selbst zeigte v.a. für die Schwarzlseen erhöhte Werte (Tab.12), die hauptsächlich auf die intensive landwirtschaftliche Nutzung des Einzugsgebietes zurückgeführt werden (BMLF, 1995).

Tab.12: Atrazinwerte (Minimum, Maximum und Mittelwert in µg/l) im zu- und abströmenden Grundwasser sowie an der Oberfläche und über Grund der untersuchten Baggerseen (n.n. = nicht nachweisbar).

	Schwarzl			Weizelsdorf			Ornding		
	Min.	Max.	Mittel.	Min.	Max.	Mittel.	Min.	Max.	Mittel.
zuström. GW	0,1	0,7	0,4	-	-	0,02	0,04	0,1	0,07
See-Oberfläche	0,1	0,14	0,12	n.n.	n.n.	n.n.	-	-	0,08
See-Grund	0,1	0,13	0,11	n.n.	n.n.	n.n.	-	-	0,11
abström. GW	n.n.	0,1	0,06	n.n.	n.n.	n.n.	0,04	0,14	0,09

2.3.3. Pestiziduntersuchung an Kärntner Seen

Im Rahmen der Gewässergüteaufsicht wurden von der Unterabteilung 15U Gewässerökologie des Amtes der Kärntner Landesregierung in den Jahren 1992 und 1993 Wasserproben von drei Kärntner Seen auf Pestizide untersucht. Anfang Juni 1993 wurden zusätzlich die Hauptzuflüsse dieser Seen beprobt und auf Pflanzenschutzmittel analysiert (DEISINGER, pers. Mitt.).

Von 21 im Jahre 1992 analysierten Wirkstoffen konnten neben Atrazin und dessen Hauptmetabolit Desethylatrazin (Tab.13) auch 1,4- und 1,2-Dichlorbenzol in Konzentrationen über der Nachweisgrenze festgestellt werden. 1,4-Dichlorbenzol trat in Konzentrationen von 0,1 µg/l bis 0,02 µg/l, 1,2-Dichlorbenzol von 0,1 µg/l bis 0,03 µg/l auf.

1993 umfaßten die Analysen 13 Pestizide, von denen nur die Gehalte an Atrazin und Desethylatrazin die Nachweisgrenze überschritten. 1,4- und 1,2-Dichlorbenzol wurden in diesem Jahr nicht untersucht. Die Konzentrationen von Atrazin und Desethylatrazin lagen deutlich unter dem Trinkwassergrenzwert von 0,5 µg/l seit 1. Jänner 1993, bzw. auch unter dem ab 1. Juli 1995 geltenden Grenzwert von 0,1 µg/l. Die Atrazin-Werte wiesen 1993 gegenüber den Vergleichswerten von 1992 einen geringen Rückgang auf, Desethylatrazin wurde 1993 in gleichen bzw. z.T. deutlich höheren Konzentrationen als Atrazin gefunden. Um Rückschlüsse auf eventuelle jahreszeitliche Schwankungen oder längerfristige Tendenzen feststellen zu können, wären jedoch häufigere Untersuchungen über mehrere Jahre notwendig.

Tab.13: Analysenergebnisse für Atrazin und Desethylatrazin in µg/l der Wasserproben aus drei Kärntner Seen sowie deren Zuflüssen (n.a. = nicht analysiert).

Gewässer	Atrazin		Desethylatrazin	
	1992	1993	1992	1993
Ossiacher See	0,04	0,02	0,02	0,02
Tiebel (Zufluß Ossiacher See)	n.a.	0,01	n.a.	0,01
Hafner See	0,02	0,01	0,03	0,04
Rakouzabach (Zufluß Hafner See)	n.a.	0,04	n.a.	0,05
Keutschacher See	0,02	n.a.	0,02	n.a.
Abfluß Hafnersee = Zufluß Keutschacher See	n.a.	0,01	n.a.	0,04

2.3.4. Amphibien als Bioindikatoren für die Schadstoffbelastung von Kleingewässern (CHOVANEC & GRILLITSCH, 1994; GRILLITSCH & CHOVANEC, 1995)

Im Rahmen dieser Studie wurden im Frühsommer 1992 die stofflichen Belastungen zweier Kleingewässer im niederösterreichischen Weinviertel untersucht (CHOVANEC & GRILLITSCH, 1994; GRILLITSCH & CHOVANEC, 1995). Es handelte sich dabei um einen temporär wasserführenden Graben inmitten intensiv bewirtschafteter Felder sowie einen von landwirtschaftlichen Flächen etwas isoliert gelegenen, ständig wasserführenden Teich. Neben Analysen von Wasser- und Sedimentproben auf Schwermetalle und Pestizide, stand die Untersuchung von Laich und Larven der Amphibienarten *Bufo bufo*, *Rana dalmatina* und *Rana ridibunda* auf diese Substanzen im Vordergrund. Springfrösche (*Rana dalmatina*) konnten nur im Feldgraben, Erdkröten (*Bufo bufo*) und Seefrösche (*Rana ridibunda*) im Teich gefunden werden.

Während an beiden Standorten im Wasser Lindan, Atrazin und dessen Abbauprodukt Desethylatrazin nachgewiesen werden konnten, wurde im Sediment und in Laich und Larven der drei Amphibienarten nur Lindan gefunden, dieses jedoch in z.T. deutlichen Konzentrationen (vgl. Tab.14). Die Belastung auch des eher abgeschirmt gelegenen Teiches unterstreicht die Gefährdung aquatischer Systeme durch die Verfrachtung ausgebrachter Pestizide. Amphibien sind einerseits durch die hohe Permeabilität ihrer Haut, andererseits durch ihre Nahrungsaufnahme - sowohl als Aufwuchs- und Detritusfresser in der Larvalphase als auch als Lauerjäger in ihren terrestrischen Sommerhabitaten - stark von Schadstoffaufnahme und -akkumulation bedroht. Durch die biologische Verfügbarkeit zahlreicher in Gewässer eingebrachter Stoffe und die daraus resultierende akute Bedrohung der ökologischen Funktionsfähigkeit sind wirksame Schutzmaßnahmen vehement gefordert.

Tab.14: Pestizide in ppb (= µg/kg TG bzw. µg/l) für Wasser- und Sedimentproben sowie für Amphibienlaich und -larven, zusammenfassend für beide Gewässer und die drei Amphibienarten. BG = Bestimmungsgrenze, n.n. = nicht nachweisbar

Pestizide	Wasser	Sediment	Amphibien -	
			Laich	Larven
Atrazin	0,01-0,1	n.n.	n.n.	n.n.
Desethylatrazin	n.n.-0,2	n.n.	n.n.	n.n.
Desisopropylatrazin	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Lindan	0,003-0,018	0,15-0,30	0,4-5,7	0,4-0,5
Alachlor	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
2,4-D	< BG	n.n.	n.n.	n.n.
2,4-DP	< BG	n.n.	n.n.	n.n.

2.3.5. Pestizide im Sediment und Quellmoos (*Fontinalis antipyretica*) zweier Flüsse in Oberösterreich (CHOVANEC et al., 1994)

An je zwei Stellen der Flüsse Donau und Traun im Linzer Raum wurden Proben des Sediments entnommen und auf eine Vielzahl organischer und anorganischer Substanzen untersucht. Ergänzend dazu wurden ganze Pflanzen des Quellmooses (*Fontinalis antipyretica*), das an drei der Probenpunkte vorkam, entnommen und auf dieselben Parameter analysiert. An einer Entnahmestelle war das Vorkommen des Quellmooses jedoch zu gering, um organische Substanzen nachweisen zu können, wodurch nur von zwei Probenahmestellen entsprechende Daten vorliegen (CHOVANEC et al., 1994).

Unter den analysierten Pestiziden fielen v.a. die Werte von Lindan (γ -HCH) auf. Es wurde in allen Proben nachgewiesen und trat im Sediment in Konzentrationen von 0,2 $\mu\text{g}/\text{kg}$ Trockengewicht bis 0,3 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TG auf. Im Quellmoos lagen die Lindanwerte deutlich höher (Tab.15), was auf eine Akkumulation dieser Substanz in der Pflanze hinweist. Unterschiede zwischen den Teilen der Quellmoosproben werden mit Inhomogenitäten in den Probenanteilen, wie z.B. unterschiedliches Alter der Pflanzen, erklärt (CHOVANEC et al., 1994).

Atrazin und Desisopropylatrazin wurden nur in Sedimentproben gefunden, nicht im Quellmoos (Tab.15). Desethylatrazin konnte nicht nachgewiesen werden. Weiters wurde DDT zweimal (0,7 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TG und 1,8 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TG), DDE einmal (0,5 $\mu\text{g}/\text{kg}$ TG) und DDD nicht im Quellmoos gefunden. Sedimentproben waren auf diese Substanzen nicht analysiert worden.

Tab.15: Gehalte an Pestizid-Wirkstoffen in $\mu\text{g}/\text{kg}$ Trockengewicht von Sedimentproben und Pflanzen des Quellmooses (*Fontinalis antipyretica*) an zwei Entnahmestellen (A,D) an der Donau und zwei (B,C) an der Traun. Die Quellmoos-Proben wurden zweigeteilt (a,b) und getrennt untersucht. (n.n. = nicht nachweisbar)

Pestizid - Wirkstoffe	Sediment				Quellmoos					
	A	B	C	D	C/1a	C/1b	C/2a	C/2b	D/1a	D/1b
α -HCH	n.n.	0,11	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
β -HCH	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
γ -HCH	0,2	0,31	0,28	0,21	3,7	1,8	3,8	2,5	3,8	3,5
δ -HCH	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	0,8	n.n.	0,9	n.n.	1,1	n.n.
ϵ -HCH	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	1,7	n.n.	2,1	n.n.	1,7	n.n.
Atrazin	n.n.	0,44	n.n.	0,64	--	n.n.	--	n.n.	--	n.n.
Desethylatrazin	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	--	n.n.	--	n.n.	--	n.n.
Desisopropylatrazin	n.n.	1,04	n.n.	n.n.	--	n.n.	--	n.n.	--	n.n.

2.4. Pestizid-Untersuchungen im Niederschlag

2.4.1. Pestizide im Niederschlag

(EILMSTEINER & LORBEER, 1995)

An sieben Standorten in Österreich (Abb.3) wurden mittels automatisierten Niederschlagsammlern („WADOS“, „wet-and-dry-only-sampler“) von Anfang 1991 bis Ende 1993 monatliche Mischproben genommen und diese auf verschiedene Pestizidwirkstoffe, Chlorkohlenwasserstoffe und anorganische Parameter untersucht (EILMSTEINER & LORBEER, 1995).

Das am häufigsten in der nassen Deposition nachgewiesene Pflanzenschutzmittel ist das Insektizid Lindan (γ -HCH). Es wurde an allen Standorten gefunden, wobei Niederschläge in Silberberg auffällig erhöhte Werte aufwiesen (Tab.16). Während die Lindankonzentration an den übrigen Standorten stets unter 100 ng/l lagen, wurde dieser Wert in Silberberg bis zum zwölfwachen überschritten. Die Konzentrationen dieses Pestizids sind zwar auch von der Jahreszeit abhängig, doch waren diese selbst in Zeiten, in denen nicht mit einer Ausbringung zu rechnen war, teilweise auffällig hoch. So wurde z.B. der Maximalwert am Sonnblick im Jahre 1992 im Dezember gemessen.

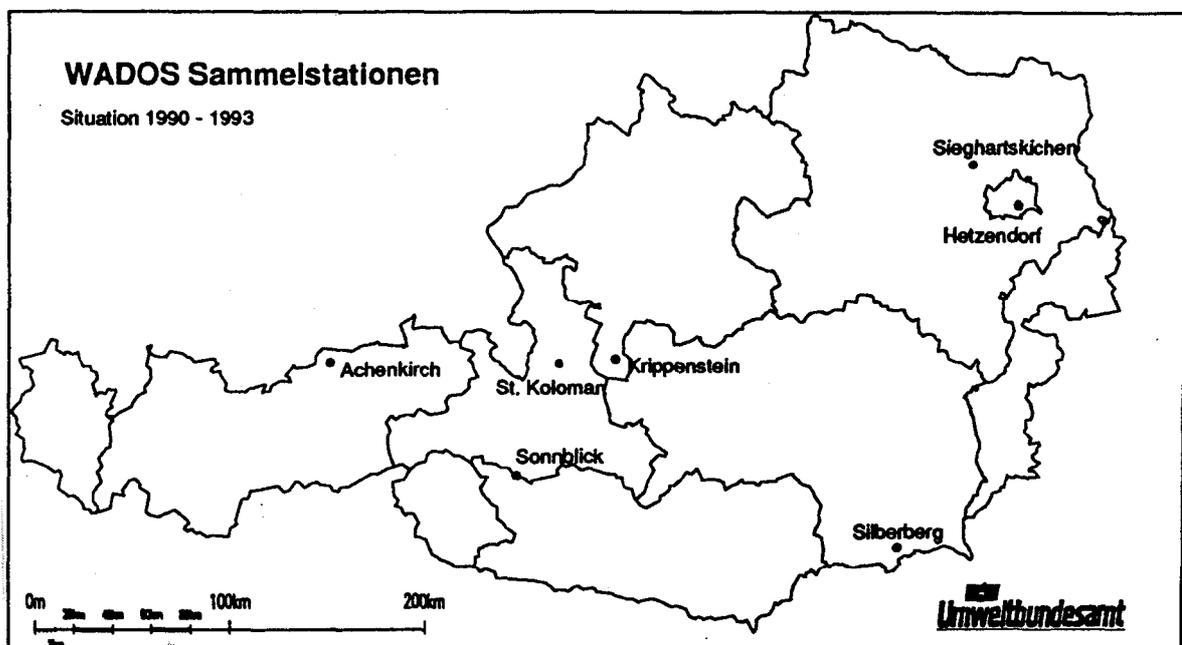


Abb.3: Lage der sieben Niederschlagssammler im österreichischen Bundesgebiet.

Bei allen Stationen mit Ausnahme von Silberberg ist von 1992 auf 1993 eine fallende Tendenz der Jahresdurchschnitte festzustellen (Tab.16), was auf das Anwendungsverbot von Lindan als Pflanzenschutzmittel (Ausnahme: Saatgutbeizung, Holzschutzmittel) zurückzuführen sein dürfte (EILMSTEINER & LORBEER, 1995). Für die auffallend hohen Werte in der nassen Deposition von Silberberg liegt bisher keine Erklärung vor.

Die ermittelten Werte von α -HCH waren an allen Standorten sehr gering, was auf die Ausbringung des γ -HCH in Form von Lindan hinweist. Läge der Grund für die hohen Werte in einer Freisetzung von technischem HCH, so müßten die anderen Isomere in größeren Konzentrationen nachweisbar sein (HUMER et al., 1994).

Tab.16: Mittelwert (MW), Minimal- (min) und Maximalwert (max) der γ -HCH-Konzentrationen (in ng/l) der Monatsmischproben der sieben Sammlerstandorte in den Untersuchungsjahren 1991 bis 1993 (n.n. = nicht nachweisbar).

Standort	1991			1992			1993		
	MW	min	max	MW	min	max	MW	min	max
Achenkirch / Tirol	18	3	40	45	15	95	19	10	40
Hetzendorf / Wien	16	3	35	22	n.n.	50	13	6	20
Krippenstein / OÖ	18	5	55	20	5	45	14	6	40
Sieghartskirchen / NÖ	31	10	65	37	n.n.	80	33	20	50
Silberberg / Steiermark	199	30	1200	432	110	970	570	160	940
Sonnblick / Kärnten	13	6	30	15	4	30	11	6	25
St. Kolomann / Salzburg	34	6	70	31	n.n.	95	18	10	40

Atrazin und dessen Hauptmetabolit Desethylatrazin zählten zu den im Niederschlagswasser am häufigsten nachgewiesenen Pestiziden. Die Nachweisgrenze für diese Substanzen lag bei 10 ng/l, bzw. zwischen 10 ng/l und 20 ng/l für Probenmengen unter 1l.

Vor allem im Jahr 1991 zeigte sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen Ausbringungszeit des Herbizids Atrazin im Frühjahr und seiner Konzentration in der nassen Deposition. Die Analysenwerte waren an Standorten in landwirtschaftlich intensiv genutzter Umgebung höher als an abgelegenen Standorten. Desethylatrazin trat 1991 stets gemeinsam mit Atrazin in den Proben auf.

1992 wurde Atrazin nicht im Frühsommer wie 1991, sondern vorwiegend im Herbst in den Niederschlagsproben gefunden. In diesem Jahr traten auch an abgelegenen Standorten vergleichbare Konzentrationen wie an Standorten in landwirtschaftlich genutzter Umgebung auf, was auf einen Ferntransport dieser Substanz hinweist. Im allgemeinen waren die Konzentrationen an Atrazin 1992 geringer als 1991 (Tab.17), was seine Ursache in einer Beschränkung der Ausbringungsmenge auf 0,5 kg/ha seit Februar 1992 haben könnte.

Im Widerspruch dazu stehen jedoch die im Frühsommer 1993 gefundenen Konzentrationen, die z.T. ähnliche Werte wie 1991 erreichten. Hinsichtlich der Häufigkeit der Atrazin-Nachweise konnte im Untersuchungszeitraum keine Abnahme festgestellt werden (EILMSTEINER & LORBEER, 1995).

Tab.17: Mittelwert (MW), Minimal- (min) und Maximalwert (max) der Atrazinkonzentrationen (in ng/l) der Monatsmischproben der sieben Sammlerstandorte in den Untersuchungsjahren 1991 bis 1993 (n.n. = nicht nachweisbar).

Standort	1991			1992			1993		
	MW	min	max	MW	min	max	MW	min	max
Achenkirch / Tirol	6	n.n.	26	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.	n.n.
Hetzendorf / Wien	27	n.n.	172	2	n.n.	25	20	n.n.	200
Krippenstein / OÖ	7	n.n.	42	n.n.	n.n.	n.n.	3	n.n.	39
Sieghartskirchen / NÖ	37	n.n.	228	5	n.n.	29	9	n.n.	80
Silberberg / Steiermark	30	n.n.	136	2	n.n.	25	6	n.n.	50
Sonnblick / Kärnten	n.n.	n.n.	n.n.	2	n.n.	29	n.n.	n.n.	n.n.
St. Kolomann / Salzburg	12	n.n.	117	3	n.n.	29	4	n.n.	28

3. Literatur

- BGBI. (Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich) Nr. 252/1990: Wasserrechtsgesetz-Novelle 1990. Wien, 1990.
- BGBI. (Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich) Nr. 476/1990: Pflanzenschutzmittelgesetz - PMG. Wien, 1990.
- BGBI. (Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich) Nr. 338/1991: Wassergüteerhebungsverordnung - WGEV. Wien, 1991.
- BGBI. (Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich) Nr. 448/1991: Trinkwasser-Pestizidverordnung. Wien, 1991.
- BGBI. (Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich) Nr. 502/1991: Grundwasserschwellenwertverordnung - GSwV. Wien, 1991.
- BGBI. (Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich) Nr. 97/1992: Verordnung des Bundesministers für Umwelt, Jugend und Familie über ein Verbot bestimmter gefährlicher Stoffe in Pflanzenschutzmitteln. Wien, 1992.
- BGBI. (Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich) Nr. 384/1993: Trinkwasser - Ausnahmeverordnung. Wien, 1993.
- BGBI. (Bundesgesetzblatt für die Republik Österreich) Nr. 359/1995: Oberflächen-Trinkwasserverordnung. Wien, 1995.
- BMLF (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft) (1993): Immissionsverordnung Fließgewässer - Entwurf.
- BMLF (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft) (1994): Bericht über die Lage der österreichischen Landwirtschaft 1993 gemäß § 9 des Landwirtschaftsgesetzes, BGBI. Nr. 375/1992. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- BMLF (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft) (1995): Baggerseen und ihre Wechselbeziehungen zum Grundwasser. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft - Wasserwirtschaftskataster, Wien.
- BITTERMANN, W. & G. ZETHNER (1994): Landwirtschaft. In: ÖSTERREICHISCHES STATISTISCHES ZENTRALAMT & UMWELTBUNDESAMT (Hrsg.): Umwelt in Österreich - Daten und Trends 1994. Wien.
- BRANDSTETTER, S. (1995): Pestizide. In: WWK/UBA: Wassergüte in Österreich - Jahresbericht 1994. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- CHOVANEC, A. (1995): Pesticides in the aquatic environment - experiences from Austrian monitoring programmes. Toxicol. Environ. Chem, 51: 205-220.
- CHOVANEC, A. & B. GRILLITSCH (1994): Amphibien als Bioindikatoren für die Schadstoffbelastung von Kleingewässern. UBA-BE-016, Umweltbundesamt, Wien.

- CHOVANEC, A, W.R. VOGEL, G. LORBEER, A. HANUS-ILLNAR & P. SEIF (1994): Chlorinated organic compounds, PAHs and heavy metals in sediments and aquatic mosses of two Upper Austrian rivers. *Chemosphere*, 29: 2117-2133.
- CHOVANEC, A. & G. WINKLER (1995): Chemisch-physikalische Wassergüte. In: WWK/UBA: Wassergüte in Österreich - Jahresbericht 1994. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- DONNERER, J. (1995): Atrazin im Trinkwasser. *gww - Gas Wasser Wärme*, 49 (11): 370-375.
- EILMSTEINER, W.G. & G.E. LORBEER (1995): Pestizide, Chlorkohlenwasserstoffe und anorganische Inhaltsstoffe im Niederschlag. Projektbericht, Umweltbundesamt, Wien.
- FILA, F. & H. KOHLMANN (1990): Untersuchungen über die Belastung von Grundwasser und Oberflächengewässern mit Pestiziden. Abschlußbericht / Projektnummer 19/86, Wien.
- GEIST, S., J. GRATH & H. HERLICKA (1989): Grundwasseruntersuchung im Unteren Kamptal. Monographien Band 13, Umweltbundesamt, Wien.
- GRATH, J. und Mitarbeiter (1992): Grundwassergüte Tullner Feld - Pilotstudie, Beitrag zum österreichischen Grundwasserkataster. Monographien Band 30, Umweltbundesamt, Wien.
- GRATH, J., H. HALBWIRT & E. STADLER (1995): Auswertung entsprechend den Kriterien der Grundwasserschwellenwertverordnung. In: WWK/UBA: Wassergüte in Österreich - Jahresbericht 1994. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- GRILLITSCH, B. & A. CHOVANEC (1995): Heavy metals and pesticides in anuran spawn and tadpoles, water, and sediment. *Toxicol. Environ. Chem.*, 50: 131-155.
- HERLICKA, H. & G. LORBEER (1994): Pilotprojekt "Karstwasser Dachstein" - Band 1: Karstwasserqualität. Monographien Band 41, Umweltbundesamt, Wien.
- HERLICKA, H. & A. SCHEIDLER (1995): Karst- und Kluftgrundwasser. In: WWK/UBA: Wassergüte in Österreich - Jahresbericht 1994. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.
- HUMER, G., W. EILMSTEINER & G. LORBEER (1994): Lindan im Niederschlag. UBA-BE-010, Umweltbundesamt, Wien.
- KAUPA, H., W. NEUDORFER, H. PESCHL & T. ZAK (1988): Gewässergüteuntersuchungen 1984 - 1987. Errichtungsgesellschaft Marchfeldkanal (Hrsg.), Wien.
- KUBMAUL, H. & U. KREUTER (1994): Grundwasserbelastung durch Herbizidanwendung auf Bahngleisen - Fallstudien. Forschungsbericht des Umweltbundesamtes, UBA-FB 94-112, Berlin.
- MILDE, G. & P. FRIESEL (1987): Grundwasserqualitätsbeeinflussungen durch Anwendungen von Pflanzenschutzmitteln. In: MILDE, G. & P. FRIESEL: Grundwasserbeeinflussung durch Pflanzenschutzmittel. Schriftenreihe des Vereins für Wasser-, Boden- und Lufthygiene, Band 68, Berlin.

- MÜLLER, A., R. FREIDHAGER & J. HACKL (1993): Pflanzenschutzmitteleinsatz in der Forstwirtschaft - Eine ökologische und legistische Standortbestimmung. Monographien des Umweltbundesamtes, Band 34, Wien.
- NORDMEYER, H. (1988): Zum Verhalten von Pflanzenschutzmitteln im Boden und Grundwasser. Mitteilungen des Instituts für Wasserwirtschaft, Hydrologie und landwirtschaftlichen Wasserbau der Universität Hannover, Heft 67.
- ÖSTAT (Österreichisches Statistisches Zentralamt) (1994): Ergebnisse der landwirtschaftlichen Statistik im Jahre 1993. Beiträge zur österreichischen Statistik, Heft 1.137, Wien.
- ÖSTERREICHISCHE BUNDESREGIERUNG (1995): Nationaler Umweltplan. Bundesministerium für Umwelt, Wien.
- PIRKLHUBER, W. & K. GRÜNDLINGER (1993): Der biologische Landbau in Österreich. Ein Beitrag zur umweltverträglichen Landbewirtschaftung. Monographien des Umweltbundesamtes, Band 35, Wien.
- PODESSER-KORNETI, L. (1992a): Grundwasseruntersuchungen im Leibnitzerfeld Jänner bis Dezember 1991. Bericht der LBD-Fachabteilung Ia, Referat Gewässeraufsicht, des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Graz.
- PODESSER-KORNETI, L. (1992b): Grundwasseruntersuchungen im Unteren Murtal 1975/76 bis 1991. Bericht der LBD-Fachabteilung Ia, Referat Gewässeraufsicht, des Amtes der Steiermärkischen Landesregierung, Graz.
- PODESSER-KORNETI, L. (1993): Untersuchungen von Hausbrunnen im Bezirk Radkersburg. Bericht der Fachabteilung Ia, Referat Gewässeraufsicht, der Landesbaudirektion beim Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz.
- PODESSER-KORNETI, L. (1994): Grundwasseruntersuchungen im Unteren Murtal 1992 bis 1993. Bericht Nr 13/94 der Fachabteilung Ia, Referat Gewässeraufsicht, der Landesbaudirektion beim Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz.
- PODESSER-KORNETI, L. & G. LORBEER (1992): Grundwasseruntersuchungen auf Pflanzenschutzmittel und Nitrat im Leibnitzerfeld. Bericht der Fachabteilung Ia der Landesbaudirektion beim Amt der Steiermärkischen Landesregierung, in Zusammenarbeit mit dem Umweltbundesamt Wien. Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz.
- PODESSER-KORNETI, L. & H. STADLBAUER (1995): Grundwasseruntersuchungen im Leibnitzerfeld 1992 bis 1994. Bericht Nr 10/95 der Fachabteilung Ia, Referat Gewässeraufsicht, der Landesbaudirektion beim Amt der Steiermärkischen Landesregierung, Graz.
- POSCH, A. (1995): ÖPUL als Steuerungsinstrument für die Wasserwirtschaft. In: BUNDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT: Gewässerverträgliche Landbewirtschaftung. Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, Band 1, Wien.
- SCHMID, E.R. & F. SÖVEGJARTO (1991): Ringversuch zur Bestimmung von Pflanzenschutzmittelrückständen im Grundwasser. Beitrag zum Österreichischen Grundwasserkataster des Bundesministeriums für Umwelt, Jugend und Familie und des Bundesministeriums für Land und Forstwirtschaft. Reports des Umweltbundesamtes, UBA-91-050, Wien.

STALZER, W. (1995): Rahmenbedingungen für eine gewässerverträgliche Landbewirtschaftung. In: BUNDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT: Gewässerverträgliche Landbewirtschaftung. Schriftenreihe des Bundesamtes für Wasserwirtschaft, Band 1, Wien.

UBA (UMWELTBUNDESAMT) (1994): Keine Abnahme des Pestizidverbrauchs in Österreich. UBA-Info 10-94, Wien.

UBA (UMWELTBUNDESAMT) (1996): Umweltsituation in Österreich. Vierter Umweltkontrollbericht, Wien.

WWK/UBA (WASSERWIRTSCHAFTSKATASTER/UMWELTBUNDESAMT) (1993): Wassergüte in Österreich - Jahresbericht 1993. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.

WWK/UBA (WASSERWIRTSCHAFTSKATASTER/UMWELTBUNDESAMT) (1995): Wassergüte in Österreich - Jahresbericht 1994. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien.