

RE
W. A. R. — Bibliothek
Inv.-Nr. D 16758

Schriftenreihe des Vereins für
Wasser-, Boden- und Lufthygiene

100

INSTITUT WAR — Bibliothek —

Wasserversorgung, Abwassertechnik

Abfalltechnik und Raumplanung

Technische Universität Darmstadt

Petersenstraße 13, 64287 Darmstadt

TEL. 0 61 51/16 36 59 + 16 27 48

FAX 0 61 51/16 37 58

10 VWB 100

Transport- und Abbauverhalten von Pflanzenschutzmitteln im Sicker- und Grundwasser

Herausgegeben von Georg Mattheß
unter Mitarbeit von: Eckart Bedbur, Hartmut Dunkelberg,
Klaus Haberer, Karl Hurler, Fritz H. Frimmel, Reiner Kurz,
Dietmar Klotz, Ulrich Müller-Wegener, Asaf Pekdeger,
Wilfried Pestemer und Irene Scheunert



Gustav Fischer Verlag · Stuttgart · Jena · New York · 1997

INHALT

1	EINLEITUNG	1
2	GRUNDLAGEN	9
2.1	Wasserbewegung	9
2.2	Transportprozesse	12
2.2.1	Löslichkeit organischer Stoffe	13
2.2.2	Komplexbildung	14
2.2.3	Sorption und Desorption	14
2.2.4	Filtration	19
2.2.5	Abiotischer und biotischer Abbau	21
2.2.6	Aufnahme in die Pflanzen	23
2.2.7	Advektion bzw. Konvektion und Dispersion	24
2.2.8	Volatilisierung und Gasaustausch	29
3	UNTERSUCHTE PFLANZENSCHUTZMITTEL, UNTERSUCHUNGSSTANDORTE UND UNTERSUCHUNGSMETHODEN	32
3.1	Pflanzenschutzmittel	32
3.2	Versuchsstandorte	40
3.3	Versuchsböden und -sedimente	48
3.4	Versuchswässer	51
3.5	Bestimmungsmethoden	53
3.5.1	Probenvorbereitung	53
3.5.2	Pflanzenschutzmittel-Analytik	54
3.6	Laborvergleich mit Terbutylazin, Pendimethalin und Parathion-ethyl	54
3.7	Abbau	55
3.7.1	Bestimmung der Enzymaktivität	55
3.7.2	Ab- und Umbauversuche (BBA-Methode)	56
3.8	Wechselwirkungen zwischen Pflanzenschutzmitteln und gelösten organischen Stoffen	60
3.9	Sorption und Desorption	65
3.9.1	GPI-Methode	66
3.9.2	BBA-Methode	66
3.9.3	OECD-Methode	67
3.9.4	Durchlaufsäulen-Verfahren	68
3.9.5	Diffusions-Verfahren	68
3.9.6	Hydrologische Tracer	68
3.10	Transport	69
3.10.1	Transport im ungesättigten Bereich	69

3.10.1.1	Feldversuche	69
3.10.1.2	Freilandlysimeter-Untersuchungen	71
3.10.1.3	Volatilitäts-Bestimmung	73
3.10.1.4	Laborlysimeter-Untersuchungen	75
3.10.2	Transport im gesättigten Bereich	81
3.10.2.1	Feldversuche	81
3.10.2.2	Labor-Säulen-Versuche	84
3.11	Geostatistik und Modellierung	87
3.11.1	GEOEAS (Geostatistik)	87
3.11.2	CXTFIT	92
3.11.3	PRZM	93
3.11.4	Mathematisches Modell	95
3.12	Untersuchungen zur Genotoxizität	98
3.12.1	Untersuchungen zur Induktion von Schwesterchromatidaustausch (SCE) an kultivierten humanen Lymphozyten	98
3.12.2	Untersuchungen zur Mutagenität im Salmonella/Mikrosomentest nach AMES	99
3.12.3	Untersuchungen zur Genotoxizität im Mikronukleustest	101
4	ERGEBNISSE	103
4.1.	Abbau	103
4.1.1	Felduntersuchungen	103
4.1.1.1	Bargstedt/Nortorf (Schleswig-Holstein)	103
4.1.2	Laborversuche	107
4.1.2.1	Abbauversuche mit verschiedenen Wirkstoffen und Boden- und Aquifermaterial aus dem Segeberger Forst	107
4.1.2.2	Abbauversuche mit verschiedenen Wirkstoffen und Boden aus Stuttgart-Hohenheim	110
4.1.2.3	Abbauversuche mit verschiedenen Wirkstoffen und Untergrundmaterialien von Segeberger Forst und Fehmarn	113
4.1.2.4	Abbauversuche mit verschiedenen Wirkstoffen und Böden von Guntersblum und Steinberg	115
4.1.2.5	Abbauversuche mit Terbutylazin und Parathion-ethyl in verschiedenen Böden und Sedimenten	119
4.1.2.6	Abbauversuche mit Parathion-ethyl und Terbutylazin mit Boden aus Ahlum und Fehmarn	121
4.1.2.7	Abbauversuche mit verschiedenen Wirkstoffen und Boden von Mainz-Finthen	123
4.1.3	Enzymaktivität	126

4.2	Komplexierung (Wechselbeziehungen) zwischen Pflanzenschutzmitteln und gelösten organischen Inhaltstoffen (DOC) in Bodenlösungen und im Grundwasser	129
4.3	Sorption und Desorption	141
4.3.1	Felduntersuchungen	141
4.3.2	Laboruntersuchungen	142
4.3.2.1	Segeberger Forst-Material	142
4.3.2.2	Guntersblum- und Steinberg-Material	146
4.3.3	Methodenvergleich	151
4.4	Transport	155
4.4.1	Transport im Wasser-ungesättigten Bereich	155
4.4.1.1	Feldversuche	155
4.4.1.1.1	Standort Ruhwinkel	155
4.4.1.1.2	Standort Stuttgart-Hohenheim	182
4.4.1.1.3	Standorte Ahlum, BBA Versuchsgelände/Braunschweig, Fehmarn und Wedelheine	184
4.4.1.1.4	Standort Mainz-Finthen	196
4.4.1.2	Freilandlysimeter-Versuche	199
4.4.1.2.1	Freilandlysimeter Neuherberg	199
4.4.1.2.2	Freilandlysimeter-Versuche Neuherberg	216
4.4.1.2.3	Freilandlysimeter Berlin-Marienfelde	216
4.4.1.3	Laboruntersuchungen	219
4.4.1.3.1	Säulenversuche mit Material aus Ruhwinkel	219
4.4.1.3.2	Sorptions- und Verlagerungsversuche mit Material von Segeberger Forst und Fehmarn	242
4.4.1.3.3	Säulenversuche mit verschiedenen Böden und Sedimenten	265
4.4.1.3.4	Säulenversuche mit Materialien aus Bargstedt/Nortorf und Segeberger Forst	266
4.4.1.3.5	Sorptions- und Verlagerungsversuche mit Boden von Mainz-Finthen	269
4.4.2	Transport im gesättigten Bereich	276
4.4.2.1	Feldversuche	276
4.4.2.1.1	Chalk River/Ontario, Kanada	276
4.4.2.2	Laboruntersuchungen	294
4.4.2.2.1	Säulenversuche mit verschiedenen Böden und Sedimenten	294
4.7	Untersuchungen zur Gentoxizität und Kanzerogenität der untersuchten PSM aus trinkwasserhygienischer Sicht	303

5	DISKUSSION	315
5.1	Umweltverhalten der untersuchten Pflanzenschutzmittel	315
5.1.1	Auswirkungen des Pflanzenbewuchses auf den Wasser- und Stofftransport im Boden	315
5.1.2	Persistenz von Pflanzenschutzmitteln im Freiland und im Labor	317
5.1.2.1	Chlortoluron	317
5.1.2.2	Isoproturon	320
5.1.2.3	Parathion-ethyl	323
5.1.2.4	Pendimethalin	325
5.1.2.5	Terbuthylazin	330
5.1.2.6	Abbaudaten aus Feld- und Labor-Untersuchungen	334
5.1.3	Mobilität	336
5.1.3.1	Chlortoluron	336
5.1.3.2	Isoproturon	339
5.1.3.3	Parathion-ethyl	340
5.1.3.4	Pendimethalin	341
5.1.3.5	Terbuthylazin	344
5.1.3.6	Mobilitätsvergleich	346
5.1.4	Langzeitsorption der Pflanzenschutzmittel	350
5.1.5	Wasserfluß und Transport der Pflanzenschutzmittel im Sickerwasser	352
5.2	Zur Modellierbarkeit der Prozesse	361
5.2.1	Modellierung des Feldversuchs Ruhwinkel mit PRZM	361
5.2.2	Vergleich der Rechenmodelle CALF, EQUI, GLEAMS, LEACHMP, PRZM und SESOIL	363
5.2.3	Verlagerungsverhalten im Bearbeitungshorizont des Bodens	376
5.2.4	Anwendbarkeit von Modellen	383
5.3	Methodische Überlegungen	386
5.3.1	Tracermethoden	386
5.3.2	Beurteilung des Kontaminationspotentials von Pflanzenschutzmitteln	387
5.4	Trinkwasserhygienische Wertung	389
6	ZUSAMMENFASSUNG	394
7	QUELLEN	404
7.1	Veröffentlichungen	404
7.2	Unveröffentlichte Unterlagen	432