
Materialien

Nr. 39

Flächenhafter Eintrag von
Pflanzenschutzmitteln in das Grundwasser
– Abschlußbericht –
Dezember 1994

Projektleitung: Dr. R. Hellekes
(Stadtwerke Mönchengladbach GmbH)
Dr. H. Overath
(IWW, Rheinisch-Westfälisches Institut für
Wasserchemie und Wassertechnologie GmbH)

Bearbeitung: Dipl.-Ing. agr. B. Lambertz, Dipl.-Geol. D. Schumacher
(Stadtwerke Mönchengladbach GmbH)
Dr. U. Borchers, Dipl.-Chem. B. Peters
(IWW, Rheinisch-Westfälisches Institut für
Wasserchemie und Wassertechnologie GmbH)

Essen 1997

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
VORWORT	3
ZUSAMMENFASSUNG	10
1 EINLEITUNG	16
1.1 Einführung in die Problematik.....	16
1.2 Zielsetzung des Projekts	18
2 BESCHREIBUNG DES UNTERSUCHUNGSGEBIETS	20
2.1 Geographische Lage	20
2.2 Flächennutzung	21
2.3 Klimatische Situation.....	22
2.3.1 Niederschlag.....	22
2.3.2 Verdunstung.....	24
2.3.3 Sickerwasser	25
2.4 Geologie und Hydrogeologie	27
2.4.1 Geologische Verhältnisse im Gebiet Gatzweiler	27
2.4.1.1 Niederrheinische Bucht.....	27
2.4.1.2 Geologische Situation bis ins Tertiär	28
2.4.1.3 Tektonische Gliederung.....	30
2.4.2 Hydrogeologische Verhältnisse.....	31
2.4.2.1 Aufbau des quartären Aquifers.....	31
3 EINSATZ VON PFLANZENBEHANDLUNGS- UND SCHÄDLINGSBEKÄMPFUNGSMITTELN	33
3.1 Landwirtschaft im Untersuchungsgebiet.....	33
3.1.1 Anbauverfahren Wintergetreide	34
3.1.2 Anbauverfahren Zuckerrüben.....	37
3.1.3 Anbauverfahren Mais.....	40
3.1.4 Anbauverfahren Kartoffeln.....	42
3.1.5 Betriebsstruktur im Untersuchungsgebiet	45
3.1.6 Verwertung der landwirtschaftlichen Erzeugnisse	45
3.2 PBSM-Einsatz außerhalb landwirtschaftlicher Flächen	45

4	LAGE DER PROBENAHMESTELLEN	48
4.1	Grundwassermeßstellen.....	48
4.2	Handbohrungen.....	48
4.3	Sedimentprobenahmestellen.....	49
5	MATERIAL UND METHODEN.....	50
5.1	Probenahmen	50
5.1.1	Grundwasserprobenahme	50
5.1.2	Sedimentprobenahme	51
5.1.3	Bodenprobenahme.....	52
5.2	Untersuchung der Grundwasserproben	52
5.2.1	Bestimmung der anorganischen Parameter	52
5.2.2	Bestimmung der Konzentration verschiedener PBSM	53
5.2.2.1	Probenanreicherung.....	53
5.2.2.2	Chromatographische Trennbedingungen	53
5.2.2.2.1	Gaschromatographie	53
5.2.2.2.2	Flüssigkeitschromatographie.....	54
5.3	Untersuchung der Boden- und Sedimentproben	54
5.3.1	Sedimentpetrographische und -physikalische Untersuchungen.....	55
5.3.2	Chemische Untersuchungen.....	56
5.3.2.1	Bestimmung des organisch gebundenen Kohlenstoffs (C_{org})	56
5.3.2.2	Bestimmung des Boden-pH-Werts.....	56
5.3.2.3	Bestimmung der PBSM-Gehalte.....	56
5.3.3	Bestimmung der mikrobiellen Stoffwechselaktivität	57
5.4	Untersuchung der Sorption von PBSM an Boden- und Sedimentproben	57
5.4.1	Bestimmung der Adsorptionskinetik und des k_d -Werts.....	57
5.4.2	Bestimmung der Herbizidkonzentration in der wäßrigen Phase	58
5.5	Physikalische und chemische Eigenschaften der untersuchten Herbizide	59

6	THEORIE ZUR MODELLIERUNG DES STOFFTRANSPORTS DURCH DIE UNGESÄTTIGTE ZONE	61
6.1	Sickerwassertransport und Hydrologie.....	61
6.2	PBSM-Transport durch die Sickerwasserzone	63
6.2.1	Adsorptions- und Desorptionsvorgänge	64
6.2.1.1	Einfluß der Bodeneigenschaften.....	65
6.2.1.1.1	Organische Stoffe	65
6.2.1.1.2	Tonminerale	66
6.2.1.1.3	Weitere Bodenbestandteile.....	67
6.2.1.2	Sorptionsmechanismen	67
6.2.1.3	Elektrostatische Wechselwirkungen und pH-Wert-Einflüsse.....	68
6.2.1.4	Mathematische Beschreibung von Sorptionsvorgängen	69
6.2.2	Chemische und biochemische Abbauvorgänge.....	73
6.2.3	Einfluß der Bodenbearbeitung und des Klimas auf den vertikalen Stofftransport	76
6.2.4	Einfluß von Makroporen und preferential flow.....	78
6.2.5	Zusammenfassung	80
7	EINGESETZTE SIMULATIONSMODELLE.....	81
7.1	HYDROSTAT	81
7.1.1	Grundlagen.....	81
7.1.2	Modifikationen.....	83
7.1.3	Bilanzgrößen des Bodenwasserhaushalts und ihr Einfluß auf die Modellierung der Wasserbewegung in der ungesättigten Bodenzone.....	83
7.2	Pesticide leaching Model (PELMO).....	86
7.2.1	Einleitung	86
7.2.2	PELMO Version 1.5.....	86
7.3	VARLEACH.....	89
7.3.1	Einleitung	89
7.3.2	Beschreibung der Version FLOWCONC.....	89
7.4	LEACHP.....	91

8	ERGEBNISSE UND DISKUSSION DER UNTERSUCHUNG DER GRUNDWASSER- UND BODENPROBEN	93
8.1	Ergebnisse der Untersuchung des Grundwassers von der Grundwasseroberfläche	94
8.1.1	Nitratgehalte	94
8.1.2	Belastung des Grundwassers mit PBSM	95
8.1.2.1	Spektrum der Wirkstoffe und Konzentrationen	95
8.1.2.2	Räumliche Verbreitung der PBSM im Untersuchungsgebiet und deren Ursachen	99
8.2	Ergebnisse der Untersuchung von Grundwasser aus dem gesamten Grundwasserleiter	104
8.2.1	Nitratgehalte	104
8.2.2	Belastung des Grundwassers mit PBSM	105
8.3	Ergebnisse der Bodenuntersuchung	107
8.4	Ergebnisse von Untersuchungen im Rahmen eines Sonderprogramms	108
8.5	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse	110
9	ERGEBNISSE DER PHYSIKALISCHEN, CHEMISCHEN UND BIOLOGISCHEN CHARAKTERISIERUNG DER BODEN- UND SEDIMENTPROBEN.....	114
9.1	Lagerungsdichten und Wassergehalte	114
9.2	C_{org} -Gehalte.....	115
9.3	Mikrobielle Stoffwechselaktivitäten (Biomasse).....	116
9.4	Korngrößenverteilungen und der Feldkapazitäten	117
9.5	pH-Werte.....	120
9.6	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse der Charakterisierung der Boden- und Sedimentproben	121
10	ERGEBNISSE DER SORPTIONSVERSUCHE.....	123
10.1	k_d -Werte der Boden- und Sedimentproben.....	123
10.2	Diskussion der Ergebnisse der Sorptionsversuche.....	128
11	ERGEBNISSE DER MODELLRECHNUNGEN ZUR VERLAGERUNG VON WASSER UND PBSM DURCH DIE SICKERWASSERZONE.....	131
11.1	Klimadaten.....	131
11.2	Berechnung des Bodenwasserhaushalts mit dem Modell HYDROSTAT	131

11.3	Ergebnisse der Modellrechnungen zur Verlagerung der PBSM in der Sickerwasserzone	136
11.3.1	PELMO.....	137
11.3.1.1	Sensitivitätsanalyse	139
11.3.1.2	PELMO-Simulationen mit ausgewählten Szenarien.....	149
11.3.2	VARLEACH.....	153
11.3.3	LEACHP	154
11.3.4	Vergleich von Simulationen mit PELMO, VARLEACH und LEACHP anhand des Rückstandsprofils an der Festphase.....	157
11.3.5	Diskussion der Simulationsergebnisse	161
11.3.6	Möglichkeiten und Grenzen der Anwendung von Verlagerungsmodellen in der Praxis	166
12	LITERATURVERZEICHNIS	170
13	VERZEICHNIS DER VERWENDETEN SYMBOLE UND ABKÜRZUNGEN	177
14	BILDANHANG	179
15	TABELLENANHANG	184