

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
1.1 Arzneistoffe als Umweltchemikalien	1
1.2 Umwelteintrag von Arzneistoffen	3
1.3 Wirkpotential von Arzneistoffen in der Umwelt	7
1.4 Rechtlicher Rahmen	8
1.5 Aktueller Forschungsstand	11
2. Problemstellung und Zielsetzung	13
3. Material und Methoden	19
3.1 Untersuchte Humanpharmaka	19
3.1.1 Ibuprofen und Ketoprofen	19
3.1.2 Diazepam	21
3.1.3 Paracetamol und Strukturanaloga	23
3.2 Radiotracer	24
3.2.1 ¹⁴ C-Ibuprofen und ¹⁴ C-Ketoprofen	25
3.2.2 ¹⁴ C-Diazepam	25
3.2.3 ¹⁴ C-Paracetamol, ¹⁴ C-Phenacetin und ¹⁴ C-p-Cresol	26
3.2.4 Herstellung der Standardlösungen	26
3.2.5 Prüfung der radiochemischen Reinheit	29
3.3 Untersuchte Böden	29
3.3.1 Probenahme und Lagerung	31
3.3.2 Bodenparameter	31
3.3.3 Mikrobielle Bodenaktivität	32
3.4 Radiotraceranalytik	33
3.4.1 Flüssigszintillationszählung	33
3.4.2 Verbrennungsautomat	34
3.4.3 TLC-Linear-Analyzer	35
3.5 Abbauxperimente nach Standard-Applikation	36
3.5.1 Vorversuche zur Extraktionseffizienz	36
3.5.2 Mikrobieller Abbau	36
3.5.3 Chemischer Abbau	39
3.5.4 Photoinduziert-mikrobieller Abbau	40
3.5.5 Photoinduziert-chemischer Abbau	43
3.5.6 Probenbehandlung für die Abbauxperimente	44

3.6 Ergänzende Zusatzversuche	46
3.6.1 Extraktionsversuche für Paracetamol, Phenacetin und p-Cresol	46
3.6.2 Extraktion mit Wasser	46
3.6.3 Nachextraktion mit salzsaurem Methanol	47
3.6.4 Tests zur Remobilisierung nicht-extrahierbarer Rückstände durch Belebtschlamm	47
3.7 Abbauxperimente unter Einfluss von Klärschlamm	48
3.7.1 Stabilitätstests in Klärschlamm	48
3.7.2 Mikrobieller Abbau nach Testklärschlamm-Applikation	49
3.7.3 Photoinduziert-mikrobieller Abbau nach Testklärschlamm-Applikation	50
3.8 Bestimmung von Boden/Wasser-Verteilungskoeffizienten	50
3.9 Verlagerungsexperimente	53
3.9.1 Kleinlysimeterexperimente nach Standard-Applikation	54
3.9.2 Kleinlysimeterexperimente nach Testklärschlamm-Applikation	55
3.9.3 Probenbehandlung für die Kleinlysimeterexperimente	56
3.10 Computergestützte Simulation des Abbauverhaltens	58
4. Ergebnisse und Diskussion	61
4.1 Voruntersuchungen	61
4.2 ¹⁴C-Ibuprofen und ¹⁴C-Ketoprofen	62
4.2.1 Mikrobieller Abbau nach Standard-Applikation	62
4.2.2 Kurzzeittests zum mikrobiellen, chemischen und photoinduzierten Abbau	71
4.2.3 Mikrobieller Abbau in Abhängigkeit von Temperatur und Bodenfeuchte	75
4.2.4 Optimierung der Bestrahlungsapparatur	78
4.2.5 Tests zur Remobilisierung nicht-extrahierbarer Rückstände durch Belebtschlamm	80
4.2.6 Stabilitätstests in Klärschlamm	81
4.2.7 Abbauverhalten nach Testklärschlamm-Applikation	84
4.2.8 Bestimmung von Boden/Wasser-Verteilungskoeffizienten	88
4.2.9 Abbau und Verlagerung in Bodenkernen nach Standard-Applikation	91
4.2.10 Abbau und Verlagerung in Bodenkernen nach Testklärschlamm-Applikation	96
4.2.11 Computergestützte Simulation des Abbauverhaltens	97
4.3 ¹⁴C-Diazepam	103
4.3.1 Mikrobieller Abbau nach Standard-Applikation	103
4.3.2 Bestimmung von Boden/Wasser-Verteilungskoeffizienten	105
4.3.3 Abbau und Verlagerung in Bodenkernen	107

4.3.4 Computergestützte Simulation des Abbauverhaltens	110
4.4 ¹⁴C-Paracetamol, ¹⁴C-Phenacetin und ¹⁴C-p-Cresol	114
4.4.1 Zusatzversuche zur Extraktionsmitteleffizienz	114
4.4.2 Mikrobieller Abbau nach Standard-Applikation	118
4.4.3 Kurzzeittests zum mikrobiellen, chemischen und photoinduzierten Abbau	121
4.4.4 Tests zur Remobilisierung nicht-extrahierbarer Rückstände durch Belebtschlamm	124
4.4.5 Stabilitätstests in Klärschlamm	125
4.4.6 Mikrobieller Abbau nach Testklärschlamm-Applikation	126
4.4.7 Bestimmung von Boden/Wasser-Verteilungskoeffizienten	128
5. Zusammenfassung	131
6. Literatur	135
Anhang	I-XIX