

**Veröffentlichungen aus dem Technologiezentrum Wasser
Band 62 – Elimination anthropogener organischer Spurenstoffe
im Zuge der Grundwasseranreicherung**

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung	III
Abstract	VII
Danksagung	XI
Abbildungsverzeichnis	XVI
Tabellenverzeichnis	XXIII
Abkürzungsverzeichnis	XXVI
1 Einleitung	29
1.1 Ausgangssituation	29
1.2 Hintergrund	30
1.3 Zielsetzung der Arbeit	34
2 Grundlagen	37
2.1 Ökologisches Gefährdungspotential	37
2.2 Eintrag anthropogener organischer Spurenstoffe in den Wasserkreislauf ...	39
2.2.1 Nicht-opioide Analgetika, Pentoxifyllin und Carbamazepin	41
2.2.2 Betablocker	45
2.2.3 Lipidsenker	47
2.2.4 Röntgenkontrastmittel	49
2.2.5 Estrogene, Alkylphenole und Bisphenol A	52
2.2.6 Trialkylphosphate	54
2.3 Natürliche Stoffminderungsprozesse bei der Grundwasseranreicherung mit geklärtem Abwasser	56
2.3.1 Abiotische Prozesse	57
2.3.2 Biotische Prozesse	59
2.4 Verhalten anthropogener organischer Spurenstoffe in der aquatischen Umwelt.....	62
2.4.1 Elimination in der Kläranlage	62
2.4.2 Elimination während der Bodenpassage	67
2.4.3 Reinigungsprozesse während des Verbleibs im Untergrund	70
3 Material und Methoden	73
3.1 Verwendete Chemikalien und Geräte	73
3.2 Physikalisch-Chemische Analytik	73
3.2.1 Bestimmung der Substanzgruppen mittels HPLC-MS/MS und GC-MS	73
3.2.2 Quantifizierung von Bisphenol A, Atenolol, Carbamazepin, Diclofenac, Ibuprofen und Phenazon mittels HPLC-DAD	74
3.2.3 Nachweis des Gesamtkohlenstoffs (TOC) in Sedimentproben	75
3.2.4 Nachweis des gelösten organischen Kohlenstoffs (DOC)	76

3.2.5	Ionenchromatographie.....	78
3.2.6	Photometrische Ermittlung des chemischen Sauerstoffverbrauchs (CSB) sowie der Ammonium-, Eisen(III)- und Mangan(IV)- Konzentration.....	79
3.2.7	Elektrodenmessungen.....	80
3.2.8	Messung des Sauerstoffverbrauchs mit dem OxiTop [®] -System.....	82
3.3	Bestimmung der Biomassezunahme.....	84
3.3.1	Messung der optischen Dichte.....	84
3.3.2	Proteinbestimmung nach Lowry.....	84
3.4	Probenahmen im Untersuchungsgebiet Unteres Jordantal.....	85
3.5	Durchführung der Experimente.....	87
3.5.1	Medien und Stammlösungen.....	87
3.5.2	Säulenexperimente mit Kläranlagenablauf.....	88
3.5.3	Batchversuche zum aeroben und anaeroben Abbau in Uferfiltrat.....	92
3.5.4	Das Abbauverhalten ausgewählter Arzneimittel und Bisphenol A mit Belebtschlamm.....	97
3.5.5	Untersuchungen zum Abbau von Diclofenac unter nitrifizierenden Bedingungen.....	98
4	Ergebnisse und Diskussion.....	101
4.1	Vorkommen von Spurenstoffen in der Modellregion Unteres Jordantal.....	101
4.1.1	Jordanien.....	101
4.1.2	Westjordanland (im Vergleich mit Jordanien).....	111
4.1.3	Abschließende Betrachtung des Spurenstoffvorkommens in der Modellregion.....	118
4.2	Einflussfaktoren auf das Langzeitverhalten von Spurenstoffen in der ungesättigten Bodenpassage.....	120
4.2.1	Gesamtüberblick zur Elimination der Zielsubstanzen und Betrachtung der Betriebsbedingungen.....	122
4.2.2	Verhalten während des Säulenexperiments - Gruppe I.....	126
4.2.3	Verhalten während des Säulenexperiments - Gruppen II + III.....	128
4.2.4	Betrachtung des DOC- und Ammoniumumsatzes.....	136
4.2.5	Zusammenfassung und Diskussion.....	137
4.3	Der Einfluss verschiedener Elektronenakzeptoren auf das Abbauverhalten im Uferfiltrat.....	152
4.3.1	Analgetika, Lipidsenker und Carbamazepin.....	156
4.3.2	Betablocker.....	161
4.3.3	Röntgenkontrastmittel.....	163
4.3.4	Estrogene und Bisphenol A.....	164
4.3.5	Zusammenfassung und Diskussion.....	168
4.4	Identifikation aerober Abbauprozesse durch Belebtschlamm – Einzelsubstanzen.....	179
4.4.1	Atenolol.....	179
4.4.2	Bisphenol A und Ibuprofen.....	180
4.4.3	Phenazon.....	185

4.4.4	Biomasseaufbau und Verdopplungszeit	188
4.5	Identifikation aerober Abbauprozesse durch Belebtschlamm – Substanzgemisch	193
4.6	Verhalten von Diclofenac unter nitrifizierenden Bedingungen.....	199
5	Klassifizierung der untersuchten Substanzen	216
6	Schlussfolgerungen und Ausblick.....	220
	Literaturverzeichnis.....	226
	Anhang	249
	Erklärung	278