

Inhalt

1 Einleitung	1
2 Material und Methoden	13
2.1 Herkunft des Probenmaterials	13
2.2 Phosphorlöslichkeit der Eingangssubstrate und des Gärrests einer Biogasanlage	15
2.2.1 Experiment zur Bestimmung der Phosphorextrahierbarkeit in unterschiedlichen Substraten in Abhängigkeit von der Probenaufbereitung	15
2.2.2 Wasserlösliche Phosphorfraktionen (H ₂ O) (VDLUFA, 1995b)	19
2.2.3 Neutral-Ammonium-Citrat Extraktion (NAC) (VDLUFA, 1995a)	20
2.2.4 Calcium-Ammonium-Lactat Extraktion (CAL) (Schüller, 1969)	20
2.2.5 Gesamtphosphorgehalt (Königswasseraufschluss) (VDLUFA, 2000a)	21
2.3 Entwicklung einer Methode zur Bestimmung von Antibiotikarückständen in Wirtschaftsdüngern, Klärschlämmen und Gärresten der Biovergasung	21
2.3.1 Extraktion der Antibiotika	21
2.3.2 LC-MS Methode zur Quantifizierung von Antibiotika in Probenextrakten	24
2.3.3 Zusammenfassung der optimierten Methode zur Bestimmung von Antibiotikarückständen in Gärresten und Substraten der Biovergasung	28
2.4 Kombinationstoxikologie von Antibiotika und Schwermetallen	30
2.4.1 Toxkits	30
2.4.2 Untersuchung der Toxizität von Enrofloxacin und Kupfer im Hydrokulturversuch	36
2.4.3 Anlage eines Gefäßversuchs zur Bestimmung der Toxizität von Enrofloxacin und Kupfer sowie deren Kombination auf die Biomasseentwicklung von <i>Sinapis alba</i>	38
2.4.4 Statistische Auswertung	43
3 Ergebnisse	45

3.1 Phosphorlöslichkeit aus Substraten sowie dem Gärrest einer Biogasanlage	45
3.1.1 Einfluss der Probenvorbereitung auf die löslichen Phosphor-Gehalte	45
3.1.2 Einfluss des Extraktionsmittels und der Messmethode (Kolorimetrie versus ICP) auf die ermittelte Fraktion an pflanzenverfügbarem Phosphor	50
3.1.3 P-Extrahierbarkeit von Substraten und Gärresten im Vergleich	52
3.2 Antibiotikagehalte in Wirtschaftsdüngern, Klärschlämmen und Biogasanlagen-Gärresten aus Deutschland, Schweden und Finnland	54
3.2.1 Antibiotikagehalte in Substraten der Biovergasung im Vergleich	55
3.2.2 Antibiotikagehalte im Endprodukt der Biovergasung	57
3.2.3 Substrate und Gärreste aus Deutschland, Schweden und Finnland im Vergleich.....	60
3.3 Toxikologie und Kombinationstoxikologie ausgewählter Antibiotika und Schwermetalle auf aquatische Organismen und Pflanzen	63
3.3.1 Ergebnisse der Toxkits zur Toxikologie von Antibiotika und Schwermetallen	64
3.3.2 Untersuchung der Toxizität von Enrofloxacin und Kupfer in einem Hydrokulturversuch.....	70
3.3.3 Gefäßversuch zur Toxikologie von Enrofloxacin und Kupfer sowie deren kombinatorischen Wirkung auf das Wachstum von <i>Sinapis alba</i>	73
4 Diskussion	80
4.1 Aussagekraft unterschiedlicher Phosphorextraktions- und Messmethoden hinsichtlich der Bewertung des pflanzenverfügbaren Phosphorgehaltes in Wirtschaftsdüngern und Gärresten	80
4.2 Bewertung der Kontamination von Wirtschaftsdüngern, Klärschlämmen und Gärresten hinsichtlich ihrer Antibiotikabelastung.....	89
4.2.1 Unterschiede in der Belastung von Substraten und Gärresten mit Antibiotika	90
4.2.2 Bedeutung der Antibiotikabelastung von Substraten und Gärresten hinsichtlich der Antibiotikafrachten, die aus der landwirtschaftlichen Verwertung resultieren.....	92

4.3 Toxikologie und kombinatorische Effekte von Antibiotikarückständen und Schwermetallen auf Flora und Fauna	96
4.3.1 Eignung von Toxkits für die Beurteilung der toxikologischen Wirkung von Antibiotika und Schwermetallen sowie möglicher kombinatorischer Effekte	97
4.3.2 Beurteilung des toxikologischen Potentials von Antibiotikawirkstoffen und Schwermetallen auf das Wachstum von <i>Sinapis alba</i> im Gefäßversuch am Beispiel der Enrofloxacin-Kupfer-Interaktion	104
4.3.3 Einschätzung des toxikologischen Potentials von Wirtschaftsdüngern, Klärschlämmen und Gärresten	107
5 Zusammenfassung	111
Anhang	115
Abbildungsverzeichnis	142
Tabellenverzeichnis	144
Abkürzungen	147