

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Biologischer Abbau von n-Alkanen durch Bakterien</b>	<b>3</b>
2.1	Mechanismus des Alkanabbaus	3
2.2	Transport und Aufnahme der Alkane	4
2.3	Kinetik des Alkanabbaus	10
<b>3</b>	<b>Biologischer Abbau von PAK durch Bakterien</b>	<b>12</b>
3.1	Bekannte Abbaumechanismen	12
3.2	Bioverfügbarkeit der PAK	17
3.3	Vollständige Mineralisierung der PAK	19
3.4	Kinetik des PAK-Abbaus	20
<b>4</b>	<b>Ziele der eigenen Untersuchungen</b>	<b>22</b>
<b>5</b>	<b>Material und Methoden</b>	<b>23</b>
5.1	Beschreibung der verwendeten Substrate	23
5.1.1	Dodecan/Wasser-Emulsionen, Standardemulsion	23
5.1.2	Untersuchte Modell-PAK im wäßrigen System unter Zuhilfenahme von Dimethylsulfoxid	23
5.1.3	Untersuchte Modell-PAK in der Dodecan/Wasser- bzw. Heptamethylnonan/Wasser-Emulsion	25
5.1.4	Reale Öl/Wasser-Emulsion für die Bereitstellung von Biomasse	25
5.2	Beschreibung der eingesetzten Anlagen und Reaktoren	25
5.2.1	Kontinuierlich betriebene Laborkläranlage	25
5.2.2	Chemostat und Batch-Reaktoren	27
5.2.3	Schüttelkolben	27
5.3	Meßverfahren	28
5.3.1	Probenahme und Aufbereitung	28
5.3.1.1	Modellsubstrate	28
5.3.1.2	EPA-PAK	29
5.3.2	Messung der Konzentration des Dodecans und Heptamethylnonans	29
5.3.3	Messung der Konzentration der Modell-PAK	31
5.3.4	Messung der Konzentration der EPA-PAK	33
5.3.5	Messung des Chemischen Sauerstoffbedarfs (CSB)	35
5.3.6	Messung des organischen Kohlenstoffs (TOC)	35
5.3.8	Messung der Biomassekonzentration	35
5.3.9	Sonstige Meßgrößen	36

5.4	Überprüfung der Stabilität der verwendeten Emulsionen .....	37
5.5	Ermittlung der Öltröpfchengröße der verwendeten Emulsionen .....	37
5.6	Bestimmung und Modellansätze zu der Desorption von Öl/Wasser- Emulsionen .....	39
5.7	Beschreibung der Abbauversuche .....	43
5.8	Auswertung der Abbauversuche .....	44
5.8.1	Abbaugrad .....	44
5.8.2	Substrat- und Bakterienumsatzgeschwindigkeiten .....	45
5.8.3	Ertragskoeffizienten .....	46
5.8.4	Untersuchung des Einflusses der Öltröpfchengröße .....	47
5.8.5	Kinetik des biologischen Abbaus der untersuchten Substrate .....	49
5.8.5.1	Untersuchungen im Batch-Reaktor .....	50
5.8.5.2	Untersuchungen im Chemostaten .....	50
<b>6</b>	<b>Ergebnisse und Diskussion .....</b>	<b>53</b>
<b>6.1</b>	<b>Untersuchungen zur Herstellung und zum Abbau von Dodecan/Wasser-Emulsionen .....</b>	<b>53</b>
6.1.1	Stabilität der Emulsion .....	53
6.1.2	Definierte Öltröpfchengrößenverteilungen .....	54
6.1.3	Desorption von Dodecan während der Belüftung .....	57
6.1.4	Biologischer Abbau des eingesetzten Emulgators Eumulgin ET5 ....	60
6.1.5	Biologischer Abbau von Dodecan in Abhängigkeit der Öltröpfchen- größe bei Anwesenheit eines Emulgators .....	61
6.1.6	Biologischer Abbau von Dodecan in Abhängigkeit der Öltröpfchen- größe bei Abwesenheit eines Emulgators .....	65
6.1.7	Kinetik des Dodecanumsatzes .....	66
6.1.7.1	Untersuchungen im Batch-Reaktor .....	66
6.1.7.2	Untersuchungen im Chemostaten .....	70
6.1.8	Schlußfolgerungen .....	74
<b>6.2</b>	<b>Untersuchungen zum Substratumsatz in der kontinuierlich betrieblenen Laborkläranlage .....</b>	<b>76</b>
6.2.1	Biologischer Abbau des Pintsch-Öls .....	76
6.2.2	Biologischer Abbau des Pintsch-Schlammes .....	82
6.2.3	Schlußfolgerungen .....	86

<b>6.3</b>	<b>Untersuchungen zum biologischen Abbau von PAK im wäßrigen System</b>	87
6.3.1	Photooxidation von PAK	87
6.3.2	Adsorption und Desorption	88
6.3.3	Lösen von PAK in Wasser unter Zuhilfenahme des Lösungsvermittlers Dimethylsulfoxid (DMSO)	89
6.3.4	Biologische Abbaubarkeit von DMSO	91
6.3.5	Untersuchung der Hemmung von DMSO auf die biologische Aktivität	92
6.3.6	Abbau von PAK im wäßrigem System mit Lösungsvermittler	92
6.3.7	Kinetik des Abbaus von Acenaphthen und Anthracen im wäßrigen System mit DMSO als Lösungsvermittler	95
6.3.8	Schlußfolgerungen	98
<b>6.4</b>	<b>Untersuchungen zum biologischen Abbau von PAK in der Öl/Wasser-Emulsion</b>	99
6.4.1	Umsatz der PAK im Chemostaten	99
6.4.2	Adsorption und Desorption sowie begleitende Blindversuche zum Abbau der PAK in der Öl/Wasser-Emulsion	100
6.4.3	Biologischer Abbau der dreikernigen PAK im Batch-Ansatz	104
6.4.4	Transformation und Verbleib der höherkernigen PAK	105
6.4.5	Biologischer Abbau der PAK bei Zusatz von DMSO	108
6.4.6	Biologischer Abbau der PAK in einer Heptamethylnonan/Wasser-Emulsion	110
6.4.7	Schlußfolgerungen	112
<b>6.5</b>	<b>Transport von PAK in der Öl/Wasser-Emulsion zur Biomasse</b>	113
6.5.1	Gekoppelter Transport von PAK und Öl in bzw. zur Bakterie	113
6.5.2	Untersuchung eines selektiven Transportes von PAK	115
6.5.3	Schlußfolgerungen	118
<b>7</b>	<b>Zusammenfassung</b>	119
	Größenverzeichnis	121
	Literaturverzeichnis	123