

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abkürzungen

Verzeichnis der Formelzeichen

I. Einleitung	1
II. Theoretische Grundlagen	4
2.1. Vorkommen und Eigenschaften polyzyklischer aromatischer Kohlenwasserstoffe [PAK]	4
2.2. Allgemeine Prinzipien des biologischen PAK-Abbaus	5
2.3. Mikrobiologische Bodensanierung	6
2.3.1. Suspensionsverfahren	6
2.3.2. Modellvorstellung des mikrobiologischen Schadstoffabbaus in Zweiphasen-Systemen	7
2.3.3. Grenzen des vorgestellten Modells	11
2.3.4. Sanierungsziele	12
2.4. Verfahrenstechnische Grundlagen	12
2.4.1. Sedimentationsverhalten von Partikeln	12
2.4.2. Wirbelschicht und Strahlschicht	14
2.4.3. Verweilzeitverhalten	19
2.4.4. Volumenbezogener Stoffübergangskoeffizient	19
III. Experimenteller Teil	21
3.1. Chemikalien und Gase	21
3.2. Nährmedien und Substrate	21
3.2.1. Mineralsalzmedium	21
3.2.2. Nährböden mit Komplexmedium Nutrient Broth	21
3.2.3. Anthracenöl	21
3.3. Mikroorganismen	22
3.4. Mikrobiologische Bodencharakterisierung	23
3.4.1. Lokalisierung von Mikroorganismen	23
3.4.2. Elektronenmikroskopie	23
3.5. Bakterien-Toxizität von Bodeneluat	23
3.6. Physikalische Bodencharakterisierung	24
3.6.1. Partikeldichte	24
3.6.2. Schüttdichte	24
3.6.3. Wassergehalt	24
3.6.4. Wasserhaltekapazität	24
3.6.5. Korngrößenverteilung	25
3.7. Chemische Bodencharakterisierung	25

3.7.1. Bodenaufbereitung	25
3.7.2. PAK-Gehalte von Böden	26
3.7.3. Organischer Kohlenstoffgehalt von Böden	26
3.8. Abiotische PAK-Verluste	26
3.9. Wasserlösliche organische Substanzen in flüssigen Phasen	26
3.9.1. Gelöster organischer Kohlenstoffgehalt (DOC)	26
3.9.2. Wasserlösliche Metabolite	27
3.10. Optische Beurteilung des Suspenderzustandes	27
3.11. Verweilzeitverhalten	27
3.12. Bestimmung des volumetrischen Stoffübergangskoeffizienten	28
3.13. Flotation von Bodenproben	28
3.14. Versuchsanlagen und -durchführung	28
3.14.1. Rührfermenter	28
3.14.2. Belüftete Miete	29
3.14.3. Airliftreaktoren	30
3.14.4. Statischer Mischer	31
3.14.5. Rohrreaktor	31
3.14.6. Sapromat	32
3.14.7. Hydraulisch angeströmter Reaktor im Labormaßstab	34
3.14.8. Abbauprobversuche in einer Laboranlage	35
3.14.9. Hydraulisch angeströmter Reaktor im Technikumsmaßstab	35
IV. Ergebnisse	37
4.1. Charakterisierung der eingesetzten Böden	37
4.2. Verfahrensauswahl	38
4.2.1. Konventionelle biologische Sanierungsverfahren	38
4.2.2. Suspensionsverfahren	39
4.3. Reaktorauswahl	39
4.3.1. Anforderungen an Bioreaktoren zur mikrobiologischen Behandlung von Bodensuspensionen	40
4.3.2. Rührreaktoren	40
4.3.3. Airlift-Schlaufenreaktoren	40
4.3.4. Drehrohrreaktoren	41
4.3.5. Hydraulisch angeströmte Reaktoren	41
4.3.6. Schlußfolgerungen und Reaktorauswahl	43
4.4. Voruntersuchungen zum PAK-Abbau in Bodensuspensionen	44
4.4.1. PAK-Abbau und Sauerstoffverbrauch	44
4.4.2. Schlußfolgerungen aus den Abbauprobversuchen im Sapromaten	51

4.5. Planung und Auslegung einer Versuchsanlage im Labormaßstab	51
4.6. Versuchsbetrieb und Ermittlung verfahrenstechnischer Parameter in der Versuchsanlage	53
4.7. Ergebnisse von Abbauprobungen in der Versuchsanlage	57
4.8. Optimierung des Abbaus und der Prozeßführung	68
4.8.1. Suspensionsmittel	68
4.8.2. Abbauprobungen mit technischem Sauerstoff	71
4.8.3. Beimpfungseffekt	73
4.8.4. Lokalisierung von Mikroorganismen	76
4.9. Kombination biologischer und mechanischer Verfahren	77
4.10. Schlußfolgerungen aus den Untersuchungen in der Versuchsanlage	79
4.11. Planung, Aufbau und Charakterisierung einer Technikumsanlage	80
V. Diskussion	88
5.1. PAK-Abbau in Suspensionen	88
5.2. Einfluß des PAK-Abbaupotentials von Mikroorganismen	90
5.3. Einfluß chemischer und physikalischer Parameter auf den mikrobiologischen PAK-Abbau in Böden	91
5.4. Suspensionsreaktor zur mikrobiologischen Behandlung feinkörniger Böden .	96
5.5. Betriebsergebnisse in hydraulisch angeströmten Suspensionsreaktoren	98
5.6. Vergleich mit anderen Suspensionsverfahren	102
VI. Zusammenfassung	106
VII. Literaturverzeichnis	109