

INSTITUT WAR – Bibliothek –
Wasserversorgung, Abwassertechnik,
Abfalltechnik und Raumplanung
Technische Hochschule Darmstadt
Petersenstraße 13, 64297 Darmstadt
TEL. 06151 / 163659 + 162748
FAX 06151 / 162758

10 ISWW 75

Karl Schmid

**Tensidunterstützte und biologische Sanierung
der Feinkornfraktion aus der Bodenwäsche
bei kohlenwasserstoffhaltigen Altlasten**

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Verzeichnis der Abbildungen	V
Verzeichnis der Tabellen	VIII
Abkürzungsverzeichnis	X
1 Einleitung	1
2 Stand von Wissenschaft und Technik	6
2.1 Bodenwaschverfahren	6
2.2 Biologische Sanierung und Bioreaktorverfahren	11
2.2.1 Reaktorverfahren in der Altlastensanierung	11
2.2.1.1 Trockensubstanzreaktoren	12
2.2.1.2 Schlamm- oder slurry-Reaktoren	13
2.2.2 Optimierung der Umsatzraten in Bioreaktoren	17
2.2.2.1 Abbaubarkeit/Persistenz	18
2.2.2.2 Ansiedlung adaptierter Mikroorganismen	22
2.2.2.3 Bioverfügbarkeit	23
2.2.2.4 Toxizität	28
2.3 Tenside	32
2.3.1 Einsatz von Tensiden in der Altlastensanierung	35
2.3.2 Beschreibung der Interaktion zwischen Tensiden und flüssigen- oder festen Phasen	38
2.3.2.1 Interaktion Tensid/MKW Phase	38
2.3.2.2 Interaktion Tensid/Festphase	40
2.3.3 Aufarbeitung von Emulsionen	45
2.3.3.1 Tensidrecycling	46
2.3.3.2 Aufbereitung der wäßrigen Phase	46
3 Zielsetzung der Arbeit und Konzeption der Versuche	50
3.1 Bodenuntersuchungen	50
3.2 Untersuchungen zur biologischen Sanierung	52
3.3 Einsatz von Tensiden zur Mobilisierung der Kontamination	52
3.3.1 Behandlung der Festphase	54
3.3.2 Behandlung der Flüssigphase	55
4 Material und Methoden	57
4.1 Bodenvorbehandlung und -analysen	57
4.1.1 Eingesetzte Böden und Vorbehandlungsmethoden	57
4.1.1.1 Kontamination des Modellbodens	57
4.1.2 Bodenwäsche	57
4.1.3 Bodenanalysen	58
4.1.3.1 Korngrößenverteilung nach Köhn	58

4.1.3.2 Bestimmung quellbarer Tonmineralphasen mit Methylblau	59
4.1.3.3 Röntgendiffraktometrie	59
4.1.3.4 Bestimmung des Gesamtcarbonatgehaltes	60
4.2 Chemische Analysen	60
4.2.1 Bestimmung der MKW	60
4.2.1.1 Summenparametrische Bestimmung	60
4.2.1.2 Einzelstoffanalytik	61
4.2.2 PAK-Messung	63
4.2.3 Schwermetallbestimmung	64
4.3 Tensidchemische Analysen und Substanzen	64
4.3.1 Eingesetzte Tenside	64
4.3.2 Bestimmung des Tensidgehaltes	67
4.3.3 Messung der Oberflächenspannung	67
4.3.4 Bestimmung des Trübpunktes	68
4.3.5 Bestimmung der Phaseninversionstemperatur	68
4.4 Biologische Analysen und Anzuchtbedingungen	69
4.4.1 Anzuchtbedingungen	69
4.4.1.1 Nährmedien	69
4.4.2 Keimzahlbestimmungen	70
4.4.3 Vorkulturen, Inokulum	70
4.4.4 Anzucht in Bioreaktoren	71
4.4.5 Respirationmessungen:	71
4.4.6 Bestimmung des organisch gebundenen Stickstoffes	71
4.4.7 Toxizitätsmessungen	73
4.5 Fehlerbetrachtungen, Wiederfindungsraten	73
4.5.1 Wiederfindungsraten für MKW aus Tensidlösungen	74
4.5.1.1 Fehlerbetrachtung zur Wiederfindung von MKW bei Einsatz von Tensiden	75
4.5.2 Wiederfindungsraten für Dieseldieselkraftstoff	75
4.5.3 Fehlerbetrachtungen bei biologischen Untersuchungen	75
5 Mineralogische und chemisch-analytische Charakterisierung der eingesetzten Modell- und Realaltlasten	77
5.1 Siebanalyse und Bodenwäsche der Altlast 1	78
5.2 Mineralogische Analyse der Böden	79
5.2.1 Modellboden	80
5.2.2 Altlast 1	80
5.2.3 Altlast 2	80
5.3 Chemische Analysen	81
5.3.1 Modellboden	81
5.3.2 Altlast 1	82
5.3.3 Altlast 2	84

5.4 Diskussion	86
5.4.1 Bodencharakteristika	86
5.4.2 Schwermetallgehalte	86
5.4.3 MKW-Fractionen	86
5.4.4 Abschätzung der möglichen biologischen Sanierbarkeit	87
6 Vergleichende biologische Abbauntersuchungen	88
6.1 Bestimmung der Umsatzraten für MKW bei biologischem Abbau in verschiedenen Kultursystemen	88
6.1.1 Respirationsuntersuchungen	89
6.1.2 Bestimmung des zeitlichen Verlaufs der Abbaukinetik für verschiedene Bodenkontaminationen	91
6.1.2.1 Modellboden kontaminiert mit Diesel	91
6.1.2.2 Modellboden kontaminiert mit Motoröl	93
6.1.2.3 Feinkornanteil der Altlast 1	94
6.1.3 Abbauprobversuche im semikontinuierlich durchflossenen Kultursystem	94
6.2 Diskussion	95
6.2.1 Modellboden, kontaminiert mit Diesel	95
6.2.2 Modellboden, kontaminiert mit Motoröl	97
6.2.3 Feinkornanteil der Altlast 1	98
6.2.4 Altlast 2	99
6.2.5 Verbleib der persistenten MKW-Fractionen	99
7 Desorption von MKW durch Einsatz von Tensiden	100
7.1 Tensidauswahl und -optimierung	102
7.1.1 Screening-Versuche	102
7.1.1.1 Allgemeines Screening	102
7.1.1.2 Screening mit nichtionischen Tensiden	104
7.2 Optimierung der Einsatzkonzentration und -bedingungen	107
7.2.1 Konzentrationsabhängigkeit der Desorption	107
7.2.2 Waschversuche	108
7.2.3 Bestimmung des adsorbierten Tensidanteils	109
7.2.3.1 Die Bestimmung der CMC	109
7.2.3.2 Adsorptionsisothermen	110
7.2.3.3 Adsorptionsuntersuchungen an Tonen	111
7.2.4 Desorptionsuntersuchungen mit Realaltlasten	112
7.3 Diskussion	113
7.3.1 Tensidscreening	113
7.3.1.1 Optimierung der Einsatzkonzentration und -bedingungen	114
7.3.1.2 Adsorption von Tensiden an Bodenoberflächen	115
7.3.1.3 Desorptionsuntersuchungen mit Realaltlasten	116

8 Nachbehandlung der festen- und der flüssigen Phase	117
8.1 Reinigung der flüssigen Phase	117
8.1.1 Emulsionsspaltung durch Temperaturerhöhung	117
8.1.1.1 Bestimmung des Trübpunktes und der Phaseninversionstemperatur	118
8.1.1.2 Emulsionsspaltung bei verschiedenen Ausgangsgehalten von Tensiden	118
8.1.2 Biologische Behandlung der Flüssigphase	120
8.2 Reinigung der Festphase	121
8.2.1 Biologische Behandlung der Festphase	121
8.2.2 Untersuchungen der Abbaulimitation für adsorbierte MKW nach Tensidbehandlung der Festphase	126
8.3 Diskussion	128
8.3.1 Emulsionsspaltung	128
8.3.2 Abschließende biologische Behandlung der Fest- und Flüssigphase nach Tensideinsatz	129
8.3.2.1 Festphase	129
8.3.2.2 Flüssigphase	131
9 Schlußfolgerungen, praxisrelevante Konsequenzen	132
9.1 Biologische Sanierung des kontaminierten Feinkornanteils von MKW-haltigen Altlasten	132
9.1.1 Charakteristika einer biologischen Sanierung in Bioreaktoren	133
9.1.2 Einsatz von Tensiden	134
9.1.2.1 Readsorption	135
9.1.2.2 Adsorption an Oberflächen	136
9.1.3 Nachbehandlung der festen- und flüssigen Phase	136
9.2 Vorschlag eines Gesamtverfahrensschemas; Wirtschaftlichkeitsberechnung	137
9.2.1 Charakterisierung des Einsatzgebietes für die Bodenwäsche	137
9.2.2 Kombination aus Tensidbehandlung und biologischer Nachbehandlung des Feinkornanteils	137
9.2.3 Kosten des Verfahrens und Vergleich mit anderen Behandlungs- und Entsorgungstechniken	141
10 Zusammenfassung	143
11 Literatur	146
12 Anhang	159