

W. A. R. - Bibliothek
Inv. - Nr. D 15542

Institut für Siedlungswasserwirtschaft (ISWW) - Universität Karlsruhe (TH)

INSTITUT WAR - Bibliothek -
Wasserversorgung, Abwassertechnik,
Abfalltechnik und Raumplanung
Technische Hochschule Darmstadt
Petersenstraße 13, 64287 Darmstadt
TEL. 06151 / 163659 + 162748
FAX 06151 / 163758

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 | I |
| 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 Vorbereitungsmethoden | 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 Methylenblau | 59 |
| 4.1.3.3 Röntgendiffraktometrie | 59 |
| 4.1.3.4 Bestimmung des Gesamtkarbonatgehaltes | 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 Respirationsmessungen: | 71 |
| 4.4.6 Bestimmung des organisch gebundenen Stickstoffs | 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 Dieselkraftstoff | 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-Fraktionen | 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 Abbaubewerbe 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-Fraktionen | 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 |