

Berichte aus der Umwelttechnik

Mathias Wilichowski



**Aufbereitung mineralölkontaminierter
Böden durch Bodenwäsche und Flotation**

Städt. Bibliothek Aachen

Abteilung

34385

Verlag Shaker
Aachen 1995

Inhalt

1	Einleitung	1
2	Stand des Wissens	3
2.1	Altlasten mit Mineralölkontaminationen	3
2.1.1	Sanierungsleitwerte für mineralölkontaminierte Flächen	5
2.2	Technischer Stand der Bodenwäsche	8
2.2.1	Beispiel 1: Bodenwäsche nach dem Harbauer-Verfahren	9
2.2.2	Beispiel 2: Bodenwaschverfahren des Norddeutschen Altlastensanierungscentrums (Nordac)	11
2.2.3	Beispiel 3: Deconterra-Verfahren der Lurgi AG	13
2.2.4	Beispiel 4: Bodenwaschverfahren der Preussag Anlagenbau GmbH	14
2.3	Wissenschaftliche Grundlagen der Bodenwäsche	16
2.3.1	Grundlagen der Schadstoffbindung	16
2.3.1.1	Körnung und Mineralzusammensetzung von Böden	16
2.3.1.2	Organische Substanz	17
2.3.1.3	Bindung von Mineralöl im Boden	19
2.3.2	Mechanismen der Bodenwäsche	21
2.3.2.1	Naßaufschluß des Bodenmaterials	21
2.3.2.2	Abtrennung der Schadstoffe aus der Bodensuspension	24
2.4	Flotation als Aufbereitungsverfahren für die in Bodenwaschverfahren anfallende Feinkornfraktion	26
2.4.1	Grundlagen der Flotation	27
2.4.2	Die Grenzfläche Feststoff/ wäßrige Phase	28
2.4.3	Die Grenzfläche Feststoff/ Gasphase	30
2.4.4	Beeinflussung der Oberflächeneigenschaften	31
2.4.4.1	Sammler	31
2.4.4.2	Modifizierende Reagenzien	32
2.4.4.3	Flotationsschäumer	33
2.4.5	Voraussetzungen für den Einsatz der Flotation zur Reinigung mineralölkontaminierter Böden	33
2.4.6	Flotationsverfahren	35
2.4.7	Flotationskinetik	36

3	Versuchsaufbau	40
3.1	Versuchsanlage zur Bodenwäsche	40
3.2	Versuchsaufbauten zur flotativen Aufbereitung kontaminierter Feinkornfraktionen aus der Bodenwäsche	41
3.2.1	Mikroflotation	41
3.2.2	Versuchsaufbau zur Druckentspannungsflotation	42
3.2.3	Versuchsaufbau zur pneumatischen Flotation	43
4	Meßtechnik	46
4.1	Korngrößenanalytik	46
4.1.1	Siebanalyse	46
4.1.2	Laserbeugungsspektroskopie	46
4.2	Analyse der Mineralölkohlenwasserstoffe	48
4.3	Glühverlustbestimmung	50
4.4	Bestimmung der Feststoffdichte	51
4.5	Bestimmung der Partikelladung	51
5	Verfahrenstechnische Charakterisierung der untersuchten Böden	54
5.1	Korngrößenverteilung	55
5.2	Glühverlustverteilung	55
5.3	Feststoffdichte mineralölkontaminierter Böden	57
5.4	Korngrößenabhängige Mineralölverteilung	58
6	Grundlagenuntersuchungen zur Bodenwäsche	61
6.1	Energieeintrag in der Bodenwäsche	61
6.2	Reinigung durch Partikelbeanspruchung	62
6.3	Abtrennung kontaminierter Bodenanteile	65
6.3.1	Kennzeichnung einer Trennung	65
6.3.2	Siebklassierung	67
6.3.2.1	Trenncharakteristik des Siebes	67
6.3.2.2	Reinigungsergebnisse der Siebklassierung	70
6.3.3	Aufstromklassierung	71
6.3.3.1	Reinigungsergebnisse der Aufstromklassierung	72
6.3.4	Hydrozyklonklassierung	73
6.3.4.1	Trenncharakteristik des Hydrozyklons	75
6.3.4.2	Reinigungsergebnisse der einstufigen Hydrozyklonklassierung	77
6.3.4.3	Mehrstufige Hydrozyklonklassierung	79

6.3.4.4	Der Hydrozyklon als Apparat zur Bodenwäsche	82
6.4	Reinigungsergebnisse der Bodenwäsche	86
6.5	Schlußfolgerungen zur Einsetzbarkeit von Bodenwaschverfahren zur Reinigung mineralölkontaminierter Böden	90
7	Untersuchung der Flotation zur Verbesserung des Waschergebnisses	92
7.1	Kenngößen zur Beurteilung des Flotationsprozesses	92
7.2	Einfluß des Flotationsmilieus auf die Abtrennung mineralölkontaminierter Feinkornfraktionen	93
7.2.1	Eingesetzte Flotationschemikalien	94
7.2.2	Einfluß des pH-Wertes	94
7.2.3	Art und Konzentration der Flotationschemikalien	97
7.2.3.1	Konzentration des Sammlers	97
7.2.3.2	Konzentration des Schäumers	99
7.3	Untersuchungen zur Eignung verschiedener Flotationsverfahren	100
7.3.1	Blasengrößenverteilung bei der Druckentspannungsflotation und pneumatischen Flotation	101
7.3.2	Untersuchungen zur Druckentspannungsflotation	103
7.3.2.1	Einfluß der Partikelgröße auf die Selektivität	103
7.3.2.2	Einfluß der Schäumerkonzentration	104
7.3.2.3	Reinigungsergebnisse der Druckentspannungsflotation	105
7.3.2.4	Kinetik der Druckentspannungsflotation	108
7.3.3	Untersuchungen zur pneumatischen Flotation	116
7.3.3.1	Einfluß der Schäumerkonzentration	116
7.3.3.2	Einfluß der Schaumhöhe	117
7.3.3.3	Untersuchungen zur Wirkung von Carboxymethyl- cellulose als Drücker	119
7.3.3.4	Reinigungsergebnisse der pneumatischen Flotation	122
7.3.3.5	Kinetik der pneumatischen Flotation	127
7.3.4	Vergleich der Reinigungsergebnisse der Druckentspannungs- flotation und der pneumatischen Flotation	128
7.4	Einbindung der Flotation in die Bodenwäsche	130
7.5	Hinweise zur Auslegung und zum Betrieb technischer Flotationsanlagen auf der Grundlage von Laborergebnissen	134

8 Ansatz zur Simulation von Bodenwaschverfahren	139
8.1 Modell zur Berechnung der Schadstoffverteilung	142
8.1.1 Abhängigkeit des Schadstoffgehaltes von der organischen Substanz ...	142
8.1.2 Berechnung der Schadstoffverteilung aus der Glühverlustverteilung ...	150
8.1.3 Berechnung der Schadstoffverteilung aus der Oberflächenverteilung	158
8.1.4 Schlußfolgerungen zur Anwendbarkeit des Modells zur Berechnung der Schadstoffverteilung	160
8.2 Modellierung der Strahlwäsche	161
8.3 Modellierung der Siebklassierung	167
8.4 Modellierung der Hydrozyklonklassierung	172
8.5 Ergebnisse der Simulationsrechnungen	180
9 Zusammenfassung	191
10 Nomenklatur	193
11 Literatur	200
Anhang	208
A.1 Herleitung der Methode zur Berechnung der Schadstoffverteilung aus der Oberflächenverteilung	208
A.2 Berechnung der Feststoffdichte mineralölkontaminierter Böden	211