

Inhaltsverzeichnis

	Tabellenverzeichnis.....	VII
	Abbildungsverzeichnis.....	IX
	Abkürzungen.....	XV
1	Einleitung und Aufgabenstellung.....	1
2	Chemische und toxische Wirksamkeit von Arsen.....	5
2.1	Anthropogener und geogener Eintrag von Arsen in die Umwelt.....	5
2.2	Toxische Eigenschaften des Arsens.....	6
2.3	Wechselwirkungen Boden – Arsen.....	8
3	Prüfwerte für Arsen.....	11
4	Sanierungstechniken für Boden.....	15
4.1	Verfahrensüberblick.....	15
4.1.1	In-Situ Verfahren.....	16
4.1.2	Ex-Situ Verfahren.....	18
4.2	Immobilisierungsverfahren.....	19
4.2.1	Verfahrensprinzip.....	21
4.2.2	Die Chemie der Bindemittel.....	22
4.2.3	Verwendung von Zusätzen in S/S-Systemen.....	25
4.2.4	Einzelne Metalle im S/S-System.....	26
4.2.5	Spezielle Probleme der Arsen-Immobilisierung.....	28
4.2.6	Additive in der Verfestigung-Systeme für die Arsen-Immobilisierung.....	30
5	Untersuchungsmethodik.....	33

5.1	Arsen-Speziierung.....	33
5.2	Herstellung der Prüfkörper.....	35
5.3	Elutionsverfahren.....	35
6	Erkundung der Schadstoffe im Boden.....	37
6.1	Anorganische Schadstoffe.....	37
6.1.1	Arsen-Speziierung.....	38
6.2	Organische Schadstoffe.....	39
6.2.1	HPLC-DAD Screening.....	39
6.2.2	GC-MS-Screening.....	41
6.2.3	Identifizierung der Farbstoffe und MS-MS Scan Untersuchungen.....	43
6.3	Fazit.....	47
7	Untersuchungen zur Bestimmung der Eluierbarkeit von Schadstoffen aus dem Boden mit Wasser.....	49
7.1	Mehrstufige statische Boden-Elution mit Wasser.....	50
7.1.1	Eluierbarkeit von Arsen und Cadmium.....	50
7.1.2	Eluierbarkeit von Sulfat.....	53
7.1.3	Eluierbarkeit von PAK, aromatischen Amininen und Farbstoffen.....	55
7.2	Dynamische Elution.....	56
7.2.1	Eluierbarkeit von Arsen und Cadmium.....	57
7.2.2	Eluierbarkeit von Sulfat.....	58
7.2.3	Eluierbarkeit von PAK, aromatischen Amininen und Farbstoffen.....	59
7.3	Fazit.....	60
8	Immobilisierung von Boden.....	63
8.1	Prüfkörper.....	63

8.1.1	Herstellung der Prüfkörper.....	63
8.1.2	Bindemittel.....	64
8.1.3	Aushärtung der Prüfkörper.....	64
8.1.4	Elution der Prüfkörper.....	65
9	Ergebnisse der Prüfkörperuntersuchungen.....	67
9.1	Einfluss des Bindemittelanteils auf die Eluierbarkeit des Arsens.....	67
9.2	Einfluss des Bindemittelanteils auf die Eluierbarkeit von Cadmium, PAK, aromatischen Aminen und Farbstoffen.....	71
9.3	Fazit.....	73
10	Einfluss von Additiven auf die Eluierbarkeit des Arsens.....	75
10.1	Einfluss von Eisen(II)sulfat-Heptahydrat.....	76
10.2	Einfluss von Eisen(III)chlorid-Hexahydrat.....	77
10.3	Einfluss von EDTA und Wasserstoffperoxid.....	79
10.4	Fazit.....	81
11	Simulierte Verwitterung der Prüfkörper.....	83
11.1	Fazit.....	86
12	Zusammenfassung und Ausblick.....	87
13	Chemikalien und Geräte.....	93
13.1	Chemikalien.....	93
13.2	Geräte.....	94
13.2.1	ICP-AES.....	94
13.2.2	Graphitrohr-AAS.....	95
13.2.3	Hochleistung-Flüssigchromatographie.....	96
13.2.4	GC-MS Screening.....	98
13.2.5	Ionenchromatographie.....	100
13.2.6	MS-MS-Untersuchungen.....	100
13.2.7	pH-Meter.....	101

13.2.8	Backenbrecher.....	102
14	Boden- und Wasserproben: Entnahme und Vorbereitung.....	103
14.1	Probenahme Boden.....	103
14.2	Probenahme Wasser.....	103
14.3	Probenvorbereitung.....	104
14.4	Prüfung der Homogenität.....	104
15	Analytische Verfahren.....	107
15.1	Elution.....	107
15.1.1	Ein- und mehrstufige statische Elution.....	107
15.1.2	Dynamische Elution.....	107
15.2	Bestimmung der Metallgehalte	108
15.3	Arsen-Speziierung.....	110
15.4	Bestimmung von Anionen.....	111
15.5	Bestimmung von PAK.....	112
15.6	GC-MS Screening und Bestimmung von aromatischen Aminen.....	114
15.7	Identifizierung von Farbstoffen mittels MS-MS.....	117
15.8	Quantitative Bestimmung von Farbstoffen mittels HPLC.....	120
16	Validierung des Verfahrens zur Bestimmung von Arsen mittels ICP-AES.....	125
17	Herstellung der Prüfkörper.....	129
17.1	Prüfkörper mit variablem Bindemittelanteil.....	132
17.2	Prüfkörper mit Additiven.....	133
17.2.1	Eisen(II)sulfat-Heptahydrat.....	133
17.2.2	Eisen(III)chlorid-Hexahydrat und Eisen(III)hydroxid.....	134
17.2.3	EDTA und Wasserstoffperoxid.....	135
17.3	Simulierte Verwitterung der Prüfkörper.....	136

18	Literaturverzeichnis.....	137
19	Anhang.....	161
19.1	Prüfwerte zur Beurteilung der kontaminierten Böden.....	A
	Lebenslauf.....	E-F