

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1. Einführung	11
1.1 Aufgabenstellung	11
1.2 Umweltgefährdungspotential von Flugaschen aus Steinkohlekraftwerken	12
1.3 Entsorgungsproblematik von Flugaschen aus Steinkohlekraftwerken	13
2. Entstehungsweg von Kraftwerkskohlen und Flugaschen sowie Spurenelementverteilungen in Steinkohlekraftwerken mit Staubfeuerungen	17
2.1 Kohlen als Basismaterial für den Verbrennungsrückstand Flugaschen	17
2.1.1 Mineralien in Kohlen	19
2.1.2 Spurenelemente in Kohlen	24
2.1.3 Allgemeines zur Rohkohlenaufbereitung	36
2.1.4 Entfernung von Mineralien und Spurenelementen durch Rohkohlenaufbereitung	39
2.2 Umweltbeeinflussungen durch Steinkohlengewinnung	45
2.2.1 Überblick	45
2.2.2 Umweltbeeinflussungen durch Bergehalden	48
2.2.3 Abhilfemaßnahmen und Bergeverwertung	58
2.3 Flugaschen aus Kohlekraftwerken mit Staubfeuerungen	63
2.3.1 Staubfeuerungen für Steinkohlen	63
2.3.2 Aufbereitung von Kohlen in Kraftwerken	67
2.3.3 Entstehung von Flugaschen in Staubfeuerungen	74
2.3.4 Verhalten von Kohlemineralien in Staubfeuerungen	79
2.3.5 Allgemeines zur Rauchgasentstaubung	81
2.3.6 Rauchgasentstaubung durch Elektroentstauber	84
2.3.7 Flugascheeigenschaften (Allgemeines)	89
2.3.8 Flugascheeigenschaften (Morphologie und Unverbranntes)	91
2.3.9 Flugascheeigenschaften (Korngrößenverteilung und spezifische Oberfläche)	95
2.3.10 Flugascheeigenschaften (chemische Zusammensetzung)	98

2.4	Verhalten von Spurenelementen in Kohlekraftwerken mit Staubfeuerungen	102
2.4.1	Verflüchtigung von Spurenelementen	103
2.4.2	Kondensation verflüchtigter Spurenelemente	109
2.4.3	Anreicherung von Spurenelementen in Flugaschen	113
2.4.4	Modelle zur Beschreibung korngrößenabhängiger Elementgehalte von Flugaschen	116
2.4.5	Anreicherungsfaktoren	118
2.4.6	Einteilung der (Spuren-)Elemente hinsichtlich ihrer Anreicherung in Flugaschen aus Staubfeuerungen	120
2.4.7	Differenzierung des Spurenelementverhaltens und der Flugascheentstehung in Staubfeuerungen	122
2.5	Spurenelementverteilung in Kohlekraftwerken mit Staubfeuerungen	126
2.5.1	Spurenelementbilanzierung von Kohlekraftwerken mit Staubfeuerungen (Allgemeines)	127
2.5.2	Spurenelementbilanzierung von Kohlekraftwerken mit Staubfeuerungen (Literaturdaten)	131
2.5.3	Spurenelementemissionen von Kohlekraftwerken mit Staubfeuerungen (Allgemeines)	135
2.5.4	Spurenelementemissionen von Kohlekraftwerken mit Staubfeuerungen (Literaturdaten)	144
2.5.5	Modell zur Beschreibung von Spurenelementverteilungen in Kohlekraftwerken mit Staubfeuerungen	150
2.5.6	Berechnete Spurenelementverteilungen in Kohlekraftwerken mit Staubfeuerungen	151
3.	Umweltbeeinflussungen durch Flugaschen aus Steinkohlekraftwerken	157
3.1	Überblick	157
3.2	Spurenelementimmissionen durch Kohlekraftwerke	159
3.3	Auslaugung von Flugaschen	164
3.3.1	Allgemeines – Testmethoden	164
3.3.2	Laboruntersuchungen (Literaturdaten)	172
3.3.3	Felduntersuchungen (Literaturdaten)	182
3.3.4	Einschätzung der Umweltbeeinflussungen durch deponierte Flugaschen	189

	Seite
3.4 Verwertung von Flugaschen	192
3.4.1 Verwertung von Flugaschen im Beton- und Straßenbau	194
3.4.2 Verwertung von Flugaschen im Deponiebau und -betrieb	197
3.4.3 Aufbereitung von Flugaschen	199
4. Experimentelle Einzeluntersuchungen und Beschreibung der Untersuchungsziele	204
4.1 Bestimmung der Spurenelementgehalte in Feststoffproben aus Kraftwerk 1, 2 und 3	205
4.2 Kraftwerk 1	210
4.2.1 Beschreibung der Kraftwerksanlage	210
4.2.2 Beschreibung der Probennahmen, Versuchsbedingungen und Meßverfahren	213
4.2.3 Korngrößenverteilung der Roh- und Reingasstäube und Entstaubungsgrade	219
4.2.4 Gesamtabsecheidung staubgebundener Spurenelemente durch die Entstaubungsanlage	232
4.2.5 Korngrößenabhängige Spurenelementgehalte in Roh- und Reingasstäuben	247
4.2.6 Korngrößenabhängige Abscheidung staubgebundener Spurenelemente durch die Entstaubungsanlage	260
4.2.7 Reingasstäube aus Kraftwerk 1	266
4.2.8 Verallgemeinerung des Abscheideverhaltens von Gewebe- und Elektroentstaubern	273
4.2.9 Spurenelementbilanzierung einer Schmelzfeuerung des Kraftwerks 1	279
4.3 Kraftwerk 2	284
4.3.1 Beschreibung der Kraftwerksanlage und des Trockenadditivverfahrens	284
4.3.2 Beschreibung der Probennahmen und Versuchsbedingungen	286
4.3.3 Korngrößenverteilung von Staubkohle-, Additiv- und Flugascheproben	290
4.3.4 Einfluß der Einblasung von Additiven auf die Spurenelementgehalte abgeschiedener Flugaschen aus Trockenfeuerungen – Modell –	296
4.3.5 Einfluß der Einblasung von Additiven auf die Spurenelementgehalte abgeschiedener Flugaschen aus Trockenfeuerungen – Rechen- und Probennahmeergebnisse –	301
4.3.6 Spurenelementgehalte von Reingasstäuben aus Kraftwerk 2	307

	Seite
4.4 Kraftwerk 3	313
4.4.1 Beschreibung der Kraftwerksanlage	313
4.4.2 Beschreibung der Probennahmen und Versuchsbedingungen	314
4.4.3 Eigenschaften von Aschen aus Wirbelschichtfeuerungen	316
4.4.4 Verhalten von Spurenelementen in Wirbelschichtfeuerungen	319
4.4.5 Spurenelementgehalte der Kohle-, Additiv- und Ascheproben	321
4.4.6 Spurenelementbilanzierung einer Wirbelschichtfeuerung des Kraftwerks 3	325
4.5 Auslaugungsverhalten ausgewählter Aschen aus Kraftwerk 1, 2 und 3	329
4.5.1 Eluatherstellung und Bestimmung der Spurenelement- und Sulfat-Konzentrationen	329
4.5.2 Morphologie, Korngrößenverteilung und chemische Zusammensetzung	331
4.5.3 pH-Werte und spezifische elektrische Leitfähigkeiten	341
4.5.4 Spurenelement- und Sulfat-Konzentrationen in den Eluaten und Auslaugungsraten	344
4.6 Fehlerbetrachtung	362
5. Zusammenschau und Diskussion der Ergebnisse	366
5.1 Bereich 'Rohkohlenaufbereitung bis Flugascheanfall'	366
5.2 Bereich 'Flugascheentsorgung'	377
6. Zusammenfassung	388
7. Ausblick	394
8. Literaturverzeichnis	398
9. Anhang	417
10. Sachverzeichnis	463