

## Inhaltsverzeichnis

<b>Redaktionelle Vorbemerkungen</b> .....	<b>V</b>
<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>VII</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>XI</b>
<b>1 Die Einkapselung von Deponien und Altlasten</b> .....	<b>1</b>
1.1 Strategien und Ziele .....	1
1.2 Oberflächenabdichtung - Stand der Technik und des Wissens .....	3
1.2.1 Bindige mineralische Dichtschichten .....	4
1.2.2 Kunststoff-Dichtungsbahnen .....	8
1.2.3 Kapillarsperren .....	10
1.2.4 Kombinationsdichtungen .....	12
1.2.5 Wie dicht ist dicht? .....	13
<b>2 Theoretische Grundlagen der Untersuchung</b> .....	<b>14</b>
2.1 Wasserhaushaltsgleichung .....	14
2.2 Verdunstung .....	15
2.3 Wasserbewegung im Boden .....	17
2.3.1 Potentialkonzept .....	18
2.3.2 Wassertransport .....	22
2.3.2.1 Bewegung in flüssiger Phase .....	22
2.3.2.2 Wasserbewegung in der Gasphase .....	26
2.3.2.3 Die Bedeutung der Porenstruktur für die Wasserbewegung	27
2.3.2.4 Möglichkeiten der Modellierung der Wasserbewegung in	
Abdecksystemen durch numerische Simulation .....	29
<b>3 Untersuchungskonzept</b> .....	<b>32</b>
3.1 Die Oberflächenabdichtung der Deponie Georgswerder .....	32
3.2 Ansatz und Ziele der Untersuchung .....	33
3.3 Aufbau der Meßanlage .....	35
3.3.1 Lage und Schichtaufbau der Untersuchungsvarianten .....	36
3.3.2 Randbegrenzung und Wasserfassung der Testfelder .....	40
3.4 Meßprogramm .....	45
<b>4 Herstellung und Betrieb der Meßanlage</b> .....	<b>47</b>
4.1 Planung der Testfelder .....	47

4.2	Bau der Testfelder	47
4.3	Qualitätssicherung	62
4.4	Setzungen	65
4.5	Vegetationsentwicklung	70
4.6	Meßbetrieb und Datengrundlage	75
<b>5</b>	<b>Meßtechnik und methodische Ergebnisse</b>	<b>77</b>
5.1	Abflußmessungen	77
5.1.1	Abflüsse mit hoher Intensität (Oberflächen- und Flächen- dränageabfluß)	77
5.1.2	Abflüsse mit geringer Intensität (Lateraler Abfluß im Decksubstrat, Abflüsse unter den Dichtsystemen und Kapillarsperrenabflüsse)	81
5.2	Bodenhydrologische Messungen	84
5.2.1	Bestimmung des Bodenwassergehalts mit der Neutronensonde	85
5.2.2	Bestimmung des hydraulischen Potentials des Bodenwassers mit Tensiometern	98
5.3	Meteorologische Parameter	120
5.3.1	Niederschlag	120
5.3.2	Lufttemperatur und Luftfeuchte	131
5.3.3	Luftdruck	131
5.3.4	Windgeschwindigkeit und Windrichtung	132
5.3.5	Strahlungsbilanz	132
5.3.6	Messung der Bodentemperatur mit Platin-Widerstands- thermometern	132
5.4	Datenerfassung und -verarbeitung	134
<b>6</b>	<b>Materialeigenschaften - Methoden und Ergebnisse</b>	<b>138</b>
6.1	Korngrößenzusammensetzung	138
6.2	Tonmineralzusammensetzung	145
6.3	Elementgehalte	150
6.3.1	Anorganischer und organischer Kohlenstoff, Carbonat, pH-Wert	150
6.3.2	Sonstige Feststoffgehalte und Inhaltsstoffe der Abflüsse	152
6.4	Konsistenzgrenzen	152
6.5	Wasseraufnahmevermögen und Wasserbindegrad	154
6.6	Scherfestigkeit	154
6.7	Korndichte	157
6.8	Proctordichte und optimaler Wassergehalt	158
6.9	Dichte, Trockendichte, Lagerungsdichte und Verdichtungsgrad	159
6.10	Porenvolumen	170
6.11	Porengrößenverteilung	175

6.12	Wassergehalt und Sättigungszahl	181
6.13	Gesättigte Wasserleitfähigkeit	188
6.14	Ungesättigte Wasserleitfähigkeit	192
<b>7</b>	<b>Der Wasserhaushalt der Testfelder</b>	<b>197</b>
7.1	Vergleich der klimatischen Wasserbilanz während der Meßperiode mit dem langjährigen Mittel in Hamburg	199
7.2	Der Wasserhaushalt der Testfelder S1 und F1 in hoher zeitlicher Auflösung	203
7.2.1	Niederschlag	209
7.2.2	Verdunstung	210
7.2.3	Oberflächenabfluß	211
7.2.4	Lateraler Abfluß im Deckssubstrat	212
7.2.5	Flächendränageabfluß	214
7.3	Die Jahresbilanzen des Wasserhaushalts aller Testfelder	219
<b>8</b>	<b>Wasserflüsse in den Dichtsystemen</b>	<b>229</b>
8.1	Abflüsse	229
8.1.1	Bindige mineralische Dichtungen (Testfelder S1 und F1)	229
8.1.2	Erweiterte Kapillarsperre (Testfeld S3)	240
8.1.3	Kombinationsdichtungen (Testfelder S2 und F2)	245
8.1.4	Standarddichtsystem der Oberen Abdeckung in Georgswerder (Testfeld F3)	248
8.2	Tracer- und Infiltrationsversuche	251
8.2.1	Tracerversuch auf Testfeld F1	251
8.2.2	Infiltrationsversuch mit einem geschlossenen Doppelringinfiltrimeter	254
8.3	Die Zeitverläufe des hydraulischen Potentials und des Wassergehalts in den Dichtungen	262
8.3.1	Bindige mineralische Dichtungen ohne bedeckende PEHD-Bahnen	262
8.3.2	Erweiterte Kapillarsperre	268
8.3.3	Kombinationsdichtung	271
8.4	Der Einfluß der Bodentemperatur auf die Wasserbewegung in den Dichtungen	276
8.5	Der Einfluß von Deponiegas auf die Wasserbewegung in den Dichtungen	282
8.6	Aufgrabungen und visuelle Inspektion der Abdecksysteme	283

<b>9</b>	<b>Vergleichende Bewertung der Dichtsysteme</b> .....	289
9.1	Bindige mineralische Dichtungen ohne bedeckende Kunststoff-Dichtungsbahnen .....	293
9.2	Die erweiterte Kapillarsperre .....	297
9.3	Kombinationsdichtungen aus verschweißten PEHD-Dichtungsbahnen über bindiger mineralischer Dichtung .....	298
9.4	Standardaufbau der Oberen Abdeckung in Georgswerder .....	300
<b>10</b>	<b>Folgerungen für Planung, Bau und Überwachung von Abdecksystemen und offene Fragen</b> .....	302
10.1	Optimierung des Wasserhaushalts oberhalb der Dichtungen .....	302
10.2	Aufbau der Dichtungen .....	302
<b>11</b>	<b>Verzeichnisse</b> .....	305
11.1	Literaturverzeichnis .....	305
11.2	Softwareverzeichnis .....	320
11.3	Abbildungen .....	321
11.4	Tabellen .....	326
11.5	Photos (im Anhang) .....	328
11.6	Tabellen im Anhang .....	330
<b>Anhang</b>	.....	0
Photos	.....	1
Tabellen	.....	29