

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Arbeitskonzept.....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Dichtigkeitsanforderungen, Materialkonzepte und Qualitätsanforderungen im Deponiebau .....</b>	<b>3</b>
3.1	Deponieverordnung (DepV).....	3
3.1.1	Anforderungen an mineralische Dichtungsschichten in Abdichtungssystemen .....	3
3.2	Bundeseinheitliche Qualitätsstandards .....	4
3.2.1	Vorbemerkungen .....	4
3.2.2	Nachweis der Eignung.....	4
3.2.3	Grundsätzliche Materialanforderungen für natürliche mineralische Dichtungsmaterialien .....	5
3.2.4	Anforderungen an Deponieersatzbaustoffe .....	6
<b>4</b>	<b>Allgemeine Charakterisierung der Baggergutsedimente .....</b>	<b>6</b>
4.1	Klassifikation.....	6
4.2	Mineralchemische Charakterisierung.....	6
4.3	Abfallchemische Charakterisierung.....	6
4.4	Biologische Parameter.....	8
4.5	Verwendung, Verwertung und Beseitigung von Baggergut.....	8
4.6	Unterscheidung nach Herkunft und Aufbereitungsmethode.....	9
4.6.1	METHA-Material .....	9
4.6.2	Bremer Baggergut .....	13
4.7	Einsatz-/Verwertungsbereiche .....	15
4.8	Einbauverfahren .....	16
<b>5</b>	<b>Bodenphysikalische Charakterisierung der Baggergutsedimente .....</b>	<b>17</b>
5.1	METHA-Material .....	17
5.1.1	Kornverteilung .....	17
5.1.2	Aggregatform, Aggregatgrößenverteilung .....	18
5.1.3	Grenzwassergehalte nach ATTERBERG .....	19
5.1.4	Wasseraufnahme nach ENSLIN/NEFF, potenzielle Schwellfähigkeit nach VAN DER MERVE, Aktivität nach SKEMPTON .....	20
5.1.5	Kalkgehalt, Organik, Rohdichte .....	22
5.1.6	Kennwerte der Einzelaggregate .....	23
5.1.7	Aggregatstabilität .....	23
5.2	Bremer Baggergut.....	25
5.2.1	Kornverteilung .....	25
5.2.2	Aggregatform, Aggregatgrößenverteilung .....	26
5.2.3	Grenzwassergehalte nach ATTERBERG .....	27
5.2.4	Wasseraufnahme nach ENSLIN/NEFF potenzielle Schwellfähigkeit nach VAN DER MERVE, Aktivität nach SKEMPTON .....	28
5.2.5	Kalkgehalte, Organik, Reindichte .....	30
5.2.6	Kennwerte der Einzelaggregate .....	30
5.2.7	Aggregatstabilität .....	31

<b>6</b>	<b>Charakterisierung des aggregierten Gesamtbodens .....</b>	<b>32</b>
6.1	Aggregatmodell .....	32
6.2	Aggregat- und Interaggregatporosität .....	33
<b>7</b>	<b>Kompressionsverhalten .....</b>	<b>37</b>
7.1	Vorbemerkungen .....	37
7.2	Methode der Prüfkörperherstellung .....	37
7.3	Statischer Verdichtungsdruck - Trockendichte .....	41
7.4	Entwicklung der Aggregatdichte-/Trockendichte-Verhältnisse $\rho_{dA} / \rho_{dG}$ im Kompressionsversuch .....	43
7.5	Volumenreduktion in Abhängigkeit von der Auflastspannung $\sigma$ und der Einbau-Trockendichte im KD-Versuch .....	44
7.6	Ableitung spannungsabhängiger Steifemoduln nach dem Ansatz von OHDE .....	46
<b>8</b>	<b>Festigkeit und Bruchverhalten .....</b>	<b>47</b>
8.1	Allgemeine Beschreibung der Festigkeit .....	47
8.2	Definition des Begriffes Plastizität .....	47
8.3	Scherfestigkeit feintexturierter, wassergesättigter Feinböden .....	49
8.3.1	Anfangszustand für unvorbelastete bindige Erdstoffe ( $c_u, \varphi_u$ ) .....	51
8.3.1.1	Einfluss des Wassergehaltes auf die nicht entwässerte Kohäsion $c_u$ .....	52
8.3.1.2	Einfluss der Schergeschwindigkeit auf die nicht entwässerte Kohäsion $c_u$ .....	54
8.3.1.3	Einfluss von Materialstörungen/Sensitivität .....	56
8.3.2	Versuchstechnische Ermittlung von $c_u$ .....	57
8.3.2.1	Vorbemerkungen .....	57
8.3.2.2	Einaxialer Druckversuch (DIN 18136) .....	57
8.3.2.3	Labor- und Handflügelsonde .....	59
8.3.3	Endzustand für entwässerte Bedingungen ( $\varphi', c'$ ) .....	64
8.4	Scherfestigkeit aggregierter, teilgesättigter Feinböden .....	64
8.5	Zugfestigkeit $\sigma_z$ und Bruchdehnung $\varepsilon_z$ feintexturierter Böden .....	64
8.5.1	Direkte und indirekte Prüfmethoden .....	64
8.5.2	Ableitung der Zugfestigkeit $\text{max.} \sigma_z$ aus anderen Prüfgrößen .....	68
8.5.2.1	Ableitung aus der 1-axialen Druckfestigkeit $q_u$ .....	68
8.5.2.2	Ableitung der Zugfestigkeit $\text{max.} \sigma_z$ aus der Spaltzugfestigkeit $\beta_{sz}$ .....	68
8.5.2.3	Ableitung aus der MOHR/COULOMB-Bedingung .....	68
8.6	Zugfestigkeit $\sigma_z$ und Bruchdehnung $\varepsilon_{Br}$ aggregierter Böden .....	68
8.7	Bedeutung der Grenzzustände für Deponieentwurf und -betrieb .....	68
8.8	Ergebnisse von Festigkeitsuntersuchungen an Baggergutsedimenten .....	70
8.8.1	Eigene Untersuchungen .....	70
8.8.1.1	METHA-Material .....	70
8.8.1.2	Bremer Baggergut .....	72
8.8.2	Fremduntersuchungen .....	73

8.8.2.1	METHA-Material .....	73
8.8.2.2	Bremer Baggergut .....	74
<b>9</b>	<b>Verdichtungsverhalten .....</b>	<b>75</b>
9.1	Theoretische Grundlagen .....	75
9.1.1	Verdichtungscharakteristik nach PROCTOR .....	75
9.1.2	Auswirkungen der Materialaufbereitung .....	75
9.1.3	Auswirkungen der Aggregatstruktur auf die Verdichtungskennwerte .....	78
9.1.4	Auswirkungen des Einbauwassergehaltes und der Verdichtungsart auf die Deformierbarkeit der Aggregate .....	79
9.1.5	Auswirkung der Proctorverdichtung auf die Porenstruktur .....	82
9.1.6	Auswirkung der Verdichtung auf die Wasserdurchlässigkeit .....	83
9.1.7	Proctorverdichtung und Saugspannungscharakteristik .....	85
9.1.8	Eigene Untersuchungsergebnisse zum Verdichtungsverhalten nach Proctor .....	86
<b>10</b>	<b>Durchlässigkeitsverhalten .....</b>	<b>89</b>
10.1	Methoden der k-Wert Bestimmung .....	89
10.1.1	Standard-Ödometerversuche .....	89
10.1.2	Großödometer-Versuche .....	90
10.1.3	k-Wert-Bestimmungen in Triaxialzellen .....	93
10.2	Ergebnisse .....	95
10.2.1	Beziehung zwischen Einbaudichte, Dichteänderung infolge Belastung und k-Wert ..	95
10.2.2	Verfahrensbedingte Dichteänderung im Triax-Versuch .....	98
10.2.3	Auswirkungen des Gradienten $i$ auf den k-Wert .....	101
10.2.4	Auswirkungen einer Gasbildung auf den k-Wert .....	101
<b>11</b>	<b>Saugspannungsverhalten .....</b>	<b>102</b>
11.1	Homogene feintexturierte Böden .....	102
11.1.1	Porenarten und Porengrößen .....	102
11.1.2	Wasserspannung, Matrixpotential .....	102
11.1.3	Feldkapazität .....	103
11.1.4	Luftkapazität .....	103
11.1.5	Welkepunktwasserkapazität .....	104
11.1.6	Nutzbare Feldkapazität und nutzbare Feldkapazität des effektiven Wurzelraums ...	104
11.2	Aggregierte Böden .....	104
11.2.1	Porenarten und Porengrößen .....	104
11.2.2	Desorptionsverhalten - Kapillarmodell .....	105
11.2.3	Retentionsfunktionen .....	107
11.3	Bestimmungsmethoden für die Retentionsfunktion .....	108
11.3.1	Bestimmungen von FK und LK mit der Unterdruckmethode .....	108
11.3.2	Bestimmung der WWK mit der Überdruckmethode .....	109
11.3.3	Verdunstungsverfahren (Tensiometer) .....	110
11.3.4	Messgenauigkeit, Anwendungsgrenzen .....	113
11.4	Ergebnisse für Baggersedimente .....	113
11.4.1	Eigene Untersuchungen .....	113
11.4.2	Fremduntersuchungen .....	113

<b>12</b>	<b>Schrumpfverhalten .....</b>	<b>115</b>
12.1	Ursachen des Schrumpfens .....	115
12.2	Schrumpfvorgänge in feintexturierten wassergesättigten bindigen Böden .....	117
12.2.1	Schrumpfphasen .....	117
12.2.2	Beziehung zwischen Schrumpfkurve und Entwässerungskurven (qualitativ) .....	117
12.2.3	Definition von Indexparametern .....	119
12.2.4	Definition des Schrumpfpotenzials proctorverdichteter Proben .....	123
12.2.5	Schrumpf-Rissbildungen in homogenen, feintexturierten Proben .....	124
12.3	Schrumpfvorgänge in aggregierten, technisch hergestellten Bodensystemen .....	125
12.4	Ergebnisse eigener Klassifizierungs-Versuche .....	126
12.4.1	Schrumpfgrenzen nach DIN 18122, T2 .....	126
12.4.2	Schrumpfindex $I_s$ .....	126
12.4.3	Auswertungen zum Schrumpfpotenzial .....	126
12.4.4	Volumenschrumpfung - Einbauwassergehalt .....	130
12.4.5	Volumenschrumpfung $\epsilon_V$ – Einbautrockendichte $\rho_d G$ .....	134
12.4.6	Rissbildungen .....	136
<b>13</b>	<b>Zusammenfassende Gesamtbewertung .....</b>	<b>140</b>
13.1	Materialcharakterisierung .....	140
13.2	Aggregatstruktur der aufbereiteten Sedimente .....	140
13.3	Charakterisierung des aggregierten Gesamtbodens .....	141
13.4	Zusammendrückungsverhalten unter statischer Belastung .....	141
13.5	Verdichtungsverhalten nach Proctor .....	142
13.6	Festigkeitsverhalten .....	143
13.7	Durchlässigkeit kompakter Baggergutsedimente .....	143
13.8	Saugspannungsverhalten .....	144
13.9	Schrumpfverhalten .....	144
13.10	Weitergehende Empfehlungen .....	145
<b>14</b>	<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>146</b>