Inhaltsverzeichnis

Verzeichnis der Abbildungen IV
Verzeichnis verwendeter Symbole VII
Zusammenfassung IX
Resum XI
Resumen XIII
Summary XVI
Resume IIXX

1 Einleitung 1

1.1 Aufbau und Ziel der Arbeit 3
1.2 Geschichte der Kompaktionsforschung 4

2 Konsolidation klastischer Sedimente 8

2.1 Prozesse und Begriffe 8

2.1.1 Konsolidation in Sedimentbecken als Folge von Sedimentation 13

2.1.1.1 Überhydrostatische Drücke 14
2.1.1.2 Sedimentstrukturen im Zusammenhang mit überhydrostatischen Drücken 17
2.1.1.3 Porenwasserbewegung in Sedimentbecken 18
2.1.1.4 Entstehung von 'buried hill' Strukturen 23

2.1.2 Entwässerung als spontaner Vorgang 23

2.1.2.1 Entwässerung als Folge von Erdbeben 24
2.1.2.2 Sedimentstrukturen als Folge spontaner Entwässerung 25
2.1.2.3 Sandgänge 27

2.1.3 Beschleunigte Konsolidation als Folge anthropogener Eingriffe 32

2.2 Physikalische Grundlagen 35

2.2.1 Terzaghis Konsolidationstheorie: Grundlagen und Annahmen 35
2.2.2 Kompressibilität und spezifischer Speicherkoeffizient 37
2.2.3 Zustandsgleichung für die Porosität 39
2.2.4 Potential-Gleichung 41
2.2.5 Gültigkeit des Darcy-Gesetzes 43
2.2.6 Strömungsgleichung 46
2.2.7 Konsolidationsgleichung 47
2.2.8 Nichtlineare Form der Gibson-Gleichung 51

2.2.9 Athy-Gleichung vs. Zustandsgleichung für die Porosität 52
2.2.10 Hydraulische Durchlässigkeit und Porosität 55
2.2.11 Kompressibilität und Porosität 58
2.2.12 Erweiterungen der Konsolidationstheorie 61

2.3 Numerische Lösung der Konsolidationsgleichung 62

2.3.1 Verwendung eines Finite-Elemente-Modells 63
2.3.2 Anisotropie der hydraulischen Durchlässigkeit 68
2.3.3 Numerische Lösung der Zustandsgleichung für die Porosität bei veränderlichem spezifischem Speicherkoeffizienten 69

2.4 Vergleich zwischen analytischer und numerischer Lösung 69

2.4.1 Instationäres Strömungsmodell ohne Deformation 70
2.4.2 Druckentwicklung mit beweglichem Rand und ohne Deformation der Modellelemente 73
2.4.3 Diskretisierungsfehler bei Lösungen für beweglichen Rand und Deformation der Modellelemente 75
2.4.4 Fehlerverhalten 76
2.4.5 Druckentwicklung für unterschiedliche Anfangsbedingungen 78

2.5 Ältere Ansätze numerischer Kompaktionsmodellierung 81

3 Stofftransport 83

3.1 Physikalische Grundlagen 84

3.1.1 Hydrodynamische Dispersion 87
3.1.2 Diffusion 90
3.1.3 Transport chemisch reaktiver Stoffe 92

3.2 Numerische Lösungen der Transportgleichung 94

3.2.1 Finite-Elemente-Verfahren zur Lösung der Transportgleichung 94
3.2.2 Stabilitätskriterien 95
3.2.3 Courant-Kriterium 97
3.2.4 Vergleich zwischen analytischer und numerischer Lösung 98

4 Eindimensionale Modelle für konsolidationsbedingte Porenwasserbewegung und Stofftransport 100

4.1 Beispiel 1: Konsolidationsbedingtes Druckgefälle 101

4.1.1 Zustand der Sedimentsäule am Ende des Experiments 101
4.1.2 Beispiel 1: Zeitliche Änderungen in der entstehenden Sedimentsäule 105

4.2 Beispiel 2: Umkehrung des Druckgefälles 108

4.2.1 Zustand am Ende des Experiments 110
4.2.2 Beispiel 2: Zeitliche Änderungen in der entstehenden Sedimentsäule 113
4.2.3 Einhaltung der Stabilitätskriterien 115

5 Zweidimensionale Modelle 118

5.1 Porenwasserbewegung in Sedimentbecken 118

5.1.1 Vergleich der Fließfelder 120
5.1.2 Vergleich der Druckverteilungen 122
5.1.3 Vergleich der Porositätsverteilungen 124
5.1.4 Vergleich der kumulativen Porenwasserwanderung 126

5.2 Konsolidationsbedingte Porenwasserbewegung an hydraulisch leitenden Störungen 128

5.2.1 Hydraulisch leitende Störung: Beispiel 1 128
5.2.2 Hydraulisch leitende Störung: Beispiel 2 137
5.2.3 Diskussion 142

6 Modellierung von konsolidationsbedingter Porenwasserbewegung und Stofftransport bei sub-seabed disposal 144

6.1 Konzept des sub-seabed disposal 144

6.1.1 Radiologische Beurteilung durch die Nuclear Energy Agency (NEA) 146
6.1.2 Annahmen der NEA-Studie zur Porenwasserströmung 149
6.1.3 Eigenschaften technischer und natürlicher Barrieren 151

6.2 Geologie des Great Meteor East (GME) 152

6.2.1 Sedimentation, Topographie und Tiefenstruktur 154
6.2.2 Störungen 157
6.2.3 Hinweise auf advektive Porenwasserbewegung 158

6.3 Modellierung von Porenwasserdrücken im Great Meteor East (GME) 163

6.3.1 Eingabedaten 164
6.3.2 Diskretisierung 165
6.3.3 Berechnete überhydrostatische Porenwasserdrücke 167

6.4 Konsolidationsbedingte Porenwasserbewegung und Stofftransport im Kanisternahfeld 171

6.4.1 Vergleich mit analytischen Lösungen 173
6.4.2 Diskretisierung, Anfangs- und Randbedingungen 179
6.4.3 Ergebnisse der Modellrechnungen 183
6.4.4 Zusammenfassung der Ergebnisse 190

7 Schlußbemerkung und Ausblick 196

8 Literaturverzeichnis 199