

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
2	Stand der Wissenschaft und Technik	7
2.1	Mathematische Modelle zur Beschreibung des mechanischen Verhaltens fluidgesättigter poröser Medien	7
2.2	Numerische Modelle zur Modellierung fluidgesättigter poröser Medien	9
2.3	Bodendynamik	15
2.4	Installationseinfluss von Vollprofilen auf den umgebenden Boden	20
3	Zielsetzung	25
4	Implementierung der $u-p$-Formulierung	27
4.1	Definitionen	27
4.1.1	Volumenanteile	28
4.1.2	Prinzip der effektiven Spannungen	30
4.2	Mathematisches Modell	30
4.2.1	Stoffmodelle	31
4.2.2	Mathematisches Modell einer $u - p$ Formulierung	33
4.2.3	Randbedingungen	34
4.2.4	Schwache Formulierung des Gleichgewichts	35
4.3	Numerisches Modell	36
4.3.1	Räumliche Diskretisierung mittels der Finite-Elemente-Methode	37
4.3.2	Zeitintegration	40
4.4	Implementierung im Finite-Elemente-Programm Abaqus/Explicit	45
4.4.1	Lösung der Impulsbilanz	45
4.4.2	Lösung der Massenbilanz	45
4.4.3	Berücksichtigung der Kopplungen zwischen Feststoff- und Wasserphase	46
4.4.4	Kontaktmodell	48
4.4.5	Parameter des numerischen Modells	50
4.5	Annahmen und Einschränkungen für das numerische Modell	50
4.6	Abschätzung ausgewählter Parameter	52
4.6.1	Kompressionsmodul der Bodenpartikel	52
4.6.2	Kompressionsmodul von Wasser	52
4.6.3	Durchlässigkeitsbeiwert der Feststoffphase	56
4.7	Fazit	57

5 Verifizierung	59
5.1 Quasistatische Beanspruchung	59
5.1.1 Terzaghi-Problem	59
5.1.2 Variation der Randbedingungen an einem Bodenzylinder	61
5.2 Dynamische Beanspruchung	64
5.2.1 Vergleich mit einer semi-analytischen Lösung nach Schanz und Cheng (2000)	64
5.2.2 Vergleich mit der ADPC-Methode nach Ye et al. (2010)	68
5.2.3 Fazit	78
5.3 Nichtlineares Materialverhalten	79
5.4 Kontaktmodell mit effektiven Spannungen	82
5.4.1 Elastischer Würfel auf starrer Platte	83
5.5 Große Deformationen	84
5.5.1 Quasistatisches Eindrücken eines Pfahls	85
5.6 Sensitivitätsanalyse der $u - p$ Formulierung	90
5.6.1 Numerische Dämpfung	91
5.6.2 Kompressionsmodul der Bodenpartikel	96
5.6.3 Sättigungsgrad	97
5.7 Fazit	99
6 Gesättigter Sand unter dynamischer Belastung	101
6.1 Eindimensionale Wellenausbreitung	101
6.1.1 Numerische Modellierung	101
6.1.2 Wellenausbreitung in trockenem und gesättigtem Sand	102
6.1.3 Einfluss der Durchlässigkeit	106
6.1.4 Einfluss der Lagerungsdichte	106
6.1.5 Einfluss des Sättigungsgrads	108
6.2 Fazit	120
7 Pfahlrammung in gesättigtem Sand - Vergleich mit Feldmessungen	123
7.1 Nachrechnung Feldversuch 3. Liegeplatz Predöhlkai	123
7.1.1 Durchgeführte Messungen	123
7.1.2 Numerische Modellierung	124
7.1.3 Penetrationsvorgang des Pfahls	128
7.1.4 Vergleich mit Messergebnissen	130
7.2 Fazit	135
8 Einfluss des Porenwassers bei der Rammung von Vollprofilen	137
8.1 Numerisches Modell	137
8.1.1 Modellierung von Pfahl und Pfahlrammung	139
8.1.2 Modellierung der Pfahlprobebelastung	140
8.2 Schlagrammung	142
8.2.1 Einfluss des Durchlässigkeitsbeiwerts	146
8.2.2 Einfluss des Wandreibungswinkels	151
8.2.3 Einfluss der Lagerungsdichte	153

8.2.4	Einfluss des Sättigungsgrads	157
8.2.5	Einfluss der Schlagfrequenz und Rammkraft	160
8.3	Vibrationsrammung	164
8.3.1	Einfluss des Durchlässigkeitsbeiwerts	167
8.3.2	Einfluss des Wandreibungswinkels	170
8.3.3	Einfluss der Lagerungsdichte	173
8.3.4	Einfluss des Sättigungsgrads	175
8.3.5	Einfluss der Vibrationsfrequenz	178
8.4	Vergleich von Schlag- und Vibrationsrammung	182
8.5	Fazit	185
9	Zusammenfassung und Ausblick	193
9.1	Zusammenfassung	193
9.2	Ausblick	195