

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	1
1.1 Definitionen	2
2 Stand der Wissenschaft und Technik	5
2.1 Ansätze zur rechnerischen Erfassung eines Ppropfens	5
2.2 Ig-Modellversuche	8
2.3 ng-Modellversuche	13
2.4 Großmaßstäbliche Versuche	16
2.5 Theoretische Ansätze zu den Mechanismen der Ppropfenbildung in offenen Pro- filen	19
2.6 Numerische Untersuchungen zur Rammung offener Profile	22
3 Arbeitsprogramm	25
4 Feldversuch	27
4.1 Beschreibung der Baumaßnahme	27
4.1.1 Baumaßnahme	27
4.1.2 Baugrundverhältnisse	27
4.2 Durchgeführte messtechnische Untersuchungen	34
4.2.1 Überblick über des Messprogramm	34
4.2.2 Verwendete Messtechnik	34
4.2.3 Durchgeführte Messungen	37
4.3 Ergebnisse	37
4.3.1 Rammbericht	37
4.3.2 Direkte Messung der inneren Bodensäule	38
4.3.3 Dynamische Pfahltragfähigkeit	39
4.3.4 Innere und äußere Horizontalspannungen	43
4.3.5 Entwicklung von Mantelreibung und Spitzendruck im Pfahlinnern	51
4.3.6 Langzeitmessung der inneren und äußeren Horizontalspannungen	51
4.4 Bewertung der Messergebnisse	54
4.5 Vergleich mit analytischen Verfahren	55
5 Zentrifugenversuche	57
5.1 Allgemeine Grundlagen zu Zentrifugenversuchen	57
5.1.1 Modellgesetze	58
5.1.2 Einschränkungen	59

Inhaltsverzeichnis

5.2	Durchgeführte Versuche	60
5.2.1	Allgemeines	60
5.2.2	Modellsand	60
5.2.3	Untersuchte Pfähle	60
5.2.4	Instrumentierung	63
5.2.5	Einbringverfahren	65
5.2.6	Sandeinbau und resultierende Lagerungsdichte	68
5.3	Ergebnisse	70
5.3.1	Direkte Messung des Bodenpropfens	71
5.3.2	Einfluss des Einbringverfahrens	73
5.3.3	Einfluss der Profilgeometrie	83
5.3.4	Einfluss der Lagerungsdichte	97
5.3.5	Dehnungsmessungen am doppelwandigen Rohrprofil	108
5.4	Zusammenfassung und Bewertung	118
6	Numerische Untersuchungen	123
6.1	Numerische Simulation der Rammung offener Profile	123
6.1.1	Allgemeine Grundlagen der Modellbildung	123
6.1.2	Finite-Elemente-Methode (FEM)	125
6.1.3	Gekoppelte Euler-Lagrange Methode (CEL)	129
6.2	Stoffliche Formulierung des Bodens	130
6.3	Validierung der numerischen Modelle	132
6.3.1	Finite-Elemente Modelle	133
6.3.2	CEL-Modelle	137
6.4	Untersuchung der Mechanismen einer Ppropfenbildung in offenen Profilen	143
6.5	Verteilung von Mantelreibung und Spitzendruck	150
6.5.1	Grenzwertbetrachtung	150
6.5.2	Numerisches Modell	151
6.5.3	Ergebnisse	152
6.6	Parameterstudie zu verschiedenen Einflussfaktoren auf die Ppropfenbildung in offenen Profilen	154
6.6.1	Rohrdurchmesser	155
6.6.2	Lagerungsdichte	156
6.7	Anwendungsbeispiel: Einfluss innerer Verstärkungen auf die Ppropfenbildung	158
6.7.1	Einleitung	158
6.7.2	Variation der Räumergeometrie	159
6.7.3	Innerer Verstärkungsring Typ <i>Severi</i>	165
6.8	Zusammenfassung	170
7	Berechnungsmodell	173
7.1	Einleitung	173
7.2	Anwendungsbereich und -grenzen	173
7.3	Allgemeines Vorgehen zur Ermittlung der Ppropfentragfähigkeit	174
7.4	Ergebnisse für Rohrprofile	175
7.5	Ergebnisse für offene Profile	177

7.5.1	U-Profile	178
7.5.2	Spundwandprofile	180
7.6	Berücksichtigung des Einbringverfahrens	182
7.7	Vergleich des Berechnungsverfahrens mit Messwerten	184
7.7.1	Allgemeines Vorgehen zur Tragfähigkeitsabschätzung	184
7.7.2	Verifikation durch Vergleich mit Messdaten	184
7.8	Zusammenfassung	187
8	Zusammenfassung und Ausblick	189
8.1	Zusammenfassung	189
8.2	Ausblick	190
Literaturverzeichnis		198
Anhang		198
A Laborversuche an Niedernfelder Sand		199
B Zusammenstellung der Zentrifugenversuche		211
C Hypoplastische Kennwerte der betrachteten Böden		213
D Symbole und Einheiten		215