

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b>	<b>1</b>
1.1 Definitionen . . . . .	2
<b>2 Stand der Wissenschaft und Technik</b>	<b>5</b>
2.1 Ansätze zur rechnerischen Erfassung eines Pfropfens . . . . .	5
2.2 Ig-Modellversuche . . . . .	8
2.3 ng-Modellversuche . . . . .	13
2.4 Großmaßstäbliche Versuche . . . . .	16
2.5 Theoretische Ansätze zu den Mechanismen der Pfropfenbildung in offenen Pro- filen . . . . .	19
2.6 Numerische Untersuchungen zur Rammung offener Profile . . . . .	22
<b>3 Arbeitsprogramm</b>	<b>25</b>
<b>4 Feldversuch</b>	<b>27</b>
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
<b>5 Zentrifugenversuche</b>	<b>57</b>
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 Bodenpfropfens	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
<b>6</b>	<b>Numerische Untersuchungen</b>	<b>123</b>
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 Pfropfenbildung 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 Pfropfenbildung in offenen Profilen	154
6.6.1	Rohrdurchmesser	155
6.6.2	Lagerungsdichte	156
6.7	Anwendungsbeispiel: Einfluss innerer Verstärkungen auf die Pfropfenbildung	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
<b>7</b>	<b>Berechnungsmodell</b>	<b>173</b>
7.1	Einleitung	173
7.2	Anwendungsbereich und -grenzen	173
7.3	Allgemeines Vorgehen zur Ermittlung der Pfpfentragfähigkeit	174
7.4	Ergebnisse für Rohrprofile	175
7.5	Ergebnisse für offene Profile	177

7.5.1	U-Profil	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
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick</b>	<b>189</b>
8.1	Zusammenfassung	189
8.2	Ausblick	190
	<b>Literaturverzeichnis</b>	<b>198</b>
	<b>Anhang</b>	<b>198</b>
<b>A</b>	<b>Laborversuche an Niedernfelder Sand</b>	<b>199</b>
<b>B</b>	<b>Zusammenstellung der Zentrifugenversuche</b>	<b>211</b>
<b>C</b>	<b>Hypoplastische Kennwerte der betrachteten Böden</b>	<b>213</b>
<b>D</b>	<b>Symbole und Einheiten</b>	<b>215</b>