

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Stand der Wissenschaft und Technik	5
2.1	Stand der Technik	5
2.1.1	p-y-Methode	5
2.1.2	Strain Wedge Model	7
2.2	Stand der Forschung	8
2.2.1	Modellversuche	8
2.2.2	Feldversuche	10
2.2.3	Numerische Methoden	11
2.2.4	Bewertung der Bemessungsverfahren für zyklisch horizontal belastete Pfähle	15
2.3	Aufgeweitete Pfähle	16
3	Zielsetzung und Methodik	19
3.1	Zielsetzung	19
3.2	Untersuchungsmethoden	20
3.2.1	Experimentelle Untersuchungen am Gesamtsystem	20
3.2.2	Untersuchung im Laborversuch - Einzelscherversuch mit veränderlicher Scherrichtung	23
3.2.3	Numerische Untersuchungen	24
4	Untersuchungen zur Pfahldrift am Gesamtsystem	27
4.1	Modellgesetze	27
4.2	Kleinmaßstäbliche Modellversuche	30
4.2.1	Versuchsstand für die 1g-Modellversuche	30
4.2.2	Versuchsprogramm der 1g-Modellversuche	32
4.2.3	Ergebnisse der 1g-Modellversuche	35
4.2.4	Bewertung der Ergebnisse der 1g-Modellversuche	42
4.3	Zentrifugenversuche	43
4.3.1	Versuchsaufbau in der Zentrifuge	43
4.3.2	Belastung in den ng-Modellversuchen	50
4.3.3	Ergebnisse der ng-Modellversuche	51
4.3.4	Bewertung der Ergebnisse der Zentrifugenversuche	62
4.4	Ergänzende Untersuchungen zur Pfahldrift mit der Finite-Elemente-Methode	65
4.4.1	FE-Modell zur Simulation der Pfahldrift	65

4.4.2	Ergebnis der FE-Simulation der Zentrifugenversuche im Prototypenmaßstab	69
4.5	Großmaßstäbliche Modellversuche	72
4.5.1	Versuchsaufbau	72
4.5.2	Belastung	79
4.5.3	Ergebnisse	80
4.5.4	Zusammenfassung und Bewertung der Ergebnisse des Feldversuches	98
4.5.5	Nachträgliche Untersuchung der Auswirkung einer Bodeninhomogenität mit der p-y-Methode	100
4.5.6	Numerische Parameterstudie zur Flügelanordnung	105
4.5.7	Bewertung des Systems Flügelpfahl	112
4.6	Zusammenfassende Bewertung der physikalischen Modellierung	114
5	Grundlegende Untersuchungen zur Pfahldrift im Scherversuch	115
5.1	Grundlagen zu Scherversuchen und zum Einfachscherversuch	115
5.1.1	Einfachschergeräte	116
5.1.2	Besonderheiten beim Einfachscherversuch	117
5.2	Spezifikation des verwendeten Gerätes	120
5.2.1	Boden	121
5.2.2	Probeneinbau	121
5.2.3	Versuchsdurchführung	122
5.3	Versuchsprogramm	124
5.4	Ergebnisse	127
5.4.1	Monotone Scherung	127
5.4.2	Zyklische Scherung (Hauptserie)	127
5.4.3	Zyklische Scherung (weitere Versuche)	135
5.4.4	Zusammenfassung der Ergebnisse der zyklischen Einfachscherversuche	136
5.5	Numerische Modellierung der Einfachscherversuche mit der FEM	141
5.5.1	Modell	141
5.5.2	Ergebnisse der Nachrechnung des Einfachscherversuchs	142
5.6	Bewertung der Ergebnisse der Scherversuche	147
6	Beschreibung des Phänomens der Pfahldrift	149
6.1	Modellvorstellung	149
6.2	Untersuchung des Randwertproblems Pfahl-Boden	150
6.3	Untersuchung des Bodenphänomens	151
6.4	Bewertung der Untersuchungen	152
6.5	Prognose der Pfahldrift	152
7	Zusammenfassung und Ausblick	153
7.1	Zusammenfassung	153
7.2	Ausblick	154
7.3	Summary and Perspectives	155

ANHANG	164
A Materialparameter	165
A.1 Cuxhavener Sand	165
A.2 Silica Sand Zentrifuge	169
A.3 Bremerhaven Sand	172
A.3.1 Aufschluss BK2	172
A.3.2 Aufschluss BK1	173
B 1g-Modellversuche	177
B.1 Zusätzliche Informationen	177
B.2 Ergebnisse für lockere Lagerung	178
B.3 Ergebnisse für mitteldichte Lagerung	181
C ng-Modellversuche	183
C.1 Aufbau in der Zentrifuge	183
C.2 Versuchsergebnisse bei dichter Lagerung	184
C.3 Ergebnisse der numerischen Berechnung	189
C.3.1 Eingabeparameter für die Berechnung der Zentrifugenversuche mit der p-y-Methode	189
C.3.2 Verschiebung in der FE-Simulation	189
C.3.3 Porenzahlen in der FE-Simulation	194
D Großmaßstäblicher Modellversuch	197
D.1 Messung der Verschiebung - Zusätzliche Darstellungen	197
D.2 Messung der effektiven Spannungen zum Ende der Versuche	199
D.3 Messung der Drücke in Ebene 4	201
D.4 Numerische Untersuchungen zum Flügelpfahl	206
D.4.1 Prognose mit der FEM	206
D.4.2 Prognose mit der p-y-Methode	210
D.4.3 Zusätzliche Darstellungen zur Parametervariation	213
E Einfeldversuche	215
E.1 Reproduzierbarkeit der Lagerungsdichte	215
E.2 Ermittlung der axialen Probenverformung	215
E.3 Zyklische Versuche Typ a (1 bis 5 und 1a bis 5a)	217
E.4 Zyklische Versuche Typ b	218
E.5 Zyklische Versuche Typ c	218
F Symbole und Einheiten	219
F.1 Großbuchstaben	219
F.2 Kleinbuchstaben	220
F.3 Griechische Buchstaben	221