

Inhaltsverzeichnis

Mitglieder des Arbeitskreises AK 2.1 „Pfähle“	V
Vorwort und Benutzerhinweise	VII
1 Einleitung und Anwendungsgrundlagen der Empfehlungen	1
1.1 Nationale und internationale Vorschriften für Pfähle	1
1.2 Nachweisformen und Grenzzustände nach dem Teilsicherheitskonzept	2
1.2.1 Neue Normengeneration und Anwendung auf Pfahlgründungen ..	2
1.2.2 Einwirkungen, Beanspruchungen und Widerstände	3
1.2.3 Grenzzustände und nationale Anwendung des Handbuchs EC 7-1	4
1.2.4 Übergangsregelungen zur Anwendung der EA-Pfähle im Zusammenhang mit dem Handbuch EC 7-1	7
1.3 Planung und Prüfung von Pfahlgründungen	8
2 Pfahlsysteme	9
2.1 Übersicht und Zuordnung zu den Pfahlsystemen	9
2.2 Pfahlherstellung	13
2.2.1 Bohrpfähle	13
2.2.1.1 Verrohrt hergestellte Bohrpfähle	13
2.2.1.2 Ungestützt hergestellte Bohrpfähle	14
2.2.1.3 Flüssigkeitsgestützt hergestellte Bohrpfähle	15
2.2.1.4 Erdgestützt mit durchgehender Bohrschnecke hergestellte Bohrpfähle	15
2.2.1.5 Erdgestützt mit teilweise durchgehender Bohrschnecke hergestellte Bohrpfähle	16
2.2.1.6 Bohrpfähle mit Fußaufweitungen	17
2.2.1.7 Schlitzwandelemente/Barette	18
2.2.2 Fertigrammpfähle	18
2.2.2.1 Allgemeines	18
2.2.2.2 Fertigrammpfähle aus Beton	18
2.2.2.3 Fertigrammpfähle aus Stahl und Gusseisen	19
2.2.2.4 Fertigrammpfähle aus Holz	20
2.2.3 Ortbetonrammpfähle	21
2.2.3.1 Ortbetonrammpfahl mit Innenrohrummung (Frankipfahl)	21
2.2.3.2 Ortbetonrammpfahl mit Kopframmung (z. B. Simplexfahl)	22
2.2.4 Schraubpfähle (Vollverdrängungsbohrpfähle)	23

2.2.4.1	Allgemeines	23
2.2.4.2	Atlaspfahl	23
2.2.4.3	Fundexpfahl	24
2.2.5	Verpresste Verdrängungspfähle	24
2.2.5.1	Verpressmörtelpfähle (VM-Pfähle)	24
2.2.5.2	Rüttelinjektionspfähle (RI-Pfähle)	24
2.2.6	Mikropfähle	25
2.2.7	Rohrverpresspfähle	26
2.3	Pfahlähnliche Elemente	27
3	Grundsätze zu Entwurf und Berechnung von Pfahlgründungen	29
3.1	Pfahlgründungssysteme	29
3.1.1	Einzelpfahlösungen	29
3.1.2	Pfahlroste	31
3.1.3	Pfahlgruppen	31
3.1.4	Kombinierte Pfahl-Plattengründungen (KPP)	33
3.2	Baugrunderkundung bei Pfahlgründungen	34
3.3	Zuordnung der Böden bei Pfahlgründungen	42
3.4	Pfahlkonstruktionen zur Baugrubenherstellung und Sicherung von Geländesprüngen	43
3.4.1	Allgemeines	43
3.4.2	Anordnung der Pfähle	43
3.4.3	Pfahlsysteme und spezielle Ausführungsanforderungen	44
3.4.4	Berechnung und Bemessung	45
3.4.5	Bewehrung	45
3.4.6	Beton	45
3.4.7	Wasserdichtigkeit von Bohrpfahlwänden	46
3.5	Pfahlkonstruktionen zur Böschungssicherung	46
3.6	Anordnung von Hülsen	48
4	Einwirkungen und Beanspruchungen	51
4.1	Allgemeines	51
4.2	Pfahlgründungslasten aus dem Bauwerk	52
4.3	Herstellungsbedingte Beanspruchungen von Pfählen	53
4.4	Negative Mantelreibung	53
4.4.1	Allgemeines	53
4.4.2	Ermittlung der charakteristischen Einwirkung aus negativer Mantelreibung	54
4.4.3	Ermittlung der Bemessungsgrößen der Einwirkungen bzw. Beanspruchungen und Nachweisführung	57
4.4.4	Mantelreibung infolge Hebung des Bodens in der Pfahl- umgebung	58

4.5	Seitendruck	59
4.5.1	Allgemeines	59
4.5.2	Notwendigkeit einer Pfahlbemessung auf Seitendruck	60
4.5.3	Ermittlung der charakteristischen Einwirkung aus Fließdruck	62
4.5.4	Ermittlung der charakteristischen Einwirkung aus dem resultierenden Erddruck	63
4.5.5	Entfernungseinfluss und Mindestmomentenbeanspruchung	66
4.5.6	Beanspruchungen der Pfähle	67
4.6	Zusatzbeanspruchung von Schrägpfählen aus Baugrundverformungen	67
4.6.1	Allgemeines	67
4.6.2	Zusatzbeanspruchung von Rückverankerungen mit Stahl- und Mikropfählen	68
4.7	Gründungspfähle in Böschungen und an Geländesprüngen	71
4.7.1	Gründungspfähle in Böschungen	71
4.7.2	Gründungspfähle an Geländesprüngen	72
5	Tragverhalten und Widerstände von Einzelpfählen	75
5.1	Allgemeines	75
5.2	Ermittlung von Pfahlwiderständen aus statischen Pfahlprobelastungen	76
5.2.1	Grundlagen	76
5.2.2	Charakteristische Pfahlwiderstände im Grenzzustand der Tragfähigkeit	77
5.2.3	Charakteristische Pfahlwiderstände im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	78
5.3	Ermittlung von Pfahlwiderständen aus dynamischen Pfahlprobelastungen	79
5.4	Axiale Pfahlwiderstände aus Erfahrungswerten	82
5.4.1	Allgemeines	82
5.4.2	Anwendungshinweise	83
5.4.3	Anwendungsgrundlagen und Einschränkungen der Tabellenwerte	84
5.4.4	Fertigrammpfähle	87
5.4.4.1	Allgemeines	87
5.4.4.2	Erfahrungswerte von Pfahlspitzendruck und Pfahlmantelreibung von Fertigrammpfählen	89
5.4.4.3	Erfahrungswerte zum Pfahltragverhalten von offenen Stahlrohren und Hohlkästen	92
5.4.4.4	Erfahrungen mit Fertigpfählen im Fels und sehr dichten bzw. verkitteten Böden	93
5.4.5	Ortbetonrammpfähle	94
5.4.5.1	Allgemeines	94

5.4.5.2	Erfahrungswerte von Pfahlspitzendruck und Pfahlmantelreibung von Simplexpfählen.....	95
5.4.5.3	Erfahrungswerte von Pfahlfußwiderstand und Pfahlmantelreibung von Frankipfählen.....	97
5.4.6	Bohrpfähle.....	104
5.4.6.1	Allgemeines.....	104
5.4.6.2	Erfahrungswerte von Pfahlspitzendruck und Pfahlmantelreibung von Bohrpfählen.....	106
5.4.6.3	Erfahrungswerte von Pfahlspitzendruck und Pfahlmantelreibung bei Fels und felsähnlichen Böden.....	108
5.4.6.4	Schlitzwandelemente.....	112
5.4.6.5	Bohrpfahlwände und Schlitzwände.....	112
5.4.7	Teilverdrängungsbohrpfähle.....	112
5.4.8	Schraubpfähle.....	114
5.4.8.1	Allgemeines.....	114
5.4.8.2	Erfahrungswerte von Pfahlspitzendruck und Pfahlmantelreibung von Schraubpfählen.....	114
5.4.9	Verpresste Verdrängungs- und Mikropfähle.....	117
5.4.9.1	Allgemeines.....	117
5.4.9.2	Erfahrungswerte der Pfahlmantelreibung von Verpressmörtel-pfählen (VM-Pfähle).....	117
5.4.9.3	Erfahrungswerte der Pfahlmantelreibung von Rüttelinjektions-pfählen (RI-Pfähle).....	118
5.4.9.4	Erfahrungswerte der Pfahlmantelreibung von verpressten Mikropfählen.....	119
5.4.9.5	Erfahrungswerte der Pfahlmantelreibung von Rohrverpress-pfählen.....	120
5.4.9.6	Verbundspannung von verpressten Verdrängungspfählen.....	121
5.4.10	Anwendungen der Erfahrungswerte auf Zugpfähle.....	121
5.5	Bohrpfähle mit Fußaufweitung.....	122
5.6	Weitere Verfahren nach Handbuch EC 7-1 und Handbuch EC 7-2.....	122
5.7	Pfahlwiderstände bei Mantel- und Fußverpressung.....	123
5.8	Pfahlwiderstände quer beanspruchter Pfähle.....	124
5.9	Pfahlwiderstände bei nicht ruhenden Einwirkungen.....	125
5.10	Innere Tragfähigkeit von Pfählen.....	125
5.10.1	Allgemeines.....	125
5.10.2	Beanspruchbarkeit von Querschnitten.....	126
5.10.3	Widerstand von Pfählen gegen Knickversagen in Bodenschichten mit geringer seitlicher Stützung und Knicknachweis.....	127
5.11	Numerische Berechnungen zur Tragfähigkeit von Einzel-pfählen.....	128

6	Standsticherheitsnachweise	129
6.1	Allgemeines	129
6.2	Grenzzustandsgleichungen	129
6.3	Nachweis der Tragfähigkeit	130
6.3.1	Axial belastete Pfähle	130
6.3.2	Quer zur Pfahlachse belastete Pfähle	131
6.3.3	Materialversagen von Pfählen	133
6.4	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	133
6.4.1	Axial belastete Pfähle	133
6.4.2	Quer zur Pfahlachse belastete Pfähle	135
6.5	Pfahlgruppen und Pfahlroste	135
6.6	Kombinierte Pfahl-Plattengründungen	136
7	Berechnung von Pfahlrosten	137
7.1	Berechnungsmodelle und Verfahren	137
7.2	Nichtlineares Pfahltragverhalten in der Pfahlrostberechnung	137
8	Berechnung und Nachweise von Pfahlgruppen	139
8.1	Einwirkungen und Beanspruchungen	139
8.1.1	Druckpfahlgruppen	139
8.1.2	Zugpfahlgruppen	139
8.1.3	Quer zur Pfahlachse belastete Pfahlgruppen	141
8.2	Tragverhalten und Widerstände von Pfahlgruppen	142
8.2.1	Druckpfahlgruppen	142
8.2.1.1	Allgemeines	142
8.2.1.2	Gruppenwirkung bezogen auf die Setzungen von Bohrpfahlgruppen	142
8.2.1.3	Widerstände der (gebohrten) Gruppenpfähle	151
8.2.1.4	Verdrängungspfahlgruppen	155
8.2.1.5	Mikropfahlgruppen	156
8.2.1.6	Geschichteter Baugrund	157
8.2.2	Zugpfahlgruppen	157
8.2.3	Quer zur Pfahlachse belastete Gruppen	157
8.3	Nachweis der Tragfähigkeit	161
8.3.1	Druckpfahlgruppen	161
8.3.1.1	Äußere Tragfähigkeit	161
8.3.1.2	Materialnachweise Pfahlkopfplatte	163
8.3.2	Zugpfahlgruppen	163
8.3.2.1	Allgemeines	163
8.3.2.2	Nachweis des angehängten Bodenkörpers im Grenzzustand UPL	164
8.3.2.3	Nachweis der Tragfähigkeit des einzelnen Zugpfahls im Grenzzustand GEO-2	165

8.3.3	Materialversagen von Gruppenpfählen und Pfahlkopfkonstruktionen	165
8.4	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	165
8.4.1	Druckpfahlgruppen	165
8.4.2	Zugpfahlgruppen	167
8.4.3	Quer zur Pfahlachse belastete Pfahlgruppen	167
8.5	Genauere Nachweise bei Pfahlgruppen	167
9	Statische Pfahlprobelastungen	169
9.1	Allgemeines	169
9.2	Statische axiale Pfahlprobelastungen	169
9.2.1	Herstellung der Probepfähle	169
9.2.2	Versuchsplanung	170
9.2.2.1	Allgemeine Hinweise	170
9.2.2.2	Anzahl der Probepfähle	172
9.2.2.3	Prüflast	172
9.2.2.4	Grundsätze der Instrumentierung	174
9.2.2.5	Besondere Belastungszustände	175
9.2.3	Belastungseinrichtung	175
9.2.3.1	Allgemeines	175
9.2.3.2	Widerlager	175
9.2.3.3	Hydraulikzylinder	177
9.2.3.4	Einbetonierte Hydraulikzylinder	178
9.2.3.5	Pfahlkopf	180
9.2.4	Instrumentierung und Messverfahren	180
9.2.4.1	Verschiebungsmessungen	180
9.2.4.2	Kraftmessung am Pfahlkopf	182
9.2.4.3	Erfassung des Pfahlfußwiderstandes	182
9.2.4.3	Erfassung des Pfahlmantelwiderstandes	183
9.2.4.5	Besonderheiten der Instrumentierung bei Belastung mit einbetonierten Hydraulikzylindern	185
9.2.4.6	Erfassung der Pfahlquerschnittsfläche und der Verformungseigenschaften	185
9.2.4.7	Schutz der Messvorrichtungen	185
9.2.5	Versuchsdurchführung	186
9.2.5.1	Belastungsstufen und -geschwindigkeiten	186
9.2.5.2	Messintervalle	188
9.2.5.3	Aufzeichnungen	189
9.2.6	Auswertung	190
9.2.7	Dokumentation und Berichte	192
9.2.7.1	Allgemeines	192
9.2.7.2	Versuchsbericht	192
9.2.7.3	Ergebnisbericht	193
9.3	Statische Pfahlprobelastungen quer zur Pfahlachse	194

9.3.1	Allgemeines	194
9.3.2	Herstellung der Probepfähle	194
9.3.3	Versuchsplanung	194
9.3.3.1	Allgemeine Hinweise	194
9.3.3.2	Anzahl der Probepfähle	196
9.3.3.3	Prüflast	196
9.3.3.4	Baugrunduntersuchungen	196
9.3.3.5	Grundsätze der Instrumentierung	196
9.3.3.6	Belastungszustände	197
9.3.4	Belastungseinrichtung	198
9.3.5	Instrumentierung und Messverfahren	199
9.3.5.1	Verschiebungsmessungen am Pfahlkopf	199
9.3.5.2	Messung der Biegelinie des Pfahlschaftes	200
9.3.5.3	Kraftmessung am Pfahlkopf	201
9.3.5.4	Schutz der Messvorrichtungen	201
9.3.6	Versuchsdurchführung	201
9.3.6.1	Belastungsstufen und -geschwindigkeiten	201
9.3.6.2	Messintervalle	202
9.3.6.3	Aufzeichnungen	203
9.3.7	Auswertung	203
9.3.8	Dokumentation und Berichte	204
9.3.8.1	Allgemeines	204
9.3.8.2	Versuchsbericht	205
9.3.8.2	Ergebnisbericht	206
9.4	Statische axiale Probebelastungen an Mikropfählen (Verbundpfählen)	206
9.4.1	Herstellung der Probepfähle	206
9.4.2	Versuchsplanung	207
9.4.2.1	Allgemeine Hinweise	207
9.4.2.2	Anzahl der Probepfähle	208
9.4.2.3	Prüflast	208
9.4.2.4	Grundsätze der Instrumentierung	209
9.4.2.5	Besondere Belastungszustände	209
9.4.3	Belastungseinrichtung	209
9.4.3.1	Widerlager	209
9.4.3.2	Hydraulikzylinder	211
9.4.3.3	Pfahlkopf	211
9.4.4	Instrumentierung und Messverfahren	211
9.4.4.1	Verschiebungsmessungen	211
9.4.4.2	Kraftmessung am Pfahlkopf	212
9.4.4.3	Erfassung des Pfahlmantelwiderstandes	212
9.4.4.4	Schutz der Messvorrichtung	213
9.4.5	Versuchsdurchführung	213
9.4.5.1	Allgemeines	213
9.4.5.2	Belastungsstufen und -geschwindigkeiten für das System A	213

9.4.5.3	Belastungsstufen für das System B	215
9.4.5.4	Messintervalle	216
9.4.5.5	Aufzeichnungen	217
9.4.6	Auswertung	218
9.4.7	Dokumentation und Berichte	219
9.4.7.1	Allgemeines	219
9.4.7.2	Versuchsbericht	219
9.4.7.3	Ergebnisbericht	220
10	Dynamische Pfahlprobelastungen	223
10.1	Allgemeines	223
10.2	Anwendungsbereich und allgemeine Anforderungen	224
10.3	Theoretische Grundlagen	224
10.4	Beschreibung der Prüfverfahren, Versuchsplanung und Durchführung	227
10.4.1	Auswerteverfahren und Probelastungsart	227
10.4.2	Anzahl der Probelastungen	228
10.4.3	Baugrunduntersuchungen und Pfahlherstellungsdokumen- tation	229
10.4.4	Zeitpunkt der Prüfung und innere Tragfähigkeit	229
10.4.5	Dynamische Probelastungen nach dem High-Strain-Ver- fahren	230
10.4.5.1	Kurzbeschreibung	230
10.4.5.2	Belastungseinrichtung	230
10.4.5.3	Instrumentierung	231
10.4.5.4	Durchführung der Prüfung	234
10.4.6	Dynamische Probelastungen nach dem Rapid-Load-Ver- fahren	235
10.4.6.1	Kurzbeschreibung	235
10.4.6.2	Verfahrensarten bzw. Zeitpunkt der Prüfung	236
10.4.6.3	Belastungseinrichtung	237
10.4.6.4	Instrumentierung	238
10.4.6.5	Durchführung der Prüfung	239
10.5	Auswertung und Interpretation der dynamischen Probe- belastungen	240
10.5.1	Allgemeines	240
10.5.2	Direkte Verfahren mit empirischen Dämpfungswerten	240
10.5.2.1	Grundlagen	240
10.5.2.2	CASE-Verfahren	241
10.5.2.3	TNO-Verfahren	242
10.5.3	Direktes Verfahren zur Auswertung eines Rapid-Load-Tests nach der Unloading-Point-Methode	244
10.5.4	Erweitertes Verfahren mit vollständiger Modellbildung	244
10.6	Kalibrierung der dynamischen Pfahlprobelastungen	247

10.7	Qualifikation der Prüfinstitute und des Personals	250
10.8	Dokumentation und Bericht	250
10.9	Prüfung der Rammgeräteeignung	253
11	Qualitätssicherung bei der Bauausführung	255
11.1	Allgemeines	255
11.2	Bohrpfähle	255
11.2.1	Grundsätze	255
11.2.2	Stützung des Bohrloches	256
11.2.2.1	Verrohrte Bohrlochwandung	256
11.2.2.2	Flüssigkeitsgestützte Bohrlochwandung	258
11.2.2.3	Erdgestütztes Bohren mit durchgehender Bohrschnecke	258
11.2.3	Aushub	258
11.2.3.1	Allgemeines	258
11.2.3.2	Bohren im Grundwasser	259
11.2.3.3	Durchmesser und Ziehgeschwindigkeit des Bohrwerk- zeugs	260
11.2.3.4	Reinigung der Bohrlochsohle	261
11.2.3.5	Fußaufweitung	261
11.2.4	Einbau der Bewehrung	262
11.2.5	Betonieren	264
11.2.5.1	Betonrezeptur	264
11.2.5.2	Betoniervorgang	265
11.2.6	Bohrpfähle mit durchgehender Bohrschnecke	267
11.2.6.1	Allgemeines	267
11.2.6.2	Erdgestütztes Schneckenbohren	267
11.2.6.3	Verrohrtes Schneckenbohren	268
11.2.6.4	Betonierung und Einbau der Bewehrung	268
11.2.7	Mantel- und Fußverpressung	269
11.3	Verdrängungspfähle	270
11.3.1	Betonfertigpfähle – Hinweise zu Transport, Lagerung und Einbringung	270
11.3.2	Ortbetonverdrängungspfähle	271
11.3.2.1	Wasser-/Bodeneintritt ins Vortreibrohr	271
11.3.2.2	Betonieren	271
11.3.3	Verdrängungswirkung in bindigen Böden	272
11.4	Verpresste Mikropfähle (Verbundpfähle)	272
11.4.1	Allgemeines	272
11.4.2	Stabverpresspfähle	272
11.4.3	Rohrverpresspfähle	273
11.4.4	Prüfung von verpressten Mikropfählen	274

12	Pfahl-Integritätsprüfungen	277
12.1	Zweck und Verfahren	277
12.2	„Low-Strain“-Integritätsprüfung	278
12.2.1	Prinzip der „Low-Strain“-Integritätsprüfung	278
12.2.2	Anwendungsbereich, Anzahl der zu prüfenden Pfähle und Einschränkungen	279
12.2.3	Vorbereitung der Pfähle	280
12.2.4	Durchführung der Prüfung	280
12.2.5	Messungen und Messgeräte	281
12.2.6	Auswertung der Messungen	282
12.2.7	Impedanz und Wellengeschwindigkeit	284
12.2.8	Beurteilungsklassen	287
12.2.9	Dokumentation und Berichterstattung	289
12.3	Ultraschall-Integritätsprüfung	289
12.3.1	Ziel und Anwendungsbereich	289
12.3.2	Prinzip der Ultraschall-Integritätsprüfung	290
12.3.3	Durchführung der Messung	291
12.3.4	Vorbereitung und Durchführung der Prüfung	294
12.3.4.1	Prüfpfähle	294
12.3.4.2	Durchführung der Prüfung	294
12.3.5	Auswertung	295
12.3.5.1	Qualitative Auswertung der Signalverläufe	295
12.3.5.2	Quantitative Signalanalyse	296
12.3.5.3	Pfahlbewertung	298
12.3.6	Dokumentation und Berichterstellung	298
12.3.7	Spezialfall: Prüfung von überschnittenen Bohrpfahlwänden und Schlitzwänden	299
12.4	Pfahlprüfungen durch Kernbohrungen	299
12.4.1	Allgemeines	299
12.4.2	Ausführung von Kernbohrungen	300
12.4.3	Auswertung	300
12.4.3.1	Allgemeines	300
12.4.3.2	Visuelle Bewertung	301
12.4.4	Betonfestigkeit und Dauerhaftigkeit	302
12.4.5	Untersuchungen im Bohrloch	302
12.5	Weitere Prüfmethoden	302
12.5.1	Allgemeines	302
12.5.2	Radiometrische Pfahlprüfung	302
12.5.3	Mehrkanalige „Low-Strain“-Prüfung	303
12.5.4	Parallel Seismik	303
12.5.5	Induktions- und Mise-a-la-Masse-Verfahren	304
12.5.6	Weitere bohrlochbasierte Verfahren	304

13	Tragverhalten und Nachweise für Pfähle unter zyklischen, dynamischen und stoßartigen Einwirkungen	307
13.1	Allgemeines	307
13.2	Zyklische, dynamische und stoßartige Einwirkungen	308
13.2.1	Einwirkungs- und Belastungsformen	308
13.2.2	Einwirkungen bei zyklischer Belastung	310
13.2.3	Einwirkungen bei dynamischer Belastung	313
13.2.4	Einwirkungen bei stoßartiger Belastung	314
13.3	Ergänzende geotechnische Untersuchungen	315
13.4	Tragverhalten und Widerstände bei zyklischer Belastung	317
13.4.1	Allgemeines	317
13.4.2	Axiale Belastung	317
13.4.3	Querbelastung	320
13.5	Tragverhalten und Widerstände bei dynamischer Belastung	322
13.6	Tragverhalten und Widerstände bei stoßartiger Belastung	323
13.6.1	Allgemeines	323
13.6.2	Axiale Belastung	324
13.6.3	Querbelastung	324
13.7	Standsicherheitsnachweise zyklisch axial belasteter Pfähle	325
13.7.1	Nachweis der Tragfähigkeit eines Einzelpfahls	325
13.7.2	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit eines Einzelpfahls	328
13.8	Standsicherheitsnachweise zyklisch querbelasteter Pfähle	328
13.8.1	Nachweis der Tragfähigkeit eines Einzelpfahls	328
13.8.2	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit eines Einzelpfahls	329
13.9	Standsicherheitsnachweise dynamisch oder stoßartig belasteter Pfähle	330

Anhang A

Begriffe, Teilsicherheitsbeiwerte und Berechnungsgrundlagen	331
A1 Begriffe und Formelzeichen	331
A2 Teilsicherheitsbeiwerte γ_F bzw. γ_E für Einwirkungen und Beanspruchungen aus Handbuch EC 7-1 [44], Tabelle A 2.1	336
A3 Teilsicherheitsbeiwerte für geotechnische Kenngrößen und Widerstände aus Handbuch EC 7-1 [44], Tabelle A 2.2 und A 2.3	338
A4 Streuungsfaktoren ξ_i zur Ermittlung der charakteristischen Pfahlwiderstände für den Grenzzustand der Tragfähigkeit aus den Versuchs- bzw. Messwerten von statischen und dynamischen Pfahlprobelastungen nach Handbuch EC 7-1	340
A5 Verfahren zur Ermittlung des Widerstandes von Pfählen gegen Knickversagen in Bodenschichten mit geringer seitlicher Stützung (informativ)	344
A6 Verbundspannung von verpressten Verdrängungspfählen (informativ)	352

Anhang B

Berechnungsbeispiele Pfahlwiderstände und Nachweise	355
B1 Ermittlung der axialen Pfahlwiderstände aus statischen Pfahlprobelastungen sowie Nachweise der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit.	355
B2 Charakteristische axiale Pfahlwiderstände aus dynamischen Probelastungen.	360
B3 Ermittlung der axialen charakteristischen Pfahlwiderstände aus Erfahrungswerten für einen Bohrpfahl.	362
B4 Ermittlung der axialen charakteristischen Pfahlwiderstände aus Erfahrungswerten für einen Fertigrampfpfahl.	365
B5 Ermittlung der axialen charakteristischen Pfahlwiderstände aus Erfahrungswerten für einen Fundexpfahl	369
B6 Grundlage der Auswertung einer statischen Pfahlprobelastung am Beispiel eines Fertigrampfpfahls und Vergleich mit Erfahrungswerten nach 5.4.4.2.	372
B7 Vorbemessung und Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit von Frankipfählen auf der Grundlage von Erfahrungswerten und Vergleich mit einem Probelastungsergebnis.	378
B8 Negative Mantelreibung bei einem Verdrängungspfahl infolge Geländeaufschüttung.	385
B9 Ermittlung der Beanspruchung eines quer zur Pfahlachse belasteten Pfahls und Nachweis gegen Materialversagen.	391
B10 Auf Seitendruck beanspruchte Pfähle	405
B11 Pfeilergründung auf 9 Pfählen – Nachweise der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit unter Berücksichtigung von Gruppenwirkung	408
B12 Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit einer Zugpfahlgruppe	414
B13 Quer zur Pfahlachse belastete Pfahlgruppen: Ermittlung der Verteilung der horizontalen Bettungsmoduln	417

Anhang C

Beispiele zur dynamischen Pfahlprobelastung und Integritätsprüfung	419
C 1 Auswertungsbeispiel dynamische Pfahlprobelastungen nach dem direkten Verfahren.	415
C2 Auswertungsbeispiel für dynamische Pfahlprobelastungen nach dem erweiterten Verfahren mit vollständiger Modellbildung.	421
C3 Auswertungsbeispiel eines Rapid-Load-Tests nach der Unloading-Point Methode	425

C4	Fallbeispiele „Low-Strain“-Integritätsprüfung	428
C5	Rammbegleitende und/oder „High-Strain“-Integritätsprüfung	432
C6	Fallbeispiel einer Ultraschallprüfung	435

Anhang D

Berechnungsverfahren und -beispiele für zyklisch belastete Pfähle

(informativ)	441	
D1	Anwendungshinweise	441
D2	Zyklisch axial belastete Pfähle	442
D3	Zyklisch quer zur Pfahlachse belastete Pfähle	465
D4	Verfahren zur Ermittlung eines äquivalenten Ein-Stufen-Lastkollektivs	480

Literatur	487
------------------------	-----

Inserentenverzeichnis	497
------------------------------------	-----