

Inhaltsverzeichnis Band 2

17 Flach- und Flächengründungen	13
17.1 Einleitung und Übersicht	13
17.2 Sohldruckbeanspruchung	14
17.3 Spannungstrapezverfahren	17
17.4 Konstruktive Hinweise	18
17.5 Einwirkungen und Beanspruchungen in der Sohlfläche	19
17.5.1 Einwirkungen	19
17.5.2 Charakteristische Beanspruchungen	19
17.5.3 Bemessungswerte der Beanspruchungen	20
17.6 Bodenreaktionen an der Stirnseite der Fundamentflächen	21
17.7 Nachweis der Tragfähigkeit – Nachweis der Grundbruchsicherheit	21
17.7.1 Grundbruchmechanismus	21
17.7.2 Bodenreaktion an der Fundamentstirnseite – Grundbruchnachweis	21
17.7.3 Ermittlung des charakteristischen Grundbruchwiderstandes	22
17.7.4 Besonderheiten bei der Ermittlung des Grundbruchwiderstandes	28
17.7.5 Bemessungswert des Grundbruchwiderstandes	29
17.7.6 Grenzzustandsgleichung und Sicherheitsnachweis – Grundbruch	29
17.8 Nachweis der Tragfähigkeit – Nachweis der Gleitsicherheit	30
17.8.1 Ermittlung des charakteristischen Gleitwiderstandes	30
17.8.2 Bemessungswert des Gleitwiderstandes	31
17.8.3 Bodenreaktionen an der Stirnseite des Fundamentkörpers – Gleitsicherheitsnachweis	31
17.8.4 Grenzzustandsgleichung und Sicherheitsnachweis – Gleiten	31
17.9 Nachweise der Tragfähigkeit – stark exzentrische Belastung und Kippsicherheitsnachweis	32
17.10 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	33
17.10.1 Fundamentverdrehung und Begrenzung einer klaffenden Fuge	33
17.10.2 Setzungen und Verdrehungen	35
17.10.3 Horizontale Verschiebungen in der Sohlfläche	36
17.11 Vereinfachter Nachweis in Regelfällen mit Tabellenwerten nach Handbuch EC 7-1	37
17.11.1 Allgemeines	37
17.11.2 Nichtbindiger Boden	40
17.11.3 Bindiger Boden	43
17.11.4 Fels	46
17.12 Weitere Nachweissituationen bei Flach- und Flächengründungen	46

17.12.1 Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen	46
17.12.2 Nachweis der Gesamtstandsicherheit	48
17.13 Bauteilbemessung von Flach- und Flächengründungen	48
18 Gewichts- und Winkelstützwände	50
18.1 Einordnung	50
18.2 Stützwandtypen	50
18.3 Standsicherheitsnachweise	51
18.3.1 „Äußere“ Standsicherheit	51
18.3.2 „Innere“ Standsicherheit	52
18.4 Besonderheiten für die Berechnung von Winkelstützwänden	53
18.4.1 „Äußere“ Standsicherheit	53
18.4.2 „Innere“ Standsicherheit	55
19 Berechnung von Flächengründungen und gebetteten Systemen	56
19.1 Bettungsmodulverfahren	56
19.1.1 Anwendung und Berechnungsmodell	56
19.1.2 Mechanische Grundlagen	56
19.1.3 Bettungsmodulverteilung	58
19.2 Steifemodulverfahren	59
19.3 Methode der Finiten-Elemente	59
20 Pfahlgründungen	61
20.1 Einführung	61
20.2 Pfahlnormen und Empfehlungen	62
20.3 Pfahlarten und Ausführungsformen	63
20.3.1 Übersicht und Zuordnung zu den Pfahlsystemen	63
20.3.2 Holzpfähle	65
20.3.3 Stahlpfähle	65
20.3.4 Stahlbetonfertigpfähle	66
20.3.5 Einbringen der Verdrängungspfähle (Rammpfähle)	67
20.3.6 Ortbetonrammpfähle	69
20.3.7 Bohrpfähle	69
20.3.8 Verdrängungsbohrpfähle	73
20.3.9 Mikropfähle	74
20.4 Grundlagen für die Berechnung und Bemessung von Pfählen	77
20.4.1 Allgemeines	77
20.4.2 Einwirkungen und Beanspruchungen auf Pfähle	77
20.5 Standsicherheitsnachweise und Bemessung axial belasteter Pfähle	78
20.5.1 Nachweis der Tragfähigkeit (ULS)	78
20.5.2 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit (SLS)	79
20.6 Charakteristische axiale Pfahlwiderstände aus Erfahrungswerten	81
20.6.1 Allgemeines	81
20.6.2 Bohrpfähle	82
20.6.3 Fertiggrammpfähle	85
20.6.4 Offene Stahlrohrpfähle und Stahlprofilpfähle	88
20.6.5 Verpresste Mikropfähle	94
20.6.6 Erfahrungswerte für weitere Pfahlsysteme	95

20.7	Axiale Pfahlwiderstände aus statischen Pfahlprobelastungen	95
20.7.1	Versuchsdurchführung	95
20.7.2	Ableitung der charakteristischen axialen Pfahlwiderstände aus Pfahlprobelastungen	99
20.8	Axiale Pfahlwiderstände aus dynamischen Pfahlprobelastungen	101
20.8.1	Grundlagen	101
20.8.2	Direkte Verfahren	104
20.8.3	Erweiterte Verfahren mit Modellbildung	104
20.8.4	Integritätsprüfung	105
20.8.5	Ableitung der charakteristischen axialen Pfahlwiderstände aus dynamischen Pfahlprobelastungen	107
20.9	Pfahlwiderstände quer zur Pfahlachse belasteter Pfähle	109
20.9.1	Kurze starre Pfähle	109
20.9.2	Vereinfachter Bettungsmodulansatz	110
20.9.3	Nicht lineare Pfahlwiderstände	111
20.9.4	Spezialfälle	116
20.9.5	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	119
20.9.6	Pfahlprobelastungen quer zur Pfahlachse	119
20.9.7	Horizontal belastete Pfahlgruppen	119
20.10	Standsicherheitsnachweise quer zur Pfahlachse belasteter Pfähle	119
20.10.1	Nachweis der Tragfähigkeit quer zur Pfahlachse belasteter Pfähle bei linearer Bettung	119
20.10.2	Nachweis der Tragfähigkeit quer zur Pfahlachse belasteter Pfähle bei nicht linearer Bettung	120
20.11	Ausgewählte Fragestellungen bei der Berechnung und Ausführung von Pfählen	121
20.11.1	Allgemeines	121
20.11.2	Negative Mantelreibung	121
20.11.3	Seitendruck	125
20.11.4	Setzungsbiegung	133
21	Berechnung von Pfahlrosten	134
21.1	Allgemeines	134
21.2	Berechnungsmodell für Pfahlroste	135
21.3	Statisch bestimmte Pfahlroste	135
21.4	Statisch unbestimmte ebene Pfahlroste und räumliche Pfahlrostberechnung	136
21.5	Pfahlrostberechnungen mit Stabwerksprogrammen	137
21.6	Berücksichtigung des nichtlinearen Pfahltragverhaltens	137
21.7	Gelände- und Grundbruch von Bauwerken auf hohen Pfahlrosten	138
22	Pfahlgruppen und Kombinierte Pfahl-Plattengründungen	139
22.1	Pfahlgruppen	139
22.1.1	Allgemeines	139
22.1.2	Axial belastete Druckpfahlgruppen	140
22.1.3	Zugpfahlgruppen	141
22.1.4	Horizontal belastete Pfahlgruppen	143
22.2	Kombinierte Pfahl-Plattengründungen (KPP)	146
22.2.1	Allgemeines	146
22.2.2	Zielsetzungen beim Gründungsentwurf mit KPP	147

22.2.3	Entwicklung und ausgeführte Bauwerke	147
22.2.4	Wirkungsweise und Berechnungshinweise	149
23	Konstruktion und Ausführung von Baugruben und Gräben	153
23.1	Einleitung	153
23.2	Nicht verbaute Baugruben und Gräben	154
23.3	Verbaute Baugruben und Gräben	156
23.3.1	Arbeitsraumbreiten und Mindestgrabenbreiten	156
23.4	Grabenverbauformen	160
23.4.1	Allgemeines	160
23.4.2	Grabenverbaugeräte	161
23.4.3	Waagerechter Grabenverbau	164
23.4.4	Senkrechter Grabenverbau	165
23.5	Baugrubenwände	167
23.5.1	Allgemeines	167
23.5.2	Trägerbohlwände	167
23.5.3	Spundwände	172
23.5.4	Ortbetonwände	172
23.5.5	Sonderbauweisen	173
24	Wasserhaltung und Dränung	175
24.1	Allgemeines	175
24.2	Filterregeln	175
24.3	Dränung zum Schutz von baulichen Anlagen	176
24.3.1	Ausführung	176
24.3.2	Statische und hydraulische Beanspruchung der Dränanlage	177
24.4	Konstruktive Ausbildung von Wasserhaltungen	177
24.4.1	Anwendungsgrenzen	177
24.4.2	Offene Wasserhaltung	178
24.4.3	Schwerkraftentwässerung	179
24.4.4	Vakuumentwässerung	180
24.4.5	Herstellung und konstruktive Ausbildung	181
24.5	Theorie der Berechnung von Grundwasserabsenkungen	183
24.5.1	Aufgabenstellung	183
24.5.2	Brunnengleichungen nach <i>Dupuit-Thiem</i>	183
24.5.3	Reichweite des Absenkttrichters	184
24.5.4	Unvollkommene Brunnen	185
24.5.5	Mehrbrunnenformel nach <i>Forchheimer</i>	185
24.5.6	Fassungsvermögen eines Einzelbrunnens	185
24.5.7	Zusammenhang zwischen dem Wasserandrang und Fassungsvermögen eines Brunnens	186
24.5.8	Vakuumbrunnen	187
24.5.9	Negativbrunnen (Wiederversickerung)	187
24.6	Praktische Abfolge bei der Berechnung von Grundwasserabsenkungen	188
24.6.1	Allgemeines	188
24.6.2	Festlegung der Brunnenparameter	188
24.6.3	Bestimmung der Absenktiefe s	188
24.6.4	Ersatzradius A_{RE}	189

24.6.5	Ermittlung der Reichweite R	189
24.6.6	Überschlägiger Wasserandrang	190
24.6.7	Festlegung der lokalen Absenktrichter	190
24.6.8	Bestimmung der Brunnenanzahl	190
24.6.9	Prüfung weiterer Punkte des Absenktrichters	191
24.7	Weitere Randbedingungen	191
24.8	Setzungen infolge Grundwasserabsenkung	191
25	Spundwände	193
25.1	Allgemeines	193
25.2	Lieferformen der Spundwandprofile	194
25.3	Einbringen und Einbringgeräte von Spundbohlen	196
25.4	Rammtechnische Grundlagen	200
25.5	Führung der Bohlen beim Einbringen	202
25.6	Vorgehensweise bei der Einbringung	204
25.7	Behandlungen von Abweichungen bei der Einbringung	207
25.8	Einbringen in harte und felsartige Böden	208
25.9	Einbringhilfen	208
25.10	Dichtigkeit von Stahlspundwänden	209
25.11	Berechnung und Bemessung von Spundwänden	209
26	Schlitzwände	215
26.1	Einführung	215
26.2	Herstellung der Zweiphasenschlitzwand	217
26.2.1	Herstellungsübersicht und Ablaufmöglichkeiten	217
26.2.2	Herstellungsschritte	219
26.2.3	Schlitzgeräte	221
26.2.4	Fugen und Abstellkonstruktionen	221
26.3	Eigenschaften von Stützflüssigkeiten (Bentonite)	225
26.3.1	Verwendung	225
26.3.2	Rheologie	225
26.3.3	Bentonite	226
26.3.4	Güteüberwachung	228
26.4	Stand sicherheitsnachweise des offenen Schlitzes	232
26.4.1	Allgemeines	232
26.4.2	Sicherheit gegen den Zutritt von Grundwasser in den Schlitz und gegen Verdrängen der stützenden Flüssigkeit	232
26.4.3	Sicherheit gegen Abgleiten von Einzelkörnern oder Korngruppen (innere Stand sicherheit)	233
26.4.4	Sicherheit gegen Unterschreiten der statisch erforderlichen Spiegelhöhe der Stützflüssigkeit	235
26.4.5	Sicherheit gegen die Ausbildung den Schlitz gefährdender Gleitflächen im Boden (äußere Stand sicherheit des Schlitzes)	235
26.5	Stand sicherheit der erhärteten Wand	242
27	Verpressanker	243
27.1	Einleitung	243
27.2	Begriffe	245

27.3	Verpressankersysteme	246
27.4	Bohrverfahren und Herstellung	247
27.5	Nachweis der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit	250
27.5.1	Allgemeines	250
27.5.2	Einwirkungen und Beanspruchungen	250
27.5.3	Bemessungswert des Materialwiderstandes und Grenzzustands- gleichung	251
27.5.4	Bemessungswert des Herauszieh Widerstandes und Grenzzustands- gleichung	252
27.5.5	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	255
27.6	Ankerprüfungen	255
27.6.1	Allgemeines	255
27.6.2	Eignungsprüfung	258
27.6.3	Abnahmeprüfung	262
27.7	Weitere Nachweise und Regelungen	263
28	Berechnung von Baugruben	264
28.1	Einleitung	264
28.2	Allgemeine Vorgaben aus Handbuch EC 7-1 und EAB	264
28.2.1	Vorgehensweise zum Nachweis des Grenzzustandes der Tragfähigkeit nach dem Teilsicherheitskonzept	264
28.2.2	Weitere Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit	267
28.2.3	Nachweis der Sicherheit gegen den Grenzzustand der Gebrauchs- tauglichkeit	267
28.3	Grundlagen für die Berechnung und Bemessung	268
28.3.1	Einwirkungen und Berechnungslastfälle	268
28.3.2	Festlegung der charakteristischen Bodenkenngrößen	268
28.3.3	Festlegungen zum Ansatz von charakteristischen Nutzlasten	269
28.3.4	Wasserdruck	270
28.3.5	Allgemeines zu statischen Systemen, Erddruckbelastung und Ver- formung	270
28.4	Größe und Verteilung des Erddrucks auf Baugrubenwände	272
28.5	Allgemeine Festlegungen für die Berechnung	280
28.5.1	Nachweis der Standsicherheit	280
28.5.2	Nachweis der Einbindetiefe	281
28.5.3	Allgemeines zu den Berechnungsverfahren	283
28.5.4	Nachweis der Vertikalkomponente des mobilisierten Erdwiderstandes	284
28.5.5	Nachweis der Abtragung von Vertikalkräften in den Untergrund . .	287
28.6	Berechnungsansätze und Verfahren für Trägerbohlwände	292
28.6.1	Wirklichkeitsnahe Lastfiguren für gestützte Trägerbohlwände	292
28.6.2	Ansatz des Erdwiderstandes vor Bohlträgern	295
28.6.3	Nachweis der Einbindetiefe bei im Boden frei aufgelagerten Träger- bohlwänden	297
28.6.4	Nachweis der Einbindetiefe bei im Boden eingespannten Trägerbohl- wänden	298
28.6.5	Gleichgewicht der Horizontalkräfte bei Trägerbohlwänden	300
28.7	Berechnungsansätze und Verfahren für Spundwände und Ortbetonwände . .	302

28.7.1 Wirklichkeitsnahe Lastfiguren für gestützte Spundwände und Ort- betonwände	302
28.7.2 Erdwiderstand bei im Boden frei aufgelagerten Wänden	304
28.7.3 Erdwiderstand im Boden bei Wänden mit Fußeinspannung	305
28.8 Erddruckansätze bei verankerten Baugrubenwänden	308
28.9 Nachweis der Gesamtstandsicherheit bei verankerten Baugrubenwänden	308
28.10 Nachweis der Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge	309
28.10.1 Allgemeines	309
28.10.2 Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge bei einer Ankerlage	309
28.10.3 Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge bei mehreren Ankerlagen	312
28.11 Sicherheit gegen Aufbruch des Verankerungsbodens	318
28.12 Baugruben im Wasser	318
28.12.1 Allgemeines	318
28.12.2 Hydrostatischer Wasserdruck und Strömungsdruck	319
28.12.3 Belastung für Standsicherheitsnachweise bei Baugrubenwänden im Wasser	322
28.12.4 Hydraulischer Grundbruch	324
28.12.5 Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen	326
28.13 Baugrubenberechnung mit dem Bettungsmodulverfahren und mit der FEM	332
28.13.1 Anwendung des Bettungsmodulverfahrens	332
28.13.2 Anwendung der Finite-Elemente-Methode	334
28.14 Hinweise zur Gebrauchstauglichkeit bei Baugruben	336
28.15 Verformungen rückverankerter tiefer Baugruben	337
28.15.1 Allgemeines	337
28.15.2 Verformungseinflüsse	337
28.15.3 Berechnungsverfahren zur Berücksichtigung der Verformungseinflüsse	339
28.16 Bemessung der Einzelteile der Baugrubenkonstruktion	339
28.16.1 Allgemeines	339
28.16.2 Bemessung der Tragfähigkeit der Einzelteile	339
29 Unterfangungen und Unterfahrungen	348
29.1 Einleitung und Begriffe	348
29.2 Voruntersuchungen	349
29.3 Unterfangungsverfahren	349
29.4 Unterfangungswände nach DIN 4123	350
29.4.1 Anwendungsbedingungen und Grenzen	350
29.4.2 Ausschachtungen vor der Unterfangung	351
29.4.3 Gründungen und Unterfangungsarbeiten	353
29.4.4 Standsicherheitsnachweise des bestehenden Gebäudes	354
29.4.5 Nachweis der Standsicherheit der Unterfangungswand	355
29.5 Unterfangung mit Bodenverfestigungsverfahren	356
29.5.1 Injektionen	356
29.5.2 Düsenstrahlverfahren	358
29.5.3 Ausführungsformen	360
29.5.4 Ergänzende Standsicherheitsnachweise bei Verfahren mit Bodenver- festigung	361
29.6 Unterfangung mit Mikropfählen	364

29.7 Unterfangungen mit Bohr- und Presspfählen oder Schlitzwänden	364
29.8 Konstruktive Fragen bei der Anwendung der Unterfangungsverfahren	365
29.9 Zulässige Gebäudeverformungen und Überwachung	366
29.10 Unterfahung	367

A Tabellen 371

A-7 Abkürzungen und Formelzeichen	371
A-8 Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen und Beanspruchungen nach <i>Handbuch Eurocode 7-1 (2015)</i> , Tabelle A 2.1	377
A-9 Teilsicherheitsbeiwerte für geotechnische Kenngrößen nach <i>Handbuch Eurocode 7-1 (2015)</i> , Tabelle A 2.2	378
A-10 Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände nach <i>Handbuch Eurocode 7-1 (2015)</i> , Tabelle A 2.3	379
A-11 Erdwiderstandsbeiwerte für gekrümmte Gleitflächen nach <i>Caquot-Kerisel</i>	380
A-12 Erdwiderstandsbeiwerte für gebrochene Gleitflächen nach <i>Streck</i>	386

B Zahlenbeispiele 387

B-17 Flachgründungen	388
B-17.1 Nachweis für den Grenzzustand der Tragfähigkeit – Grundbruch bei zentrischer Belastung	388
B-17.2 Nachweis für den Grenzzustand der Tragfähigkeit – Grundbruch bei exzentrischer Belastung	390
B-17.3 Alle äußeren Standsicherheitsnachweise – exzentrisch, horizontal belastetes Fundament	392
B-17.4 Aufnehmbarer Sohldruck mit Tabellenwerten (Regelfälle)	396
B-17.5 Spannungstrapezverfahren und aufnehmbarer Sohldruck	398
B-17.6 Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen	400
B-18 Gewichts- und Winkelstützwände	402
B-18.1 Standsicherheitsnachweise Gewichtsstützwand	402
B-18.2 Winkelstützwand	409
B-19 Berechnung von Flächengründungen und gebetteten Systemen	415
B-19.1 Biegemomente in einer Gründungsplatte nach Bettungsmodul- und Steifemodulverfahren	415
B-20 Pfahlgründungen	416
B-20.1 Ermittlung der axialen charakteristischen Pfahlwiderstände aus Erfahrungswerten auf Grundlage eines Drucksondierergebnisses	416
B-20.2 Ermittlung der axialen charakteristischen Pfahlwiderstände aus Erfahrungswerten auf Grundlage eines Rammsondierergebnisses	419
B-20.3 Ermittlung der axialen charakteristischen Pfahlwiderstände aus Erfahrungswerten in bindigen Böden	423
B-20.4 Ermittlung der axialen charakteristischen Pfahlwiderstände aus Erfahrungswerten für Fertigrammpfähle aus Stahlbeton	425
B-20.5 Ermittlung der axialen Pfahlwiderstände aus statischen Pfahlprobelastungen sowie Nachweise der Tragfähigkeit und Gebrauchstauglichkeit	425
B-20.6 Axiale Pfahlwiderstände aus dynamischen Probelastungen	429
B-20.7 Ermittlung der Beanspruchung eines quer zur Pfahlachse belasteten Pfahls	431

B-20.8 Negative Mantelreibung bei einem Verdrängungspfahl infolge Geländeaufschüttung 438

B-20.9 Negative Mantelreibung bei einem Bohrpfahl mit Grundwasserabsenkung 443

B-20.10 Auf Seitendruck beanspruchte Pfähle 448

B-21 Berechnung von Pfahlrosten 451

 B-21.1 Statisch unbestimmter Pfahlrost 451

B-22 Pfahlgruppen 454

 B-22.1 Druckpfahlgruppen 454

 B-22.2 Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit einer Zugpfahlgruppe 454

 B-22.3 Quer zur Pfahlachse belastete Pfahlgruppen: Ermittlung der Verteilung der horizontalen Bettungsmoduln 456

B-24 Wasserhaltung und Dränung 458

 B-24.1 Anwendung der Filterregeln nach *Terzaghi* 458

 B-24.2 Grundwasserabsenkung einer Baugrube mit freier Böschung 459

 B-24.3 Ermittlung der mittleren Durchlässigkeit des Bodens mit Pumpversuch 460

 B-24.4 Entwurf einer Grundwasserabsenkung mit einer Mehrbrunnenanlage 462

B-25 Spundwände 465

 B-25.1 Bemessung einer Spundwand nach DIN EN 1993-5 465

B-26 Schlitzwände 467

 B-26.1 Berechnung der Standsicherheit für einen unendlich langen, flüssigkeitsgestützten Schlitz 467

 B-26.2 Berechnung der Standsicherheit für eine begrenzte Schlitzlänge . . . 471

B-27 Verpressanker 475

 B-27.1 Nachweise an einem Verpressanker mit Eignungsprüfung 475

B-28 Berechnung von Baugruben 479

 B-28.1 Berechnung einer einmal gestützten, im Boden frei aufgelagerten Trägerbohlwand 479

 B-28.2 Berechnung einer einmal gestützten, im Boden frei aufgelagerten Spundwand 485

 B-28.3 Ermittlung und Nachweis der Einbindetiefe einer einmal ausgesteiften, im Boden frei aufgelagerten Spundwand 491

 B-28.4 Berechnung einer einmal ausgesteiften Spundwand 499

 B-28.5 Nachweis der Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge einer einfach rückverankerten, im Boden frei aufgelagerten Trägerbohlwand 507

 B-28.6 Nachweis der Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge bei geschichtetem Baugrund 511

 B-28.7 Nachweis der Sicherheit gegen hydraulischen Grundbruch 518

 B-28.8 Nachweis der Sicherheit gegen Aufschwimmen 521

B-29 Unterfangungen 526

 B-29.1 Standsicherheitsnachweis für einen Unterfangungskörper 526

Literaturverzeichnis 534

Stichwortverzeichnis 547