

**7. Auflage**

# **GRUNDBAU-TASCHENBUCH**

**Teil 3: Gründungen und geotechnische Bauwerke**

**Karl Josef Witt (Hrsg.)**

# Inhaltsverzeichnis

## 3.1 Flachgründungen

*Ulrich Smoltczyk und Norbert Vogt*

1	Begriffe	1
2	Entwurfsgrundlagen	2
3	Einzelfundamente	4
3.1	Allgemeine Planung	4
3.2	Geotechnische Nachweise	15
3.3	Konstruktive Hinweise	48
4	Flächengründungen	50
4.1	Allgemeines	50
4.2	Vertikale Interaktion	51
4.3	Horizontale Interaktion	65
5	Membrangründungen (Tankgründungen)	66
6	Zugfundamente	66
7	Literatur, Programmhinweise, Deutsche Normen (DIN)	67
7.1	Literatur	67
7.2	Programme und Benutzerhandbücher	70
7.3	Deutsche geotechnische Normen (Stand 2009)	71

## 3.2 Pfahlgründungen

*Hans-Georg Kempfert*

1	Einleitung	73
1.1	Anwendungsbereich	73
1.2	Maßgebliche Vorschriften und Sicherheitskonzept	73
1.3	Voruntersuchungen bei Pfahlgründungen	74
1.4	Begriffe	74
2	Pfahlarten und Ausführungsformen	77
2.1	Einordnung der Pfahlsysteme	77
2.2	Verdrängungspfähle	79
2.3	Bohrpfähle	94
2.4	Mikropfähle	104
2.5	Maßnahmen zur Erhöhung der Pfahlwiderstände	114
2.6	Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle	116
3	Axiales Tragverhalten von Einzelpfählen	117
3.1	Allgemeines	117
3.2	Hinweise zum Bruchwert des Spitzendrucks	121
3.3	Verfahren zur Ermittlung von Pfahlwiderständen aus der Literatur	123
3.4	Veränderung der Pfahltragfähigkeit mit der Zeit	142
3.5	Ermittlung von Pfahlwiderständen aus Probelastungen	146

3.6	Empirische Ableitung von Pfahlwiderständen und Einbindung als Erfahrungswerte in die EA-Pfähle . . . . .	147
3.7	Pfahlwiderstände bei Mantel- und Fußverpressungen . . . . .	161
3.8	Pfahlwiderstände bei Fels und felsähnlichen Böden . . . . .	164
3.9	Einfluss der Einbringart auf die Tragfähigkeit von Verdrängungspfählen . . . . .	165
4	Pfahltragverhalten quer zur Pfahlachse und infolge Momenteinwirkungen . . . . .	165
4.1	Allgemeines . . . . .	165
4.2	Bettungswiderstände bei biegeweichen Pfählen . . . . .	166
4.3	Vorgehensweise nach dem p-y-Verfahren . . . . .	169
4.4	Querwiderstände bei kurzen starren Pfählen . . . . .	170
5	Tragfähigkeits- und Gebrauchstauglichkeitsnachweise unter Berücksichtigung der neuen Normung . . . . .	172
5.1	Allgemeines . . . . .	172
5.2	Einwirkungen und Bemessungssituation . . . . .	172
5.3	Grenzzustandsgleichungen . . . . .	173
5.4	Bisherige nationale Regelungen und Verfahren des EC 7-1 zur Ableitung von axialen Pfahlwiderständen für Tragfähigkeitsnachweise . . . . .	173
5.5	Festlegung von Teilsicherheitsbeiwerten für Pfahlwiderstände aufgrund von Erfahrungswerten . . . . .	180
5.6	Ergebnisse von Vergleichsberechnungen mit national angepassten Streuungsfaktoren . . . . .	181
5.7	Bestimmung von Pfahlwiderständen nach EC 7-2 (Holländisches Verfahren) . . . . .	188
5.8	Weitere Hinweise zu Nachweisen der Tragfähigkeit von Pfählen . . . . .	192
5.9	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit . . . . .	193
6	Einwirkungen auf Pfähle aus dem Baugrund . . . . .	194
6.1	Negative Mantelreibung . . . . .	194
6.2	Seitendruck . . . . .	201
6.3	Zusatzbeanspruchung von Schrägpfählen aus Baugrundverformung . . . . .	207
6.4	Gründungspfähle in Böschungen und an Geländesprüngen . . . . .	208
7	Probebelastungen und Prüfungen von Pfählen . . . . .	208
7.1	Allgemeines . . . . .	208
7.2	Statische axiale Probebelastungen . . . . .	209
7.3	Statische horizontale Pfahlprobebelastungen (quer zur Pfahlachse) . . . . .	215
7.4	Dynamische Pfahlprüfung . . . . .	219
8	Pfahlgruppen und kombinierte Pfahl-Plattengründungen . . . . .	228
8.1	Druckpfahlgruppen . . . . .	228
8.2	Zugpfahlgruppen . . . . .	237
8.3	Querwiderstände bei Pfahlgruppen . . . . .	239
8.4	Kombinierte Pfahl-Plattengründung . . . . .	240
9	Verhalten von Pfählen bei nicht ruhenden Einwirkungen . . . . .	253
9.1	Allgemeines . . . . .	253
9.2	Pfahlverhalten bei zyklisch axialen Einwirkungen . . . . .	254
9.3	Pfahltragverhalten bei dynamisch axialen Einwirkungen . . . . .	262
9.4	Pfahltragverhalten bei zyklisch horizontalen Einwirkungen . . . . .	262
9.5	Pfahltragverhalten bei stoßartig horizontalen Einwirkungen . . . . .	269
10	Literatur . . . . .	270

### 3.3 Spundwände

*Werner Richwien, Hans-Uwe Kalle, Karl-Heinz Lambertz,  
Karl Morgen und Hans-Werner Vollstedt*

1	Spundwandbauwerke .....	279
1.1	Allgemeines .....	279
1.2	Baustoffe für Spundwandbauwerke .....	280
2	Regelwerke zu Spundwandbauwerken .....	281
2.1	DIN EN 12063, Spundwandkonstruktionen .....	281
2.2	DIN EN 10248 und DIN EN 10249, Warmgewalzte Spundbohlen und kaltgeformte Spundbohlen .....	281
2.3	DIN EN 1993-5, Pfähle und Spundwände .....	282
2.4	Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasserstraßen, EAU 2004 .....	282
2.5	Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“, EAB .....	283
2.6	Sonstige Vorschriften und Handbücher .....	283
3	Spundwandprofile, Stahlsorten .....	283
3.1	Spundwandprofile .....	283
3.2	Stahlsorten .....	286
3.3	Gütevorschriften für Spundwandstähle .....	287
4	Grundlagen der Spundwandnachweise .....	287
4.1	Sicherheitskonzept, Teilsicherheitsbeiwerte .....	287
4.2	Einwirkungen und Widerstände .....	289
4.3	Lastfälle .....	291
4.4	Grenzzustände .....	291
4.5	Geotechnische Kategorien .....	293
5	Berechnung von Spundwandbauwerken .....	293
5.1	Allgemeine Hinweise .....	293
5.2	Nachweis von Spundwänden nach den Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“, EAU 2004 .....	294
5.3	Sonderfälle der Spundwandberechnung .....	308
5.4	Bauteilnachweis „Stahlspundwand“ .....	310
6	Nachweis der Spundwandverankerungen und der Zubehörteile .....	312
6.1	Allgemeines zu Ankern und Ankerpfählen, Gurtung, Bolzen- und Ankerkopffplatten .....	312
6.2	Nachweis der Verankerungselemente .....	312
6.3	Gestaltung von Ankerwänden und -platten sowie Ankeranschlüssen .....	321
6.4	Beispiele für Holmausbildungen aus Stahl und Stahlbeton .....	325
6.5	Gestaltung von Ankerpfahlanschlüssen .....	328
7	Empfehlungen zu Konstruktion und Bauausführung .....	333
7.1	Rammtiefe .....	333
7.2	Spundwandneigung .....	333
7.3	Profil und Baustoff .....	333
7.4	Stahlsorte .....	334
7.5	Hinweise zu wellenförmigen Spundwänden .....	334
7.6	Hinweis zu kombinierten Spundwänden .....	335
7.7	Gepanzerte Spundwände .....	336
7.8	Einbringen von Spundbohlen und Toleranzen .....	336
8	Ausführungsbeispiele von Uferwänden in Stahlspundwandbauweise .....	337
8.1	Allgemeines .....	337

8.2	Containerkaje Bremerhaven .....	337
8.3	Containerterminal Altenwerder, Hamburg .....	339
8.4	Seehafen Rostock, Pier II .....	339
8.5	Hafenbecken C, Duisburg-Ruhrort .....	342
8.6	Containerterminal Burchardkai, Hamburg .....	342
8.7	Holz- und Fabrikenhafen, Bremen .....	345
8.8	Seehafen Wismar, Liegeplätze 13 bis 15 .....	346
8.9	Hafenkanal, Duisburg-Ruhrort .....	346
9	Korrosion und Korrosionsschutz .....	349
9.1	Allgemeines .....	349
9.2	Korrosionserwartung bei Stahlpundwänden .....	349
9.3	Korrosionsschutz von Stahlpundwänden .....	349
10	Literatur .....	352
<b>3.4</b>	<b>Gründungen im offenen Wasser</b>	
	<i>Jacob Gerrit de Gijt und Kerstin Lesny</i>	
1	Allgemeines .....	355
1.1	Verwendbare Planungsunterlagen .....	357
1.2	Belastungsannahmen .....	358
1.3	Bemessung und Herstellung .....	360
2	Geräte für das Bauen auf See .....	362
2.1	Wichtigste Geräte .....	362
2.2	Hubinsel .....	364
3	Gründungen in offener Baugrube .....	365
4	Schwimmkastengründungen .....	368
4.1	Vorbereiten der Sohle .....	368
4.2	Bau der Schwimmkästen .....	369
4.3	Schlepptransport .....	372
4.4	Absenken .....	375
4.5	Schwimmkästen als Ufereinfassungen .....	375
4.6	Schwimmkästen für Molen und Wellenbrecher .....	376
4.7	Schwimmkästen für Leuchttürme, Offshore-Plattformen und Behälter .....	381
4.8	Schwimmkästen für Unterwassertunnel .....	386
5	Senkkastengründungen .....	393
5.1	Leuchtturm „Alte Weser“ (1960/63) .....	395
5.2	Leuchtturm „Großer Vogelsand“ (1973/74) .....	397
6	Pfahlgründungen .....	399
6.1	Kühlbrand-Hochbrücke, Hamburg (1971–75) .....	400
6.2	Leuchtturm Goeree, Niederlande (1971) .....	401
6.3	Bohrplattform Cognac, USA (1978) .....	403
6.4	Saugpfahlmethode .....	404
7	Gründungen für Offshore-Windenergieanlagen .....	407
7.1	Stand der Nutzung der Offshore-Windenergie in Europa und Planungsrandbedingungen .....	407
7.2	Baugrunderkundungen .....	412
7.3	Gründungskonzepte .....	415
7.4	Kolkschutz .....	421
7.5	Ausblick .....	422
8	Literatur .....	422

### 3.5 Baugrubensicherung

*Anton Weißenbach und Achim Hettler*

1	Konstruktive Maßnahmen zur Sicherung von Baugruben und Leitungsräben .....	427
1.1	Nicht verbaute Baugruben und Gräben .....	427
1.2	Grabenverbau .....	429
1.3	Spundwandverbau .....	436
1.4	Trägerbohlwände .....	438
1.5	Massive Verbauarten .....	443
1.6	Mixed-in-Place-Wände .....	446
2	Berechnungsgrundlagen .....	449
2.1	Lastannahmen .....	449
2.2	Erddruck bei nicht gestützten, im Boden eingespannten Baugrubenwänden ..	450
2.3	Erddruck bei einmal gestützten Baugrubenwänden .....	452
2.4	Erddruck bei mehrmals gestützten Baugrubenwänden .....	455
2.5	Erddruck infolge von Baugeräten und Schwerlastfahrzeugen .....	459
2.6	Erddruck in Rückbauzuständen .....	463
2.7	Ansatz des Erdwiderstands .....	464
3	Verfahren zur Ermittlung von Schnittgrößen und Einbindetiefen .....	467
3.1	Teilsicherheitskonzept nach DIN 1054:2005-01 .....	467
3.2	Statisch bestimmte Systeme .....	469
3.3	Statisch unbestimmte Systeme .....	476
3.4	Bettungsmodulverfahren .....	479
3.5	Berechnung mit dem Traglastverfahren .....	488
3.6	Finite-Elemente-Methode .....	489
4	Nachweis der Gleichgewichtsbedingungen .....	496
4.1	Aufnahme des Erddrucks unterhalb der Baugrubensohle bei Trägerbohlwänden .....	496
4.2	Nachweis der Vertikalkomponente des mobilisierten Erdwiderstands .....	498
4.3	Abtragung von Vertikalkräften in den Untergrund .....	501
4.4	Sicherheit gegen Aufbruch der Baugrubensohle .....	504
5	Untersuchung besonderer Baugrubenkonstruktionen .....	506
5.1	Baugruben mit besonders großen Abmessungen .....	506
5.2	Baugruben mit besonderem Grundriss .....	510
5.3	Baugruben mit unregelmäßigem Querschnitt .....	517
5.4	Zur Baugrubensohle abgestützte Baugrubenwände .....	522
5.5	Verankerte Baugrubenwände .....	524
5.6	Bewegungsarme Baugrubenwände neben Bauwerken .....	529
5.7	Baugruben im Wasser .....	535
5.8	Baugruben in felsartigen Böden .....	546
5.9	Baugruben in weichen Böden .....	549
6	Bemessung der Einzelteile .....	559
6.1	Bohlen, Brusthölzer und Gurte aus Holz .....	559
6.2	Bohlträger, Spundbohlen und Kanaldielen aus Stahl .....	561
6.3	Gurte, Auswechslungen und Verbandstäbe aus Stahl .....	563
6.4	Steifen .....	564
6.5	Verbauteile aus Beton und Stahlbeton .....	566
6.6	Erdanker und Zugpfähle .....	567
6.7	Verbände, Anschlüsse und Verbindungsmittel .....	571
7	Literatur .....	571

### 3.6 Pfahlwände, Schlitzwände, Dichtwände

*Hans-Gerd Haugwitz und Matthias Pulsfort*

1	Pfahlwände .....	579
1.1	Anwendungsbereich .....	579
1.2	Vorteile .....	580
1.3	Nachteile .....	581
1.4	Vorschriften und Empfehlungen .....	581
1.5	Zweck und Wandarten .....	581
1.6	Herstellung .....	584
1.7	Qualitätssicherung .....	585
2	Schlitzwände .....	586
2.1	Anwendungsbereich .....	586
2.2	Vorteile .....	587
2.3	Nachteile .....	587
2.4	Vorschriften und Empfehlungen .....	588
2.5	Zweck .....	588
2.6	Wandarten .....	588
2.7	Herstellung .....	593
2.8	Baustoffe .....	600
2.9	Eigenschaften .....	602
2.10	Qualitätssicherung .....	603
3	Mixed-in-Place-Wände .....	603
3.1	Anwendungsbereich .....	603
3.2	Vorteile .....	605
3.3	Nachteile .....	606
3.4	Vorschriften und Empfehlungen .....	606
3.5	Wandarten .....	606
3.6	Art des Lösens und Durchmischen des Bodens .....	608
3.7	Herstellung .....	613
3.8	Baustoffe .....	619
3.9	Eigenschaften .....	620
3.10	Qualitätssicherung .....	620
4	Schmalwände .....	621
4.1	Anwendungsbereich .....	621
4.2	Vorteile .....	622
4.3	Nachteile .....	622
4.4	Vorschriften und Empfehlungen .....	622
4.5	Zweck und Wandarten .....	623
4.6	Herstellung der Rüttel-Schmalwand .....	623
4.7	Baustoffe .....	624
4.8	Eigenschaften .....	624
4.9	Qualitätssicherung .....	625
5	Die Flüssigkeitsstützung von Erdwänden .....	625
5.1	Stützflüssigkeiten .....	625
5.2	Stützkraft einer Flüssigkeit und Standsicherheitsnachweise .....	626
5.3	Mechanismen der Übertragung der Flüssigkeitsdruckdifferenz auf das Korngerüst .....	627
5.4	Nachweis der „inneren“ Standsicherheit .....	630
5.5	Nachweis der „äußeren“ Standsicherheit .....	633
5.6	Bauliche Anlagen neben suspensionsgestützten Erdwänden .....	637

6	Wasserdichtigkeit von massiven Stützwänden	640
6.1	Anforderungen	640
6.2	Nachweis der Dichtigkeit	642
6.3	Ausführung und Auswertung eines Pumpversuches	642
7	Vorschriften und Empfehlungen	644
7.1	Vorschriften	644
7.2	Empfehlungen und Richtlinien	644
8	Literatur	645

### 3.7 Gründungen in Bergbaugebieten

*Dietmar Placzek*

1	Einleitung	649
2	Bodenbewegungen	651
2.1	Bodenbewegungen bei untertägigen Abbauen	651
2.2	Bodenbewegungen bei Tagebauen	656
3	Einfluss der Bewegungsvorgänge auf die Gründung der Bauwerke	657
3.1	Einfluss einer Senkung	657
3.2	Einfluss einer Schiefelage	657
3.3	Einfluss einer Krümmung	659
3.4	Einfluss einer Längenänderung	659
3.5	Einfluss der Bodenbewegungen bei tagesnahen Abbauen	660
3.6	Einfluss konzentrierter Bodenbewegungen	661
3.7	Einfluss von durch Bergbau induzierten Erschütterungen	661
4	Bauliche Maßnahmen bei Abbauen in größerer Teufe	662
4.1	Arten der Sicherung	662
4.2	Grundsätzliches zur Anordnung und Ausbildung der Bauwerke	662
4.3	Tragfähigkeit und Gebrauchsfähigkeit bei Einwirkungen des Bergbaus	663
4.4	Maßnahmen gegen Schieflagen	664
4.5	Maßnahmen gegen Krümmungen	664
4.6	Maßnahmen gegen Längungen (Zerrungen)	667
4.7	Maßnahmen gegen Kürzungen (Pressungen)	670
4.8	Maßnahmen bei konzentrierten Bodenbewegungen	672
5	Bauliche Maßnahmen bei tagesnahen Abbauen	672
5.1	Arten der Sicherung	672
5.2	Sicherung der Bauwerke	673
5.3	Stabilisierung des Untergrundes durch Einpressungen	675
6	Maßnahmen bei Tunneln	679
6.1	Allgemeines	679
6.2	Ausführungsmöglichkeiten	679
7	Maßnahmen bei vorhandener Bebauung	680
7.1	Vorbemerkung	680
7.2	Maßnahmen gegen Senkungen	680
7.3	Maßnahmen gegen überwiegend vertikale, ungleichmäßige Bodenbewegungen	681
7.4	Maßnahmen gegen überwiegend horizontale Bodenbewegungen	682
8	Folgewirkungen stillgelegten Bergbaus	684
8.1	Grubenwasserspiegelanstieg	684
8.2	Ausgasung	685
9	Pseudobergschäden	686
9.1	Vorbemerkung	686



9.2	Geländesenkungen durch Grundwasserspiegelabsenkung .....	686
9.3	Geländesenkungen durch Trocknung (Schwinden) .....	686
9.4	Geländesenkungen infolge chemischer und/oder biologischer Zersetzung (Schrumpfen) .....	686
9.5	Geländesenkungen infolge Bewuchses (meteorologische und vegetative Ursachen) .....	688
10	Literatur .....	689

### 3.8 Erschütterungsschutz

*Christos Vrettos*

1	Allgemeines, Begriffsbestimmungen .....	691
2	Beurteilung von Erschütterungseinwirkungen .....	693
2.1	Einwirkung von Erschütterungen auf Menschen .....	693
2.2	Einwirkung von sekundärem Luftschall auf Menschen .....	695
2.3	Einwirkung von Erschütterungen auf Gebäude .....	698
3	Messung von Erschütterungen .....	705
4	Prognose von Erschütterungen .....	707
4.1	Erschütterungen infolge von Schienenverkehr .....	707
4.2	Erschütterungen infolge von Baubetrieb .....	721
5	Reduktion von Erschütterungen .....	728
5.1	Allgemeines .....	728
5.2	Maßnahmen an der Quelle .....	728
5.3	Maßnahmen auf dem Übertragungsweg im Boden .....	735
5.4	Maßnahmen am Gebäude .....	737
6	Literatur .....	738

### 3.9 Stützbauwerke und konstruktive Hangsicherungen

*Heinz Brandl*

1	Einleitung .....	747
2	Entwurfs- und Dimensionierungsmethoden .....	748
2.1	Allgemeines .....	748
2.2	Konventionelle Methode .....	748
2.3	Semi-empirische Methode .....	749
3	Stützwände .....	751
3.1	Pfahlwände .....	752
3.2	Brunnenwände .....	774
3.3	Schlitzwände .....	780
3.4	Düsenstrahlwände .....	782
3.5	Rippenwände .....	784
3.6	Ankerwände („Elementwände“) .....	787
3.7	Futtermauern .....	795
4	Stützmauern nach dem Verbundprinzip (stützmauerartige Verbundkonstruktionen) .....	798
4.1	Allgemeines .....	798
4.2	Raumgitter-Stützmauern .....	800
4.3	In sich verankerte Mauern .....	815
4.4	Bewehrte Erde .....	820

4.5	Geokunststoffbewehrte Stützkonstruktionen .....	830
4.6	Stützmauern aus Gabionen .....	845
4.7	Stützbauwerke aus verfestigtem oder verpacktem Boden .....	847
5	Bodenvernagelungen und Bodenverdübelungen .....	848
5.1	Nagelwände .....	849
5.2	Injektionsvernagelungen, Injektionsverdübelungen .....	856
5.3	Stabwände .....	861
5.4	Dübelwände, Hangverdübelungen .....	865
6	Aufgelöste Stützkonstruktionen .....	882
7	Sonstige Stützkonstruktionen .....	885
7.1	Sonderformen, Kombinationen .....	885
7.2	Galerien .....	886
7.3	Sicherung von Hangbrücken .....	887
8	Begleitende Maßnahmen .....	894
8.1	Bermen .....	894
8.2	Entwässerungen .....	895
9	Literatur .....	897

<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	903
-----------------------------------	-----

<b>Inserentenverzeichnis</b> .....	917
------------------------------------	-----