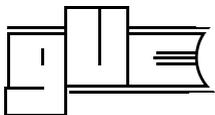


Ralf Wagner

**Geotechnik  
für das duale Bauingenieurstudium**

**Band 2:  
Bauwerksgründung, Baugruben  
und Wasserhaltung**



GUC - Verlag der Gesellschaft für  
Unternehmensrechnung und Controlling m.b.H.  
Chemnitz 2018

**Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

**Ralf Wagner:**

Geotechnik für das duale Bauingenieurstudium Band 2: Bauwerksgründung, Baugruben und Wasserhaltung - Chemnitz, Löbnitz: Verlag der GUC, 2018  
(verlegt als Manuskript; Lehrbuchreihe; 14)  
ISBN 978-3-86367-053-5

© 2018 by Verlag der GUC - Gesellschaft für Unternehmensrechnung und Controlling m.b.H.

GUC m.b.H. · Chemnitz · Löbnitz

<http://www.guc-verlag.de>

This work is subject to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the material is concerned, specifically the rights of translation, reprinting, reuse of illustrations, recitation, broadcasting, reproduction on microfilm or any other way, and storage in data banks. Duplication of this publication or parts thereof is permitted only under provisions of the German Copyright Law, in its current version, and permission for use must always be obtained from GUC m. b. H., Chemnitz/Loessnitz. Violations are liable to prosecution under the German Copyright Law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, etc. in this publication does not imply, even in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protective laws and regulations and therefore free for general use.

Printed: Sächsisches Druck- und Verlagshaus AG, Dresden

Gedruckt auf säurefreiem Papier - alterungsbeständig

Printed in Germany

ISBN 978-3-86367-053-5

Lehrkomplex 3

**Die Bauwerksgründung,**

<b>1.</b>	<b>Gesamtübersicht über Gründungsarten</b>	<b>1</b>
	<b>Flachgründungen</b>	
<b>2.1</b>	<b>Allgemeine Grundsätze</b>	<b>1</b>
2.1.1	Flachgründungen im Lockergestein	6
2.1.2	Gründungen auf Fels	6
<b>2.2</b>	<b>Fundamentarten</b>	<b>7</b>
2.2.1	Einzelfundamente	7
2.2.2	Streifenfundamente	10
2.2.3	Flächengründungen	14
2.2.3.1	Plattenstreifengründung	14
2.2.3.2	Gründungsplatten	15
2.2.4	Kriterien zur Auswahl der Gründungsart	16
	<b>Starre Gründungen</b>	
<b>3.</b>	<b>Fundamentbemessung nach DIN 1054</b>	<b>17</b>
<b>3.1</b>	<b>Anwendung von Tafelwerten für zulässige Sohlpressungen</b>	<b>17</b>
3.1.1	Gründung auf nichtbindigem Baugrund	17
3.1.2	Gründung auf bindigem Baugrund	19
3.1.3	Gründung auf Fels	21
<b>3.2</b>	<b>Lotrecht mittig belastete Fundamente</b>	<b>23</b>
<b>Beispiele:</b>	Bemessung lotrecht mittig belasteter Fundamente	25
<b>3.3</b>	<b>Lotrecht ausmittig belastete Fundamente</b>	<b>30</b>
3.3.1	Lastangriff in der ersten Kernweite	30
3.3.2	Lastangriff in der zweiten Kernweite	32
3.3.3	Sohldruckverteilung bei zweiachial ausmittigem Lastangriff	33
<b>3.4</b>	<b>Fundamente mit Horizontal- und Momentenbelastung</b>	<b>34</b>
<b>3.5</b>	<b>Ablaufprogramm zur Fundamentbemessung</b>	<b>35</b>
<b>Beispiele:</b>	Fundamente mit ausmittiger Belastung	38
<b>3.6</b>	<b>Grenzmauerfundamente</b>	<b>48</b>
3.6.1	Beweglicher Wand- oder Stützenanschluss	49
3.6.2	Biegesteifer Wand- oder Stützenanschluss	50
<b>3.7</b>	<b>Fundamenteinspannung im Baugrund</b>	<b>53</b>
<b>Beispiele:</b>	Bemessung Grenzmauerfundamente	55
<b>Beispiele:</b>	Nachweis Einspanngrad und Momentenumverteilung	59

<b>4.</b>	<b>Spannungen und Verformungen im Baugrund</b>	61
<b>4.1</b>	<b>Einfluss Eigenspannungszustand</b>	61
<b>Beispiel:</b>	Fundamentsetzung durch Grundwasserabsenkung	62
<b>Beispiel:</b>	Geländesetzung durch Grundwasserabsenkung	63
<b>4.2</b>	<b>Baugrundspannung aus äußerer Belastung</b>	64
4.2.1	Der elastisch-isotrope Halbraum	64
4.2.2	Spannungsgleichungen und Einflusswerte	65
4.2.2.1	Einzellast nach BOUSSINESQ	65
4.2.2.2	Spannungsgleichung für eine Linienlast	67
4.2.2.3	Spannungsgleichung für eine Rechtecks-Flächenlast	68
4.2.2.4	Spannungsberechnung für eine Dreiecks-Flächenlast	70
4.2.2.5	Spannungsberechnung für eine Kreis-Flächenlast	71
<b>Beispiele:</b>	Spannungsberechnung im elastisch-isotropen Halbraum	73
4.2.2	Baugrundspannungen im elastisch-anisotropen Halbraum	80
<b>Beispiel:</b>	Belastung einer Abwasserleitung in Scheitel- und Kämpfer	81
<b>5.</b>	<b>Baugrundsetzungen und Nachweisführung im GZ 2</b>	85
<b>5.1</b>	<b>Zulässige Setzungen</b>	85
5.1.1	Setzungsarten und Ursachen von Setzungen	85
5.1.2	Erscheinungsbilder von Bauwerkssetzungen	86
5.1.3	Zulässige Setzungsbeträge	89
<b>Beispiel:</b>	Auswertung der Baugrundsetzung	92
<b>5.2</b>	<b>Setzungsberechnung bei äußerer Lasteinwirkung</b>	94
5.2.1	Grundlagen der Setzungsberechnung	94
5.2.2	Setzungsberechnung mit geschlossenen Formeln	96
5.2.3	Setzungsberechnung mit Spannungseinflusslinien	98
5.2.3.1	Starre Fundamente mit lotrecht mittiger Lasteintragung	99
5.2.3.2	Schlaffe Lastflächen mit lotrecht mittiger Lasteintragung	99
5.2.3.3	Schlaffe Lastflächen mit ausmittiger Belastung	103
5.2.3.4	Kreis- und Kreisring-Lastflächen	105
5.2.4	Berücksichtigung einer Baugrundsichtung	105
<b>Beispiele:</b>	Setzungsberechnung und Nachweisführung im GZ 2	108
<b>Beispiel:</b>	Hochbelastetes Stahlbetonfundament mit Polstergründung	116

<b>6.</b>	<b>Bruchzustände und Nachweisführung im GZ 1B</b>	126
<b>6,1</b>	<b>Sicherheitskonzepte</b>	126
<b>6.2</b>	<b>Kippsicherheit</b>	129
<b>6.3</b>	<b>Gleitsicherheit</b>	130
6.3.1	Standsicherheitsnachweis ohne Sohlneigung	130
6.3.2	Bestimmung eines Sohlneigungswinkels	131
<b>6.4</b>	<b>Grundbruchsicherheit (Tragkraftnachweis)</b>	132
6.4.1	Grundlagen	132
6.4.2	Lotrecht mittig belastete Flachgründungen	135
6.4.3	Lotrecht ausmittig belastete Flachgründungen	137
6.4.4	Fundamente mit geneigter Lasteintragung	139
6.4.5	Einfluss der Sohlneigung	140
6.4.6	Einfluss der Geländeneigung	142
6.4.7	Einfluss einer Sohlaussteifung	143
6.4.8	Durchstanzen einer nichtbindigen Deckschicht	143
<b>Beispiel:</b>	Gleitsicherheitsnachweis für eine Winkelstützmauer	144
<b>Beispiel:</b>	Fundamentbemessung und Gleitsicherheitsnachweis	146
<b>Beispiel:</b>	Grundbruchnachweis. Erprobung der Berechnungsverfahren	149
<b>Beispiel:</b>	Grundbruchnachweis. Einfluss der Fundamentform.	152
<b>Beispiel:</b>	Grundbruchnachweis für ein Rahmenfundament	154
<b>Beispiel:</b>	Kreisförmiges Stahlbetonfundament auf Kiespolster	158

## Elastisch gebettete Gründungen

(fakultativ)

<b>7.1</b>	<b>Grundlagen</b>	162
7.1.1	Starre und biegsame Gründungen	162
7.1.2	Die Systemsteifigkeit Bauwerk/Baugrund	167
7.1.3	Baugrundmodelle	170
<b>Beispiel:</b>	Systemsteifigkeit eines Kranbahnbalkens	171
<b>Beispiel:</b>	Systemsteifigkeit Streifenfundament mit Stützenlasten	172
<b>7.2</b>	<b>Bettungszahlverfahren</b>	175
7.2.1	Die Bettungszahl - Charakter und Bestimmungsmethoden	175
7.2.2	Bettungszahlverfahren ZIMMERMANN/WINKLER	179
<b>Beispiel:</b>	Streifenfundament mit Stützenlasten	182
7.2.3	Bettungszahlverfahren GOLD LEVIN	191
<b>Beispiel:</b>	Streifenfundament mit Stützenlasten	193
<b>7.3</b>	<b>Steifzahlverfahren OHDE</b>	201
<b>Beispiel:</b>	Streifenfundament mit Stützenlasten	206
<b>Beispiel:</b>	Baugrundeinfluss auf die Schnittgrößen	218

## Tiefgründungen

<b>8.1</b>	<b>Einführung</b>	228
<b>8.2</b>	<b>Pfeilergründungen</b>	231
8.2.1	Definition	231
8.2.2	Konstruktive Merkmale	234
8.2.3	Entwurfsgrundlagen	236
<b>Beispiel:</b>	Tragkraftberechnung für vertikal belastete Pfeilergründung	240
<b>Beispiel:</b>	Pfeilerbemessung für einen Gittermast	242
<b>8.3</b>	<b>Pfahlgründungen</b>	249
8.3.1	Definition nach Art der Kraftübertragung in den Baugrund	249
8.3.2	Pfahlarten	251
8.3.2.1	Gesamtübersicht	251
8.3.2.2	Fertigpfähle	252
8.3.2.3	Ortbetonpfähle	254
8.3.2.3.1	Ortbetonrammpfähle	254
8.3.2.3.2	Ortbetonbohrpfähle	257
8.3.3	Pfahltragfähigkeit und Nachweisführung	266
8.3.3.1	Verdrängungspfähle	266
8.3.3.2	Bohrpfähle	274
<b>Beispiele:</b>	Pfahltragfähigkeit in geschichtetem Baugrund	276
8.3.4	Planung von Pfahltragwerken	283
<b>Beispiel:</b>	Lotrecht ausmittig belastete Pfahlgründung, 2 Pfahlreihen	287
<b>Beispiel:</b>	Lotrecht ausmittig belastete Pfahlgründung, 3 Pfahlreihen	289

## Rekonstruktion von Gründungen

<b>9.1</b>	<b>Grundlagen</b>	292
9.1.1	Aufgabengebiet	292
9.1.2	Einfluss der Spannungsausbreitung im Baugrund	295
<b>9.2</b>	<b>Gebäudesicherung im Bereich von Ausschachtungen, Gründungen und Unterfangungen - DIN 4123</b>	296
9.2.1	Bautechnische Unterlagen	296
9.2.2	Neubaugründung neben Altbau	299
9.2.2.1	Mindestabstand Neubau ohne Sicherungsmaßnahmen	299
9.2.2.2	Neubaugründung in Sohlenhöhe des Altbaues	300
9.2.2.3	Unterfangung der Altbaugründung	301
<b>9.3</b>	<b>Fundamentschäden und Sanierung im Gründungsbereich</b>	303

<b>9.4</b>	<b>Technische Lösungen zur Rekonstruktion von Gründungen</b>	308
9.4.1	Verbesserung der Baugrundeigenschaften. Injektionen	309
9.4.2	Fundamentverbreiterung	313
9.4.3	Änderung der Gründungsart	315
9.4.4	Unterfangung mit Pfahlgründung	315
9.4.5	Verankerung und Schrägabstützung	318

#### Lehrkomplex 4

### Baugrube und Wasserhaltung

<b>10.</b>	<b>Einführung</b>	319
10.1	DIN 4124 "Baugruben, Gräben, Böschungen, Arbeitsraum,, Verbau". Zuordnung VOB C-ATV DIN 18300 "Erdarbeiten"	322
10.2	Lastannahmen zur Berechnung des Baugrubenverbaus	324

### Die Baugrube im Trockenen

<b>11.</b>	<b>Die geböschte Baugrube</b>	331
11.1	Böschungsbemessung ohne Nachweisführung	332
11.2	Arbeitsraumbreiten nach VOB C - ATV DIN 18300	333
<b>Beispiel:</b>	Erdmengenberechnung für eine Baugrube	334

<b>12.</b>	<b>Leitungsgräben und Grabenverbau</b>	339
12.1	Definition und Bemessung verbauter und unverbauter Gräben	339
12.2	Der Normenverbau von Leitungsgräben	345
12.2.1	Allgemeine Forderungen der DIN 4124	347
12.2.2	Der waagerechte Grabenverbau	347
12.2.3	Der senkrechte Grabenverbau	348
12.2.4	Zulässige äußere Belastung beim Normenverbau	350
12.3	Der maschinelle Grabenverbau	351
<b>Beispiel:</b>	Leitungsgraben. Bemessung und Erdmengenberechnung	355
<b>Beispiel:</b>	Waagerechter Verbau für einen Leitungsgraben	357

<b>13.</b>	<b>Baugrubenverbau</b>	365
13.1	Klassischer waagerechter und senkrechter Verbau	365
13.2	Verbau mit Trägerbohlwänden	366
13.2.1	Trägerbohlwände mit waagerechter Ausfachung	367
13.2.2	Trägerbohlwände mit senkrechter Ausfachung	369
13.2.3	Abstützung von Trägerbohlwänden	369
13.2.3.1	Innenaussteifungen	369
13.2.3.2	Rückwärtige Verankerungen	372

13.3	Belastungsansätze für Trägerbohlwände	372
13.3.1	Normalfall der Belastung	372
13.3.2	Vereinfachter Lastansatz nach EAB	373
<b>Beispiel:</b>	Trägerbohlwand in homogenem Baugrund	
	Teil 1: Bemessung der Hauptwand	375
	Teil 2: Bemessung der Verankerung, Standsicherheitsnachweise	382

## Die Baugrube in Nassen

<b>14.</b>	<b>Spundwandumschließungen</b>	392
14.1	Klassische Beispiele der Baugrubensicherung	393
14.2	Einbautechniken von Stahlspundwänden	398
14.2.1	Klassische, erschütterungsbehaftete Verfahren	400
14.2.2	Erschütterungsfreie Verfahren	402
<b>15.</b>	<b>Dichtwände</b>	405a
<b>15.1</b>	<b>Anwendungsbereich und Wirkungsweise</b>	405a
<b>15.2</b>	<b>Dichtwände nach dem Schlitzwandprinzip</b>	407
15.2.1	Anwendung des Zweiphasenverfahrens	408
15.2.2	Anwendung des Einphasenverfahrens	411
15.2.3	Kombinationswände	412
<b>15.3</b>	<b>Dichtwände im MIP-Verfahren</b>	413
15.3.1	MIP-Verfahren mit Dreifach-Bohrschnecke	413
15.3.2	MIP-Wand im CSM-Verfahren	414
<b>15.4</b>	<b>Dichtungsschmalwände</b>	415
15.4.1	System HEIMO	415
15.4.2	System KELLER	416
<b>15.5</b>	<b>Bentonitsuspensionen als Stützflüssigkeit</b>	416
15.5.1	Tonmimerale	417
15.5.2	Bentonitsuspensionen	420
<b>16.</b>	<b>Fangedämme</b>	424
16.1	Erdfangedämme	424
16.2	Schrägbockfangedämme	425
16.3	Spundwandfangedämme	426
16.3.1	Spundwandfangedämme mit Stützkörper	426
16.3.2	Kastenfangedämme	427
16.3.3	Zellenfangedämme aus Flachprofilen	428
16.4	Betonfangedämme	429

<b>17.</b>	<b>Wasserhaltung</b>	431
17.1	Planungsgrundlagen	431
<b>17.2</b>	<b>Offene Wasserhaltung</b>	431
<b>Beispiel:</b>	Wasserhaltung für eine Baugrube	438
<b>17.3</b>	<b>Grundwasserabsenkung</b>	441
17.3.1	Definitionen und technische Grundlagen	441
17.3.2	Aufbau und Arbeitsweise von Flach- und Tiefbrunnenanlagen	444
17.3.3	Entwurf und Berechnung der Grundwasser-Absenkanlage	447
17.3..3.1	Zufluss zu den Einzelbrunnen	447
17.3.3.2	Absenkung durch eine Mehrbrunnenanlage	448
17.3.3.3	Durchführung der Entwurfsarbeit	450
17.3.3.4	Einfluss einer Dichtwand hinter der Brunnengalerie	451
17.3.4	Bemessung der Rohrleitungen und der Pumpenkapazität	452
17.3.4.1	Tiefbrunnenanlagen	452
17.3.4.2	Flachbrunnenanlagen	455
<b>Beispiel:</b>	Grundwasserabsenkung für eine Baugrube	457
<b>17.4</b>	<b>Vakuumentwässerung</b>	466
Sachwortverzeichnis		468
Literaturempfehlung		470

## Abbildungsverzeichnis Band 2

### Die Bauwerksgründung

#### Gesamtübersicht über Gründungsarten

Bild 1.0-1	Trennen von Bauwerksteilen durch Bewegungsfugen	3
Bild 1.0-2	Trennen von Bauwerksteilen durch Gelenkplatten	3
Bild 1.0-3	Bauwerksgründung auf Sohlplatte	4

### Flachgründungen

#### Fundamentarten

Bild 2.2-1	Entwicklung der seitlichen Fundamentaushladung	7
Bild 2.2-2	Anpassung Rahmenfundament an geschlossenen Grundriss	8
Bild 2.2-3	Stützenschlüsse an Einzelfundamente	9
Bild 2.2-4	Ortbeton-Hülsenfundament für Montagestützen	9
Bild 2.2-5	Bewehrung von Streifenfundamenten	10
Bild 2.2-6	Hauptbewehrung für Streifenfundamente mit Stützenlasten	11
Bild 2.2-7	Benachbarte Wandabschnitte und Grenzmauerfundamente	11
Bild 2.2-8	Mindestabstand Neubau zum vorhandenen Altbau	12
Bild 2.2-9	Fundamentabstufung in Hanglagen	12
Bild 2.2-10	Fundamente in Hanglage	12
Bild 2.2-11	Trennung von Fundament und Fußboden	13
Bild 2.2-12	Streifen und Hülsenfundamente für einen Montagebau	14
Bild 2.2-13	Plattenstreifengründung	14
Bild 2.2-14	Flächengründungen mit Gründungsplatten	16

#### Fundamentbemessung

Zulässige Sohlpressungen:

Bild 3.1-1	... Tafeln 1,2 und 7 für Gründungen auf nichtbindigem Baugrund	18
Bild 3.1-2	... Tafel 8: Erhöhung der Tafelwerte für nichtbindigen Baugrund	19
Bild 3.1-3	... Tafeln 3 bis 6 für Gründungen auf bindigem Lockergestein	20,21
Bild 3.1-4	... Diagramm für Gründungen auf Festgestein	22
Bild 3.2-5	Bestimmung der Fundamenthöhe bei unbewehrtem Beton	24
Bild 3.3-6	Sohldruckverteilung nach dem Spannungstrapezverfahren	29
Bild 3.3-7	Sohldruckverteilung bei ausmittiger Belastung in der 2. Kernweite	31
Bild 3.3-8	Sohldruckverteilung bei zweiachial ausmittigem Lastangriff	33
Bild 3.4-9	Fundamente mit Horizontal- und Momentenbelastung	33
Bild 3.6-10	Grundformen von Grenzmauerfundamente	48
Bild 3.6-11	Grenzmauerfundamente mit beweglichem Wandanschluss	49
Bild 3.6-12	Grenzmauerfundamente mit biegesteifem Wandanschluss	49
Bild 3.7-13	Fundamenteinspannung im Baugrund	53
Bild 3.7-14	Wirksamer Spannungseinflussbereich im Baugrund	54

## **Spannungen und Verformungen**

Bild 4.1-1	Eigenspannungszustand erdfeucht	61
Bild 4.1-2	... Einfluss Grundwasser	61
Bild 4.1-3	... Einfluss Grundwasserabsenkung	62
Bild 4.2-4	Modell des elastisch-isotropen Halbraumes	65
Bild 4.2-5	Geometriebedingungen für Einzellast nach BOUSSINESQ	65
Bild 4.2-6	Haupt- und Nebenspannungen in einem Punkt des Halbraumes	67
Bild 4.2-7	Geometrie für Rechtecklastlast nach STEINBRENNER	68
Bild 4.2-8	Kennzeichnender Punkt einer starren Rechtecklast	70
Bild 4.2-9	Geometriebedingungen für Dreieckslast nach JELINEK	71
Bild 4.2-10	Geometriebedingungen für Kreislast nach SCHLEICHER	72

## **Zulässige Setzungen und Nachweisführung im GZ 2**

Bild 5.1-1	Setzungsrisse als Folge einer Bauwerksdurchbiegung	86
Bild 5.1-2	Verdrehung gleichzeitig errichteter Nachbargebäude	86
Bild 5.1-3	Gleichsinnige Verdrehung von Neubau und Altbau	87
Bild 5.1-4	Setzung von ausmittig belasteten, starren Fundamenten	87
Bild 5.1-5	Einfluss Schichtgrenzenverlauf auf die Bauwerkssetzung	88
Bild 5.1-6	einseitig wirkende setzungsempfindliche Schicht	88
Bild 5.1-7	setzungsempfindlicher Einschluss unter dem Bauwerk	88
Bild 5.1-8	überschütteter Altabbau	89
Bild 5.1-9	Festgesteinskuppe unter dem Bauwerk	89
Bild 5.1-10	zulässige Setzungsbeträge	89
Bild 5.1-11	Nachweis gleichmäßiger Setzungen von starren Fundamenten	90
Bild 5.1-12	Mittelung der gleichmäßigen Setzung aus einer Setzungsmulde	90
Bild 5.1-13	Setzungsauswertung bei geschlossenen Formeln	91
Bild 5.1-14	Auswertung der Setzungsmulde einer schlaffen Lastfläche	91
Bild 5.2-15	mittlere Setzung eines starren Fundamentes	96
Bild 5.2-16	Definition der Setzungsanteile bei ausmittiger Belastung	97
Bild 5.2-17	Gewogenes Mittel einer Teilschichtspannung	99
Bild 5.2-18	Mittelpunktsspannung einer schlaffen Rechteck-Lastfläche	101
Bild 5.2-19	Randpunktsspannung einer schlaffen Rechteck-Lastfläche	101
Bild 5.2-20	Viertelpunktsspannung einer schlaffen Rechteck-Lastfläche	101
Bild 5.2-21	Setzpunkt innerhalb einer schlaffen Rechteck-Lastfläche	102
Bild 5.2-22	symmetrischer Setzpunkt außerhalb der Lastfläche	102
Bild 5.2-23	beliebiger Setzpunkt außerhalb der schlaffen Rechteck-Lastfläche	103
Bild 5.2-24	Eckpunktsspannung einer schlaffen Dreieck-Lastfläche	103
Bild 5.2-25	Setzpunkte von schlaffen Kreis-Lastflächen	105
Bild 5.2-26	Anwendung der Schwingungstheorie auf ein Zweischichtsystem	106
Bild 5.2-27	Spannungszustand im Zweischichtsystem	107

## **Bruchzustände und Nachweisführung im GZ 1B**

Bild 6.1-1	Klassisches, summarisches Sicherheitskonzept	126
Bild 6.1-2	DIN 1054: Teilsicherheitsbeiwerte für Einwirkungen	127
Bild 6.1-3	DIN 1054: Teilsicherheitsbeiwerte für Widerstände	128
Bild 6.3-1	Kräfteansatz für den Gleitsicherheitsnachweis ohne Sohlneigung	130
Bild 6.3-2	Kräfteansatz für den Gleitsicherheitsnachweis mit Sohlneigung	131
Bild 6.4-1	Definition der Grenztragkraft des Baugrundes	133
Bild 6.4-2	Der Grundbruch als Erdwiderstandsproblem	134
Bild 6.4-3	Eingangsgrößen für den Grundbruchnachweis	135
Bild 6.4-4	Geometrie der Bruchscholle	138
Bild 6.4-5	Bruchscholle bei geneigtem Lastangriff	139
Bild 6.4-6	Bruchscholle bei geneigter Sohle	141
Bild 6.4-7	Geländeneigung ohne Berme	142
Bild 6.4-8	Einfluss einer Berme auf die Grundbruchlast	143
Bild 6.4-9	Einfluss der Fundamentform	157
Bild 6.4-10	Einfluss der Gründungstiefe	157
Bild 6.4-11	Einfluss von Nachbarfundamenten	158

## **Elastisch gebettete Gründungen**

Bild 7.1-1	Sohldruckverteilung unter starren Fundamenten	162
Bild 7.1-2	Hohlparabolische Sohldruckverteilung nach BOUSSINEQ	163
Bild 7.1-3	Sattelförmige Sohldruckverteilung nach OHDE	163
Bild 7.1-4	Vergleich der linearen und sattelförmigen Sohldruckverteilung	164
Bild 7.1-5	Abgestufte Sohldruckverteilung als Näherung	164
Bild 7.1-6	Sohldruckverteilung unter biegsamen Fundamenten	166
Bild 7.1-7	Einwirkende Momente im Lastfall Stützensenkung	166
Bild 7.1-8	Berücksichtigung der Überbausteifigkeit als Näherung	169
Bild 7.1-9	Baugrundmodell Bettungszahltheorie	170
Bild 7.1-10	Baugrundmodell Steifezahltheorie	171
Bild 7.2-1	Ableitung der Bettungszahl aus dem Lastplattenversuch	176
Bild 7.2-2	Definition der Bettungszahl am Gleisrost	179
Bild 7.2-3	Biegelinie unter einer Einzellast	180
Bild 7.2-4	Diagramm der elastischen Einsenkungen	181
Bild 7.2-5	Differenzgleichung der Biegelinie	191
Bild 7.2-6	Beispiel zur Anwendung der Differenzgleichung	192
Bild 7.2-7	Sohldruckverteilung Bettungszahlverfahren GOLD-LEVIN	198
Bild 7.2-8	Querkraftverteilung Bettungszahlverfahren GOLD-LEVIN	199
Bild 7.2-9	Momentenverteilung Bettungszahlverfahren GOLD-LEVIN	200
Bild 7.3-1	Sohldruckverteilung Steifezahlverfahren OHDE	213
Bild 7.3-2	Querkraftverteilung Steifezahlverfahren OHDE	214
Bild 7.3-3	Momentenverteilung Steifezahlverfahren OHDE	215
Bild 7.3-4	Durchbiegungen Steifezahlverfahren OHDE	217
Bild 7.3-5	Gründungsbalken. Baugrundeinfluss auf die Schnittkräfte.	218f.

## **Tiefgründungen**

Bild 8.1-1	Pfeilergründungen	228
Bild 8.1-2	Pfahlgründung mit Rostplatte	228
Bild 8.1-3	Bohrpfahl-Umschließungswand	229
Bild 8.1-4	Brunnengründung	230

## **Pfeilergründungen**

Bild 8.2-1	Geometrische Definition der Pfeilergründung	231
Bild 8.2-2	Pfeilergründung in offener Bauweise	232
Bild 8.2-3	Pfeilerabmessungen	233
Bild 8.2-4	Wandplatten mit Scheibenwirkung auf Pfeilergründung	234
Bild 8.2-5	Ortbeton- und Montagestützen auf Pfeilergründung	234
Bild 8.2-6	Pfeilergründung mit Stahlbetontraverse	235
Bild 8.2-7	Pfeilertragkraft bei geschichtetem Baugrund	237
Bild 8.2-8	Berechnungsmodell für überwiegend horizontal belastete Pfeiler	239

## **Pfahlgründungen**

Bild 8.3-1	Stehende Pfahlgründung mit überwiegend vertikaler Belastung	249
Bild 8.3-2	Pfahlgründung mit kombinierter vertikaler und horizontaler Belastung	250
Bild 8.3-3	Schwebende Pfahlgründung	250
Bild 8.3-4	Stahlbetonpfahl	253
Bild 8.3-5	Stahlpfähle	254
Bild 8.3-6	Franki-Pfahl mit Innenrammung	255
Bild 8.3-7	Pfahlherstellung mit verllorener Spitze im Grundwasser	256
Bild 8.3-8	Rüttelbetonpfahl System Mast	257
Bild 8.3-9	Bohrpfahl System Paprodt mit Fußausschneider	260
Bild 8.3-10	Bagger mit Teleskopmäkler und Endlos-Bohrschnecke	261
Bild 8.3-11	Bohrschnecke mit kleinem und großem Innenrohr	262
Bild 8.3-12	Vollverdrängungspfahl System Franki-Atlas	263
Bild 8.3-13	Rüttelfußpfahl System Keller	264
Bild 8.3-14	Pfahlanschlüsse an die Kopfplatte	265
Bild 8.3-15	Beispiele für Pfahlanordnung im Grundriss	270
Bild 8.3-16	Spannungs-Überschneidung bei Mantelreibung und Spitzendruck	270
Bild 8.3-17	Ableitung des Pfahlabstandes aus dem Reibungskreis	271
Bild 8.3-18	Pfahlanordnung nach Rastermaß als Vorgabe	272
Bild 8.3-19	Mantelreibung einer Zugpfahlgruppe	274
Bild 8.3-20	Ausmittige Belastung bei 2-Pfahlreihen in x-Richtung	285
Bild 8.3-21	Ausmittige Belastung bei 3-Pfahlreihen in x-Richtung	286

## **Rekonstruktion von Gründungen**

Bild 9.1-1	Spannungsausbreitung im Baugrund	293
Bild 9.1-2	Spannungsüberlagerung zweier, niveaugleicher Gründungen	293
Bild 9.1-3	Zusätzlicher Hangschub durch den Altbau	294
Bild 9.1-4	Baugruben- und Fundamentsicherung mit verankerter Bohrpfahlwand	295
Bild 9.1-5	Aussteifung gegenüberstehender Altbaugiebel	298
Bild 9.1-6	Schrägstützung eines Giebels	299
Bild 9.2-1	Mindestabstand Neubaugründung neben Altbau	300
Bild 9.2-2	Neubaugründung in Sohlenhöhe Altbau	301
Bild 9.2-3	Unterfangung einer Altbaugründung	302
Bild 9.3-1	Sanierung einer Keller-Außenwand	304
Bild 9.3-2	Risskontrolle am Altbau	305
Bild 9.3-3	Gewölbeschub	306
Bild 9.3-4	Maueranker und Gewölbeverstärkung durch Betonauflage	306
Bild 9.3-5	Ringbalken und Strebepfeiler zur Aufnahme von Gewölbeschub	307
Bild 9.4-1	Zuordnung von Injektionsarten zu Körnungsbereichen	309
Bild 9.4-2	Feinstzement-Injektion unter Inntalbrücke	311
Bild 9.4-3	Fundamentverbreiterung mit Ort beton	313
Bild 9.4-4	Anspannen von Fertigteilen an Einzelfundamente	313
Bild 9.4-5	Quertraversen und Streichbalken im Gesellschafts- und Industriebau	314
Bild 9.4-6	Streichbalken nach Pfahlwurzelprinzip bei hohem Altbaufundament	314
Bild 9.4-7	Überführung von Einzelfundamenten in einen Gründungsbalken	315
Bild 9.4-8	Mikro- und Megapfähle zur Rekonstruktion von Gründungen	316
Bild 9.4-9	Wandabfangung zur Sicherung der Arbeiten am Altfundament	317
Bild 9.4-10	Abfangung einer Stütze und Entlastung eines Einzelfundamentes	318
Bild 9.4-11	Entlastung einer alten Fundamentplatte	318

## **Baugrube und Wasserhaltung**

Bild 10.1-1	Technische Normen und Allgemeine Technische Vorschriften	322
Bild 10.1-2	Eigenlast Oberflächenbefestigung	325
Bild 10.1-3	Radaufstandsfläche und Lastfläche Rohplanum	326
Bild 10.1-4	Lastansatz für bewegte Radlasten	327
Bild 10.1-5	Normenansätze für Mehrfachachslasten	327
Bild 10.1-6	Lastfläche Rohplanum aus einer Doppelachslast	328
Bild 10.1-7	Lastansatz auf die Baugrubenwand bei Stützenlasten	330

## **Die Baugrube im Trockenem**

### **Die geböschte Baugrube**

Bild 11.1-1	Schutzmechanismen für die geplante Gründungssohle	332
Bild 11.1-2	Generalneigung eines Böschungssystems	333
Bild 11.1-3	Arbeitsraum nach VOB C-ATV DIN 18300	334

## **Leitungsgräben und Grabenverbau**

Bild 12.1-1	Geometrie des Leitungsgrabens	340
Bild 12.1-2	Geometrie der Dammleitung	341
Bild 12.1-3	Breiter Graben mit Nachsetzung der Erddeckungszone	341
Bild 12.1-4	Geböschte Grabenkante	342
Bild 12.1-5	Kantenschutz mit Dreifachbohle	342
Bild 12.1-6	Nutzung Oberflächenbefestigung und Kantenschutz	343
Bild 12.2-1	Brusthölzer und Grabenbreite beim waagerechten Verbau	344
Bild 12.2-2	Ein- und zweistufiger Ausbau mit Kanaldielen	349
Bild 12.3-1	Kompaktboxen-Verbausystem	352
Bild 12.3-2	Das Rollbox-Verbausystem	353
Bild 12.3-3	Anpassung des gestuften Linearverbaues an variable Grabentiefen	354
Bild 12.3-4	Gestufte Dielenkammer-Linearverbau	355

## **Baugrubenverbau**

Bild 13.1-1	Klassische Verbauarten für Baugruben	365
Bild 13.2-1	Trägerbohlwand mit Innenaussteifung	367
Bild 13.2-2	Bohlenuflager am Trägerflansch	368
Bild 13.2-3	Bauprozess für ein Tunnelbauwerk in offener Bauweise	368
Bild 13.2-4	Trägerbohlwand mit senkrechter Kanaldielen-Ausfachung	369
Bild 13.2-5	Quer-, Längs- und Eckaussteifungen von Trägerbohlwänden	370
Bild 13.2-6	Gurtungen und Steifenanschlüsse in Holz und Stahl	371
Bild 13.2-7	Mittelstütze zur Knicklängenbegrenzung	371
Bild 13.3-1	Vereinfachte Erddruckansätze für Trägerbohlwände nach EAB	374

## **Die Baugrube im Nassen**

### **Spundwandumschließungen**

Bild 14.1-0	Klassische Ausführungsbeispiele	394f.
Bild 14.1-1	Spundwandprofile System LARSEN und HOESCH	399
Bild 14.1-2	Einbautechniken für Stahlspundwände	399
Bild 14.1-3	Mäklergeführte Freifallramme	400
Bild 14.1-4	Schnellschlagramme	400
Bild 14.1-5	Vibrationsrammung	401
Bild 14.1-6	Freireitende Spundwandpresse	403
Bild 14.1-7	Freischreitende Spundwandpresse	403
Bild 14.1-8	Spundwand als Arbeitsebene. GIKEN SILENT PILER im Einsatz	404
Bild 14.1-9	GIKEN SILENT PILER mit Spülhilfe- und Bohr-Press-Modus	404
Bild 14.1-10	Mäklergeführte Spundwandpresse	405
Bild 14.1-11	Einstellverfahren bei der Deponie Gelsenkirchen	405a

## **Dichtwände**

Bild 15.1-1	Kombiniertes Stützwand-Dichtwand-System	406
Bild 15.2-1	Schlitzwandaushub mit Seilgreifer	408
Bild 15.2-2	Dichtwandherstellung im Zweiphasenverfahren	409
Bild 15.2-3	Kombinationswände mit HDPE-Folie und Spundbohlen	410
Bild 15.3-1	Dreifach-Bohrschnecke im MIP-Verfahren	413
Bild 15.3-2	Kompakte Fräs- und Mischeinheit für das CSM-Verfahren	414
Bild 15.4-1	Dichtungsschmalwände System Heimo und Keller	416

## **Fangedämme**

Bild 16-1	Fangedämme zur Errichtung eines Wehres im Fließgewässer	424
Bild 16.1-1	Erdstaudämme	425
Bild 16.2-1	Schrägbockfangedämme	425
Bild 16.3-1	Spundwandfangedämme	426
Bild 16.3-2	Kastenfangedamm	427
Bild 16.3-3	Konstruktionsprinzip Kreiszellenfangedamm	428
Bild 16.3-4	Bauvorgang Kreiszellenfangedamm im Führungsring	429
Bild 16.4-1	Betonfangedamm	429
Bild 16.4-2	Konstruktionsvarianten von Betonfangedämmen	430

## **Offene Wasserhaltung**

Bild 17.2-1	Stichgräben und Pumpensumpf für eine offene Wasserhaltung	432
Bild 17.2-2	Ausführung eines geschlossenen Entwässerungsgrabens	433
Bild 17.2-3	Pumpensumpf für eine offene Wasserhaltung	433
Bild 17.2-4	Varianten der Pumpenaufstellung und Wirkungsgrad	434
Bild 17.2-5	Varianten des freien und behinderten Grundwasserzuflusses	435
Bild 17.2-6	Geometrieparameter für das Verfahren DAVIDENKOFF	436
Bild 17.2-7	Geometrie der Absenkarabel zu einem Leitungsgraben	437

## **Grundwasserabsenkung**

Bild 17.3-1	Brunnengalerie zur Grundwasserabsenkung	442
Bild 17.3-2	Einstaffelige Flachbrunnenanlage, geböschte Baugrube	442
Bild 17.3-3	Einstaffelige Flachbrunnenanlage, verbaute Baugrube	443
Bild 17.3-4	Mehrstaffelige Flachbrunnenanlage, Böschungssystem	443
Bild 17.3-5	Tiefbrunnenanlage mit Tauchpumpe	444
Bild 17.3-6	Flachbrunnen mit Kiesfilterummantelung	444
Bild 17.3-7	Tiefbrunnen mit Tauchpumpe	445
Bild 17.3-8	Grundwasserzustrom zum Brunnen	446
Bild 17.3-9	Brunnen mit Vergrößerung der Eintrittshöhe am Filterrohr	446
Bild 17.3-10	Berechnungsgrundlage zum Fassungsvermögen des Einzelbrunnens	447
Bild 17.3-11	Ersatzkreis für die Brunnenanordnung um die Baugrube	449
Bild 17.3-12	Abminderung der Fördermenge durch eine Dichtwand	452
Bild 17.3-13	Energiehöhe einer Tiefbrunnenanlage	454
Bild 17.3-14	Energiehöhe einer Flachbrunnenanlage	456
Bild 17.3-15	Bemessung der Brunnengalerie mit zwei Fördersträngen	459
Bild 17.4-1	Anlage zur Vakuumentwässerung feinkörniger Erdstoffe	466

# Die Bauwerksgründung

## 1. Gesamtübersicht über Gründungsarten

---

Jedes Bauwerk muss zum Zweck der Lastübertragung in den Baugrund gegründet werden. Die unterschiedlichen Trag- und Festigkeitseigenschaften von Bauwerk und Baugrund zwingen dazu, eine speziell bemessene und gestaltete Gründungskonstruktion zwischen dem aufgehenden Hochbau und dem Baugrund als Erdaufleger anzuordnen.

Die **Aufgabe der Bauwerksgründung** besteht **einerseits** darin, die **mechanische Beanspruchung** aus äußerer Belastung durch das Bauwerk (Wand- und Stützen- und Flächenlasten) sowie aus den Reaktionskräften des Baugrundes (Sohldruck) selbst schadlos aufzunehmen und den aufgehenden Hochbau weitgehend frei zu machen von den Einflüssen des Baugrundes, **andererseits** darin, die **Standsicherheit** einzelner Bauwerksteile und des Gesamtbauwerkes zu gewährleisten, indem unzulässige Lageänderungen, Bruchzustände und Verformungen im Baugrund und in der Gründungskonstruktion durch konkrete Nachweise verhindert werden.

Um diese Aufgabe zu erfüllen, gilt eine erste Prämisse

**gegründet wird auf tragfähigem Baugrund,**

d. h. die **Wahl der Gründungsart** ist abhängig von den geologischen, hydrologischen und felsmechanischen/bodenphysikalischen Bedingungen am Standort der Baumaßnahme. Früher konnte man oftmals noch durch Veränderung der Standortwahl ungünstigen Baugrundverhältnissen ausweichen. Im modernen Bauen sind Gründungen - wenn dann auch teurer - praktisch an jedem Standort möglich. Der Wert des Standortes für den Investor entscheidet letztlich über seine bauliche Nutzung.

Unterschiedliche Standortbedingungen führen klassisch zur Anwendung von **Flach-** und **Tiefgründungen** mit den wesentlichen Merkmalen:

im Bereich der Sollsohle des Bauwerkes steht hinreichend tief tragfähiger Baugrund an – Ausführung einer Flachgründung ist möglich;  
tragfähiger Baugrund wird erst in größerer Tiefe unter der Sollsohle des Bauwerkes angetroffen - Ausführung einer Tiefgründung wird erforderlich.

Über die **Feststellung eines für die gewählte Gründungsart ausreichend tragfähigen Baugrundes** entscheiden die **Standsicherheitsnachweise** (vorrangig Grundbruch und Setzungen) am Ende der Entwurfsarbeit. Da Tiefgründungen wesentlich teurer als Flachgründungen sind, wird die **Ausführbarkeit einer Flachgründung** stets zuerst auch an zusätzlichen Kriterien geprüft:

**Der Baugrund ist nichttragfähig und für eine Flachgründung ungeeignet**, wenn er in weicher Konsistenz ( $I_C < 0,75$ ) oder in zu lockerer Lagerung ( $I_D < 0,5$ ) ansetzt. Weiter sind organische und salzhaltige Lockergesteine mit  $> 5$  Masse-% dieser Anteile nicht gründungsfähig.

**Im modernen Bauen** sind die Anwendungsgebiete der Flach- und Tiefgründungen durch Entwicklungen auf dem Gebiet der **Baugrundverbesserungen** weniger streng getrennt und teilweise völlig neu gelöst worden. Das trifft auf den **Straßen-, Eisenbahn- und Fluglandebahnbau** insbesondere zu, wo mit den Maßnahmen der Baugrundverbesserung – Oberflächenverdichtung, Bodenstabilisierung mit hydraulischen Bindemitteln, Bodenaustausch und in besonderen Fällen Tiefenverdichtung – oft ein gründungsfähiger Baugrund geschaffen werden kann.