

# Die Gründung von Bauwerken

## Teil 1

von Dr.-Ing. Wolf Plagemann, Stralsund  
Dipl.-Ing. Wolfgang Langner, Berlin

Mit 317 Bildern und 30 Tafeln



BSB B.G. Teubner Verlagsgesellschaft · 1970

# Inhalt

<b>1.</b>	<b>Baugrund</b>	
1.1.	Einteilung des Baugrundes .....	13
1.1.1.	Einteilung nach der Entstehung .....	13
1.1.2.	Einteilung nach der Gewinnung .....	15
1.1.3.	Einteilung nach den Eigenschaften der Erdstoffe als Baugrund .....	15
1.1.4.	Einteilung der Erdstoffe nach der Korngröße .....	16
1.1.5.	Internationale Einteilung der Erdstoffe .....	17
1.2.	Eigenschaften der Erdstoffe .....	22
1.2.1.	Physikalische Eigenschaften .....	22
1.2.1.1.	Körnung .....	22
1.2.1.2.	Lagerung .....	26
1.2.1.3.	Reinwichte und Rohwichte .....	29
1.2.1.4.	Wassergehalt, Kapillarität und Durchlässigkeit .....	30
1.2.1.5.	Konsistenz (Zustandsform) .....	34
1.2.1.6.	Festigkeitseigenschaften .....	37
1.2.1.7.	Formänderungseigenschaften .....	42
1.2.1.8.	Schwingungstechnische Eigenschaften .....	46
1.2.1.9.	Elektrische Eigenschaften .....	46
1.2.2.	Chemische Eigenschaften .....	47
1.2.2.1.	Mineralische Eigenschaften .....	47
1.2.2.2.	Schädliche Bestandteile im Baugrund .....	47
1.2.2.3.	Agressive Wässer .....	48
1.2.3.	Erdstoffeigenschaften – Zahlenwerte .....	48
1.3.	Die Erdstoffarten .....	49
1.3.1.	Nichtbindige Erdstoffe .....	49
1.3.2.	Bindige Erdstoffe .....	51
1.3.3.	Organische Erdstoffe .....	52
1.3.4.	Sonstige Erdstoffe .....	53
1.4.	Wasser im Baugrund .....	53
1.4.1.	Gebundenes Bodenwasser .....	54
1.4.2.	Freies Bodenwasser .....	55
1.4.2.1.	Grundwasserspiegel .....	56
1.4.2.2.	Grundwasserströmung .....	57
1.4.2.3.	Auftrieb .....	57
1.5.	Literatur .....	58
<b>2.</b>	<b>Baugrunduntersuchungen</b>	
2.1.	Flächenuntersuchungen .....	64
2.1.1.	Geologische Voruntersuchung .....	64
2.1.2.	Ingenieurbiologische Voruntersuchung .....	64
2.1.3.	Begehung der Baustelle .....	65
2.1.4.	Geophysikalische Untersuchungen .....	66
2.1.4.1.	Seismisches Verfahren .....	66
2.1.4.2.	Dynamisches Verfahren .....	68
2.1.4.3.	Elektrisches Verfahren .....	69

2.2.	Punktförmige Untersuchungen .....	73
2.2.1.	Schürfe .....	73
2.2.2.	Bohrungen .....	75
2.2.2.1.	Normale Bohrungen .....	75
2.2.2.2.	Kernbohrungen .....	80
2.2.2.3.	Tiefbohrungen .....	80
2.2.2.4.	Prüfungen im Bohrloch .....	80
2.2.3.	Sondierungen .....	81
2.2.3.1.	Bohrsondierung .....	82
2.2.3.2.	Spülsondierung .....	83
2.2.3.3.	Schlagsondierung .....	83
2.2.3.4.	Drucksondierung .....	84
2.2.3.5.	Flügelsondierung .....	85
2.2.3.6.	Isotopensondierung .....	86
2.3.	Literatur .....	87
3.	<i>Frosteinfluß im Baugrund</i>	
3.1.	Homogener und heterogener Bodenfrost .....	89
3.2.	Frostgefährlichkeit der Böden .....	90
3.3.	Eindringtiefe des Frostes in den Boden (Frostgrenze) .....	92
3.4.	Wirkung des Frostes auf Bauwerke .....	95
3.5.	Vermeidung von Frostschäden .....	98
3.6.	Literatur .....	101
4.	<i>Erddruck, Erdwiderstand und Standsicherheit</i>	
4.1.	Allgemeine Grundlagen .....	103
4.1.1.	Definition des Erddruckes .....	103
4.1.2.	Ruhedruck .....	104
4.1.3.	Form der Gleitflächen .....	105
4.1.4.	Wandreibungswinkel .....	106
4.1.5.	Einfluß von Auflasten und Grundwasser .....	107
4.2.	Erddruck und Erdwiderstand in kohäsionslosen Erdstoffen .....	109
4.2.1.	Prinzip der Coulombschen Erddrucktheorie .....	109
4.2.2.	Grafische Ermittlung des Erddrucks .....	111
4.2.2.1.	Culmannsche Erddrucklinie .....	111
4.2.2.2.	Lösung nach Rebhann-Poncelet .....	112
4.2.2.3.	Verfahren nach MUND .....	113
4.2.2.4.	Lösung für gebrochene Wandfläche .....	114
4.2.2.5.	Erddruck bei unstetigem Gelände .....	117
4.2.2.6.	Erddruck bei Einzellasten .....	117
4.2.3.	Analytische Ermittlung des Erddrucks .....	118
4.2.3.1.	Berechnung nach WEYRAUCH .....	118
4.2.3.2.	Erddruckberechnung nach OHDE .....	120
4.2.3.3.	Erddruck bei begrenzter Auflast (nach OHDE) .....	122
4.2.3.4.	Erddruck bei Einzellasten .....	124
4.2.4.	Das Prinzip von RANKINE .....	124
4.2.5.	Bestimmung des Erdwiderstandes .....	126
4.2.5.1.	Grundlagen .....	126
4.2.5.2.	Grafische Methoden .....	127
4.2.5.3.	Analytische Verfahren nach OHDE .....	128
4.3.	Erddruck und Erdwiderstand in Erdstoffen mit Kohäsion .....	128

4.4.	Gleitsicherheit .....	130
4.5.	Kippsicherheit .....	132
4.6.	Grenztragfähigkeit des Baugrundes (Grundbruch) .....	134
4.6.1.	Grundlagen .....	134
4.6.1.1.	Definition .....	134
4.6.1.2.	Bestimmung der Grenzbelastung .....	134
4.6.1.3.	Sicherheitsfaktor .....	136
4.6.2.	Grenztragkraft mittig belasteter Fundamente .....	137
4.6.2.1.	Flächenfundamente auf gewöhnlichem Baugrund .....	137
4.6.2.2.	Flächenfundamente auf stark bindigem Baugrund .....	143
4.6.3.	Grenztragkraft außermittig belasteter Fundamente .....	144
4.6.4.	Geländebruch .....	144
4.6.4.1.	Näherungslösung nach FRÖHLICH .....	145
4.6.4.2.	Lösung nach KREY .....	146
4.7.	Literatur .....	149
5.	<i>Setzungen</i>	
5.1.	Setzungen und ihre Ursachen .....	151
5.2.	Setzungsberechnung .....	153
5.2.1.	Grundlagen der Setzungsberechnung .....	153
5.2.1.1.	Zulässige Setzungen .....	153
5.2.1.2.	Unterlagen für Setzungsberechnungen .....	154
5.2.2.	Druckverteilung im Baugrund .....	156
5.2.2.1.	Zusammendrückbarkeit des Baugrundes .....	156
5.2.2.2.	Bestimmung der Druckverteilung .....	158
5.2.2.3.	Rechteckige Lastfläche mit gleichmäßig verteilter Sohlpressung .....	159
5.2.2.4.	Rechteckige Lastfläche mit dreieckigförmig verteilter Sohlpressung .....	164
5.2.3.	Berechnung der zu erwartenden Setzungen .....	166
5.2.3.1.	Allgemeines Verfahren .....	166
5.2.3.2.	Analytische Setzungsberechnung .....	167
5.2.3.3.	Setzungen infolge Grundwasserabsenkung .....	170
5.2.4.	Zeitlicher Setzungsverlauf .....	171
5.3.	Beobachtung von Setzungen .....	174
5.4.	Maßnahmen gegen schädliche Setzungen .....	176
5.4.1.	Maßnahmen im Baugrund .....	176
5.4.1.1.	Allgemeine Vorkehrungen .....	176
5.4.1.2.	Polstergründung .....	176
5.4.2.	Maßnahmen im Bauwerk .....	179
5.4.2.1.	Gründung .....	179
5.4.2.2.	Tragwerk .....	179
5.4.3.	Maßnahmen in Bergbausenkungsgebieten .....	180
5.5.	Literatur .....	187
6.	<i>Verbesserung des Baugrundes</i>	
6.1.	Entfernen des schlechten Baugrundes .....	190
6.2.	Baugrundverdichtung .....	192
6.2.1.	Grundlagen .....	192
6.2.2.	Verdichten durch Vorbelasten .....	194
6.2.3.	Einspülverfahren .....	195
6.2.4.	Verdichten durch Walzen .....	196
6.2.5.	Verdichten durch Stampfen .....	198

6.2.6.	Rüttelverfahren .....	200
6.2.7.	Verdichtungs- und Verdrängungspfähle .....	203
6.2.8.	Verdichtungssprengungen .....	204
6.2.9.	Kontrolle der Verdichtung .....	205
6.2.9.1.	Proctorversuch .....	205
6.2.9.2.	CBR-Prüfung .....	207
6.2.9.3.	Plattendruckprüfung .....	208
6.2.9.4.	Sondierungen .....	208
6.3.	Baugrundverfestigung .....	209
6.3.1.	Grundlagen .....	209
6.3.2.	Zementinjektion .....	212
6.3.3.	Chemische Baugrundverfestigung .....	213
6.3.4.	Elektro-chemische Baugrundverfestigung .....	216
6.3.5.	Baugrundvermörtelung .....	217
6.3.5.1.	Kalkstabilisierung .....	217
6.3.5.2.	Zementstabilisierung .....	217
6.4.	Baugrundverbesserung durch Wasserentzug .....	218
6.4.1.	Verdichtung durch Senkung des Grundwasserspiegels .....	218
6.4.2.	Dränen .....	219
6.4.2.1.	Flächendränage .....	219
6.4.2.2.	Tiefdränage .....	220
6.4.2.3.	Kjellmann-Franki-Verfahren .....	221
6.4.3.	Elektrische Entwässerung feinkörniger Erdstoffsichten .....	222
6.4.4.	Vakuumentwässerung .....	225
6.5.	Baugrundverbesserung mit Hilfe thermischer Einflüsse .....	227
6.6.	Literatur .....	227

## 7. Baugrube

7.1.	Baugrube im Trockenen .....	231
7.1.1.	Allgemeines über die Baugrube, Lösen und Aushub des Bodens, Abbrucharbeiten .....	231
7.1.2.	Baugrubensicherung .....	233
7.1.2.1.	Abgeböschte Baugrube .....	234
7.1.2.2.	Waagerechter Verbau .....	235
7.1.2.3.	Berliner Bauweise .....	239
7.1.2.4.	Senkrechter Verbau .....	241
7.1.2.5.	Verbaugeräte .....	243
7.1.2.6.	Berechnung des Verbaues .....	245
7.2.	Baugrube im Nassen .....	248
7.2.1.	Baugrubenumschließungen .....	248
7.2.1.1.	Spundwandumschließungen .....	249
7.2.1.2.	Schlitzwände .....	256
7.2.1.3.	Fangedämme .....	257
7.2.1.3.1.	Erdfangedämme .....	259
7.2.1.3.2.	Hölzerne Fangedämme .....	259
7.2.1.3.3.	Betonfangedämme .....	262
7.2.1.3.4.	Stahlfangedämme .....	264
7.2.1.3.5.	Kombinierte Fangedämme .....	269
7.2.1.4.	Baugrundvereisung .....	270
7.2.2.	Trockenlegen der Baugrube .....	275
7.2.2.1.	Offene Wasserhaltung .....	276
7.2.2.2.	Grundwasserabsenkung .....	282
7.2.2.2.1.	Schwerkraftabsenkung mit Vertikalbrunnen .....	283

7.2.2.2.2.	Schwerkraftabsenkung mit Horizontalbrunnen .....	294
7.2.2.2.3.	Vakuumabsenkung mit Punktbrunnen .....	295
7.2.2.2.4.	Elektroosmotische Absenkung .....	297
7.2.2.2.5.	Folgen einer Grundwasserabsenkung .....	299
7.2.2.3.	Abdichten der Baugrubensohle .....	299
7.2.2.3.1.	Verfestigung des Bodens durch Zementinjektion oder Chemikalien .....	299
7.2.2.3.2.	Abdichten durch Unterwasserbeton .....	300
7.2.2.3.3.	Gefrierverfahren .....	301
7.2.2.3.4.	Verdrängung des Wassers durch Druckluft .....	301
7.3.	Taucherarbeiten .....	301
7.4.	Literatur .....	304
8.	<i>Spundwände</i>	
8.1.	Hölzerne Pfahl-, Stölp- und Spundwände .....	307
8.1.1.	Ausbildung von Holzspundwänden .....	307
8.1.2.	Abdichten von Holzspundwänden .....	309
8.1.3.	Rammen, Kürzen und Ziehen hölzerner Spundwände .....	309
8.2.	Stahlbetonspundwände .....	310
8.2.1.	Ausbildung von Stahlbetonspundwänden .....	311
8.2.2.	Abdichten von Stahlbetonspundwänden .....	313
8.2.3.	Rammen, Kürzen und Ziehen von Stahlbetonspundwänden .....	313
8.3.	Stahlspundwände .....	314
8.3.1.	Ausbildung von Stahlspundwänden .....	316
8.3.2.	Holme und Verankerungen .....	330
8.3.3.	Abdichten von Stahlspundwänden .....	333
8.3.4.	Rammen, Kürzen und Ziehen von Stahlspundwänden .....	334
8.4.	Entwässerung von Spundwänden .....	340
8.5.	Anwendungsbereiche der Spundwände .....	342
8.5.1.	Spundwände als Bauhilfsmittel .....	342
8.5.2.	Spundwände als ständige Konstruktionsteile von Bauwerken .....	342
8.5.3.	Spundwände als selbständige Bauwerke .....	344
8.6.	Berechnung von Spundwänden .....	348
8.6.1.	Belastungen bei Spundwänden .....	348
8.6.1.1.	Unmittelbare Lasten .....	348
8.6.1.2.	Erddruck und Erdwiderstand .....	349
8.6.1.3.	Wasserdruck .....	351
8.6.2.	Berechnungsverfahren .....	354
8.6.2.1.	Freistehende, unverankerte Wand .....	354
8.6.2.1.1.	Berechnung nach BLUM .....	354
8.6.2.1.2.	Berechnung nach OHDE .....	357
8.6.2.2.	Einfach verankerte Wand .....	359
8.6.2.2.1.	Berechnung für untere Einspannung .....	360
8.6.2.2.2.	Berechnung ohne untere Einspannung .....	367
8.6.2.3.	Mehrach verankerte Wand .....	373
8.6.2.4.	Ausgesteifte Baugruben .....	373
8.6.2.5.	Staffelung des Spundwandfußes .....	374
8.6.2.6.	Verankerungsglieder .....	375
8.6.2.6.1.	Gurtungen und Zuganker .....	375
8.6.2.6.2.	Ankerwände und Ankerplatten .....	376
8.6.2.6.3.	Ankerpfähle .....	378
8.7.	Literatur .....	382
	Anhang .....	384
	Sachregister .....	387