

Jürgen Grabe

Bodenmechanik und Grundbau

haltsverzeichnis

Einführung	15
.1 Inhaltliche Abgrenzung	15
.2 Faszination und Motivation	16
.3 Baugrundrisiko	17
.4 Sicherheit und Normen	17
Entstehung von Boden und Fels	19
Aufbau des Bodens	21
5.1 Bodenpartikel	21
5.2 Porenwasser und Porenluft	23
5.3 Bodenstruktur	23
5.4 Bodenansprache	24
Bodenerkundung im Feld	27
4.1 Begehung und Vorinformation	27
4.2 Schürfe	28
4.3 Untersuchungsschächte und -Stollen	28
4.4 Bohrungen	28
4.5 Entnahme von Bodenproben	31
4.5.1 Probenmenge	31
4.5.2 Beschriftung	31
4.5.3 Entnahme aus Schürfen	33
4.5.4 Proben aus Bohrungen	33
4.6 Erkundung des Grundwassers	33
4.6.1 Erkundung des Grundwassers	33
4.6.2 Wasserproben	34
4.7 Schichtenverzeichnis	35
4.8 Sondierungen	35
4.8.1 Rammsondierungen (DP) und Standardsondierungen (SPT)	37

4.8.2	Drucksondierungen (CPT)	.....
4.8.3	Flügelsondierung (FVT)	.....
4.8.4	Schwedische Gewichtssonde	.....
4.8.5	Pressiometer	.....
4.8.6	Seitendrucksonde	.....
4.8.7	Dichtebestimmung im Feld	.....
4.8.8	Plattendruckversuch	.....
4.8.9	Flächendeckende dynamische Verdichtungskontrolle	.....

5 Kennwerte und Eigenschaften des Bodens

5.1	Korngrößenverteilung	.....
5.2	Hohlraumanteile und Wichten	.....
5.3	Wassergehalte	.....
5.4	Konsistenz	.....
5.5	Optimaler Wassergehalt zur Verdichtung	.....
5.6	Kapillarität	.....
5.7	Beimengungen	.....
5.8	Klassifikation	.....

6 Grundwasser

6.1	Filtergeschwindigkeit	.....
6.2	Hydraulische Höhe	.....
6.3	Durchlässigkeitsgesetz von DARCY	.....
6.4	Bestimmung der Durchlässigkeit	.....
6.4.1	Versuch mit konstanter Druckhöhe	.....
6.4.2	Versuch mit veränderlicher Druckhöhe	.....
6.4.3	Abschätzen der Durchlässigkeit im Labor	.....
6.4.4	Abschätzen der Durchlässigkeit im Gelände	.....
6.4.5	Durchlässigkeitswerte	.....
6.5	Potentialgleichung	.....
6.6	Freier Grundwasserspiegel	.....
6.7	Instationäre Strömungen	.....

7 Spannungs-Dehnungsverhalten

8 Vertikale Zusammendrückung

8.1	Eindimensionale Kompression	.....
8.1.1	Relative Zusammendrückung und wirksame Spannung	.....
8.1.2	Versuchsdurchführung und Auswertung	.....

8.2	Spannungsermittlung	7<
8.2.1	Spannungen infolge Eigengewicht	74
8.2.2	Spannungen aus Auflasten	71
8.3	Setzungsberechnung	71
8.3.1	Setzungsermittlung mit Hilfe der lotrechten Spannungen im Boden	7£
8.3.2	Setzungsermittlung mit Hilfe geschlossener Formeln	8(
8.3.3	Sohlpressung	8(
8.3.4	Grenztiefe	8]
8.3.5	Schiefstellung	8S
8.4	Konsolidierung	8S
8.4.1	Theorie der eindimensionalen Konsolidierung	8^
8.4.2	Auswertung	8(
8.5	Sekundärsetzung	81
9	Scherfestigkeit	8£
9.1	Schergesetz von COULOMB	8I
9.2	Grenzbedingung von MOHR-COULOMB	91
9.3	Anmerkungen zur Kohäsion	9;
9.4	Dilatanz und Kontraktanz	9<
9.5	Entfestigung und Restscherfestigkeit	9(
9.6	Versuche zur Bestimmung der Scherfestigkeit	9f
9.6.1	Rahmenscherversuch	9(
9.6.2	Triaxialversuch	9t
9.7	Typische Scherfestigkeitswerte	9I
10	Erddruck	101
10.1	Aktiver Erddruck	101
10.2	Passiver Erddruck	10<
10.3	Berücksichtigung der Kohäsion	101
10.4	Erdruheindruck	10\$
10.5	Grafische Verfahren	10?
10.5.1	Verfahren von CULMANN	10<
10.5.2	Verfahren von ENGESSER	11(
10.6	Lösung von RANKINE	11]
10.7	Erddruckverteilung	111
10.8	Berücksichtigung besonderer Randbedingungen	11J
10.8.1	Geschichteter Boden	11;
10.8.2	Wasserdruck und Strömungskräfte	11'
10.8.3	Oberflächenlasten	11'

10.8.4	Gebrochene Geländeoberfläche	115
10.8.5	Erdruckabschirmung	116
10.9	Tafelwerte	116
11	Böschungsbruch	117
11.1	Ebene Gleitfugen	118
11.2	Kreisförmige Gleitfugen	121
11.2.1	Lamellenfreies Verfahren im homogenen Boden	121
11.2.2	Lamellenverfahren für geschichteten Boden	123
11.3	Kinematische Elemente Methode	125
12	Grundbruch	131
12.1	Zentrisch belastete Fundamente	133
12.2	Schräg und exzentrisch belastete Fundamente	136
12.3	Grundbruchsicherheit nach DIN 4017	137
13	Flüssigkeitsgestützte Erdwände	139
13.1	Stützflüssigkeiten	139
13.2	Fließverhalten von Bentonitsuspensionen	140
13.3	Kennwerte von Stützflüssigkeiten	141
13.4	Stützwirkung	142
13.4.1	Ausbildung einer Membran	142
13.4.2	Stagnation der Suspension	142
13.4.3	Strömungskräfte	142
13.4.4	Örtliches Zusetzen des Porenraums infolge Kolmatation	144
13.4.5	Fehlende Stützwirkung	144
14	Flachgründungen	145
14.1	Stand sicherheitsnachweise nach DIN 1054	146
14.2	Setzungsberechnungen	147
14.3	Ermittlung der zulässigen Bodenpressung für Regelfälle	148
14.4	Sohldruckverteilung	149
14.4.1	Spannungstrapezverfahren	149
14.4.2	Bettungsmodulverfahren	151
14.4.3	Steifemodulverfahren	152
14.4.4	Halbraumlösung für starres Fundament	152
14.4.5	Vergleich der Berechnungsverfahren	153
14.5	Stabilität von Türmen	153
14.6	Ausbildung von Flachgründungen	154

15 Pfahlgründungen	155
15.1 Pfahlarten	156
15.1.1 Rammpfähle	156
15.1.2 Bohrpfähle	160
15.1.3 Verpreßpfähle	161
15.2 Tragfähigkeit axial belasteter Pfähle	165
15.2.1 Tragfähigkeit von Rammpfählen	166
15.2.2 Tragfähigkeit von Bohrpfählen	171
15.2.3 Probelastung	173
15.2.4 Negative Mantelreibung	175
15.2.5 Dynamische Pfahltragfähigkeit	176
15.2.6 Integritätsprüfung	176
15.2.7 Gruppenwirkung	176
15.3 Tragfähigkeit horizontal belasteter Pfähle	176
15.4 Pfahlrost	177
15.4.1 Vereinfachende Annahmen für die Berechnung	178
15.5 Pfahlplattengründung	179
15.6 Pfahlkopfanschluß	179
16 Baugrundverbesserung	181
16.1 Oberflächennahe Verdichtung	181
16.2 Verdichtung durch Vorbelastung	185
16.3 Tiefenverdichtung	186
16.3.1 Rütteldruckverfahren (RDV)	187
16.3.2 Rüttelstopfverfahren (RSV)	188
16.4 Stoßverdichtung	189
16.4.1 Dynamische Intensivverdichtung	189
16.4.2 Sprengverdichtung	189
16.5 Bodenaustausch	190
16.6 Bodeninjektion	190
16.6.1 Niederdruckinjektion	190
16.6.2 Hochdruckinjektion	191
16.6.3 Injektionsmittel	192
16.7 Düsenstrahlverfahren	194
16.8 Bodenvereisung	196
17 Stützmauern	197
17.1 Schwergewichtsmauer	198
17.2 Winkelstützmauern	199

17.3	Stützmauern mit Spornen	199
17.4	Verankerte Stützmauern	200
17.5	Raumgitterstützmauern	200
17.6	Bewehrte Erde	201
17.7	Bodenvernagelung	202
18	Stützwände	203
18.1	Grabenverbau	204
18.2	Trägerbohlwand	205
18.3	Spundwand	206
18.3.1	Vor- und Nachteile von Stahlspundwänden	206
18.3.2	Profile und Schloßanordnung	207
18.3.3	Gemischte Stahlspundwände und Staffelung	208
18.3.4	Einbringen von Spundwänden	209
18.3.5	Korrosion	212
18.3.6	Dichtigkeit	212
18.4	Bohrpfahlwand	212
18.5	Schlitzwand	213
18.6	Statische Berechnung	216
18.6.1	Lastannahmen	216
18.6.2	Berechnung der Schnittgrößen und Einbindetiefen	223
18.6.3	Nachweise	231
19	Anker	233
19.1	Ankerarten	233
19.1.1	Rundstahlanker mit Ankerplatte	234
19.1.2	Verpreßanker	234
19.1.3	Gerammte Ankerpfähle	236
19.1.4	Stabanker	236
19.2	Herstellung von Verpreßankern	236
19.3	Tragfähigkeit von Verpreßankern	238
19.4	Ankerprüfung	240
19.5	Konstruktionshinweise	241
19.6	Nachweise	242
20	Grundwasserhaltung	245
20.1	Offene Wasserhaltung	245
20.2	Grundwasserabsenkung mit Brunnen	247
20.2.1	Schwerkraftentwässerung	247

20.2.2	Vakuumentwässerung	248
20.2.3	Elektroosmose	249
20.3	Dichtwände und Sohlen.	249
20.4	Hydraulische Bemessung von Grundwasserhaltungen.	252
20.4.1	Fassungsvermögen eines Brunnens.	252
20.4.2	Reichweite eines Brunnens.	253
20.4.3	Zufluß zu einem Brunnen.	254
20.4.4	Mehrbrunnenanlagen.	255
20.4.5	Bemessung einer Mehrbrunnenanlage.	257
20.4.6	Zufluß zu einem Graben.	258
20.4.7	Fassungsvermögen eines Vakuumbrunnens.	258
20.4.8	Unvollkommene Brunnen.	259
A	Bodenbeschreibung	261
B	Bodenkennwerte	265