

Inhaltsverzeichnis Band 1

1 Einführung	13
1.1 Entwicklung und Einordnung	13
1.2 Sachverständiger für Geotechnik	14
1.3 Geotechnische Berichte.....	16
1.4 Baugrundrisiko und Verpflichtung des Auftraggebers	17
1.5 Geotechnische Gesellschaften.....	18
2 Grundlagen zur Geologie und Struktur von Boden und Fels	19
2.1 Aufbau des Erdkörpers und geologische Einordnung.....	19
2.2 Gesteinsbildung.....	22
2.3 Regionalgeologie in Deutschland	23
2.4 Zusammensetzung und Struktur von Böden	25
2.5 Struktur und Gefüge von Gesteinen und Gebirge	28
3 Wasser im Untergrund.....	31
3.1 Physikalische Eigenschaften des Wassers	31
3.2 Erscheinungsformen des Wassers im Untergrund	32
3.3 Grundlagen der Wasserströmung im Untergrund	34
3.3.1 Grundgleichungen	34
3.3.2 Hydraulischer Gradient und Strömungskraft.....	35
3.3.3 Filtergeschwindigkeiten und <i>Darcy</i> 'sches Filtergesetz.....	35
3.4 Erweiterung auf geschichtete Böden.....	37
3.4.1 Begriffe.....	37
3.4.2 Vertikale Strömung.....	38
3.4.3 Horizontale Strömung	38
3.4.4 Variationsmöglichkeiten der Untergrunddurchlässigkeiten.....	39
3.5 Potentialtheorie	39
3.6 Näherungslösung der Potentialtheorie mit Strömungsnetzen	42
3.7 Wassermengenbestimmung aus dem Potentialnetz	44
3.8 Strom- und Potentiallinien bei Baugrundschichtung	44

4 Untersuchungen von Boden und Fels als Baugrund und Baustoff (Baugrunderkundung)	47
4.1 Normen und rechtliche Einordnung der Baugrunderkundung.....	47
4.2 Begriffe	49
4.3 Klassifizierung und Einordnung der Bodenarten.....	50
4.3.1 Allgemeines	50
4.3.2 Klassifizierung nach DIN EN ISO 14688 und DIN 4022	51
4.3.3 Klassifizierung nach DIN 18196.....	55
4.3.4 Klassifizierung nach VOB-Normen.....	58
4.3.5 Klassifizierung nach Handbuch EC 7-1 (2011).....	61
4.4 Zeichnerische Darstellung der Baugrunderkundungsergebnisse	62
4.5 Beschreibung der wichtigsten Bodenarten	62
4.6 Geotechnische Erkundungen und Untersuchungen für bautechnische Zwecke nach <i>Handbuch EC 7-2 (2011)</i>	64
4.6.1 Allgemeines	64
4.6.2 Aufgabenstellung bei geotechnischen Untersuchungen	65
4.6.3 Art und Umfang der geotechnischen Untersuchungen.....	65
4.6.4 Geotechnische Untersuchungsverfahren.....	66
4.7 Baugrunderkundung durch Bohrungen und Schürfe.....	68
4.7.1 Allgemeines	68
4.7.2 Schürfgruben und Schürfschlitz	70
4.7.3 Bohrungen	70
4.8 Geophysikalische Erkundungsmethoden	71
4.9 Baugrunderkundung durch Sondierungen	72
4.9.1 Sondierverfahren und Ergebnisinterpretation	72
4.9.2 Rammsondierungen	74
4.9.3 Drucksondierungen	77
4.9.4 Flügelsondierungen	78
4.10 Beispiel der Darstellung einer Baugrunduntersuchung.....	80
5 Einführung in das geotechnische Feld- und Laborversuchswesen	81
5.1 Allgemeines.....	81
5.2 Bodenproben für Laborversuche	81
5.3 Durchführen und Auswerten von Laborversuchen	82
5.4 Versuche zur Klassifizierung und Einordnung der Böden	82
5.4.1 Korngrößenverteilung	82
5.4.2 Kordichte.....	84
5.4.3 Organische Anteile.....	84

5.4.4	Kalkgehalt	85
5.5	Versuche zur Zustandsbeschreibung von Böden	85
5.5.1	Dichte.....	85
5.5.2	Porenanteil und Porenzahl.....	85
5.5.3	Wassergehalt	86
5.5.4	Lagerungsdichte.....	86
5.5.5	Bestimmung der Zustandsgrenzen bindiger Böden.....	87
5.5.6	Sättigungsgrad.....	88
5.6	Rechnerische Beziehungen zwischen Bodenkenngrößen	88
5.7	Geohydraulische Eigenschaften von Böden	91
5.8	Bodenmechanische Kenngrößen zur Verformung und Festigkeit	92
5.9	Konventionelle erdbautechnische Prüfverfahren	92
5.9.1	Allgemeines.....	92
5.9.2	Proctorversuch	93
5.9.3	Bestimmung der Trockendichte des Bodens im Feld.....	94
5.9.4	Verdichtungsgrad.....	94
5.9.5	Plattendruckversuch.....	94
6	Spannungszustände in der Bodenmechanik	97
6.1	Allgemeines.....	97
6.2	Definition von totalen, effektiven und Porenwasserdruck-Spannungen.....	97
6.3	Ruhedruckspannungen im elastisch-isotropen Halbraum – Primärspannungen.....	98
7	Elastizitätstheorie und Grenzzustände im Boden	102
7.1	Elastizitätstheorie	102
7.2	<i>Mohr</i> 'sche Darstellung der Spannungen.....	105
7.3	Grenzzustände (Bruchzustände).....	109
7.4	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit und Tragfähigkeit.....	111
8	Zusatzspannungen und Setzungsberechnungen.....	112
8.1	Modellvorstellungen	112
8.2	Ermittlung von Zusatzspannungen aus Bauwerkslasten	112
8.3	Verfahren zur Setzungsberechnung	119
8.3.1	Grundlagen.....	119
8.3.2	Setzungsermittlung mit Hilfe vertikaler Spannungen im Boden.....	122
8.3.3	Setzungen und Verkantungen mit Hilfe von geschlossenen Formeln.....	123

9 Verformungs- und Scherfestigkeitsverhalten von Böden.....	127
9.1 Verformungsverhalten von Böden	127
9.1.1 Kenngrößen.....	127
9.1.2 Eindimensionaler Kompressionsversuch (KD-Versuch).....	128
9.2 Festigkeitsverhalten von Böden (Scherfestigkeit)	132
9.2.1 Grundlagen und Begriffe.....	132
9.2.2 Bedeutung von totalen, effektiven und Porenwasserdruckspannungen für die Scherfestigkeit.....	134
9.2.3 Laborversuche zur Ermittlung der Scherparameter.....	136
10 Konsolidationstheorie.....	142
10.1 Einleitung	142
10.2 Größe des Porenwasserüberdruckes bei Spannungsänderung	143
10.3 Eindimensionale Konsolidationstheorie	144
10.3.1 Allgemeines.....	144
10.3.2 Herleitung der Differentialgleichung für die eindimensionale Konsolidation nach <i>Terzaghi</i>	145
10.3.3 Lösung der Differentialgleichung der eindimensionalen Konsolidationstheorie.....	147
10.3.4 Zeitabhängige Belastung	149
10.4 Mehrdimensionale Konsolidationstheorie	150
10.5 Konsolidationsbeschleunigung durch Vertikaldränagen	150
10.5.1 Wirkungsweise.....	150
10.5.2 Arten und Einbau von Vertikaldränagen.....	151
10.5.3 Berechnung des Konsolidationsvorgangs bei Vertikaldränagen	152
10.6 Sekundärkonsolidation	156
10.7 Bestimmung des Zeit-Setzungsverhaltens im Laborversuch	158
11 Bodenkenngroßen aus Erfahrungswerten und Korrelationen	160
11.1 Erfahrungswerte für Bodenkenngroßen	160
11.1.1 Allgemeines.....	160
11.1.2 Aus EAU	160
11.1.3 Aus EAB	161
11.2 Korrelationen zwischen Bodenkenngroßen	166
11.3 Ableitung von Bodenkenngroßen aus Sondierungen.....	166
12 Erd- und Wasserdruck.....	170
12.1 Einführung.....	170

12.2	Begriffe und Bezeichnungen	171
12.3	Erddrucktheorie nach <i>Coulomb</i> mit ebenen Gleitflächen	173
12.3.1	Annahmen	173
12.3.2	Aktiver Erddruck	173
12.3.3	Passiver Erddruck	175
12.4	Aktiver und passiver Grenzzustand im Halbraum – Flächenbruch- bzw. Zonenbruchtheorie nach <i>Rankine</i>	175
12.5	Bewertung der Theorien von <i>Coulomb</i> und <i>Rankine</i>	179
12.6	Praktische Erddruckberechnung	179
12.6.1	Allgemeines	179
12.6.2	Ansatz des Neigungswinkels des Erddruckes	180
12.6.3	Erddruck infolge Bodeneigengewicht mit ebenen Gleitflächen	180
12.6.4	Erddruck infolge Kohäsion	183
12.6.5	Mindesterddruck	184
12.6.6	Erdruhedruck	186
12.6.7	Erddruck infolge Nutzlasten auf der Geländeoberfläche	186
12.6.8	Erddruck bei geschichtetem Boden	188
12.6.9	Erddruck bei gebrochener Geländelinie bzw. geknickter Wand	189
12.6.10	Passiver Erddruck mit gekrümmten Gleitflächen	190
12.7	Erddruck bei wassergesättigten, bindigen Böden	191
12.8	Verdichtungserddruck	191
12.9	Räumlicher Erddruck	191
12.10	Hydrostatischer Wasserdruk	192
12.11	Näherungsweise Berücksichtigung der Wasserströmung	192
12.12	Maßgebliche Wasserspiegelhöhen	193
13	Sicherheitsnachweise nach Eurocode EC 7-1 / DIN 1054:2010-12	194
13.1	Stand der neuen nationalen und europäischen Normen	194
13.1.1	Allgemeines	194
13.1.2	Geotechnische Normen zur Berechnung und Bemessung	195
13.1.3	Normenhandbuch EC 7-1	196
13.1.4	Europäische Ausführungsnormen für geotechnische und Spezialtiefbauverfahren	197
13.2	Berechnungsmodelle	198
13.3	Grundlagen zum Sicherheitskonzept mit Teilsicherheitsbeiwerten	198
13.4	Anwendungshinweise und Grundgleichungen	200
13.5	Bemessungswerte von Einwirkungen mit Kombinationsbeiwerten	202
13.6	Nachweisverfahren, Grenzzustände und Grenzzustandsbedingungen	204

13.6.1	Grenzzustände in der Geotechnik.....	204
13.6.2	Grenzzustand der Lagesicherheit.....	205
13.6.3	Grenzzustand Versagen von Bauwerken, Bauteilen und Baugrund ..	205
13.6.4	Grenzzustand der Gesamtstandsicherheit	206
13.7	Besondere Regelungen in der Geotechnik	206
13.7.1	Begriffsfestlegungen für Bauwerke.....	206
13.7.2	Geotechnische Kategorien	207
13.7.3	Bemessungssituationen bei geotechnischen Bauwerken	208
13.7.4	Berücksichtigung von Wasserdruck.....	209
13.8	Teilsicherheitsbeiwerte	210
13.9	Berechnungsverfahren und Berechnungsabläufe.....	212
14	Standsicherheit von Böschungen und Geländesprüngen	214
14.1	Begriffe und Definitionen	214
14.2	Bruchkinematik und Berechnungsverfahren.....	214
14.3	Sicherheitsdefinition und Grenzzustandsbedingung.....	216
14.4	Bemessungswerte der Einwirkungen und Beanspruchungen	217
14.4.1	Eigengewichte.....	217
14.4.2	Lasten in oder auf dem Gleitkörper	217
14.4.3	Kräfte von vorgespannten Zuggliedern	218
14.4.4	Wasserdruck.....	218
14.4.5	Porenwasserüberdruck infolge Konsolidation	219
14.4.6	Sonstige Einwirkungen.....	220
14.5	Bemessungswerte der Widerstände.....	220
14.5.1	Scherfestigkeit des Bodens	220
14.5.2	Zugglieder	222
14.5.3	Äußere Kräfte und äußere Momente	224
14.6	Lamellenverfahren nach <i>Krey/Bishop</i> für kreisförmige Gleitflächen.....	225
14.6.1	Theoretische Grundlagen und Herleitung der Berechnungsformeln..	225
14.6.2	Bemessungswerte der Beanspruchungen im Lamellenverfahren.....	227
14.6.3	Bemessungswerte der Widerstände im Lamellenverfahren.....	228
14.6.4	Lage der Gleitlinie	229
14.7	Sonderfall	230
14.8	Bestimmung des Böschungswinkels mit Hilfe von Nomogrammen	230
14.9	Blockgleitverfahren (Stützlinienverfahren)	230
14.10	Verfahren mit inneren Gleitflächen	232
14.11	Berechnung des Ausnutzungsgrades μ beim Verfahren Blockgleiten und zusammengesetzte Mechanismen	236

15 Baugrundverbesserung und Stabilisierungssäulen	237
15.1 Einleitung	237
15.2 Verfahren ohne Bodenaustausch.....	238
15.2.1 Oberflächenverdichtung	238
15.2.2 Vorbelastung	238
15.2.3 Konsolidationsbeschleunigung durch Vertikaldränen.....	239
15.2.4 Dynamische Intensivverdichtung	239
15.2.5 Weitere Verfahren	241
15.3 Verfahren mit Voll- oder teilweisem Bodenaustausch	241
15.3.1 Konventioneller Bodenaustausch	241
15.3.2 Kasten-Bodenaustausch-Verfahren	242
15.3.3 Spülverfahren	243
15.3.4 Nassbaggerung	243
15.3.5 Bodenverdrängung.....	244
15.4 Tiefenrüttlung.....	244
15.4.1 Anwendungsbereiche	244
15.4.2 Rütteldruckverfahren	244
15.4.3 Rüttelstopfverfahren	246
15.4.4 Berechnung und Bemessung von Rüttelstopfsäulen	247
15.5 Geokunststoffummantelte Säulen	251
15.5.1 Verfahrensbeschreibung	251
15.5.2 Bemessung	252
15.5.3 Allgemeine Erfahrungen aus ausgeführten Projekten.....	254
15.6 Bindemittelgebundene Stabilisierungssäulen und Tragglieder.....	255
15.6.1 Tragverhalten und Abgrenzung	255
15.6.2 Vermörtelte Stopfsäulen und Betonrüttelsäulen	256
15.6.3 Kalk-Zement-Säulen.....	256
15.6.4 CSV-Verfahren	257
15.6.5 Frä-Misch-Injektions-Verfahren (FMI)	257
15.6.6 Weitere pfahlartige Tragglieder.....	258
15.7 Geogitterbewehrte Tragschichten	258
15.7.1 Konstruktion.....	258
15.7.2 Berechnung und Bemessung.....	259
15.8 Prüfungen	263
16 Numerische Verfahren in der Geotechnik	264
16.1 Allgemeines.....	264
16.2 Grundlagen der Methode der Finiten-Elemente.....	264

16.2.1 Eigenschaften finiter Elemente am Beispiel eines Dreieckelements	264
16.2.2 Höherwertige Finite-Elemente-Typen.....	268
16.3 Physikalische Nichtlinearitäten bzw. Stoffgesetze von Böden.....	270
16.4 Im FE-Programm PLAXIS verwendete Stoffgesetze	272
16.5 Berechnungsorganisation bei nichtlinearem Stoffverhalten	272
16.6 Diskontinuität.....	274
16.7 Berücksichtigung von Primärzuständen.....	274
16.8 Modellierung	275
16.9 Anwendungsgebiete	277
Anhang A: Tabellen, Formeln, Bodenkenngroßen	279
A-1: Abkürzungen und Formelzeichen	279
A-2: Formeln zur Ermittlung der passiven Erddruckbeiwerte nach <i>Sokolovski/Pregl</i> mit gekrümmten Gleitflächen	284
A-3: Räumlicher Erddruck	286
A-4: Erfahrungswerte für Bodenkenngroßen aus v. <i>Soos</i> (2001).....	288
A-5: Korrelationen zwischen Bodenkenngroßen	290
A-6: Merkmale und Beispiele zur Einstufung in die Geotechnischen Kategorien	295
Anhang B: Zahlenbeispiele.....	299
Beispiele zu Kapitel 3	302
Beispiele zu Kapitel 4	310
Beispiele zu Kapitel 5	311
Beispiele zu Kapitel 6	315
Beispiele zu Kapitel 7	317
Beispiele zu Kapitel 8	326
Beispiele zu Kapitel 9	335
Beispiele zu Kapitel 10	348
Beispiele zu Kapitel 12	353
Beispiele zu Kapitel 14	361
Beispiele zu Kapitel 15	376
Beispiele zu Kapitel 16	383
Literaturverzeichnis	389
Stichwortverzeichnis	398