

Inhaltsverzeichnis Band 1

1 Einführung	13
1.1 Entwicklung und Einordnung	13
1.2 Sachverständiger für Geotechnik	14
1.3 Baugrundinstitute und Baugrundgutachten.....	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 Baugrundsichtung	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	50
4.3.3	Klassifizierung nach DIN 18196	57
4.3.4	Klassifizierung nach DIN 18300	60
4.3.5	Klassifizierung nach <i>Handbuch EC 7-1 (2011)</i>	62
4.4	Zeichnerische Darstellung der Baugrunderkundungsergebnisse	63
4.5	Beschreibung der wichtigsten Bodenarten.....	63
4.6	Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke nach <i>Handbuch EC 7-2 (2011)</i>	65
4.6.1	Allgemeines	65
4.6.2	Aufgabenstellung bei geotechnischen Untersuchungen	66
4.6.3	Art und Umfang der geotechnischen Untersuchungen	66
4.6.4	Geotechnische Untersuchungsverfahren	67
4.7	Baugrunderkundung durch Bohrungen und Schürfe	69
4.7.1	Allgemeines	69
4.7.2	Schürfgruben und Schürfschlitze	71
4.7.3	Bohrungen	71
4.8	Baugrunderkundung durch Sondierungen	72
4.8.1	Anwendungsformen von Sondierungen	72
4.8.2	Rammsondierungen.....	74
4.8.3	Drucksondierungen	77
4.8.4	Flügelsondierungen	78
4.9	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	Korndichte	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	Kenngößen	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	Bodenkenngößen aus Erfahrungswerten und Korrelationen	160
11.1	Erfahrungswerte für Bodenkenngößen	160
11.1.1	Allgemeines	160
11.1.2	Aus EAU.....	160
11.1.3	Aus EAB.....	161
11.2	Korrelationen zwischen Bodenkenngößen	166
11.3	Ableitung von Bodenkenngößen aus Sondierungen.....	166
12	Erd- und Wasserdruk.....	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	Erduhedruck	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 Wasserdruck.....	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 neuen 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	Standicherheit 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 (Stützlinienvorgang)	230
14.10	Verfahren mit inneren Gleitflächen	232
14.11	Berechnung des Ausnutzungsgrades μ beim Verfahren Blockgleiten und zusammengesetzte Mechanismen	236

15 Verfahren zur Baugrundverbesserung.....	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 Vertikaldränagen	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 Vermörtelte Stopfsäulen und Betonrüttelsäulen.....	255
15.6.2 Kalk-Zement-Säulen	255
15.6.3 CSV-Verfahren.....	256
15.6.4 Fräs-Misch-Injektions-Verfahren (FMI)	257
15.6.5 Weitere pfahlartige Tragglieder	257
15.7 Geogitterbewehrte Tragschichten	257
15.7.1 Konstruktion	257
15.7.2 Berechnung und Bemessung.....	258
15.8 Prüfungen	262
16 Numerische Berechnungsverfahren.....	263
16.1 Allgemeines.....	263
16.2 Grundlagen der Methode der Finiten-Elemente.....	263

16.2.1	Eigenschaften finiter Elemente am Beispiel eines Dreieckelements	263
16.2.2	Höherwertige Finite-Elemente-Typen	267
16.3	Physikalische Nichtlinearitäten bzw. Stoffgesetze von Böden	269
16.4	Im FE-Programm PLAXIS verwendete Stoffgesetze	271
16.5	Berechnungsorganisation bei nichtlinearem Stoffverhalten	271
16.6	Diskontinuität	273
16.7	Berücksichtigung von Primärzuständen	273
16.8	Modellierung	274
16.9	Anwendungsgebiete	276
Anhang A: Tabellen, Formeln, Bodenkenngößen		279
A-1:	Abkürzungen und Formelzeichen	279
A-2:	Formeln zur Ermittlung der passiven Erddruckbeiwerte nach Sokolovski/Pregl mit gekrümmten Gleitflächen	284
A-3:	Räumlicher Erddruck	286
A-4:	Erfahrungswerte für Bodenkenngößen aus v. Soos (2001)	288
A-5:	Korrelationen zwischen Bodenkenngößen	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