

Inhaltsverzeichnis

1 Begriff und Aufgabe der Bodenmechanik	1
2 Der Baugrund	3
2.1 Geologische Grundlagen	3
2.1.1 Aufbau der Erde	3
2.1.2 Grundbegriffe der Mineralogie	6
2.2 Gesteine	9
2.2.1 Magmatische Gesteine (Erstarrungsgesteine)	9
2.2.2 Sedimentgesteine (Ablagerungsgesteine)	10
2.2.3 Metamorphe Gesteine (Umwandlungsgesteine)	11
2.2.4 Bautechnisch wichtige Gesteine	12
2.2.5 Verfahren zur Beschreibung von Fels	14
2.3 Böden	15
2.3.1 Entstehung der Böden	15
2.3.2 Physikalischer Aufbau der Böden	17
2.3.3 Benennung und Einteilung der Böden	18
2.3.4 Allgemeine Beurteilung der Böden	28
2.4 Die Schichtung des Baugrunds	30
2.4.1 Ursachen der heutigen Schichtung	30
2.4.2 Einfluss der Schichtung auf die Standsicherheit	32
2.5 Tabelle zur Bodenklassifizierung für bautechnische Zwecke	35
2.6 Normen	40
Literatur	41
3 Geotechnische Untersuchungen	43
3.1 Grundlagen	43
3.2 Planung und Dokumentation	45
3.2.1 Berichte	45
3.2.2 Normung	46
3.2.3 Art und Umfang der geotechnischen Untersuchungen	46
3.2.4 Bodenproben	54
3.2.5 Probenentnahme in Fels	60

3.2.6	Grundwasserproben	61
3.2.7	Feldbericht	62
3.2.8	Ergebnisbericht	64
3.2.9	Gesetzliche Grundlagen	70
3.2.10	Versorgungsleitungen	70
3.2.11	Kampfmittel	70
3.3	Erdbeben	73
3.4	Methoden und Technik der Baugrunduntersuchungen	74
3.4.1	Methoden der Vorerkundung	74
3.4.2	Schurf	78
3.4.3	Bohrungen	78
3.4.4	Sondierungen	106
3.4.5	Bohrlochaufweitung	123
3.4.6	Geophysikalische Untersuchungen	124
3.5	Normen und Richtlinien	134
3.6	Gesetze und Verordnungen	136
	Literatur	137
4	Bodenkenngrößen, ihre Ermittlung und Bedeutung	139
4.1	Grundlagen	139
4.1.1	Probenvorbereitung für die Laborversuche	141
4.2	Korngröße und Korngrößenverteilung	141
4.2.1	Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Siebung	143
4.2.2	Korngrößenbestimmung durch Sedimentation	145
4.3	Korndichte	148
4.4	Kornform, Korngefüge und Beimengungen	151
4.4.1	Kornform und Korngefüge	151
4.4.2	Weitere Bestandteile im Boden	153
4.5	Wassergehalt, Sättigungszahl, Wasseraufnahmevermögen	155
4.5.1	Wassergehalt	155
4.5.2	Sättigungszahl	156
4.5.3	Wasseraufnahmevermögen	157
4.6	Porenzahl und Porenanteil	159
4.7	Dichte und Wichte des Bodens	161
4.8	Lagerungsdichte	168
4.8.1	Lagerungsdichte nichtbindiger Böden	168
4.8.2	Verdichtbarkeit	171
4.9	Plastische Eigenschaften	176
4.10	Wasserdurchlässigkeit	182
4.11	Normen	186
	Literatur	187
5	Wasser im Baugrund	189
5.1	Grundsätzliches	189

5.2	Maßgebender Grundwasserstand	191
5.3	Porenwasser und Grundwasser	192
5.4	Wasser im Porenraum eines Bodens	196
5.5	Hydrostatischer Wasserdruck bzw. Porenwasserdruck u.	200
5.6	Wasserbewegung im Baugrund	202
5.7	Das Potenzial- bzw. Strömungsnetz.	208
5.8	Einfluss der Wasserbewegung auf den Wasserdruck und auf die Wichte des Bodens.	213
5.9	Erosion und Suffosion	215
5.10	Frost im Baugrund	219
5.10.1	Grundlagen.	219
5.10.2	Frostempfindlichkeit von Böden und Frostkriterien	221
5.10.3	Frostbeständigkeit und Frost-/Tauwechsel.	222
5.10.4	Frostschäden und deren Vermeidung.	224
5.11	Normen, Empfehlungen und Richtlinien	229
	Literatur.	230
6	Spannungen im Baugrund	233
6.1	Baugrundmodell.	233
6.2	Primärspannungs- oder Ausgangsspannungszustand.	234
6.3	Effektive und totale Spannungen	237
6.4	Unbelasteter, geschichteter Baugrund	240
6.5	Konsolidation gesättigter Böden und Porenwasserüberdruck	241
	Literatur.	245
7	Festigkeit und Formänderungseigenschaften der Böden	247
7.1	Stoffgesetze	247
7.2	Festigkeit von Böden	248
7.2.1	Zum Begriff der Festigkeit eines Bodens	248
7.2.2	Das Bruchgesetz von Mohr-Coulomb	249
7.2.3	Größenordnung der Scherfestigkeit von Böden.	253
7.2.4	Die undrained Scherfestigkeit	255
7.2.5	Bestimmung der Festigkeitskennwerte	257
7.3	Formänderungseigenschaften der Böden.	275
7.3.1	Zum Begriff der Formänderung eines Bodens.	275
7.3.2	Bestimmung der Kennwerte zur Formänderung mit dem Ödometerversuch.	277
7.4	Normen und Empfehlungen.	283
	Literatur.	283
8	Nachweiskonzepte und Normung in der Geotechnik	285
8.1	Vorbemerkungen	285
8.2	Grundlagen der Bemessung.	287

8.3	Geotechnische Kategorien	287
8.4	Wichtige Begriffe	288
8.4.1	Einwirkungen (F)	288
8.4.2	Widerstände (R)	292
8.4.3	Charakteristische Werte	293
8.4.4	Bemessungswerte	294
8.5	Bemessungssituationen	295
8.6	Grenzzustände	297
8.6.1	Grenzzustände der Tragfähigkeit (ULS, Ultimate Limit State) . . .	297
8.6.2	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS, Serviceability Limit State)	298
8.7	Normen und Empfehlungen	299
9	Erdstatische Berechnungen	301
9.1	Spannungen in der Kontaktfläche zwischen Bauwerk und Baugrund („Sohnormalspannungen“)	301
9.1.1	Grundlagen	301
9.1.2	Starre und schlaffe Gründungen	303
9.1.3	Übersicht Berechnungsverfahren Sohnormalspannungen	306
9.1.4	Spannungstrapezverfahren	307
9.1.5	Bettungsmodulverfahren	309
9.1.6	Steifemodulverfahren	311
9.1.7	Numerische Modellierung	312
9.2	Spannungen im Boden infolge Bauwerkslasten	313
9.2.1	Allgemein	313
9.2.2	Berechnung von Spannungen im Baugrund infolge von Bauwerkslasten	315
9.2.3	Spannungen im Baugrund unter schlaffen und starren Lastflächen	320
9.2.4	Spannungen im Baugrund unter nicht-rechteckförmigen Lastflächen für schlaffe und starre Gründungselemente	322
9.2.5	Überlagerung von Bauwerksspannungen bzw. gegenseitige Beeinflussung benachbarter Gebäude	324
9.3	Setzungen der Bauwerke	327
9.3.1	Grundlagen	327
9.3.2	Baugrundmodell und Baugrundkennwerte	330
9.3.3	Anzusetzende Einwirkungen	330
9.3.4	Zulässige Setzungen und Setzungsunterschiede	331
9.3.5	Abschätzung der Setzungen mit geschlossenen Verfahren	332
9.3.6	Anwendung von Setzungsgleichungen	335
9.3.7	Setzungsermittlung mit Hilfe der vertikalen Spannungen im Baugrund	343

9.3.8	Setzungsberechnungen infolge Grundwasserabsenkungen	344
9.3.9	Setzungen infolge Konsolidation	348
9.3.10	Typische Setzungserscheinungen, Rissbildungen und Setzungsbeobachtungen	355
9.4	Flach- und Flächengründungen	361
9.4.1	Begriffe	361
9.4.2	Bemessungsgrundlagen	362
9.4.3	Vereinfachter Nachweis mit Tabellenwerten	362
9.4.4	Nachweise der Tragfähigkeit	369
9.4.5	Nachweise der Gebrauchstauglichkeit	374
9.5	Grundbruch	376
9.5.1	Grundlagen	376
9.5.2	Berechnung des Grundbruchwiderstandes	380
9.5.3	Nachweis der Grundbruchsicherheit und die Dimensionierung von Fundamenten	388
9.6	Gelände- und Böschungsbruch	394
9.6.1	Grundlagen	394
9.6.2	Grundlagen der Berechnung der Standsicherheit	396
9.6.3	Lamellenverfahren mit kreisförmigen Gleitflächen	402
9.6.4	Lamellenfreie Verfahren mit kreisförmigen Gleitflächen	414
9.6.5	Vorgegebene Gleitflächen	415
9.6.6	Zusammengesetzte Bruchmechanismen	416
9.7	Hydraulischer Grundbruch	417
9.8	Erosionsgrundbruch	427
9.9	Normen und Empfehlungen	428
	Literatur	428
10	Erddruck	431
10.1	Grundlagen zum aktiven und passiven Erddruck sowie Erdruchdruck	431
10.1.1	Grenz- und Zwischenwerte des Erddrucks	433
10.1.2	Erddrucktheorien	435
10.1.3	Grundwerte für die Berechnung von Erddruck und Erdwiderstand	437
10.2	Der aktive Erddruck E_a bei nichtbindigen Böden	439
10.2.1	Grundlagen	439
10.2.2	Berechnung des Erddrucklastanteils E_{ag} mit Erddruckbeiwerten	440
10.2.3	Culmannsche E-Linie	445
10.2.4	Ponceletsche Zeichnung	447
10.2.5	Ermittlung bei Ansatz gekrümmter oder gebrochener Gleitflächen	448
10.2.6	Verteilung des aktiven Erddrucks aus Bodeneigenlast	456

10.2.7	Aktiver Erddruck bei gleichmäßig verteilter Auflast, bei geschichtetem Baugrund, bei gebrochener Mauerrückwand, bei Kragplatten und bei nicht geradlinig verlaufender Geländeoberfläche	457
10.2.8	Erddruck auf Winkelstützwände	463
10.3	Der passive Erddruck (Erdwiderstand) bei nichtbindigen Böden	466
10.3.1	Grundlagen	466
10.3.2	Berechnung mit Erdwiderstandsbeiwerten	467
10.3.3	Culmannsche E_p -Linie	472
10.3.4	Ermittlung bei Ansatz gekrümmter und gebrochener Gleitflächen	473
10.3.5	Verteilung des passiven Erddrucks aus Bodeneigenlast	479
10.3.6	Passiver Erddruck (Erdwiderstand) bei Flächenaufkast, bei geschichtetem Boden und bei gebrochener Mauerrückwand. ...	480
10.3.7	Mobilisierbare Erddruckkraft	480
10.4	Erdruehdruck E_0	480
10.5	Aktiver und passiver Erddruck bei Böden mit Reibung und Kohäsion ...	484
10.6	Mindesterddruck	487
10.7	Erddruck infolge von Punkt-, Linien-, Streifen- und Horizontallasten Erddrucklastanteil E infolge örtlicher Vertikallasten	488
10.8	Räumlicher aktiver Erddruck	491
10.9	Räumlicher Erdwiderstand	493
10.10	Erddruckumlagerungen	495
10.11	Verdichtungserddruck E_v	495
10.12	Erhöhter aktiver Erddruck E'_a	496
10.13	Zusammenwirken von Erd- und Wasserdruck	498
10.14	Silodruck	503
10.15	Erddruck bei dynamischer Einwirkung	505
10.16	Tabellen für Erddruck und Erdwiderstand	505
10.16.1	Beiwerte für die Berechnung des Erddrucks für ebene Gleitflächen	505
10.16.2	Beiwerte für die Berechnung des Erdwiderstands für ebene Gleitflächen	513
10.16.3	Beiwerte für die Berechnung des Erdwiderstands für gekrümmte Gleitflächen nach Caquot/Kerisel	521
10.16.4	Beiwerte für die Berechnung des Erdwiderstands für gebrochene Gleitflächen nach Streck	530
10.16.5	Beiwerte für die Berechnung des Erdwiderstands für gekrümmte Gleitflächen nach Pregl/Sokolowski	531
10.17	Normen und Empfehlungen	540
	Literatur	540

11	Verbessern der Eigenschaften des Baugrunds	543
11.1	Grundlagen	543
11.2	Bodenaustausch	544
11.2.1	Bodenvollersatz	545
11.2.2	Bodenteilersatz	546
11.3	Verbesserung durch Verdichten	548
11.3.1	Statische Verfahren	549
11.3.2	Dynamische Verfahren	553
11.4	Verbesserung durch Verfestigung	562
11.4.1	Verfahren mit verdrängender Wirkung	562
11.4.2	Verfahren ohne verdrängende Wirkung	572
11.5	Injektionen	580
11.5.1	Grundlagen	580
11.5.2	Injektionsmittel	581
11.5.3	Auffüllinjektionen	585
11.5.4	Aufreißinjektionen	586
11.5.5	Verdichtungsinjektionen	587
11.5.6	Düsenstrahlverfahren	588
11.6	Bodenvereisung	593
11.6.1	Stickstoffvereisung	595
11.6.2	Sole-Vereisung	598
11.7	Verfahrensvergleich	599
11.8	Normen und Empfehlungen	604
	Literatur	604
	Anhang	609
	Stichwortverzeichnis	613