

Inhaltsverzeichnis

1	Allgemeines	1
1.1	Aufgabengebiet der Geotechnik	1
1.2	Regelwerk	3
2	Baugrunderkundung, Geotechnischer Bericht	7
2.1	Definitionen für Boden, Fels und Grundwasser	12
2.2	Pflicht zur Baugrunderkundung	14
2.3	Methoden der Baugrunderkundung	15
2.3.1	Aufschlussverfahren	17
2.3.2	Umfang	21
2.3.3	Grundwassererkundung und -beobachtung	25
2.4	Labor- und Feldversuche	27
2.5	Geotechnischer Bericht	28
2.6	Kennwerte für Boden und Fels	29
2.7	Zusammenfassung	32
3	Eigenschaften von Böden und Fels	33
3.1	Gesteine als Dreiphasenstoff	33
3.2	Mineralogische Grundlagen	35
3.3	Bestimmung von Bodeneigenschaften	38
3.3.1	Dichtebestimmung, Wichte	40
3.3.2	Wassergehalt	42
3.3.3	Korngrößenverteilung	43
3.3.4	Zustandsformen und -grenzen	47
3.3.5	Wasseraufnahme	55
3.3.6	Beimengungen	56
3.3.7	Dichte nichtbindiger Böden bei lockerster und dichtester Lagerung; Lagerungsdichte, Verdichtungsfähigkeit	58
3.4	Klassifizieren von Böden	61
3.4.1	Klassifizieren und Einteilen gemäß Regelwerken und Merkblättern	62

	3.4.2	Bodenansprache nach ortsüblichen, geologischen Bezeichnungen	70
3.5		Eigenschaften von Fels	71
	3.5.1	Klassifikation nach VOB/C	72
	3.5.2	Klassifikation von Fels für den Straßenbau	72
	3.5.3	Klassifikation und Kennwerte von Fels für den Fels- und Hohlraumbau	76
3.6		Durchlässigkeit, Kapillarität, Filter und Filterregeln, Dränschichten	78
	3.6.1	Durchlässigkeit	79
	3.6.2	Kapillarität	82
	3.6.3	Filter und Filterregeln, Dränschichten	83
3.7		Frosteinwirkungen, Frostempfindlichkeit von Böden	87
	3.7.1	Ursachen und das Auftreten von Frosteinwirkungen	87
	3.7.2	Schäden an Bauwerken	87
	3.7.3	Frostkriterien und Frostempfindlichkeit	88
	3.7.4	Frostauswirkung auf den Oberbau im Straßenbau	88
3.8		Bodenverdichtung	89
	3.8.1	Proctorversuch	90
	3.8.2	Dichtebestimmung im Feld	95
	3.8.3	Indirekte Dichtebestimmungsmethoden (im Feld)	100
4		Formänderungs- und Festigkeitseigenschaften	109
	4.1	Spannungen und Verformungen	109
		4.1.1 Spannungsbegriff	109
		4.1.2 Vorzeichenregelung am Volumenelement	110
		4.1.3 Ebener Spannungszustand	111
		4.1.4 Transformation des Spannungstensors	112
		4.1.5 Hauptspannungen	113
		4.1.6 <i>Mohrsche</i> Darstellung des Spannungszustands	114
		4.1.7 <i>Mohrsche</i> Darstellung des ebenen Spannungszustands „Polkonstruktion“	115
		4.1.8 Porenwasserdruck, totale und effektive Spannung	115
		4.1.9 Verformungen und Verformungsmoduln	117
	4.2	Zusammendrückbarkeit und Schwellung im Oedometerversuch	126
		4.2.1 Einaxiale Konsolidation (Oedometerversuch)	126
		4.2.2 Überkonsolidierte Böden	132
		4.2.3 Zeitsetzung	134
	4.3	Plattendruckversuch	145
	4.4	Scherfestigkeit	148
		4.4.1 Messung der Scherfestigkeit im Triaxialgerät	152
		4.4.2 Messung der Scherfestigkeit mit dem Direkten Schergerät (Rahmenscher Versuch)	154

4.4.3	Messung der Scherfestigkeit mit dem Einaxialen Druckversuch (Zylinderdruckversuch)	155
4.4.4	Messung der Scherfestigkeit mit der Flügelsonde	155
4.4.5	Randbedingungen in den Versuchen zur Bestimmung der Scherfestigkeit	156
4.4.6	Scherversuche und Auswertung	159
4.4.7	Die Scherparameter φ und c	164
4.4.8	Scherverformungen und Dilatanzwinkel	165
4.4.9	Bruchkriterien	168
4.4.10	Sensitivität	169
4.4.11	Scherfestigkeitswerte	169
4.5	Steifigkeit	170
5	Erd- und Verkehrswegebau	177
5.1	Erdbaugeräte	179
5.2	Auflockerung und Verdichtung	181
5.3	Besonderheiten bei Dämmen	181
5.4	Erdbautechnische Aspekte bei Verkehrswegeentwässerung	181
5.5	Abdichtungen im Erdbau	182
5.6	Anforderungen und Prüfungen	184
5.6.1	Anforderungen an die Kornverteilung	185
5.6.2	Anforderungen an die Verdichtung im Straßenbau	186
5.6.3	Prüfungen im Straßenbau	190
5.6.4	Verdichtungsprüfung bei Felsschüttungen	191
6	Verbesserung und Verfestigung von Böden als Baustoff und Baugrund	193
6.1	Dräns zur Konsolidation	194
6.2	Verfestigung von Bodenkörpern	196
6.3	Verbesserung und Verfestigung im Erdbau	202
6.4	Verdichten in der Tiefe	204
6.5	Verdichten und Verdrängen	207
6.6	Stabilisierungssäulen	212
6.7	Bodenaustausch	212
7	Geokunststoffe	215
7.1	Definitionen	215
7.2	Funktionen	216
7.3	Zielvorstellungen	219
7.4	Ausgangsmaterialien und deren Eigenschaften	220
7.5	Auswahl und Planung	221
7.6	Einsatzbereiche und Funktion	223
7.7	Eigenschaften, Prüfungen und Produktangaben	226

8	Technische Regeln für Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau . . .	231
8.1	Grundlegende Sicherheitskonzepte	234
8.1.1	Probabilistische Sicherheitstheorie	235
8.1.2	Charakteristische Werte	236
8.2	DIN EN 1990: Grundlagen der Tragwerksplanung	237
8.3	Geotechnischer Entwurf gemäß DIN EN 1997-1 mit nationalem Anhang und DIN 1054	238
8.3.1	Begriffe	238
8.3.2	Geotechnische Kategorien	239
8.3.3	Bemessungssituationen und Dauerhaftigkeit	240
8.3.4	Einwirkungen	240
8.3.5	Charakteristische Werte für geotechnische Kenngrößen	241
8.3.6	Grenzzustände der Tragfähigkeit und Grundsätze der Nachweisführung	242
8.3.7	Teilsicherheitsbeiwerte	244
8.4	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit (SLS)	246
8.5	Sonstige Nachweisverfahren	247
9	Spannungsberechnungen im Baugrund, Sohlspannungen	249
9.1	Spannungen infolge Bodeneigengewicht und unendlicher Flächenlasten	249
9.2	Spannungen infolge Lasten, allgemeine Hinweise	252
9.3	Senkrechte Einzellast	254
9.4	Horizontale Einzellast	256
9.5	Spannungen infolge vertikaler Flächenlast	257
9.5.1	Spannungen infolge gleichmäßiger Streifenlast	259
9.5.2	Vertikalspannung unter einer gleichmäßig belasteten Rechteckfläche	261
9.5.3	Vertikalspannung unter dem Eckpunkt einer gleichmäßig belasteten Rechteckfläche	262
9.5.4	Vertikalspannung unter der Kante einer Trapezlast	264
9.5.5	Vertikalspannung unter einer gleichmäßig belasteten Kreisfläche	265
9.5.6	Vertikalspannung unter einer ungleichmäßig belasteten Kreisfläche	265
9.6	Sohlspannung bei starrem Streifenfundament	268
10	Setzungen und andere Verformungen	271
10.1	Setzungsermittlung mit Hilfe vertikaler Spannungen (indirekte Methode)	273
10.2	Setzungsermittlung mit Hilfe geschlossener Formeln (direkte Methode)	276

10.2.1	Setzungsberechnung für kennzeichnenden Punkt nach <i>Kany</i> .	276
10.2.2	Setzungsberechnung bei außermittiger Last	278
10.3	Treffsicherheit von Setzungsprognosen	283
10.4	Zulässige Setzungen und Setzungsunterschiede	284
10.5	Konstruktive Setzungsbeeinflussung	285
10.6	Zeitlicher Verlauf der Setzungen	286
10.7	Andere Ursachen für Verformungen	288
11	Grenztragfähigkeit und Stoffmodelle	289
11.1	Plastizität (Grenztragfähigkeit)	289
11.1.1	Allgemeine Aussagen	290
11.1.2	Grundlagen für die Berechnung der Grenztragfähigkeit	292
11.1.3	Berechnung der Grenztragfähigkeit	296
11.2	Elastisch-plastische Modelle	303
11.2.1	Cam-Clay-Modell	304
11.2.2	Weitere Modelle	309
12	Flach- und Flächengründungen	311
12.1	Begriffe	311
12.2	Hinweise für den Entwurf und die Bemessung	312
12.3	Nachweise für den Grenzzustand der Tragfähigkeit (ULS)	314
12.3.1	Stark exzentrische Belastung (Kippen)	314
12.3.2	Nachweis der Gleitsicherheit	315
12.3.3	Nachweis der Grundbruchsicherheit	317
12.3.4	Tragwerksversagen durch Fundamentbewegung	330
12.4	Nachweis für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (SLS) . . .	330
12.4.1	Setzungen	331
12.4.2	Fundamentverdrehung und Begrenzung einer klaffenden Fuge	332
12.4.3	Verschiebungen in der Sohlfläche	333
12.5	Vereinfachter Nachweis des Sohlwiderstands mit Tabellenwerten . . .	334
12.5.1	Nichtbindiger Boden	335
12.5.2	Bindiger Boden	338
12.5.3	Fels	338
12.6	Betonbemessung	341
13	Pfähle	343
13.1	Pfahlarten und Herstellung	347
13.1.1	Bohrpfähle	349
13.1.2	Verdrängungspfähle	351
13.1.3	Mikropfähle	353
13.1.4	Vor- und Nachteile der Pfahlarten	354

13.2	Tragverhalten von Pfählen	354
13.2.1	Einwirkungen und Beanspruchungen	357
13.2.2	Axiales Tragverhalten und Widerstände von Einzelpfählen	359
13.3	Axiale Pfahlprobelastungen	360
13.4	Axiale Pfahlwiderstände aus Erfahrungswerten	364
13.4.1	Widerstände von Bohrpfählen	365
13.4.2	Widerstände von Fertigrammpfählen	369
13.4.3	Widerstände von Mikropfählen	370
13.4.4	Erfahrungswerte für sonstige Pfähle	370
13.5	Konstruktive Gesichtspunkte	372
14	Baugruben und Gräben	375
14.1	Baugruben und Gräben nach DIN 4124	377
14.2	Regelböschungen nach DIN 4124	380
14.3	Verbaute Gräben	382
14.4	Gesicherte Böschungen	383
14.5	Baugrubenverbauten	386
15	Böschungen und Geländesprünge – Gesamtstandsicherheit	395
15.1	Kinematik und Bruchmechanismen	396
15.2	Zeitlicher Verlauf von Rutschungen	399
15.3	Einwirkungen und Widerstände	400
15.3.1	Einwirkungen	400
15.3.2	Widerstände	400
15.4	Berechnungsverfahren	401
15.4.1	Grenzzustand und Sicherheiten	401
15.4.2	Lamellenfreie Methode für Gleitkreis	403
15.4.3	Lamellenfreie Methode bei gerader Gleitlinie	404
15.4.4	Lamellenfreie Methode bei böschungparalleler Gleitlinie	406
15.4.5	Bemessungsdiagramm für homogene Böschungen	407
15.4.6	Lamellenverfahren mit kreisförmigen Gleitlinien	408
15.4.7	Lamellenverfahren für annähernd böschungsparelle Gleitlinien	412
15.4.8	Verfahren für Bruchmechanismen mit geraden Gleitlinien	412
15.4.9	Variation der Bruchgeometrie	418
15.5	Wasserdrücke und äußere Kräfte	420
15.5.1	Wasserdrücke	420
15.5.2	Äußere Kräfte	422
15.6	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit	426
15.7	Empfehlungen für Böschungsneigungen	427

15.8	Böschungssicherungsmethoden	428
15.8.1	Beispiele von Sicherungsmaßnahmen für Landverkehrswege	429
15.8.2	Ingenieurbiologische Bauweisen	432
15.8.3	Sicherung von Felsböschungen	436
16	Erddruck	439
16.1	Einfluss der Scherfestigkeit	440
16.2	Erddruck als Funktion der Wandbewegung	441
16.3	Neigungswinkel des Erddrucks	444
16.4	Größe und Verteilung des aktiven und passiven Erddrucks	445
16.4.1	Flächenbruch nach Rankine	445
16.4.2	Erddruck nach Coulomb	450
16.5	Erdwiderstand bei gekrümmten oder mehreren Gleitflächen	452
16.6	Erddruckermittlung mit kinematischen Methoden	454
16.7	Geschichteter Baugrund	456
16.8	Ermittlung des Erddrucks für allgemeine Fälle nach DIN 4085; Erddrucktabelle und Diagramme	458
16.8.1	Aktiver Erddruck – ebener Fall	458
16.8.2	Erdruhedruck	463
16.8.3	Erddruckbeiwerte für aktiven Erddruck und Erdruhedruck sowie Gleitflächenwinkel	466
16.8.4	Passiver Erddruck (Erdwiderstand), ebener Fall	466
16.8.5	Räumlicher Erddruck vor schmalen Druckflächen	472
16.9	Teilmobilisierter Erdwiderstand	475
16.10	Zusatz-Erddruck infolge Verdichtung	477
16.11	Erddruck bei dynamischer Anregung	478
16.12	Erddruck infolge sackender Hinterfüllung und Silodruck	478
16.13	Erddruck infolge Hangbewegung	480
16.14	Ansatz des Erddrucks	481
17	Entwurf und Berechnung von Stützbauwerken	483
17.1	Entwurfshinweise	485
17.2	Regelwerke und Geotechnische Kategorien	486
17.3	Nachweis der Grenzzustände	486
17.4	Einwirkungen aus Erddruck	487
17.5	Stützmauern und zusammengesetzte Konstruktionen	491
17.5.1	Massive Stützmauern	491
17.5.2	Raumgittermauern	493
17.5.3	Bewehrte Bodensysteme	494
17.5.4	Winkelstützmauern	502

17.6	Stützwände	505
17.6.1	Stützsysteme und Berechnungsverfahren	506
17.6.2	Nachweise nach DIN EN 1997-1 mit DIN 1054 und EAU sowie EAB	509
17.6.3	Aufgelöste Wände	513
17.6.4	Fangedamm	515
17.7	Verformungen	518
17.8	Dränanlagen	526
17.9	Baugruben in weichen Böden	528
18	Verankerungen	529
18.1	Verpressanker	531
18.1.1	Herstellung	532
18.1.2	Ankertypen und Bezeichnungen	537
18.1.3	Korrosionsschutz	538
18.1.4	Stahl, Stahlzugfestigkeit	540
18.1.5	Kraftübertragung in den Baugrund	541
18.1.6	Prüfungen	544
18.1.7	Nachweise	549
18.1.8	Gegenseitige Beeinflussung, Ankerabstände, Vorspannung	552
18.2	Ankerwände und Ankerplatten	553
18.3	Länge und Lage von Ankern	555
18.3.1	Verankerung von Stützwänden	555
18.3.2	Verankerungen von anderen Bauwerken	558
19	Wechselwirkung Bauwerk – Baugrund	561
19.1	Modelle für die Wechselwirkung	562
19.2	Hinweise zur Gebrauchstauglichkeit	563
19.3	Berechnung der Wechselwirkung bei Flächengründungen	566
19.4	Bettungsmodulverfahren	571
19.4.1	Grundfälle	574
19.4.2	Unendlich langer Balken	575
19.4.3	Halbunendlich langer Balken	577
19.5	Stifemodulverfahren (Halbraumverfahren)	579
19.6	Einflüsse und Bewertung von Bettungsmodul- und Stifemodulverfahren	583
19.7	Einspannung im Baugrund bei seitlicher Stützung	586
20	Pfahlgründungen	593
20.1	Axial belastete Pfähle	597
20.1.1	Konstruktionshinweise	597
20.1.2	Berechnungsannahmen	598

20.1.3	Statische und kinematische Bestimmtheit bei Pfahlrosten . . .	599
20.1.4	Statisch unbestimmte Pfahlroste	602
20.1.5	Sonderfälle von statisch unbestimmten Pfahlsystemen	606
20.2	Horizontal belastete Pfähle und Pfahlgruppen	610
20.3	Setzungen und Lastverteilungen bei Pfahlgruppen	613
20.4	Pfahl-Knicken	615
20.5	Kombinierte Pfahl-Plattengründung	617
21	Sicherung bestehender Bauwerke	625
21.1	Bauausführung gemäß DIN 4123	626
21.2	Unterfangung mit Injektionen bzw. dem Düsenstrahlverfahren	633
21.3	Unterfangungen mit Verbauten	635
21.4	Unterfangung mit Pfählen	637
21.5	Unterfahrungen	638
22	Bauen im Grundwasser	643
22.1	Ebene stationäre Grundwasserströmung	644
22.2	Einfluss des Grundwassers bei der Bemessung	653
22.3	Grundwasseraussperrung	656
22.3.1	Voll ausgesperrtes Grundwasser	656
22.3.2	Teilweise ausgesperrtes Grundwasser (bei Stützwänden)	662
22.4	Grundwasserhaltung	668
22.4.1	Grundwasserabsenkung	668
22.4.2	Grundwasserrückführung (Versickerung)	679
22.4.3	Grundwasserentspannung	680
22.4.4	Offene Grundwasserhaltung	682
22.4.5	Grundwasserhaltung neben einem Gewässer	683
22.4.6	Entwässerung feinkörniger Böden mit Kleinbrunnen und Unterdruck	683
22.4.7	Elektrosmose	685
22.4.8	Setzungen durch GW-Absenkung	685
22.5	Feldversuche zur Bestimmung der Durchlässigkeit	686
23	Baugrunderdynamik	693
23.1	Grundlagen	694
23.2	Wellenausbreitung im Untergrund	704
23.3	Messung von Schwingungen	708
23.4	Erschütterungseinwirkungen auf Menschen und Bauwerke	710
23.5	Dynamische Eigenschaften und Kennwerte von Böden	712
23.6	Dynamische Einwirkungen auf Gründungen	717
23.7	Erdbebensicheres Bauen	719

Anhang	729
Technisches Regelwerk: Normen, Empfehlungen	729
Regelwerke für den Erdbau	741
Bücher, Zeitschriften	744
Abkürzungen und Symbole, Nebenzeichen	747
Literatur	759
Sachverzeichnis	773