

Inhaltsverzeichnis

1.1 Internationale Vereinbarungen

Ulrich Smolczyk und Christophe Bauduin

1	Klassifizierung des Fachschrifttums	1
2	Symbole	3
3	Europäische Regeln für den Grundbau	4
4	Grundbegriffe nach EN 1990 und EN 1997	6
4.1	Klassifizierung der Aussagen in den Eurocodes	6
4.2	Grenzzustände	6
4.3	Nachweisfälle	7
4.4	Geotechnische Kategorien	7
4.5	Beobachtungsmethode	7
4.6	Teilsicherheitsverfahren	8
5	Geotechnischer Bericht	12
5.1	Geotechnischer Untersuchungsbericht	13
5.2	Gründungsgutachten	15
6	Literatur	16

1.2 Ermittlung charakteristischer Werte

Christophe Bauduin

1	Einleitung	17
2	Vom Versuchsergebnis zum Bemessungswert	17
2.1	Schrittfolge	17
2.2	Gesichtspunkte für die Auswertung von Versuchsergebnissen	19
2.3	Gesichtspunkte zur Ermittlung charakteristischer Werte der Baugrundparameter	24
2.4	Anwendung statistischer Verfahren	26
3	Beispiele	36
3.1	Örtlicher Baugrundaufschluß	36
3.2	Örtlicher Baugrundaufschluß bei Kenntnis von V	36
3.3	Linear mit der Tiefe zunehmende Bodeneigenschaft	37
3.4	Analyse von Festigkeitsversuchen	38
3.5	Beispiel: Geschiebemergel	43
4	Literatur	47

1.3 Baugrunduntersuchungen im Feld

Klaus-Jürgen Melzer und Ulf Bergdahl

1	Grundlagen	49
1.1	Richtlinien	49
1.2	Voruntersuchung	50

1.3	Hauptuntersuchung	50
2	Baugrundaufschluß durch Schürfe und Bohrungen	51
2.1	Allgemeines	51
2.2	Aufschluß im Boden	54
2.3	Aufschluß im Fels	60
2.4	Entnahme von Sonderproben	65
2.5	Aufschluß der Wasserverhältnisse	65
3	Baugrundaufschluß durch Sondierungen	69
3.1	Allgemeines	69
3.2	Rammsondierungen	71
3.3	Standard Penetration Test	75
3.4	Drucksondierungen	80
3.5	Flügelscherversuche	89
3.6	Gewichtssondierungen	91
4	Bohrlochseitendruckversuche	95
4.1	Geräte und Versuchsdurchführung	95
4.2	Auswertung	101
5	Bestimmung der Dichte	105
5.1	Verfahren durch Probenentnahme	105
5.2	Radiometrische Verfahren	105
6	Geophysikalische Verfahren	108
6.1	Allgemeines	108
6.2	Kurze Hinweise zu einigen Verfahren	109
7	Literatur	109
8	Richtlinien	115

1.4 Eigenschaften von Boden und Fels – ihre Ermittlung im Labor

Paul von Soos

1	Boden und Fels – Begriffe und Entstehung	117
2	Eigenschaften der Böden	117
2.1	Bodenschichten	117
2.2	Bodenproben	118
2.3	Durchführen und Auswerten von Laborversuchen	119
2.4	Bodeneigenschaften und Laborversuche	119
3	Eigenschaften von Fels	124
4	Kennwerte und Eigenschaften der festen Bodenkörner	125
4.1	Korngrößenverteilung	125
4.2	Korndichte	127
4.3	Mineralaufbau	128
4.4	Kornform und Kornrauigkeit	130
4.5	Spezifische Kornoberfläche	130
4.6	Gehalt an organischen Bestandteilen	131
4.7	Kalkgehalt	131
5	Kennwerte und Eigenschaften des Kornhaufens	132
5.1	Gefüge des Bodens	132
5.2	Porenanteil und Porenzahl	133
5.3	Ermittlung der Dichte des Bodens	133
5.4	Grenzen der Lagerungsdichte	136
5.5	Wassergehalt	137

5.6	Konsistenzgrenzen	138
5.7	Wasseraufnahmevermögen nach Enslin	141
5.8	Verdichtungsverhalten in Abhängigkeit vom Wassergehalt	141
5.9	Absolute Porengröße und Filterwirkung	143
5.10	Kapillarität	143
5.11	Wasserdurchlässigkeit	146
5.12	Luftdurchlässigkeit	149
6	Versuche zur Ermittlung des Spannungs-Verformungs-Verhaltens	150
6.1	Allgemeines	150
6.2	Kompressionsversuch (Druckversuch mit verhinderter Seitendehnung)	152
6.3	Dreiaxialer Druckversuch	158
6.4	Einaxialer Druckversuch	161
6.5	Dreiaxialer Druckversuch mit $\sigma_2 > \sigma_3$ und zweiaxialer Druckversuch	162
6.6	Messen von Kriechverformungen	163
7	Scherfestigkeit; Ermittlung der Scherparameter	164
7.1	Allgemeines	164
7.2	Dreiaxialer Druckversuch	169
7.3	Ermittlung der einaxialen Druckfestigkeit	172
7.4	Rahmenscherversuch	173
7.5	Kreisringscherversuch	174
7.6	Versuch mit dem „Einfachschergerät“ (simple shear)	174
8	Ermittlung der Zugfestigkeit	174
9	Ermittlung der Zerfall-Beständigkeit von Gesteinen	175
10	Korrelationen	176
10.1	Proctordichte ρ_{pT} und optimaler Wassergehalt w_{pT} feinkörniger Böden	176
10.2	Wasserdurchlässigkeit	177
10.3	Spannungs-Verformungs-Verhalten von Böden	177
10.4	Parameter der Scherfestigkeit	180
11	Benennen, Beschreiben und Klassifikation von Boden und Fels	181
11.1	Benennen und Beschreiben von Boden	181
11.2	Benennen und Beschreiben von Fels	184
11.3	Bodenklassifikation	185
11.4	Felsklassifikation	192
12	Literatur	195
13	Normen und andere Regelwerke	200

1.5 Stoffgesetze für Böden aus physikalischer Sicht

Gerd Gudehus

1	Einleitung	203
1.1	Anlaß und Zweck	203
1.2	Zum Inhalt	204
2	Zustände und Zustandsänderungen	206
2.1	Zustände	206
2.2	Zustandsänderungen	216
2.3	Spezielle Zustandsfolgen und Stabilität	223
3	Spannungs-Formänderungs-Beziehungen	234
3.1	Finite Stoffgesetze	234
3.2	Elastoplastizität	238
3.3	Hypoplastizität	245

4	Weitere Stoffgesetze	250
4.1	Physikochemische und granulometrische Veränderungen	250
4.2	Transportgesetze	251
4.3	Granulare Grenzflächen	252
5	Literatur	253

1.6 Spannungen und Setzungen im Boden

Harry Poulos

1	Einleitung	255
2	Grundgleichungen der Elastizitätstheorie	256
2.1	Definitionen und Vorzeichenregelung	256
2.2	Hauptspannungen	256
2.3	Maximale Schubspannung	257
2.4	Oktaederspannungen	257
2.5	Ebene Spannungszustände	257
2.6	Berechnung von Dehnungen	258
2.7	Elastizitätsgleichungen für einen isotropen Stoff	260
2.8	Zusammenstellung der Beziehungen zwischen elastischen Parametern ...	261
3	Grundlagen der Setzungsberechnung	262
3.1	Setzungskomponenten	262
3.2	Anwendung der Elastizitätstheorie auf Setzungsberechnungen	262
3.3	Berücksichtigung der Wirkung örtlichen Fließens auf die Sofortsetzung ...	263
3.4	Abschätzung der Kriechsetzung	264
3.5	Verfahren zur Bestimmung der Bodenparameter	265
4	Lösungen für Spannungszustände in elastischem Material	266
4.1	Einleitung	266
4.2	Kelvin-Problem	266
4.3	Boussinesq-Problem	267
4.4	Cerruti-Problem	268
4.5	1. Mindlin-Problem	269
4.6	2. Mindlin-Problem	271
4.7	Einzellast auf einer Schicht	272
4.8	Linienlast im Vollraum (integrierte Kelvin-Lösung)	273
4.9	Linienlast auf dem Halbraum (integrierte Boussinesq-Lösung)	273
4.10	Horizontale Linienlast auf dem Halbraum (integrierte Cerruti-Lösung) ...	274
4.11	1. Melan-Problem: Vertikale Linienlast im Halbraum	274
4.12	2. Melan-Problem: Horizontale Linienlast im Halbraum	275
4.13	Vertikale Streifenlast	276
4.14	Linear zunehmende Vertikallast	276
4.15	Symmetrische vertikale Dreieckslast	277
4.16	Gleichförmige vertikale Kreislast	278
4.17	Gleichförmige vertikale Rechtecklast	278
4.18	Andere Fälle	279
5	Lösungen für die Setzungen von Flachfundamenten auf homogener elastischer Schicht	279
5.1	Gleichförmig belastetes Streifenfundament	279
5.2	Gleichförmig belastetes Kreisfundament	280
5.3	Gleichförmig belastetes Rechteckfundament	281
6	Zeitsetzung von Flachfundamenten	283

6.1	Eindimensionale Berechnung	283
6.2	Einfluß nichtlinearer Konsolidation	285
6.3	Konsolidation durch Vertikaldräns	286
6.4	Zwei- und dreidimensionale Konsolidation	287
6.5	Vereinfachtes Verfahren mittels eines äquivalenten Konsolidierungsbeiwertes	289
7	Lösungen für Setzungen von Streifenfundamenten	291
7.1	Einzellast auf einem Streifenfundament	291
7.2	Gleichförmige Last auf einem Streifenfundament	291
7.3	Gleichförmige Last auf einer Kreisplatte	291
7.4	Gleichförmige Last auf einer Rechteckplatte	294
7.5	Einzellast auf unendlicher oder halb-unendlicher Platte	296
8	Lösungen zur Setzung von Pfahlgründungen	297
8.1	Einzelpfähle	297
8.2	Pfahlgruppen	300
9	Literatur	303

1.7 Plastizitätstheoretische Behandlung geotechnischer Probleme

Roberto Nova

1	Grundlagen der Grenzzustandsberechnung	307
1.1	Einleitung	307
1.2	Definitionen	308
1.3	Grundlegende Theoreme für Standardmaterialien	311
2	Grenzzustand bei Flachgründungen auf rein kohäsivem Boden	313
2.1	Einleitung	313
2.2	Unterschränken-Analyse	314
2.3	Oberschränkenanalyse	315
2.4	Verbesserte Unterschränkenanalyse: Charakteristiken-Verfahren	316
2.5	Verbesserte Oberschränkenanalyse: Gleitlinien	319
2.6	Streifenfundament	320
2.7	Kreisfundamente	323
3	Grenzzustandsanalyse für Nicht-Standardmaterial	323
3.1	Einleitung	323
3.2	Grundlegende Theoreme für Nicht-Standardmaterial	324
4	Weitere Beschränkungen der Grenzzustands-Analyse Böschungsbruch	326
4.1	Einleitung	326
4.2	Einfache Unterschränkenanalyse	326
4.3	Einfache Oberschränkenanalyse	328
4.4	Verbesserung von Schränkenschätzungen	328
4.5	Wirkliche kritische Höhe eines senkrechten Geländesprunges	329
5	Elastoplastische Berechnung von Flachgründungen	330
5.1	Einleitung	330
5.2	Grundlegende Versuchsergebnisse	331
5.3	Verhalten bei Entlastung und Wiederbelastung	333
5.4	Bleibende Verschiebungen und Verdrehungen	333
5.5	Ermittlung der Parameter	336
5.6	Vergleich mit Versuchsergebnissen	336
5.7	Anwendung auf die Setzung des Glockenturms in Pisa	340
6	Literatur	345

1.8 Bodendynamik und Erdbeben*Günter Klein*

1	Einführung	347
2	Mechanische Grundlagen	348
2.1	Zeitabhängige Vorgänge	348
2.2	Grundbegriffe technischer Schwingungssysteme	351
3	Dynamik der Grundbauwerke	357
3.1	Schwingungserregung	357
3.2	Modellsysteme für Grundbauwerke	361
3.3	Grundlagen der Halbraumtheorie	368
4	Dynamik des Baugrundes	370
4.1	Dynamische Eigenschaften der Böden	370
4.2	Kennwerte für dynamische Bodeneigenschaften	372
4.3	Berechnungsgrößen für starre Fundamente	375
4.4	Erschütterungsschutz und Schwingungsisolierung	376
5	Dynamik der Erdbeben	381
5.1	Seismologische Grundbegriffe	381
5.2	Berechnungsverfahren für Bauwerke	385
5.3	Einfluß von Erdbeben auf Grundbauwerke	392
6	Literatur	396
7	Regelwerke	398

1.9 Erddruckermittlung*Gerd Gudehus*

1	Einleitung	401
1.1	Gegenstand und Zweck	401
1.2	Stoffauswahl und Gliederung	402
2	Grenzzustände ohne Porenwasser	402
2.1	Ebene Gleitfläche	402
2.2	Gekrümmte Gleitflächen und zusammengesetzte Mechanismen	406
2.3	Dreidimensionale Effekte	412
3	Grenzzustände mit Porenwasser	416
3.1	Luftundurchlässige Böden	416
3.2	Luftdurchlässige Böden	421
4	Verformungsabhängige Erddrücke	422
4.1	Körnige Böden	422
4.2	Tonige und organische Böden	426
5	Literatur	430

1.10 Numerische Verfahren*Peter Gußmann, Hermann Schad und Ian Smith*

1	Allgemeine Verfahren	431
1.1	Differenzenverfahren	431
1.2	Integralgleichungen und Methode der Randelemente	434
2	Grundlagen der Methode der Finiten Elemente (FEM)	435
2.1	Element- und Strukturmatrix	437
2.2	Rechentechniken zur Erfassung nichtlinearer Phänomene	443

3	Anwendungsgebiete der FEM in der Geotechnik	446
3.1	Statische Probleme	446
3.2	Zeitabhängige Probleme	448
4	Die Methode der Kinematischen Elemente (KEM) und andere Traglastverfahren	455
4.1	Allgemeines zu den theoretischen Grundlagen	455
4.2	Statische Verfahren: das Charakteristikenverfahren nach <i>Sokolovski</i>	456
4.3	Kinematische Verfahren: KEM	458
4.4	Lamellenverfahren	467
4.5	Anwendung zum Grundbruch: vergleichende Untersuchungen	470
4.6	Entwurfsformeln und Standsicherheitsdiagramme für Regelböschungen	473
5	Literatur	475

1.11 Geodätisch-photogrammetrische Überwachung von Hängen, Böschungen und Stützmauern

Klaus Linkwitz und Willfried Schwarz

1	Aufgabe und Zielsetzung	477
2	Zur praktischen Organisation, Lösung und Durchführung der Aufgabe	478
2.1	Konzeptioneller Entwurf und Erkundung der Messungen	479
2.2	Auswahl der Punkte und Vermarkung	479
2.3	Beobachtungen	480
2.4	Auswertungen	480
2.5	Interpretation	480
3	Geodätische Methoden für Überwachungsmessungen	480
3.1	Alignements	482
3.2	Polygonzüge	487
3.3	Trigonometrische Bestimmung von Einzelpunkten, Netze	496
3.4	Automatisierte Methoden	507
3.5	Neigungsmessungen	514
4	Photogrammetrische Methoden für Überwachungsmessungen	521
4.1	Methodik und Verfahren	521
4.2	Luftbildphotogrammetrie	522
4.3	Terrestrische Photogrammetrie	526
4.4	Digitale Photogrammetrie	527
5	Satellitengestützte Methoden	530
5.1	Systemaufbau von GPS	531
5.2	Verfahren zur absoluten Standortbestimmung	535
5.3	Relative Verfahren	536
5.4	Überwachungsmessungen mit satellitengestützten Verfahren	540
6	Auswertung und Analyse der Messungen	541
6.1	Geodätische Analyse und Interpretation	541
6.2	Bautechnisch-physikalische Analyse und Interpretation	543
6.3	Integrale Analyse und Interpretation	544
7	Literatur	546
7.1	Geodätische Methoden	546
7.2	Photogrammetrische Methoden	549
7.3	Satellitengestützte Methoden	549
7.4	Analyse und Interpretation	550

1.12 Geotechnische Messverfahren*Arno Thut*

1	Einleitung	555
2	Ziel geotechnischer Messungen	556
3	Messgrößen	557
3.1	Messgrößen im Baugrund	557
3.2	Messgrößen während der Bauausführung	558
3.3	Messgrößen in Tragteilen	558
3.4	Messgrößen bei angrenzenden Objekten	559
3.5	Messgrößen bei permanenten Bauwerken	559
3.6	Messgrößen bei Sanierungen von Bauwerken	560
4	Messinstrumente, Installation, Aufwand	560
4.1	Geodätische Messung	560
4.2	Geotechnische Messungen	561
4.3	Profil und Abweichungsmessungen bei Schlitzwänden und Bohrungen	580
5	Durchführung der Messung, Berichterstattung	581
5.1	Manuelle Messungen	583
5.2	Automatische Messanlagen	583
5.3	Datenvisualisierungs-Software	584
6	Fallbeispiele	584
6.1	Tiefe Baugruben, angrenzende Gebäude	584
6.2	Probeschüttung, Beobachtungsmethode	595
6.3	Adlertunnel – Sanierung eines Bauwerkes	597
6.4	Überwachung instabiler Hänge	601
6.5	Probebelastung an Tragteilen, Pfahlversuche, Deformationsmessungen an Pfahlfundationen	606
7	Literatur	610

1.13 Phänomenologie natürlicher Böschungen (Hänge) und ihrer Massenbewegungen*Edmund Krauter*

1	Begriffe	613
2	Einführung	613
3	Formen natürlicher Böschungen	614
4	Massenbewegungen natürlicher Böschungen	617
4.1	Ursachen, Faktoren	622
4.2	Einteilungen, Arten	634
4.3	Gleitflächenformen und Bruchmechanismen	648
4.4	Bewegungsabläufe und Gefahrenbeurteilung	652
4.5	Erkennen und Erkunden	659
5	Literatur	662

1.14 Eisdruck*Martin Hager*

1	Vorbemerkung	667
2	Arten der Eislasten	667

3	Eigenschaften des Eises	669
3.1	Dichte des Eises	669
3.2	Elastizität des Eises	670
3.3	Wärmeausdehnung des Eises	670
3.4	Festigkeit des Eises	670
4	Maßgebende Eisfestigkeiten	672
5	Eisdicken	674
6	Berechnung der Eislasten	674
6.1	Breite Bauwerke	675
6.2	Schmale Bauwerke	675
6.3	Eislast aus Temperaturänderung	678
6.4	Vertikale Zusatzlasten	679
6.5	Eislasten auf Bauwerksgruppen	679
6.6	Eislasten unter besonderen Klima- und Eisbedingungen	680
7	Literatur	681

1.15 Böschungsgleichgewicht im Fels

Walter Wittke und Claus Erichsen

1	Einleitung	683
2	Gefügemodelle für Fels	684
3	Versagensmechanismen bei Böschungen im Fels	689
4	Modellvorstellung für das Spannungsdehnungsverhalten von Fels	693
4.1	Allgemeines	693
4.2	Gestein	694
4.3	Trennflächen	694
4.4	Fels	698
4.5	Modellvorstellung für das mechanische Verhalten von Fels unter Berücksichtigung eines verfeinerten Spannungsverschiebungsverhaltens von durchgehenden, nichtgefüllten Trennflächen	702
5	Modellvorstellung für die Sickerströmung im Fels	704
6	Standsicherheitsuntersuchungen mit Hilfe der Methode der Finiten Elemente	709
6.1	Allgemeines	709
6.2	Berechnung der Spannungen und Verformungen	709
6.3	Berechnung einer Sickerströmung	713
6.4	Darstellung und Interpretation der Berechnungsergebnisse	715
6.5	Einfluß der Scherparameter von Trennflächen auf die Standsicherheit einer Böschung	719
6.6	Sicherung einer Böschung durch Verpreßanker	720
6.7	Einfluß hoher horizontaler Primärspannungen	722
6.8	Standsicherheitsuntersuchung einer Baugrubenwand unter Berücksichtigung der verfeinerten Modellvorstellung für das mechanische Verhalten von Fels	729
7	Standsicherheitsuntersuchungen auf der Grundlage der Mechanik starrer Körper	732
7.1	Allgemeines	732
7.2	Möglichkeiten der Translation und Rotation von Felskeilen	733
7.3	Standsicherheitsuntersuchung für ebene Felskeile	739

XVI

7.4	Standsicherheitsuntersuchungen für räumliche, auf zwei Trennflächen gelagerte Felskeile	746
7.5	Standsicherheitsuntersuchung für räumliche, auf drei Trennflächen gelagerte Felskeile	755
8	Stabilitätsprobleme	755
9	Beispiel für die Sanierung eines Rutschhanges	757
9.1	Rutschung, Sofortmaßnahmen, Sanierungskonzept	757
10	Literatur	769
 Stichwortverzeichnis		 771