

Inhaltsverzeichnis

1.1 Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau

Martin Ziegler

1	Einführung	1
1.1	Allgemeines	1
1.2	Historischer Rückblick	3
2	Das neue Sicherheitskonzept	8
2.1	Globales Sicherheitskonzept	8
2.2	Teilsicherheitskonzept	9
3	Aufbau und Inhalte der neuen Sicherheitsnorm DIN 1054	11
3.1	Inhaltsübersicht	11
3.2	Anwendungsbereich	11
3.3	Geotechnische Kategorien	12
3.4	Wichtige Begriffe der neuen Sicherheitsnorm	13
4	Grenzzustände und Nachweise	25
4.1	Duktilität	25
4.2	Grenzzustände der Tragfähigkeit	26
4.3	Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit GZ 2	28
4.4	Teilsicherheitsbeiwerte nach DIN 1054	30
5	Zukünftige Normung im Umfeld des EC 7-1	31
5.1	Einwirkungen	31
5.2	Widerstände	33
5.3	Bemessungssituationen	33
5.4	Grenzzustände	34
5.5	Teilsicherheitsbeiwerte nach Normenhandbuch	37
5.6	Weitere Änderungen	40
6	Zitierte Normen und Empfehlungen	41
7	Literatur	42

1.2 Baugrunduntersuchungen im Feld

Klaus-Jürgen Melzer, Ulf Bergdahl und Edwin Fecker

1	Grundlagen	43
1.1	Normen und Richtlinien	43
1.2	Voruntersuchung	45
1.3	Hauptuntersuchung	46
1.4	Berichterstattung	49
2	Baugrundaufschluss durch Schürfe, Bohrungen und Probenentnahmen	50
2.1	Allgemeines	50
2.2	Bohrgeräte und Ausrüstung	51
2.3	Allgemeine Anforderungen	51

VIII

Inhaltsverzeichnis

2.4	Aufschluss im Boden	52
2.5	Aufschluss im Fels	56
2.6	Aufschluss der Grundwasserverhältnisse	59
2.7	Behandlung, Transport und Aufbewahrung der Proben.	61
2.8	Berichterstattung	61
3	Baugrundaufschluss durch Sondierungen	62
3.1	Allgemeines	62
3.2	Rammsondierungen	64
3.3	Standard Penetration Test	69
3.4	Drucksondierungen	74
3.5	Flügelscherversuche	84
3.6	Gewichtssondierungen	86
4	Bohrlochaufweitungsversuche	90
4.1	Geräte und Versuchsdurchführung	90
4.2	Auswertung	96
5	Bestimmung der Dichte	101
5.1	Gravimetrische Verfahren	101
5.2	Radiometrische Verfahren	102
6	Geophysikalische Verfahren	104
6.1	Allgemeines	104
6.2	Kurzbeschreibungen der wichtigsten Verfahren.	109
7	Literatur	111
	Normen und Richtlinien.	120

1.3 Eigenschaften von Boden und Fels – ihre Ermittlung im Labor

Paul von Soos und Jens Engel

1	Boden und Fels – Begriffe und Entstehung	123
2	Eigenschaften der Böden	123
2.1	Bodenschichten	123
2.2	Bodenproben	126
2.3	Durchführen und Auswerten von Laborversuchen.	127
2.4	Bodeneigenschaften und Laborversuche	127
3	Eigenschaften von Fels	128
4	Kennwerte und Eigenschaften der festen Bodenkörner	129
4.1	Korngrößenverteilung	129
4.2	Korndichte	132
4.3	Mineralaufbau	133
4.4	Kornform und Kornrauigkeit	134
4.5	Spezifische Kornoberfläche	135
4.6	Gehalt an organischen Bestandteilen	136
4.7	Kalkgehalt	136
5	Kennwerte und Eigenschaften des Kornhaufens	137
5.1	Gefüge des Bodens	137
5.2	Porenanteil und Porenzahl	137
5.3	Ermittlung der Dichte des Bodens	140
5.4	Grenzen der Lagerungsdichte	140
5.5	Wassergehalt	142
5.6	Konsistenzgrenzen	142

Inhaltsverzeichnis

IX

5.7	Wasseraufnahmevermögen nach <i>Enslin</i>	145
5.8	Verdichtungsverhalten in Abhängigkeit vom Wassergehalt	146
5.9	Absolute Porengröße und Filterwirkung	147
5.10	Kapillarität	148
5.11	Wasserdurchlässigkeit	151
5.12	Luftdurchlässigkeit	155
6	Versuche zur Ermittlung des Spannungs-Verformungs-Verhaltens	156
6.1	Allgemeines	156
6.2	Kompressionsversuch (Druckversuch mit verhinderter Seitendehnung)	159
6.3	Dreiaxialer Druckversuch	167
6.4	Einaxialer Druckversuch	171
6.5	Dreiaxialer Druckversuch mit $\sigma_2 > \sigma_3$ und zweiaxialer Druckversuch	171
6.6	Messen von Kriechverformungen	172
7	Scherfestigkeit; Ermittlung der Scherparameter	173
7.1	Allgemeines	173
7.2	Dreiaxialer Druckversuch	180
7.3	Ermittlung der einaxialen Druckfestigkeit	182
7.4	Rahmenscherversuch	182
7.5	Kreisringscherversuch	183
7.6	Versuch mit dem „Einfachschergerät“ (simple shear)	184
8	Ermittlung der Zugfestigkeit	184
9	Eigenschaften – Felsmechanische Laborversuche	185
9.1	Vorbemerkung	185
9.2	Einaxialer Druckversuch an Gesteinsproben	186
9.3	Punktlastversuche an Gesteinsproben	187
9.4	Dreiaxialer Druckversuch an Gesteinsproben	187
9.5	Scherwiderstand in Felstrennflächen	189
9.6	Festigkeit des geklüfteten Fels	190
9.7	Zugversuche an Gesteinsproben	192
9.8	Kriechversuche an Gesteinsproben	192
9.9	Einaxiale Relaxationsversuche an Gesteinsproben	193
9.10	Quellversuche an Gesteinsproben	193
9.11	Ermittlung der Zerfall-Beständigkeit von Gesteinen – Siebtrommelversuch	193
10	Benennen, Beschreiben und Klassifikation von Boden und Fels	194
10.1	Benennen und Beschreiben von Boden	194
10.2	Benennen und Beschreiben von Fels	196
10.3	Bodenklassifikation	198
10.4	Felsklassifikation	201
11	Literatur	210

1.4 Charakterisierung von Schadstoffen im Baugrund und Grundwasser

Andreas Claussen

1	Grundlagen	219
2	Anorganische Matrix des Untergrundes	219
3	Organische Matrix des Untergrundes	221
4	Schadstoff	223
5	Anorganische Schadstoffe	224
6	Organische Schadstoffe	227

6.1	Mineralölartige Kohlenwasserstoffe (KW-Index)	227
6.2	Einkernige aromatische Kohlenwasserstoffe	230
6.3	Mehrkernige aromatische Kohlenwasserstoffe	232
6.4	Halogenierte Kohlenwasserstoffe	232
7	Bewertungsgrundlagen	234
8	Auswirkungen auf den Baugrund	236
9	Zusammenfassende Bewertung	240
10	Literatur	242

1.5 Stoffgesetze für Böden

Dimitrios Kolymbas und Ivo Herle

	Symbolverzeichnis	243
1	Einführung	244
2	Frequently Asked Questions	244
3	Bedeutung von Stoffgesetzen für die Geotechnik	246
4	Merkmale des Bodenverhaltens	247
4.1	Elementversuche	247
4.2	Kompressionsverhalten	248
4.3	Scherverhalten	250
4.4	Druck- und Dichteabhängigkeit	252
4.5	Verhalten undrainerter Proben	253
4.6	Kritische Zustände	255
4.7	Einfluss der Deformationsgeschichte	256
4.8	Zyklisches Verhalten	257
4.9	Realität	257
5	Mathematische Struktur von Stoffgesetzen	258
5.1	Grundbegriffe, Tensoren	258
5.2	Elastische Stoffe im Allgemeinen	259
5.3	Einfluss der Geschichte	259
5.4	Homogenität	261
5.5	Invarianz, Isotropie, Objektivität	261
5.6	Eindeutigkeit	262
5.7	Maßstabeffekt	263
5.8	Kontinuumsmechanische und diskrete Betrachtungen	263
6	Hierarchie und Bestandteile von Stoffgesetzen	264
6.1	Lineare Elastizität	264
6.2	Elastoplastische Stoffgesetze	265
6.3	Hypoplastische Stoffgesetze	275
6.4	Antwortumhüllende	276
7	Besondere Fragestellungen	277
7.1	Wassergesättigter Boden	277
7.2	Stoffgesetze für teilgesättigten Boden	279
7.3	Stoffgesetz für schnelle Verformungen	279
7.4	Zeitabhängigkeit	279
7.5	Zementierung	280
7.6	Kornbruch	280
7.7	Höhere Continua	280
8	Ergänzende Aspekte von Stoffgesetzen	281

Inhaltsverzeichnis XI

8.1	Allgemeinheit	281
8.2	Kalibrierung	281
8.3	Stoffkonstanten und Zustandsgrößen	282
8.4	Thermodynamische Konsistenz	282
8.5	Große Verformungen	283
8.6	Entfestigung	283
9	Stoffgesetze in der Praxis	284
10	Literatur	284

1.6 Erddruck

Achim Hettler

1	Einführung	289
2	Begriffe, Formelzeichen und Indizes	289
2.1	Begriffe	289
2.2	Formelzeichen	291
2.3	Indizes	292
3	Methoden zur Ermittlung des Erddrucks	292
3.1	Übersicht	292
3.2	Kinematische Methoden beim aktiven Erddruck	293
3.3	Kinematische Methoden beim passiven Erddruck	296
3.4	Statische Methoden	299
3.5	Versuche und Messungen	304
3.6	Finite-Elemente-Methode	314
4	Ebener, aktiver Erddruck	322
4.1	Grundsätzliche Überlegungen	322
4.2	Bodeneigengewicht, großflächige Auflasten und Kohäsion	324
4.3	Kohäsion, rechnerische Zugspannungen und Mindesterdruk	326
4.4	Vertikale Linien- und Streifenlasten	329
4.5	Horizontale Linien- und Streifenlasten	334
4.6	Geschichteter Boden	335
4.7	Geknickter Geländeverlauf	336
4.8	Geknickte Wandflächen	338
4.9	Verteilung des aktiven Erddrucks	338
5	Erdrudruck	339
5.1	Bodeneigengewicht und großflächige Auflasten	339
5.2	Punkt-, Linien- und Streifenlasten	340
6	Ebener passiver Erddruck	342
6.1	Grundsätzliche Überlegungen	342
6.2	Eigengewicht, großflächige Auflasten und Kohäsion bei Parallelbewegung	344
6.3	Drehung um den Kopf- oder Fußpunkt	346
6.4	Verteilung des passiven Erddrucks	349
7	Räumlicher aktiver Erddruck	349
7.1	Grundsätzliche Überlegungen	349
7.2	Kreiszyllindrische Flächen	351
7.3	Stützwände quer zur Böschung	353
8	Räumlicher passiver Erddruck	354
8.1	Übersicht	354
8.2	Fußwiderstand vor Bohlträgern nach <i>Weißbach</i>	356

8.3	Verfahren nach DIN 4085 für begrenzte Wandabschnitte	356
9	Sonderfälle	358
9.1	Verdichtungserddruck	358
9.2	Silodruck	359
9.3	Wiederholte quasistatische Beanspruchungen	361
9.4	Dynamische Beanspruchungen	362
9.5	Einfluss des Grundwassers auf den Erddruck	363
9.6	Winkelstützwände	364
9.7	Weitere Hinweise	367
10	Mobilisierung des Erddrucks	370
10.1	Übersicht	370
10.2	Grenzwerte der Verschiebung bei Erreichen des aktiven Erddrucks	371
10.3	Grenzwerte der Verschiebung bei Erreichen des passiven Erddrucks	371
10.4	Mobilisierungsfunktionen	374
11	Anwendungshinweise	378
11.1	Erddruckneigung und Wandreibungswinkel	378
11.2	Ansatz des Erddrucks in Abhängigkeit der Verschiebung	380
11.3	Erddruckumlagerung	380
11.4	Erddruck als günstige Einwirkung	383
12	Literatur	384
	Anhang	388
	Erddrucktabellen	388

1.7 Stoffgesetze und Bemessungsansätze für Festgestein

Erich Pimentel

1	Einführung	397
2	Allgemeine Eigenschaften	397
2.1	Fels und Boden	397
2.2	Diskontinuitäten	399
2.3	Genität, Tropie und Betrachtungsbereich	405
2.4	Bruch- und Verformungsverhalten	407
3	Stoffgesetze	410
3.1	Allgemeines	410
3.2	Elastisches Materialverhalten	411
3.3	Elastoplastisches Materialverhalten	412
3.4	Viskoplastisches Materialverhalten	417
3.5	Trennflächen	418
3.6	Homogenisierung	426
3.7	Schädigungsmodelle	428
4	Durchströmung des Gebirges	429
4.1	Allgemeines	429
4.2	Durchströmung von Gestein und einer Trennfläche	430
4.3	Homogenisierung	431
4.4	Nicht homogenisierbare Fälle und Sonderfälle	432
5	Bemessungsansätze	433
5.1	Allgemeines	433
5.2	Gleiten – ebener Fall	435
5.3	Gleiten – räumlicher Fall	437
5.4	Kippen	440

Inhaltsverzeichnis	XIII
5.5 Knicken	445
5.6 Steinfall	446
6 Literatur	448
1.8 Bodendynamik	
<i>Christos Vrettos</i>	
1 Einleitung	451
2 Schwingungen einfacher Systeme	452
2.1 Allgemeines	452
2.2 Freie Schwingungen	453
2.3 Erzwungene, gedämpfte Schwingungen	455
2.4 Viskose Dämpfung	457
3 Wellenausbreitung im Boden	458
3.1 Allgemeines	458
3.2 Eindimensionale Wellenausbreitung	459
3.3 Verhalten von Wellen an Trennflächen	460
3.4 Ausbreitung von vertikal propagierenden Wellen in einer Bodenschicht	461
3.5 Oberflächenwellen	462
4 Bodenverhalten bei zyklischer Belastung	464
4.1 Spannungs-Dehnungs-Verhalten	464
4.2 Äquivalent-lineares Modell	467
4.3 Nichtlineare Modelle	475
4.4 Zyklische Setzungen	479
5 Messung von dynamischen Bodenkenngrößen	481
5.1 Feldversuche	481
5.2 Laborversuche	486
6 Dynamisch belastete Fundamente	488
6.1 Steifigkeitsfunktionen	488
6.2 Boden-Bauwerk-Interaktion	493
6.3 Pfahlgründungen	495
Literatur	495
1.9 Numerische Verfahren in der Geotechnik	
<i>Peter-Andreas von Wolffersdorff, Helmut F. Schweiger</i>	
1 Einleitung	501
2 Besonderheiten der Geotechnik	502
3 Die maßgeblichen numerischen Verfahren	504
3.1 Übersicht über numerische Verfahren	504
3.2 Kurzbeschreibung mathematischer Grundlagen	512
4 Verformungsberechnungen typischer geotechnischer Aufgaben	527
4.1 Vorbemerkungen	527
4.2 Gründungen	527
4.3 Dämme	534
4.4 Gesicherte Böschungen und Einschnitte	540
5 Standsicherheitsberechnungen typischer geotechnischer Aufgaben	546
5.1 Vorbemerkungen	546
5.2 Verkehrsbauliche Dämme	546
5.3 Wasserbauliche Dämme	546

5.4	Böschungen und Einschnitte	550
5.5	Baugrubenwände	553
6	Schlussbemerkungen	554
7	Literatur	555

1.10 Geodätische Überwachung von geotechnischen Bauwerken

Otto Heunecke, Klaus Linkwitz und Willfried Schwarz

	Vorbemerkung	559
1	Aufgabe und Zielsetzung	559
2	Zur praktischen Organisation und Durchführung der Aufgaben	561
2.1	Einige Besonderheiten von Überwachungsmessungen	561
2.2	Konzeptioneller Entwurf und Erkundung der Messungen	562
2.3	Auswahl der Vermessungspunkte und Vermarkung	562
2.4	Beobachtungen	563
2.5	Zur Auswertung und Genauigkeitsbewertung	563
2.6	Bezugs- und Koordinatensysteme	563
3	Messverfahren und -geräte	568
3.1	Bestimmung einzelner Messgrößen	569
3.2	Linienweise Messungen	593
3.3	3-D-Koordinatenbestimmung	602
3.4	Messverfahren zur quasi flächenhaften Erfassung	624
3.5	Geosensornetze	631
4	Auswertemethoden	632
4.1	Ausgleichung geodätischer Netze und Deformationsanalyse	634
4.2	Zeitreihenanalyse	642
4.3	Integrierte Auswertemodelle	646
5	Literatur	649

1.11 Geotechnische Messverfahren

Arno Thut

1	Einleitung	653
2	Ziel geotechnischer Messungen	654
3	Messgrößen	655
3.1	Messgrößen im Baugrund	655
3.2	Messgrößen während der Bauausführung	656
3.3	Messgrößen in Tragteilen	656
3.4	Messgrößen bei angrenzenden Objekten	657
3.5	Messgrößen bei permanenten Bauwerken	657
3.6	Messgrößen bei Sanierungen von Bauwerken	657
4	Messinstrumente, Installation, Aufwand	658
4.1	Geodätische Messung	658
4.2	Geotechnische Messungen	660
5	Durchführung der Messung, Berichterstattung	687
5.1	Manuelle Messungen	689
5.2	Automatische Messanlagen	689
5.3	Datenvisualisierungs-Software	690
6	Fallbeispiele	691
6.1	Tiefe Baugruben, angrenzende Gebäude	691

Inhaltsverzeichnis	XV	
6.2	Probeschüttung, Beobachtungsmethode	701
6.3	Adlertunnel – Sanierung eines Bauwerks	703
6.4	Überwachung instabiler Hänge	707
6.5	Probebelastung an Tragteilen, Pfahlversuche, Deformationsmessungen an Pfahlfundationen	712
7	Literatur	716

1.12 Massenbewegungen

Dieter Genske

1	Einleitung	719
2	Mechanismen	729
2.1	Gleiten	729
2.2	Kippen, Knicken, Abscheren	738
2.3	Fallen	743
2.4	Fließen	744
2.5	Driften und Kriechen	750
3	Auslöser	753
3.1	Veränderung der Hanggeometrie	753
3.2	Veränderung der Bergwasserverhältnisse	754
3.3	Veränderung der Lasten	757
3.4	Veränderung der Festigkeit	758
4	Erkennen von Bewegungspotenzialen	758
4.1	Erkundung	758
4.2	Geomorphologische Ansprache	759
4.3	Bodenansprache	760
4.4	Gebirgsansprache	763
4.5	Hydrogeologische Ansprache	769
4.6	Biologische Ansprache	769
4.7	Anthropogene Ansprache	770
4.8	Synthesekarte	771
5	Gefahrenabwehr	771
5.1	Gefährdungskarten	771
5.2	Monitoring	773
5.3	Schutzmaßnahmen	775
5.4	Stabilisierungsmaßnahmen	779
5.5	Geokompatible Böschungsausbildung	779
6	Zusammenfassung und Ausblick	781
7	Literatur	782

Stichwortverzeichnis	■ ■
---------------------------------------	-----