

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	V
Autorenverzeichnis	VII
1 Grundlagen der Geologie	1
1.1 Begriffsdefinitionen und Spektrum	1
1.2 Der Kreislauf der Gesteine	1
1.3 Glossar ausgewählter Fest- und Lockergesteine	2
1.3.1 Festgesteine	2
1.3.2 Lockergesteine	6
1.4 Literatur	11
2 Eigenschaften und Klassifikation von Böden	13
2.1 Zusammensetzung von Böden und Bodengefüge	13
2.1.1 Korngrößen und Korngrößenverteilung	13
2.1.2 Entstehung und Mineralbestand von Bodenkörnern	15
2.1.3 Kornformen und Kornrauigkeit	16
2.1.4 Kornoberfläche	17
2.1.5 Bodengefüge	17
2.1.6 Porenwasser und Porenluft	19
2.2 Physikalische Eigenschaften von Böden	21
2.2.1 Bodenkenngößen	21
2.2.2 Zustandskenngößen	25
2.3 Mechanische Eigenschaften von Böden	29
2.3.1 Wechselwirkung zwischen Wasser und Bodenkörnern	29
2.3.2 Verdichtungseigenschaften von Böden	34
2.3.3 Kompressionseigenschaften und Formänderungsverhalten	37
2.3.4 Festigkeit	43
2.4 Bodenklassifikation	51
2.5 Literatur	59
3 Baugrunderkundung, geotechnische Labor- und Feldversuche	61
3.1 Baugrunderkundung	61
3.1.1 Aufgaben der Baugrunderkundung	61
3.1.2 Geologische Grundlagen	62
3.1.3 Grundlagen gemäß DIN 4020 und EC 7-2	62
3.1.4 Erkundungsverfahren	63
3.1.5 Ausbau von Bohrungen zu Grundwassermessstellen	94
3.1.6 Bohrlochgeophysikalische Verfahren	95
3.2 Laborversuche	96
3.2.1 Versuche zur Bestimmung der physikalischen Eigenschaften	96
3.2.2 Versuche zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften	109

3.3	Feldversuche	128
3.3.1	Dichtebestimmung im Feld	129
3.3.2	Plattendruckversuche	131
3.3.3	Flügelsondierungen	133
3.3.4	Porenwasserdruckmessungen	133
3.3.5	SPT-Test, Bohrlochrammsondierung	133
3.3.6	Seitendrucksondierung	134
3.3.7	Erddruckmessungen	134
3.4	Literatur	135
4	Bodenmechanik	139
4.1	Grundlagen der Elastizitätstheorie	139
4.1.1	Spannungen auf ein Volumenelement	139
4.1.2	Hauptspannungen	139
4.1.3	Dehnungen	140
4.1.4	Elastizitätsgleichungen für einen isotropen Stoff	141
4.1.5	Ebener Verformungszustand	142
4.1.6	Zusammenstellung der Beziehungen zwischen elastischen Parametern	144
4.2	Spannungsermittlung	144
4.2.1	Spannungen infolge Eigengewicht	144
4.2.2	Spannungen infolge von Lasten	147
4.3	Berechnung von Zeitsetzungen	159
4.3.1	Einleitung	159
4.3.2	Eindimensionale Konsolidationssetzung	159
4.3.3	Konsolidationssetzungen bei Vertikaldrainagen	165
4.3.4	Sekundärsetzungen	167
4.3.5	Bestimmung des Konsolidationsbeiwertes	167
4.4	Erddruck	169
4.4.1	Begriffe und Bezeichnungen	169
4.4.2	Erddrucktheorie nach Coulomb	171
4.4.3	Erddrucktheorie nach Rankine	181
4.4.4	Berechnungsverfahren für praktische Anwendungen	185
4.5	Materialmodelle	199
4.5.1	Einführung	199
4.5.2	Grundbegriffe	199
4.5.3	Grundlagen der Materialmodelle für elastisches Materialverhalten	203
4.5.4	Grundlagen der elastoplastischen Materialmodelle	206
4.5.5	Elastoplastische Materialmodelle für Böden	212
4.6	Literatur	223
5	Nachweiskonzepte und Sicherheit in der Geotechnik	225
5.1	Eurocodes und Deutsche Normen (DIN) des Bauingenieurwesens	225
5.1.1	Die Eurocodes	225
5.1.2	Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik	227
5.1.3	Die Einführung der Eurocodes in Deutschland	228
5.1.4	Pflege und Weiterentwicklung der Eurocodes	230

5.2	Das „Handbuch Eurocode 7 – Geotechnische Bemessung“	
	Band 1 „Allgemeine Regeln“	231
5.2.1	Einführung	231
5.2.2	Geotechnische Kategorien	232
5.2.3	Bemessungssituationen	232
5.2.4	Charakteristische Werte	234
5.2.5	Grenzzustände der Tragfähigkeit	238
5.2.6	Versagen des Baugrunds (GEO)	240
5.2.7	Grenzzustand des Verlusts der Lagesicherheit (EQU)	250
5.2.8	Grenzzustand des Aufschwimmens (UPL)	251
5.2.9	Hydraulischer Grundbruch, innere Erosion und Piping (HYD)	252
5.2.10	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	253
5.2.11	Beobachtungsmethode	254
5.3	Die Finite-Elemente-Methode zum Nachweis von Grenzzuständen	255
5.3.1	Allgemeines	255
5.3.2	Grenzzustände der Tragfähigkeit	256
5.3.3	Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	256
5.4	Literatur	257
6	Wasserhaltung	259
6.1	Wozu Wasserhaltung?	259
6.2	Ziel der Wasserhaltung	259
6.3	Arten der Wasserhaltung	260
6.3.1	Offene Wasserhaltung	260
6.3.2	Geschlossene Wasserhaltung	261
6.3.3	Kombination von offener und geschlossener Wasserhaltung	261
6.3.4	Ausführungstechnik Grundwasserentnahme	261
6.4	Berechnung der Grundwasserabsenkung für stationäre Verhältnisse	263
6.4.1	Grundlagen allgemein	263
6.4.2	Grundlagen der Berechnung von Grundwasserabsenkungen	268
6.4.3	Besondere Einflüsse auf die Grundwasserabsenkung	279
6.5	Berechnung der Wasserhaltung	283
6.5.1	Grundwasserabsenkung durch Brunnen	283
6.5.2	Grundwasserentspannung	289
6.5.3	Vakuumbeaufschlagung von Schwerkraftbrunnen	295
6.5.4	Vakuumwasserhaltung Kleinbrunnen	298
6.5.5	Offene Wasserhaltung	299
6.5.6	Restwasserhaltung in dichten Trögen	307
6.5.7	Versickerung	312
6.6	Ausführung der Wasserhaltung	316
6.6.1	Schwerkraftentwässerung mit Brunnen	316
6.6.2	Vakuumentwässerung	319
6.6.3	Offene Wasserhaltung	320
6.7	Fehlerquellen der Wasserhaltung	321
6.7.1	Wahl des Wasserhaltungssystems	321
6.7.2	Dimensionierung der Wasserhaltung	322
6.7.3	Ausführung	323
6.8	Wirtschaftlichkeitsbetrachtung Baugrubensystem – Wasserhaltung	324
6.9	Literatur	325

7	Altlasten, Kontaminationen und Kampfmittel	327
7.1	Begriffsdefinitionen	329
7.2	Rechtliche und gesetzliche Grundlagen	335
7.3	Kategorisierung und Klassifizierung von Boden-, Bodenluft- und Gewässerverunreinigungen	337
7.3.1	Chemische Kontaminationen	339
7.4	Branchentypische Kontaminationsprofile	354
7.5	Erkundung kontaminationsverdächtiger Standorte	357
7.5.1	Erfassung und Erstbewertung (Phase I)	359
7.5.2	Orientierende Untersuchungen (Phase II a)	360
7.5.3	Gefährdungsabschätzung (Phase II b)	361
7.5.4	Sanierung, Sicherung und Nachsorge (Phase III)	362
7.6	Praxisbeispiele	364
7.6.1	Altstandorte	364
7.6.2	Altablagerungen	370
7.7	Sicherungs- und Sanierungsverfahren	371
7.7.1	Allgemein	371
7.7.2	Sicherung	373
7.7.3	Umlagerung von Boden	374
7.7.4	Dekontamination	375
7.7.5	Grundwassersanierung	376
7.7.6	Sicherung von Deponien	379
7.8	Einschlägige Normen	385
7.8.1	Allgemeines	385
7.8.2	Geotechnische Erkundung, Durchführung von Boden-, Bodenluft-, Deponiegas- sowie Gewässeruntersuchungen	385
7.9	Literatur	392
7.10	Gesetze und Verordnungen	394
8	Geotechnische Bauverfahren	397
8.1	Einleitung	397
8.2	Bohrtechnik	398
8.2.1	Einleitung	398
8.2.2	Bohrverfahren und Bohrwerkzeuge für Kleinlochbohrungen	401
8.2.3	Bohrverfahren und Bohrwerkzeuge für Großlochbohrungen	406
8.3	Pfähle	413
8.3.1	Einleitung	413
8.3.2	Regelwerke	414
8.3.3	Bohrpfähle ($0,3 \text{ m} \leq D \leq 3,0 \text{ m}$)	414
8.3.4	Verdrängungspfähle	422
8.3.5	Mikropfahl ($\varnothing < 0,3 \text{ m}$)	426
8.4	Ankertechnik	428
8.4.1	Einleitung	428
8.4.2	Regelwerke	429
8.4.3	Aufbau von Verpressankern	430
8.4.4	Stahlzugglieder bei Verpressankern	430
8.4.5	Korrosionsschutz bei Verpressankern	432

8.4.6	Herstellung von Verpressankern	434
8.4.7	Spannverfahren	435
8.4.8	Sonderanker	436
8.5	Schlitzwandtechnik	436
8.5.1	Einleitung	436
8.5.2	Regelwerke	437
8.5.3	Ausrüstung	437
8.5.4	Herstellungsverfahren	440
8.5.5	Ausführungsschritte	442
8.6	Spundwandbauweise	448
8.6.1	Allgemeines	448
8.6.2	Baustoffe und Spundwandprofile	448
8.6.3	Einbringtechniken	452
8.6.4	Einbringhilfen	460
8.6.5	Lagegenauigkeit	462
8.6.6	Ziehen von Spundbohlen	464
8.6.7	Dichtigkeit – Probleme und Maßnahmen zur Ertüchtigung	464
8.6.8	Hinweise zu Entwurf und Ausführung	465
8.7	Literatur	466
9	Baugrundverbesserung	469
9.1	Einleitung	469
9.2	Vertikaldrains	469
9.2.1	Einleitung	469
9.2.2	Verfahren und Geräte	470
9.2.3	Entwurf und Bemessung	474
9.2.4	Überwachung und Prüfung	476
9.2.5	Zusammenfassung	477
9.3	Tiefenrüttelverfahren	478
9.3.1	Einleitung	478
9.3.2	Verfahren und Geräte	478
9.3.3	Entwurf und Bemessung	481
9.3.4	Überwachung und Prüfung	487
9.3.5	Zusammenfassung	489
9.4	Fallplattenverdichtung	489
9.4.1	Einleitung	489
9.4.2	Verfahren und Geräte	489
9.4.3	Entwurf und Bemessung	492
9.4.4	Überwachung und Prüfung	494
9.4.5	Zusammenfassung	495
9.5	Düsenstrahlverfahren	495
9.5.1	Einleitung	495
9.5.2	Verfahren und Geräte	495
9.5.3	Entwurf und Bemessung	498
9.5.4	Überwachung und Prüfung	500
9.5.5	Zusammenfassung	501

9.6	Verdichtungsinjektion	501
9.6.1	Einleitung	501
9.6.2	Verfahren und Geräte	501
9.6.3	Entwurf und Bemessung	504
9.6.4	Überwachung und Prüfung	505
9.6.5	Zusammenfassung	506
9.7	Hebungsinjektion	506
9.7.1	Einleitung	506
9.7.2	Verfahren und Geräte	506
9.7.3	Entwurf und Bemessung	509
9.7.4	Überwachung und Prüfung	511
9.7.5	Zusammenfassung	512
9.8	Injektionen ohne Baugrundverdrängung	513
9.8.1	Einleitung	513
9.8.2	Verfahren und Geräte	513
9.8.3	Entwurf und Bemessung	521
9.8.4	Überwachung und Prüfung	524
9.8.5	Zusammenfassung	526
9.9	Tiefe Bodenvermörtelung	527
9.9.1	Einleitung	527
9.9.2	Verfahren und Geräte	528
9.9.3	Entwurf und Bemessung	534
9.9.4	Überwachung und Prüfung	538
9.9.5	Zusammenfassung	539
9.10	Zusammenfassung	539
9.11	Literatur	539
10	Flachgründungen	543
10.1	Einführung	543
10.2	Bemessung von Flachgründungen	544
10.2.1	Beschreibung der Boden-Bauwerk-Interaktion zur Ermittlung von Sohldruckverteilung und Setzungen	545
10.2.2	Geotechnische Nachweise im Grenzzustand der Tragfähigkeit	560
10.2.3	Nachweis der Gebrauchstauglichkeit	565
10.2.4	Nachweisführung mit Hilfe der aufnehmbaren Bodenpressung	568
10.3	Praxis-Hinweise zu Bemessung und Ausführung	568
10.4	Literatur	569
11	Pfahlgründungen	571
11.1	Einleitung	571
11.1.1	Anwendungsbereich	571
11.1.2	Maßgebliche nationale technische Vorschriften für Pfähle	571
11.1.3	Pfahlgründungssysteme – Einzelpfahllösungen, Pfahlroste, Pfahlgruppen, Kombinierte Pfahl-Plattengründungen (KPP)	572
11.1.4	Baugrunduntersuchungen für Pfahlgründungen	572
11.2	Einzelpfähle – Tragverhalten und Widerstände bei axialer Belastung	575
11.2.1	Allgemeines	575
11.2.2	Axiales Tragverhalten	575

- 11.2.3 Ermittlung der Pfahlwiderstände für axiale Belastung – Allgemeines ... 578
- 11.2.4 Ermittlung von Pfahlwiderständen aus statischen Probebelastungen ... 578
- 11.2.5 Ermittlung von Pfahlwiderständen aus dynamischen
Probebelastungen 580
- 11.2.6 Axiale Pfahlwiderstände aus Erfahrungswerten 581
- 11.2.7 Axiale Pfahlwiderstände aus empirischen und
erdstatischen Verfahren 593
- 11.2.8 Pfahlwiderstände bei Mantel- und Fußverpressung 594
- 11.3 Einzelpfähle – Tragverhalten und Widerstände bei Belastung
quer zur Pfahlachse 595
 - 11.3.1 Biegeweiche Pfähle – Bettungsmodulverfahren 596
 - 11.3.2 Kurze starre Pfähle – Dalbentheorie nach Blum 597
- 11.4 Bemessung 598
 - 11.4.1 Sicherheitskonzept 598
 - 11.4.2 Einwirkungen aus dem Baugrund 599
 - 11.4.3 Nachweis der Tragfähigkeit 607
 - 11.4.4 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit 610
- 11.5 Pfahlgruppen 610
 - 11.5.1 Axial beanspruchte Pfahlgruppen 610
 - 11.5.2 Tragverhalten und Nachweise von horizontal
beanspruchten Pfahlgruppen 612
- 11.6 Probebelastungen 613
 - 11.6.1 Statische axiale Pfahlprobebelastungen 614
 - 11.6.2 Statische Probebelastungen quer zur Pfahlachse 615
 - 11.6.3 Dynamische Pfahlprobebelastungen 617
- 11.7 Qualitätssicherung bei der Bauausführung 619
 - 11.7.1 Allgemeines 619
 - 11.7.2 Qualitätsprüfungen 619
- 11.8 Literatur 621

- 12 Böschungen und konstruktive Hangsicherungen, Baugruben 623**
 - 12.1 Einführung 623
 - 12.2 Systematik der Böschungs- und Hangsicherungen 623
 - 12.3 Entwurfs- und Berechnungsgrundlagen 625
 - 12.3.1 Belastungen und Widerstände 625
 - 12.3.2 Nachweisverfahren 635
 - 12.3.3 Berechnungsverfahren 643
 - 12.3.4 Sicherheitskonzepte 646
 - 12.3.5 Normative Berechnungs- und Bemessungsgrundlagen 647
 - 12.4 Freie Böschungen 652
 - 12.4.1 Allgemeines 652
 - 12.4.2 Neigungsempfehlungen für die Vordimensionierung
von Böschungen 653
 - 12.4.3 Rechnerische Standsicherheitsnachweise 653
 - 12.5 Ingenieurbiologische Sicherungsmaßnahmen 676
 - 12.5.1 Deckbauweisen 676
 - 12.5.2 Stabilbauweisen 677
 - 12.5.3 Kombinierte Bauweisen 679

12.6	Konstruktive Böschungssicherungen	680
12.6.1	Bewehrte Erde Konstruktionen	680
12.6.2	Geokunststoffbewehrte Stützkonstruktionen	684
12.6.3	Bodenvernagelung	687
12.7	Stützbauwerke	690
12.7.1	Flach gegründete Stützbauwerke	690
12.7.2	Tief gegründete Stützbauwerke	721
12.7.3	Verankerungen	755
12.8	Sonstige Stützkonstruktionen	757
12.8.1	Fangedämme	757
12.8.2	Aufgelöste Stützkonstruktionen	761
12.8.3	Galerien	762
12.8.4	Schalentragwerke	763
12.9	Entwässerungsmaßnahmen	764
12.9.1	Hangstabilisierung durch Entwässerung	764
12.9.2	Entwässerungseinrichtungen bei Stützkonstruktionen	766
12.10	Baugrubensicherungen	768
12.11	Erdwärmennutzung durch Stützkonstruktionen	772
12.12	Literatur	775
13	Tunnelbau und unterirdischer Hohlraumbau	781
13.1	Einführung	781
13.1.1	Geschichte und Bedeutung	781
13.1.2	Statistik	787
13.2	Begriffe und Bezeichnungen	790
13.3	Offene Bauweisen	792
13.3.1	Einführung und geschichtlicher Hintergrund	792
13.3.2	Baugruben	793
13.3.3	Stahlbetonkonstruktionen	798
13.3.4	Rahmenkonstruktionen aus Spundwänden mit Stahlbetonwänden und -decken	802
13.3.5	Deckelbauweise	806
13.3.6	Rahmenvorschub	811
13.4	Geschlossene Bauweisen	812
13.4.1	Einführung	812
13.4.2	Einfluss des Gebirges	813
13.4.3	Vortrieb	822
13.4.4	Konventionelle Vortriebsmethoden	823
13.4.5	Tunnelvortriebsmaschinen	827
13.4.6	Schildmaschinen	828
13.4.7	Tunnelbohrmaschinen	837
13.4.8	Sicherungsmittel	841
13.4.9	Ausbau	851
13.5	Abdichtung	853
13.6	Der Vortrieb kleiner Querschnitte	861
13.6.1	Allgemeines	861
13.6.2	Verfahrensübersicht	862

13.6.3	Verfahrenswahl und Vorerkundung	862
13.6.4	Rohrvortrieb	863
13.6.5	Mikrotunnelbau	867
13.6.6	Das HDD-Verfahren	868
13.7	Literatur	871
14	Geotechnik im Hochwasserschutz	875
14.1	Geotechnische Fragestellungen	875
14.2	Grundlagen geotechnischer Planungen	877
14.2.1	Baugrund und Grundwasser	877
14.2.2	Bestandsbauwerke	878
14.2.3	Maßgebende Auswirkungen	879
14.3	Systeme	880
14.3.1	Deiche	880
14.3.2	HWS-Mauern und HWS-Wände	882
14.3.3	Mobile Systeme	884
14.3.4	Rückhaltebecken und Flutpolder	886
14.3.5	Entlastungstollen und Flutmulden	888
14.4	Bemessungswasserstand	888
14.4.1	Freibord	889
14.5	Deiche	891
14.5.1	Aufbau und Baustoffe	891
14.5.2	Dichtungssysteme	894
14.5.3	Oberflächendichtungen	894
14.5.4	Innendichtungen	896
14.6	Sanierung bestehender Deiche	902
14.7	Überströmbare Deiche	904
14.8	Standsicherheitsnachweise	905
14.8.1	Geotechnische Untersuchungen	905
14.8.2	Maßgebende Lastfälle	907
14.8.3	Nachweise	908
14.8.4	Geotechnische Nachweise	911
14.9	Leitungen und Bauwerke in Deichen	917
14.9.1	Leitungen	917
14.9.2	Bauwerke	918
14.10	Gehölze an Deichen	918
14.11	Qualitätskontrollen im Deichbau	920
14.11.1	Während der Baumaßnahme	920
14.11.2	Nach der Fertigstellung	922
14.12	Deichverteidigung	923
14.13	Literatur	924
15	Geotechnische Messverfahren	925
15.1	Einleitung	925
15.2	Geotechnische Messungen	926
15.2.1	Ziel geotechnischer Messungen	926
15.2.2	Gemessene bzw. abgeleitete Größen	929
15.2.3	Messmethoden	935

15.2.4	Messinstrumente	937
15.2.5	Auslegung und Planung von Mess- und Überwachungs- programmen	949
15.2.6	Aufzeichnung von Messergebnissen	950
15.2.7	Auswertung von Messergebnissen	951
15.2.8	Anwendung geotechnischer Messverfahren	952
15.3	Geographische Informationssysteme (GIS)	957
15.3.1	Welche Informationen können abgefragt werden?	957
15.3.2	Einsatz der GIS-Informationen in der Praxis	959
15.3.3	Informationsquellen – Beispiele	962
15.4	Literatur	963
16	Baugrund- und Tiefbaurecht	965
16.1	Ausschreibungsvorgaben zum Baugrund und die richtige Baugrundausschreibung	965
16.1.1	„Ohne Grund und Boden geht das Bauen nicht.“	965
16.1.2	Was ist „Baugrund“?	966
16.1.3	DIN EN 1997-2, ergänzt durch DIN 4020 als „Baugrund-Bibel“	967
16.1.4	Der Baugrund ist Baustoff	971
16.1.5	Rechtsfolgen aus der Gleichsetzung von Baugrund und Baustoff	972
16.1.6	Zwischenergebnis	974
16.1.7	Ausschreibungsvorgaben des § 7 VOB/A	974
16.2	Die Beweisführung bei Tiefbauarbeiten	977
16.2.1	Beweislastregeln für die Vergütung	978
16.2.2	Beweislastregeln für Schadensersatzansprüche	978
16.2.3	Beweisgrundsätze für §§ 906 und 909 BGB	980
16.2.4	Beweisgrundsätze für die Mangelfreiheit	980
16.2.5	Besonderheiten der Beweisführung bei Tiefbauleistungen	981
16.2.6	Beweismöglichkeiten im Tiefbau	989
16.2.7	Anwendung der „5-M-Methode“ bei Tiefbauleistungen	991
16.3	Checkliste für Tiefbauarbeiten	993
16.4	Sonderprobleme beim Tiefbau	994
16.4.1	„Bauhilfen“ – ein Überblick	994
16.4.2	Definitionen: „Baubehelf“, „Bauhilfsgewerk“ und „Hilfsbauwerk“	995
16.4.3	Die baurechtliche Relevanz der Begriffe	998
16.4.4	Abnahme, Vergütung, Sicherheiten und Mängelhaftung bei Hilfskonstruktionen bzw. Bauhilfsgewerken	1000
16.5	Der Bundesgerichtshof und die Baugrundprobleme	1003
16.6	Schlussbemerkung	1004
	Sachwortverzeichnis	1005