

Inhaltsverzeichnis

Autorenverzeichnis.....	XXI
1 Erkunden und Beschreiben des Untergrundes für bautechnische Zwecke	1
<i>Wolfgang Dachroth</i>	
1.1 Begriffe zum stofflichen Beschreiben und Benennen von Boden	4
1.1.1 Beschreibung von Boden und Mineralstoffen nach Korngröße und Korngrößenverteilung	5
1.1.2 Beschreiben von Boden nach Wassergehalt, Plastizität und Konsistenz	8
1.1.3 Beschreiben von Boden nach der organischen Substanz	8
1.2 Begriffe zum stofflichen Beschreiben und Benennen von Gesteinen	9
1.2.1 Beschreiben von Gesteinen nach der Petrographie	9
1.2.2 Beschreiben von Gesteinen nach dem Wassergehalt	10
1.2.3 Beschreiben von Gesteinen nach dem Verwitterungsgrad	10
1.2.4 Beschreiben der Gesteine nach der Festigkeit	12
1.2.5 Beschreiben der Gesteine nach der Beständigkeit oder Veränderlichkeit	12
1.2.6 Beschreiben der Gesteine nach der Härte und Bearbeitbarkeit	12
1.2.7 Beschreiben der Gesteine nach der Löslichkeit	13
1.2.8 Beschreiben von Kohle und brennbaren Gesteinen	13
1.2.9 Beschreiben erdöhlaltiger Gesteine	13
1.3 Begriffe zum stofflichen Beschreiben und Benennen von Fels	14
1.3.1 Beschreiben von Fels nach der Art der Trennflächen	14
1.3.2 Beschreiben von Fels nach dem Trennflächenabstand	15
1.3.3 Beschreiben von Fels nach dem Trennflächengefüge	15
1.3.4 Beschreiben von Fels nach der Raumlage der Haupttrennflächen	17
1.3.5 Beschreiben von Fels nach der Oberflächenausbildung der Trennflächen	17
1.3.6 Beschreiben von Fels nach Kluftöffnungsweite, Spaltenfüllung und Wasserführung	17
1.3.7 Beschreiben von Fels nach dem Grad der physikalischen Verwitterung und nach dem Auflockerungsgrad	18
1.3.8 Beschreiben von Fels nach dem Grad der chemischen Verwitterung	18
1.4 Allgemeine Anforderungen an das geotechnische Untersuchen von Boden und Fels	20
1.4.1 Qualitätskriterien für Bodenproben	21
1.4.2 Qualitätskriterien für Bohrgut aus Festgestein	21
1.5 Direktes Untersuchen des Untergrundes in begehbaren Aufschlüssen	23
1.5.1 Aufschlüsse	23
1.5.2 Schürfe	23
1.5.3 Schächte	24
1.5.4 Stollen	25
1.6 Direktes Untersuchen des Untergrundes durch Bohren	25
1.6.1 Bohrverfahren in Böden	26
1.6.2 Bohrverfahren im Festgestein	28
1.6.3 Horizontalbohrverfahren	31
1.6.4 Geotechnische Aufnahme von Bohrgut aus Festgestein	31
1.6.5 Zeichnerisches Darstellen von Schichtenfolgen	32
1.7 Messtechnisches Untersuchen und Überwachen im Baugrund	33
1.7.1 Geodätisches Einmessen von Höhen, Längen und Winkeln	33
1.7.2 Bohrlochmessungen	35
1.8 Indirektes Untersuchen des Untergrundes durch Sondieren	37
1.8.1 Rammsondierungen	37
1.8.2 Bohrlochrammsondierungen	38
1.8.3 Drucksondierung	39
1.9 Geophysik – Indirektes und zerstörungsfreies Untersuchen des Untergrundes mit physikalischen Verfahren	40
1.9.1 Seismik	40
1.9.2 Geoelektrische Widerstandsmessung	47
1.9.3 Bodenradar (Georadar)	48

1.9.4	Geomagnetik	50
1.9.5	Cereskopie – Messen natürlich ermittelter elektromagnetischer Impulse – NPEMFE	52
1.9.6	Geophysikalische Bohrlochuntersuchungen	53
1.10	Wasser im Baugrund	58
1.10.1	Niederschlag	58
1.10.2	Oberflächenwasser	59
1.10.3	Vadoses Wasser – unterirdisches Wasser in der ungesättigten Bodenzone	60
1.10.4	Grundwasser – unterirdisches Wasser in der gesättigten Bodenzone	62
1.10.5	Erkunden der hydrologischen Situation	67
1.10.6	Ermitteln der Grundwasserqualität	71
1.10.7	Hydraulische Eigenschaften von Böden, Gesteinen und Gebirge	72
1.11	Schadstoffe im Baugrund	75
1.11.1	Wirkung von Schadstoffen	77
1.11.2	Erkunden von Schadstoffen	78
1.11.3	Probenahme	79
1.11.4	Chemisches Untersuchen	82
1.11.5	Darstellen aufgefundener Schadstoffe	82
1.11.6	Grenz- und Richtwerte der Bundesbodenschutzverordnung	82
1.11.7	Bewerten von Schadstoffen im Baugrund – rechtliche Fragen	87
1.12	pH-Wert von Böden	87
1.13	Homogenität und Inhomogenitäten im Baugrund	89
1.13.1	Stoffliche Homogenbereiche	89
1.13.2	Homogenbereiche in tektonisch verformtem Gebirge	90
1.13.3	Homogenbereiche in Verwitterungsböden	92
1.13.4	Nässe- und feuchtigkeitsbedingte Inhomogenitäten	93
1.13.5	Felsgestein an der Oberfläche – Felsen, Blöcke und Krusten	93
1.13.6	Höhlen und Hohlräume im Baugrund	94
1.14	Isotrope oder anisotrope Spannungsverteilung im Boden	95
1.15	Korngröße und Korngrößenverteilung	96
	<i>J. Brezina, W. Dachroth</i>	
1.15.1	Geometrische Korngrößen	97
1.15.2	Sedimentationskorngrößen	99
1.15.3	Darstellen der Korngrößenverteilung	109
1.15.4	Bewerten der Methoden zur Korngrößenanalyse sandkörniger Partikel	110
1.15.5	Methodenbewertung zur Korngrößenanalyse feinkörniger Partikel	111
1.15.6	Korngrößenunabhängige Analyseverfahren	112
1.16	Wassergehalt	113
1.16.1	Effektiver Wassergehalt	113
1.16.2	Angabe des Wassergehaltes in Volumenprozent	114
1.16.3	Wassergehalt zum Ermitteln von Plastizität, Konsistenz und Schrumpfmaß feinkörniger Böden	114
1.17	Wichte und Dichte	115
1.17.1	Wichte	115
1.17.2	Dichte	115
1.17.3	Proctordichte	117
1.17.4	Lagerungsdichte	118
1.18	Organische Substanz	119
1.19	Festigkeit	120
1.19.1	Druckfestigkeit	120
1.19.2	Zugfestigkeit	121
1.19.3	Scherfestigkeit	122
1.20	Verformbarkeit	128
1.20.1	Verformbarkeit von Boden	129
1.20.2	Verformbarkeit von Fels	133
1.21	Messen von Spannungen und Spannungsänderungen	140
	Literatur	141

2	Geogene Gefahren	143
	<i>Wolfgang Dachroth</i>	
2.1	Erdbeben und Erschütterungen	146
2.1.1	Ursache von Erdbeben.....	146
2.1.2	Ausbreiten von Erdbebenwellen.....	147
2.1.3	Stärke von Erdbeben.....	147
2.1.4	Erdbebenhäufigkeit, Erdbebengefährdung und Erdbebenrisiko.....	148
2.1.5	Erdbebensicheres Bauen.....	151
2.1.6	Vorhersage von Erdbeben.....	152
2.1.7	Messtechnisches Überwachen erdbebengefährdeter Gebiete – Monitoring.....	152
2.1.8	Erschütterungen und Schwingungsübertragung auf Bauwerke.....	153
2.2	Vulkanismus	153
2.2.1	Vulkanische Produkte.....	155
2.2.2	Vulkanische Landschaftsformen.....	155
2.2.3	Arten und Gefahrenpotential der Vulkaneruptionen.....	156
2.2.4	Von Vulkanen ausgehende Gefahren.....	157
2.2.5	Vulkan-Observation (Monitoring).....	157
2.2.6	Katastrophenvorhersage und Schutzmaßnahmen.....	158
2.3	Verwitterung	158
2.3.1	Physikalische Verwitterung.....	159
2.3.2	Chemische Verwitterung.....	161
2.3.3	Lösungsverwitterung.....	161
2.3.4	Hydrolytische Verwitterung der gesteinsbildenden Minerale.....	164
2.3.5	Oxidationsverwitterung.....	165
2.3.6	Klimazonale Unterschiede der Verwitterung.....	165
2.3.7	Bausteinverwitterung und Verwitterung an freistehenden Felsen.....	167
2.3.8	Lage und Exposition von Bauwerksteilen und Felswänden.....	167
2.3.9	Verwitterungsbedingungen für Bausteine.....	168
2.3.10	Verwitterungsarten an Felsen und Bausteinen.....	168
2.3.11	Schutz vor Bausteinverwitterung.....	170
2.3.12	Gruppieren der Bausteine nach den Verwitterungsformen.....	170
2.3.13	Prüfen und Bewerten verwitterungsgefährdeter Bausteine und Bauwerke.....	172
2.4	Krusten und Verkrustungen	172
2.4.1	Kalkkrusten.....	172
2.4.2	Gips- und Salzkrusten, Versalzung.....	173
2.4.3	Eisen- und Mangankrusten.....	174
2.4.4	Kieselkrusten (Silcretes, Duricretes).....	175
2.5	Natürlicher Erdabtrag – Erosion, Denudation	175
2.5.1	Erosion.....	176
2.5.2	Winderosion, Deflation, Windabrasion.....	179
2.5.3	Erdabtrag durch Betreten, Bearbeiten und Befahren.....	179
2.5.4	Überwachen und Beurteilen erosionsgefährdeter Bereiche.....	180
2.6	Rutschungen – unmittelbare Massenschwerebewegungen	180
2.6.1	Rutschungstyp „Kippen“.....	181
2.6.2	Rutschungstyp „Fallen“.....	181
2.6.3	Rutschungstyp Fließen – Lawinen – Muren – Kriechvorgänge.....	183
2.6.4	Rutschungstyp „Driften“.....	188
2.6.5	Rutschungstyp „Gleiten“.....	188
2.6.6	Rutschungsmerkmale.....	191
2.6.7	Rutschungsdimensionen.....	192
2.6.8	Zustand der Rutschungsaktivitäten.....	193
2.6.9	Verteilung der Rutschungsaktivitäten.....	193
2.6.10	Art der Rutschungsaktivitäten.....	194
2.6.11	Beobachten und Messtechnisches Überwachen von Rutschgebieten (Monitoring).....	194
2.6.12	Gefahrenbeurteilung.....	196
2.7	Erdfälle und Bodensenkungen	196

2.7.1	Geländeformen und Merkmale von geogen verursachten Erdfällen und Bodensenkungen	196
2.7.2	Art und Gefahr technisch verursachter Bodensenkungen	197
2.7.3	Klassifikation gesteinstypischer Subrosionsformen	198
2.7.4	Auslaugung sehr leicht löslicher Gesteine	198
2.7.5	Auslaugung in leichtlöslichen Gesteinen – Salzkarakst, Chloridkarst	199
2.7.6	Auslaugung in löslichen Gesteinen – Anhydritkarst, Gipskarst	199
2.7.7	Auslaugung in schwerlöslichen Gesteinen – Carbonatkarst	200
2.7.8	Auslaugung in sehr schwer löslichen Gesteinen – Silikatkarst	201
2.7.9	Dimensionen von Erdfällen und Senkungen	201
2.7.10	Abschätzen des Schadenrisikos in Erdfallgebieten	201
2.7.11	Messtechnisches Überwachen erdfallgefährdeter Gebiete (Monitoring)	202
2.7.12	Technische Maßnahmen zum Vermeiden und Beheben von Bergschäden	202
2.8	Wasser und Wind – Erosion, Denudation, Transport und Anlanden von Boden	202
2.8.1	Bewegungsformen des fließenden Wassers – Abflusstypen	203
2.8.2	Art der vom fließenden Wasser transportierten und abgelagerten Feststoffe	204
2.8.3	Schichtfluten und Flächenspülungen – Art der Ablagerungen	205
2.8.4	Flusslandschaften und Flusstypen – Art der Ablagerungen	205
2.8.5	Fließwege und Strömungen im Küstenbereich – Art der Ablagerungen	211
2.8.6	Art der von unterirdischem Wasser transportierten und abgelagerten Feststoffe	212
2.8.7	Art der von Wind transportierten und abgelagerten Feststoffe	212
2.9	Ansteigen und Absinken von Wasserständen	213
2.9.1	Schwankungen des Meeresspiegels	214
2.9.2	Schwankungen bei Seewasserständen	216
2.9.3	Schwankungen bei Flusswasserständen	217
2.9.4	Schwankungen bei Grundwasserständen	219
2.10	Frost im Baugrund	221
2.10.1	Eigenschaften des gefrorenen Bodens	221
2.10.2	Frostsprengung und Frostbeständigkeit	222
3	Umweltverträglichkeitsprüfung – Leitfaden zur Festlegung des geowissenschaftlichen Untersuchungsrahmens	223
	<i>Baldur Junker</i>	
3.1	Zweck, Inhalt und Verfahren der Umweltverträglichkeitsprüfung	225
3.2	Anwendung des Leitfadens mit Tabellen	226
3.3	Aufbau der Tabellen	227
3.3.1	Betroffenheiten der Schutzgüter	227
3.3.2	Geowissenschaftliche Untersuchungsschwerpunkte	231
3.3.3	Untersuchungsfelder	232
3.4	Schlussbemerkungen	235
3.5	Schriftenverzeichnis zur Umweltverträglichkeitsprüfung	235
3.5.1	Rechtsgrundlagen, Prüfungsinhalte und -methoden	235
3.5.2	Tabellen Geowissenschaftlicher Untersuchungsrahmen der Umweltverträglichkeitsprüfung für Vorhaben der Anlage zu § 3 UVPG	236
	Literatur	252
4	Klassifizieren und Bewerten von Boden und Fels für bautechnische Zwecke	253
	<i>Wolfgang Dachroth</i>	
4.1	Klassifikation, Klassifizieren, Zuordnen	254
4.1.1	Bodenklassifikation für bautechnische Zwecke nach DIN 18196	254
4.1.2	Boden- und Felsklassen für den Zustand beim Lösen nach DIN VOB-Teil C (2016), ATV DIN 18300 (2006) und ZTVE-StB 09	256
4.1.3	Boden- und Felsklassen bei Bohrarbeiten nach ATV DIN 18301	259
4.1.4	Boden- und Felsklassen bei Nassbaggerarbeiten nach ATV DIN 18311	261
4.1.5	Boden und Felsklassen bei Rohrvortriebsarbeiten nach DIN 18319	262
4.1.6	Klassifizieren nach dem Merkblatt über Felsgruppenbeschreibungen für bautechnische Zwecke im Straßenbau	262

4.2	Bewerten von Boden- und Felsarten für den Einbau	263
4.2.1	Feinkörnige Böden	264
4.2.2	Gemischtkörnige Böden	266
4.2.3	Grobkörnige Böden	266
4.2.4	Gebrochenes Felsmaterial bzw. Gestein	267
4.2.5	Klassifikation zur Verdichtbarkeit von Böden nach ZTVA-StB	268
4.3	Klassifizieren von Böden zur Frostempfindlichkeit nach ZTVE-StB	268
5	Abtrag von Boden und Fels	269
	<i>Wolfgang Dachroth</i>	
5.1	Abtrag für den Aushub von Baugruben, Gräben und Geländeanschnitten	270
5.2	Abtrag von Boden	270
5.3	Abtrag von Fels	270
5.3.1	Felslösen mit Reißzahn oder Meißel	273
5.3.2	Felslösen durch Sprengen	274
5.3.3	Gebirgsschonendes Profilsprengen	275
5.3.4	Gebirgsschonendes Gewinnsprengen	277
5.3.5	Gebirgsschonendes Sprengen mit Expansionsmitteln	278
5.3.6	Zerkleinern von übergroßem Haufwerk und Abbau von Felsrippen	281
5.4	Abtrag zum Gewinnen von Baustoffen	281
5.4.1	Gewinnen von Sand und Kies	282
5.4.2	Gewinnen von Ton und Lehm	285
5.4.3	Gewinnen von Naturstein	286
5.4.4	Gewinnen von Naturwerksteinen	288
6	Wasserhaltung, Entwässerung und Wasserversickerung	291
	<i>Wolfgang Dachroth</i>	
6.1	Offene Wasserhaltung	292
6.1.1	Wasserhaltung mit Fangdämmen in offenen Gewässern	292
6.1.2	Offene Wasserhaltung im Grundwasser	293
6.2	Geschlossene Wasserhaltung	295
6.2.1	Grundwasserabsenkung mit Brunnen	295
6.2.2	Unterdruckentwässerung	296
6.2.3	Entwässern mit dem Elektroosmose-Verfahren	297
6.3	Grundwasserabsenkung bei gespanntem Grundwasserspiegel	298
6.3.1	Hydraulischer Grundbruch	298
6.3.2	Erosionsgrundbruch	301
6.4	Bauen im Schutz wasserdichter Wann	302
6.4.1	Möglichkeiten der Sohlabdichtung bei Baugrubenkonstruktionen	302
6.5	Dränanlagen	305
6.6	Abdichten von Kellern und Tiefgeschossen	306
6.7	Versickern von Oberflächenwasser	309
6.8	Verpressen von Wasser über Bohrbrunnen	311
7	Standfestigkeit, Sicherung und Verbau von Ein- und Anschnitten im Gelände	317
	<i>Wolfgang Dachroth</i>	
7.1	Böschungen in anstehendem Boden	318
7.1.1	Böschungsneigung in anstehendem Boden	318
7.1.2	Geböschte Baugruben in Boden	321
7.2	Böschungen im Felsgestein	322
7.2.1	Standardisierte Entwurfsböschungen in Fels	323
7.2.2	Gefügeangepasste Böschungen in Fels	323
7.3	Böschungssicherung gegen Verwitterung und Erosion	324
7.3.1	Entwässerung	325
7.3.2	Böschungssicherung mit ingenieurbioologischen Bauweisen	325
7.3.3	Böschungssicherung durch Pflaster	326

7.3.4	Böschungssicherung durch Futtermauern	327
7.3.5	Böschungssicherung durch Spritzbeton	327
7.3.6	Ertüchtigen zu steil angelegter Böschungen	328
7.4	Erddruck	329
7.5	Konstruktive Böschungssicherung gegen Geländebruch	333
7.5.1	Stützmauern	333
7.5.2	Stützwände	338
7.5.3	Anker und verankerte Konstruktionen	343
7.5.4	Nägel, Vernagelungen und Mikropfähle	354
7.6	Verbau von Baugruben und Gräben	355
7.6.1	Senkrechter Verbau	355
7.6.2	Waagerechter Verbau	356
7.6.3	Trägerbohlwände	358
7.6.4	Moderner Grabenverbau	358
8	Erdbau – Bauen in und mit Erde	361
	<i>Wolfgang Dachroth</i>	
8.1	Gründungsvorbereitende Arbeiten auf tragfähigem Untergrund	362
8.2	Gründungsvorbereitende Arbeiten auf wenig tragfähigem Untergrund	362
8.2.1	Baugrundverbesserung durch Entwässern	362
8.2.2	Baugrundverbesserung durch tiefgründiges Verdichten	363
8.2.3	Baugrundverbesserung durch Einarbeiten von Grobkorn	364
8.2.4	Baugrundverbesserung durch Bodenaustausch	365
8.2.5	Baugrundverbesserung durch Verfüllen von Hohlräumen	367
8.2.6	Baugrundverbesserung durch Einbau verfestigter Säulen und Scheiben	369
8.3	Einbauen und Verdichten von Boden	370
8.3.1	Wirkungsweise von Verdichtungsgeräten	371
8.3.2	Verbessern der Einbaueigenschaften von Erdbaustoffen	373
8.4	Bodenverbesserung und Bodenverfestigung mit Bindemitteln	374
8.4.1	Chemische Wirkung des Kalkes in Böden	376
8.4.2	Physikalische Wirkung des Kalkes in Böden	377
8.4.3	Zement und Reaktionen von Zement beim Abbinden	378
8.4.4	Eignungsprüfungen bei Bodenbehandlungen mit Kalk	379
8.4.5	Eignungsprüfungen bei Bodenverfestigung mit Zement	380
8.5	Bodenverfestigung mit bituminösen Bindemitteln	382
8.6	Einbau von Geotextilien, Geogittern, Bewehrungsbändern und Folien	385
8.6.1	Geotextilien	385
8.6.2	Geogitter und Bewehrungsbänder	386
8.6.3	Folien	386
8.7	Überwachen und Prüfen von Erdbaumaßnahmen	387
8.8	Ermitteln des Massenbedarfs bei Auflockerung und Überverdichtung	390
8.8.1	Faktoren für das Auflockern und Überverdichten	390
8.8.2	Dichte des aufgelockerten Bodens beim LKW-Transport	390
9	Standfestigkeit und Sicherung von Erdbauwerken	393
	<i>Wolfgang Dachroth</i>	
9.1	Standfestigkeit von Erdbauwerken	394
9.1.1	Grundbruchsicherheit von Erdbauwerken	394
9.1.2	Böschungsneigung und Sicherheit gegen Böschungsbruch	394
9.1.3	Gleitsicherheit von Erdbauwerken	396
9.1.4	Abschätzen der Standfestigkeit über wenig tragfähigem Untergrund	397
9.1.5	Setzung und Eigenkonsolidation von Dämmen	399
9.2	Sichern der Erdbauwerke vor Verwitterung und Erosion	402
9.3	Konstruktive Böschungssicherung bei Erdbauwerken	402
9.3.1	Winkelstützmauern	402
9.3.2	Bewehrte Erde	404

9.3.3	Stützbauwerke aus TEXSOL	405
9.3.4	In sich verankerte Mauern (Schlaufenwände)	407
10	Sicherungsmaßnahmen in durch Rutschung gefährdetem Gelände	409
	<i>Wolfgang Dachroth</i>	
10.1	Maßnahmen gegen Steinschlag, Blocksturz, Felssturz und Bergsturz	410
10.1.1	Vorbeugende Maßnahmen gegen Steinschlag und Blocksturz	410
10.1.2	Vorbeugende Maßnahmen gegen Block- und Felssturz	412
10.1.3	Vorbeugende Maßnahmen bei Bergsturzgefahr	413
10.2	Sicherungsmaßnahmen zum Vorbeugen gegen Lawinen und Muren	415
10.2.1	Vorbeugende Maßnahmen gegen Murgang	415
10.2.2	Vorbeugende Maßnahmen gegen Stein- und Blocklawinen	415
10.2.3	Vorbeugende Maßnahmen gegen Schneelawinen	415
10.3	Stabilisieren von Rutschhängen	416
11	Gründen von Bauwerken	421
	<i>Wolfgang Dachroth</i>	
11.1	Übertragen von Bauwerkslasten auf den Baugrund	423
11.1.1	Flächengründungen	424
11.1.2	Pfahlgründungen	426
11.2	Bewerten von Bauwerk und Baugrund bei Gründungsaufgaben	427
11.2.1	Geotechnische Kategorie	428
11.2.2	Bemessungssituationen	429
11.2.3	Sicherheitsanforderungen	429
11.3	Bemessen von Flächengründungen nach Erfahrungswerten	431
11.4	Bemessen von Flächengründungen durch den Nachweis der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit für die geplanten Bauwerke	433
11.4.1	Stand sicherheitsnachweis gegen Grundbruch	434
11.4.2	Nachweis der Sicherheit gegen Gleiten – Verschieben auf horizontaler oder nur schwach geneigter Sohlfuge	435
11.4.3	Stand sicherheitsnachweis gegen Gelände- und Böschungsbruch – Rutschen auf geneigter Gleitfläche	436
11.5	Bemessen von Flächengründungen über den Nachweis von Verformungen	440
11.5.1	Ermitteln voraussichtlicher Setzbeträge mithilfe geschlossener Formeln	443
11.5.2	Ermitteln voraussichtlicher Setzbeträge mithilfe lotrechter Spannungen im Boden	443
11.5.3	Berechnungsbeispiele	447
11.5.4	Ungleiche Setzungen	447
11.5.5	Berechnen des Setzungsanteils aus einer Grundwasserabsenkung	448
11.5.6	Ermitteln der Setzungszeiten	449
11.6	Spannungsverteilung in der Gründungssohle	450
11.6.1	Wechselwirkung zwischen Baugrund und Bauwerk	450
11.6.2	Bettungsmodulverfahren	450
11.6.3	Steifemodulverfahren	451
11.7	Belasten des Baugrundes über Pfahlgründungen	452
11.7.1	Bemessen von Pfählen nach Erfahrungswerten	454
11.7.2	Bemessen von Pfählen über Probelastung	457
11.7.3	Bemessen und Überprüfen von Pfählen durch dynamische Testverfahren	458
11.8	Gründen über Hohlräumen und nachgebendem Baugrund	460
11.9	Gründen auf schwellfähigem Baugrund – Vermeiden von Hebungen	461
11.10	Unterfangen von Bauwerken	462
11.11	Kolkenschutz bei Gründungen in Flüssen oder in Überschwemmungsgebieten	463
11.11.1	Kolkgefahr und Kolkenschutz für Bauwerke in und an Flüssen	463
11.11.2	Kolkgefahr und Kolkenschutz für Bauwerke in Überschwemmungsgebieten	464
12	Bau von Verkehrswegen	465
	<i>Wolfgang Dachroth, Tilo Dachroth</i>	
12.1	Planen und Anlegen von Verkehrswegen	466
12.2	Erkunden der Bodenverhältnisse für den Verkehrswegebau	467
12.2.1	Morphologie	469

12.2.2	Geologie	469
12.2.3	Hydrogeologie	470
12.2.4	Abschätzen des Wasserabflusses	471
12.2.5	Geotechnisches Beschreiben der einzelnen Bodenschichten	472
12.2.6	Baugrunduntersuchung für Verkehrswegebau in Mooregebieten	473
12.3	Erdarbeiten im Verkehrswegebau	473
12.3.1	Abtrag von Boden und Fels beim Verkehrswegebau	474
12.3.2	Einbauen und Verdichten von Schüttmaterial	474
12.4	Mindestanforderungen an Planum und Untergrund bzw. Unterbau	475
12.4.1	Verdichtungsanforderungen bei Erdbauwerken im Straßenbau	475
12.4.2	Verdichtungsanforderungen bei Erdbauwerken der Deutschen Bahn	475
12.5	Anforderungen an Baustoffe und deren Verdichtung bei Tragschichten	475
12.5.1	Anforderungen an Tragschichten im Straßenbau	476
12.6	Bauverfahren auf wenig tragfähigem Untergrund	477
12.7	Frostschäden und Frostsicherheit im Straßenbau	478
12.7.1	Frostschäden	478
12.7.2	Voraussetzungen für Frostschäden	479
12.7.3	Maßnahmen gegen Frostschäden	479
13	Tunnelbau – unterirdischer Hohlraumbau	481
	<i>Wolfgang Dachroth</i>	
13.1	Geologie und Tunnelbau	483
13.1.1	Regionalgeologische Bestandsaufnahme	483
13.1.2	Baugeologische Bestandsaufnahme	485
13.1.3	Hydrogeologische Bestandsaufnahme	487
13.1.4	Gasführung im Gebirge	488
13.1.5	Gebirgswärme	489
13.1.6	Geotechnische Beschreibung des Gebirges	491
13.2	Gebirgsklassifikation für das Planen, Bemessen und Herstellen unterirdischer Hohlräume	492
13.2.1	Gebirgsklassifikation nach Lauffer	492
13.2.2	RQD-System (Rock Quality Designation; Deere 1973)	493
13.2.3	RMR-Gebirgskennwert (Rock Mass Classes and their Ratings; Bieniawski 1973, 1977)	494
13.2.4	Q-Gebirgsqualitätswert (Rock Quality Value; Barton et al. 1974)	494
13.3	Stand sicherheitsnachweise nach ZTV-ING, Teil 5	494
13.4	Vortriebs- und Ausbruchklassen für das Ausschreiben und Vergeben von Tunnelbauarbeiten	496
13.4.1	Vortriebsklassen nach DIN 18312: 2012	496
13.4.2	Ausbruchklassen nach SIA 198	497
13.4.3	Ausbruchklassen nach ÖNORM B 2203	499
13.5	Gebirgsdruck im Umfeld frisch ausgebrochener unterirdischer Hohlräume	499
13.5.1	Primäre Spannungsverteilung im unverritzten Gebirge	500
13.5.2	Sekundäre Spannungsverteilung im Umfeld frisch ausgebrochener unterirdischer Hohlräume	500
13.5.3	Tertiäre Spannungsverteilung infolge Ausbauwiderstand und Fülldruck	502
13.5.4	Quartäre Spannungsverteilung durch benachbarte Baumaßnahmen	503
13.6	Tunnelbau in Festgestein	503
13.6.1	Stören des bestehenden Gleichgewichts durch die Ausbrucharbeiten	503
13.6.2	Sprengvortrieb	505
13.6.3	Vortrieb mit Tunnelbohrmaschinen	507
13.6.4	Hydraulik-Tunnelbagger	508
13.7	Grundsätze des modernen Tunnelbaus	508
13.7.1	Neue Österreichische Tunnelbauweise	510
13.7.2	Vollausbruch oder Teilausbruch	510
13.8	Verbau- und Sicherungsmaßnahmen	511
13.8.1	Holz- und Stahlverbau	513
13.8.2	Spritzbeton	513
13.8.3	Anker	515
13.8.4	Gefrierverfahren beim Tunnelbau	515

13.8.5	Bau großer Felshohlräume und Kavernen	516
13.8.6	Schachtbau	517
13.9	Tunnelvortrieb in grundwassererfülltem Gebirge	522
13.9.1	Beeinträchtigung der Standfestigkeit des Gebirges	523
13.9.2	Beeinträchtigung der Haltbarkeit der Tunnelkonstruktion	523
13.10	Tunnelbau in Lockermaterial	523
13.10.1	Schildbauweise	524
13.10.2	Tunnelbau in offener Bauweise	526
13.10.3	Deckelbauweise	527
13.11	Baubegleitendes Prüfen, Messen und Dokumentieren	527
13.11.1	Baubegleitendes geologisches Erkunden des freigelegten Gebirges – Erstellen der Tunneldokumentation	527
13.11.2	Prüfen der Gebirgsqualität unter Tage	528
13.11.3	Baubegleitendes geodätisches Vermessen in und über der Tunnelröhre	528
13.12	Einbringen von Rohrleitungen in geschlossener Bauweise (Mikrotunnelbau)	530
13.12.1	Verdrängungsverfahren	531
13.12.2	Bodenentnahmeverfahren	534
13.12.3	Einziehen von Leitungen mit dem HDD-Bohrverfahren	536
13.12.4	Einziehen von Leitungen mit dem Raketenpflug System Föckersperger	537
13.12.5	Baugrunduntersuchungen für das Einbringen von Rohrleitungen in geschlossener Bauweise	537
	Literatur	538
14	Geologie und Wasserbau	539
	<i>Wolfgang Dachroth</i>	
14.1	Wildbachverbau	541
14.1.1	Maßnahmen in Erosionstrichtern	541
14.1.2	Maßnahmen im Wildbach	542
14.1.3	Maßnahmen zum Stabilisieren auf Schwemmkegeln	545
14.1.4	Gestalten der Mündung in den Vorfluter	546
14.1.5	Baugeologisches Untersuchen und Beraten	546
14.2	Regulieren von Bach- und Flussläufen	547
14.2.1	Baumaßnahmen an Flüssen	547
14.2.2	Baugeologisches Untersuchen und Beraten	549
14.2.3	Landschaftsveränderungen und Umweltschäden in historischer Zeit	552
14.2.4	Renaturieren und naturnaher Wasserbau	553
14.3	Küstenschutz	557
	<i>Michael Heinrichs</i>	
14.3.1	Sandaufspülungen als Küstenschutz	557
14.3.2	Längswerke als Küstenschutz	559
14.3.3	Buhnen als Küstenschutz	563
14.3.4	Zeitgemäßer Küstenschutz	566
14.4	Hochwasserschutz	568
14.4.1	Deichbau	568
14.4.2	Sicherheitsprüfungen an Dämmen und Deichen	572
14.4.3	Restrisiko und Verteidigungsmaßnahmen bei Dämmen und Deichen	572
14.4.4	Kreuzungsbauwerke an Dämmen und Deichen	573
14.5	Stauanlagen, Wehre und Talsperren	574
14.5.1	Wehre	576
14.5.2	Talsperren	577
14.5.3	Veränderungen und Gefahren in der Landschaft	578
14.5.4	Untersuchen der baueologischen Verhältnisse	579
14.5.5	Maßnahmen zum Verbessern des Sperruntergrundes	584
14.5.6	Staumauern	587
14.5.7	Staudämme	588
14.5.8	Kontrollmessungen an Absperrbauwerken, Dämmen und Deichen	589
14.6	Kanäle und Leitungen	590
14.6.1	Querschnitt und Durchfluss	590
14.6.2	Erosionsschutz und Dichtungskonzepte	592

14.6.3	Erdarbeiten beim Kanal- und Leitungsbau	592
14.6.4	Baugrunduntersuchung für erdverlegte Rohrleitungen	594
14.7	Landwirtschaftlicher Wasserbau	595
14.7.1	Maßnahmen zum Entwässern	596
14.7.2	Maßnahmen zum Bewässern	599
15	Deponietechnik	603
	<i>Wolfgang Dachroth</i>	
15.1	Vorgaben für das Betreiben von Deponien und das Ablagern von Abfällen	605
15.1.1	Behandeln von Abfällen	605
15.1.2	Klassifizieren von Abfällen	605
15.1.3	Klassifikation von Deponien	608
15.1.4	Anforderungen an das Einrichten und den Betrieb von Deponien	608
15.2	Anforderungen an Deponiestandorte – Standortbeurteilung	608
15.2.1	Geologische Verhältnisse	609
15.2.2	Hydrogeologische Verhältnisse	610
15.2.3	Nutzungskonflikte	611
15.3	Deponien nach dem Multibarrienkonzept	611
15.3.1	Geologische Barriere	612
15.3.2	Hydraulische Barriere	612
15.3.3	Deponiebasisabdichtungssystem	615
15.3.4	Entwässerungssystem	620
15.3.5	Prognostizierbares Verhalten der deponierten Abfälle	621
15.3.6	Deponieoberflächenabdichtungssystem	622
15.3.7	Kontrolliertes Entgasen	623
15.3.8	Kontrollierte Wasser- und Sickerwassererfassung	625
15.4	Oberirdische Deponien für Inertstoffe	625
15.4.1	Halden und Kippen	625
15.4.2	Klärteiche	627
15.5	Oberirdische Altdeponien für Hausmüll und hausmüllähnliche Abfälle – historische Entwicklung	629
15.5.1	Die ungeordnete Deponie – Müllkippen und Müllhalden	629
15.5.2	Die geordnete Deponie (Altdeponie)	629
15.5.3	Die „nachgerüstete geordnete Deponie nach TA Abfall“ (Altdeponie)	630
15.5.4	Die Reststoffdeponie nach der TA Siedlungsabfall (Altdeponie)	631
15.6	Einbau und Standfestigkeit der Abfälle in oberirdischen Deponien	631
15.6.1	Einbau fester Abfälle	631
15.6.2	Einbau von Müll und halbfesten Abfällen bei Altdeponien	632
15.6.3	Bodenmechanische Kenngrößen für unbehandelt abgelagerten Hausmüll, Siedlungsabfall, Klärschlamm	632
15.6.4	Sicherheit gegen Böschungsbruch bei Müllhalden	633
15.6.5	Spreizdruckuntersuchung bei Müllhalden	633
15.6.6	Grundbruchsicherheit	633
15.6.7	Setzungsberechnung bei Müllhalden	633
15.6.8	Kontrollmessungen	635
15.7	Schadstoffausbreitung	635
15.7.1	Schadstoffausbreitung als Feststoff	635
15.7.2	Schadstoffausbreitung durch hydraulische Strömung	636
15.7.3	Schadstoffausbreitung durch Diffusion in der flüssigen Phase	636
15.7.4	Schadstoffausbreitung durch Gasmigration	638
15.7.5	Schadstoffausbreitung durch Diffusion in der Gasphase	638
15.8	Überwachen der Umwelteinflüssen von Deponien und Altdeponien	638
15.8.1	Gasförmige Emissionen	638
15.8.2	Deponiesickerwasser	638
15.8.3	Oberflächenwasser	639
15.8.4	Grundwassermonitoring im Abstrom von Deponien, Altdeponien, Altlasten und Altlastenverdachtsflächen	639
15.8.5	Mess- und Kontrollprogramm nach Schließen der Deponien	640
15.8.6	Stoffliche Aspekte beim Bewerten von Grundwassergütedaten	640

15.9	Untertagedeponien	643
15.9.1	Multibarrierenkonzept bei Untertagedeponien	643
15.9.2	Erhöhen der Stehzeit unterirdischer Hohlräume durch Versatzbauweise	645
15.9.3	Verwerten von Abfällen als Versatzmaterial	645
15.9.4	Anforderungen an das Einrichten von Untertagedeponien	646
15.10	Zwischenlager von Öl und Gas in Salzstock-Speicherkavernen	648
16	Rekultivieren von Halden, Deponien und Tagebauen	649
	<i>Rüdiger Philipps, Wolfgang Dachroth</i>	
16.1	Rechtliche Rahmenbedingungen für das Anwenden von Bodenersatzsubstraten	650
16.1.1	LABO/LAGA	652
16.1.2	Bundesbodenschutzgesetz	653
16.2	Abfall- und Wertstoffproblematik bei Rekultivierungssubstraten	654
16.3	Regelungsbedarf für Bodenersatzsubstrate im Landschaftsbau	655
16.4	Technisches Umsetzen von Rekultivierungsmaßnahmen	656
16.4.1	Rohstoffgewinnungsstätten	656
16.4.2	Halden, Kippen, Deponien	659
16.4.3	Erdbauwerke	662
17	Oberflächennahe Geothermie	663
	<i>Marco Lichtenberger, Wolfgang Dachroth</i>	
17.1	Erdwärme	665
17.2	Arten der Wärme- und Kältequellen	665
17.3	Funktionsweise von Wärmepumpen	666
17.4	Rechtliche Vorgaben	667
17.4.1	Bergrecht	667
17.4.2	Lagerstättengesetz	668
17.4.3	Wasserrecht	668
17.4.4	Sonstige Rechte	668
17.5	Technische Normen und Richtlinien	668
17.6	Geophysikalische Parameter	669
17.6.1	Wärmeleitfähigkeit λ	669
17.6.2	Ermitteln der Wärmeleitfähigkeit	669
17.6.3	Wärmekapazität C	671
17.6.4	Entzugsleistung	671
17.7	Geschlossene Wärmequellen	671
17.7.1	Erdwärmesonden	671
17.7.2	Dimensionieren von Erdwärmesonden	674
17.7.3	Genehmigungsverfahren	676
17.7.4	Einbau von Erdwärmesonden	677
17.7.5	Gefahrenpotential	684
17.7.6	Ursachenfindung bei Schadensfällen	685
17.7.7	Sanieren und Stilllegen von Sonden	686
17.8	Erdwärmekollektoren	686
17.8.1	Flächenkollektoren mit Solefüllung	686
17.8.2	Direktverdampfer-Kollektoren	687
17.8.3	Sonderbauformen von Erdwärmekollektoren	687
17.8.4	Dimensionieren von Kollektoren	687
17.8.5	Einbau von Kollektoren	688
17.9	Erdwärmekörbe und Spiralsonden	688
17.10	Energiepfähle	688
17.11	Erdwärmebrunnen	689
17.11.1	Sonderbauformen von Erdwärmebrunnen	690
17.11.2	Dimensionieren von Erdwärmebrunnen	690
17.11.3	Anforderungen an die Wasserqualität	690
17.11.4	Genehmigungsverfahren für Erdwärmebrunnen	690
17.11.5	Herstellen von Erdwärmebrunnen	691

17.12	Freihalten von Verkehrsflächen bei Eis und Schnee .....	.691
17.13	Kühlen und Wärmespeichern .....	.691
17.14	Technische Regeln .....	.691
	Standardwerke und Fachbeiträge .....	.692
18	Schriftenverzeichnis .....	.693
	<i>Wolfgang Dachroth</i>	
18.1	Amtliche Werke .....	.694
18.2	Regelwerke von Instituten, Vereinen, Fachverbänden .....	.694
18.3	Lehrbücher, Handbücher, Standardwerke .....	.695
18.4	Fachbeiträge .....	.698
	Serviceteil .....	.711
	Stichwortverzeichnis .....	.712