

Inhaltsübersicht

Autoren	XXXV
1 Spezialtiefbau	1
2 Baugrunderkundung	17
3 Tiefgründungen	77
4 Rammen	295
5 Baugruben	433
6 Ankerteknik	601
7 Verbesserung des Baugrundes	709
8 Grabenloser Leitungs- und Tunnelbau	775
9 Grundwasserhaltung	843
10 Belastungs- und Qualitätsprüfung Probelastung und Qualitätskontrolle von Tiefbaukonstruktionen	863
11 Arbeiten in kontaminierten Bereichen	893
12 Vertrags- und Rechtsfragen im Spezialtiefbau	913
13 Sicherheit und Gesundheit	935
14 Beobachtungsmethode und Messtechnik	961
Stichwortverzeichnis	981

Inhalt

Vorwort	V
Autoren	XXXV
1 Spezialtiefbau	1
1.1 Einführung	1
1.2 Historische Entwicklung	2
1.3 Beispiele aus der Ingenieurpraxis	3
1.3.1 Wiedernutzung von Bestandsbauteilen	3
1.3.2 Entwicklungen im Hochhausbau	5
1.3.3 Innerstädtische Großbaumaßnahmen und Tiefe Baugruben	7
1.3.4 Spezialtiefbau und Geothermie	11
1.4 Technische Regelungen im Spezialtiefbau	12
1.5 Literatur	13
2 Baugrunderkundung	17
2.1 Grundlagen der Baugrunderkundung	17
2.2 Vorstudie	19
2.2.1 Allgemeines	19
2.2.2 Geologische und ingenieurgeologische Karten	19
2.2.3 Gefahrenhinweis- und Risikokarten	20
2.2.4 Erdbebengefährdung	21
2.3 Art und Umfang der Baugrunderkundung	22
2.4 Felduntersuchungen	23
2.4.1 Rechtliche Grundlage	23
2.4.2 Probenentnahmeverfahren	25
2.4.2.1 Allgemeines	25
2.4.2.2 Schürfe	27
2.4.2.3 Bohrungen	28
2.4.2.3.1 Allgemeines	28
2.4.2.3.2 Rotationskernbohrungen	29
2.4.2.3.3 Rammkernbohrungen	33
2.4.3.2.4 Kleinbohrungen	34
2.4.2.4 Berichterstattung	34
2.4.3 Feldversuche	35
2.4.3.1 Allgemeines	35
	IX

2.4.3.2	Rammsondierungen (DP)	35
2.4.3.3	Bohrlochrammsondierungen (BDP) und Standard Penetration Test (SPT)	37
2.4.3.4	Drucksondierungen (CPT)	38
2.4.3.5	Flügelsondierungen (FVT)	41
2.4.3.6	Bohrlochaufweitungsversuche	42
2.4.3.7	In-situ-Scherversuch mittels Phicometersonde	43
2.4.3.8	Geohydraulische Feldversuche	44
2.4.3.8.1	Allgemeines	44
2.4.3.8.2	Wasserdurchlässigkeitsversuche in einem Bohrloch unter Verwendung offener Systeme	45
2.4.3.8.3	Wasserdruckversuche im Fels	46
2.4.3.8.4	Pumpversuche	47
2.4.3.8.5	Infiltrationsversuche	48
2.4.3.8.6	Wasserdurchlässigkeitsversuche im Bohrloch unter Verwendung geschlossener Systeme	48
2.4.4	Erfassen der Grundwasserverhältnisse	48
2.4.4.1	Allgemeines	48
2.4.4.2	Grundwassermessstellen	49
2.4.4.3	Grundwasserprobenentnahme	50
2.4.4.4	Grundwasserstandsmessungen	51
2.5	Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden und Fels	51
2.5.1	Benennung und Beschreibung von Boden	51
2.5.2	Klassifizierung von Böden nach DIN 18196:2011	52
2.5.3	Benennung und Beschreibung von Gestein und Gebirge (Fels)	56
2.5.3.1	Allgemeines	56
2.5.3.2	Mineralbestand und Korngefüge	57
2.5.3.3	Porosität	61
2.5.3.4	Verwitterung	62
2.5.3.5	Trennflächengefüge	63
2.5.3.6	Beschreibung von Kernproben	68
2.5.4	Beschreibung und Einstufung von Boden und Fels nach den ATV der VOB	70
2.5.4.1	Allgemeines	70
2.5.4.2	Boden- und Felsklassen nach ATV DIN 18300 Erdarbeiten	70
2.5.4.3	Boden- und Felsklassen für Bohrarbeiten	73
2.5.5	Bohrlochmessungen	74
2.5.5.1	Allgemeines	74
2.5.5.2	Bohrlochsondierungen	75
2.5.5.3	Bohrlochabweichungsmessungen	75

2.6	Literatur	75
3	Tiefgründungen	77
3.1	Allgemeines	77
3.2	Pfahlgründungen	77
3.2.1	Allgemeines	77
3.2.2	Allgemeine Konstruktionsgrundlagen	78
3.2.2.1	Pfahlanordnung	78
3.2.2.2	Entwurf und Bemessung	80
3.2.2.3	Lastangriff und Lastabtragung	80
3.2.3	Grundbegriffe für Pfahlgründungen	82
3.2.3.1	Mantelreibung	82
3.2.3.2	Negative Mantelreibung	82
3.2.3.3	Pfahlspitzenwiderstand	83
3.2.3.4	Horizontale Belastung von Pfählen	83
3.2.3.5	Spitzendruckpfähle	84
3.2.3.6	Schwimmende Pfahlgründung	84
3.2.3.7	Zugpfähle	85
3.2.3.8	Schutzpfähle	85
3.2.4	Wahl der Pfahlart	86
3.2.5	Herstelleinflüsse auf die Tragfähigkeit von Pfählen	87
3.3	Bohrpfähle	87
3.3.1	Allgemeines	87
3.3.2	Normen und Vorschriften	88
3.3.2.1	Allgemeines	88
3.3.2.2	Definitionen und Geltungsbereiche	88
3.3.2.3	Wesentliche Regelungen der DIN EN 1536 [4]	89
3.3.2.3.1	Allgemeines	89
3.3.2.3.2	Bohrarbeiten	90
3.3.2.3.3	Bewehren	91
3.3.2.3.4	Betonieren	91
3.3.2.3.5	Bemessungshinweise	93
3.3.3	Einbaustoffe und Materialien	93
3.3.3.1	Allgemeines	93
3.3.3.2	Beton	93
3.3.3.2.1	Allgemeines	93
3.3.3.2.2	Kenndaten und Grundbegriffe	94
3.3.3.2.3	Zemente	95

	3.3.3.2.4	Betoneigenschaften	95
	3.3.3.2.5	Transportbeton	100
	3.3.3.2.6	Befördern und Fördern von Frischbeton	104
	3.3.3.2.7	Einbringen des Betons	104
	3.3.3.2.8	Betonüberwachung während der Bauausführung	105
	3.3.3.2.9	Umfang der Frischbetonuntersuchungen auf der Baustelle .	106
	3.3.3.2.10	Festbeton	109
	3.3.3.2.11	Besondere Anforderungen an Pfahlbeton	110
3.3.3.3		Bewehrung	111
	3.3.3.3.1	Allgemeines	111
	3.3.3.3.2	Stahlsorten und Kennzeichnung	111
	3.3.3.3.3	Lieferung, Abnahme und Lagerung	113
	3.3.3.3.4	Besondere Hinweise für die Bohrpfahlbewehrung	114
3.3.3.4		Stützflüssigkeit	117
	3.3.3.4.1	Allgemeines	117
	3.3.3.4.2	Bentonitsuspension	117
	3.3.3.4.3	Überwachung der Suspensionsqualität	118
	3.3.3.4.4	Hinweise der DIN EN 1536 [4]	118
	3.3.3.4.5	Aufbereitung und Entsorgung der Suspension	120
	3.3.3.4.6	Stützwirkung in fein- und grobkörnigen Böden	120
3.3.4		Bohrpfahlsysteme und Herstellverfahren	121
	3.3.4.1	Allgemeines	121
	3.3.4.2	Greiferbohrverfahren	121
	3.3.4.2.1	Allgemeines	121
	3.3.4.2.2	Greiferbohrverfahren in unverrohrter Bohrung	123
	3.3.4.2.3	Greiferbohrverfahren mit Bohrlochsicherung durch Stützflüssigkeit	123
	3.3.4.2.4	Greiferbohrverfahren in voll verrohrter Bohrung	124
	3.3.4.2.5	Abteufen der Verrohrung	125
	3.3.4.3	Drehbohrverfahren	127
	3.3.4.3.1	Allgemeines	127
	3.3.4.3.2	Kelly-Bohrverfahren in unverrohrter Bohrung	127
	3.3.4.3.3	Kelly-Bohrverfahren mit Bohrlochsicherung durch Stützflüssigkeit	127
	3.3.4.3.4	Kelly-Bohrverfahren in voll verrohrter Bohrung	128
	3.3.4.3.5	Pfahlherstellung mit durchgehender Hohlbohrschnecke	130
	3.3.4.3.6	Pfahlherstellung im Doppelkopfsystem	132
	3.3.4.4	Spülbohrverfahren	133
	3.3.4.4.1	Allgemeines	133

	3.3.4.4.2	Rotary-Bohrverfahren (direktes Verfahren)	134
	3.3.4.4.3	Saugbohrverfahren (indirektes Verfahren)	135
	3.3.4.4.4	Lufthebeverfahren (indirektes Verfahren)	136
3.3.4.5		Pfahlfußerweiterungen	137
3.3.4.6		Mantel- und Fußverpressungen	138
	3.3.4.6.1	Allgemeines	138
	3.3.4.6.2	Mantelverpressung	139
	3.3.4.6.3	Fußverpressung	141
	3.3.4.6.4	Kombination von Fuß- und Mantelverpressung	142
3.3.5		Geräte- und Werkzeugtechnik	143
	3.3.5.1	Seilbagger	143
	3.3.5.2	Hydraulikbagger	145
	3.3.5.3	Drehbohrgeräte	145
	3.3.5.3.1	Drehbohrreinrichtungen ohne geführte Drehantriebe	145
	3.3.5.3.2	Drehbohrgeräte mit feststehenden Drehantrieben	146
	3.3.5.3.3	Drehbohrgeräte mit geführten Drehantrieben	147
	3.3.5.4	Spülbohranlagen	153
	3.3.5.4.1	Allgemeines	153
	3.3.5.4.2	Aufsatzbohranlagen	153
	3.3.5.5	Verrohrungseinrichtungen	154
	3.3.5.5.1	Allgemeines	154
	3.3.5.5.2	Verrohrung über den Kraftdrehkopf des Drehbohrgerätes ...	155
	3.3.5.5.3	Hydraulische Verrohrungsmaschinen – oszillierend	156
	3.3.5.5.4	Hydraulische Verrohrungsmaschinen – drehend	158
	3.3.5.5.5	Vibrationsverfahren	159
	3.3.5.6	Verrohrung	160
	3.3.5.6.1	Allgemeines	160
	3.3.5.6.2	Bohrrohre ohne Verbindungselemente	161
	3.3.5.6.3	Nietbohrrohre (Brunnenrohre)	161
	3.3.5.6.4	Bohrrohre mit Gewindeverbindung	161
	3.3.5.6.5	Bohrrohre mit Schnellverbindung	161
	3.3.5.6.6	Schneidschuhe bzw. Bohrkronen	163
	3.3.5.6.7	Schneidschuhbestückung	163
	3.3.5.6.8	Bohrrohrtrichter	163
	3.3.5.6.9	Bohrrohrgehänge	164
	3.3.5.6.10	Grundsätzliche Hinweise	164
	3.3.5.7	Schlagbohrwerkzeuge	165
	3.3.5.7.1	Allgemeines	165
	3.3.5.7.2	Mechanische Seilbohrgreifer	165

3.3.5.7.3	Hydraulische Seilbohrgreifer	166
3.3.5.7.4	Mechanische und hydraulische Brunnen- bzw. Schachtbohrgreifer	166
3.3.5.7.5	Kiespumpen	167
3.3.5.7.6	Schlamm- und Schlagbüchsen	167
3.3.5.7.7	Bohrmeißel	168
3.3.5.8	Drehbohrwerkzeuge	169
3.3.5.8.1	Allgemeines	169
3.3.5.8.2	Meißel und Pilotbohrer für Drehbohrwerkzeuge	170
3.3.5.8.3	Bohrschnecken	171
3.3.5.8.4	Bohreimer	172
3.3.5.8.5	Kernrohre	174
3.3.5.8.6	Rollenmeißel-Kernrohre	174
3.3.5.8.7	Pfahlfußerweiterungsschneider	175
3.3.5.8.8	Endlosbohrschnecken	176
3.3.5.8.9	Tieflochhämmer	177
3.3.5.8.10	Spülbohrverfahren mit Rollenmeißel-Flachbohrköpfen	178
3.3.5.8.11	Zubehör für Drehbohrwerkzeuge	179
3.3.5.9	Sonstige Geräte	181
3.3.5.9.1	Betoniergeräte	181
3.3.5.9.2	Arbeitskörbe bzw. -bühnen	182
3.3.5.9.3	Pumpen	182
3.3.5.9.4	Befahrungskorb	182
3.3.5.9.5	Weiteres Zubehör	183
3.3.6	Arbeitsvorbereitung und Ausführung	183
3.3.6.1	Allgemeines	183
3.3.6.2	Baustellenbesichtigung und Anfahrsbeschreibung	185
3.3.6.3	Gerätekonfiguration und Transporte	185
3.3.6.4	Arbeiten auf der Baustelle	185
3.3.6.5	Ausführungshinweise	187
3.3.6.5.1	Bohrtechnik	187
3.3.6.5.2	Bewehren	188
3.3.6.5.3	Betonieren	188
3.3.6.5.4	Nacharbeiten	189
3.3.6.5.5	Protokollierung	189
3.3.7	Pfahlprobelastungen	190
3.3.7.1	Allgemeines	190
3.3.7.2	Statische Pfahlprobelastung	191
3.3.7.3	Pfahlprobelastungen mit einbetonierten Hydraulikzylindern	191

3.3.7.4	Dynamische Pfahlprobelbelastungen	192
3.3.8	Bemessung	193
3.3.8.1	Allgemeines	193
3.3.8.2	Äußere Tragfähigkeit	193
3.3.9.3	Tragverhalten und Widerstände von Bohrpfählen und Pfahlgruppen	193
3.3.9.4	Bohrpfähle unter horizontaler Beanspruchung	194
3.3.9.5	Pfahlgruppen	195
3.3.9.6	Zugpfähle und Zugpfahlgruppen	195
3.3.9.7	Innere Tragfähigkeit	196
3.3.9.8	Schlussbetrachtung	196
3.4	Verdrängungspfähle	196
3.4.1	Normung und Definitionen	196
3.4.2	Pfahlsysteme	197
3.4.2.1	Fertigpfähle	197
3.4.2.1.1	Holzrammpfähle	197
3.4.2.1.2	Stahlrammpfähle	198
3.4.2.1.3	Stahlbetonrammpfähle	202
3.4.2.2	Ortbeton-Verdrängungspfähle	205
3.4.2.2.1	Ortbeton-Rammpfähle	205
3.4.2.2.2	Ortbeton-Schraubpfähle	211
3.4.2.3	Verpresste Verdrängungspfähle	216
3.4.2.3.1	Allgemeines	216
3.4.2.3.2	MV-Pfahl	217
3.4.2.3.3	RI-Pfahl	218
3.4.2.3.4	Verpresste Rohrpfähle	219
3.4.2.3.5	Eingepresste Verdrängungspfähle	219
3.4.3	Gerätetechnik	220
3.4.3.1	Allgemeines	220
3.4.3.2	Geräte für Fertigpfähle	220
3.4.3.3	Geräte für Ortbeton-Verdrängungspfähle	222
3.4.3.4	Drehantriebe und Zieheinrichtungen	225
3.4.3.5	Betoniereinrichtungen	227
3.4.3.6	Ramm- und Bohrrohre	227
3.4.4	Arbeitsvorbereitung und Ausführung	227
3.4.4.1	Allgemeines	227
3.4.4.2	Baugrundaufschluss	228
3.4.4.3	Wahl des Pfahlsystems	228
3.4.4.4	Baustellenbesichtigung und Anfahrsbeschreibung	228
3.4.4.5	Arbeitsplanum	229

3.4.4.6	Maßnahmen vor und während der Arbeiten	229
3.4.5	Bemessungsgrundlagen	230
3.4.5.1	Allgemeines	230
3.4.5.2	Nachweis der inneren Tragfähigkeit	230
3.4.5.3	Nachweis der äußeren Tragfähigkeit	230
3.4.5.3.1	Nachweis durch Probelastungen	231
3.4.5.3.2	Nachweis über Erfahrungswerte	231
3.4.5.4	Entwurfskriterien	232
3.5	Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfähle)	232
3.5.1	Normung und Definitionen	232
3.5.1.1	Allgemeines	232
3.5.1.2	Geltungsbereich	233
3.5.1.3	Begriffe	234
3.5.1.4	Aspekte für den Einsatz von Mikropfählen	235
3.5.2	Mikropfahl-Systeme	235
3.5.2.1	Ortbetonpfahl	235
3.5.2.2	Verbundpfahl	235
3.5.2.3	Fertigpfahl	236
3.5.2.4	Anwender-Pfahlsysteme	236
3.5.2.4.1	GEWI®-Pfahl, System »DYWIDAG«	236
3.5.2.4.2	Verbundpfahl System Stump	239
3.5.2.4.3	Bauer-SVV-Mikropfahl	240
3.5.2.4.4	Ischebeck-Injektions-Pfahl	240
3.5.2.4.5	Duktilpfahl	241
3.5.2.4.6	MESI-Pfahlsystem	243
3.5.3	Geräte- und Werkzeugtechnik	244
3.5.3.1	Allgemeines	244
3.5.3.2	Bohrgeräte	245
3.5.3.3	Misch- und Verpressgeräte	246
3.5.3.4	Bohrrohre und Bohrgestänge	247
3.5.3.4.1	Allgemeines	247
3.5.3.4.2	Bohr- und Rohrsysteme, Bohrkronen	248
3.5.3.5	Kraftdrehköpfe und Bohrhämmer	249
3.5.3.5.1	Allgemeines	249
3.5.3.5.2	Kraftdrehköpfe	249
3.5.3.5.3	Hydraulik-Bohrhämmer	249
3.5.3.5.4	Doppelkopf-Bohranlagen	251
3.5.4	Verfahrenstechnik und Arbeitsvorbereitung	251
3.5.4.1	Allgemeines	251

3.5.4.2	Anwendungsgebiete der einzelnen Bohrverfahren	253
3.5.4.3	Einbringen des Mikropfahls	253
3.5.4.4	Verpressen	254
3.5.4.5	Nachverpressen	255
3.5.4.6	Herstellprotokoll	255
3.5.4.7	Güteprüfung	255
3.5.4.8	Erkundung des Baugrunds	255
3.5.4.9	Erkundung bestehender baulicher Anlagen	255
3.5.5	Bemessungsgrundlagen	256
3.5.5.1	Innere und äußere Tragfähigkeit	256
3.5.5.2	Nachweis der äußeren Tragfähigkeit	256
3.5.5.3	Nachweis der inneren Tragfähigkeit	258
3.5.5.4	Biegebeanspruchung	258
3.6	Spezielle Gründungselemente	258
3.6.1	Allgemeines	258
3.6.2	Normung und Definitionen	259
3.6.2.1	Normung	259
3.6.2.2	Einbaustoffe und Materialien	259
3.6.3	Systeme und Verfahrenstechnik	259
3.6.3.1	Allgemeines	259
3.6.3.2	Rüttelstopfsäulen	259
3.6.3.3	Vermörtelte Stopfsäulen	260
3.6.3.4	Fertigmörtel-Stopfsäulen (FSS)	260
3.6.3.5	Ortbetonrüttelsäulen	261
3.6.3.6	CMC-Säulen	262
3.6.3.7	Düsenstrahl-(DSV)-Säulen	264
3.6.3.7.1	Allgemeines	264
3.6.3.7.2	Beschreibung des Herstellverfahrens	265
3.6.4	Geräte- und Werkzeugtechnik	266
3.6.4.1	Allgemeines	266
3.6.4.2	Trägergeräte	266
3.6.4.3	Radlader	268
3.6.4.4	Mess-, Kontroll- und Erfassungseinrichtungen	268
3.6.4.5	Schleusenrüttler	268
3.6.4.6	Energie- und Hilfsgeräte	270
3.6.5	Arbeitsvorbereitung	270
3.6.6	Bemessungsgrundlagen	270
3.6.6.1	Äußere Tragfähigkeit	270

3.6.6.2	Innere Tragfähigkeit	271
3.7	Brunnengründungen und offene Senkkastengründungen	271
3.7.1	Allgemeines	271
3.7.2	Normung	272
3.7.3	Geräte- und Werkzeugtechnik	273
3.7.4	Arbeitsvorbereitung	273
3.7.5	Einbaustoffe und Materialien	273
3.7.6	Verfahrenstechnik	275
3.7.6.1	Allgemeines	275
3.7.6.2	Absenkvorgang	275
3.7.6.3	Handschachtung	276
3.7.6.4	Baggerschachtung	276
3.7.6.5	Hydromechanischer Aushub	277
3.7.6.6	Betonieren und Verfüllen	277
3.7.7	Anwendungsbeispiele	278
3.7.8	Bemessungsgrundlagen	280
3.7.8.1	Allgemeines	280
3.7.8.2	Äußere Tragfähigkeit	281
3.7.8.3	Innere Tragfähigkeit	281
3.8	Druckluftgründungen	281
3.8.1	Allgemeines	281
3.8.2	Vor- und Nachteile	283
3.8.3	Normung	283
3.8.4	Geräte- und Werkzeugtechnik	283
3.8.5	Arbeitsvorbereitung	285
3.8.6	Konstruktion der Senkkästen	285
3.8.6.1	Bauteile	285
3.8.6.2	Querschnittsformen	286
3.8.6.3	Schneiden	286
3.8.7	Verfahrenstechnik	286
3.8.8	Wiedergewinnbare Arbeitskammern	287
3.8.9	Bemessungsgrundlagen	287
3.9	Literatur	288
4	Rammen	295
4.1	Herausforderungen der Rammverfahren	298
4.2	Physikalische Grundlagen des Rammens	299

4.2.1	Impuls und Kraftverlauf bei Hämmern und Rüttlern	299
4.2.1.1	Unbeschleunigter Hydraulikhammer	301
4.2.1.2	Dieselhammer	302
4.2.1.3	Beschleunigte (doppelt wirkende) Hämmer	303
4.2.1.4	Vergleich der Schlagfrequenz	305
4.2.1.5	Gerichtete Rüttler	305
4.2.1.6	Rüttler mit Auflast	309
4.2.2	Einfluss der Rüttleramplitude	310
4.2.3	Energiebetrachtung	312
4.2.3.1	Energiebetrachtung beim Hammer	312
4.2.3.2	Energiebetrachtung beim Rüttler	316
4.2.4	Physik der Interaktion zwischen Krafterzeuger, Rammgut und Boden	317
4.3	Arten von Rammgütern	319
4.3.1	Pfähle	320
4.3.2	Wandelemente	321
4.4	Hämmer (Rambären)	325
4.4.1	Druckluft- bzw. Dampfhammer	327
4.4.2	Dieselhammer	327
4.4.3	Einfach wirkende Hydraulikhämmer	334
4.4.4	Beschleunigte (doppelt wirkende) Hydraulikhämmer	336
4.4.5	Rammhaube und Schlagplatte	340
4.4.6	Messeinrichtungen	342
4.5	Rüttler (Vibrationsbären)	344
4.5.1	Baggeranbaurüttler	350
4.5.2	Freireitende Rüttler	351
4.5.3	Mäklerrüttler	353
4.5.4	Gürtelrüttler	356
4.5.5	Seitengriffrüttler	357
4.5.6	Gerichtetes Rütteln	357
4.5.7	Spannzangen	361
4.5.8	Rüttlersteuerung	365
4.5.9	Dokumentation des Rüttelprozesses	366
4.6	Trägergeräte zum Rammen	368
4.6.1	Telemäklergeräte	369
4.6.2	Starmäklergeräte	373
4.6.3	Gleisgebundene Universalgeräte	376
4.6.4	Universelle Einsätze von Teleskop- und Starmäklergeräten	377

4.6.5	Rammgeräte für Hammeranbau	378
4.6.6	Anbaumäkler für Kräne	380
4.6.7	Freihängende Mäkler an Kränen	381
4.6.8	Elektrifizierte Trägergeräte	383
4.7	Pressen	385
4.7.1	Schergewichts-Pressen	385
4.7.2	Selbstschreitende Spundwandpressen	387
4.7.3	Mäklergeführte Spundwandpressen	390
4.8	Verfahrensaspekte	391
4.8.1	Zu hoher Rammwiderstand	391
4.8.2	Bohlenführungen bei Spundwänden	393
4.8.3	Abweichen von Spundwänden von der Soll-Lage	394
4.8.4	Korrektur der Wandlänge einer Spundwand	395
4.8.5	Mitnahme der schon gerammten Nachbarbohle	396
4.8.6	Spundwände unter begrenzter Raumhöhe	396
4.8.7	Verbesserung der Dichtheit von Spundwänden	397
4.8.8	Sicherheitsaspekte	397
4.9	Offshore-Anwendungen	398
4.9.1	Hämmer	401
4.9.1.1	Hämmer für oberflächennahe Anwendungen	401
4.9.1.2	Hämmer für Tiefseeanwendungen	404
4.9.2	Rüttler	407
4.9.3	Unterstützende Maßnahmen	411
4.9.4	Alternative Methoden	417
4.10	Literatur	424
4.11	Danksagung	431
5	Baugruben	433
5.1	Allgemeines	433
5.1.1	Normung und Bemessung	437
5.2	Häufige Planungsfehler	441
5.3	Geböschte Baugruben und geböschte Gräben	442
5.4	Baugrubenwände	446
5.4.1	Allgemeines	446
5.4.2	Grabenverbau	446
5.4.2.1	Grabenverbaugeräte	446

5.4.2.2	Waagerechter Grabenverbau	448
5.4.2.3	Senkrechter Grabenverbau	448
5.4.3	Trägerbohlwände	450
5.4.3.1	Allgemeines	450
5.4.3.2	Ausführungsformen von Trägerbohlwänden	451
5.4.3.3	Verfahrenstechnik	451
5.4.3.3.1	Vorbereitende Maßnahmen	452
5.4.3.3.2	Senkrechte Bohlträger	452
5.4.3.3.3	Ausfachung	454
5.4.3.3.4	Aussteifung bzw. Rückverankerung	463
5.4.3.3.5	Rückbau	469
5.4.3.4	Sonderform Essener Verbau	469
5.4.4	Spundwände	470
5.4.4.1	Allgemeines	470
5.4.4.2	Spundwandprofile und Stahlsorten	473
5.4.4.3	Verfahrenstechnik	478
5.4.4.3.1	Vorbereitende Maßnahmen	478
5.4.4.3.2	Einbringen der Spundbohlen	478
5.4.4.3.3	Aussteifung und Rückverankerung	483
5.4.4.3.4	Rückbau	485
5.4.4.4	Konstruktive Details	485
5.4.4.4.1	Eck- und Abzweigprofile	485
5.4.4.4.2	Wasserdichtheit von Spundwandschlössern	486
5.4.4.4.3	Schlossschäden	488
5.4.4.4.4	Korrosionsschutz	489
5.4.4.5	Sonderformen und Sonderbauweisen (Fangedämme)	490
5.4.5	Pfahlwände	492
5.4.5.1	Allgemeines	492
5.4.5.2	Ausführungsformen von Pfahlwänden	494
5.4.5.3	Verfahrenstechnik	499
5.4.5.3.1	Vorbereitende Maßnahmen	499
5.4.5.3.2	Herstellung der Bohrungen	500
5.4.5.3.3	Bewehren	503
5.4.5.3.4	Betonieren	506
5.4.5.3.5	Aussteifung und Rückverankerung	507
5.4.5.3.6	Nacharbeiten	509
5.4.6	Schlitzwände	510
5.4.6.1	Allgemeines	510
5.4.6.2	Ausführungsformen von Schlitzwänden	513

5.4.6.3	Verfahrenstechnik	513
5.4.6.3.1	Vorbereitende Maßnahmen	514
5.4.6.3.2	Herstellung einer Ortbetonschlitzwand im Zweiphasen- verfahren	517
5.4.6.3.3	Herstellung einer Dichtungsschlitzwand mit eingestell- ten vertikalen Tragelementen im Einphasenverfahren	526
5.4.6.3.4	Aussteifung und Rückverankerung	531
5.4.6.3.5	Nacharbeiten	533
5.4.6.4	Geräte und Werkzeugtechnik	533
5.4.6.4.1	Baustelleneinrichtung	533
5.4.6.4.2	Trägergeräte	533
5.4.6.4.3	Schlitzwandgreifer	535
5.4.6.4.4	Schlitzwandfräsen	538
5.4.6.4.5	Meißel	541
5.4.6.4.6	Abschalelemente	542
5.4.6.4.7	Rohrziehmaschinen	547
5.4.6.4.8	Betoniereinrichtung	548
5.4.6.4.9	Aufbereitungsanlagen	549
5.4.7	Erdbetonwände (Mixed-in-Place)	552
5.4.7.1	Allgemeines	552
5.4.7.2	Ausführungsformen von Erdbetonwänden	554
5.4.7.3	Verfahrenstechnik	555
5.4.8	Elementwände	559
5.4.8.1	Allgemeines	559
5.4.8.2	Ausführungsformen von Elementwänden	560
5.4.8.2.1	Geschlossene Elementwände	560
5.4.8.2.2	Aufgelöste Elementwände	562
5.4.9	Bodenvernagelung	564
5.4.9.1	Allgemeines	564
5.4.9.2	Ausführungsformen von Bodenvernagelungen	565
5.4.9.3	Verfahrenstechnik	566
5.4.10	Injektionswände	567
5.4.10.1	Allgemeines	567
5.4.10.2	Ausführungsformen	569
5.4.10.3	Verfahrenstechnik	570
5.4.11	Gefrierverfahren	571
5.4.11.1	Allgemeines	571
5.4.11.2	Verfahrenstechnik	573
5.4.11.2.1	Verfahrenstechnik	573

5.4.11.2.2	Herstellung der Gefrierlanzen	574
5.4.11.2.3	Gefrierinstallation zur Herstellung des Gefrierkörpers	574
5.4.11.2.4	Herstellung und Aufrechterhalten des Frostkörpers	576
5.4.11.2.5	Messtechnische Überwachung	576
5.5	Horizontale Baugrubenumschließungen bei Baugruben im Grundwasser	577
5.5.1	Allgemeines	577
5.5.2	Grundwasserabsenkung	578
5.5.3	Natürliche Abdichtung	579
5.5.4	Düsenstrahlsohle	580
5.5.5	Unterwasserbetonsohle	583
5.5.6	Weichgelsohle	587
5.6	Besondere Bauweisen	589
5.6.1	Allgemeines	589
5.6.2	Deckelbauweise	589
5.6.3	Baugrubeneinteilung durch Anordnung von Querschotts	591
5.6.4	Baugruben mit besonderem Grundriss	593
5.7	Literaturverzeichnis	594
6	Ankerteknik	601
6.1	Prinzip der Ankerteknik und Geschichte	601
6.2	Geltendes Regelwerk für Verpressanker	602
6.3	Vorgespannte Verpressanker – Definitionen und Abgrenzung von anderen Bauweisen	604
6.3.1	Aufbau und Definitionen	604
6.3.2	Einteilungsmöglichkeiten	606
6.3.2.1	Nutzungsdauer	606
6.3.2.2	Art des Lastabtrags	607
6.3.2.3	Art des Zugglieds	609
6.3.3	Weitere »Anker«-Bauweisen	610
6.3.3.1	Stabverpresspfähle bzw. verpresste Mikropfahl-Zugsysteme	611
6.3.3.2	Boden- und Felsnägeln	611
6.3.3.3	Gebirgsanker	611
6.3.3.4	Übersicht – Verpressanker vs. Verpresste Zug-Mikropfähle und Nägel ...	612
6.4	Komponenten und Materialien von Verpressankern	613
6.4.1	Zugglieder – Materialien, Art und Herstellung	613
6.4.1.1	Stahlzugglieder	613
6.4.1.1.1	Allgemeines	613

	6.4.1.1.2	Zugglieder aus Stabstahl (Einstabanker)	613
	6.4.1.1.3	Spannstahl-Litzen	616
	6.4.1.1.4	Elastizitätsmodul	619
	6.4.1.2	Zugglieder aus alternativen Materialien	619
6.4.2		Ankerköpfe & Ankerplatten	619
	6.4.2.1	Allgemeines	619
	6.4.2.2	Einstabanker	619
	6.4.2.3	Litzenanker	620
	6.4.2.3.1	Allgemeines	620
	6.4.2.3.2	Winkelabweichungen	622
6.4.3		Verpresskörper	623
	6.4.3.1	Allgemeines	623
	6.4.3.2	Zementmörtel und Expositionsclassen	623
6.4.4		Korrosionsschutz	624
	6.4.4.1	Normative Vorgaben	624
	6.4.4.2	Kurzzeitanker	624
	6.4.4.3	Daueranker	626
	6.4.4.3.1	Litzen-Daueranker	626
	6.4.4.3.2	Einstab-Daueranker	630
6.5		Lastabtrag und Herausziehwiderstand	631
	6.5.1	Radiale Verspannung und Dilatanz	631
	6.5.2	Einfluss von Lagerungsdichte und Relativverschiebung	632
	6.5.3	Nachverpressen	634
	6.5.4	Vorabschätzung des Herausziehwiderstands	636
6.6		Ausführung von vorgespannten Verpressankern	638
	6.6.1	Vorarbeiten	638
	6.6.2	Vermessung und Vorbereitung der Ankeransatzpunkte	638
	6.6.3	Ankerherstellung – Überblick der einzelnen Arbeitsschritte	639
	6.6.4	Herstellen des Bohrlochs & Bohrverfahren	640
	6.6.4.1	Allgemeines	640
	6.6.4.2	Drehschlagbohren mit Hydraulikhammer/Drehschlagbohren mit Einfachgestänge	641
	6.6.4.3	Überlagerungsbohren mit Hydraulikhammer/Drehschlagen mit Doppelgestänge	642
	6.6.4.4	Überlagerungsbohren mit Doppelkopfböhranlage	644
	6.6.4.5	Schneckenbohren	646
	6.6.4.6	Imlochhammerbohren	647
	6.6.4.7	Wahl des richtigen Bohrverfahrens	648

6.6.4.8	Toleranzen	649
6.6.5	Zuggliedeinbau	649
6.6.5.1	Vorarbeiten	649
6.6.5.2	Zuggliedeinbau	650
6.6.6	Primärverpressung/-verfüllung	651
6.6.6.1	Allgemeines	651
6.6.6.2	Innere Verfüllung (Litzendaueranker)	653
6.6.6.3	Begrenzung der Krafteintragungslänge	654
6.6.6.4	Flach geneigte und steigende Anker	655
6.6.7	Nachverpressen	655
6.6.8	Prüfen, Spannen und Festlegen	657
6.6.8.1	Allgemeines	657
6.6.8.2	Arbeitsschritte vor der Ankerprüfung	658
6.6.8.3	Ankerprüfung und Festlegen – Aktives vs. passives Verkeilen	660
6.6.8.4	Sicherheitsaspekte	663
6.6.9	Aufbringen des Korrosionsschutzes	664
6.7	Ankerprüfungen	665
6.7.1	Allgemeines	665
6.7.2	Prüfverfahren und Definitionen	667
6.7.2.1	Ankerprüfung nach Prüfverfahren 1	667
6.7.2.2	Vorlast P_a	671
6.7.2.3	Prüfkraft P_p , Prüflastfaktor und Bemessung des Ankerzugglieds	671
6.7.2.4	Kriechmaß k_s und Herausziehwiderstand R_a	672
6.7.2.5	Rechnerische freie Stahllänge L_{app}	674
6.7.3	Ankerprüfungen nach DIN EN ISO 22477-5	676
6.7.3.1	Untersuchungsprüfung	676
6.7.3.2	Eignungsprüfung	679
6.7.3.3	Abnahmeprüfung	681
6.7.3.4	Empfehlungen für Untersuchungs- und Eignungsprüfungen	682
6.7.4	Messmittel	685
6.7.4.1	Kraftmessung	685
6.7.4.2	Verschiebungsmessung	686
6.7.5	Überwachung	686
6.8	Anker unter Grundwasser	691
6.9	Sonderanker	693
6.9.1	Staffelanker	693
6.9.2	Regulierbare Anker	698
6.9.3	Rückbaubare Anker	699

6.9.4	GFK-Anker	702
6.10	Hinweise zur Planung	703
6.11	Literatur und verwendete Quellen	705
7	Verbesserung des Baugrundes	709
7.1	Einführung	709
7.2	Verdichtung des Bodens	710
7.2.1	Oberflächennahe Verdichtung	710
7.2.2	Tiefe Verdichtung	715
7.2.2.1	Rüttelverdichtung	715
7.2.2.2	Rütteldruckverdichtung	716
7.2.2.3	Rüttelstopfverdichtung	718
7.2.2.4	Fallplattenverdichtung	722
7.2.2.5	Impulsverdichtung	724
7.2.2.6	Sprengverdichtung	725
7.2.2.7	Betonstopfsäulen und Fertigmörtelstopfsäulen	726
7.2.2.8	Betonrüttelsäulen	727
7.3	Vermörtelung des Bodens	728
7.3.1	Oberflächennahe Vermörtelung	729
7.3.2	Mechanische Einbringverfahren für tiefe Vermörtelung	730
7.3.2.1	Mechanische Einbringung von trockenen Bindemitteln	730
7.3.2.2	Mechanische Einbringung von Suspensionen	731
7.3.3	Hydraulische Mischverfahren für tiefe Vermörtelung	735
7.3.3.1	Grundlagen des Düsenstrahlverfahrens	736
7.3.3.1.1	Einphasensystem	739
7.3.3.1.2	Zweiphasensystem	740
7.3.3.1.3	Dreiphasensystem	741
7.3.3.2	Gerätetechnik	742
7.3.3.2.1	Bohr- und Düsengerät	743
7.3.3.2.2	Hochdrucksuspensionspumpe, Hochdruckwasserpumpe	744
7.3.3.2.3	Mischanlage	745
7.3.3.2.4	Zu- und Ableitungen	745
7.3.3.2.5	Düssuspension	745
7.3.3.2.6	Suspensionsrücklauf mit Pumpen und Aufnahmebehältern	746
7.3.3.3	Qualitätssicherung	746
7.3.3.3.1	Kontrolle der Position und der Geometrie	747
7.3.3.3.2	Kontrolle durch Ausgrabung oder Sondierbohrung	748
7.3.3.3.3	Kontrolle durch Tastwerkzeuge	748

	7.3.3.3.4	Kontrolle durch Hydrophonverfahren	748
	7.3.3.3.5	Kontrolle durch Temperaturmessungen	749
	7.3.3.3.6	Kontrolle durch geophysikalische Verfahren	749
	7.3.3.4	Maßnahmen bei Abweichungen von geplanter Geometrie, Position oder Materialeigenschaft	750
	7.3.3.5	Suspensionsdurchbrüche und Suspensionsausläufer	750
	7.3.4	Mechanisch-hydraulische Mischverfahren für tiefe Vermörtelung	752
	7.3.4.1	Stabilisierung großer Bodenmassen	752
	7.3.4.2	Herstellung von Elementen	752
7.4		Injektionen	753
	7.4.1	Injektionsmittel	753
	7.4.2	Verringerung der Durchlässigkeit	755
	7.4.3	Erhöhung der Festigkeit und Reduzierung der Verformbarkeit	756
	7.4.4	Vergrößerung des Volumens	757
	7.4.5	Gerätetechnik	758
7.5		Tiefendränage	758
7.6		Bodenvereisung	759
	7.6.1	Verfahrensgrundlagen	761
	7.6.1.1	Bodenvereisung mit flüssigem Stickstoff	761
	7.6.1.2	Bodenvereisung mit Sole	762
	7.6.2	Qualitätssicherung	763
7.7		Bewehrung des Bodens	764
	7.7.1	Bewehrte Erdkörper	764
	7.7.2	Bauausführung	767
7.8		Literatur	769
8		Grabenloser Leitungs- und Tunnelbau	775
8.1		Allgemein	775
	8.1.1	Einleitung	775
	8.1.2	Planungsgrundlagen und Baugrund	775
8.2		Mikrotunnel- und Tunnelbauverfahren	776
	8.2.1	Maschinentechnik	777
	8.2.1.1	Tunnelbohrmaschine mit Spülförderung	778
	8.2.1.1.1	Stützung der Ortsbrust mit Druckluft	779
	8.2.1.1.2	Wasseraufbereitung und Separationstechnik	780
	8.2.1.2	Erddruckschilde	781
	8.2.1.3	Teilschnittmaschinen	783

8.2.1.4	Hartgesteins-TBMs mit Bandaustrag	783
8.2.1.4.1	Schild-TBMs	784
8.2.1.4.2	Gripper-TBMs	784
8.2.1.5	Regelwerke	785
8.2.2	Tunnelausbau	786
8.2.2.1	Tübbingausbau	786
8.2.2.1.1	Verfahrensbeschreibung	786
8.2.2.1.2	Anwendungsbereiche	788
8.2.2.2	Rohrvortrieb	788
8.2.2.2.1	Verfahrensbeschreibung	789
8.2.2.2.2	Bentonitschmierung	790
8.2.2.2.3	Dehnerstationen	791
8.2.2.2.4	Groß- und Langstreckenrohrvortriebe	792
8.2.2.2.5	Rohrvortrieb als Alternative zum Tübbingausbau	793
8.2.2.2.6	Auslegung von Vortriebsrohren	793
8.2.2.2.7	Kurvenvortriebe mit engen Radien	797
8.2.2.2.8	Spezialanwendungen im Rohrvortrieb	801
8.2.3	Digitalisierung und Automatisierung	803
8.3	Pilotrohrvortrieb	804
8.3.1	Maschinentechnik	804
8.3.1.1	Maschinen	804
8.3.1.2	Bohrausrüstung	806
8.3.2	Verfahrenstechniken	806
8.3.2.1	Pilotrohrvortrieb mit bodenverdrängender Pilotbohrung	806
8.3.2.2	Pilotrohrvortrieb mit bodenentnehmender Pilotbohrung	808
8.3.3	Vermessungssystem und Messdatenerfassung	808
8.3.4	Anwendungsbereiche im Pilotrohrvortrieb	809
8.4	Gesteuerte Horizontalspülbohrtechnik (Horizontal Directional Drilling, HDD)	809
8.4.1	Verfahrensbeschreibung	810
8.4.2	HDD-Rigtypen	811
8.4.2.1	Einordnung nach Zugkraft	811
8.4.2.2	Einordnung nach Bauart	811
8.4.2.2.1	Trailer-Rigs	811
8.4.2.2.2	Crawler-Rigs (Kettenfahrwerk)	812
8.4.2.2.3	Frame-Rig	812
8.4.2.3	Einteilung nach Antriebsart	813
8.4.2.3.1	Dieselhydraulischer Antrieb	813
8.4.2.3.2	Elektrohydraulischer Antrieb	814

8.4.2.3.3	Vollelektrischer Antrieb	814
8.4.3	HDD-Bohrwerkzeuge	815
8.4.3.1	Bohrwerkzeuge für Pilotbohrung	815
8.4.3.2	Aufweitwerkzeuge	815
8.4.3.2.1	Barrel Reamer	816
8.4.3.2.2	Fly Cutter	816
8.4.3.2.3	Hole Opener	816
8.4.3.2.4	Full Face Hole Opener	816
8.4.4	HDD-Zusatzequipment	817
8.4.4.1	Weeper Subs	817
8.4.4.2	Strahlförderpumpe	817
8.4.5	Ortungs- und Steuerungstechnik	818
8.4.5.1	Ortungstechnik	818
8.4.5.1.1	Walk-Over-Verfahren	819
8.4.5.1.2	Wire-Line-Verfahren	819
8.4.5.1.3	Kreiselkompass	819
8.4.5.2	Steuerungstechnik	820
8.4.6	Bohrspülung	820
8.4.7	Einsatzgrenzen im HDD	820
8.4.7.1	Baugrund	820
8.4.7.2	Bau eines Schutzrohrs	821
8.4.8	Spezialanwendungen im HDD	821
8.4.8.1	Uferanlandungen mit HDD	822
8.4.8.1.1	Szenarien für Anlandungen mit HDD	823
8.4.8.2	Aufwärtsbohren	823
8.4.8.3	Intersectbohrungen	824
8.5	Direct Pipe®	824
8.5.1	Einsatzbereich im Pipelinebau	824
8.5.2	Verfahrensbeschreibung	825
8.5.3	Pipe Thruster	826
8.5.4	Sea Outfall mit Direct Pipe	827
8.5.4.1	Bergung der Vortriebsmaschine	827
8.6	E-Power Pipe®	828
8.6.1	Einsatzbereich	828
8.6.2	Verfahrensbeschreibung	829
8.6.3	Kernkomponenten	829
8.6.3.1	Maschinentechnik AVNS	829
8.6.3.2	Stahlvortriebsrohr	830

8.6.3.3	Pressenrahmen	830
8.6.4	Aufweitstufe für größere Rohrdurchmesser	831
8.7	Navigationssysteme für Microtunnelling-Verfahren	832
8.7.1	Übersicht und Funktionsweise der gängigen Navigationstechnologien	832
8.7.1.1	Laser-Zieltafelsystem	832
8.7.1.2	Laser-Zieltafelsystem mit elektronischer Schlauchwasserwaage	833
8.7.1.3	Laser-Totalstation mit aktiver Zieltafel	834
8.7.1.4	Kreiselsystem mit elektronischer Schlauchwasserwaage	835
8.7.2	Einsatzgebiete und Einsatzgrenzen	837
8.7.3	Notwendigkeit von Kontrollmessungen	838
8.7.4	Zusatzsysteme für besondere Herausforderungen	838
8.7.4.1	Multi Station System	839
8.7.4.2	Elektromagnetische Ortungssysteme	839
8.7.4.3	TUnIS.pipelight	840
8.7.4.4	Abgrenzung der Einsatzgebiete der Zusatzsysteme	841
8.8	Schlusswort	842
9	Grundwasserhaltung	843
9.1	Allgemeines	843
9.2	Einsatzgebiete	844
9.2.1	»undichte« Baugruben	844
9.2.2	»teilgedichtete« Baugruben	844
9.2.3	Restwasserdichte Baugruben	845
9.2.4	Rohrgräben	845
9.3	Verfahren der Grundwasserhaltung	845
9.3.1	offene Wasserhaltung	845
9.3.2	geschlossene Wasserhaltung	846
9.3.2.1	Schwerkraftbrunnen	847
9.3.2.2	Vakuumbrunnen	848
9.3.2.2.1	Brunnenanordnung und Ausbau	849
9.3.2.3	Kleinfilteranlagen	850
9.3.2.4	Horizontaldränagen	851
9.3.3	Re-Infiltration	856
9.3.3.1	Düsensauginfiltrationsverfahren (DSI®)	857
9.4	Rohrleitungen	858
9.5	Pumpen	859
9.6	Betrieb und Betriebssicherheit von Wasserhaltungsanlagen	862

9.7	Literatur	862
10	Belastungs- und Qualitätsprüfung Probebelastung und Qualitätskontrolle von Tiefbau- konstruktionen	863
10.1	Allgemeines	863
10.2	Probebelastung von Pfählen	864
10.2.1	Allgemeines	864
10.2.2	Statische Probebelastung von Druckpfählen	866
10.2.3	Probebelastung von Zugpfählen	873
10.2.4	Pseudo-statische Probebelastung	876
10.2.4.1	Statnamic	876
10.2.5	Probebelastung mit dem Osterberg-Verfahren	878
10.3	Integritätsprüfung	882
10.3.1	Low Strain Integrity Testing	882
10.3.2	Cross-hole Sonic Logging	887
10.3.3	Infrarote thermische Integritätsuntersuchung	890
11	Arbeiten in kontaminierten Bereichen	893
11.1	Allgemeines	893
11.2	Spezialtiefbauarbeiten in kontaminierten Bereichen	894
11.2.1	Allgemeines	894
11.2.2	Erkundungsarbeiten	894
11.2.3	Sicherung von Kontaminationen und Deponiebau	897
11.2.4	Sanierung von Altlasten	898
11.2.5	Gründungsarbeiten in kontaminierten Bereichen	900
11.2.5.1	Allgemeines	900
11.2.5.2	Verfahren Centrum-Injektionspfahl	900
11.2.5.3	Verfahren Simplex-Ortbeton-Rammpfahl	902
11.2.5.4	Verfahren Frankipfahl	903
11.2.6	Verdichtungsarbeiten	904
11.2.6.1	Allgemeines	904
11.2.6.2	Fallplattenverdichtung	904
11.2.6.3	Tiefenverdichtung System Brückner	905
11.2.6.4	Seitenverdrängungsverfahren System Leffer	906
11.2.7	Entwässerungs- und Entgasungsarbeiten	907
11.2.7.1	Allgemeines	907

11.2.7.2	Beschreibung des Verfahrens	907
11.2.7.3	Ausführungsbeispiel	909
11.3	Sicherheitstechnik bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen	910
11.3.1	Allgemeines	910
11.3.2	Schutzmaßnahmen	910
11.3.2.1	Allgemeines	910
11.3.2.2	Technische Schutzmaßnahmen	911
11.3.2.3	Organisatorische Schutzmaßnahmen	911
11.3.2.4	Persönliche Schutzausrüstung	911
11.3.2.5	Beispiel für eine praktische Maßnahme	912
12	Vertrags- und Rechtsfragen im Spezialtiefbau	913
12.1	Allgemeines	913
12.2	Der Baugrund als terra incognita für Juristen und Ingenieure	914
12.2.1	Begrifflichkeit Baugrund – Gebirge – Deponiegut	914
12.2.2	Rechtsprobleme im Zusammenhang mit dem Baugrund	915
12.2.2.1	Baugrund als „Vorgabe“ des Auftraggebers und „Baustoff“	915
12.2.2.2	„Baugrund“ ist „(Bau-) Stoff“ im Sinne der §§ 644 und 645 BGB sowie der VOB/B und VOB/C!	916
12.2.2.3	Rechtsfolgen für die Baupraxis	917
12.2.3	Kernproblem: Risikoverwirklichung	917
12.2.3.1	Das Baugrundrisiko	917
12.2.3.2	Das Systemrisiko	918
12.3	Die Lösung von Spezialtiefbau-Streitfällen auf der Basis der Rechtsprechung des Bundesgerichtshofes und des Vergaberechts	919
12.3.1	Einführung	919
12.3.2	Der Baugrund als unverzichtbare Baukomponente	920
12.3.3	Ein typischer Baugrund-Fall	921
12.3.3.1	Geotechnische Grundlagen	921
12.3.3.2	Die Regelungskaskaden zur Lösung der Streitfragen	922
12.4	Exkurs: „Der Baugrund ist, wie er ist!“?	929
12.5	Zusammenfassung	933
12.6	Maßgebliche Literatur	934
13	Sicherheit und Gesundheit	935
13.1	Einleitung	935
13.2	Rechtsgrundlagen	935
13.3	Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes	936

13.4	Verantwortung der Unternehmer	936
13.5	Verantwortung der Führungskräfte	936
13.6	Verantwortung der Beschäftigten	937
13.7	Sicherheitsbeauftragte	937
13.8	Betriebsrat	937
13.9	Fachkraft für Arbeitssicherheit (SiFa)	938
13.10	Betriebsarzt	938
13.11	Arbeitsschutzausschuss	938
13.12	Erste Hilfe	939
13.13	Gefährdungsbeurteilung	939
13.14	Rangfolge der Schutzmaßnahmen	942
13.15	Persönliche Schutzausrüstungen	942
13.16	Maßnahmen vor Arbeitsbeginn	943
13.17	Arbeitsplätze und Verkehrswege	944
13.18	Zusammenarbeit mehrerer Unternehmen – Koordinierung	944
13.19	Absturzsicherungen	944
13.20	Arbeiten am, auf und über Wasser	945
13.21	Baugruben und Gräben	946
13.22	Baugrubenverbau – Trägerbohlwände und Spundwände	947
13.23	Verbaute Gräben	948
13.24	Aushub neben bestehenden Bauwerken – Unterfangen	948
13.25	Einsatz von Maschinen	949
13.26	Arbeiten im Spezialtiefbau	950
13.26.1	Bohrarbeiten	950
13.26.2	Schlitzwandarbeiten	950
13.26.3	Injektionsarbeiten	951
13.26.4	Hochdruckinjektionsarbeiten	951
13.26.5	Ankerarbeiten	952
13.26.6	Arbeiten in Bohrungen	953
13.27	Staatliche Aufsichtsbehörden	955
13.28	Berufsgenossenschaften	955
13.29	Gemeinsame deutsche Arbeitsschutzstrategie (GDA)	956
13.30	Ausblick	957
13.31	Literaturauswahl und Internetadressen	957

14 Beobachtungsmethode und Messtechnik 961

14.1 Einleitung 961

14.2 Ziele einer messtechnischen Überwachung 961

14.3 Beobachtungsmethode 963

14.4 Aufstellung eines Messprogramms 964

14.5 Ausgewählte Messinstrumente und Messverfahren 966

 14.5.1 Geodätische Messungen 966

 14.5.2 Neigungsmessung mit dem Inklinometer 967

 14.5.3 Verschiebungsmessung mit dem Extensometer 968

 14.5.4 Gleitmikrometer 969

 14.5.5 Verschiebungsmessung mit dem induktiven Wegaufnehmer 970

 14.5.6 Dehnungsmessungen 971

 14.5.7 Kraftmessdosen und Druckgeber 974

14.6 Auswertung, Darstellung und Bewertung von Messdaten 977

14.7 Literatur 978

Stichwortverzeichnis 981