

Inhaltsverzeichnis

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	12
1.4 Technische Regelungen im Spezialtiefbau	12
1.5 Literatur	14
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	20
2.2.3 Gefahrenhinweis- und Risikokarten	20
2.2.4 Erdbebengefährdung	21
2.3 Art und Umfang der Baugrunderkundung	22
2.4 Felduntersuchungen	25
2.4.1 Rechtliche Grundlage	25
2.4.2 Probenentnahmeverfahren	26
2.4.2.1 Allgemeines	26
2.4.2.2 Schürfe	29
2.4.2.3 Bohrungen	30
2.4.2.3.1 Allgemeines	30
2.4.2.3.2 Rotationskernbohrungen	31
2.4.2.3.3 Rammkernbohrungen	37
2.4.2.3.4 Kleinbohrungen	37
2.4.2.4 Berichterstattung	38
2.4.3 Feldversuche	38
2.4.3.1 Allgemeines	38
2.4.3.2 Rammsondierungen (DP)	39
2.4.3.3 Bohrlochrammsondierungen (BDP) und Standard Penetration Test (SPT)	40
2.4.3.4 Drucksondierungen (CPT)	42
2.4.3.5 Flügelsondierungen (FVT)	45
2.4.3.6 Bohrlochaufweitungsversuche	46

2.4.3.7	In-situ-Scherversuch mittels Phicometersonde	47
2.4.3.8	Geohydraulische Feldversuche	49
2.4.3.8.1	Allgemeines.....	49
2.4.3.8.2	Wasserdurchlässigkeitsversuche in einem Bohrloch unter Verwendung offener Systeme.....	50
2.4.3.8.3	Wasserdruckversuche im Fels.....	50
2.4.3.8.4	Pumpversuche.....	51
2.4.3.8.5	Infiltrometerversuche.....	52
2.4.3.8.6	Wasserdurchlässigkeitsversuche im Bohrloch unter Verwendung geschlossener Systeme	53
2.4.4	Erfassen der Grundwasserverhältnisse	53
2.4.4.1	Allgemeines.....	53
2.4.4.2	Grundwassermessstellen	54
2.4.4.3	Grundwasserprobenentnahme	57
2.4.4.4	Grundwasserstandsmessungen	57
2.5	Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden und Fels	58
2.5.1	Benennung und Beschreibung von Boden.....	58
2.5.2	Klassifizierung von Böden nach DIN 18196	59
2.5.3	Benennung und Beschreibung von Gestein und Gebirge (Fels)	63
2.5.3.1	Allgemeines.....	63
2.5.3.2	Mineralbestand und Korngefüge	64
2.5.3.3	Porosität.....	70
2.5.3.4	Verwitterung.....	70
2.5.3.5	Trennflächengefüge.....	73
2.5.3.6	Beschreibung von Kernproben	79
2.5.4	Beschreibung und Einstufung von Boden und Fels nach den ATV der VOB	80
2.5.4.1	Allgemeines.....	80
2.5.4.2	Boden- und Felsklassen nach ATV DIN 18300 Erdarbeiten	81
2.5.4.3	Boden- und Felsklassen für Bohrarbeiten	83
2.5.5	Bohrlochmessungen	84
2.5.5.1	Allgemeines.....	84
2.5.5.2	Bohrlochsondierungen.....	84
2.5.5.3	Bohrlochabweichungsmessungen.....	84
2.6	Literatur.....	85
3.	Tiefgründungen	87
3.1	Allgemeines.....	87
3.2	Pfahlgründungen	87
3.2.1	Allgemeines.....	87

3.2.2	Allgemeine Konstruktionsgrundlagen	88
3.2.2.1	Pfahlanordnung	88
3.2.2.2	Entwurf und Bemessung	91
3.2.2.3	Lastangriff und Lastabtragung	91
3.2.3	Grundbegriffe für Pfahlgründungen	92
3.2.3.1	Mantelreibung	92
3.2.3.2	Negative Mantelreibung	93
3.2.3.3	Pfahlspitzenwiderstand	93
3.2.3.4	Horizontale Belastung von Pfählen	94
3.2.3.5	Spitzendruckpfähle	94
3.2.3.6	Schwimmende Pfahlgründung	95
3.2.3.7	Zugpfähle	95
3.2.3.8	Schutzpfähle	96
3.2.4	Wahl der Pfahlart	97
3.2.5	Herstelleneinflüsse auf die Tragfähigkeit von Pfählen ..	97
3.3	Bohrpfähle	98
3.3.1	Allgemeines	98
3.3.2	Normen und Vorschriften	99
3.3.2.1	Allgemeines	99
3.3.2.2	Definitionen und Geltungsbereiche	99
3.3.2.3	Wesentliche Regelungen der DIN EN 1536 [4]	100
3.3.2.3.1	Allgemeines	100
3.3.2.3.2	Bohrarbeiten	101
3.3.2.3.3	Bewehren	102
3.3.2.3.4	Betonieren	102
3.3.2.3.5	Bemessungshinweise	104
3.3.3	Einbaustoffe und Materialien	105
3.3.3.1	Allgemeines	105
3.3.3.2	Beton	105
3.3.3.2.1	Allgemeines	105
3.3.3.2.2	Kenndaten und Grundbegriffe	105
3.3.3.2.3	Zemente	107
3.3.3.2.4	Betoneigenschaften	107
3.3.3.2.5	Transportbeton	112
3.3.3.2.6	Befördern und Fördern von Frischbeton	116
3.3.3.2.7	Einbringen des Betons	116
3.3.3.2.8	Betonüberwachung während der Bauausführung ..	117
3.3.3.2.9	Umfang der Frischbetonuntersuchungen auf der Baustelle	118
3.3.3.2.10	Festbeton	121
3.3.3.2.11	Besondere Anforderungen an Pfahlbeton	123
3.3.3.3	Bewehrung	123

3.3.3.3.1	Allgemeines	123
3.3.3.3.2	Stahlsorten und Kennzeichnung	124
3.3.3.3.3	Lieferung, Abnahme und Lagerung	125
3.3.3.3.4	Besondere Hinweise für die Bohrpfahlbewehrung	126
3.3.3.4	Stützflüssigkeit	129
3.3.3.4.1	Allgemeines	129
3.3.3.4.2	Bentonitsuspension	129
3.3.3.4.3	Überwachung der Suspensionsqualität	130
3.3.3.4.4	Hinweise der DIN EN 1536 [4]	131
3.3.3.4.5	Aufbereitung und Entsorgung der Suspension	132
3.3.3.4.6	Stützwirkung in fein- und grobkörnigen Böden	132
3.3.4	Bohrpfahlsysteme und Herstellverfahren	133
3.3.4.1	Allgemeines	133
3.3.4.2	Greiferbohrverfahren	134
3.3.4.2.1	Allgemeines	134
3.3.4.2.2	Greiferbohrverfahren in unverrohrter Bohrung	135
3.3.4.2.3	Greiferbohrverfahren mit Bohrlochsicherung durch Stützflüssigkeit	135
3.3.4.2.5	Greiferbohrverfahren in voll verrohrter Bohrung	136
3.3.4.2.6	Abteufen der Verrohrung	137
3.3.4.3	Drehbohrverfahren	139
3.3.4.3.1	Allgemeines	139
3.3.4.3.2	Kelly-Bohrverfahren in unverrohrter Bohrung	139
3.3.4.3.3	Kelly-Bohrverfahren mit Bohrlochsicherung durch Stützflüssigkeit	140
3.3.4.3.4	Kelly-Bohrverfahren in voll verrohrter Bohrung	140
3.3.4.3.5	Pfahlherstellung mit durchgehender Hohlbohrschnecke	142
3.3.4.3.6	Pfahlherstellung im Doppelkopfsystem	144
3.3.4.4	Spülbohrverfahren	146
3.3.4.4.1	Allgemeines	146
3.3.4.4.2	Rotary-Bohrverfahren (direktes Verfahren)	146
3.3.4.4.3	Saugbohrverfahren (indirektes Verfahren)	147
3.3.4.4.4	Lufthebeverfahren (indirektes Verfahren)	148
3.3.4.5	Pfahlfußverweiterungen	150
3.3.4.6	Mantel- und Fußverpressungen	151
3.3.4.6.1	Allgemeines	151
3.3.4.6.2	Mantelverpressung	151
3.3.4.6.3	Fußverpressung	154
3.3.4.6.4	Kombination von Fuß- und Mantelverpressung	155
3.3.5	Geräte- und Werkzeugtechnik	155
3.3.5.1	Seilbagger	155

3.3.5.2	Hydraulikbagger	157
3.3.5.3	Drehbohrgeräte	157
3.3.5.3.1	<i>Drehbohrreinrichtungen ohne geführte Drehantriebe</i>	158
3.3.5.3.2	<i>Drehbohrgeräte mit feststehenden Drehantrieben</i>	158
3.3.5.3.3	<i>Drehbohrgeräte mit geführten Drehantrieben</i>	160
3.3.5.4	Spülbohranlagen	166
3.3.5.4.1	<i>Allgemeines</i>	166
3.3.5.4.2	<i>Aufsatzbohranlagen</i>	166
3.3.5.5	Verrohrungseinrichtungen	167
3.3.5.5.1	<i>Allgemeines</i>	167
3.3.5.5.2	<i>Verrohrung über den Kraftdrehkopf des Drehbohrgerätes</i>	168
3.3.5.5.3	<i>Hydraulische Verrohrungsmaschinen – oszillierend</i>	169
3.3.5.5.4	<i>Hydraulische Verrohrungsmaschinen – durchdrehend</i>	171
3.3.5.5.5	<i>Vibrationsverfahren</i>	173
3.3.5.6	Verrohrung	174
3.3.5.6.1	<i>Allgemeines</i>	174
3.3.5.6.2	<i>Bohrrohre ohne Verbindungselemente</i>	174
3.3.5.6.3	<i>Nietbohrrohre (Brunnenrohre)</i>	174
3.3.5.6.4	<i>Bohrrohre mit Gewindeverbindung</i>	175
3.3.5.6.5	<i>Bohrrohre mit Schnellverbindung (Nippelbohrrohre)</i>	175
3.3.5.6.6	<i>Schneidschuhe bzw. Bohrkronen</i>	177
3.3.5.6.7	<i>Schneidschuhbestückung</i>	177
3.3.5.6.8	<i>Bohrtrichter</i>	178
3.3.5.6.9	<i>Bohrrohrgehänge</i>	178
3.3.5.6.10	<i>Grundsätzliche Hinweise</i>	178
3.3.5.7	Schlagbohrwerkzeuge	179
3.3.5.7.1	<i>Allgemeines</i>	179
3.3.5.7.2	<i>Mechanische Seilbohrgreifer</i>	179
3.3.5.7.3	<i>Hydraulische Seilbohrgreifer</i>	181
3.3.5.7.4	<i>Mechanische und hydraulische Brunnen- bzw. Schachtbohrgreifer</i>	181
3.3.5.7.5	<i>Kiespumpen</i>	181
3.3.5.7.6	<i>Schlamm- und Schlagbüchsen</i>	182
3.3.5.7.7	<i>Bohrmeißel</i>	182
3.3.5.8	Drehbohrwerkzeuge	183
3.3.5.8.1	<i>Allgemeines</i>	183
3.3.5.8.2	<i>Meißel und Pilotbohrer für Drehbohrwerkzeuge</i>	184
3.3.5.8.3	<i>Bohrschnellen</i>	186
3.3.5.8.4	<i>Bohreimer</i>	187
3.3.5.8.5	<i>Kernrohre</i>	189
3.3.5.8.6	<i>Rollenmeißel-Kernrohre</i>	190

3.3.5.8.7	<i>Pfahlfußweiterungsschneider</i>	191
3.3.5.8.8	<i>Endlosbohrschnecken</i>	192
3.3.5.8.9	<i>Tieflochhämmer</i>	193
3.3.5.8.10	<i>Spülbohrverfahren mit Rollenmeißel-Flachbohrköpfen</i>	195
3.3.5.8.11	<i>Zubehör für Drehbohrwerkzeuge</i>	195
3.3.5.9	Sonstige Geräte.	197
3.3.5.9.1	<i>Betoniergeräte</i>	197
3.3.5.9.2	<i>Arbeitskörbe bzw. -bühnen</i>	199
3.3.5.9.3	<i>Pumpen</i>	199
3.3.5.9.4	<i>Befahrungskorb</i>	199
3.3.5.9.5	<i>Weiteres Zubehör</i>	200
3.3.6	Arbeitsvorbereitung und Ausführung	200
3.3.6.1	Allgemeines.	200
3.3.6.2	Baustellenbesichtigung und Anfahrtsbeschreibung	202
3.3.6.3	Gerätekonfiguration und Transporte	202
3.3.6.4	Arbeiten auf der Baustelle.	202
3.3.6.5	Ausführungshinweise.	204
3.3.6.5.1	<i>Bohrtechnik</i>	204
3.3.6.5.2	<i>Bewehren</i>	205
3.3.6.5.3	<i>Betonieren</i>	205
3.3.6.5.4	<i>Nacharbeiten</i>	206
3.3.6.5.5	<i>Protokollierung</i>	207
3.3.7	Pfahlprobobelastungen	207
3.3.7.1	Allgemeines.	207
3.3.7.2	Statische Pfahlprobobelastung	208
3.3.7.3	Pfahlprobobelastungen mit einbetonierten Hydraulikzylindern	209
3.3.7.4	Dynamische Pfahlprobobelastungen	210
3.3.8	Bemessung.	211
3.3.8.1	Allgemeines.	211
3.3.8.2	Äußere Tragfähigkeit	211
3.3.9.3	Tragverhalten und Widerstände von Bohrpfählen und Pfahlgruppen.	212
3.3.9.4	Bohrpfähle unter horizontaler Beanspruchung	212
3.3.9.5	Pfahlgruppen	213
3.3.9.6	Zugpfähle und Zugpfahlgruppen	213
3.3.9.7	Innere Tragfähigkeit.	214
3.3.9.8	Schlussbetrachtung.	214
3.4	Verdrängungspfähle	214
3.4.1	Normung und Definitionen.	214
3.4.2	Pfahlsysteme	215

3.4.2.1	Fertigpfähle	215
3.4.2.1.1	Holzrammpfähle	216
3.4.2.1.2	Stahlrammpfähle	217
3.4.2.1.3	Stahlbetonrammpfähle	220
3.4.2.2	Ortbeton-Verdrängungspfähle	224
3.4.2.2.1	Ortbeton-Rammpfähle	224
3.4.2.2.2	Ortbeton-Schraubpfähle	232
3.4.2.3	Verpresste Verdrängungspfähle	237
3.4.2.3.1	Allgemeines	237
3.4.2.3.2	MV-Pfahl	238
3.4.2.3.3	RI-Pfahl	239
3.4.2.3.4	Verpresste Rohrpfähle	240
3.4.2.3.5	Eingepresste Verdrängungspfähle	240
3.4.3	Gerätetechnik	241
3.4.3.1	Allgemeines	241
3.4.3.2	Geräte für Fertigpfähle	241
3.4.3.3	Geräte für Ortbeton-Verdrängungspfähle	244
3.4.3.4	Drehantriebe und Ziecheinrichtungen	246
3.4.3.5	Betoniereinrichtungen	248
3.4.3.6	Ramm- und Bohrrohre	249
3.4.4	Arbeitsvorbereitung und Ausführung	249
3.4.4.1	Allgemeines	249
3.4.4.2	Baugrundaufschluss	249
3.4.4.3	Wahl des Pfahlsystems	250
3.4.4.4	Baustellenbesichtigung und Anfahrtsbeschreibung	250
3.4.4.5	Arbeitsplanum	250
3.4.4.6	Maßnahmen vor und während der Arbeiten	251
3.4.5	Bemessungsgrundlagen	251
3.4.5.1	Allgemeines	251
3.4.5.2	Nachweis der inneren Tragfähigkeit	252
3.4.5.3	Nachweis der äußeren Tragfähigkeit	252
3.4.5.3.1	<i>Nachweis durch Probebelastungen</i>	252
3.4.5.3.2	<i>Nachweis über Erfahrungswerte</i>	253
3.4.5.4	Entwurfskriterien	253
3.5	Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfähle)	254
3.5.1	Normung und Definitionen	254
3.5.1.1	Allgemeines	254
3.5.1.2	Geltungsbereich	254
3.5.1.3	Begriffe	255
3.5.1.4	Aspekte für den Einsatz von Mikropfählen	256
3.5.2	Mikropfahl-Systeme	256
3.5.2.1	Ortbetonpfahl	256

3.5.2.2	<i>Verbundpfahl</i>	256
3.5.2.3	<i>Fertigpfahl</i>	257
3.5.2.4	<i>Anwender-Pfahlsysteme</i>	257
3.5.2.4.1	<i>GEWI®-Pfahl, System »DYWIDAG«</i>	257
3.5.2.4.2	<i>Verbundpfahl System Stump</i>	260
3.5.2.4.3	<i>Bauer-SVV-Mikropfahl</i>	261
3.5.2.4.4	<i>Ischebeck-Injektions-Pfahl</i>	261
3.5.2.4.5	<i>Duktilpfahl</i>	262
3.5.2.4.6	<i>MESI-Pfahlsystem</i>	265
3.5.3	<i>Geräte- und Werkzeugtechnik</i>	266
3.5.3.1	<i>Allgemeines</i>	266
3.5.3.2	<i>Bohrgeräte</i>	267
3.5.3.3	<i>Misch- und Verpressgeräte</i>	268
3.5.3.4	<i>Bohrrohre und Bohrgestänge</i>	270
3.5.3.4.1	<i>Allgemeines</i>	270
3.5.3.4.2	<i>Bohr- und Rohrsysteme, Bohrkronen</i>	271
3.5.3.5	<i>Kraftdrehköpfe und Bohrhämmer</i>	271
3.5.3.5.1	<i>Allgemeines</i>	271
3.5.3.5.2	<i>Kraftdrehköpfe</i>	272
3.5.3.5.3	<i>Hydraulik-Bohrhämmer</i>	272
3.5.3.5.4	<i>Doppelkopf-Bohranlagen</i>	273
3.5.4	<i>Verfahrenstechnik und Arbeitsvorbereitung</i>	274
3.5.4.1	<i>Allgemeines</i>	274
3.5.4.2	<i>Anwendungsgebiete der einzelnen Bohrverfahren</i> ..	276
3.5.4.3	<i>Einbringen des Mikropfahls</i>	276
3.5.4.4	<i>Verpressen</i>	278
3.5.4.5	<i>Nachverpressen</i>	278
3.5.4.6	<i>Herstellprotokoll</i>	278
3.5.4.7	<i>Güteprüfung</i>	278
3.5.4.8	<i>Erkundung des Baugrunds</i>	278
3.5.4.9	<i>Erkundung bestehender baulicher Anlagen</i>	278
3.5.5	<i>Bemessungsgrundlagen</i>	279
3.5.5.1	<i>Innere und äußere Tragfähigkeit</i>	279
3.5.5.2	<i>Nachweis der äußeren Tragfähigkeit</i>	279
3.5.5.3	<i>Nachweis der inneren Tragfähigkeit</i>	281
3.5.5.4	<i>Biegebeanspruchung</i>	281
3.6	<i>Spezielle Gründungselemente</i>	282
3.6.1	<i>Allgemeines</i>	282
3.6.2	<i>Normung und Definitionen</i>	282
3.6.2.1	<i>Normung</i>	282
3.6.2.2	<i>Einbaustoffe und Materialien</i>	282
3.6.3	<i>Systeme und Verfahrenstechnik</i>	283

3.6.3.1	Allgemeines	283
3.6.3.2	Rüttelstopfsäulen	283
3.6.3.3	Vermörtelte Stopfsäulen	283
3.6.3.4	Fertigmörtel-Stopfsäulen (FSS)	284
3.6.3.5	Ortbetonrüttelsäulen	284
3.6.3.6	CMC-Säulen	286
3.6.3.7	Düsenstrahl-(DSV)-Säulen	288
3.6.3.7.1	<i>Allgemeines</i>	288
3.6.3.7.2	<i>Beschreibung des Herstellverfahrens</i>	289
3.6.4	Geräte- und Werkzeugtechnik	290
3.6.4.1	Allgemeines	290
3.6.4.2	Trägergeräte	290
3.6.4.3	Radlader	292
3.6.4.4	Mess-, Kontroll- und Erfassungseinrichtungen	292
3.6.4.5	Schleusenrüttler	292
3.6.4.6	Energie- und Hilfsgeräte	294
3.6.5	Arbeitsvorbereitung	294
3.6.6	Bemessungsgrundlagen	295
3.6.6.1	Äußere Tragfähigkeit	295
3.6.8.2	Innere Tragfähigkeit	296
3.7	Brunnengründungen und offene Senkkastengründungen	296
3.7.1	Allgemeines	296
3.7.2	Normung	297
3.7.3	Geräte- und Werkzeugtechnik	297
3.7.4	Arbeitsvorbereitung	298
3.7.5	Einbaustoffe und Materialien	298
3.7.6	Verfahrenstechnik	300
3.7.6.1	Allgemeines	300
3.7.6.2	Absenkvorgang	300
3.7.6.3	Handschachtung	301
3.7.6.4	Baggerschachtung	301
3.7.6.5	Hydromechanischer Aushub	302
3.7.6.6	Betonieren und Verfüllen	302
3.7.7	Anwendungsbeispiele	303
3.7.8	Bemessungsgrundlagen	304
3.7.8.1	Allgemeines	304
3.7.8.2	Äußere Tragfähigkeit	306
3.7.8.3	Innere Tragfähigkeit	306
3.8	Druckluftgründungen	306
3.8.1	Allgemeines	306
3.8.2	Vor- und Nachteile	308
3.8.3	Normung	308

3.8.4	Geräte- und Werkzeugtechnik	308
3.8.5	Arbeitsvorbereitung	310
3.8.6	Konstruktion der Senkkästen	311
3.8.6.1	Bauteile	311
3.8.6.2	Querschnittsformen	311
3.8.6.3	Schneiden	311
3.8.7	Verfahrenstechnik.	312
3.8.8	Wiedergewinnbare Arbeitskammern	313
3.8.9	Bemessungsgrundlagen	313
3.9	Literatur	314
4.	Rammen	320
4.1	Herausforderungen der Rammverfahren	323
4.2	Physikalische Grundlagen des Rammens	324
4.2.1	Impuls und Kraftverlauf bei Hämtern und Rüttlern .	324
4.2.1.1	Unbeschleunigter Hydraulikhammer	327
4.2.1.2	Dieselhammer	327
4.2.1.3	Beschleunigte (doppelt wirkende) Hämmer	329
4.2.1.4	Vergleich der Schlagfrequenz	330
4.2.1.5	Gerichtete Rüttler	331
4.2.1.6	Rüttler mit Auflast	334
4.2.2	Einfluss der Rüttleramplitude	336
4.2.3	Energiebetrachtung	337
4.2.3.1	Energiebetrachtung beim Hammer	337
4.2.3.2	Energiebetrachtung beim Rüttler	342
4.2.4	Physik der Interaktion zwischen Krafterzeuger, Rammgut und Boden	343
4.3	Arten von Rammgütern	345
4.3.1	Pfähle	346
4.3.2	Wandelemente	347
4.4	Hämmer (Rammbären).	352
4.4.1	Druckluft- bzw. Dampfhämmer.	353
4.4.2	Dieselhämmer	354
4.4.3	Einfach wirkende Hydraulikhämmer	361
4.4.4	Beschleunigte (doppelt wirkende) Hydraulikhämmer	363
4.4.5	Rammhaube und Schlagplatte	368
4.4.6	Messeinrichtungen	371
4.5	Rüttler (Vibrationsbären).	373
4.5.1	Baggeranbaurüttler	379
4.5.2	Freireitende Rüttler	380
4.5.3	Mäklerrüttler.	382
4.5.4	Gürtelrüttler	385

4.5.5	Seitengriffrättler	386
4.5.6	Gerichtetes Rütteln	387
4.5.7	Spannzangen	391
4.5.8	Rüttlersteuerung	394
4.5.9	Dokumentation des Rüttelprozesses	396
4.6	Trägergeräte zum Rammen	398
4.6.1	Telemäklergeräte	398
4.6.2	Starrmäklergeräte	403
4.6.3	Universelle Einsätze von Teleskop- und Starrmäkler- geräten	406
4.6.4	Rammgeräte für Hammeranbau	409
4.6.5	Anbaumäkler für Kräne	410
4.6.6	Freihängende Mäkler an Kränen	412
4.7	Pressen	414
4.7.1	Schwergewichts-Pressen	415
4.7.2	Selbstschreitende Spundwandpressen	417
4.7.3	Mäklergeführte Spundwandpressen	420
4.8	Verfahrensaspekte	421
4.8.1	Zu hoher Rammwiderstand	421
4.8.2	Bohlenführungen bei Spundwänden	423
4.8.3	Abweichen von Spundwänden von der Soll-Lage	424
4.8.4	Korrektur der Wandlänge einer Spundwand	426
4.8.5	Mitnahme der schon gerammten Nachbarbohle	426
4.8.6	Spundwände unter begrenzter Raumhöhe	427
4.8.7	Verbesserung der Dichtheit von Spundwänden	427
4.8.8	Sicherheitsaspekte	428
4.9	Offshore-Anwendungen	429
4.9.1	Hämmer	432
4.9.1.1	Hämmer für oberflächennahe Anwendungen	432
4.9.1.2	Hämmer für Tiefsee-Anwendungen	435
4.9.2	Rüttler	438
4.9.3	Unterstützende Maßnahmen	442
4.9.4	Alternative Methoden	450
4.10	Literatur	454
4.11	Schlussbemerkung	461
5.	Baugruben	462
5.1	Allgemeines	462
5.2	Normung und Bemessung	466
5.3	Geböschte Baugruben und geböschte Gräben	469
5.4	Baugrubenwände	473
5.4.1	Allgemeines	473

5.4.2	Grabenverbau	474
5.4.2.1	Grabenverbaugeräte	474
5.4.2.2	Waagerechter Grabenverbau	475
5.4.2.3	Senkrechter Grabenverbau	477
5.4.3	Trägerbohlwände	479
5.4.3.1	Allgemeines.	479
5.4.3.2	Ausführungsformen von Trägerbohlwänden	480
5.4.3.3	Verfahrenstechnik.	481
5.4.3.3.1	<i>Vorbereitende Maßnahmen</i>	481
5.4.3.3.2	<i>Senkrechte Bohlträger</i>	481
5.4.3.3.3	<i>Aufschüttung</i>	483
5.4.3.3.4	<i>Aussteifung bzw. Rückverankerung</i>	492
5.4.3.3.5	<i>Rückbau</i>	497
5.4.3.4	Sonderform Essener Verbau	497
5.4.4	Spundwände	497
5.4.4.1	Allgemeines.	497
5.4.4.2	Spundwandprofile und Stahlsorten	500
5.4.4.3	Verfahrenstechnik.	505
5.4.4.3.1	<i>Vorbereitende Maßnahmen</i>	505
5.4.4.3.2	<i>Einbringen der Spundbohlen</i>	506
5.4.4.3.3	<i>Aussteifung und Rückverankerung</i>	511
5.4.4.3.4	<i>Rückbau</i>	513
5.4.4.4	Konstruktive Details	513
5.4.4.4.1	<i>Eck- und Abzweigprofile</i>	513
5.4.4.4.2	<i>Wassererdichtigkeit von Spundwandschlössern</i>	514
5.4.4.4.3	<i>Schlossschäden</i>	517
5.4.4.4.4	<i>Korrosionsschutz</i>	518
5.4.4.5	Sonderformen und Sonderbauweisen (Fangedämme)	518
5.4.5	Pfahlwände	521
5.4.5.1	Allgemeines.	521
5.4.5.2	Ausführungsformen von Pfahlwänden	523
5.4.5.3	Verfahrenstechnik.	527
5.4.5.3.1	<i>Vorbereitende Maßnahmen</i>	527
5.4.5.3.2	<i>Herstellung der Bohrungen</i>	528
5.4.5.3.3	<i>Beweihen</i>	532
5.4.5.3.4	<i>Betonieren</i>	534
5.4.5.3.5	<i>Aussteifung und Rückverankerung</i>	536
5.4.5.3.6	<i>Nacharbeiten</i>	538
5.4.6	Schlitzwände	539
5.4.6.1	Allgemeines.	539
5.4.6.2	Ausführungsformen von Schlitzwänden	542
5.4.6.3	Verfahrenstechnik.	542

5.4.6.3.1	<i>Vorbereitende Maßnahmen</i>	543
5.4.6.3.2	<i>Herstellung einer Ortbetonschlitzwand im Zweiphasenverfahren</i>	546
5.4.6.3.3	<i>Herstellung einer Dichtungsschlitzwand mit eingestellten vertikalen Tragelementen im Einphasenverfahren</i>	555
5.4.6.3.4	<i>Aussteifung und Rückverankerung</i>	560
5.4.6.3.5	<i>Nacharbeiten</i>	561
5.4.6.4	<i>Geräte und Werkzeugtechnik</i>	562
5.4.6.4.1	<i>Baustelleneinrichtung</i>	562
5.4.6.4.2	<i>Trägergeräte</i>	563
5.4.6.4.3	<i>Schlitzwandgreifer</i>	565
5.4.6.4.4	<i>Schlitzwandfräsen</i>	567
5.4.6.4.5	<i>Meißel</i>	571
5.4.6.4.6	<i>Abschalelemente</i>	572
5.4.6.4.7	<i>Rohrziehmaschinen</i>	577
5.4.6.4.8	<i>Betoniereinrichtung</i>	578
5.4.6.4.9	<i>Aufbereitungsanlagen</i>	579
5.4.7	<i>Erdbetonwände (Mixed-in-Place)</i>	582
5.4.7.1	<i>Allgemeines</i>	582
5.4.7.2	<i>Ausführungsformen von Erdbetonwänden</i>	585
5.4.7.3	<i>Verfahrenstechnik</i>	585
5.4.8	<i>Elementwände</i>	590
5.4.8.1	<i>Allgemeines</i>	590
5.4.8.2	<i>Ausführungsformen von Elementwänden</i>	591
5.4.8.2.1	<i>Geschlossene Elementwände</i>	591
5.4.8.2.2	<i>Aufgelöste Elementwände</i>	593
5.4.9	<i>Bodenvernagelung</i>	594
5.4.9.1	<i>Allgemeines</i>	594
5.4.9.2	<i>Ausführungsformen von Bodenvernagelungen</i>	596
5.4.9.3	<i>Verfahrenstechnik</i>	597
5.4.10	<i>Injektionswände</i>	598
5.4.10.1	<i>Allgemeines</i>	598
5.4.10.2	<i>Ausführungsformen</i>	600
5.4.10.3	<i>Verfahrenstechnik</i>	601
5.4.11	<i>Gefrierverfahren</i>	602
5.4.11.1	<i>Allgemeines</i>	602
5.4.11.2	<i>Verfahrenstechnik</i>	604
5.4.11.2.1	<i>Verfahrenstechnik</i>	604
5.4.11.2.2	<i>Herstellung der Gefrierlanzen</i>	605
5.4.11.2.3	<i>Gefrierinstallation zur Herstellung des Gefrierkörpers</i>	606
5.4.11.2.4	<i>Herstellung und Aufrechterhalten des Frostkörpers</i> ..	607

Inhaltsverzeichnis

5.4.11.2.5	Messtechnische Überwachung	608
5.5	Horizontale Baugrubenumschließungen bei Baugruben im Grundwasser	609
5.5.1	Allgemeines.	609
5.5.2	Grundwasserabsenkung.	610
5.5.3	Natürliche Abdichtung.	611
5.5.4	Düsenstrahlsohle.	612
5.5.5	Unterwasserbetonsohle	615
5.5.6	Weichgelsohle.	619
5.6	Besondere Bauweisen	621
5.6.1	Allgemeines.	621
5.6.2	Deckelbauweise	621
5.6.3	Baugrubeneinteilung durch Anordnung von Querschotts	623
5.6.4	Baugruben mit besonderem Grundriss.	623
5.7	Literaturverzeichnis	624
6.	Ankertechnik	629
6.1	Allgemeines.	629
6.2	Normung	632
6.2.1	Prüfungen und Abnahmen	632
6.2.2	Begriffe und Definitionen	635
6.3	Ankersystem Verpressanker.	640
6.3.1	Kurzzeitanker	640
6.3.1.1	Allgemeines.	640
6.3.1.2	Verbund-Einstabanker	640
6.3.1.3	Verbund-Litzenanker	641
6.3.1.4	Selbstbohranker	643
6.3.1.5	Rückbaubare Anker	645
6.3.2	Daueranker	647
6.3.2.1	Allgemeines.	647
6.3.2.2	Druckrohranker.	647
6.3.2.3	Einstab-Daueranker	648
6.3.2.4	Litzen-Daueranker	648
6.3.2.5	Korrosionsschutz.	648
6.3.2.6	Dauerplastische Korrosionsschutzmassen	649
6.3.3	Herstellung und Einbau	650
6.3.3.1	Allgemeines.	650
6.3.3.2	Herstellung des Zugglieds im Werk	650
6.3.3.3	Bohren	651
6.3.3.4	Zuggliedeinbau.	654
6.3.3.5	Zementmörtelverfüllung und Verpressen	656

6.3.3.6	Eignungs- und Abnahmeprüfung	658
6.3.3.7	Ankerspannen	662
6.4	Geräte- und Werkzeuge	665
6.4.1	Ankerbohrgeräte	665
6.4.2	Bohrhämmere und Bohrgetriebe	667
6.4.2.1	Hydraulische Bohrhämmer	667
6.4.2.2	Hydraulische Doppelkopf-Bohranlagen	668
6.4.2.3	Imlochhammer (Senkhammer)	669
6.4.3	Bohrrohre, Bohrgestänge und Bohrkronen	669
6.4.4	Misch- und Verpressgeräte, Förderpumpen	672
6.4.5	Ankerspanngeräte	675
6.5	Weitere Hinweise	677
6.6	Literatur	679
7.	Verbesserung des Baugrundes	680
7.1	Einführung	680
7.2	Verdichtung des Bodens	681
7.2.1	Oberflächennahe Verdichtung	682
7.2.2	Tiefe Verdichtung	686
7.2.2.1	Rüttelverdichtung	686
7.2.2.2	Rütteldruckverdichtung	687
7.2.2.3	Rüttelstopfverdichtung	690
7.2.2.4	Fallplattenverdichtung	693
7.2.2.5	Impulsverdichtung	695
7.2.2.6	Sprengverdichtung	697
7.2.2.7	Betonstopfsäulen und Fertigmörtelstopfsäulen	697
7.2.2.8	Betonrüttelsäulen	698
7.3	Vermörtelung des Bodens	700
7.3.1	Oberflächennahe Vermörtelung	700
7.3.2	Mechanische Einbringverfahren für tiefe Vermörtelung	701
7.3.2.1	Mechanische Einbringung von trockenen Binde- mitteln	701
7.3.2.2	Mechanische Einbringung von Suspensionen	702
7.3.3	Hydraulische Mischverfahren für tiefe Vermörtelung	707
7.3.3.1	Grundlagen des Düsenstrahlverfahrens	708
7.3.3.1.1	<i>Einphasensystem</i>	711
7.3.3.1.2	<i>Zweiphasensystem</i>	712
7.3.3.1.3	<i>Dreiphasensystem</i>	712
7.3.3.2	Gerätetechnik	713
7.3.3.2.1	<i>Bohr- und Düsgerät</i>	714

7.3.3.2.2	<i>Hochdrucksuspensionspumpe, Hochdruckwasser-pumpe</i>	715
7.3.3.2.3	<i>Mischanlage</i>	716
7.3.3.2.4	<i>Zu- und Ableitungen</i>	717
7.3.3.2.5	<i>Düssuspension</i>	717
7.3.3.2.6	<i>Suspensionsrücklauf mit Pumpen und Aufnahme-behältern</i>	717
7.3.3.3	<i>Qualitätssicherung</i>	718
7.3.3.3.1	<i>Kontrolle der Position und der Geometrie</i>	719
7.3.3.3.2	<i>Kontrolle durch Ausgrabung oder Sondierbohrung</i> ..	719
7.3.3.3.3	<i>Kontrolle durch Tastwerkzeuge</i>	719
7.3.3.3.4	<i>Kontrolle durch Hydrophonverfahren</i>	719
7.3.3.3.5	<i>Kontrolle durch Temperaturmessungen</i>	721
7.3.3.3.6	<i>Kontrolle durch geophysikalische Verfahren</i>	721
7.3.3.4	<i>Maßnahmen bei Abweichungen von geplanter Geometrie, Position oder Materialeigenschaft</i>	721
7.3.3.5	<i>Suspensionsdurchbrüche und Suspensionsausläufer</i> ..	721
7.3.4	<i>Mechanisch-hydraulische Mischverfahren für tiefe Vermörtelung</i>	723
7.3.4.1	<i>Stabilisierung großer Bodenmassen</i>	723
7.3.4.2	<i>Herstellung von Elementen</i>	723
7.4	Injektionen	724
7.4.1	<i>Injektionsmittel</i>	725
7.4.2	<i>Verringerung der Durchlässigkeit</i>	726
7.4.3	<i>Erhöhung der Festigkeit und Reduzierung der Verformbarkeit</i>	727
7.4.4	<i>Vergrößerung des Volumens</i>	728
7.4.5	<i>Gerätetechnik</i>	729
7.5	Tiefendränage	730
7.6	Bodenvereisung	731
7.6.1	<i>Verfahrensgrundlagen</i>	732
7.6.1.1	<i>Bodenvereisung mit flüssigem Stickstoff</i>	733
7.6.1.2	<i>Bodenvereisung mit Sole</i>	734
7.6.2	<i>Qualitätssicherung</i>	735
7.7	Bewehrung des Bodens	736
7.7.1	<i>Bewehte Erdkörper</i>	736
7.7.2	<i>Bauausführung</i>	739
7.8	Literatur	741
8.	Rohrvortrieb	747
8.1	Allgemeines	747
8.2	Klassifizierung	747

8.3	Unbemannte Verfahren	750
8.3.1	Nichtsteuerbare Verfahren	750
8.3.1.1	Bodenverdrängende Verfahren	750
8.3.1.1.1	<i>Bodenverdrängungshammer (DWA-A 125 6.1.2.1.1)</i>	750
8.3.1.1.2	<i>Berstlining-Verfahren (DWA-A 125 6.1.2.1.4)</i>	753
8.3.1.2	Bodenentnehmende Verfahren	755
8.3.1.2.1	<i>Horizontalrammel-presse mit offenem Rohr (DWA-A 125 6.1.2.2.1)</i>	755
8.3.1.2.2	<i>Überbohrverfahren (DWA-A 125 6.1.2.2.3)</i>	756
8.3.2	Steuerbare Verfahren	759
8.3.2.1	Mikrotunnelbau (DWA-A 125 6.1.3.1)	759
8.3.2.1.1	<i>Slurryschild</i>	761
8.3.2.1.2	<i>Hydroschild</i>	762
8.3.2.1.3	<i>Erddruckschild/EPB</i>	763
8.3.2.1.4	<i>Tübbingsverfahren</i>	764
8.3.2.1.5	<i>Bentonitschmierung</i>	765
8.3.2.1.6	<i>Dehnerstationen/Zwischenpressstationen</i>	767
8.3.2.1.7	<i>Vermessung</i>	769
8.3.2.2	Pilotrohrvortrieb (DWA-A 125 6.1.3.2)	772
8.3.2.2.1	<i>Allgemeine Definition in Anlehnung an DWA-A 125</i>	772
8.3.2.2.2	<i>Aufweitung bei Pilotrohrvortrieben mit Bodenverdrängung</i>	774
8.3.2.2.3	<i>Aufweitung bei Pilotrohrvortrieben mit Bodenentnahme</i>	775
8.3.2.2.4	<i>Vermessung</i>	775
8.3.2.2.5	<i>Steuerung</i>	776
8.3.2.2.6	<i>Anforderungen an den Baugrund</i>	776
8.3.2.2.7	<i>Erfahrungswerte</i>	777
8.3.2.3	Gesteuerte Horizontalspülbohrtechnik (HDD) (DWA-A 125 6.1.3.3)	777
8.3.2.3.1	<i>Allgemeines</i>	777
8.3.2.3.2	<i>Verfahrensbeschreibung</i>	777
8.3.2.3.3	<i>Anwendungsgebiete der Horizontalbohrtechnik</i>	779
8.3.2.3.4	<i>Bohrtechnik</i>	780
8.3.2.3.5	<i>Bohrgeräte</i>	780
8.3.2.3.6	<i>Bohrwerkzeuge</i>	781
8.3.2.3.7	<i>Ortungs- und Steuerungstechnik</i>	781
8.3.2.3.8	<i>Bohrspülungstechnologie</i>	783
8.3.2.3.9	<i>Baugrundinformationen</i>	783
8.3.2.3.10	<i>Grenzen der Spülbohrtechnik</i>	784
8.3.2.4	<i>EasyPipe®</i>	784
8.3.2.5	<i>DirectPipe®</i>	786

8.3.2.6	EasyLong®	788
8.4	Bemannte Verfahren	791
8.4.1	Steuerbare Verfahren (DWA-A 125 6.2.3)	791
8.4.1.1	Allgemeines.....	791
8.4.1.2	Steuerung	792
8.4.1.3	Startschacht.....	793
8.4.1.4	Kräfte	793
8.4.1.5	Dehner	794
8.4.1.6	Abbausysteme	794
8.4.1.7	Materialförderung	798
8.5	Statische Berechnung von Vortriebsrohren	799
8.5.1	Einleitung	799
8.5.2	Nachweise quer zur Rohrachse	800
8.5.3	Nachweise in Richtung der Rohrachse	801
8.6	Literaturverzeichnis	806
9.	Grundwasserhaltung	807
9.1	Allgemeines.....	807
9.2	Einsatzgebiete.....	808
9.2.1	»Undichte« Baugruben	808
9.2.2	»Teilgedichtete« Baugruben	809
9.2.3	Restwasserdichte Baugruben.....	809
9.2.4	Rohrgräben	809
9.3	Verfahren der Grundwasserhaltung	810
9.3.1	Offene Wasserhaltung	810
9.3.2	Geschlossene Wasserhaltung.....	811
9.3.2.1	Schwerkraftbrunnen	812
9.3.2.2	Vakuumbrunnen.....	813
9.3.2.2.1	<i>Brunnenanordnung und Ausbau</i>	814
9.3.2.3	Kleinfilteranlagen.....	815
9.3.2.4	Horizontaldränagen.....	816
9.3.3	Re-Infiltration	817
9.3.3.1	Düsensauginfiltrationsverfahren (DSI®)	818
9.4	Rohrleitungen.....	819
9.5	Pumpen	820
9.6	Betrieb und Betriebssicherheit von Wasserhaltungsanlagen.....	822
9.7	Literatur.....	822
10.	Belastungs- und Qualitätsprüfung Probobelastung und Qualitätskontrolle von Tiefbaukonstruktionen	824
10.1	Allgemeines	824
10.2	Probobelastung der Pfähle	825

10.2.1	Allgemeines	825
10.2.2	Statische Probobelastung der Druckpfähle	827
10.2.3	Probobelastung der Zugpfähle	835
10.2.4	PSEUDO-STATIC PROBEBELASTUNG	838
10.2.4.1	Statnamic	838
10.2.5	Probobelastung mit dem Osterberg-Verfahren	841
10.3	Integritätsprüfung	844
10.3.1	Low-strain integrity testing	844
10.3.2	Cross-hole Sonic Logging	850
10.3.3	Infrarote thermische Integritätsuntersuchung	853
11. Arbeiten in kontaminierten Bereichen		857
11.1	Allgemeines	857
11.2	Spezialtiefbauarbeiten in kontaminierten Bereichen	858
11.2.1	Allgemeines	858
11.2.2	Erkundungsarbeiten	858
11.2.3	Sicherung von Kontaminationen und Deponiebau	862
11.2.4	Sanierung von Altlasten	863
11.2.5	Gründungsarbeiten in kontaminierten Bereichen	865
11.2.5.1	Allgemeines	865
11.2.5.2	Verfahren Centrum-Injektionspfahl	865
11.2.5.3	Verfahren Simplex-Ortbeton-Rammpfahl	867
11.2.5.4	Verfahren Frankipfahl	868
11.2.6	Verdichtungsarbeiten	869
11.2.6.1	Allgemeines	869
11.2.6.2	Fallplattenverdichtung	869
11.2.6.3	Tiefenverdichtung System Brückner	870
11.2.6.4	Seitenverdrängungsverfahren System Leffer	871
11.2.7	Entwässerungs- und Entgasungsarbeiten	872
11.2.7.1	Allgemeines	872
11.2.7.2	Beschreibung des Verfahrens	872
11.2.8	Ausführungsbeispiel	874
11.3	Sicherheitstechnik bei Arbeiten in kontaminierten Bereichen	875
11.3.1	Allgemeines	875
11.3.2	Schutzmaßnahmen	876
11.3.2.1	Allgemeines	876
11.3.2.2	Technische Schutzmaßnahmen	876
11.3.2.3	Organisatorische Schutzmaßnahmen	876
11.3.2.4	Persönliche Schutzausrüstung	877
11.3.2.5	Beispiel für eine praktische Maßnahme	877
Literatur Direct-Push		877

12. Vertrags- und Rechtsfragen im Spezialtiefbau	878
12.1 Allgemeines	878
12.2 Der Baugrund als <i>terra incognita</i> für Juristen, z.T. aber auch Ingenieure	879
12.2.1 Begrifflichkeit Baugrund – Gebirge – Deponiegut	879
12.2.2 Rechtsprobleme im Zusammenhang mit dem Baugrund	880
12.2.2.1 Baugrund als »Vorgabe« des Auftraggebers und »Baustoff«	880
12.2.2.2 »Baugrund« ist »(Bau-) Stoff« im Sinne der §§ 644–645 BGB sowie der VOB/B und VOB/C!	882
12.2.2.3 Rechtsfolgen für die Baupraxis	882
12.2.3 Kernproblem: Risikoverwirklichung	883
12.2.3.1 Das Baugrundrisiko	883
12.2.3.2 Das Systemrisiko	883
12.3 Die Rechtsprechung des VII. BGH-Senats zum Baugrundrisiko	884
12.3.1 Vorgabe 1: Einbeziehung der VOB Teil C zur Bestimmung des Vertragsinhalts	885
12.3.2 Vorgabe 2: Grundsätzliche Aussagen des BGH zum Baugrundrisiko	886
12.3.3 Vorgabe 3: Grundsätzliche Aussage zur Erforderlichkeit von Baugrundangaben	887
12.4 Zusammenfassung zur höchstrichterlichen Rechtsprechung zum Baugrund	890
12.5 Beweismöglichkeiten im Spezialtiefbau	890
12.5.1 Die Beweispflicht hinsichtlich des Baugrunds bzw. Gebirges	891
12.5.2 Beweislast nach der VOB Teil C	891
12.5.3 Die Grundsätze des »Anscheinsbeweises«	892
12.5.4 Die Anwendung der »5-M-Methode« bei Spezialtiefleistungen	893
12.6 Maßgebliche Literatur	894
13. Sicherheit und Gesundheitsschutz am Arbeitsplatz	895
13.1 Einleitung	895
13.2 Rechtsgrundlagen	895
13.3 Organisation des betrieblichen Arbeitsschutzes	896
13.4 Verantwortung des Unternehmers	896
13.5 Verantwortung der Führungskräfte	897
13.6 Verantwortung der Beschäftigten	897
13.7 Sicherheitsbeauftragter	897
13.8 Betriebsrat	898

13.9	Fachkraft für Arbeitssicherheit (SiFa)	898
13.10	Betriebsarzt	898
13.11	Arbeitsschutzausschuss	899
13.12	Erste Hilfe	899
13.13	Gefährdungsbeurteilung	899
13.14	Rangfolge der Schutzmaßnahmen	904
13.15	Persönliche Schutzausrüstungen	904
13.16	Maßnahmen vor Arbeitsbeginn	905
13.17	Arbeitsplätze und Verkehrswände	905
13.18	Zusammenarbeit mehrerer Unternehmen – Koordinierung	906
13.19	Absturzsicherungen	906
13.20	Arbeiten am, auf und über Wasser	907
13.21	Baugruben und Gräben	907
13.22	Baugrubenverbau – Trägerbohlwände und Spundwände	909
13.23	Verbaute Gräben	910
13.24	Aushub neben bestehenden Bauwerken – Unterfangen	910
13.25	Einsatz von Maschinen	911
13.26	Arbeiten im Spezialtiefbau	912
13.26.1	Bohrarbeiten	912
13.26.2	Schlitzwandarbeiten	912
13.26.3	Injektionsarbeiten	913
13.26.4	Hochdruckinjektionsarbeiten	914
13.26.5	Ankerarbeiten	914
13.26.6	Arbeiten in Bohrungen	915
13.27	Staatliche Aufsichtsbehörden	917
13.28	Berufsgenossenschaften	918
13.29	Gemeinsame deutsche Arbeitsschutzstrategie (GDA)	919
13.30	Ausblick	920
13.31	Literaturauswahl und Internetadressen	920
14.	Beobachtungsmethode und Messtechnik	924
14.1	Einleitung	924
14.2	Ziele einer messtechnischen Überwachung	924
14.3	Beobachtungsmethode	926
14.4	Aufstellung eines Messprogramms	927
14.5	Ausgewählte Messinstrumente und Messverfahren	929
14.5.1	Geodätische Messungen	929
14.5.2	Neigungsmessung mit dem Inklinometer	930
14.5.3	Verschiebungsmessung mit dem Extensometer	932
14.5.4	Gleitmikrometer	933
14.5.5	Verschiebungsmessung mit dem induktiven Weg- aufnehmer	933

Inhaltsverzeichnis

14.5.6	Dehnungsmessungen	934
14.5.7	Kraftmessdosen und Druckgeber	937
14.6	Auswertung, Darstellung und Bewertung von Messdaten	940
14.7	Literatur	942
	Stichwortverzeichnis	943