

Spezialtiefbau

Erkundung und Ausführung – Technik und Umwelt –
Methoden und Auswirkungen – Baustoffe und Verfahren

Dr. techn. Klaus Eichler

Dipl.-Ing. Frank Berndt

Dipl.-Ing. (FH) Manfred Cartus

Dipl.-Geol. Wolfgang Eckstaller

Dipl.-Ing. Bernd Gebauer

Dipl.-Ing. Jens Hölterhoff

Dipl.-Ing. Ralph J. Huth

Dipl.-Ing. Roland Jörger

Dr. Dietrich Koch

Dipl.-Ing. Michael Kollnberger

Dipl.-Ing. Wolfgang Meiniger

Dipl.-Ing. Peter Müller

Dipl.-Geol. Klaus Smettan

Dipl.-Ing. (FH) Marcel Thoma

Dipl.-Ing. Franz Vahland

2., neu bearbeitete Auflage

Mit 262 Bildern, 49 Tabellen und 380 Literaturstellen



Kontakt & Studium

Band 566

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. Wilfried J. Bartz

Technische Akademie Esslingen

Weiterbildungszentrum

DI Elmar Wippler

expert verlag

expert  **verlag**®

Inhaltsverzeichnis

1	Baugrubensicherung / Anforderungen und Herstellung	1
	M. Kollnberger	
1.1	Vorwort	1
1.2	Die Baugrubensicherung	1
1.2.1	Einleitung	1
1.2.2	Vorstellung der Systeme	3
1.2.2.1	Trägerverbau	3
1.2.2.1.1	Einleitung	3
1.2.2.1.2	Beschreibung	3
1.2.2.1.3	Lasten und Verformungen	4
1.2.2.1.4	Baugrund und Wasser	4
1.2.2.1.5	Dauer des Einsatzes und Beständigkeit	5
1.2.2.1.6	Anforderungen an den Herstellungsprozeß	6
1.2.2.1.7	Darstellungen im Bild	7
1.2.2.2	Spundwand	8
1.2.2.2.1	Einleitung	8
1.2.2.2.2	Beschreibung	8
1.2.2.2.3	Lasten und Verformungen	8
1.2.2.2.4	Baugrund und Wasser	9
1.2.2.2.5	Dauer des Einsatzes und Beständigkeit	9
1.2.2.2.6	Anforderungen an den Herstellungsprozeß	10
1.2.2.2.7	Darstellungen im Bild	10
1.2.2.3	Pfahlwand	12
1.2.2.3.1	Einleitung	12
1.2.2.3.2	Beschreibung	12
1.2.2.3.3	Lasten und Verformungen	13
1.2.2.3.4	Baugrund und Wasser	13
1.2.2.3.5	Dauer des Einsatzes und Beständigkeit	13
1.2.2.3.6	Anforderungen an den Herstellungsprozeß	14
1.2.2.3.7	Darstellungen im Bild	14
1.2.2.4	Schlitzwand	15
1.2.2.4.1	Einleitung	15
1.2.2.4.2	Beschreibung	15
1.2.2.4.3	Lasten und Verformungen	16
1.2.2.4.4	Baugrund und Wasser	16
1.2.2.4.5	Dauer des Einsatzes und Beständigkeit	17

1.2.2.4.6	Anforderungen an den Herstellungsprozeß	17
1.2.2.4.7	Darstellungen im Bild	18
1.2.2.5	Unterfangung	19
1.2.2.5.1	Einleitung	19
1.2.2.5.2	Beschreibung	19
1.2.2.5.3	Lasten und Verformungen	20
1.2.2.5.4	Baugrund und Wasser	21
1.2.2.5.5	Dauer des Einsatzes und Beständigkeit	21
1.2.2.5.6	Anforderungen an den Herstellungsprozeß	21
1.2.2.5.7	Darstellungen im Bild	22
1.2.2.6	Bodenvernagelung	23
1.2.2.6.1	Einleitung	23
1.2.2.6.2	Beschreibung	23
1.2.2.6.3	Lasten und Verformungen	23
1.2.2.6.4	Baugrund und Wasser	24
1.2.2.6.5	Dauer des Einsatzes und Beständigkeit	24
1.2.2.6.6	Anforderungen an den Herstellungsprozeß	24
1.2.2.6.7	Darstellungen im Bild	25
1.3	Zusammenfassung und Literaturhinweise	25
2	Der Einsatz von Stahlspundwänden im Spezialtiefbau	26
	F. Berndt	
2.1	95 Jahre HOESCH – Stahlspundbohlen – ein Bauteil im Wandel der Zeiten	26
2.2	Der Baustoff Stahl	33
2.3	Qualitätsanforderungen für Stahlspundwände	38
2.4	Die Spundwand als Dichtwand	40
2.5	Anwendungsbereiche der Spundwand im Spezialtiefbau	45
2.6	Baugruben aus Stahlspundbohlen	48
2.7	HOESCH Stahlspundwände für die Großbaustelle Berlin Potsdamer Platz	58
2.8	Zusammenfassung	66
3	Bohrpfähle als Verbaulemente	68
	R. Jörgen	
3.1	Einleitung	68
3.2	Systembeschreibung	68
3.2.1	Aufgelöste Bohrpfehlwände	69
3.2.2	Tangierende Bohrpfehlwände	70
3.2.3	Überschnittene Bohrpfehlwände	70
3.3	Entwurfskriterien	72
3.3.1	Gerätetechnik	72

3.3.2	Einbaustoffe	74
3.3.3	Statik + Planherstellung	75
3.4	Fallbeispiele	79
3.5	Zusammenfassung	82
3.6	Literaturverzeichnis	82
4	Eine Übersicht zur Methodik und Herstellung von Grundwasserfassungsanlagen	84
	P. Müller	84
4.1	Historisches	84
4.2	Strömungsverhältnisse um und am Brunnen	87
4.3	Bohrverfahren	96
4.4	Literaturhinweise	108
5	Unterfangungen	110
	W. Meininger	
5.1	Einleitung	110
5.2	Planung und Voruntersuchungen	111
5.3	Verfahren für Bauwerksunterfangungen	112
5.3.1	Herkömmliche Unterfangungen nach DIN 4123	112
5.3.2	Injektionen	117
5.3.3	Vernagelungen und Spritzbetonschale	120
5.3.4	Verpreßpfähle. Stabwände	121
5.4	Zusammenfassung	126
5.5	Literatur	126
6	Konstruktionsprinzipien, Herstellung und Wirkungsweise von vorgespannten Verpreßankern	127
	W. Meiniger	
6.1	Einleitung	127
6.2	Wirkungsweise von vorgespannten Verpreßankern	128
6.3	Gliederung von vorgespannten Verpreßankern	129
6.4	Bauelemente für vorgespannte Verpreßanker	131
6.5	Herstellung auf der Baustelle	136
6.6	Literatur	139
7	Rohrdurchpressungen – Entwicklungsstand und Erfahrungen aus der Praxis	140
	B. Gebauer, M. Thoma	
7.1	Einleitung	140
7.2	Definition begehrter und nicht begehrter Querschnitte	140

7.3	Nicht steuerbarer Leitungstunnelbau für nicht begehbare Querschnitte	142
7.3.1	Bodenverdrängungsverfahren	142
7.3.2		146
7.3.3	Bodenentnahmeverfahren	147
7.3.3.1	Horizontalrammverfahren mit vorne offenem Rohr	147
7.3.3.2	Bodenentnahmeverfahren mit leichten Erdbohrgeräten	147
7.3.3.3	Bodenentnahmeverfahren mit Bohrpreß- bzw. Preßbohranlagen	147
7.3.4	Zusammenfassung und Einsatzgrenzen des nicht steuerbaren Leitungstunnelbaues für nicht begehbare Querschnitte	149
7.4	Steuerbarer Leitungstunnelbau für nicht begehbare Querschnitte	151
7.4.1	Allgemeines	151
7.4.2	Anwendungsbereiche	151
7.5	Steuerbare Minitunnelbohrmaschinen für das Auffahren von nicht begehbaren Querschnitten	156
7.5.1	Vortrieb mit MTBM	156
7.5.2	Einstufenverfahren	156
7.5.3	Zweistufenverfahren	157
7.5.4	Produktrohre	158
7.6	Zusammenfassung des steuerbaren Leitungstunnelbaues mit nicht begehbaren Querschnitten	160
7.7	Literatursammlung für Rohrvortriebsverfahren im Bereich nicht begehbare Querschnitte	165
7.8	Unterirdischer Leitungstunnelbau für begehbare Querschnitte	168
7.8.1	Allgemeines	168
7.8.2	Start- und Zielschacht	168
7.8.3	Rohrvorpreßsysteme	169
7.9	Wirkungsweise der Schildschneide im Boden und Setzungsabschätzung bei Rohrdurchpressungen	178
7.9.1	Reaktionen im Gebirge aus den Vorpreßkräften und dem Bodenabbau an der Ortsbrust	180
7.9.2	Setzungsabschätzung	182
7.10	Beweissicherung und Messungen vor, während und nach einer Rohrpressung	184
7.10.1	Beweissicherung	184
7.10.2	Messungen während des Rohrvortriebes	184
7.11	Schadensursachen und Schadensregulierung bei Rohrvortriebsmaßnahmen	185
7.11.1	Schadensursachen	185
7.11.2	Versicherungsregelung bei Schadensfällen	186
7.11.3	Unterschied der Bauwesenversicherung zur Haftpflichtversicherung	189

7.11.4	Besonderheiten der Bauleistungsversicherung (Bauwesenversicherung)	190 190
7.12	Ausschreibungsgrundlagen für Rohrpressungen	190
7.12.1	Allgemeines	190
7.12.2	Geologische und hydrologische Vorerkundung	191
7.12.3	Ausschreibungsgrundlagen	191
7.13	Schlußbemerkung	192
7.14	Literatursammlung für Rohrvorpressungen mit begehbaren Querschnitten	193
8	Moderne Spritzbetontechnologie – Stand der Technik im Tunnelbau	197
	K. Eichler	
8.1	Einleitung	197
8.2	Bindemitteltechnologie	198
8.2.1	Beschleuniger/Zusatzmittel	199
8.2.2	Bindemittel	200
8.2.3	Hydratation von Portlandzement	200
8.2.3.1	Hydratation der Calciumsilikate	201
8.2.3.2	Hydratation der Aluminatphasen	201
8.2.3.3	Zeitlicher Verlauf der Hydratation von Portlandzement	204
8.2.3.4	Hydratationsmechanismen am Zementkorn	205
8.2.3.5	Sulfat als Erstarrungsregler	207
8.2.3.6	Alkalien im Zementklinker	210
8.2.3.7	Portlandzement und Beschleuniger	211
8.2.3.7.1	Alkalicarbonat/Alkalihydroxid	212
8.2.3.7.2	Alkalisilikate/Polymervergütete Silikate	214
8.2.3.7.3	Alkalialuminate	215
8.2.3.7.4	Aluminiumhydroxid	215
8.2.3.7.5	Aluminiumsulfat	216
8.2.3.7.6	Zusatzstoffe	216
8.2.3.8	Portlandzement und Verzögerer	216
8.2.3.9	Spritzbetonzemente	217
8.3	Verfahrenstechnologie	218
8.3.1	Trockenspritzverfahren	218
8.3.1.1	Maschinenteknik	218
8.3.1.2	Düsentechnik	222
8.3.2	Naßspritzverfahren	224
8.3.2.1	Maschinenteknik	224
8.3.2.2	Düsentechnik	224
8.4	Spritzbeton	225
8.4.1	Bautechnische Eigenschaften	225
8.4.2	Umweltrelevante Anforderungen	225

8.4.3	Anforderungen und Eigenschaften von Spritzbeton im Blickfeld der neuen Technologien	229
8.5	Spritzbetonrückprall	233
8.5.1	Versuchskonzept	233
8.5.2	Rückpralleigenschaften	235
8.5.3	Rückprallrecycling	238
8.5.4	Rückprallreduzierung bei Spritzbeton mit hoher Frühfestigkeit	241
8.5.4.1	Verfahrenstechnische Einflüsse	242
8.5.4.2	Betontechnologische Einflüsse	244
8.6	Zusammenfassung	257
8.7	Literaturverzeichnis	257

9 Die Anwendung von Feinstbindemitteln in der Geotechnik 259
R. Huth

9.1	Zusammenfassung	259
9.2	Einleitung	259
9.3	Feinstbindemittel	261
9.3.1	Allgemeines	261
9.3.2	Feinstbindemittelsuspensionen	263
9.4	Injektion mit Feinstbindemitteln	266
9.4.1	Anwendung im Lockergestein	266
9.4.2	Verfestigungsmaßnahmen mit Feinstbindemitteln	274
9.4.3	Abdichtungsmaßnahmen mit Feinstbindemitteln	275
9.5	Besonderheiten beim Einsatz im Festgestein	276
9.6	Anwendungsbeispiele	277
9.6.1	Unterfangung von Fundamenten	278
9.6.2	Unterfangung beim Neubau einer Lagerhalle	278
9.6.3	Abdichtung einer Schadstelle zwischen Schlitzwandlamellen	278
9.6.4	Abdichtungsinjektion beim Bau eines Erdдамmes	281
9.7	Rissverpressung mit Feinstbindemitteln	282
9.8	Literatur	284

10 Anforderungen an Verfüllbaustoffe – Einsatzgebiete, Produktgruppen und Eigenschaften 286
F. Vahland

10.1	Anforderungen an die Suspension	286
10.2	Rheologische Eigenschaften – Konsistenz der Baustoffsuspension	287
10.3	Wasserabsetzen und Sedimentationsstabilität	288
10.4	Wasser-/Bindemittelwert und Suspensionsdichte	289
10.5	Temperaturmessung/Hydratationswärme	290
10.6	Anforderungen an den erhärteten Baustoff	290

10.6.1	Festigkeit	290
10.6.2	Schwinden	291
10.6.3	Dauerhaftigkeit	291
10.6.4	Ökologische Unbedenklichkeit	291
10.6.5	Korrosionsschutz	292
10.7	Einbau des Baustoffes	292
10.8	Zusammenfassung	294
11	Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten von Betonit/Zement-Mischungen im Spezialtiefbau und Umweltschutz	295
	D. Koch	
11.1	Einleitung, historische Entwicklung	295
11.2	Zusammensetzung von Dichtwandmassen	296
11.2.1	Zement	298
11.2.2	Bentonit	300
11.2.3	Füllstoffe	301
11.2.4	Additive	301
11.2.5	Wasser	301
11.3	Herstellung und Eigenschaften von Dichtwandmassen aus Bentonit/Zement	302
11.3.1	Dichtwände nach dem Zweiphasen-Verfahren	302
11.3.2	Dichtwände nach dem Einphasen-Verfahren	306
11.3.3	Schmalwände	311
11.3.4	Rammprofildichtwand	313
11.3.5	Hochdruck-Injektionswand (HDI)	314
11.4	Zusammenfassung	314
11.5	Literatur	314
12	Bentonitvergütete Abdichtungen	316
	D. Koch	
12.1	Einleitung	316
12.2	Gesetzliche Anforderungen	316
12.3	Welche Tonminerale werden in der Baupraxis zur Abdichtung von Deponien eingesetzt?	319
12.4	Eigenschaften des Tonmineralgesteins Bentonit	320
12.4.1	Auswirkungen der verschiedenen Aktivierungsverfahren auf die Eigenschaften der Bentonite	327
12.5	Abdichtungsmöglichkeiten mit bentonithaltigen Systemen im Deponiebau und in der Altlastensicherung	328
12.6	Chemikalien- und Langzeitbeständigkeit	332
12.6.1	Reaktionen von Bentoniten mit organischen Substanzen	333

12.6.2	Auswirkungen von mechanischer Auflast und Temperaturbelastung auf die Rißbildung	335
12.7	Misch- und Einbautechniken	336
12.8	Die multiminerale Barriere	338
12.9	Praxisbeispiele	341
12.10	Zusammenfassung	342
12.11	Literaturverzeichnis	342
13	Bodengutachten – erforderliche Untersuchungen – Anforderungen – Folgerungen – Fallbeispiele	345
	K. Smettan, W. Eckstaller	
13.1	Allgemeines	345
13.2	Art und Umfang der Baugrunderkundung	346
13.3	Beispiele	348
13.3.1	Umfeld des zu beurteilenden Baugrundes	348
13.3.2	Falsche Bohrkern-/Bodenansprache	351
13.3.3	Bodenkennwerte	352
13.3.4	Durchlässigkeit/Entwässerbarkeit von Böden	356
13.3.5	Abschätzung des Setzungsverhaltens	356
13.3.6	Profilierbarkeit von Böschungen/Überprofil	357
13.3.7	Rammpbarkeit	358
13.4	Resümee	360
13.5	Literatur	360
14	Grundwasserum- und Grundwasserüberleitungssysteme	361
	K. Smettan	
14.1	Allgemeines	361
14.1.1	Wasserhaltung	361
14.1.2	Grundwasserabsperungen	361
14.1.2.1	Temporärer Verbau	361
14.1.2.2	Verbleibender Verbau	362
14.1.3	Grundwasserverdrängung	363
14.2	Grundwasseranstau	363
14.3	Grundwasserum- bzw. Grundwasserüberleitungssysteme	365
14.3.1	Bei temporären Dichten Verbauten	365
14.3.2	Bei verbleibendem Verbau	367
14.3.2.1	Drainage	367
14.3.2.2	Grundwasserfenster	369
14.3.2.3	Dükeranlage/Brunnen	372
14.4	Bemessungskritische Randbedingungen	375
14.5	Entwurfskriterien für ein Grundwasserüberleitungssystem	377
14.5.1	Bemessung der erforderlichen Brunnen bzw. Dükerleistung	377

14.5.2	Kriterien der Standortwahl	378
14.5.3	Kriterien der Bautechnik und des Bauablaufes	378
14.5.4	Kriterien des Unterhalts und der Wartung	380
14.5.5	Verfahren zur Herstellung von Horizontalfilterbrunnen	380
14.6	Literaturverzeichnis	382
14.6.1	Grundwasserumleitung/-überleitung	382
14.6.2	Bauen in Grundwasser/Wasserhaltung	383
15	Holzpfehlgründungen Heute noch technisch und wirtschaftlich sinnvoll?	385
	K. Smettan	
15.1	Allgemeines	385
15.1.1	Einleitung	385
15.1.2	Holzarten	386
15.1.3	Dauerhaftigkeit/Lebensdauer von Holzpfehlen	388
15.1.4	Holzschutz/Imprägnierung	389
15.2	Einsatzbereiche für Holzpfehlgründungen	390
15.3	Hinweise zur Planung und Ausführung	391
15.4	Beispiele	397
15.5	Literaturverzeichnis und Normen	402
16	Bodenvermörtelungstechnik	403
	M. Cartus	
16.1	Einführung	403
16.2	Düsenstrahl-Verfahren (Jetgrouting, Soilcrete®)	404
16.2.1	Entwicklung der Düsenstrahltechnik im Grundbau	404
16.2.2	Anwendungsgebiete der Düsenstrahltechnik im Grundbau	406
16.2.3	Grundlagen der Düsenstrahltechnik	406
16.2.4	Exemplarische Geräteausstattung einer Düsenstrahl-Baustelle	407
16.2.5	Anwendungsgrenzen/Bodenarten/Säulendurchmesser/ Festigkeiten	409
16.2.6	Vorteile des Düsenstrahlverfahrens	411
16.2.7	Qualitätssicherung vor, während und nach der Ausführung	411
16.2.8	Hinweise für die Ausschreibung/Vertragsgrundlagen von Unterfangungsarbeiten	414
16.2.9	Ausführungsbeispiel:	415
16.3	Tiefe Bodenvermörtelung	419
16.3.1	Einführung	419
16.3.2	Anwendungsgrenzen/Anwendungsgebiete/Ergebnisse	420
16.3.3	Geräte und Techniken	421
16.3.4	Ausführungsbeispiel Tiefe Bodenvermörtelung (TBV):	423
16.4	Bodensanierung im Düsenstrahlverfahren	426
16.4.1	Ausführungsbeispiel	428

17	Auftriebssichere Injektionssohlen	433
	M. Cartus	
17.1	Problemstellung	433
17.2	Verfahrensüberblick horizontale Abdichtung von Baugruben	433
17.3	Entwurfsgrundlagen für eine auftriebssichere Dichtsohle	434
17.4	Ausführungsgrundlagen für die Herstellung von Injektions- und Düsenstrahlsohlen	436
17.4.1	Injektionssohle	436
17.4.2	Dichtsohlen im Düsenstrahl-Verfahren	440
17.4.3	Kontrollmöglichkeiten bei der Herstellung horizontaler Dichtsohlen	444
17.4.3.1	Mögliche Kontrollen während der Herstellung von Injektionssohlen	445
17.4.3.2	Mögliche Kontrollen während der Herstellung von Düsenstrahl-Sohlen	445
17.4.3.3	Kontrollen nach Herstellung der Dichtsohlen	445
17.5	Ausführungsbeispiele	446
17.5.2	Baugrube Alsenblock in Berlin, Düsenstrahl - Sohle	448
18	Mikrotunnelbau, eine bewährte Bauweise bei der Herstellung von Abwasserkanälen und Druckrohrleitungen	450
	J. Hölterhoff	
18.1	Einführung	450
18.2	Nichtsteuerbare Rohrvortriebsverfahren	450
18.3	Steuerbare Rohrvortriebs-Verfahren	451
18.3.1	Horizontalspülbohrverfahren (Directional Drilling)	452
18.3.2	Mikrotunnelbau	452
18.3.2.1	Arbeitsweise von Mikrotunnelmaschinen	452
18.3.2.2	Mikrotunnelmaschinen mit Schneckenförderung	453
18.3.2.3	Mikrotunnelmaschinen mit Spülförderung	453
18.3.2.4	Pipe-eating	453
18.3.3	Pilotrohr-Vortrieb	454
18.3.3.1	Dreistufiges Verfahren	454
18.3.3.2	Zweistufiges Verfahren	455
18.4	Baustellenerfahrungen mit neuen Technologien des grabenlosen Kanal- und Druckrohrleitungsbaus	457
18.4.1	Bauvorhaben Ortsumgehung Schwedt/Oder	458
18.4.2	Bauvorhaben Walkenrieder Straße – Berlin	459
18.4.3	Bauvorhaben Technische Universität Dresden	460
18.4.4	Bauvorhaben Danziger Straße	461
18.5	Ausblick	463
	Sachregister	465