

TAE

KLAUS EICHLER
UND 10 MITAUTOREN

Spezialtiefbau

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

5., neu bearbeitete Auflage

expert ›

Klaus Eichler
und 10 Mitautoren

Spezialtiefbau

Spezialtiefbau

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

Dr. techn. Klaus Eichler

Dipl.-Ing. Frank Berndt
Dipl.-Ing. Steffan Binde
Dipl.-Ing. Gebhard Dausch
Dipl.-Ing. Ulrich Höhne
Prof. Dipl.-Ing. Jens Hölterhoff
Dr. rer. nat. Dietrich Koch
Dipl.-Ing. Michael Kollnberger
GF Dipl.-Ing. Peter Müller
Dipl.-Geol. Klaus Smettan
Dipl.-Ing. Jörg Uhlendahl

5., neu bearbeitete Auflage



Kontakt & Studium

Band 566

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Wilfried J. Bartz
Dipl.-Ing. Hans-Joachim Mesenholl

expert ›

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://www.dnb.de> abrufbar.

Bibliographic Information published by Die Deutsche Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek lists this publication in the Deutsche Nationalbibliografie; detailed bibliographic data are available on the internet at <http://www.dnb.de>



ISBN 978-3-8169-3431-8

- 5., neu bearbeitete Auflage 2018
- 4., neu bearbeitete Auflage 2016
- 3., neu bearbeitete Auflage 2009
- 2., neu bearbeitete und erweiterte Auflage 2002
- 1. Auflage 1999

Bei der Erstellung des Buches wurde mit großer Sorgfalt vorgegangen; trotzdem lassen sich Fehler nie vollständig ausschließen. Verlag und Autoren können für fehlerhafte Angaben und deren Folgen weder eine juristische Verantwortung noch irgendeine Haftung übernehmen. Für Verbesserungsvorschläge und Hinweise auf Fehler sind Verlag und Autoren dankbar.

© 1999 by expert verlag GmbH, Dischingerweg 5, D-72070 Tübingen

Tel.: +49 (0)7071-97556-0, Fax: +49 (0)7071-9797-11

E-Mail: expert@expertverlag.de, www.expertverlag.de

Alle Rechte vorbehalten

Printed in Germany

Covergestaltung: r² - röger & röttenbacher, büro für gestaltung, Leonberg /
Ludwig-Kirn Layout, Ludwigsburg

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Herausgeber-Vorwort

Bei der Bewältigung der Zukunftsaufgaben kommt der beruflichen Weiterbildung eine Schlüsselstellung zu. Im Zuge des technischen Fortschritts und angesichts der zunehmenden Konkurrenz müssen wir nicht nur ständig neue Erkenntnisse aufnehmen, sondern auch Anregungen schneller als die Wettbewerber zu marktfähigen Produkten entwickeln.

Erstausbildung oder Studium genügen nicht mehr – lebenslanges Lernen ist gefordert! Berufliche und persönliche Weiterbildung ist eine Investition in die Zukunft:

- Sie dient dazu, Fachkenntnisse zu erweitern und auf den neuesten Stand zu bringen
- sie entwickelt die Fähigkeit, wissenschaftliche Ergebnisse in praktische Problemlösungen umzusetzen
- sie fördert die Persönlichkeitsentwicklung und die Teamfähigkeit.

Diese Ziele lassen sich am besten durch die Teilnahme an Seminaren und durch das Studium geeigneter Fachbücher erreichen.

Die Fachbuchreihe *Kontakt & Studium* wird in Zusammenarbeit zwischen der Technischen Akademie Esslingen und dem expert verlag herausgegeben.

Mit über 700 Themenbänden, verfasst von über 2.800 Experten, erfüllt sie nicht nur eine seminarbegleitende Funktion. Ihre eigenständige Bedeutung als eines der kompetentesten und umfangreichsten deutschsprachigen technischen Nachschlagewerke für Studium und Praxis wird von der Fachpresse und der großen Leserschaft gleichermaßen bestätigt. Herausgeber und Verlag freuen sich über weitere kritisch-konstruktive Anregungen aus dem Leserkreis.

Möge dieser Themenband vielen Interessenten helfen und nützen.

Dipl.-Ing.Hans-Joachim Mesenholl

Vorwort

Lange ist es her, genau gesagt 20 Jahre seit Erscheinen der 1. Auflage, dass wir – das Autorenteam und ich – zur Überzeugung gelangt waren, unser Fachwissen und den Inhalt des Lehrgangs „Spezialtiefbau“ auf Basis „Grundlagenwissen und praktische Ausführungserfahrungen“ schriftlich festzuhalten und somit jungen Kollegen (-innen), Quereinsteigern(-innen) und Interessierten einfach und anschaulich zugänglich zu machen.

Die wesentlichen Bestandteile des Spezialtiefbaus sind geblieben, Maschinen- und Verfahrenstechniken haben sich weiterentwickelt, ebenso Bindemittel und Baumaterialien, neue Anwendungsgebiete wurden erschlossen und vielerorts konnten interessante Baumaßnahmen nur mit Hilfe des Spezialtiefbaus realisiert werden.

Aber auch eine Veränderung in der öffentlichen Wahrnehmung unseres Tuns und Handelns hat stattgefunden. Ablehnung und Proteste gegen geplante Großprojekte sind vielerorts an der Tagesordnung, Diskussionen oft unsachlich und emotional geprägt. Ohne dies weiter werten zu wollen müssen aber auch wir als Techniker, Ingenieure und Spezialtiefbauer erkennen, dass auch wir im Zusammenwirken mit den Planern und ausschreibenden bzw. Auftrag gebenden Stellen in entsprechenden Foren für die Notwendigkeit der Baumaßnahme „werben“ und letztlich das Projekt „verkaufen“ müssen. Dabei geht es auch um Transparenz im Hinblick auf Ökonomie, Ökologie und Nachhaltigkeit. Letztlich ist es unsere Aufgabe, Aufgaben der Gegenwart im Interesse unserer Nachkommen mit Verantwortung bereits auch heute anzugehen und nicht bestimmte Problemfelder einfach zeitlich auszusitzen und den nächsten Generationen zu überlassen.

In dieser nunmehr 5. Auflage wird der einstige Grundgedanke vorangegangener Auflagen fortgeführt, d.h. Grundlagenwissen und praktische Erfahrungen aus der Welt des Spezialtiefbaus in einem Buch zu vereinen und der interessierten Fachwelt praxisbezogen und anschaulich zugänglich zu machen. Bekannte Themen wurden – bis auf wenige Ausnahmen – überarbeitet oder komplett neu geschrieben; auch die Themenwahl wurde aktualisiert. An dieser Stelle gilt mein besonderer Dank allen Autoren und Co-Autoren, durch deren Mitarbeit es erst möglich wurde, dieses wieder zu erreichen.

Jettingen, im Oktober 2018

Klaus Eichler

Vorwort

1	Baugrubensicherung / Anforderungen und Herstellung	1
	<i>M. Kollnberger</i>	
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	Einsatz von Stahlspundwänden im Spezialtiefbau	26
	<i>F. Berndt</i>	
2.1	Über 100 Jahre Stahlspundwand – ein Bauteil im Wandel der Zeiten	26
2.2	Historischer Exkurs	29
2.3	Aktuelle Profile und Varianten	33
2.3.1	U-Profile	33
2.3.2	Z-Profile	35
2.3.3	HZ®/AZ®Spundwandssystem	37
2.3.4	Kombinierte Wände	39
2.3.5	Flachprofile	40
2.3.6	Kaltprofile	41
2.3.7.	Jagged Wand	42
2.4	Auswahlkriterien für Spundwände	40
2.5	Aktuelle Normen für Spundwände und Spundwandbauwerke	45
2.6	Spundwandanarbeitung	52
2.7	Dichtung von Spundwandschlössern	56
2.8	Beschichtung von Stahlspundwänden	64
2.9	Schneidenlagerung zur Ableitung von Vertikallasten System ArcelorMittal	67
2.10	Einbringverfahren	69
2.11	Einbringhilfen	79
2.12	Verankerung und Ausrüstung von Spundwänden	83
2.13	Besondere Anwendungen im Spezialtiefbau	87
3	Beton im Spezialtiefbau	93
	<i>U. Höhne</i>	
3.1	Zusammensetzung	93
3.2	Prüfungen	97
3.3	Beton nach Expositionsklassen	101
3.4	Sonderbetone	106
3.5	Anwendungsprobleme	101
3.6	Literatur	116

4	Grundwasserabsenkungsanlagen – Methodik und Herstellung	117
	<i>P. Müller</i>	
4.1	Hydrogeologische Vorerkundung	117
4.2	Offene Wasserhaltung	121
4.3	Vakuumwasserhaltung	121
4.4	Schwerkraftbrunnen (Bohrbrunnen)	122
4.5	Betrieb von Grundwasserabsenkanlagen	124
4.6	Literatur- und Bildnachweis	125
5	Bohrpfähle als Verbaulemente	126
	<i>G. Dausch</i>	
5.1	Einleitung	126
5.2	Systembeschreibung	126
5.2.1	Aufgelöste Bohrpfahlwände	127
5.2.2	Tangierende Bohrpfahlwände	128
5.2.3	Überschnittene Bohrpfahlwände	128
5.3	Entwurfskriterien	130
5.3.1	Gerätetechnik	130
5.3.2	Einbaustoffe	132
5.3.3	Statik	133
5.4	Fallbeispiele	134
5.5	Zusammenfassung	137
5.6	Literaturverzeichnis	137
6	Holzpfahlgründungen Heute noch technisch und wirtschaftlich sinnvoll?	139
	<i>K. Smettan, B. Gebauer</i>	
6.1	Allgemeines	139
6.1.1	Einleitung	139
6.1.2	Holzarten	140
6.1.3	Dauerhaftigkeit / Lebensdauer von Holzpfählen	142
6.1.4	Holzschutz/Imprägnierung	143
6.2	Einsatzbereiche für Holzpfahlgründungen	144
6.3	Hinweise zur Planung und Ausführung	145
6.4	Beispiele	151
6.5	Literaturverzeichnis und Normen	160
7	Gründungen mit Tiefenrüttlern	161
	<i>S. Binde</i>	
7.1	Einleitung	161
7.2	Grundlagen der Verfahren	162
7.3	Rüttelverfahren	162
7.3.1	Rütteldruckverfahren	162
7.3.2	Rüttelstopfverfahren	167
7.3.3	Betonsäulen	169

8	Injektions- und Düsenstrahltechnik im Spezialtiefbau.....	172
	<i>J. Uhlendahl</i>	
8.1	Injektionstechniken	172
8.1.1	Injektionen nach DIN	172
8.1.2	Aufgaben der Injektion.....	172
8.1.3	Anwendungsgrenzen	173
8.1.4	Herstellung der Injektion.....	173
8.1.5	Ausführungsbeispiele	174
8.1.5.1	Auftriebssichere Injektions-Dichtsohle.....	174
8.1.5.2	Injektionssohle für den Neubau eines Regenüberlaufbeckens (RÜB) in Waghäusel.....	179
8.1.5.3	Soilfrac®-Hebungsinjektion.....	181
8.2	Düsenstrahlverfahren	183
8.2.1	Düsenstrahlverfahren nach DIN und Zulassung.....	183
8.2.2	Entwicklung der Düsenstrahltechnik.....	184
8.2.3	Anwendung der Düsenstrahltechnik im Grundbau	186
8.2.4	Grundlagen der Düsenstrahltechnik	186
8.2.5	Geräteausstattung einer Düsenstrahl-Baustelle	187
8.2.6	Anwendungsgrenzen / Bodenarten / Säulendurchmesser / Festigkeiten	188
8.2.7	Qualitätssicherung.....	190
8.2.8	Ausführungsbeispiel.....	192
8.2.8.1	Soilcrete®-Dichtsohle für die Straßenunterführung des Bahnhofs CH-Horw.....	192
9	Eigenschaften und Einsatzmöglichkeiten von Bentonit/Zement-Mischungen im Spezialtiefbau.....	195
	<i>D. Koch</i>	
9.1	Einleitung, historische Entwicklung.....	195
9.2	Zusammensetzung von Dichtwandmassen	197
9.2.1	Zement	198
9.2.2	Bentonit	199
9.2.3	Füllstoffe	201
9.2.4	Additive.....	202
9.2.5	Wasser	202
9.3	Herstellung und Eigenschaften von Dichtwandmassen aus Bentonit/Zement-Mischungen	203
9.3.1	Dichtwände nach dem Zweiphasen-Verfahren	203
9.3.2	Dichtwände nach dem Einphasen-Verfahren	207
9.3.3	Schmalwände.....	210
9.3.4	Rammprofil-dichtwand	212
9.3.5	Hochdruck-Injektionswand	212
9.4	Zusammenfassung	213
9.5	Literatur	214

10	Verfüllbaustoffe im Spezialtiefbau	215
	<i>U. Höhne</i>	
10.1	Historie der Fertigprodukte	215
10.2	Anforderungen und Prüfungen	216
10.2.1	Rohstoffe	216
10.2.2	Angemischter Baustoff	218
10.2.3	Abgebundener Baustoff.....	219
10.2.4	Anforderungen an die Umweltverträglichkeit	220
10.3	Einbauverfahren	221
10.4	Anwendungstechnische Spezialverfahren.....	225
10.4.1	Bergschadensbeseitigung	225
10.4.2	Hebungsinjektion.....	227
10.4.3	Dickstoffverpressung	228
10.4.4	Jet-Grouting / Düsenstrahlverfahren.....	230
10.4.5	Hinterfüllmaterialien für Erdwärmesonden und Hochspannungskabel ...	232
11	Bentonitvergütete Abdichtungen.....	235
	<i>D. Koch</i>	
11.1	Einleitung.....	235
11.2	Gesetzliche Anforderungen	235
11.3	Welche Tonminerale werden in der Baupraxis zur Abdichtung von Deponien eingesetzt?	238
11.4	Eigenschaften des Tonmineralgesteins Bentonit.....	239
11.4.1	Auswirkungen der verschiedenen Aktivierungsverfahren auf die Eigenschaften der Bentonite.....	246
11.5	Abdichtungsmöglichkeiten mit bentonithaltigen Systemen im Deponiebau und in der Altlastensicherung	247
11.6	Chemikalien- und Langzeitbeständigkeit	251
11.6.1	Reaktionen von Bentoniten mit organischen Substanzen	252
11.6.2	Auswirkungen von mechanischer Auflast und Temperaturbelastung auf die Rissbildung	254
11.7	Misch- und Einbautechniken	255
11.8	Die multimineralische Barriere.....	257
11.9	Praxisbeispiele	260
11.10	Zusammenfassung	261
11.11	Literaturverzeichnis	261
12	Mikrotunnelbau: Eine bewährte Bauweise bei der Herstellung von Abwasserkanälen und Druckrohrleitungen.....	264
	<i>J. Hölterhoff</i>	
12.1	Einführung	264
12.2	Bedeutung der Bodeneigenschaften	264
12.3	Nichtsteuerbare Rohrvortriebsverfahren.....	265
12.4	Steuerbare Rohrvortriebs-Verfahren	266
12.4.1	Horizontalspülbohrverfahren	266
12.4.2	Mikrotunnelbau	267

12.4.2.1	Arbeitsweise von Mikrotunnelmaschinen.....	267
12.4.2.2	Mikrotunnelmaschinen mit Schneckenförderung.....	268
12.4.2.3	Mikrotunnelmaschinen mit Spülförderung.....	269
12.4.2.4	Pipe-eating.....	270
12.4.3	Kombiniertes Horizontalspülbohr- /Mikrotunnelverfahren.....	270
12.4.4	Pilotrohr-Vortrieb.....	271
12.4.4.1	Pilotrohr-Vortrieb mit Bodenverdrängung.....	271
12.4.4.2	Pilotrohr-Vortrieb mit Bodenentnahme.....	274
12.5	Ausblick.....	276
13	Moderne Spritzbetontechnologie:	
	Stand der Technik.....	277
	<i>K. Eichler</i>	
13.1	Einleitung.....	277
13.2	Begriffsbestimmung „Spritzbeton“.....	278
13.3	Bindemitteltechnologie.....	279
13.3.1	Zusatzmittel.....	279
13.3.1.1	Beschleuniger.....	279
13.3.1.2	Fließmittel.....	280
13.3.2	Bindemittel.....	286
13.3.2.1	Portlandzement.....	286
13.3.2.1.1	Hydratation der Calciumsilikate.....	287
13.3.2.1.2	Hydratation der Aluminatphasen.....	288
13.3.2.1.3	Zeitlicher Verlauf der Hydratation von Portlandzement.....	289
13.3.2.1.4	Hydratationsmechanismen am Zementkorn.....	291
13.3.2.1.5	Sulfat als Erstarrungsregler.....	292
13.3.2.1.6	Alkalien im Zementklinker.....	295
13.3.2.2	Portlandzement und Beschleuniger.....	296
13.3.2.2.1	Alkalicarbonat/Alkalihydroxid.....	299
13.3.2.2.2	Alkalisilikate/Polymervergütete Silikate.....	299
13.3.2.2.3	Alkalialuminate.....	300
13.3.2.2.4	Aluminiumhydroxid.....	300
13.3.2.2.5	Aluminiumsulfat.....	301
13.3.2.2.6	Zusatzstoffe.....	301
13.3.2.3	Portlandzement und Verzögerer.....	301
13.3.2.4	Spritzbetonzemente.....	303
13.4	Verfahrenstechnik.....	303
13.4.1	Trockenspritzverfahren.....	304
13.4.1.1	Historie.....	304
13.4.1.2	Maschinentechnik.....	305
13.4.1.3	Düsentechnik.....	312
13.4.2	Nassspritzverfahren.....	316
13.4.2.1	Fahrzeugtechnik.....	316
13.4.2.2	Maschinentechnik.....	318
13.4.2.3	Düsentechnik.....	319
13.4.3	Spritzroboter/Spritzmobile.....	320
13.4.4	Perforex – Verfahren.....	321
13.5	Spritzbetoneigenschaften.....	324
13.5.1	Bautechnische Eigenschaften.....	324
13.5.1.1	Performances von Trockenspritzbeton.....	324
13.5.1.2	Performances von Nassspritzbeton.....	327
13.5.1.2.1	Einfluss unterschiedlichen Zuschlags.....	328

13.5.1.2.2	Einfluss des Zementes und des Fließmittels	328
13.5.1.2.3	Einfluss der Zusammensetzung des Zementes bei konstantem Zementgehalt.....	329
13.5.1.2.4	Einfluss des Zementgehaltes	331
13.5.2	Umweltrelevante Anforderungen	331
13.5.2.1	Anforderungen und Eigenschaften von Spritzbeton im Blickfeld der Umwelt	334
13.5.2.2	Spritzbetonrückprall	338
13.5.2.2.1	Rückprallverhalten beim Trockenspritzverfahren	338
13.5.2.2.2	Rückprallverhalten beim Nassspritzbeton	361
13.5.2.3	Staubentwicklung	362
13.6	Zusammenfassung	362
13.7	Literaturverzeichnis	363

14 Bentonitsuspensionen als Stütz- und Fördermedium beim Tunnelbau 366

D. Koch

14.1	Einleitung.....	366
14.2	Empfehlungen zur Herstellung und Stabilisierung von Bentonitsuspensionen	368
14.2.1	Aufbereitung der Bentonitsuspensionen.....	369
14.2.1.1	Dispergierung	369
14.2.1.2	Quellung	370
14.2.1.3	Prüfkriterien zur Beurteilung der Suspensionseigenschaften für die Bohr- und Bauindustrie.....	371
14.2.2	Externe Einflußfaktoren auf die rheologischen Eigenschaften	371
14.2.2.1	Temperatur	371
14.2.2.2	Elektrolyte, Wasserhärte	372
14.2.2.3	Maßnahmen zur Stabilisierung der Suspensionsqualität.....	376
14.2.3	Beurteilungs- und Steuerwerte für Bentonitsuspensionen im Förderkreislauf.....	376
14.3	Untersuchungen zum Eindringverhalten einer Stützflüssigkeit und zur Ausbildung einer drucklufthaltenden Membran.....	377
14.3.1	Hydroschildarbeiten in porenreichen Zonen	377
14.3.2	Modellversuche zur Ausbildung eines Filterkuchens	378
14.3.3	Modellversuche zum Eindringverhalten einer Stützflüssigkeit	380
14.4	Herstellung von Start- und Zielschächten mit Hilfe der Schlitzwandtechnik.....	385
14.5	Regenerierung der Umlaufspülung beim flüssigkeitsgestützten Schildvortrieb.....	385
14.6	Zusammenfassung	387
14.7	Literatur	387

Stichwortverzeichnis 388

Die Autoren 393

1 Baugrubensicherung / Anforderungen und Herstellung

M.Kollnberger

1.1 Vorwort

Die Begrenztheit an Grund und Boden sowie die fortschreitende Verstädterung machen den Baugrund in zunehmendem Maße teuer. Dieser Umstand verlangt vor dem Hintergrund eines marktwirtschaftlich orientierten Handelns nach einem kostenbewußten Umgang mit dieser Ressource, was konsequenterweise den Bau in die Tiefe – und somit „Tiefbau“ – bedeutet.

Als eigenständiges Element des Tiefbaus hat sich der sog. „Spezialtiefbau“ entwickelt; als wesentliches Subsystem dessen ist die „Baugrubensicherung“ zu nennen.

Um die oben konstatierte Begrenztheit an Grund und Boden und die daraus konsequent abgeleitete Notwendigkeit einer Baugrubensicherung zu unterstreichen, seien beispielhaft die folgenden typischen innerstädtischen Bauvorhaben genannt:

- Eine Untergrundbahn soll unter einer bestehenden Verkehrsanbindung und im unmittelbaren Einflußbereich von Gebäuden gebaut werden.
- Es ist der Bau einer Wohnanlage mit mehrstöckiger Tiefgarage vorgesehen.
- Es soll der Bau eines Wohn- und Geschäftshauses mit mehrstöckiger Unterkellerung zur Ausführung kommen.
- Ver- bzw. Entsorgungsanlagen müssen unterirdisch verlegt werden.

Diese beispielhaft genannten Bauvorhaben sind allesamt im innerstädtischen Bereich nicht denkbar, sollten die Baugruben und die umstehenden Gebäude und sonstigen Anlagen nicht adäquat gesichert werden.

1.2 Die Baugrubensicherung

1.2.1 Einleitung

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, eine Baugrube zu sichern; entsprechend den unterschiedlichen Anforderungen an diese Sicherungen kommen jedoch immer wieder die gleichen Grundsysteme – auch in vielfältigen Kombinationen –

zur Ausführung. Diese Grundsysteme vorzustellen, ist die Absicht der nachfolgenden Betrachtungen. Ergänzende Rückhaltesysteme von Wasser und Boden – z.B. Böschungen, Dichtungen wie Schmalwände oder Sohlen – werden dabei nicht gesondert abgehandelt. Desweiteren werden die betr. Systeme in diesem Beitrag auch einer eher vergleichenden Analyse unterworfen; detaillierte Einzeldarstellungen sind den weiteren Fachbeiträgen zu entnehmen.

Ein wesentliches Merkmal der Sicherungssysteme ist die Zuordnung dieser hinsichtlich ihres Verformungs- und Bewegungsverhaltens im Baugrund. Denn es ist sicherlich relevant, ob die Baugrubensicherung die Sicherung eines sog. „setzungsempfindlichen“ Mediums darstellen soll, also keine oder nur geringe Verformungen und Bewegungen des zu stützenden Baugrundes und evtl. dahinter befindlicher Bauwerke zulässig sind, oder ob die Sicherung diesbezüglich untergeordneter Natur ist. Es wird unterschieden zwischen einer „weichen“ und eben einer „nicht weichen“ Verbauart.

Auch die Beschaffenheit des Baugrundes selber ist ein wesentliches Kriterium bei der Wahl des optimalen Baugrubensicherungssystems. Sollte der Boden für eine gewisse Höhe und Zeit ungesichert und standfest stehen bleiben, ist das optimale System der Baugrubensicherung sicherlich ein anderes als das der Sicherung eines weichen oder gar breiigen, oder auch rolligen Bodens. Diesbezüglich ist als wesentliches Kriterium auch das Vorhandensein von Grundwasser zu nennen. Auch sind Kriterien wie die Möglichkeit der Mitverwendung des zu sichernden benachbarten Grund und Bodens – dieser nämlich meist nicht im Grundbesitz des Bauherrn – zu nennen.

Ein weiterer Gesichtspunkt ist, ob die Baugrubensicherung von dauerhafter Natur sein soll oder ob diese nur vorübergehend gebraucht wird. Sollte die Baugrubensicherung als späterer Bestandteil des Bauwerks genutzt werden, muß diese sicherlich anders beschaffen sein, als wenn die Sicherung nur während der Bauphase erforderlich ist und ggf. auch wieder „rückgebaut“ werden soll. Es wird daher unterschieden zwischen einer „permanenten“ und einer „temporären“ Baugrubensicherung.

Aber auch sind lokal gegebene Einschränkungen, wie z.B. die Zugänglichkeit der Baustelle – also die Möglichkeit einer optimalen Verkehrsanbindung –, zulässige Emissionen – also die zulässigen Obergrenzen an Lärm, Abgasen,... –, etc. sicherlich von Relevanz hinsichtlich der Auswahl der Herstellung und somit auch des optimalen Sicherungssystems selber.

Als wesentliche Grundlagen der Auswahl einer optimalen Baugrubensicherung können an dieser Stelle also zusammenfassend festgehalten werden:

- Der Möglichkeit und Zulässigkeit von Verformungen und Bewegungen der Baugrubensicherung sowie des Grund und Bodens inkl. möglicher Bauwerke dahinter muß Rechnung getragen werden.

- Die Beschaffenheit des zu sichernden Grund und Bodens sowie die Grundwasserhältnisse sind bei der Wahl des optimalen Baugrubensicherungssystems zu berücksichtigen.
- Es ist zu fixieren, ob die Baugrubensicherung von dauerhafter Natur sein soll und wie diese dann in das spätere Bauwerk integriert werden soll, oder ob nur während der Bauzeit ein Sicherungssystem gebraucht wird.
- Das System der Baugrubensicherung muß den ortsspezifischen Anforderungen – diese im wesentlichen hinsichtlich des Prozesses der Herstellung – Genüge leisten.

1.2.2 Vorstellung der Systeme

Nachdem nun die wesentlichen Auswahlkriterien selber feststehen, können auf der Grundlage dieser die eigentlichen Baugrubensicherungssysteme vorgestellt und analysiert werden.

Es kommen dabei – wie bereits erwähnt – nur die wesentlichen Grundsysteme der Baugrubensicherung bzw. die wesentlichen Merkmale dieser zur Erläuterung; in der Praxis werden auch Kombinationen und Variationen dieser als weitere Möglichkeiten zur Sicherung von Geländesprüngen verwendet. Dabei ist die Reihenfolge der Vorstellung der Grundsysteme so gewählt, daß auf bereits dargestellte Sachverhalte aufgebaut wird; zum vollen Verständnis des Systems empfiehlt sich also die Studie der nachfolgenden Beiträge im Zusammenhang.

1.2.2.1 Trägerverbau

1.2.2.1.1 Einleitung

Als klassisches Verbausystem ist der Trägerverbau zu nennen; in Abwandlungen genannt: „Berliner Verbau“, „Hamburger Verbau“, „Heidelberger Verbau“, „Essener Verbau“ aber auch „Kopenhagener Verbau“, wobei der zuerst genannte Berliner Verbau, welcher erstmals beim Bau der Berliner Untergrundbahn um die Jahrhundertwende eingesetzt wurde, sich als Sammelbegriff für diese Variante der Baugrubensicherung eingebürgert hat.

1.2.2.1.2 Beschreibung

In den klassischen Grundformen handelt es sich dabei um ein entweder „freistehendes“, „ausgesteiftes“ oder „rückverankertes“ Trägersystem, welches zwischen, vor oder hinter den Verbauträgern „ausgefacht“ wird.

Die Verbauträger – meist HEB- bzw.][-Profile entsprechend der statischen Erfordernis, diese gerammt, gerüttelt, meistens jedoch in Bohrlöcher gesetzt – stützen den zu sichernden Geländesprung. Diese Träger werden, soweit die

„Fußeinbindung“ – also die Einbindung des Trägers unterhalb der Baugrubensohle – als rückhaltendes Element allein nicht ausreichend ist, zusätzlich entweder in die Baugrube hinein ausgesteift oder in den hinter der Baugrubensicherung anstehenden Boden rückverankert.

Sollte die Baugrube ausgesteift werden, kommen ggf. Rundhölzer, meist jedoch Stahlprofile, aber auch massive Stahlbetonkonstruktionen zum Ansatz.

Falls Rückverankerungen erforderlich werden sollten, bestehen diese heute im wesentlichen aus zugelassenen Einstab- bzw. Litzenankern, wobei je nach Gestaltung der Verbauträger eine Rückverankerung des Trägers direkt möglich ist oder aber eine zusätzliche „Vergurtung“ angebracht werden muß. Als Vergurtungselemente kommen dann im wesentlichen gängige Träger- oder Spundwandprofile zur Ausführung.

Als Ausfachung zwischen den Verbauträgern werden Holzbohlen, Spundbohlen, Kombinationen aus diesen, aber auch bewehrter oder unbewehrter Stahlbeton bzw. Spritzbeton eingesetzt.

Unter dem Gesichtspunkt der Erdstatik ist im wesentlichen maßgebend der Nachweis des ausreichenden Erdwiderstands sowie der erforderlichen Sicherheit gegen „Geländebruch“ bzw. der „Standsicherheit in der tiefen Gleitfuge“. Die Elemente des Tragsystems selber sind entsprechend den anerkannten Regeln des Stahl-, bzw. Stahlbeton-, bzw. des Holzbaus zu bemessen.

1.2.2.1.3 Lasten und Verformungen

Entsprechend der üblichen Ausführung, nämlich der Verwendung von „elastischen“ Stahlträgern, wird der Trägerverbau als weiche Verbauart eingestuft; d.h. diese Baugrubensicherung kann die zu erwartenden Lasten zum Großteil nur über eine Verformung der Tragelemente aufnehmen. Zur Sicherung von Geländesprüngen neben hohen Lasten bzw. setzungsempfindlichen Bauwerken ist diese Art der Baugrubensicherung also nicht geeignet.

Eine wesentliche Einschränkung der Verformung kann durch die Rückverankerung oder Aussteifung der Baugrubensicherung erzielt werden; aus statischen, aber auch aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist eine solche in den meisten Fällen ab einer Verbautiefe von ca. 3 Metern vertretbar.

1.2.2.1.4 Baugrund und Wasser

Entsprechend dem zuerst beschriebenen Herstellungsmerkmal kann eine solche Variante der Baugrubensicherung nur ausgeführt werden, wenn der anstehende Boden bohrbar bzw. ramm- oder rüttelbar ist. Ist mit Hindernissen im Boden zu rechnen, kann hierbei bestenfalls gebohrt werden; der zusätzliche Einsatz eines Meißels ist ggf. erforderlich. Stehen weiche Bodenschichten und ggf. Grundwasser

an, muß „verrohrt“ gebohrt werden; die Bohrwerkzeuge selber sind dabei ebenso den Bodenverhältnissen anzupassen.

Ist eine Aussteifung nur möglich, wenn es die für den Rohbau erforderlichen räumlichen Bedingungen in der Baugrube zulassen, so sind betreffend eine evtl. Rückverankerung – abgesehen von den bereits oben genannten Kriterien der Bohrbarkeit des Baugrundes – auch Einschränkungen im Baugrund selber relevant: Anker können nur gesetzt werden, wenn Hindernisse – im innerstädtischen Bereich vor allem Leitungen und Kanäle im Straßenbereich – nicht vorhanden sind; da aber das Vorhandensein von Sparten eine weniger nachgiebige Baugrubensicherung erforderlich macht, ist der Einsatz von Erdankern trotzdem ggf. unumgänglich und daher eine entsprechende Anordnung dieser Anker und eine Ausführung des Rückhaltesystems erforderlich.

Bezüglich der Anker im Zusammenhang mit dem Baugrund ist aber auch die Grunddienstbarkeit des Nachbargrundstückes zu nennen: Vor allem in Städten, wo eine entsprechende Nachfrage besteht, lassen es sich Privatleute, aber auch die öffentliche Hand teuer bezahlen, einen Anker an die statisch notwendige Stelle zu setzen.

Wesentliche Einschränkungen und somit Kosten entstehen aber auch im Zusammenhang mit einer Eigenschaft des Baugrunds, welche überhaupt nichts mit Bodenmechanik und Grundbau zu tun hat; gemeint ist die Notwendigkeit der sog. „Kampfmittelsuche“. Vor allem in Berlin ist dieser Umstand ein wesentlicher Kostenfaktor, und es ist nicht zuletzt deshalb die ausgesteifte Baugrube wieder interessant geworden.

Da die Baugrubensicherung durch einen Trägerverbau auch durch die Notwendigkeit der Ausfachung zwischen den Verbauträgern gekennzeichnet ist, besteht darin eine weitere wesentliche Einschränkung betreffend den zu sichernden Baugrund: Der Boden sollte zumindest vorübergehend für eine gewisse Höhe standfest sein, damit die Ausfachungsarbeiten in einem wirtschaftlich zu vertretenden Rahmen ausgeführt werden können.

Das System ist mit einer Holzausfachung nicht zur Rückhaltung von Grundwasser oberhalb der Baugrubensohle geeignet; andere Ausfachungssysteme – wie z.B. „Kanaldielen und Brustriegel“ – machen eine solche bedingt und eingeschränkt möglich. Oft sind dann jedoch zusätzliche Maßnahmen – wie z.B. das Injizieren des Baugrundes im Trägerbereich – erforderlich.

1.2.2.1.5 Dauer des Einsatzes und Beständigkeit

Betreffend die Beständigkeit dieser Art der Baugrubensicherungsmaßnahme ist ein wesentliches Kriterium die Beständigkeit der Ausfachung der Verbauträger: Eine Holzausfachung kann nur vorübergehenden Zwecken dienen; ein solches

System ist also als temporär einzustufen. Sollte die Baugrubensicherung permanent benötigt werden, muß daher ein entsprechendes Material – meistens Spritzbeton – gewählt werden.

Sollte die Sicherung der Baugrube rückverankert werden müssen, sind ggf. auch entsprechende Rückverankerungssysteme zu wählen; ab einer Standzeit von üblicherweise zwei Jahren müssen zu permanenten Zwecken geeignete Baugrubenanker eingesetzt werden. Der wesentliche Unterschied zu einer temporären Rückverankerung besteht dabei aus zusätzlichen Maßnahmen, welche das Zugglied und den Ankerkopf gegen Korrosion schützen.

Üblicherweise wird der Trägerverbau zu temporären Zwecken eingesetzt.

1.2.2.1.6 Anforderungen an den Herstellungsprozeß

Selbstverständlich muß für das Bohrgerät ausreichend Platz zum Arbeiten vorhanden sein. In diesem Zusammenhang sind aber nicht nur die Abmessungen des Gerätes im Grundriß relevant; es ist auch die dritte Dimension – also die Höhe des Bohrgerätes – und das evtl. Vorhandensein von entsprechenden Hindernissen – z.B. Stromkabeln – zu berücksichtigen.

Neben dem Platz muß auch die Tragfähigkeit des Bodens gewährleistet sein: Da die üblicherweise verwendeten Bohrgeräte mindestens ein Gewicht von ca. 30 Tonnen haben, darf der Untergrund nicht zu nachgiebig sein; auch sind evtl. vorhandene Bebauungen im Untergrund – z.B. ehemalige und nicht verfüllte Keller, Bunker,... – zu berücksichtigen.

Da die heute gängigen Bohrgeräte im wesentlichen mit Verbrennungsmotoren und über eine entsprechende Hydraulik angetrieben werden, müssen unter dem Gesichtspunkt der Herstellung auch Eigenschaften hinsichtlich Abgase, Lärm,... berücksichtigt werden; im innerstädtischen Bereich sind nicht selten Obergrenzen gegeben, die einzuhalten sind.

1.2.2.1.7 Darstellungen im Bild



Bild 1.1:
holzgefächter
Trägerverbau



Bild 1.2:
mit Spritzbeton
gefächter
Trägerverbau

1.2.2.2 Spundwand

1.2.2.2.1 Einleitung

Die Alternative zum oben beschriebenen Trägerverbau ist der Verbau mit „Spundbohlen“; insbesondere als einfaches Rückhaltesystem im Zusammenhang mit Grundwasser kommt dieses Verfahren oft zum Einsatz.

1.2.2.2.2 Beschreibung

Bezogen auf das Tragsystem ist der wesentliche Unterschied zum Trägerverbau die Verwendung nur eines Mediums, nämlich der Spundbohle; Träger und Ausfachung sind vereint in dieser. Die Spundbohlen werden mit einem entsprechenden Großgerät eingebaut und ergeben somit aneinandergereiht die Spundwand, wobei diese analog ebenso freistehend, ausgesteift oder rückverankert ausgeführt werden kann.

Die Spundwand – standardisierte Profile entsprechend der statischen Erfordernis – stützt den zu sichernden Geländesprung, wobei – wie beim Trägerverbau – soweit die Fußeinbindung als rückhaltendes Element allein nicht ausreichend ist, zusätzlich entweder in die Baugrube hinein ausgesteift oder in den hinter der Baugrubensicherung anstehenden Boden rückverankert wird. Der wesentliche Unterschied hinsichtlich der Fußeinbindung ist jedoch der, daß beim Trägerverbau nur ein einzelnes Element – nämlich der Träger – vom Erdreich am Fuß gehalten wird; beim Spundwandverbau ist es jedoch der vollflächige, unterhalb der Baugrubensohle in den Boden eingespannte Teil dieser Wand. Der Spundwandverbau aktiviert also den Boden als stützendes Element in einem höheren Maße als der Trägerverbau.

Als aussteifende oder rückverankernde Elemente kommen ggf. die gleichen wie beim Trägerverbau zum Ansatz; wobei jedoch die zusätzliche Vergurtung in den meisten Fällen erforderlich ist, weil der Spundwandverbau eben nicht über einzelne – also auch einzeln zu verankernde – Stützelemente wie der Trägerverbau verfügt.

Betreffend die Erdstatik sind die gleichen Nachweise wie beim Trägerverbau relevant. Auch das Tragsystem selber ist analog zu bemessen.

1.2.2.2.3 Lasten und Verformungen

Da Spundbohlen wie Verbauträger auch aus elastischem Stahl bestehen, wird die Spundwand dementsprechend auch als weiche Verbauart eingestuft; zur Sicherung von Geländesprüngen neben hohen Lasten bzw. setzungsempfindlichen Bauwerken ist diese Art der Baugrubensicherung also ebenso nicht geeignet.

Auch beim Spundwandverbau kann eine wesentliche Einschränkung der Verformung durch die Rückverankerung oder Aussteifung der Baugrubensicherung erzielt werden; aus statischen, aber auch aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist eine solche in den meisten Fällen ab einer Verbautiefe von ebenso ca. 3 Metern vertretbar.

1.2.2.2.4 Baugrund und Wasser

Entsprechend der Einschränkung beim Trägerverbau kann eine solche Variante der Baugrubensicherung auch nur ausgeführt werden, wenn der anstehende Boden ramm- bzw. rüttelbar ist. Ist mit Hindernissen im Boden zu rechnen, kann dieses Verfahren nur angewendet werden, wenn vorgebohrt wird und evtl. Hindernisse beseitigt werden. Selbstverständlich sind weiche Bodenschichten und ggf. Grundwasser daher die wesentlichen Einsatzgebiete dieser Alternative zum Trägerverbau.

Hinsichtlich einer evtl. erforderlichen Aussteifung oder Rückverankerung gelten die gleichen Einschränkungen wie beim Trägerverbau.

Hinsichtlich der Wasserdichtigkeit besteht der wesentliche Unterschied des Spundwandverbau zum Trägerverbau: Während der Trägerverbau nicht als wasserdicht einzustufen ist, sind „im Schloß sitzende“ Spundbohlen durchaus in der Lage, Wasser zurückzuhalten. Sollten dabei keine zusätzlichen Maßnahmen, wie die Verwendung einer Dichtmasse, zum Einsatz kommen, können trotzdem Feinanteile im Boden nach einer gewissen Zeit eine Abdichtung der Spundwand im Schloß bewirken.

Insbesondere im Zusammenhang mit einer möglichen Einbindung der Spundwand in eine wasserundurchlässige Bodenschicht oder eine injizierte Sohle, ist mit diesem Verfahren eine einfache und preiswerte wasserdichte Baugrubensicherung machbar.

1.2.2.2.5 Dauer des Einsatzes und Beständigkeit

Hinsichtlich der Beständigkeit dieser Art der Baugrubensicherungsmaßnahme ist die des verwendeten Stahls relevant; es liegt auf der Hand, daß eine solche Baugrubensicherung daher beständiger ist als z.B. ein holzausgefachter Trägerverbau.

Betreffend die Rückverankerung dieser Baugrubensicherung sind die gleichen Kriterien wie bei dem Trägerverbau relevant.

Üblicherweise wird die Spundwand in Böden mit Grundwasser und zu temporären Zwecken eingesetzt; insbesondere im norddeutschen Raum wird diese Art der Baugrubensicherung aber auch zu permanenten Zwecken im Hafenausbau verwendet.

1.2.2.2.6 Anforderungen an den Herstellungsprozeß

Analog zum Trägerverbau muß auch beim Spundwandverbau ausreichend Platz für das einzusetzende Gerät zum Arbeiten vorhanden sein; auch ist die Tragfähigkeit des Bodens zu berücksichtigen.

Das gleiche gilt für die Emissionen; jedoch mit einem wesentlichen weiteren Kriterium: Wird beim Trägerverbau meistens gebohrt, bzw. werden die Träger gesetzt, so wird beim Spundwandverbau meistens gerammt oder gerüttelt. Insbesondere die Eigenfrequenz von in der Nähe befindlichen Gebäuden ist also zu berücksichtigen. Moderne Vibrationsrammen besitzen daher auch entsprechende Einrichtungen, welche ein Anfahren des Gerätes ohne die Notwendigkeit des Durchfahrens der niedrigeren Frequenzbereiche ermöglichen.

1.2.2.2.7 Darstellungen im Bild



Bild 1.3: Spundwandverbau



Bild 1.4: Spundwandverbau

1.2.2.3 Pfahlwand

1.2.2.3.1 Einleitung

Die am meisten verwendete „massive“ Baugrubensicherung ist die Pfahlwand, wobei mit der Verwendung von Beton als wesentlichem Baumaterial hiermit der entscheidende Schritt zur möglichen Mitverwendung der Baugrubensicherung als späterer Gebäudeteil vollzogen wird.

1.2.2.3.2 Beschreibung

Bezüglich der Grundlagen des Tragsystems ist der Pfahl mit dem Träger des Trägerverbau zu vergleichen; analog kommt auch das gleiche Gerät – ggf. in größerer Abmessung und entsprechend leistungsfähiger – zum Einsatz. Ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal zum Trägerverbau ist jedoch die Möglichkeit der Variation des „Trägerabstands“, in diesem Fall also des Pfahlabstandes: Pfähle können zum einen „aufgelöst“ – also in einem vorher statisch ermittelten Abstand – und ggf. unter der Verwendung einer Ausfachung verwendet werden; entsprechend der statischen Erfordernis können diese auch „tangierend“ – also sich berührend – oder „überschnitten“ ausgeführt werden.

Analog zum Trägerverbau bzw. zur Spundwand kann auch die Pfahlwand freistehend, ausgesteift oder rückverankert ausgeführt werden.

Die Pfähle – diese aus Beton und Baustahl in der erforderlichen Güte und im Abstand sowie dem Durchmesser entsprechend der statischen Erfordernis – werden in gebohrten Löchern hergestellt; das so entstehende Tragsystem stützt den zu sichernden Geländesprung. Die Abstützung betreffend gelten die gleichen Kriterien wie beim Trägerverbau bzw. der Spundwand, wobei hier zwischen aufgelöster bzw. tangierender oder überschnittener Pfahlwand – analog der Unterscheidung zwischen Trägerverbau und Spundwandverbau – hinsichtlich der Einspannung im Fußbereich zu unterscheiden ist.

Sollte eine tangierende oder überschnittene Pfahlwand hergestellt werden, ist der Einsatz einer „Bohrschablone“ – also einer Führung für die Bohrwerkzeuge, diese meistens in Ortbeton – erforderlich.

Als aussteifende oder rückverankernde Elemente kommen ggf. die gleichen wie beim Trägerverbau bzw. Spundwandverbau zum Ansatz; eine zusätzliche Vergurtung wird dann erforderlich, wenn eine Rückverankerung über die „Träger“ direkt – in diesem Fall also die Pfähle – nicht möglich oder sinnvoll ist.

Sollte – im Fall der aufgelösten Pfahlwand – eine Ausfachung erforderlich werden, kommt meistens bewehrter oder unbewehrter Spritzbeton zum Einsatz.

Betreffend die erdstatischen Nachweise sind die gleichen wie beim Träger- bzw. Spundwandverbau relevant.

1.2.2.3.3 *Lasten und Verformungen*

Entsprechend der Verwendung von „biegesteifen“ Stahlbetonträgern wird die Pfahlwand als steife Verbauart eingestuft; d.h. diese Baugrubensicherung wird die zu erwartenden Lasten im wesentlichen ohne eine Verformung der Tragelemente aufnehmen. Hiermit wird jedoch nicht die Möglichkeit der Verschiebung des Tragelementes eingeschränkt; d.h. der Pfahl ist nach wie vor in der Lage sich als ganzes – obwohl unverformbar – im Baugrund zu bewegen. Und trotzdem – dieses wie nachfolgend beschrieben – ist dieses System zur Sicherung von Geländesprüngen neben hohen Lasten bzw. setzungsempfindlichen Bauwerken geeignet.

Eine wesentliche Einschränkung der oben beschriebenen Bewegungen der Tragelemente im Baugrund kann durch eine Rückverankerung oder Aussteifung der Baugrubensicherung erzielt werden; aus diesem Grund, aber auch aus statischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist eine solche in den meisten Fällen ab einer Verbautiefe von ca. 4 – 5 Metern vertretbar.

1.2.2.3.4 *Baugrund und Wasser*

Entsprechend dem oben beschriebenen Herstellungsmerkmal kann eine solche Variante der Baugrubensicherung nur ausgeführt werden, wenn der anstehende Boden bohrbar ist. Bezüglich Hindernisse im Baugrund gelten daher auch die gleichen Kriterien wie beim gebohrten Trägerverbau.

Auch bezüglich einer evtl. erforderlichen zusätzlichen Stützung – also Rückverankerung oder Aussteifung – gelten die bereits genannten einschränkende Bedingungen.

Auch ist bezüglich einer evtl. erforderlichen Ausfachung analog auf die Boden- bzw. Grundwasserbedingungen hinzuweisen: Insbesondere im Zusammenhang mit der bei der aufgelösten Pfahlwand bevorzugten Spritzbetonausfachung muß festgestellt werden, daß eine solche nicht gegen „drückendes“ Grundwasser – also gegen Grundwasser, welches oberhalb der Baugrubensohle ansteht und die Tendenz hat, in die Baugrube hinein zu fließen – eingebaut werden kann.

Als überschnittene und in eine wasserdichte Bodenschicht oder injizierte Sohle einbindende Baugrubensicherung ist die Pfahlwand jedoch „die Lösung“ bei gegebener Aufgabenstellung.

1.2.2.3.5 *Dauer des Einsatzes und Beständigkeit*

Betreffend die Beständigkeit dieser Art der Baugrubensicherungsmaßnahme ist ein wesentliches Kriterium die bereits genannte Tatsache der Verwendung eines nicht verwitterbaren Baustoffes, nämlich Betons.

Betreffend die Rückverankerung dieser Baugrubensicherung sind die gleichen Kriterien wie bei dem Trägerverbau relevant.

Wie bereits herausgestellt, wird die Pfahlwand üblicherweise zu permanenten Zwecken eingesetzt.

1.2.2.3.6 Anforderungen an den Herstellungsprozeß

Es gelten im wesentlichen die gleichen einschränkenden Bedingungen wie beim Trägerverbau; als weiteres relevantes Kriterium ist ggf. die Zulässigkeit der Verwendung von Beton bzw. eines bestimmten Zements – dies meistens im Zusammenhang mit dessen Beständigkeit gegenüber dem Grundwasser und dem Boden – zu nennen.

1.2.2.3.7 Darstellungen im Bild



Bild 1.5:
Pfahlwand



Bild 1.6: Pfahlwand

1.2.2.4 Schlitzwand

1.2.2.4.1 Einleitung

Wird die im vorigen Kapitel beschriebene Pfahlwand eher noch als Baugrubensicherung – d.h. erst in der Folge als Bestandteil des in der Baugrube zu errichtenden Bauwerks – verstanden, ist die Schlitzwand ohne Einschränkungen als möglicher vollwertiger Bestandteil dieses späteren Bauwerks anzusehen. Die im ersten Kapitel postulierte Notwendigkeit der Baugrubensicherung im innerstädtischen Bereich findet somit konsequent in der Anwendung eines grundsätzlich neuen Bauverfahrens seinen Niederschlag.

1.2.2.4.2 Beschreibung:

Bezüglich des Tragsystems ist die Schlitzwand mit der überschrittenen oder tangierenden Pfahlwand und somit auch mit der Spundwand gleichzustellen; sie hat darüber hinaus jedoch nicht nur die gleichen Materialeigenschaften wie eine konventionell hergestellte Betonwand des Bauwerks, sondern hat per se auch die gewünschten geometrischen Eigenschaften wie die mit entsprechender Schalung hergestellte Bauwerksaußenwand.