

Diploma Thesis

Deep excavation

Submitted in satisfaction of the requirements for the degree of
Diplom-Ingenieur
of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

DIPLOMARBEIT

Tiefe Baugruben

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines
Diplom-Ingenieurs
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Markus Hell

Matr.Nr.: 01028291

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Gerald Goger**

Univ.-Ass. Dipl.-Ing. **Leopold Winkler**

Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement
Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik
Technische Universität Wien,
Karlsplatz 13/234, A-1040 Wien

Wien, im Jänner 2019

Vorwort¹

Mein Dank gilt an all jene Personen, die mich durch das Studium begleitet und unterstützt haben.

Danke an Herrn Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerald Goger für die Möglichkeit meine Diplomarbeit im Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik am Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement zu verfassen.

Danke an Herrn Univ. Ass. Dipl. Ing. Leopold Winkler für die ausgezeichnete Betreuung der Diplomarbeit und wertvollen Ratschlägen im Zuge der Erstellung der Arbeit.

Weiters möchte ich mich bei der Geschäftsleitung von KS Ingenieure GmbH für die fachlichen und informativen Gespräche bedanken. Dabei sind vor allem DI Matthäus Groh und DI Ingo Bormann zu nennen.

Danke auch an Herrn Ing. Markus Tandler von der Abteilung Grundbau der Porr Bau GmbH für die wertvollen Informationen zur Ausarbeitung der Diplomarbeit.

Zusätzlich möchte ich bei den Firmen Swietelsky und Habau für die Ermöglichung der Baustellenbesichtigungen bedanken.

Dank gilt auch meinen Freunden und Studienkollegen, die meine Studienzeit bereichert haben.

Abschließend möchte ich mich bei meinen Eltern und meinem Bruder bedanken. Ohne ihre Unterstützung wäre mein Studium nicht möglich gewesen.

¹ Genderhinweis:

Der Autor legt großen Wert auf Diversität und Gleichbehandlung. Im Sinne einer besseren Lesbarkeit wurde jedoch oftmals entweder die maskuline oder feminine Form gewählt. Dies impliziert keinesfalls eine Benachteiligung des jeweils anderen Geschlechts.

Inhaltsverzeichnis

VORWORT	II
INHALTSVERZEICHNIS.....	III
ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS	VI
KURZFASSUNG	VII
ABSTRACT	VIII
1 EINLEITUNG	1
1.1 Motivation.....	1
1.2 Forschungsabgrenzung.....	2
1.3 Methodik	2
1.4 Forschungsfragen	3
2 EINFLUSSKRITERIEN.....	4
2.1 Bodeneigenschaften	5
2.1.1 Bodenaufbau	5
2.1.2 Baugrunderkundung.....	6
2.1.3 Geotechnisches Gutachten	7
2.1.4 Klassifizierung von Böden	8
2.1.5 Unterscheidung der Böden auf der Baustelle	11
2.2 Leitungen - Einbauten	12
2.3 Emissionen	12
2.3.1 Lärm	12
2.3.2 Erschütterungen	13
2.4 Verformungen	14
2.5 Wasserabdichtende Funktion	15
2.6 Belastbarkeit - Rückbaubarkeit.....	15
2.7 Tiefe.....	16
2.7.1 Erddruck	16
2.7.2 Wasserdruck	18
2.7.3 Eigengewicht der Baugrubenumschließung	19
2.8 Platzbedarf.....	19
2.9 Zusammenfassung.....	19
3 BAUVERFAHREN	21
3.1 Trägerbohlwände	21
3.2 Spundwände	27
3.2.1 Verfahrenstechnik	29
3.2.2 Maßnahmen für Wasserdichtheit	33
3.3 Schlitzwände	34
3.3.1 Einphasenverfahren	35
3.3.2 Zweiphasenverfahren	38
3.4 Bohrpfahlwände	41
3.4.1 Verfahrenstechnik	42
3.4.2 Ausführungsvarianten	53
3.5 Deckelbauweise	55

3.6	Sonderbauverfahren	55
3.6.1	Elementwände.....	55
3.6.2	Erdbetonwände	57
3.6.3	Düsenstrahlwände.....	61
3.7	Wasserhaltung	63
3.7.1	Grundwasserhaltung	64
3.7.2	Grundwasserabspernung.....	67
3.7.3	Kombinationsmöglichkeiten	70
3.8	Zusammenfassung.....	71
4	BAUSTELLENEINRICHTUNG	74
4.1	Planung.....	74
4.2	Elemente.....	75
4.2.1	Großgeräte	75
4.2.2	Gebäude, Bauwagen und Container.....	76
4.2.3	Verkehrsflächen	77
4.2.4	Lagerflächen.....	79
4.2.5	Versorgungseinrichtungen	81
4.2.6	Abfallentsorgung	81
4.2.7	Baustellensicherung	82
4.3	Arbeitssicherheit.....	83
4.3.1	Bauarbeitenkoordinationsgesetz	84
4.3.2	ArbeitnehmerInnenschutzgesetz.....	84
4.3.3	Arbeitsstättenverordnung	85
4.3.4	Bauarbeiterschutzverordnung	85
4.3.5	Arbeitsmittelverordnung	87
4.4	Prozessabläufe	87
4.4.1	Trägerbohlwand	87
4.4.2	Spundwand	89
4.4.3	Bohrpfahlwand	90
4.4.4	Schlitzwand	92
4.4.5	Düsenstrahlwand.....	93
4.5	Zusammenfassung.....	94
5	PROJEKTE	96
5.1	Siebeneichengasse.....	96
5.1.1	Ausgangssituation	96
5.1.2	Anforderungen an die Baugrubenumschließung	97
5.1.3	Auswahl der Verbauart.....	98
5.2	Vogelsanggasse.....	99
5.2.1	Ausgangssituation	99
5.2.2	Anforderungen an die Baugrubenumschließungen	101
5.2.3	Auswahl der Verbauart.....	101
5.3	Kundmanngasse	102
5.3.1	Ausgangssituation	102
5.3.2	Anforderungen an die Baugrubenumschließung	104
5.3.3	Auswahl der Verbauart.....	104
6	BAUBETRIEBLICHES AUSWAHLVERFAHREN.....	106
6.1	Entscheidungsparameter	106
6.2	Entscheidungsprozess	109
6.3	Projektbezogene Auswahl.....	113
6.3.1	Siebeneichengasse	113
6.3.2	Vogelsanggasse.....	114
6.3.3	Kundmanngasse	114

6.4	Schlussfolgerungen.....	115
7	ZUSAMMENFASSUNG	116
7.1	Forschungsfrage 1	117
7.2	Forschungsfrage 2	117
7.3	Forschungsfrage 3	118
7.4	Forschungsfrage 4	119
7.5	Ausblick.....	119
8	VERZEICHNISSE	121
8.1	Quellenverzeichnis	121
8.1.1	Bücher, Skripten	121
8.1.2	Gesetze, Normen, Verordnungen und Richtlinien	123
8.1.3	Firmenprospekte	126
8.1.4	Internetquellen.....	126
8.1.5	Fachgespräche, Firmenunterlagen und Projekte	128
8.2	Abbildungsverzeichnis.....	128
8.3	Tabellenverzeichnis	130
8.4	Formelverzeichnis	131
9	EIDESSTATTLICHE ERKLÄRUNG	132

Abkürzungsverzeichnis

AM-VO	Arbeitsmittelverordnung	VdW	vor der Wand
ASchG	ArbeitnehmerInnenschutz- gesetz	WSW	Wet-Speed-Mixing
AStV	Arbeitsstättenverordnung		
BauKG	Bauarbeitenkoordinations- gesetz		
BGS	Baugrubensohle		
bzw.	beziehungsweise		
ca.	circa = ungefähr		
CSM	Cutter-Soil-Mixing		
DSM	Deep-Soil-Mixing		
DSV	Düsenstrahlverfahren		
KFG	Kraftfahrzeuggesetz		
kg	Kilogramm		
cm	Zentimeter		
m	Meter		
m ²	Quadratmeter		
m ³	Kubikmeter		
MIP	Mixed-In-Place		
ÖBGL	Österreichische Baugeräteleiste		
RVS	Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen		
SiGePlan	Sicherheits- und Gesundheits- schutzplan		
SOB	Schneckenortbeton		
t	Tonnen		
u.a.	unter anderem		
UG	Untergeschoß		

Kurzfassung

Schlagwörter: Tiefe Baugruben, Spezialtiefbau, Einflussparameter, Bauverfahren, Baustelleneinrichtung, Auswahlverfahren

Bei Bauarbeiten unterhalb der Geländeoberkante ist vorab eine Baugrube auszuheben. Mit wachsender Tiefe der Aushubsohle nimmt die Herstellung einer Baugrube eine wesentliche Rolle ein. Hierfür ist ein geeignetes Bauverfahren in der Planungsphase auszuwählen. Dabei ist vorab zu klären, welche Einflüsse bei einer tiefen Baugrube zu berücksichtigen sind. Die vorliegende Diplomarbeit beleuchtet zu Beginn auf Grundlage einer Literaturrecherche und auf Basis von Fachplanergesprächen relevante Parameter und Randbedingungen bei der Baugrubenherstellung.

Darauf aufbauend sind mögliche Bauverfahren für die Herstellung von tiefen Baugruben von Interesse. Diverse Methoden unterscheiden sich in den erforderlichen Arbeitsschritten und Eigenschaften. Sie weisen unterschiedliche Vor- und Nachteile und Einsetzbarkeiten auf. Im Rahmen dieser Arbeit werden geeignete Bauverfahren nach einer Recherche von Fachbüchern und Firmenunterlagen vorgestellt. Im Anschluss daran erfolgt eine Einteilung nach den zu Beginn erläuterten Einflussparametern.

Bevor auf der Baustelle mit der Herstellung des Baugrubenverbaus begonnen werden kann, ist eine entsprechende Baustelleneinrichtung zu veranlassen. Hierfür sind einige Parameter zu beachten, welche im Zuge der Diplomarbeit herausgearbeitet werden. Dabei wurden relevante Fachliteratur, Gesetze und Verordnungen sowie Angaben von ausführenden Firmen herangezogen.

Zum praktischen Verständnis des Themas werden drei Projekte mit tiefen Baugruben vorgestellt. Anhand der dazugehörigen Planungsunterlagen wird aufgezeigt, warum welche Verbaumethode bei den jeweiligen Bauvorhaben ausgewählt wurde.

Für eine konkrete Aufgabenstellung gilt es eine geeignete Verbauart in der Planungsphase auszuwählen. Hierfür werden die bereits herausgearbeiteten Einflussparameter herangezogen. In der vorliegenden Diplomarbeit wird ein Verfahren zur Auswahl einer Verbaumethode auf Grundlage dieser Randbedingungen entwickelt. Ziel dabei ist es, eine Entscheidungsgrundlage für die Planungsphase zu definieren. Zum Schluss der Arbeit durchlaufen die bereits vorgestellten Bauprojekte das Auswahlverfahren. Dabei wird verdeutlicht, welche Verfahren eingesetzt bzw. nicht herangezogen werden können.

Abstract

Keywords: deep excavations, special foundation engineering, influencing parameters, construction techniques, construction site equipment, selection process

For construction work below the ground level, a pit must be excavated in advance. With increasing depth of the excavation bottom, the construction of the building pit plays an essential role. A suitable construction method must be selected in the planning phase. It must be clarified in advance which influences are to be considered in a deep excavation. Based on a literature review and on discussions with expert planners, this diploma thesis addresses relevant parameters and boundary conditions in pit construction.

Based on this, possible construction methods for the execution of deep excavations are of interest. Possible procedures differ in required steps and performance. They have different ranges of application as well as pros and cons. In the context of this thesis, suitable construction methods are presented after a research of reference books and company documents. This is followed by a classification according to the influencing parameters explained in the first section.

Before construction work can start on-site, an appropriate site preparation and equipment must be arranged. Important parameters that need to be considered, are elaborated in the next section of this diploma thesis. Relevant literature, laws and regulations as well as information from specialized companies with practical know-how were used.

To get a deeper understanding of the practical aspects, three projects with deep excavations are presented. Based on the corresponding planning documents, it is explained why the construction method was chosen for the respective project.

For a specific task, it is important to select a suitable excavation method in the planning phase. For this purpose, the already elaborated influence parameters are used. A procedure for selecting the appropriate method based on these boundary conditions has been developed and is presented in this document. The goal was to define a decision-making process as basis for the planning phase. In the end of the thesis, the previously presented construction projects go through the decision-making process to show which methods can be used or not used in the specific settings.

1 Einleitung

Baugruben sind vor allem für die Errichtung von Gründungen, Untergeschoßen, unterirdischen Verkehrswegen oder Ver- und Entsorgungsleitungen notwendig. Grundsätzlich kann eine Baugrube geböscht oder mittels senkrechten Verbaumethoden hergestellt werden [27, S.12 f]. Jedoch steigen bei geböschter Bauweise mit wachsender Tiefe der Mehraushub aufgrund der erforderlichen Böschungsneigung und der Aufwand zu deren Wiederverfüllung. Dies hat zur Folge, dass bei tiefliegenden Baugrubensohlen vertikale Verbauten zur Sicherung der Baugrubenwände die wirtschaftlichere Variante ergeben. Darüber hinaus sind vertikale Baugrubenumschließungen ebenfalls anzuwenden, wenn geböschte Baugrubenwände beispielsweise aufgrund von Platzmangel oder Grundwasser im Boden nicht möglich sind [17, S.462 ff]. Größere Tiefen sind unter anderem aus folgenden Gründen notwendig:

- In städtischen Bereichen herrscht häufig eine knappe Baulandsituation. Dieser Umstand führt dazu, dass immer mehr Untergeschoße beispielsweise für Haustechnikräume oder Parkplätze notwendig sind.
- Die problematische Verkehrssituation in vielen Städten kann meist nur mit einer Verkehrsführung in mehreren Ebenen entspannt werden.
- Aus sicherheitstechnischen Gründen werden industrielle Anlagen immer häufiger unter der Geländeoberkante errichtet.

Die Herstellung einer Baugrube stellt eine komplexe Aufgabe dar, bei dem viele verschiedene Fachbereiche zur Zusammenarbeit angehalten sind. Es gibt wesentliche Themenbereiche, die grundsätzlich bei jeder Baugrube zu behandeln sind [27, S.12 f]. Aus unterschiedlichen Randbedingung ist ein geeignetes Baugrubenkonzept zu erarbeiten [17, S.462].

Die Diplomarbeit behandelt die Herstellung von tiefen Baugruben, bei welchen das Böschchen der Baugrubenwände aus wirtschaftlichen Gründen nicht mehr sinnvoll oder, aufgrund von Platzmangel, eine vertikale Baugrubensicherung erforderlich ist. Dabei werden Einflusskriterien für die Auswahl einer geeigneten Verbauart, mögliche Bauverfahren zur Herstellung von tiefen Baugruben und Anforderungen für die Baustelleneinrichtungen herausgearbeitet. Ziel der Arbeit ist es, eine Entscheidungshilfe für die Auswahl einer oder mehrerer möglicher Verbaumethoden in einer frühen Projektphase für eine konkrete Aufgabenstellung zu erstellen.

1.1 Motivation

Tiefe Baugruben sind bei entsprechenden Bauprojekten ein wesentlicher Aspekt und Kostenfaktor. Schon in der Planungsphase gilt es sich damit auseinander zu setzen und

entsprechende Lösungen gemeinsam mit den anderen Beteiligten an einem Bauvorhaben zu konzipieren. Beispielsweise ist zur Erlangung einer Baubewilligung in der Stadt Wien gemäß der Bauordnung für Wien (BO) eine statische Vorbemessung notwendig. In dieser muss u.a. ein prinzipielles Konzept zur Sicherung von Baugruben enthalten sein. Die gegenständliche Arbeit dient als Hilfsmittel für dessen Erstellung und bietet ein Auswahlverfahren als Ergebnis.

1.2 Forschungsabgrenzung

Die vorliegende Diplomarbeit behandelt das Thema „Tiefe Baugruben“ hinsichtlich möglicher Bauverfahren und Baustelleneinrichtung, wobei der Fokus auf Baugruben mit anschließenden Hochbau gelegt wird. Es werden die Einflussfaktoren zusammengestellt, dann Methoden zur Herstellung von vertikalen Verbaumethoden und Wasserhaltung erläutert und Aspekte zur Baustelleneinrichtung beschrieben. Dabei werden mögliche Anwendungsbereiche und eine grobe Empfehlung hinsichtlich der Wirtschaftlichkeit angegeben. Detaillierte Berechnungen von Kosten und Bauzeiten bzw. zu statischen Aspekten erfolgen nicht. Bauverfahren zum Bodenaushub bei tiefen Baugruben werden in der gegenständlichen Diplomarbeit nicht behandelt. Das von der „Österreichischen Bautechnik-Vereinigung“ entwickelte Bewertungsprogramm zur Auswahl von Baugrubensicherungen findet keine Anwendung, da das Ziel der vorliegenden Arbeit die Erstellung eines nachvollziehbaren Verfahrens ist.

1.3 Methodik

Für die Herausarbeitung der Einflusskriterien, der Bauverfahren und der Baustelleneinrichtung wurde eine umfangreiche Inhaltsanalyse aus einer Recherche von Fachbüchern, Skripten, Gesetzen, Verordnungen, Richtlinien, Normen, Firmenunterlagen und facheinschlägigen Internetseiten herangezogen. Als weitere Informationsquelle wurden Fachgespräche durchgeführt, um die theoretischen Fakten aus der Inhaltsanalyse mit praktischen Erfahrungen abstimmen zu können. Zu den Einflusskriterien wurden die Mitarbeiter des Ziviltechnikerbüros KS Ingenieure ZT GmbH befragt. Das genannte Büro weist umfangreiche Erfahrungen mit der Planung großer Bauvorhaben auf. Das zweite Fachgespräch fand mit der Teamleitung des schweren Spezialtiefbaus der Abteilung Grundbau der Firma Porr Bau GmbH statt, welche als einer der größten Baufirmen Österreichs hohe Kompetenzen im Bereich Spezialtiefbau aufweist. Dabei wurden Informationen zur Baustelleneinrichtung eingeholt.

Die Ausführungen zu den drei vorgestellten Projekten basieren auf der Inhaltsanalyse der entsprechenden Planungsunterlagen in Form von Konstruktionsplänen, statischen Vorbemessungen und Bodengutachten. Als Ergänzung fanden Besichtigungen der

jeweiligen Baustellen statt, um die Tatsachen aus den Planungsunterlagen vor Ort beurteilen zu können.

Für die Entwicklung des Auswahlverfahrens wurden die in der Recherche ermittelten Einflusskriterien herangezogen und in Zusammenhang gebracht, damit eine geeignete Verbauart ausgewählt werden kann. Die Funktion des Auswahlverfahrens wurde Anhand der vorgestellten Projekte untermauert.

1.4 Forschungsfragen

Im Zuge der Diplomarbeit werden folgende vier Forschungsfragen behandelt:

- 1) Welche Parameter sind für die Auswahl einer geeigneten Verbauart zu berücksichtigen?
- 2) Welche Bauverfahren können bei der Herstellung einer tiefen Baugrube angewandt werden?
- 3) Was ist bei der zugehörigen Baustelleneinrichtung der Bauverfahren zu beachten?
- 4) Können durch die in Forschungsfrage 1 aufgezeigten Parameter mögliche Bauverfahren aus Forschungsfrage 2 für eine konkrete Aufgabenstellung ermittelt werden?

2 Einflusskriterien

Für die Auswahl einer geeigneten Verbauart eines gegenständlichen Projekts ist es erforderlich folgende drei Themengebiete zu beachten:

- ◆ Nachbarbebauung
- ◆ Eigenprojekt
- ◆ Boden [90]

Grundsätzlich sind bei vorhandener Nachbarbebauung Unterlagen wie Pläne heranzuziehen. Wichtig ist vor allem festzustellen, wie die umliegenden Gebäude fundamentierte sind. Beispielsweise stellt ein Stahlbetonkeller mit Bodenplatte aufgrund seiner Stabilität eine gute Fundamentsituation dar. Hingegen sind Gründerzeithäuser mit nur ein paar Ziegelscharen schlecht fundamentierte. Schlussendlich ist festzustellen, wie tief die Baugrubensohle im Vergleich zur Fundamentunterkante der Nachbarbebauung reicht. Im Zusammenhang damit ist vor allem das Verformungsverhalten des Verbaus zu beachten, um Schäden an einer Nachbarbebauung zu vermeiden [27, S.18 ff u. 90]. Weiters sind mögliche Auswirkungen von Lärm und Erschütterungen im Zuge der Bauführung auf die Umgebung zu prüfen [23, S.56]. Abschließend ist es unumgänglich die Lage von vorhandenen Einbauten und Leitungen festzustellen. Eine Beschädigung oder Zerstörung dieser sollte auf jeden Fall vermieden werden [17 S.463 u. 90].

Für die Auswahl einer geeigneten Verbauart sind weiters die Anforderungen des betrachteten Projekts maßgebend. Grundsätzlich ist vorab zu klären, wie tief die Baugrubensohle liegen wird und ob der Verbau nur zur temporären Sicherung der Baugrube herangezogen wird oder permanent im Boden verbleiben soll [17 S.464 u. 90]. Im Zusammenhang damit sind mögliche Belastungen auf den Verbau bei der Auswahl miteinzubeziehen. Dies können beispielsweise Kräfte aus darüber liegenden Geschoßen oder Verkehrslasten aus einer unmittelbar neben der Baugrube liegende Straße sein [23, S.63]. Schlussendlich sind Anforderungen an die Wasserdichtheit und den Platzbedarf der Baugrubenumschließung zu berücksichtigen [8, S.701].

Bei tiefen Baugruben sind die Bodeneigenschaften ein entscheidender Faktor bei der Auswahl der Verbauart. Die Untergrund- und Wasserverhältnisse geben eine wesentliche Richtung für Einsetzbarkeit von Baugrubenumschließungen vor [23, S.56]. Für deren Feststellung und Dokumentation wird ein Bodengutachten erstellt [90].

Daraus ergeben sich folgende Fragenstellungen nach Tabelle 2.1, die vor der Entscheidung für eine oder mehreren möglichen Verbauarten durchzuarbeiten sind. Tabelle 2.1 definiert jeweils eine Frage und das zugehörige Kriterium, welches im folgenden Abschnitt genauer erläutert wird.

Tabelle 2.1: Auswahlkriterien für Verbauarten

Frage	Kriterium
Wie sind die Eigenschaften des vorhandenen Bodens?	Bodeneigenschaften
Sind Leitungen oder Einbauten im Baugrund vorhanden?	Leitungen – Einbauten
Sind besondere Schutzmaßnahmen gegen Lärm zu beachten?	Lärm
Befinden sich erschütterungsempfindliche Baulichkeiten in unmittelbarer Nähe	Erschütterungen
In welchem Ausmaß sind Verformungen zulässig?	Verformungen
Wie tief liegt die Baugrubensohle?	Tiefe
Gibt es Anforderungen bezüglich der Wasserdichtheit an die Verbaumethode?	Wasserdichtheit
Welchen Belastungen sind von der Baugrubenumschließung abzutragen?	Belastbarkeit
Wie viel Platz soll der Verbau in Anspruch nehmen?	Platzbedarf
Soll der Verbau nach der Baumaßnahme rückgebaut werden?	Rückbaubarkeit

2.1 Bodeneigenschaften

Die Herstellung einer Baugrube hängt wesentlich von den Eigenschaften des vorhandenen Bodens ab. Deshalb wird im Folgenden ein kurzer Abriss über die Eigenschaften des Bodens gegeben.

2.1.1 Bodenaufbau

Grundsätzlich werden unter dem Begriff „Boden“ Lockergesteine verstanden. Diese sind ein Verwitterungsprodukt aus Festgesteinen. In der Bodenmechanik wird der Boden im sogenannten „Drei-Phasen-Aufbau“ beschrieben. Dabei wird nach fester Masse (Körner), Hohlräumen (Poren) und dem Inhalt dieser Hohlräume, der entweder Wasser oder Luft ist, unterschieden [20, S.16].

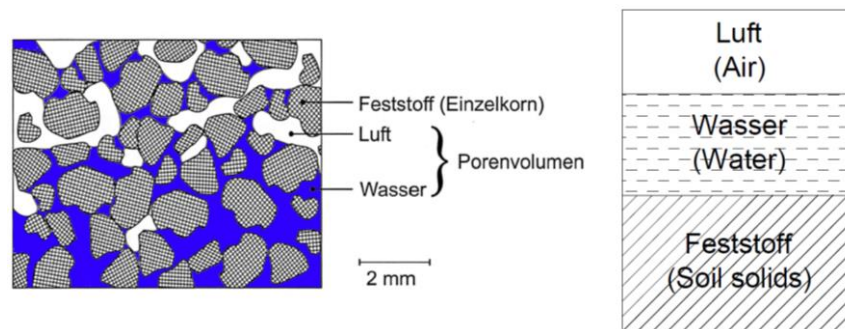


Abbildung 2.1: Drei-Phasen-Aufbau [1, S.4/3]

2.1.2 Baugrunderkundung

Für jedes Bauvorhaben sind ausreichende Baugrunderkundungen aufgrund der neuen Belastung des Untergrundes erforderlich. Dabei sind sowohl die Eigenschaften des Bodens, als auch des Grundwassers von großer Bedeutung. Um die Baukosten planbar zu halten, ist dringendst anzuraten, Untergrunderkundungen im hinreichenden Umfang durchzuführen und die entsprechenden Maßnahmen frühzeitig zu beginnen [1, S.3/3]. Erläuterungen hierfür sind in der ÖNORM EN 1997-2 „Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds“ und im dazugehörigen nationalen Anwendungsdokument ÖNORM B 1997-2 angegeben [55, S.1 ff u.60, S.1 ff].

Wenn nicht anders angegeben, so sind im Folgenden die Informationen aus der ÖNORM EN 1997-1 „Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln“ [58] entnommen. Zunächst ist ein konkretes Projekt in eine der drei, in diesem Dokument beschriebenen „*geotechnischen Kategorien*“ einzuteilen. *„Die Geotechnische Kategorie 1 sollte nur kleine und relativ einfache Bauwerke umfassen, bei denen die grundsätzlichen Anforderungen auf Grund von Erfahrung und qualitativen geotechnischen Untersuchungen erfüllbar sind“* und *„ein vernachlässigbares Risiko besteht.“* Daraus kann geschlossen werden, dass tiefe Baugruben nicht als geotechnische Kategorie 1 bewertet werden können. Relevant ist hingegen die Kategorie 2, da hier explizit in der ÖNORM EN 1997-1 *„Baugruben“* unter den Beispielen genannt werden. Für diese Kategorie sind *„bei der Planung von Bauwerken oder Bauwerksteilen [...] Routineverfahren für die Feld- und Laborversuche sowie bei der Bemessung und Ausführung“* anzuwenden. Schlussendlich umfasst die *„geotechnische Kategorie 3 alle Bauwerke oder Bauwerksteile [...], die nicht zu den Geotechnischen Kategorien 1 und 2 gehören.“* Hierfür muss *„im Allgemeinen nach anspruchsvollen Vorgaben und Regeln [...] untersucht werden.“* Als Beispiele werden u.a. *„sehr große und ungewöhnliche Bauwerke“* und *„Bauwerke mit [...] ungewöhnlich schwierigen Baugrund- oder Belastungsverhältnissen“* genannt. Außerdem sind Baugruben im innerstädtischen Bereich stets der geotechnischen Kategorie 3 zuzuordnen [5, S.1/21 u. 35, S.1568 f].

Für die folgenden Untersuchungen sind in der ÖNORM EN 1997-2 [60] und im dazugehörigen Anwendungsdokument ÖNORM B 1997-2 [55] Angaben zur „Planung“ und „Ablauf“ von „geotechnischen Baugrunduntersuchungen“ zu finden. Sofern nicht anders angegeben, sind die nachfolgenden Informationen aus den beiden genannten Normen entnommen. Dabei umfasst der Ablauf nach ÖNORM B 1997-2 folgende Punkte:

- ◆ „Vorstudien [...],
- ◆ Voruntersuchungen,
- ◆ Hauptuntersuchungen
- ◆ Kontrolluntersuchungen und baubegleitende Messungen.“

In weiterer Folge sind in dieser Norm unter Kapitel 6 „Art und Umfang der geotechnischen Untersuchungen“ Vorgaben definiert, mit welchem Umfang Untersuchungen durchzuführen sind. Dabei ist festzuhalten, dass für die geotechnischen Kategorien 2 und 3 eine Hauptuntersuchung durchzuführen ist. Das bedeutet, dass nach ÖNORM B 1997-2 Kapitel 6.2.3 „Hauptuntersuchungen“ Aufschlüsse vorzunehmen sind. Hierfür sind die „Anzahl, Abstände und Tiefen der Aufschlüsse“ in dieser Norm festgelegt. Besonders relevant für tiefe Baugruben ist hierbei, dass die Tiefe der Aufschlüsse *„im Allgemeinen die 0,4fache bis einfache Aushubtiefe ab Aushubsohle, jedoch mindestens 5,0 m und mindestens 2,0 m unter der Oberkante der grundwasserstauenden Schicht“* sein muss.

2.1.3 Geotechnisches Gutachten

Als Ergebnisdokumentation der Baugrunderkundung wird ein geotechnischer Untersuchungsbericht, oftmals auch Bodengutachten genannt, erstellt. Die ÖNORM B 1997-2 weist in Kapitel 9 darauf hin, dass *„die Inhalte eines Geotechnischen Gutachtens [...] in der Regel projektspezifisch“* [55, S.18] sind, *„sodass sie sich einer Normung entziehen. [...] Im Allgemeinen trifft der Sachverständige für Geotechnik entsprechend der Problemstellung Festlegungen und Beurteilungen“* [55, S.18]. Dieser wird in der ÖNORM B 1997-2 als *„Person, die für die Ausarbeitung des Geotechnischen Gutachtens verantwortlich ist“* [55, S.5], definiert. *„Der Sachverständige muss fachkundig auf dem Gebiet der Geotechnik sein und Erfahrung in den jeweils angesprochenen Teilgebieten (z.B. Bodenmechanik Felsmechanik, Ingenieurgeologie, Hydrogeologie) besitzen.“* [55, S.5]. In einem geotechnischen Gutachten sind beispielsweise Angaben über folgende Bereiche enthalten:

- ◆ Untergrundverhältnisse
 - Geologische Situation
 - Bodenerkundung
 - Schichtenaufbau

- ◆ Versuchsergebnisse
- ◆ Grundwasserverhältnisse
- ◆ Gründungsvorschlag
- ◆ Angaben zur Baugrubenumschließung und Wasserhaltung

Für die Auswahl einer geeigneten Verbauart sind vor allem der Schichtenaufbau und die Angaben zu den Grundwasserverhältnissen, der Baugrubenumschließung und gegebenenfalls Wasserhaltung von Interesse. Der Aufbau der Bodenschichten ist in Form eines Bohrprofils dargestellt [92]. Ein Beispiel hierfür ist in Abbildung. 2.2 dargestellt.

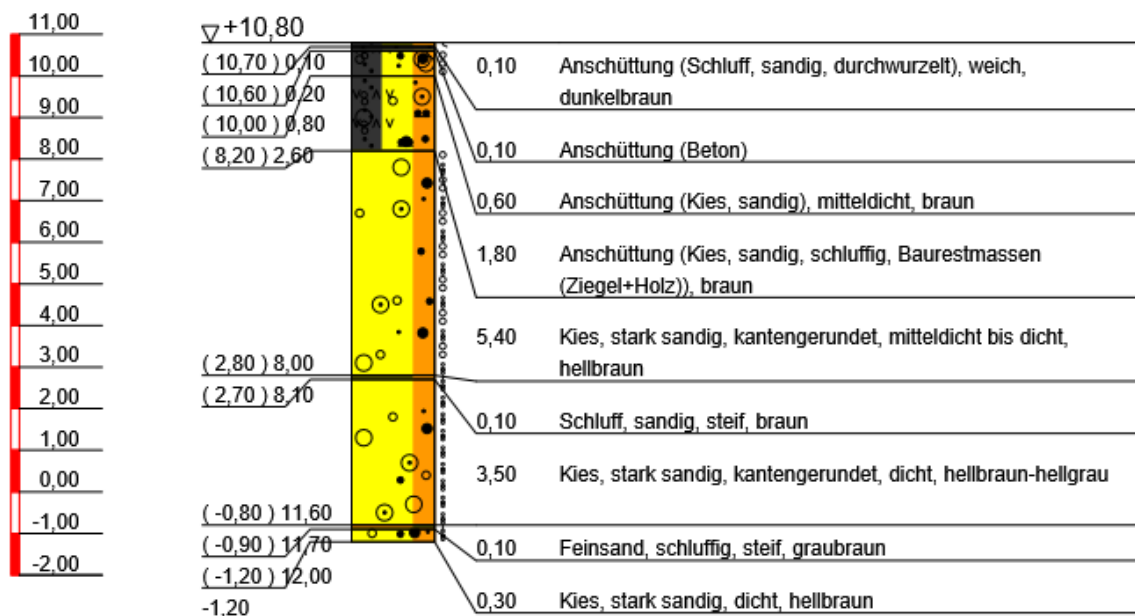


Abbildung. 2.2: Ausschnitt Bodenprofil [92]

Unter den Angaben zu den Grundwasserverhältnissen ist der zu erwartende maximale Grundwasserstand angegeben. Diese Information ist vor allem wichtig für die Entscheidung, ob eine wasserdichter Verbau oder gegebenenfalls eine Wasserhaltung zum Einsatz kommen muss. Schlussendlich werden in einem Bodengutachten Empfehlungen für die Baugrubensicherung und erforderlichen Wasserhaltung aufgrund der örtlichen Gegebenheiten eines Projekts angegeben [92].

2.1.4 Klassifizierung von Böden

Die folgenden Ausführungen sind, sofern nicht anders angegeben, aus der ÖNORM B 4400-1:2010 „Geotechnik Teil 1: Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Böden“ [57] entnommen. Diese Norm kommt zur Anwendung, „um die Bodenarten (Lockergesteine) für bautechnische Zwecke in Gruppen mit annähernd gleichem stofflichem Aufbau und ähnlichen bodenphysikalischen Eigenschaften zusammenfassen zu können.“

Weiters sind „Grundlagen der Benennung, Beschreibung und Klassifizierung sowie die Bestimmungsverfahren zur Einordnung der Bodenarten in Bodengruppen“ in dieser Norm geregelt. Sie wird zur Umsetzung der beiden ÖNORMen EN ISO 14688-1 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung“ [43] und EN ISO 14688-2 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen“ [44] herangezogen.

Gemäß der ÖNORM B 4400-1 ist „jede Bodenart [...] ein Gemisch von Einzelbestandteilen unterschiedlicher Korngrößen, die in [...] Korngrößenbereiche eingeteilt werden“. Die Korngrößenbereiche der jeweiligen Bodengruppen sind gemäß Tabelle 3.4 definiert.

Tabelle 2.2: Korngrößenbereiche gemäß ÖNORM B 4400-1 [57, S.6]

Bodengruppe	Korngrößenbereich	
	mm	
großer Block	> 630	
Block	> 200	≤ 630
Stein	> 63	≤ 200
Kies	> 2	≤ 63
Sand	> 0,063	≤ 2
Schluff	> 0,002	≤ 0,063
Feinstkorn oder Ton		≤ 0,002

Die zugehörigen Kornfraktionen sind gemäß ÖNORM EN ISO 14688-1:2003 „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung“ aus Tabelle 1 der genannten Norm zu entnehmen [43, S.7].

Weiters ist in der ÖNORM B 4400-1 geregelt, dass „die meisten natürlichen Bodenarten [...] Gemische aus verschiedenen Korngrößenbereichen“ sind. Dazu ist folgende Unterteilung festgelegt:

- ◆ „grobkörnige Böden: Gemische, deren Feinkornanteil weniger als 5 % der Masse beträgt.
- ◆ feinkörnige Böden: Gemische, deren Feinkornanteil mehr als 40 % der Masse beträgt.
- ◆ gemischtkörnige Böden: Gemische, deren Feinkornanteil 5% bis 40 % der Masse beträgt.“

„Zusammengesetzte Bodenarten bestehen aus Haupt- und Nebenanteilen. Sie werden mit einem Substantiv für den Hauptteil und mit einem oder mehreren Adjektiven für den

Nebenanteile benannt [...] z.B.: sandiger Kies“ oder „sandiger schluffiger Ton.“ Mit Hilfe der Korngrößenverteilung werden die jeweiligen Anteile der Korngrößenbereich einer Bodenart angegeben. In Abbildung 2.3 sind hierfür einige Beispiele dargestellt [1, S.4/4].

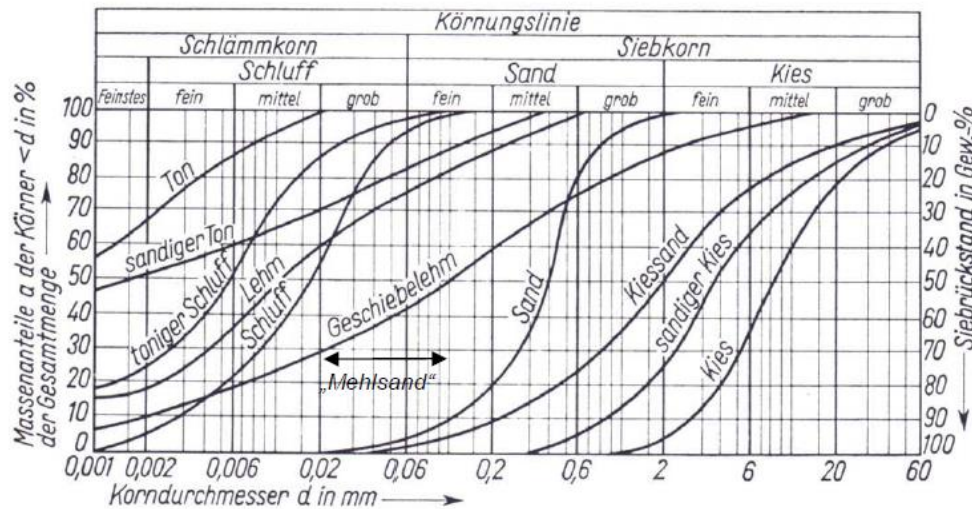


Abbildung 2.3: Korngrößenverteilung ausgewählter Böden [1, S.4/7]

„Sind bei gemischt- oder grobkörnigen Böden die Nebenanteile in sehr geringem, geringem bzw. besonders hohem Maß vertreten, werden dem jeweiligen Nebenanteil die Beiwörter „sehr gering“, „schwach“ („gering“) bzw. „stark“ („sehr“) vorangesetzt.“ Dabei ist „der Grad der Anteile“ folgendermaßen anzugeben:

- ◆ „als „stark“ („sehr“) bei über 30 % Masseanteil (für Steine und Blöcke über 20 %);
- ◆ als „schwach“ („gering“) bei weniger als 15 % Masseanteil (für Steine weniger als 10 %, für Blöcke weniger als 5 %);
- ◆ als „sehr gering“ bei 2 % bis 5 % Masseanteil (nicht relevant für Steine und Blöcke);
- ◆ ein Masseanteil unter 2 % ist nicht anzugeben.“

Darauf aufbauend werden gemäß der ÖNORM B 4400-1 „grobkörnige Böden nach ihrer Lagerungsdichte [...], feinkörnige Böden nach ihrer Konsistenz [...] und gemischt körnige Böden je nach dem, ob die Eigenschaften des Grobkorn- oder des Feinkornanteils maßgebend sind, gemäß ihrer Lagerungsdichte oder ihrer Konsistenz“ unterschieden.

Dabei sind bei grobkörnigen Böden folgende fünf Klassen festgelegt:

- ◆ „sehr locker
- ◆ locker
- ◆ mitteldicht
- ◆ dicht
- ◆ sehr dicht“

Hingegen wird bei feinkörnigen Böden in sieben Konsistenzformen unterschieden:

- ♦ „fest
- ♦ halbfest
- ♦ steif
- ♦ weich
- ♦ sehr weich
- ♦ breiig
- ♦ flüssig“

Weiters ist der organische Anteil des Bodens in der ÖNORM B 4400-1 definiert. Gemäß dieser besteht *„die organische Substanz [...] zum Teil aus noch nicht völlig zersetzten, pflanzlichen (auch Reste von Holz) oder tierischen Rückständen, zum Teil aus einem Material, das alle Spuren seines ursprünglichen Aufbaues verloren hat und in eine dunkle amorphe Masse übergangen ist.“* Dabei wird bei Böden ≤ 2 mm nach Tabelle 2.3 klassifiziert:

Tabelle 2.3: Organischer Bodenanteil gemäß ÖNORM B 4400-1:2010 [57, S.15]

Boden	Organischer Anteil in % der Trockenmasse (≤ 2 mm)	Kurzzeichen
schwach organisch	2 bis 6	or'
mittel organisch	> 6 bis 20	or
stark organisch	> 20	or

Eine „*detaillierter Zusammenstellung*“ diverser Bodenarten ist im Anhang A der ÖNORM B 4400-1:2010 zu finden.

Die im Bauwesen häufig verwendeten Bezeichnungen „bindige“ oder „nichtbindige“ für Böden sind in dieser Norm nicht enthalten. Dies wird darin damit begründet, dass die ÖNORM B 4400-1:2010 „*Bodenzustände*“ beschreibt und nicht „*Bodeneigenschaften*“.

2.1.5 Unterscheidung der Böden auf der Baustelle

Auf der Baustelle können nun Böden nach ihren Eigenschaften folgendermaßen unterschieden werden:

- nichtbindige Böden
- schwach bindige Böden
- bindige Böden

Bei nichtbindigen Böden ist die Größe der jeweiligen Körner so hoch, dass das Auftreten von Kornbindungskräften nicht möglich ist. Zwischen den Körner befinden sich Porenräume für die Einlagerung des vorhandenen Wassers. Als Baugrund sind nicht bindige Böden unter Voraussetzung von mitteldichter bis dichter Lagerung gut geeignet, da Setzungen

meistens nur im kleinen Ausmaß auftreten. Sind nun zu einem geringen Maße feinkörnige Anteile dabei, so wird von schwach bindigen Böden gesprochen. Bei dieser Bodenart treten schwache Kornbindungskräfte auf.

Böden werden als bindig bezeichnet, wenn Körner mit geringsten Durchmesser durch elektrostatische Anziehungskräfte oder Kornbindungskräfte verbunden werden. Bei der Verwendung als Baugrund ist vor allem der Wassergehalt zu beachten. Es können große zeitverzögerte Setzungen auftreten, da das in den Porenräumen vorhandene Wasser erst mit der Zeit ausgedrückt wird [1, S.2/8].

2.2 Leitungen - Einbauten

In vielen Fällen befinden sich bei der Herstellung von Baugruben Leitungen zur Ver- und Entsorgung im Untergrund beispielsweise für Elektrizität, Wasser, Gas oder Telekommunikation. Hierfür ist eine anpassungsfähige Verbaumethode vorteilhaft [26, S.14 u. 39, S.48]. Alternativ können auch vorhandene Leitungen umgelegt oder oberhalb der herzustellenden Baugrube geführt werden. Hierfür werden beispielsweise die Leitungen an Aussteifungen aufgehängt oder es kommen sogenannte Leitungsbrücken zum Einsatz [23, S.56].

2.3 Emissionen

Im folgenden Kapitel werden die beiden Emissionsformen bei der Herstellung von tiefen Baugruben Lärm und Erschütterungen behandelt.

2.3.1 Lärm

Liegt die herzustellende Baugrube im innerstädtischen oder lärmempfindlichen Bereich, so ist der im Zuge der Bauausführung entstehende Lärm zu minimieren [17, S.464 u. 39, S.49]. In Österreich ist der Bereich „Baulärm“ in folgenden Gesetzen und Verordnungen der jeweiligen Bundesländer geregelt:

- ◆ Wien: Gesetz zum Schutz gegen Baulärm [48], Wiener Baulärm-Emissionsgrenzwertverordnung [66]
- ◆ Niederösterreich: Es ist keine landesweite Regelung vorhanden. Jedoch sind lokale Bestimmungen zu beachten wie z.B. die Lärmschutzverordnung der Stadt St. Pölten [51].
- ◆ Oberösterreich: Oberösterreichische Bautechnikverordnung [53]
- ◆ Burgenland: Burgenländisches Baugesetz [42]
- ◆ Steiermark: Steiermärkisches Baugesetz [64]
- ◆ Salzburg: Baupolizeigesetz [41]
- ◆ Kärnten: Kärntner Bauordnung [49]
- ◆ Tirol: Baulärmverordnung [40]
- ◆ Vorarlberg: Vorarlberger Baugesetz [65]

Beispielhaft werden im Folgenden auszugsweise die geltenden Bestimmungen in Wien erläutert. Sofern nicht anders angegeben, sind die nachstehenden Ausführungen aus dem Gesetz zum Schutz gegen Baulärm [48] des Bundeslandes Wien entnommen. In diesem wird in § 2 darauf hingewiesen, dass *„der Bauführer [...] dafür zu sorgen“* hat, dass *„jeder unnötige Baulärm auf der Baustelle vermieden wird.“* *„Auf Grund des § 3 Abs. 1 des Gesetzes zum Schutz gegen Baulärm“* [66] sind in der Wiener Baulärm-Emissionsgrenzwertverordnung Grenzwert für den höchstzulässigen Schallpegel für Baumaschinen bestimmt. Weiters ist in § 4a des Gesetzes zum Schutz gegen Baulärm festgelegt, dass *„die Behörde [...], wenn dies zum Schutz der in unmittelbarer Nähe bestehenden Schulen, Kirchen, Krankenanstalten, Kindergärten oder sonstigen Einrichtungen, die nach ihrer Zweckbestimmung eines besonderen Schutzes vor Lärm bedürfen [...] Schutzmaßnahmen vorschreiben“* kann. In weiterer Folge wird insbesondere darauf hingewiesen, dass *„die Verwendung bestimmter Maschinen“* untersagt werden kann. Jedoch kommt diese Untersagung nach § 4a nicht zur Anwendung, *„wenn dadurch die Bauführung [...] technisch unmöglich gemacht wird.“* Daraus kann geschossen werden, dass in lärmempfindlichen Gebieten auf jeden Fall eine lärmschonende Verbaumethode in der Planungsphase festgelegt werden sollte.

2.3.2 Erschütterungen

Bei den für tiefe Baugruben in Betracht kommenden Verbaumethoden sind einige vorhanden, die unerwünschte Erschütterungen im Zuge der Baumaßnahme hervorrufen [26, S.14]. Besonders in innstädtischen Bereichen ist dieser Aspekt von großer Bedeutung [17, S.464]. Dabei sind vor allem angrenzende Gebäude und Einbauten zu beachten [39, S.49]. Es empfiehlt sich dabei folgendermaßen vorzugehen:

- ◆ Zuerst wird eine Abschätzung oder Messung der Bodenschwingungen aufgrund der vorhandenen Bodeneigenschaften, der Länge und Art des Rammgutes, des eingesetzten Hammers oder Vibrators und der dadurch entstehenden Energie durchgeführt.
- ◆ Anschließend wird die Erschütterungsempfindlichkeit angrenzender Gebäude beurteilt.
- ◆ Schlussendlich sind mögliche Abhilfemaßnahmen wie Reduzierung der Rammfrequenz und –energie oder das Vorbohren von harten Untergrundschichten vorzusehen [6, S.279 f].

2.4 Verformungen

Baugrubenumschließungen können hinsichtlich ihres Verformungsverhaltens in „steife“ und „weiche“ Verbauten unterteilt werden. Der Unterschied zwischen diesen beiden Arten liegt darin, dass die bei „weichen“ Verbaumethoden auftretenden Verformungen zu große Setzungen hervorrufen können. Dadurch besteht die Gefahr, dass umliegende Gebäude beschädigt werden. Im Gegensatz dazu können bei der „steifen“ Variante die Verformungen gering gehalten werden, sodass eine Vermeidung von Schäden bei angrenzenden Bauwerken infolge Setzungen sichergestellt wird. [23, S.60 ff]. Bei der Herstellung von tiefen Baugruben ist nun darauf zu achten, dass bei setzungsempfindlichen Bauwerken, Leitungen und Verkehrsanlagen in unmittelbarer Umgebung eine verformungsarme Verbaumethode anzuwenden ist [17, S.463].

Der Nachweis über zulässige Verformungen ist in der ÖNORM EN 1997-1:2014 „Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln“ definiert. Dabei ist besonders Abschnitt 9 „Stützbauwerke“ für Baugrubenumschließung von Bedeutung. *„Die Vorgaben dieses Abschnitts beziehen sich auf Tragwerke, die einen Untergrund abstützen, der Boden, Fels oder Hinterfüllung und Wasser enthält.“* [59, S.96]. In Punkt 9.1.2.2 „im Boden einbindende Wände“ werden explizit die gängigen Verbaumethoden Spundwände und Schlitzwände genannt. Für Verformungen ist vor allem Abschnitt 9.8 „Bemessung im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit“ der ÖNORM EN 1997-1:2014 von Relevanz. Dabei wird darauf hingewiesen, dass *„eine genauere Untersuchung mit Berechnung des Verschiebungszustandes vorgenommen werden“* [60, S.108] muss, *„wenn benachbarte Gebäude und Leitungen ungewöhnlich verschiebungsempfindlich sind“* [60, S.108]. In weiterer Folge sind neben der geotechnischen Berechnung folgende Materialnormen für die Querschnittsbemessung der Baugrubenverbauten anzuwenden:

- ◆ Eurocode 2: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbetonbauten
- ◆ Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten
- ◆ Eurocode 5: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauten [17, S.466]

In diesen Normen sind Angaben zur Berechnung der Begrenzung der Verformungen zu entnehmen.

2.5 Wasserabdichtende Funktion

Aufgrund von Untergrundverhältnissen oder Anforderungen an das Bauwerk ist bei einigen Fällen eine wasserdichte Ausführung der Baugrubenumschließung erforderlich [20, S.173]. Hierfür ist einerseits Lage des Grundwasserspiegels während der Bauausführung relevant. Dadurch kann entschieden werden, ob eine dichte Verbauart gewählt werden muss oder eine Wasserhaltung zum Einsatz kommen kann. In Zusammenhang damit ist auch der Höchststand des Grundwasserspiegels ausschlaggebend. Dieser gibt an, bis zu welcher Höhe ein permanenter Verbau wasserdicht sein muss [90]. Hierfür empfiehlt sich bei Schlitzwänden die „Richtlinie Dichte Schlitzwand“ [63] und Bohrpfählen die „Richtlinie Bohrpfähle“ [62] der „Österreichischen Bautechnik Vereinigung“ zu beachten. Bei Spundwänden sind die entsprechenden Maßnahmen zur Wasserdichtheit nach Kapitel 3.2 umzusetzen. Weiters sind Erdbetonwände gemäß Kapitel 3.6.2 und Düsenstrahlwände nach Kapitel 3.6.3 ebenfalls wasserdichte Baugrubenumschließungen.

2.6 Belastbarkeit - Rückbaubarkeit

Weiters ist bei der Auswahl der geeigneten Verbauart die anschließende Belastung der Baugrubenumschließung von Bedeutung [39, S.48]. Dabei sind Kräfte aus folgenden Beanspruchungen je nach konkreter Aufgabenstellung zu berücksichtigen:

- ◆ Belastungen aus Nachbarbebauung
- ◆ Lasten aus weiterer Bebauung darüber
- ◆ Eigengewicht der Baugrubenumschließung
- ◆ Erddruck
- ◆ Wasserdruck
- ◆ Verkehrslasten aus Straßenverkehr oder Baustellenbetrieb
- ◆ Temperatureinwirkungen
- ◆ Kräfte aus Ankern und Aussteifungen [23, S.63]

Im Zusammenhang damit werden Schlitz- (vgl. Kapitel 3.3) oder Bohrpfahlwände (vgl. Kapitel 3.4) oft als tragende Wände von Untergeschoßen und zur Lastabtragung von darüber liegenden Geschoßen herangezogen. Anschließend sollte noch die Möglichkeit der Rückbaubarkeit von einzelnen Verbaumethoden in Betracht gezogen werden. Ist dies

gewünscht, so können die Elemente der Baugrubenumschließung entfernt werden, wenn sie nicht mehr für die Gewährleistung der Standsicherheit der Baugrube erforderlich sind [23, S.63 u. 39, S.48]. Dabei ist insbesondere darauf zu achten, dass die notwendigen Geräte tatsächlich den Verbau erreichen können [90]. Ein Rückbau kann beispielsweise bei Inanspruchnahme von Fremdgrund für eine temporäre Baugrubenumschließung erforderlich sein [17, S.464]

2.7 Tiefe

Der vertikale Abstand zwischen Geländeoberkante und der Baugrubensohle ist die Baugrubentiefe [39, S.42]. In Zusammenhang damit ist festzustellen, wie weit die Baugrubensicherung im Vergleich zur Baugrubensohle reichen muss. Aufgrund von statischen Erfordernissen, Einbindung in den Grundwasserstauer oder Gefahr von hydraulischem Grundbruch² kann die Unterkante des Verbaues wesentlich tiefer sein als die Aushubsohle [90]. In Zusammenhang mit wachsender Tiefe steigen folgende Beanspruchungen aus Kapitel 2.6:

- ◆ Erddruck
- ◆ Wasserdruck
- ◆ Eigengewicht der Baugrubenumschließung [18, S.XI-16]

2.7.1 Erddruck

Erddruck entsteht durch eine Abstützung des Bodens, welcher eine natürliche, unabgestützte Böschung des Untergrundes verhindert. Dabei wird unterschieden zwischen:

- ◆ aktiver Erddruck
- ◆ passiver Erddruck
- ◆ Erdruchdruck [1, S.9/1]

Der aktive Erddruck ist der kleinste Erddruck, welcher durch eine Bewegung der Abstützung weg vom Boden entsteht. Der nächst größere ist der Erdruchdruck. Dieser wirkt auf unbewegliche, starre Abstützungen. Den größten Wert nimmt der passive Erddruck ein, welcher durch eine Bewegung der Abstützung hin zum Boden entsteht [1, S.9/18 u. 32, S.290]. Der passive Erddruck beschreibt den Erdwiderstand. Daher sind für die Berechnung von Baugrubenumschließungen der aktive Erddruck und der Erdruchdruck von Interesse, da diese den Boden abstützen. Für konkrete bautechnische Berechnungen werden oft Werte zwischen den aktiven Erddruck und dem Erdruchdruck herangezogen,

² „Ein hydraulischer Grundbruch tritt ein, wenn aufwärtsgerichtete Strömungskräfte gegen das Eigengewicht des Bodens wirken, so dass die vertikale wirksame Spannung null wird. Die Bodenteilchen werden dann von der Vertikalströmung angehoben, so dass der Boden versagt.“ [60, S.109]

da die Randbedingungen in vielen Fällen keine eindeutige Zuordnung ermöglichen. Dabei hängt der Erddruck von der Nachgiebigkeit der Stützung und des Erdaufagers, vom Abstand der Stützungspunkte und der Biegesteifigkeit des Verbaues ab. Beispielsweise wird der erhöhte aktive Erddruck herangezogen, wenn die Bewegungen der Abstützung zu klein sind, um den aktiven Erddruck ansetzen zu können. In Abbildung 2.4 sind Beispiele für Bauwerke, welche mit den aktiven Erddruck zu bemessen sind, dargestellt. Mit den erhöhten aktiven Erddruck sind die Bauwerke nach Abbildung 2.5 zu berechnen [31, S.1278 ff u. 9, S.13 ff].

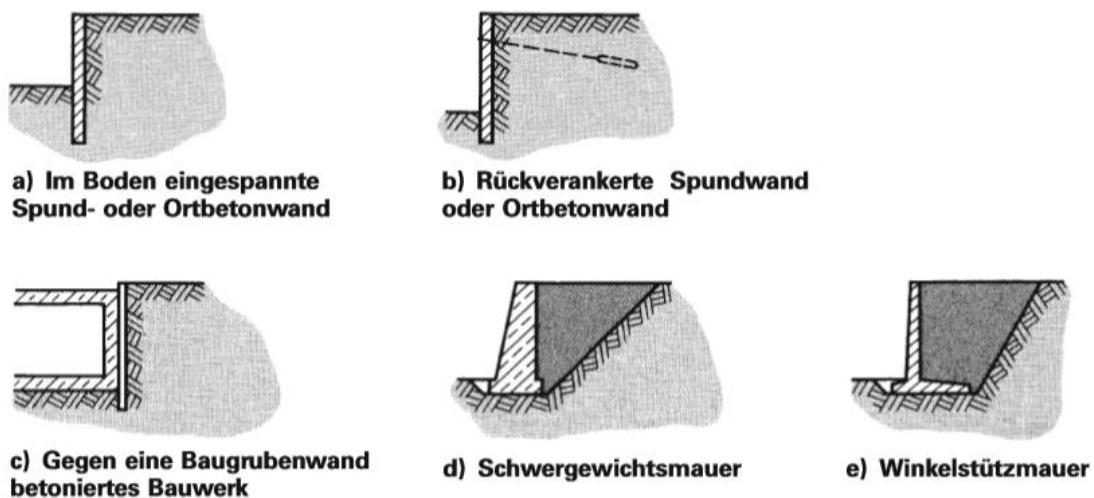


Abbildung 2.4: Bauwerke mit aktiven Erddruck zu berechnen [31, S.1286]

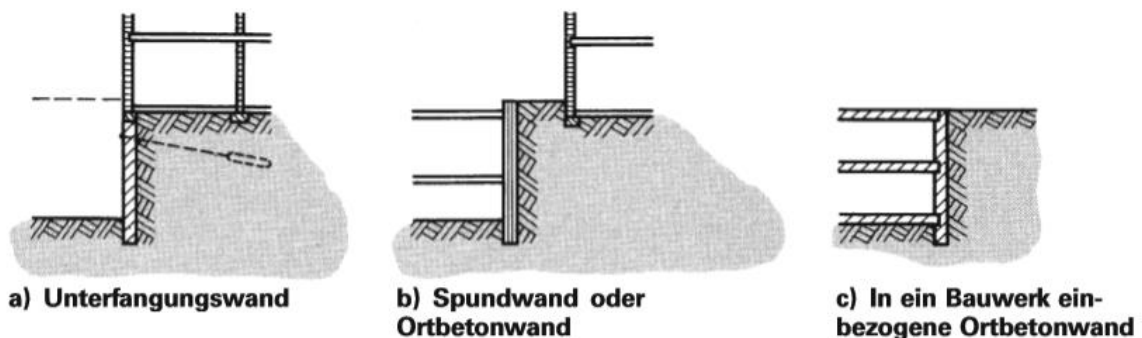


Abbildung 2.5: Bauwerke mit erhöhten aktiven Erddruck zu berechnen [30, S.1287]

Die Berechnung der Erddruckspannungen für den ebenen Fall³ erfolgt nach Formel (2.1)

$$e = \gamma \cdot z \cdot K \quad (2.1 \text{ Erddruck})$$

Die in Formel (2.1) verwendeten Zeichen haben folgende Bedeutung:

³ Ebener Fall: Baugrubensohle und Geländeoberkante sind waagrecht [30 S.1279].

- ♦ e ...Erddruckspannung [kN/m²]
- ♦ γ ...Wichte des Bodens [kN/m³]
- ♦ z ...Tiefenlage der Erddruckspannung [m]
- ♦ K ...Erddruckbeiwert

Der Erddruckbeiwert ist sinngemäß beim aktiven Erddruck am kleinsten und beim passiven am größten. Der Erdruchedruck weist hierbei dazwischen liegende Werte auf [30, S.1278 ff]. Die Erddruckspannung wird nach Formel (2.1) mit steigender Tiefe größer. Dies hat zur Folge, dass bei Baugruben die Beanspruchung durch den Erddruck umso größer ist, je tiefer die Baugrubensohle liegt.

Die in Kapitel 2.6 angeführten Belastungen aus der Nachbarbebauung werden nach Formel (2.2) zusätzlich zur Berechnung der Erddruckspannung gemäß Formel (2.1) berücksichtigt:

$$e = p \cdot K \quad \text{(2.2 Erddruck - Auflast)}$$

Dabei haben die in Formel (2.2) angeführten Zeichen folgende Bedeutung:

- ♦ e_p ...Erddruckspannung aus Auflast [kN/m²]
- ♦ p ...Auflast [kN/m²]
- ♦ K ...Erddruckbeiwert [30, S.1278]

Aus Formel (2.2) geht hervor, dass die Erddruckspannung zufolge Auflast unabhängig von der Tiefe bzw. der Lage der Baugrubensohle ist.

2.7.2 Wasserdruck

Der auf eine Baugrubenumschließung einwirkende Wasserdruck berechnet sich nach Formel (2.3)

$$e = \rho_w \cdot g \cdot z \quad \text{(2.3 Wasserdruck)}$$

Dabei haben die in Formel (2.3) verwendeten Zeichen folgende Bedeutung:

- ♦ p ...Wasserdruck [kN/m²]
- ♦ ρ_w ...Wasserdichte [kg/m³]
- ♦ g ...Erdbeschleunigung [m/s²]
- ♦ z ...Wassertiefe [m]

Für die praktische Berechnung wird in den meisten Fällen für $\rho_w \cdot g = 10 \text{ kN/m}^3$ angesetzt. Der Wasserdruck wirkt senkrecht auf die gedrückte Fläche [30, S.1334]. Formel (2.3) zeigt, dass der Wasserdruck mit zunehmender Tiefe größer wird. Somit steigt die Beanspruchung durch den Wasserdruck auf eine Baugrubenumschließung je tiefer die Baugrubensohle liegt.

2.7.3 Eigengewicht der Baugrubenumschließung

Aus Kapitel 2.7.1 und 2.7.2 geht hervor, dass mit wachsender Baugrubentiefe die Beanspruchungen aus Erddruck und Wasserdruck auf eine Verbauart steigen. Damit alle statischen Nachweise erfüllt werden können, ist eine größere Menge von einer Baugrubenumschließung erforderlich. Aufgrund von Sicherheitsvorschriften ist eine größere Verbaumenge bei einer tiefer liegenden Baugrubensohle erforderlich, da die Bauarbeiterschutverordnung (vgl. Kapitel 4.3.4) vorschreibt, dass Verbauten ganzflächig und ohne Zwischenräume an Baugrubenwänden anliegen müssen. Aus den beiden genannten Aspekten, steigt das Eigengewicht der Baugrubenumschließung bei wachsender Grubentiefe. Dies ist insbesondere beim Nachweis gegen senkrechtes Versinken der Verbaumaßnahme von Bedeutung [18, S.XI-32].

2.8 Platzbedarf

Aus wirtschaftlicher Sicht ist der Platzbedarf einer Baugrubenumschließung bei der Auswahl zu berücksichtigen. Insbesondere im innerstädtischen Bereich bei Baulücken bekunden Bauherren oft das Interesse, den vorhandenen Bauplatz mit einer möglichst großen Nutzfläche bebauen zu können. Hierfür ist ein platzsparender Verbau heranzuziehen. Tritt in der Planungsphase diese Forderung auf, so wird der Verbau gleichzeitig als Kelleraußenwand und zur Abtragung von Lasten aus den darüber liegenden Geschoßen herangezogen. Hierfür kommen nach Tabelle 3.12 Schlitzwände im Zweiphasenverfahren (vgl. Kapitel 3.3.2), Bohrpfahl- (vgl. Kapitel 3.4) und Düsenstrahlwände (vgl. Kapitel 3.6.3) in Frage. Letztere sind jedoch nicht heranzuziehen, da das Düsenstrahlverfahren nicht mit der Genauigkeit einer Bohrpfahlwand durch die Bohrschablone oder einer Schlitzwand durch die Leitwände mithalten kann. Außerdem kann bei Schlitz- und Bohrpfahlwänden die erforderliche Anschlussbewehrung für darüber liegende Stahlbetonwände im Zuge deren Herstellung eingebaut werden [17, S.463 u. 90]. Beispielsweise benötigt eine rückverankerte Trägerbohlwand (vgl. Kapitel 3.1) einen Platzbedarf hinter einer Kellerwand von ca. 0,60 bis 0,80 m zuzüglich eines Arbeitsraumbreite von 0,60 m [52 S.D/5]. Bei einer Lückenbebauung bedeutet dies eine nicht bebaubare Breite von 1,2 bis 1,4 m an jeder Seite und somit einen Verlust an Nutzfläche.

2.9 Zusammenfassung

Die Analyse der Einflusskriterien auf die Herstellung von tiefen Baugruben zeigt, dass unterschiedliche Bereiche zu betrachten sind. Vorab nimmt der Standort des Bauprojektes eine bedeutende Rolle ein. Dabei sind der Boden und die Nachbarbebauung zu beachten. Die Bodeneigenschaften werden in Form von Baugrunderkundungen ermittelt und in einem

Bodengutachten dokumentiert. Für die Analyse der Nachbarbebauung sind vorhandene Pläne heranzuziehen. In diesem Zusammenhang gilt es für die Feststellung von Einbauten und Leitungen im Baugrund entsprechende Unterlagen über deren Lage zu berücksichtigen. Die Nachbarbebauung ist hinsichtlich der zulässigen Verformungen und Emissionen in Form von Lärm und Erschütterungen zu untersuchen. Die Gefahr bei biegeweichen Verbauten besteht darin, dass deren Verformungen zu groß für die umliegende Bebauung sein können und dadurch die Gefahr von Schäden besteht. Diese können durch Einsatz von steifen Baugrubenumschließungen vermieden werden. Bei Baugruben unmittelbar neben bestehenden Gebäuden ist eine erschütterungsarme Verbaumethode anzuwenden. Hinsichtlich Lärm ist zu prüfen, ob sich das Bauprojekt in einem lärmempfindlichen Gebiet befindet. Bei Zutreffen ist ein lärmschonendes Bauverfahren einzusetzen. Schlussendlich spielen beim Eigenprojekt die Tiefe, der Platzbedarf, die Belastbarkeit und die Rückbaubarkeit des Verbaues eine Rolle. Die Einwirkungen auf die Baugrubenumschließung aus Erddruck, Wasserdruck und Eigengewicht der Baugrubenumschließung steigen mit der Aushubtiefe. Entsprechende Belastungen auf den Verbau sind bei der statischen Dimensionierung zu berücksichtigen. Der Platzbedarf spielt für die Ausnutzbarkeit des vorhandenen Grundstücks eine bedeutende Rolle. Die Möglichkeit und Durchführbarkeit der Rückbaubarkeit von Baugrubenumschließung ist als Einflusskriterium zu berücksichtigen.

3 Bauverfahren

In diesem Abschnitt werden mögliche Bauverfahren zur Herstellung von tiefen Baugruben vorgestellt. Dabei kommen bei Bauprojekten folgende Methoden am häufigsten zur Anwendung:

- ◆ Trägerbohlwände
- ◆ Spundwände
- ◆ Schlitzwände
- ◆ Bohrpfahlwände [23, S.81 ff u.90]

Als alternative Bauverfahren können nachstehende Verbaumethode genannt werden. Durch ihre gesonderten Einsatzmöglichkeiten kommen diese seltener zum Einsatz:

- ◆ Düsenstrahlwände
- ◆ Elementwände
- ◆ Erdbetonwände [17, S. 582 ff u.90]

Schlussendlich werden in diesem Abschnitt noch Bauverfahren zur Wasserhaltung beschrieben. Dabei wird grundsätzlich Folgendes unterschieden:

- ◆ Grundwasserhaltung
- ◆ Grundwasserabspernung [17, S.807 f]

Dieses Kapitel soll vor allem die Eigenschaften und Vor- und Nachteile der genannten Bauverfahren darstellen. Weiters werden die Arbeitsschritte der jeweiligen Methoden erläutert.

3.1 Trägerbohlwände

Als vertikale Verbaumethode für Baugruben stellen Trägerbohlwände eine wirtschaftliche Möglichkeit dar. Sie können in fast jeder Bodenart angewandt werden [23, S.81]. In trockenen bohr- oder rämmfähigen Böden sind Trägerbohlenwände jedoch am wirtschaftlichsten [17, S.480]. Weiters können sie auf vorhandene Leitungen, Gründungen oder sonstigen Einbauten im Baugrund gut angepasst werden. Zusätzlich sind die einzelnen Bauteile zur Wiederbenutzung geeignet, das bedeutet, sie können auf weiteren Baustellen für Baugruben eingesetzt werden [23, S.81].

Jedoch ist zu beachten, dass Trägerbohlwände biegeweich sind. Dies hat zur Folge, dass möglicherweise Setzungen zu erwarten sind, die umgebende Baulichkeiten negativ beeinflussen könnten. Außerdem ist die Wasserdichtheit bei dieser Verbaumethode nicht gegeben. Das bedeutet, Trägerbohlenwände können entweder nur in Baugruben oberhalb des Grundwasserspiegels eingesetzt oder es müssen zusätzlich entsprechende

Maßnahmen zur Absenkung des Grundwassers nach Kapitel 3.7 vorgenommen werden [23, S.81].

Grundsätzlich besteht eine Trägerbohlwand aus folgenden drei Teilen:

- ◆ Bohlträger
- ◆ Ausfachung
- ◆ Aussteifung oder Rückverankerung [17, S.479]

Dabei hat die Ausfachung die Aufgabe auftretenden Erddrücke aufzunehmen und sie an die Bohlträger weiterzuleiten. Die Bohlträger sind wiederum im Baugrund eingespannt und geben somit die Kräfte aus der Ausfachung in den Untergrund weiter [17, S.479]. In Abbildung 3.1 ist eine rückverankerte Trägerbohlenwand mit Holzausfachung dargestellt.



Abbildung 3.1: Trägerbohlenwand mit Holzausfachung [88]

Für die Herstellung einer Trägerbohlenwand ist folgender Ablauf notwendig:

- 1) Als ersten Arbeitsschritt werden die Bohlträger vertikal in einem Abstand von 1,0 bis etwa 3,5 m in den Baugrund eingebracht.
- 2) Anschließend wird der Boden ausgehoben. Dabei wird die Ausfachung fortschreitend hergestellt.
- 3) Bei großer Tiefe muss erforderlichenfalls eine Aussteifung oder eine Rückverankerung eingesetzt werden.

- 4) Falls erforderlich, kann abschließend die Trägerbohlenwand wieder rückgebaut werden [17, S.481].

Bohlträger

Für den Einbau der Bohlträger stehen folgende Methoden zur Verfügung:

- ◆ Einrammen
- ◆ Einrütteln
- ◆ Einstellen in vorgebohrte Löcher [8, S.720]

Beim **Einrammen** und **Einrütteln** ist als Voraussetzung ein bindiger oder grobkörniger Untergrund erforderlich. Dabei ist zu beachten, dass bei diesen beiden Eindringmethoden Lärm oder Erschütterungen in einem nicht tolerierbaren Maß für die Nachbarbebauung auftreten können. Beim Rütteln besteht die Möglichkeit, dass durch Vorbohren diese Beeinträchtigungen reduziert werden können. Dabei werden für die Bohlträger Profile der HEA-, HEB- und HEM-Gruppe⁴ eingesetzt [23, S.83 ff].

Sollen hingegen die Erschütterungen und Lärmbelästigungen nahezu vollständig vermieden werden, so können **vorgebohrte Löcher** zur Anwendung kommen. In diese werden anschließend die Bohlträger eingestellt [23, S.83]. Dabei ist es möglich, dass Profile, die nicht fürs Einrammen geeignet sind, zum Einsatz kommen. Dies können beispielsweise Doppel-U-Profile sein [17, S.482]. Zuletzt wird der vorhandene Hohlraum zwischen Bohrlochwand und Träger mittels Magerbeton, Kalkmörtel, Sand oder dergleichen ausgefüllt. Dieses Verfahren ist in allen Bodenarten anwendbar. Vor allem bei festen Schichten im Boden, die ein Rammen unmöglich machen können, kommt diese Methode zur Anwendung [23, S.83].

Aushub – Ausfachung

Bei der Herstellung von Trägerbohlwände wird der Baugrund lagenweise ausgehoben. Die maximale Aushubtiefe hängt von der Standfestigkeit des Bodens ab. Nach jeder Lage wird die Ausfachung eingebaut [31, S.139]

Dabei kommen folgende Ausführungstypen zum Einsatz:

⁴ „HEA“, „HEB“ und „HEM“ sind Abkürzungen für die Bezeichnung von breiten I-Stahlträgern. Diese kommen u.a. bei stabilitätsgefährdeten Biegeträgern zur Anwendung [31, S.796]

- ◆ Holzbohlen
- ◆ Kanaldielen
- ◆ Spritzbeton
- ◆ Ortbeton
- ◆ Stahlbetonfertigteile [27, S.97 ff]

Häufig werden **Holzbohlen** zur Ausfachung eines Trägerverbaus verwendet. Das Einbringen der Holzbohlen erfolgt nach dem Aushub einer Lage von oben nach unten. Dabei wird der Raum zwischen der Ausfachung und der Baugrubenwand mit Bodenmaterial verfüllt und verdichtet. Zusätzlich werden gemäß Abbildung 3.2 Keile aus Hartholz zwischen den Trägergurten und den Holzbohlen platziert, damit die Ausfachung satt am Untergrund anliegt [27, S.97]

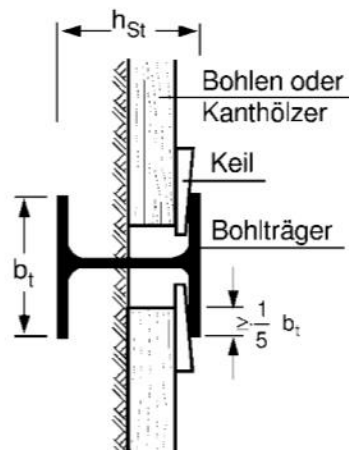


Abbildung 3.2: Verkeilung bei Holzausfachung [34, S.440]

Eine Ausfachung mittels **Kanaldielen** nach Abbildung 3.3 wird vor allem für jene Baugruben herangezogen, bei denen keine kurzzeitige Standfestigkeit des anstehenden Untergrundes gewährleistet ist. Dabei werden noch vor dem Ausheben Kanaldielen mit Hilfe von Schnellschlaghämmern entweder zwischen oder hinter den Bohlrägern in den Boden eingerammt. Unumgänglich ist dabei die Herstellung einer Gurtung. Bei einer Ausfachung aus Kanaldielen werden Setzungen reduziert, da keine Auflockerung des Untergrundes durch Ausheben stattfindet [27, S.99].

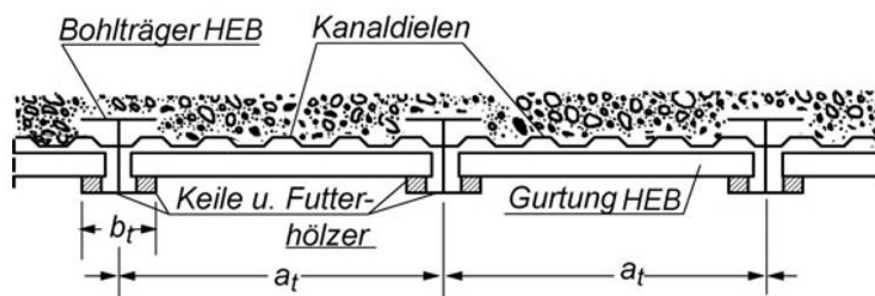


Abbildung 3.3: Ausfachung mit Kanaldielen [23, S.87]

Bei der Verwendung einer Ausfachung aus **Spritzbeton** wird der Baugrund in eine gekrümmte Form abgeschabt, damit sich ein Gewölbe, wie in Abbildung 3.4 dargestellt, zum Abtragen des Erddruckes ausbilden kann. Der Spritzbeton wird lagenweise auf den Boden aufgebracht. In den meisten Fällen wird dabei eine Bewehrung eingelegt. Da kein Hohlraum zwischen Baugrubenwand und Spritzbetonausfachung vorhanden ist, besteht eine deutlich geringere Gefahr von Setzungen [27, S.102 f]

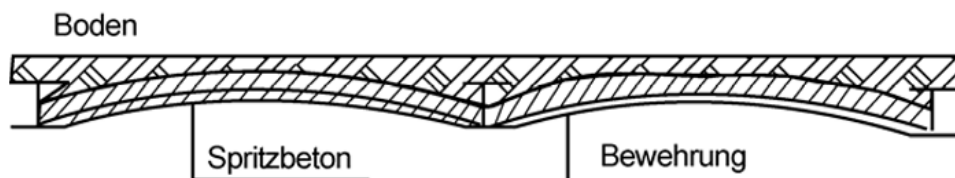


Abbildung 3.4: Ausfachung mit Spritzbeton [23, S.88]

Eine weitere Möglichkeit zur Reduzierung der Setzungsgefahr ist der Einsatz von **Ortbeton**, da auch bei dieser Variante die Ausfachung ohne Hohlraum an der Baugrubenwand anliegt. Dabei wird die nötige Schalung in den meisten Fällen an den Bohlträgern montiert und die Ausfachung abschnittsweise betoniert. Gemäß Abbildung 3.5 muss eine Trennschicht beispielsweise in Form einer Isolierpappe zwischen Beton und Trägern vorhanden sein, damit ein Ziehen der Bohlträger möglich ist [27, S.101 f]. Da bei dieser Variante die Herstellungszeit vergleichsweise groß ist, wird diese nur bei standfesten Böden angewendet [8, S.731].

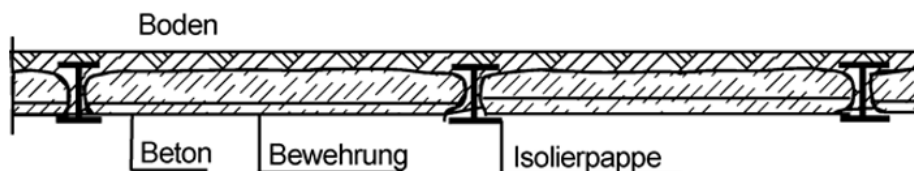


Abbildung 3.5: Ausfachung mit Ortbeton [23, S.88]

Als Alternative zur erstgenannten Holzausfachung können **Stahlbetonfertigteile** nach Abbildung 3.6 herangezogen werden. Der Vorteil bei dieser Variante liegt darin, dass Setzungen aufgrund der Verrottung der Holzbohlen vermieden werden. Die Herstellung einer Stahlbetonfertigteilausfachung erfolgt analog zu jener aus Holz. Jedoch sind Erschwernisse aufgrund des höheren Gewichtes der Ausfachungsteile zu beachten [8, S.726]. Gegenüber der Variante aus Ortbeton sind der rasche Einbau und die sofortige Belastung einer Stahlbetonfertigteilausfachung zu nennen [27, S.99].

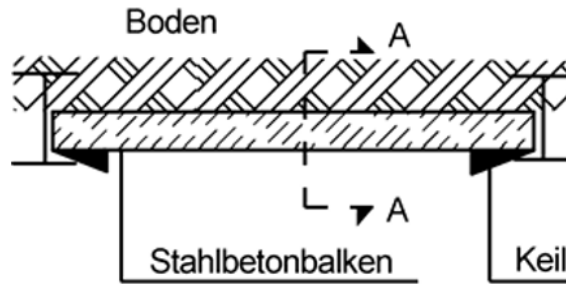


Abbildung 3.6: Ausfachung mit Stahlbetonfertigteilen [23, S.87]

Aussteifung – Rückverankerung

Der abzutragende Erddruck wird bei zunehmender Tiefe der Baugrube größer. Bei ungefähr 3,5 m ist die Wirkung der Einspannung der Bohlträger zu gering, um diese Lasten ohne zu großen Verformungen aufnehmen zu können [17, S.492].

Daher können Aussteifungen in Form von Rundhölzern zur Anwendung kommen. Diese werden in den meisten Fällen auf Gurten aus U-förmigen Profilen aufgelagert, welche durch Anschrauben oder Anschweißen an den Bohlträgern befestigt sind. Da bei Baugruben mit einer größeren Breite als 10m die Abmessungen der Rundhölzer unwirtschaftlich sind, kommen stattdessen Stahlsteifen zum Einsatz [34, S.442].

Übersteigt jedoch die Baugrubenbreite etwa 25 m, so ist eine Aussteifung wirtschaftlich nicht vertretbar [17, S.492]. In diesem Fall kommen meistens, wie in Abbildung 3.7 dargestellt, Verpressanker gegen eine Gurtung als Rückverankerung zur Anwendung [27, S.89].

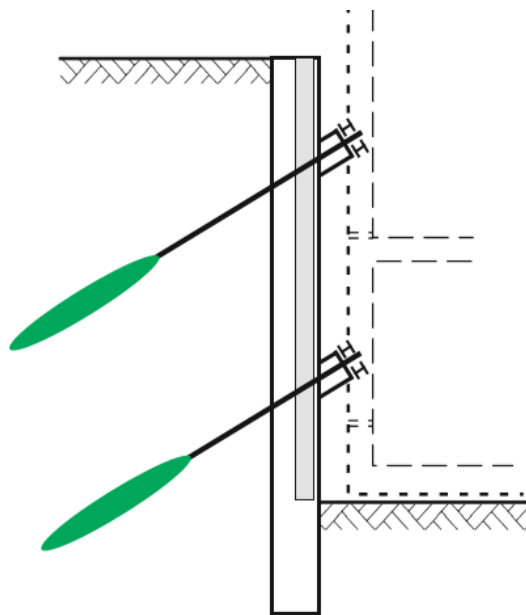


Abbildung 3.7: rückverankerte Trägerbohlenwand [28, S.380]

Rückbau

Bei einem Rückbau von Trägerbohlenwänden wird die Entfernung der Ausfachung in entgegengesetzter Reihenfolge zu den Arbeitsschritten bei deren Einbau durchgeführt. Anschließend erfolgt der Ziehvorgang der Bohlträger. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass Trägerbohlenwände mit einer Ausfachung aus Holzbohlen oder Kanaldielen häufiger rückgebaut werden als jene Varianten mit Spritzbeton, Ortbeton oder Stahlbetonfertigteilen. Letztere verbleiben in fast allen Fällen im Baugrund [17, S.484 ff].

3.2 Spundwände

Ein Spundwandverbau gemäß Abbildung 3.8 besteht aus einzelnen Elementen, den sogenannten Spundbohlen, die in den Baugrund eingebracht werden. Die Spundbohlen werden durch Schlösser miteinander zu einer Einheit verbunden [4, S.448]. Spundwände sind heutzutage fast ausschließlich aus Stahl. In seltenen Ausnahmefällen kommen dabei Stahlbeton oder Kunststoff zur Anwendung. Aufgrund der geringen Bedeutung dieser beiden Ausführungsvarianten werden im Folgenden nur Stahlspundwände behandelt [17, S.498 f]



Abbildung 3.8: Spundwandverbau

Der Hauptanwendungsbereich von Spundwandbauwerken sind Baugruben im Grundwasser. Außerdem können sie in nicht standfesten Böden im Gegensatz zu Trägerbohlwänden nach Kapitel 3.1 zum Einsatz kommen. Sobald die Spundbohlen in den Untergrund eingebracht sind, kann ohne Zeitverzögerung mit den Aushubarbeiten fortgesetzt werden. Dies führt zu einem schnellen Baufortschritt. Weiters können fertige Spundwandbauwerke sofort unter Belastung gesetzt werden. Außerdem besteht die Möglichkeit zur Wiedergewinnung der Spundbohlen [17, S.498 f]. Grundsätzlich ist ein

Spundwandverbau sehr anpassungsfähig in Bezug auf verschiedene Grundrissformen [26, S.289].

Es ist jedoch zu beachten, dass Spundwandbauwerke zu den „weichen Verbauarten“ gehören. Dadurch besteht Gefahr, dass die auftretenden Setzungen Schäden an umliegenden Gebäuden verursachen können. Zusätzlich sind Erschütterungen und Lärm beim Einbringen der Spundbohlen zu berücksichtigen. Weiters ist festzuhalten, dass mit Hilfe von Spundwänden nicht beliebig große Tiefen von Baugruben herstellbar sind. Die Profile sind mit einer Länge von etwa 6 bis 36 m erhältlich. Dabei ist zu beachten, dass bei einer entsprechenden Einbindelänge nur etwa eine freie Länge von 25 m für die Stützung der Baugrubenwände übrig bleibt. Außerdem können im Falle von Hindernissen im Untergrund Schwierigkeiten beim Einbringen der Bohlen auftreten. Zusätzlich ist noch zu beachten, dass bei Leitungen oder Einbauten im Boden nur eine sehr geringe Anpassungsfähigkeit bei einem Einsatz eines Spundwandverbauens gegeben ist [17, S.500 ff].

Spundwandprofile bestehen aus gewalzten Stahl und sind in diversen Formen mit unterschiedlichen Schlossausbildungen und statischen Querschnittswerten erhältlich [34, S.283]. Die in der Praxis am häufigsten verwendeten Profile sind die Z-Bohle und die U-Bohle. Die Z-Bohle weist ein höheres Widerstandsmoment als U-Profile auf, da das Schloss günstig außenseitig gemäß Abbildung 3.9 liegt. Bei den U-Bohlen befindet sich das Schloss in der Zone des Schubspannungsmaximums in der neutralen Achse gemäß Abbildung 3.10. Grundsätzlich sind U-Profile für das Rammverfahren geeigneter als Z-Profile [17, S.503].

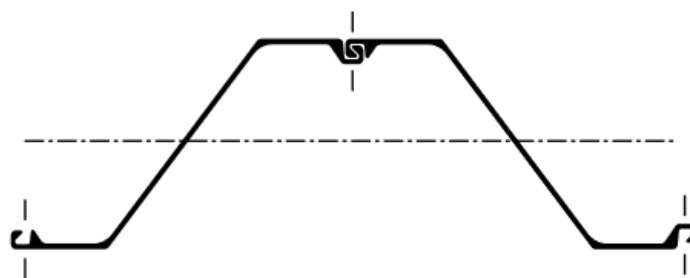


Abbildung 3.9: Z-Profil Firma Hoesch [75]



Abbildung 3.10: U-Profil Firma Larssen [75]

3.2.1 Verfahrenstechnik

Für die Herstellung eines Spundwandverbaues ist folgender Ablauf notwendig:

- 1) Als ersten Arbeitsschritt werden die Spundbohlen in den Boden eingebracht.
- 2) Anschließend wird der Boden ausgehoben. Dabei wird erforderlichenfalls eine Aussteifung oder Rückverankerung hergestellt.
- 3) Falls erforderlich, kann abschließend der Spundwandverbau wieder rückgebaut werden [17, S.501 ff].

Spundbohlen einbringen

Für das Einbringen der Spundbohlen in den Baugrund stehen folgende Methoden zur Verfügung:

- ♦ Rammen
- ♦ Rütteln/Vibrieren
- ♦ Einpressen [24, S.390]

Beim Rammverfahren werden die Spundbohlen mit einem sogenannten Rammhären in den Baugrund eingetrieben [23, S.101]. Dabei werden die Mantelreibung und der Spitzendruck zwischen dem anstehenden Untergrund und dem Rammgut durch herabfallende Gewichte überwunden [4, S.452]. Aus Tabelle 3.1 kann die Eignung zum Rammverfahren unterschiedlicher Bodenarten entnommen werden.

Tabelle 3.1: Rammeignung unterschiedlicher Böden [4, S.453]

Leichte Rammung	Mittelschwere Rammung	Schwere Rammung
Moor, Torf, weicher Schluff, locker gelagerter Mittel- und Grobsand, runde Kornformen (z.B. Kies) ohne Steineinschlüsse	Steifer Schluff, Lehm, Ton, mitteldicht gelagerter Mittel- und Grobsand, Feinkies, kantige Kornformen	Halbfester bis fester Schluff, Lehm, Ton, trockene bindige Böden, dicht gelagerter Mittel- und Grobkies, kantige Kornformen, weicher bis mittelharter Fels

Folgende Rammhären werden für die Einbringung der Spundbohlen verwendet:

- ◆ Freifallhämmer
- ◆ Dieselhären/Explosionshären
- ◆ doppelwirkende Hydraulikhämmer
- ◆ Schnellschlaghämmer [4, S.453]

Dabei kommen Freifallhämmer, Dieselhären und Hydraulikhämmer für mittelschwere und schwere Rammvorgänge zum Einsatz. Hingegen werden mit Schnellschlaghämmer leichte Rammungen durchgeführt [74, S.4 ff].

Vor allem der entstehende Lärm und die Erschütterungen sind große Nachteile beim Rammverfahren. Dabei können nahe gelegene Gebäude beschädigt werden. Außerdem ist es möglich, dass es zu Sackungen oder Setzungen im umliegenden Baugrund kommen kann [4, S.456].

Für die Reduzierung der Schallimmissionen werden die Elemente einvibriert bzw. gerüttelt [17, S.507]. Beim Vibrationsverfahren werden die Spundbohlen mit Hilfe eines Vibrationshären in Schwingung gebracht. Dadurch werden die Mantelreibung und der Spitzendruck zwischen dem vorhandenen Boden und dem Rammgut reduziert. In weiterer Folge wird nur eine kleine Belastung bestehend aus dem Spundbohlen- und Vibratoreigengewicht benötigt, um die Bohlen einbringen zu können [4, S.456 f]. Aus Tabelle 3.2 kann die Eignung von unterschiedlichen Bodenarten zum Vibrationsverfahren entnommen werden.

Tabelle 3.2: Vibrationseignung unterschiedlicher Böden [4, S.457]

Gute Vibrationseignung	Bedingte Vibrationseignung	Nicht für das Vibrationsverfahren geeignet
weiche bis breiige Tone, Schluffe und Lößböden, Sand und Kiese mit runder Kornform	Steife Tone, Schluffe und Lößböden, Sand und Kiese mit eckiger Kornform	Steife bis feste bindige Böden, sehr dicht gelagerte, trockene Sande und Kiese

Beim Vibrationsverfahren können durch Fortpflanzung der erzeugten Schwingungen umliegende Bauwerke beschädigen werden [24, S.393]. Außerdem besteht bei verdichtungsfähigen Baugrund die Gefahr, dass sich der Untergrund auch weiter weg von der Baustelle verdichtet. Dadurch können ungewollte Setzungen entstehen [4, S.458].

Für die Herstellung eines Spundwandverbaues unmittelbar neben bestehenden Bauwerken eignet sich ausschließlich das Einpressverfahren. Da bei dieser Methode für das Einbringen der Spundbohlen nur eine statische Last benötigt wird, treten Lärm und Erschütterungen kaum auf. Somit werden Schäden bei angrenzenden Gebäuden vermieden [17, S.509]. Der notwendige Druck wird mit Hilfe von Hydraulikzylindern erzeugt, welche mittels Spannzangen an den Spundbohlen befestigt sind [4, S.458]. Aus Tabelle 3.3 kann die Eignung von unterschiedlichen Bodenarten zum Einpressverfahren entnommen werden.

Tabelle 3.3: Einpresseignung unterschiedlicher Böden [23, S.98]

Gut	Bedingt	nicht geeignet
Moor, weiche bis steife Tone und Schluffe, locker bis mitteldicht gelagerte Sande und Kiese	feste Tone und Schluffe, mitteldicht bis dicht gelagerte Kiese und Sande	sehr feste Tone und Schluffe, sehr dicht gelagerte Kiese und Sande, alle Böden mit Steineinschlüssen

Für das Einpressen der Spundbohlen stehen drei unterschiedliche Möglichkeiten zur Verfügung:

- ◆ freischreitend
- ◆ freireitend
- ◆ mäklergeführt [15, S.30]

Bei Einsatz einer freischreitenden Presse wird zuerst die Spundwandpresse auf bereits vorher eingebrachten Spundbohlen aufgesetzt oder es wird ein ballastierter Reaktionsständer für den Start des Pressvorgangs hergestellt. Bei dieser Methode werden die Spundbohlen schrittweise einzelnen in den Untergrund eingebracht. Die Spundwandpresse schreitet selbstständig entlang des fertigen Verbaues um eine Spundbohlenbreite weiter [15, S.30]. Die Arbeitsschritte sind in Abbildung 3.11 verdeutlicht.

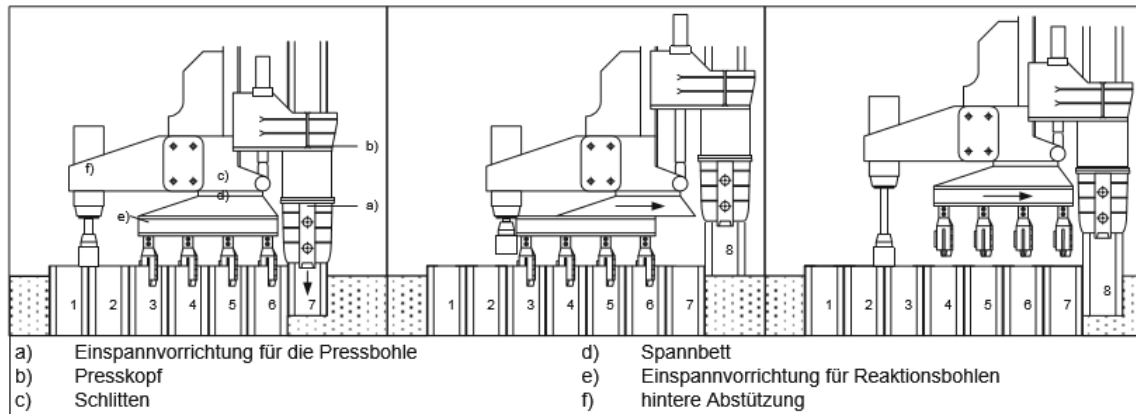


Abbildung 3.11: Arbeitsschritte freischreitende Presse [4, S.459]

Wird hingegen eine freireitende Presse eingesetzt, so ist zusätzlich ein Kran für das Umsetzen des Gerätes erforderlich [15, S.31]. Zu Beginn wird die Spundwandpresse mit Hilfe des Hebezeuges auf eine Tafel von Spundbohlen, welche durch einen Rahmen gehalten wird, aufgesetzt. Nach erfolgter Festklammerung der Presszylinder mittels Spannvorrichtungen an den Bohlen wird der Pressvorgang durchgeführt. Dabei werden die Elemente entweder einzeln, wie bei den in Abbildung 3.12 dargestellten Arbeitsschritten, oder paarweise in den Baugrund eingebracht [33, S.467].

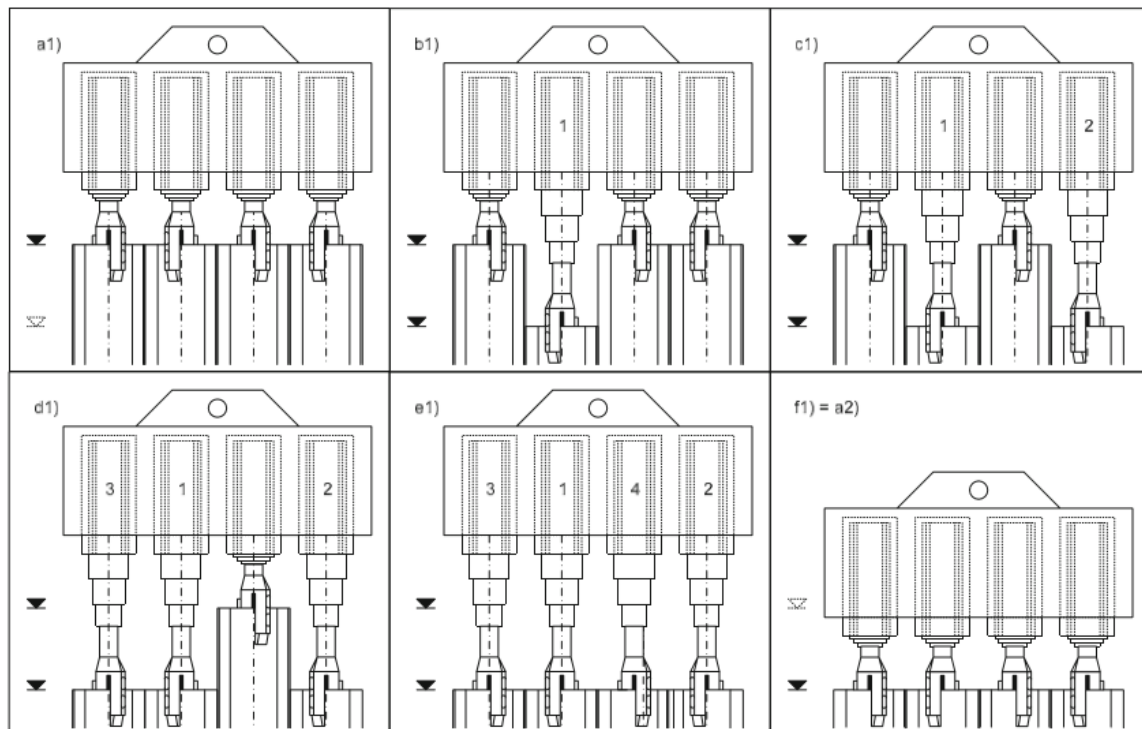


Abbildung 3.12: Arbeitsschritte freireitende Presse [4, S.459]

Als dritte Methode kommen mäklergeführte Pressen zum Einsatz. Diese Geräte funktionieren grundsätzlich gleich wie freireitende Spundwandpressen. Dabei erfolgt die Führung der Spundwandpresse an einem Mäkler [33, S.467].

Aussteifung - Rückverankerung

Als Aussteifung kommen in den meisten Fällen gemäß Abbildung 3.13 Rohrsteifen zwischen Gurtungen aus HEB- oder HEM-Trägern zur Anwendung. Die Gurtungen liegen auf Konsolen auf, welche wiederum an die Spundwand angeschweißt oder mittels Ketten abgehängt sind. Als Rückverankerung werden die üblichen Verankerungssysteme eingesetzt, wie beispielsweise nicht vorgespannte Mikropfähle oder vorgespannte Verpressanker [17, S.511 ff].



Abbildung 3.13: Spundwandverbau mit Rohraussteifung [84]

Rückbau

Spundbohlen können mittels Schnellschlaghämmern, Vibratoren oder freireitenden Spundwandpressen gezogen werden [24, S.464]. Dabei verbleiben jedoch Hohlräume im Untergrund, die wiederum zu Setzungen führen können. Damit diese vermieden werden, besteht die Möglichkeit, über Spüllanzen diese Hohlräume mit Zementsuspension zu verfüllen [17, S.500 ff].

3.2.2 Maßnahmen für Wasserdichtheit

Grundsätzlich ist der Zwischenraum zwischen den Spundwandschlössern wasserdurchlässig, da ein gewisser Spielraum für das Einbringen der Bohlen notwendig ist. Für eine wasserdichte Ausführung gibt es mehrere Varianten. Vor dem Einbau können die Schlösser mit Hilfe von plastischen Bitumenmassen verfüllt oder mittels elastischen Polyurethan abgedichtet werden. Eine weitere Möglichkeit besteht darin, Dichtnähte an jener Seite der Schlösser anzuschweißen, an welcher die Sohle der folgenden Bebauung anschließt. Nach dem Einbau der Spundwandelemente können die Fugen unter der Voraussetzung, dass diese noch erreichbar sind, beispielsweise mit Hilfe von quell- oder

abbindefähigem Materialien verstopft werden. Weiters können die Schlösser noch schrittweise mit dem Ausheben der Baugrube verschweißt werden. Als letzte Variante kommt eine Abdichtung mit Injektionen, Düsenstrahl- oder Vereisungskörpern in Betracht [17, S.515 f].

3.3 Schlitzwände

Schlitzwände sind wandartige Bauteile im Baugrund, die sowohl zur Abtragung von Lasten als auch zur Wasserrückhaltung eingesetzt werden können [19, S.394]. Dabei werden folgende Ausführungsformen nach Tabelle 3.4 unterschieden:

Tabelle 3.4: Arten von Schlitzwänden [17, S.542]

Schlitzwände mit abdichtender Funktion	Einphasenverfahren	Zweiphasenverfahren
Unbewehrte Dichtungsschlitzwände	x	
Unbewehrte Dichtungsschlitzwände mit eingehängten Abdichtungsbahnen	x	
Schlitzwände mit abdichtender und statischer Funktion	Einphasenverfahren	Zweiphasenverfahren
Dichtungsschlitzwände mit eingestellten vertikalen Tragelementen aus: ◆ Stahlbetonfertigteilen ◆ Stahlspundwänden ◆ Stahlprofile (z.B. HEB- oder Doppel-U-Profile)	x	
Bewehrte Ortbetonschlitzwand		x

Im Folgenden werden nur Schlitzwände mit abdichtender und statischer Funktion beschrieben.

Vor allem Schlitzwände aus Ortbeton und eingestellten Fertigteilen sind besonders geeignet für Tiefbauarbeiten nahe bestehender Gebäude. Vorteilhaft dabei sind die erschütterungsarme Herstellung und die geringe Verformungsgefahr. Weiters werden Schlitzwände auch als konstruktive Bauteile für eine darüber folgende Bebauung verwendet [17, S.540 f]. Aufgrund ihres geringen Anteil an Fugen im Vergleich zu Bohrpfehlwänden nach Kapitel 3.4 eignen sich Schlitzwände für wasserrückhaltende Baugrubenverbauten wie beispielsweise Kellergeschoße oder Tiefgaragen [8, S.772].

Bei der Herstellung von Schlitzwänden ist jedoch der Aufwand für die Baustelleneinrichtung höher als bei Spundwänden, Trägerbohlwänden oder Pfahlwänden. Vor allem bei geringen Mengen an herzustellenden Schlitzwänden oder kleineren Tiefen ist die Wirtschaftlichkeit bei Schlitzwänden nicht gegeben. Meist wird als Alternative eine Pfahlwand nach Kapitel 3.4 angewendet. Außerdem stellen vorhandene Kanäle oder Leitungen beim Schlitzwandverfahren eine zusätzliche Schwierigkeit dar. Die dabei notwendigen Aussparungen können nur mit Hilfe von Sonderkonstruktionen geschaffen werden [17, S.541 f].

Für die Herstellung von Schlitzwänden stehen zwei Verfahren, wie in Tabelle 3.4 ersichtlich, zur Verfügung:

- ◆ Einphasenverfahren
- ◆ Zweiphasenverfahren

Der wesentliche Unterschied zwischen den vorher angeführten Methoden liegt darin, dass beim Einphasenverfahren die Stützsuspension den endgültigen Baustoff einer fertigen Schlitzwand darstellt. Im Gegensatz dazu dient sie beim Zweiphasenverfahren nur vorübergehend als Stützung des Schlitzes und wird durch einen anderen Wandbaustoff ersetzt [19, S.44].

Grundsätzlich wird als Stützflüssigkeit eine Betonitsuspension⁵ verwendet. Ihre wichtigste Eigenschaft ist die Thixotropie. Unter diesem Begriff wird verstanden, dass eine Suspension in Ruhelage eine gelartige Konsistenz aufweist. Kommt es allerdings zu einem Verformen oder Umrühren der Suspension, so verflüssigt sich diese [24, S.91]. Die Stützflüssigkeit dringt bei der Schlitzwandherstellung in die Bohrlochwandung ein und bildet nach deren Ausfilterung einen undurchlässigen Filterkuchen [33, S.22]. Dieser gewährleistet die Standsicherheit des Bohrloches. Dabei wird durch den Suspensionsdruck das Bohrloch gestützt und es wird verhindert, dass einzelne Korngruppen oder Bodenteile herausgelöst werden [29, S.91].

3.3.1 Einphasenverfahren

Für die Herstellung von Schlitzwänden im Einphasenverfahren sind folgende Arbeitsschritte notwendig:

- 1) Zu Beginn werden Leitwände hergestellt.
- 2) Im Anschluss daran wird eine Lamelle der Schlitzwand unterstützt durch eine Stützsuspension ausgehoben.

⁵ Betonit ist ein Gestein, welches aus unterschiedlichen Tonmineralien besteht. Der Hauptbestandteil dabei ist Montmorillonit [87]

- 3) Nach Erreichen der geplanten Aushubtiefe werden die vorgesehenen vertikalen Tragelemente platziert.
- 4) Anschließend wird die nächste Lamelle nach Punkt 2 bis 3 gebaut. [4, S.440 ff]

In Abbildung 3.14 sind die Arbeitsschritte des Einphasenverfahrens dargestellt.

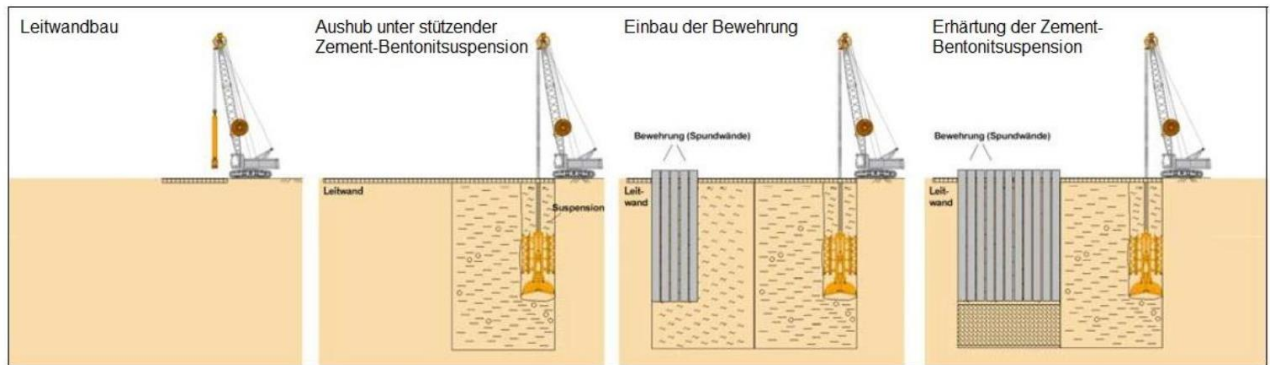


Abbildung 3.14: Arbeitsschritte Einphasenverfahren [68]

Leitwände

Die Herstellung von Leitwänden ist bei allen Arten von Schlitzwänden der erste Arbeitsschritt. Grundsätzlich werden dafür rechteckige oder winkelförmige Ortbetonwände gemäß Abbildung 3.15 oder Fertigteilelemente eingesetzt [4, S.442]. Die Leitwände legen die Ansatzlinie der Schlitzwände fest und dienen als Führung für Aushubgeräte. Weiters vermeiden sie einen Einsturz des oberen Baugrundes. Für die Stützsuspension fungieren die Leitwände als Vorratshaltung und zur Kontrolle des Stützflüssigkeitsstandes [22, S.K/3].

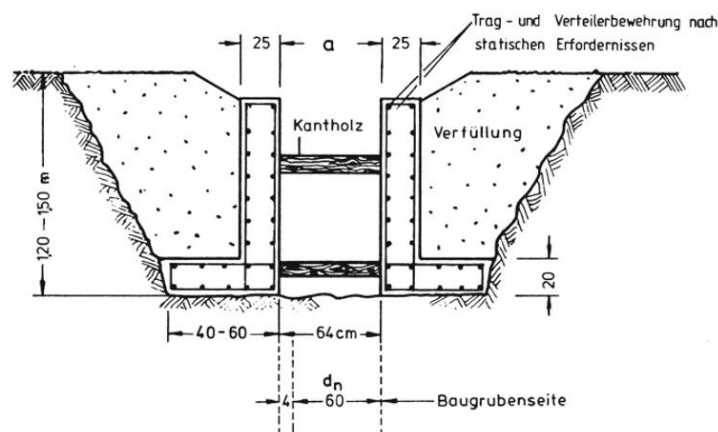


Abbildung 3.15: Leitwand aus Ortbeton [4, S.442]

Aushub

Für den Aushub von Schlitzwänden kommen folgende Geräte zum Einsatz:

- ◆ Seil- und Hydraulikgreifer
- ◆ Tieflöffleinrichtungen
- ◆ Schlitzfräsen [23, S.138]

Aus Tabelle 3.5 kann der Einsatz der Aushubgeräte nach der Bodenart und den Abmessungen der Schlitzwandelemente entnommen werden.

Tabelle 3.5: Übersicht Aushubgeräte [23, S.141]

	Seilgreifer	Hydraulikgreifer	Tieflöffel	Fräsen
Breite	0,4 – 1,2 m	0,5 – 2,0 m		500 – 3200 mm
Länge	2,4 – 4,3 m	2,0 – 4,2 m	„endlos“	2,2 – 5,0 m
Böden	Sande, Kiese, Geröllblöcke, feinkörnige Böden	Sande, Kiese, Geröllblöcke, feinkörnige Böden	Sande, Kiese, Geröllblöcke, feinkörnige Böden	Sande. Kiese, Fels
Tiefe	bis 50 m	bis 30 m	bis 12 m	bis 150 m

Bei Verwendung von **Greifern** oder **Tieflöffleinrichtungen** wird der Aushub intermittierend unter Suspensionsstützung durchgeführt. Dadurch kommt es kaum zu einer Vermengung des gelösten Baugrundes mit der Stützflüssigkeit. Daher wird die Suspension lediglich vor dem Betonieren regeneriert [15, S.70]. Für das Durchdringen von möglichen Hindernissen im Boden besteht die Möglichkeit ein Schlitzwandmeißel einzusetzen [4, S.440]. Greifer und Tieflöffleinrichtungen werden grundsätzlich für kleinere Schlitzwandflächen von bis zu 5.000 m² verwendet, weil hindurch die Kosten und die benötigte Fläche der Baustelleneinrichtung gering ausfallen [19, S.394].

Hingegen werden **Fräsen** aufgrund ihrer höheren Leistungsfähigkeit bei größeren Schlitzwandflächen von mehr als 5.000 m² verwendet [19, S.394]. Die gefräste Herstellung zeichnet sich durch eine kontinuierliche Lösung und Förderung des Baugrundes aus. Dabei kommt es zu einer Vermengung zwischen dem Bodenmaterial und der Stützflüssigkeit. Dieses Gemisch wird anschließend mit Hilfe einer Ringleitung zur Regenerierungsanlage transportiert. Hier erfolgt die Reinigung der Suspension. Danach wird sie wieder in den Schlitz gebracht [4, S.439].

Vertikale Tragelemente

Damit der vorhandene Erddruck abgetragen werden kann, werden vertikale Tragelemente in die Suspension eingestellt. Hierfür kommen folgende Ausführungen zur Anwendung:

- ◆ Stahlbetonfertigteile
- ◆ Spundbohlen
- ◆ Stahlprofile [17, S.557 ff]

In Abbildung 3.16 sind Ausführungsvarianten von Schlitzwänden mit eingestellten Stahlbetonfertigteilen dargestellt.

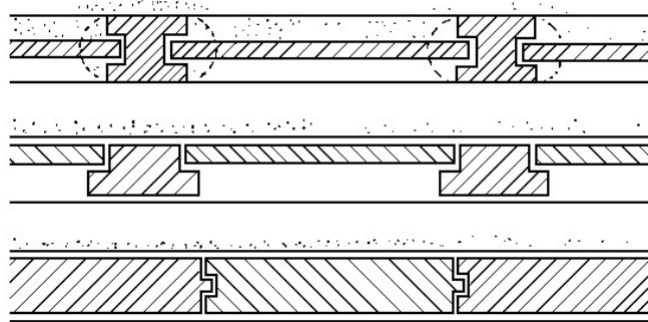


Abbildung 3.16: Schlitzwand mit eingestellten Stahlbetonfertigteilen [85]

3.3.2 Zweiphasenverfahren

Für die Herstellung von Schlitzwänden im Zweiphasenverfahren sind folgende Arbeitsschritte notwendig:

- 1) Zu Beginn werden Leitwände hergestellt.
- 2) Im Anschluss daran wird eine Lamelle der Schlitzwand unterstützt durch eine Stützsuspension ausgehoben.
- 3) Nach Erreichen der geplanten Aushubtiefe werden Fugenelemente an den Stirnseiten der Lamelle platziert.
- 4) Nun kann die notwendige Bewehrung eingebaut und betoniert werden.
- 5) Erforderlichenfalls wird eine Aussteifung oder Rückverankerung während des Aushubs hergestellt.
- 6) Zum Schluss werden die stirnseitigen Fugenelemente wieder gezogen.
- 7) Anschließend wird die nächste Lamelle nach Punkt 2 bis 6 gebaut [4, S.440 ff].

In Abbildung 3.6 sind die Arbeitsschritte des Zweiphasenverfahrens dargestellt.

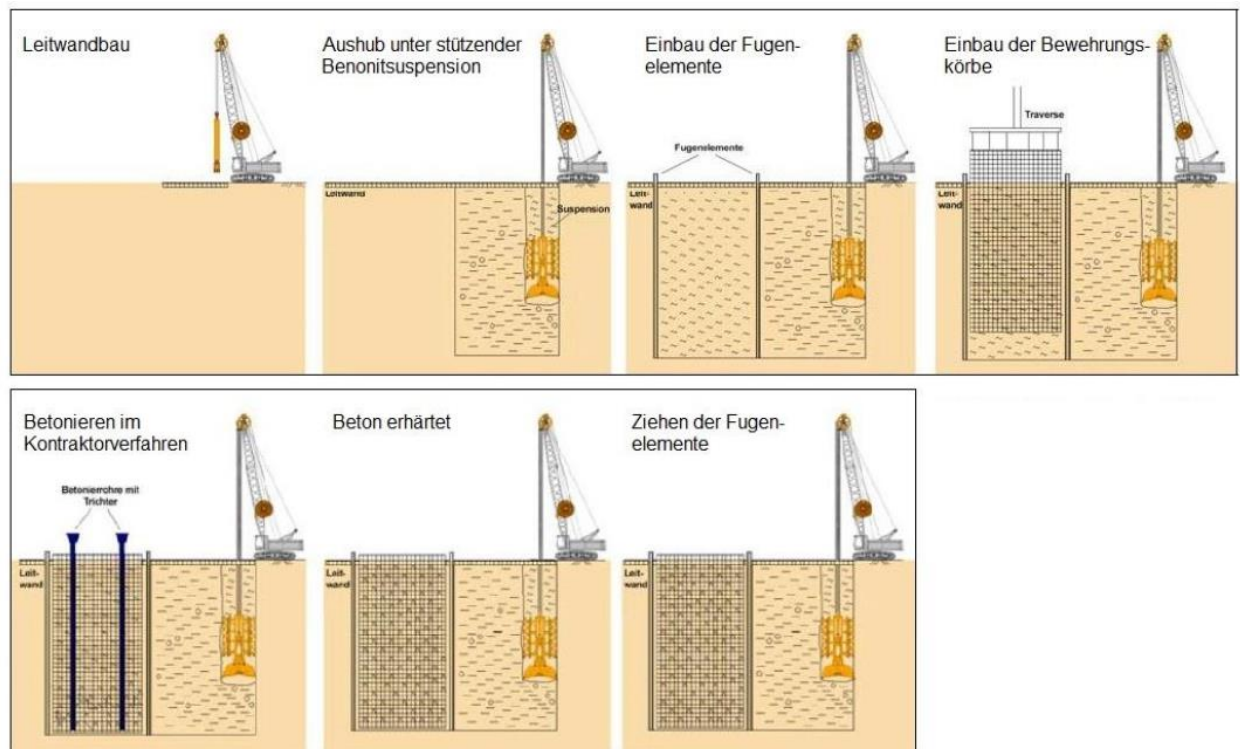


Abbildung 3.17: Arbeitsschritte Zweiphasenverfahren [68]

Leitwände

Analog zu Kapitel 3.3.1 Einphasenverfahren

Aushub

Analog zu Kapitel 3.3.1 Einphasenverfahren

Fugenelemente

Da Schlitzwände in Lamellen hergestellt werden, sind Arbeitsfugen nicht vermeidbar. Um eine ausreichende Wasserdichtheit und Standsicherheit gewährleisten zu können, müssen daher entsprechende Fugenkonstruktionen verwendet werden. Folgende Systeme kommen gemäß Abbildung 3.18 zum Einsatz:

- ◆ Abstellrohre aus Stahl
- ◆ Stahlbetonfertigteile
- ◆ Fugenbänder

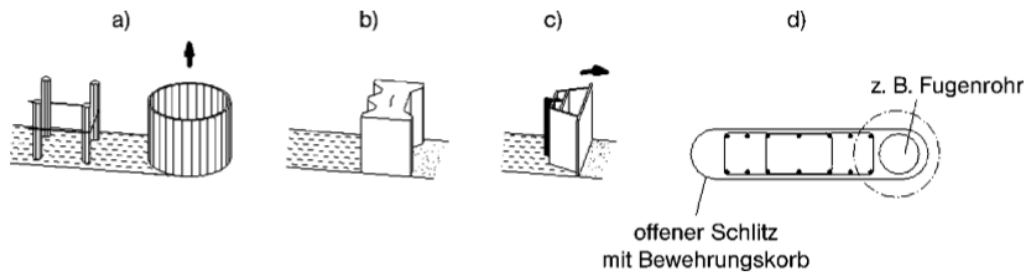


Abbildung 3.18: Fugensysteme: a) Abstellrohr, b) Betonfertigteil, c) Fugenbänder [17, S.598]

Zusätzlich besteht noch die Möglichkeit, dass die vorherige Lamelle bei ausreichender Betonhärte an der Stirnseite zur nächsten überfräst wird. Durch die dabei entstehende raue Oberfläche kann sich die folgende Lamelle gut verzahnen [34, S.397].

Bewehren und Betonieren

Der erforderliche Bewehrungskorb wird nach eventueller Vormontage auf der Baustelle mit Hilfe eines Hebeegerätes platziert [4, S.447]. Anschließend wird der Beton im Kontraktorverfahren eingebracht. Bei diesem Verfahren werden als erster Arbeitsschritt Betonierrohre in den suspensionsgestützten Schlitz eingebracht, welche beinahe bis zur Schlitzsohle reichen. Mit Hilfe eines Schaumgummiballes in den Rohren wird verhindert, dass sich die Stützsuspension mit dem Beton in den Betonierrohren vermischt. Beim Betoniervorgang wird der Ball herausgedrückt. Beim Einbringen des Betons ist besonders darauf zu achten, dass die Rohre immer so weit in den Beton reichen, wie die Länge des Schlitzwandabschnittes [27, S.188]. Dabei wird der Betonfluss durch auf und ab bewegen der Betonierrohre gefördert [15, S.52].

Aussteifung - Rückverankerung

In den meisten Fällen werden für die Aussteifung von Schlitzwänden Rohrsteifen und Gurtungen mittels HEB- oder HEM-Trägern verwendet. Dabei befinden sich die Stahlprofile entweder auf Konsolen oder sie werden mit Hilfe von Ketten oder Profilen abgehängt. Wird hingegen eine Rückverankerung eingesetzt, so werden in den meisten Fällen vorgespannte Verpressanker eingesetzt [17, S.560]. Alternativ kann auch die Deckelbauweise nach Kapitel 3.5 angewandt werden.

Ziehen der Fugenelemente

Stahlbetonfertigteile und Fugenbänder bleiben als permanenter Bauteil in einer Schlitzwand enthalten. Im Gegensatz dazu werden Abstellrohre wieder gezogen. Dabei ist der genaue

Zeitpunkt wichtig. Der Beton muss beim Ziehen ausreichend fest sein, jedoch darf der Abbindevorgang noch nicht abgeschlossen sein [34, S.597].

3.4 Bohrpfahlwände

Alternativ zu Schlitzwänden können Bohrpfahlwände als Baugrubensicherung angewandt werden. Bei diesem Verfahren ist ebenfalls die nahezu lärm- und erschütterungsfreie Herstellung von Vorteil. In Kombination mit einer geringen Verformungsgefahr von Bohrpfahlwänden eignet sich daher diese Verbaumethode für Baugruben, welche direkt neben bestehenden Bauwerken hergestellt werden. Ein Beispiel hierfür ist in Abbildung 3.19 dargestellt. Zusätzlich besteht eine geringe Gefahr von Setzungen, da der Gleichgewichtszustand des Baugrundes kaum beeinflusst wird. Für eine weitere Bebauung sind Bohrpfahlwände zur Abtragung von hohen Belastungen geeignet. Außerdem ist eine wasserdichte Ausführung möglich. Hierfür wird der Verbau, wie in Kapitel 3.4.2 beschrieben, mittels überschnittenen Pfählen hergestellt [23, S.114 f]. Schlussendlich ist eine Bohrpfahlwand flexibel auf unterschiedlichen Grundrissgeometrien einsetzbar [17, S.522].



Abbildung 3.19: Bohrpfahlwand neben bestehendem Gebäude

Jedoch weist diese Verbaumethode im Gegensatz zu Schlitzwänden viele Fugen auf, da die übliche Schlitzwandlamellenlänge etwa 2,0 bis 5,0 m beträgt und ein Bohrpfahl beispielsweise einen Durchmesser von 60 cm aufweist. Dadurch ist die potentielle Gefahr von Wasserdurchtritten höher. Grundsätzlich fallen bei Bohrpfahlwänden höhere Kosten als bei Trägerbohlenwänden oder Spundwandverbauten an. Daher ist die Wirtschaftlichkeit bei dieser Verbaumethode nur dann gegeben, wenn diese für eine weitere Bebauung als lastabtragendes Bauteil miteinbezogen wird [23, S.114]. Nachteilig sind auch vorhandene Leitungen im Untergrund. Für die dabei auftretenden Kreuzungen sind

Sonderkonstruktionen notwendig. Außerdem gehören Bohrpfahlwände zu den nicht wiedergewinnbaren Verbaumethoden [17, S.522].

3.4.1 Verfahrenstechnik

Für die Herstellung einer Bohrpfahlwand sind folgende Arbeitsschritte notwendig:

- 1) Zu Beginn sind notwendige vorbereitende Maßnahmen durchzuführen.
- 2) Im Anschluss daran wird mit der Herstellung der Bohrungen fortgesetzt.
- 3) Nach deren Fertigstellung wird der Bohrpfahl bewehrt und betoniert.
- 4) Erforderlichenfalls muss eine Aussteifung oder Rückverankerung während des Aushubs eingebaut werden [17, S.527].

Vorbereitende Maßnahmen

Essenziell für die Herstellung von Bohrpfählen ist ein geeignetes Arbeitsplanum für die Bohrgeräte. Diese weisen ein hohes Gewicht von 40 bis 80 Tonnen auf. Daher muss der Boden für diese Belastungen eine ausreichende Standfestigkeit gewährleisten. Desweiteren sind Bohrschablone anzufertigen, wenn die Lagegenauigkeit der Pfahlwand ohne die nicht erreicht werden kann [5, S.4/4]. Vor allem bei der überschnittenen und tangierenden Variante nach Kapitel 3.4.2 werden Schablonen aus Ortbeton oder Stahlbetonfertigteilen für die Führung der Bohrwerkzeuge eingesetzt. Diese sind 30 cm hoch und werden auf dem Bohrplanum hergestellt. Bei aufgelösten Bohrpfahlwänden werden in den meisten Fällen keine Bohrschablonen herangezogen, da hierbei die Lagegenauigkeit der Pfähle weniger relevant ist [17, S.527 f]. In Abbildung 3.1 ist eine Bohrschablone für eine überschnittene Bohrpfahlwand zu sehen.



Abbildung 3.20: Bohrschablone [86]

Herstellen der Bohrungen

In Tabelle 3.6 sind mögliche Bohrverfahren, damit herzustellende Pfahlwandarten und dafür vorherrschenden Bodenverhältnisse angegeben.

Tabelle 3.6: Übersicht der Bohrverfahren [22, 2 ff u. 21, S.H-12/4 ff]

Bohrverfahren	Pfahlwandart	Bodenverhältnisse	Tiefe
Kellybohrverfahren	aufgelöst, tangierend und überschnitten	alle Bodenarten, auch Fels	bis 70 m
Doppelkopfbohrverfahren	aufgelöst, tangierend und überschnitten	alle Bodenarten, ausgenommen kompakter Fels	bis 18 m
VdW-Verfahren	aufgelöst, tangierend und überschnitten	alle Bodenarten, ausgenommen kompakter Fels	bis 12,5 m
Schneckenbohrpfahl	aufgelöst und tangierend	nicht bindige Böden bis dichter Lagerung, Schluff und Ton bis fester Konsistenz, keine Felseinbindung möglich, nur oberhalb des Grundwasserspiegels	bis 40 m
Greiferbohrverfahren	aufgelöst, tangierend und überschnitten	alle Bodenarten, auch Fels	bis 100 m

Kellybohrverfahren

Das Kellybohrverfahren hat seinen Namen aufgrund eines speziellen Bohrgestänges, welches Kellystange genannt wird. Dieses ist mehrmals teleskopierbar und überträgt die Dreh- und Vertikalbewegung auf das Bohrwerkzeug [22, S.2]. Dabei werden folgende Methoden gemäß Abbildung 3.21 für die Herstellung eines Pfahles angewendet:

- ♦ verrohrte Bohrung
 - mit Verrohrungsmaschine
 - ohne Verrohrungsmaschine

◆ unverrohrte Bohrung

- mit Stützflüssigkeit
- ohne Stützflüssigkeit [22, S.6 ff]

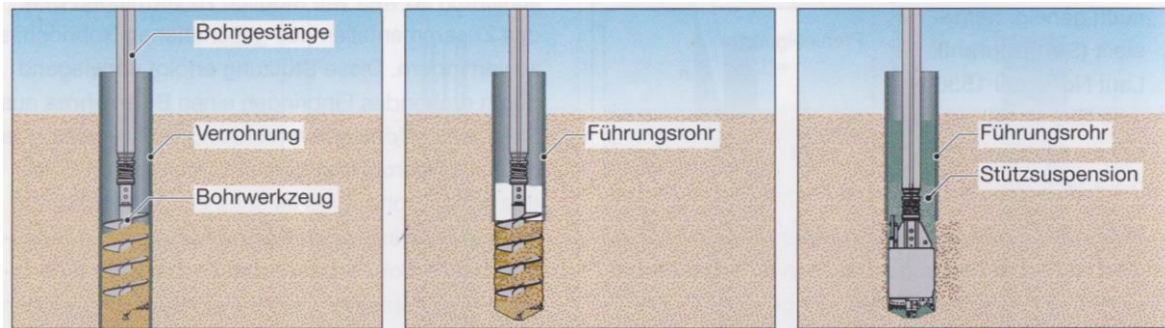


Abbildung 3.21: li.: verrohrt, mitte: unverrohrt, re.: unverrohrt mit Stützflüssigkeit [22, S.A/6]

Eine Bohrung hat grundsätzlich immer mit einer Verrohrung zu erfolgen, wenn die Gefahr besteht, dass der Boden auch nur zum Teil aus der Wand des Bohrloches herausbrechen könnte. Die benötigte Verrohrung wird mit Hilfe des Bohrantriebes über eine Verbindung, dem sogenannten Druckrohr oder Drehteller, eingedreht [22, S.6]. Dabei befindet sich am unteren Ende des ersten Bohrrohres ein Schneidschuh, damit es in den Baugrund eingedreht werden kann. Im Anschluss daran werden weitere Bohrrohre aneinander gereiht und die gesamte Rohrtour so tief als möglich in den Boden eingebracht. Danach wird der Bohrantrieb von den Rohren gelöst. Anschließend erfolgt das Eindrehen des Bohrwerkzeuges mittels Vorschub und Bohrantrieb. Dabei füllt sich dieses mit Aushubmaterial. Über ein Seil der Hauptwinde am Trägergerät werden das Bohrwerkzeug und die Kellystange nach oben gebracht und anschließend wird der ausgehobene Boden entleert. Es ist besonders darauf zu achten, dass ein Vorrauseilen der Verrohrung gegenüber dem Bohrvorgang ständig gewährleistet ist, damit es zu keinen Auflockerungen im Untergrund unterhalb der Verrohrung kommt. Dieser Arbeitsschritt wird so oft durchgeführt, ehe die nächsten Bohrrohre eingebracht werden können. Die genannten Vorgänge werden bis zum Erreichen der erforderlichen Tiefe wiederholt. Anschließend erfolgt das Einbringen der Bewehrung und des Betons [22, S.A/8 f]. Im trockenen Boden erfolgt der Betonvorgang mit Trichter und Schüttrohren. Hingegen kommt bei vorhandenen Grundwasser das Kontraktorverfahren zur Anwendung [7, S.261]. Mit Hilfe des Drehtellers werden die Bohrrohre abschnittsweise wieder gezogen. Dabei entspricht ein Abschnitt der Länge eines Rohrschusses [22, S.A/9]. Die erläuterten Arbeitsschritte sind in Abbildung 3.22 verdeutlicht.

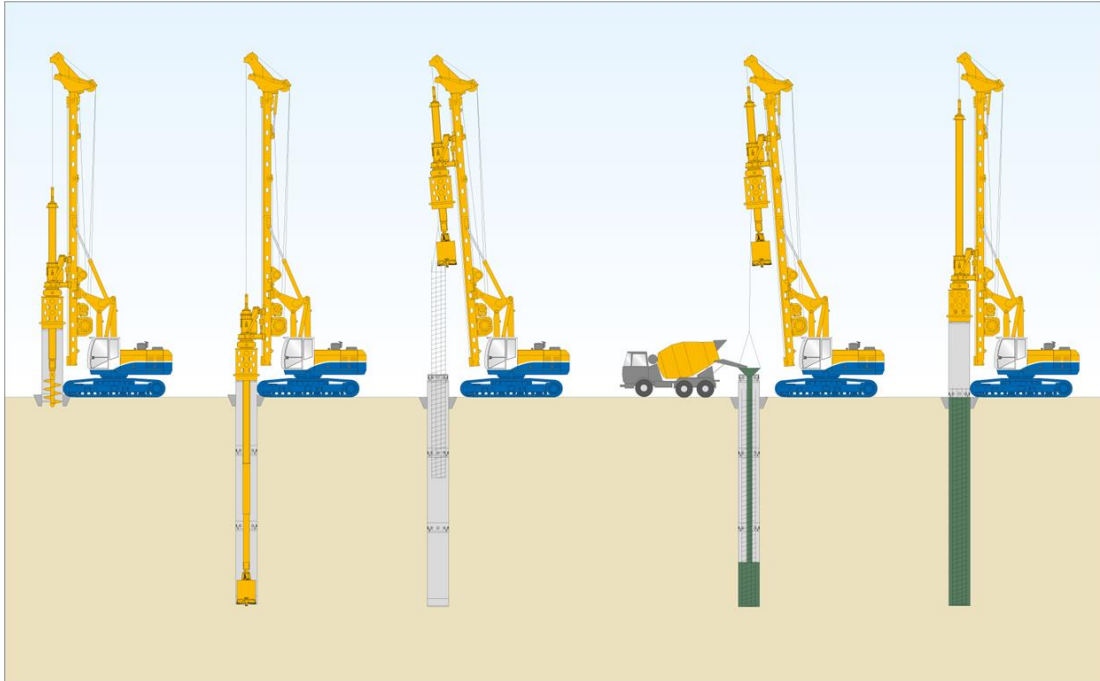


Abbildung 3.22: Kellybohrverfahren verrohrt [73]

Eine Verrohrungsmaschine muss zusätzlich eingesetzt werden, wenn das durch den Bohrantrieb erzeugte Drehmoment nicht ausreicht, um ein Überwinden der Mantelreibung zwischen Bohrlochwandung und Bohrrohr zu ermöglichen. Weiters ist eine Verrohrungsmaschine notwendig, wenn die Rückzugkraft des Gerätes zu gering ist, um die Rohre wieder zu ziehen. Mit Hilfe von hydraulischen Schließzylindern wird das Bohrrohr festgeklemmt. Durch oszillierende Bewegungen und Drücken werden die Rohre in den Untergrund eingedreht. Die Verrohrungsmaschine ist am Trägergerät angebaut und wird über dessen Hydraulikanlage betrieben [22, S.10].

Alternativ besteht die Möglichkeit anstelle von Bohrröhren eine stützende Flüssigkeit zur Sicherung der Bohrlochwandung heranzuziehen. Dabei kommen Stützflüssigkeiten mit derselben Zusammensetzung wie bei der Herstellung von Schlitzwänden nach Kapitel 3.3 zum Einsatz. Auf jeden Fall müssen die ersten 2 m des Bohrloches mit einem Schutzrohr gesichert werden. Außerdem dient dieses Rohr noch zur Führung der Bohrwerkzeuge. Es ist besonders darauf zu achten, dass der Stützflüssigkeitsspiegel im Zuge des Bohrvorganges ständig oberhalb der Unterkante des Schutzrohres bleibt. Nachdem die Bewehrung eingesetzt wurde, wird während dem Betonieren im Kontraktorverfahren des Pfahles die stützende Flüssigkeit abgepumpt und in den meisten Fällen zu einer Regenerierungsanlage zur Aufbereitung für eine Weiterverwendung gebracht [7, S.259 u. 22, S.12 f].

Bei ausreichend standfesten Böden kann auf eine Verrohrung oder eine Stützung der Bohrlochwandung durch eine Flüssigkeit verzichtet werden. Voraussetzung dafür ist, dass auch ein teilweises Ausbrechen des Bodens ausgeschlossen werden kann. Außerdem

muss sich der Grundwasserspiegel unterhalb der geplanten Bohrtiefe befinden. Bei der unverrohrten Bohrmethode wird wie bei dem Verfahren mit Stützflüssigkeit ein 2 m langes Schutzrohr am Anfang des Bohrloches eingebaut. Dies ist in der Darstellung der Arbeitsschritte in Abbildung 3.23 zu sehen. Gebohrt wird in gleicher Art wie bei der verrohrten Bohrmethode [22, S.12]. Abschließend wird die Bewehrung eingesetzt und der Beton über einen Trichter mit Schüttrohr eingebracht [7, S.257].

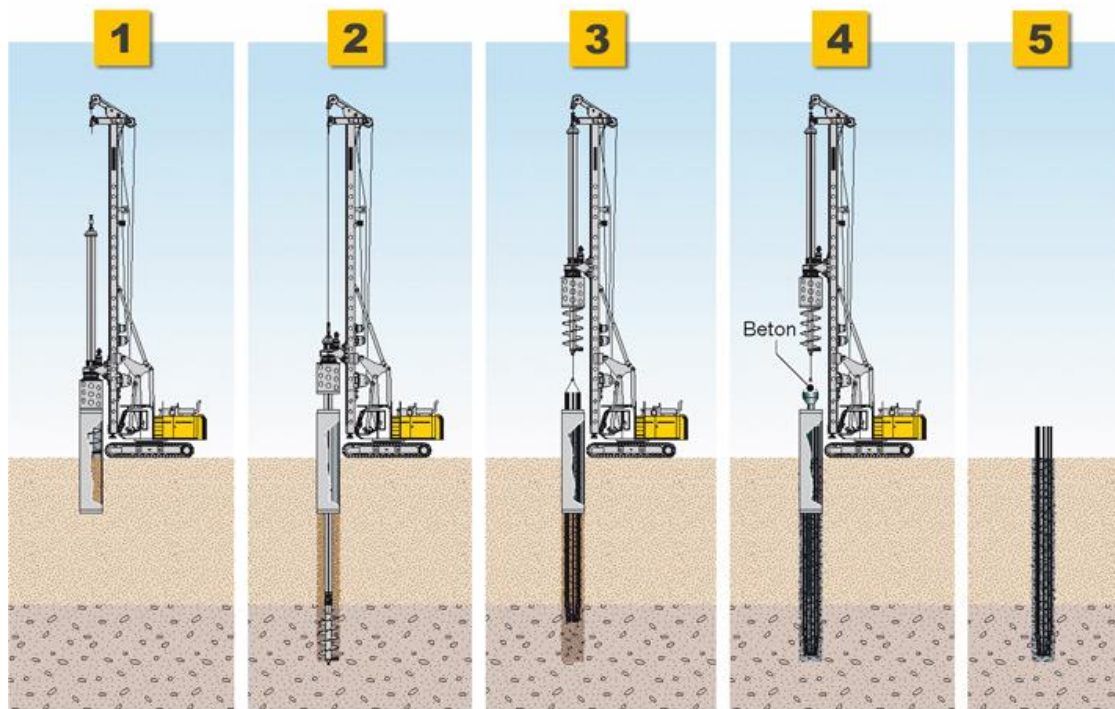


Abbildung 3.23: Kellybohrverfahren unverbohrt [80]

Greiferbohrverfahren

Das Greiferbohrverfahren ist im eigentlichen Sinn kein Bohrverfahren. Anstatt eines Bohrwerkzeuges kommt ein Stechwerkzeug, der sogenannte Bohrgreifer, für den Aushub zur Anwendung. Je nach Art des Schließmechanismus werden folgende Arten von Greifern unterschieden:

- ◆ Einseilgreifer
- ◆ Zweiseilgreifer
- ◆ Hydraulische Seilbohrgreifer [22, S.34 f]

Beim Einseilgreifer dient der Schließmechanismus als Aufhängung für den Greifer. Dieser wird mit geöffneten Schalen eingeführt [7, S.112]. Durch das anschließende Fallenlassen dringt der Greifer aufgrund der Wucht des Aufpralls und seines Gewichts in den Boden ein. Dabei löst sich die Schalenverriegelung. Mit dem Ziehvorgang des Seils erfolgt das Schließen der Schalen, dabei wird der Untergrund gelöst. Nachdem der Greifer aus dem Bohrloch herausgezogen ist, werden mit Hilfe einer Auslösekrone, die sich am zweiten Seil

befindet, die Schalen geöffnet. Beim Zweiseilgreifer werden sinngemäß zwei Seile verwendet. Das erste befindet sich am Schließmechanismus und das andere am Gehänge des Greifers. Das erste Seil dient zum Schließen der Greiferschalen. Geöffnet werden diese durch das zweite Seil. Analog wie beim Einseilgreifer werden die Schalen durch Fallenlassen gefüllt. Für eine bessere Befüllung wird Öffnen, Fallenlassen und Schließen mehrmals wiederholt. Das erste Seil zieht den gefüllten Greifer nach oben und das zweite öffnet diesen zur Entleerung. Als dritte Form können noch Hydraulikgreifer zur Anwendung kommen. Dabei erfolgt das Öffnen und Schließen hydraulisch. Über Schläuche gelangt die Hydraulik zu den erforderlichen Stellen [22, S.35 ff].

Das Greiferbohrverfahren eignet sich vor allem für die Herstellung von Pfählen mit großen Durchmesser. Da die Gerätekosten bei diesem Verfahren geringer sind als bei Drehbohranlagen, werden Greiferbohrungen hauptsächlich bei Bauvorhaben mit wenigen Bohrungen eingesetzt. Grundsätzlich ist dieses Verfahren für alle Bodenarten anwendbar. Bei Hindernissen im Boden wird ein Fallmeißel für deren Durchdringung verwendet [22, S.38].

Für die Herstellung eines Pfahles werden folgende Methoden nach Abbildung 3.24 angewendet:

- ◆ verrohrte Bohrung
- ◆ unverrohrte Bohrung mit Stützflüssigkeit [22, S.A/18 ff]

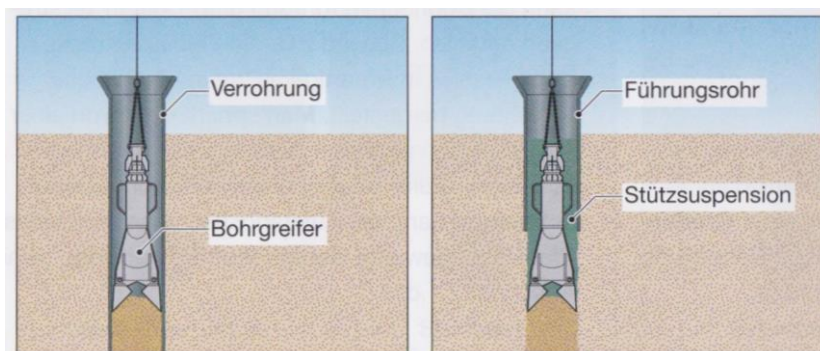


Abbildung 3.24: links: verrohrt, rechts: unverrohrt mit Stützflüssigkeit [22, S.A/6]

Bei der verrohrten Methode werden dieselben Verrohrungsmaschinen wie bei der Herstellung mittels Kellybohrverfahren eingesetzt. Zu Beginn erfolgt das Eindrehen des ersten Bohrrohres mit Hilfe der Verrohrungsmaschine. Anschließend wird im Greiferverfahren gebohrt. Im Anschluss daran werden weitere Bohrrohre aneinander gereiht und die gesamte Rohrtour so tief als möglich in den Boden eingebracht. Es ist besonders darauf zu achten, dass ein Vorrauseilen der Verrohrung gegenüber dem Bohrvorgang ständig gewährleistet ist, damit es zu keinen Auflockerungen im Untergrund unterhalb der Verrohrung kommt. Der Einbau der Bewehrung und des Betons erfolgt nachdem die geplante Bohrtiefe erreicht ist. Die Bohrrohre werden in der gleichen Weise

wie beim Kellybohrverfahren abschnittsweise mit Hilfe der Verrohrungsmaschine gezogen [22, S.A/19].

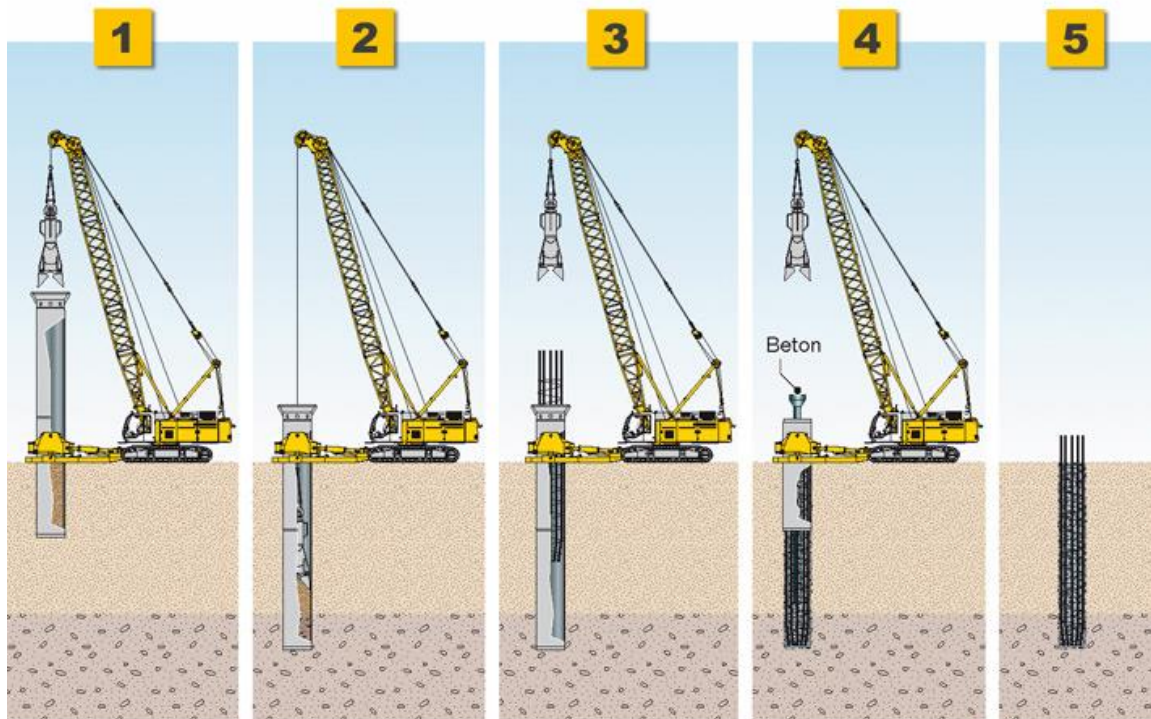


Abbildung 3.25: Greiferbohrverfahren verrohrt [79]

Wird hingegen die verrohrte Methode mit Stützflüssigkeit angewendet, so sind dieselben Aspekte wie beim unverrohrten Kellybohrverfahren mit Stützflüssigkeit zu beachten [22, S.A/20].

Schneckenbohrpfahl

Schneckenbohrpfähle, SOB-Pfähle genannt, werden mit Hilfe einer durchgehenden langen Bohrschnecke hergestellt. Dabei ist keine Unterstützung der Bohrlochwandung mittels einer Verrohrung oder einer Suspension notwendig, da die mit Bodenmaterial gefüllte Schnecke eine ausreichende Stützwirkung gewährleistet. Aufgrund der durchgehenden Förderung des Bohrgutes zeichnet sich dieses Verfahren durch eine hohe Wirtschaftlichkeit aus. Außerdem ist es besonders geeignet zur Herstellung von Pfahlwänden nahe von setzungs- und erschütterungsempfindlichen Bauwerken, da die Erschütterungen im Zuge der Bauführung sehr niedrig bleiben. Ein Problem bilden Hindernisse im Untergrund, da im Zuge des Bohrvorganges kein anderes Bohrwerkzeug für deren Durchdringung herangezogen werden kann [22, S.B/2 ff].

Je nach verdrängten Bodenanteil können folgende Varianten unterschieden werden:

- ◆ Teilverdrängungsbohrpfahl mit dünnem Seelenrohr
- ◆ Teilverdrängungsbohrpfahl mit dickem Seelenrohr
- ◆ Vollverdrängungsbohrpfahl [7, S.142]

Bei der Herstellung von Teilverdrängungspfählen wird zu Beginn die Bohrschnecke in den Untergrund eingedreht [22, S.B/4]. Dabei kommt es zur Verdrängung des Bodenanteils entsprechend dem Seelenrohrdurchmesser [7, S.142]. Das nicht verdrängte Bodenmaterial wird von den Schneckengängen gefördert. Nach Erreichen der geplanten Tiefe wird Beton durch das Seelenrohr mit Hilfe einer Pumpe in das Bohrloch eingebracht. Der Unterschied zwischen der Variante mit einem dünnen Seelenrohr nach Abbildung 3.26 und Teilverdrängungspfählen mit einem dicken Rohr besteht darin, dass bei der zweiten Ausführungsform wesentlich mehr Boden verdrängt wird. Dabei wird der erforderliche Bewehrungskorb nach dem Erreichen der geplanten Bohrtiefe in das Seelenrohr eingehoben. Im Gegensatz dazu, wird bei Teilverdrängungspfählen mit dünnem Seelenrohr der Bewehrungskorb aufgrund des geringen Durchmessers des Rohres eingedrückt oder eingerüttelt [22, S.B/4 f].

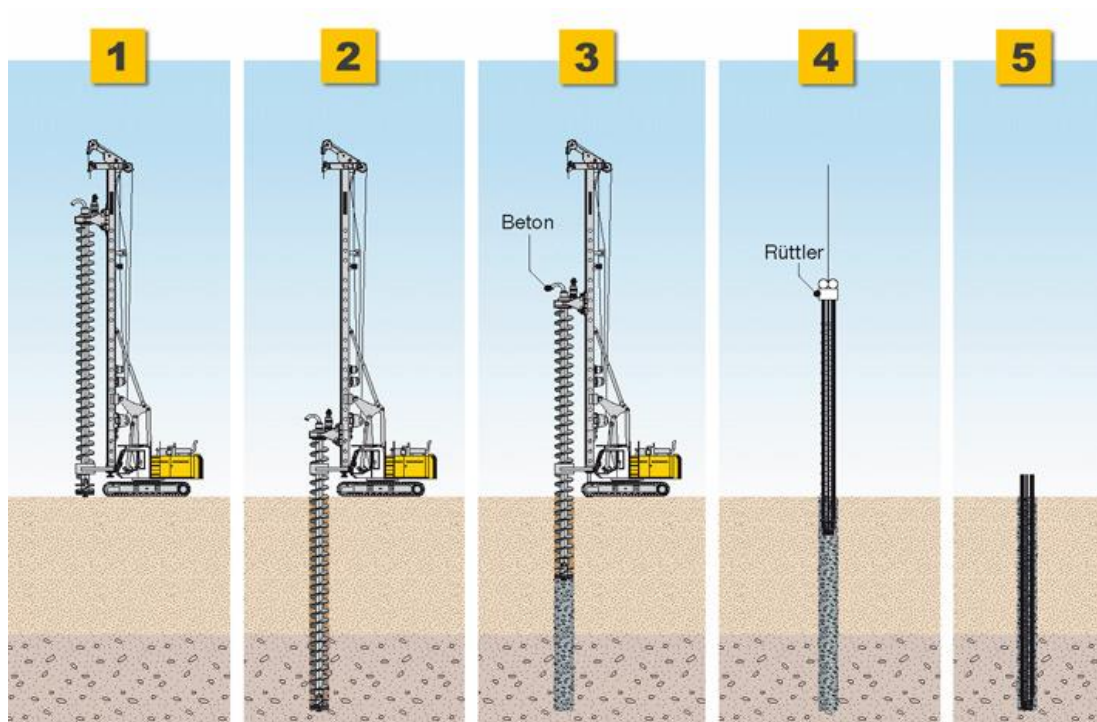


Abbildung 3.26: SOB-Verfahren mit dünnem Seelenrohr [81]

Beim Vollverdrängungsbohrpfahl wird ein Vollrohr in den Untergrund eingedreht, wodurch der Boden nahezu vollständig seitlich verdrängt wird. Dabei ist das Rohr an der Unterseite stets verschlossen [7, S.145]. Den Verschluss bildet entweder eine im Untergrund verbleibende Fußplatte, eine Anfängerschnecke mit Betonieröffnung, eine konische Schraubbohrspitze oder ein Schneckenbohrwerkzeug. Bei Varianten mit im Boden verbleibenden Verschlüssen erfolgt das Einbringen von Beton und Bewehrung im

Trockenen, ähnlich wie bei der verrohrten Herstellung von Bohrpfählen. Dabei wird das Vollrohr unter mäßigen Nachpumpen des Betons gezogen. Im Gegensatz dazu erfolgt bei Vollrohren mit festen Verschlüssen die Betoneinbringung bei Erreichen der geplanten Bohrtiefe. Anschließend wird der untere Verschluss geöffnet und das Rohr wird unter anhaltenden Betoneinpumpen gezogen [22, S.B/6].

Doppelkopfbohrverfahren

Beim Doppelkopfverfahren nach Abbildung 3.27 wird das unverrohrte Schneckenbohrverfahren mit der Methode der verrohrten Bohrung kombiniert. Dabei befinden sich in der Bohrachse zwei unabhängige Drehantriebe auf einem Bohrschlitten. Diese betreiben gegenläufig eine äußere Bohrlochverrohrung und eine innere Hohlbohrschnecke. Im Zuge des Bohrvorganges stützt die Außenverrohrung den Untergrund. Der Boden wird durch die durchgehende Bohrschnecke kontinuierlich an die Geländeoberfläche befördert. Nach Erreichen der geplanten Bohrtiefe wird mit dem Einpumpen des Betons durch das Seelenrohr der Bohrschnecke begonnen. Im Zuge des Ziehvorganges der Außenverrohrung mit Bohrschnecke wird weiterhin mit einer Pumpe Beton eingebracht. Abschließend kann noch ein Einbau eines Bewehrungskorbes erfolgen [21, S.6/2 u. 22, S.A/14].

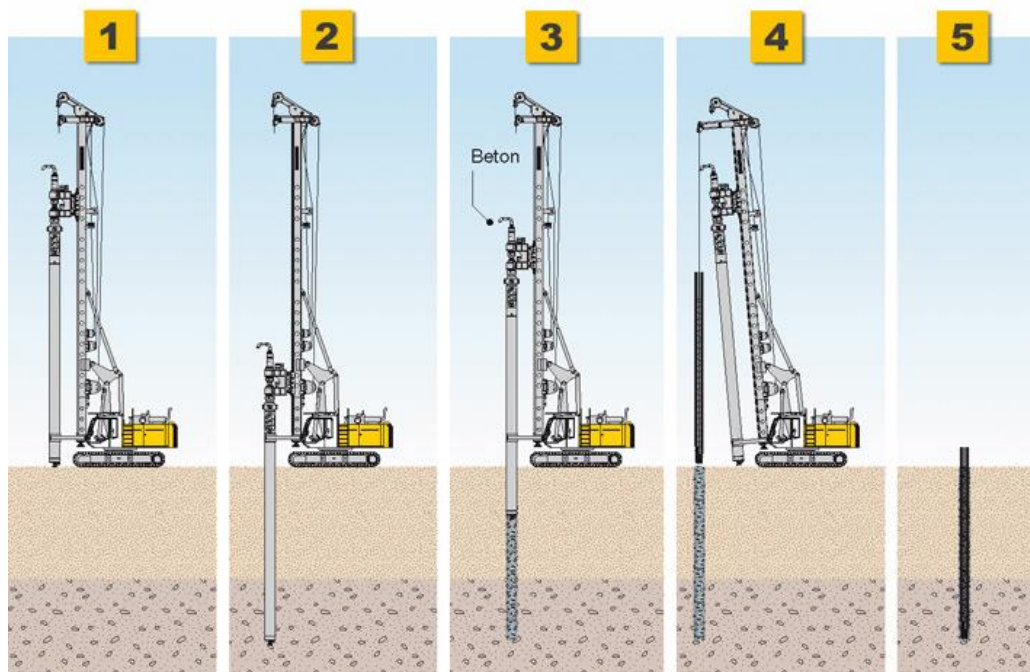


Abbildung 3.27: Doppelkopfbohrverfahren [78]

Charakteristisch für das Doppelkopfbohrverfahren ist die gemeinsam montierte Verrohrung und Bohrschnecke zu einem Teil. Im Gegensatz zu den üblich eingesetzten Bohrverfahren mit Verrohrung ist ein zeitintensives Koppeln von Rohrschüssen nicht mehr erforderlich. Dadurch zeichnet sich das Doppelkopfbohrverfahren durch eine hohe Wirtschaftlichkeit und

rasche Herstellungszeit aus. Zusätzlich besteht bei dieser Methode nur eine geringe Beeinträchtigung durch Lärm [21, S.6/2].

VdW-Bohrpfahl

Das VdW- (vor der Wand) Verfahren wird für Bohlpfahlwände eingesetzt, die direkt neben einer bestehenden Bebauung gemäß Abbildung 3.28 hergestellt werden. Dabei kann der Abstand zwischen den Pfählen und einem benachbarten Gebäude etwa 5 bis 10 cm betragen. Die VdW-Technik gehört zu den Doppelkopfb Bohrverfahren mit einem speziellen Doppelgetriebe. Für die Herstellung einer Verbauwand aus VdW-Pfählen werden dieselben Arbeitsschritte wie beim Standard-Doppelkopfb Bohrverfahren durchgeführt [22, S.A/16 f].

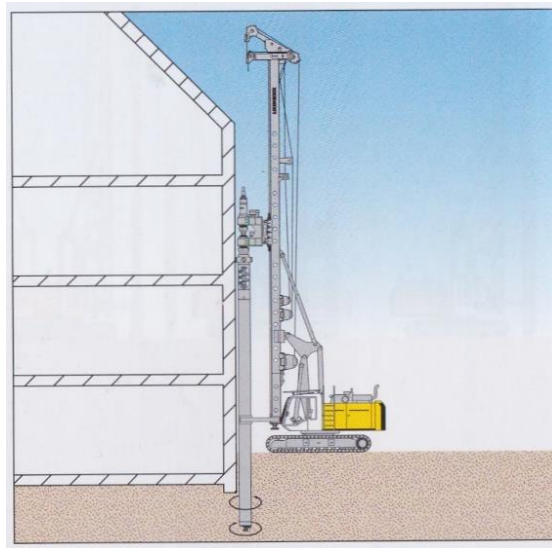


Abbildung 3.28: VdW-Verfahren [22, S.A/16]

Bewehrung und Betonieren

In den meisten Fällen wird die statisch erforderliche Bewehrung der Pfähle in Form von vorgefertigten Bewehrungskörben auf die Baustelle geliefert. Dabei ist zu beachten, dass die maximale Transportlänge dieser Körbe etwa 20 m beträgt. Somit sind bei längeren Pfählen Stöße der Längsbewehrung vorzusehen. Der Beton ist nach den herstellungstechnischen und statischen Anforderungen in der nötigen Festigkeitsklasse und Zusammensetzung herzustellen [17, S.532 ff]. Die vorgestellten Verfahren zeigen, dass die Reihenfolge von Einbringen der Bewehrung und des Betons je nach Bohrmethode unterschiedlich erfolgt. In der Tabelle 3.7 ist die Abfolge dieser beiden Arbeitsschritte zusammenfassend dargestellt.

Tabelle 3.7: Abfolge Bewehren – Betonieren bei Bohrpfahlwänden

Kellybohrung	
verrohrt	1) Bewehrung einsetzen 2) Beton einbringen: bei trockenen Boden mit Trichter und Schüttrohr bei Grundwasser im Kontraktorverfahren
unverrohrt mit Stützflüssigkeit	1) Bewehrung einsetzen 2) Beton einbringen im Kontraktorverfahren und gleichzeitig Stützflüssigkeit abpumpen
unverrohrt ohne Stützflüssigkeit	1) Bewehrung einsetzen 2) Beton einbringen im Kontraktorverfahren und gleichzeitig Stützflüssigkeit abpumpen
Greiferbohrung	
verrohrt	1) Bewehrung einsetzen 2) Beton einbringen: bei trockenen Boden mit Trichter und Schüttrohr bei Grundwasser im Kontraktorverfahren
unverrohrt mit Stützflüssigkeit	1) Bewehrung einsetzen 2) Beton einbringen im Kontraktorverfahren und gleichzeitig Stützflüssigkeit abpumpen
Schneckenbohrung	
Teilverdrängungspfahl mit dünnem Seelenrohr	1) Beton einpumpen 2) Bewehrungskorb einrütteln oder eindrücken
Teilverdrängungspfahl mit dickem Seelenrohr	1) Bewehrung in Seelenrohr einstellen 2) Beton einpumpen
Vollverdrängungspfahl	1) Beton einpumpen unter gleichzeitigem Ziehen des Seelenrohres 2) Bewehrungskorb eindrücken oder einrütteln
Doppelkopfbohrung / VdW-Verfahren	
1) Beton einpumpen unter gleichzeitigem Ziehen der Außenverrohrung 2) Bewehrungskorb einrütteln oder eindrücken	

Aussteifung – Rückverankerung

Als Aussteifung kommen in den meisten Fällen Rohrsteifen gemäß Abbildung 3.19 zwischen Gurtungen aus HEB- oder HEM-Trägern zur Anwendung. Die Gurtungen liegen auf Konsolen auf oder können mittels Ketten abgehängt werden. Kommt hingegen eine Rückverankerung zum Einsatz, so werden in der Regel vorgespannte Verpressanker eingebaut [17, S.536 f]. In Abbildung 3.29 ist eine rückverankerte Bohrpfahlwand dargestellt.



Abbildung 3.29: Bohrpfahlwand mit Rückverankerung [89]

3.4.2 Ausführungsvarianten

Nach der Pfahlanordnung werden folgende drei Ausführungsvarianten von Bohrpfahlwänden unterschieden:

- aufgelöste Bohrpfahlwand
- tangierende Bohrpfahlwand
- überschnittene Bohrpfahlwand [17, S.523]

Bei aufgelösten Bohrpfahlwänden gemäß Abbildung 3.30 werden bewehrte Pfähle, deren Abstände etwa 1,0 bis 3,0 m betragen, hergestellt. Im Zuge des Aushubes erfolgt eine Ausfachung zwischen den Pfählen üblicherweise mittels Spritzbeton. Es können aber auch Stahlplatten, Holz oder Ortbeton zur Anwendung kommen [17, S.525 f]. Aufgelöste Bohrpfahlwände weisen ein ähnliches Tragverhalten wie Trägerverbauten auf. Sie werden hauptsächlich zur Sicherung von Verkehrswegen oder leichte Bauwerken eingesetzt, wo eine Trägerbohlenwand eine zu kleine Wandsteifigkeit besitzt [28, S.384].

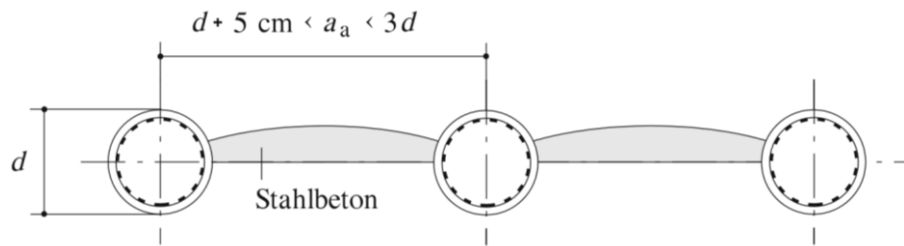


Abbildung 3.30: Aufgelöste Bohrpfahlwand [19, S.384]

Der Abstand der Pfähle bei tangierenden Bohrpfahlwände nach Abbildung 3.31 beträgt hingegen nur 5 bis 10 cm. Dabei werden grundsätzlich nur bewehrte Pfähle eingesetzt. Infolge der engeren Pfahlanordnung können bei der tangierenden Ausführungsvariante hohe Biegemomente aufgenommen werden und der Baugrund wird im Zuge der Aushubarbeiten nicht aufgelockert. Daher ist der Hauptanwendungsbereich von tangierenden Bohrpfahlwände die Sicherung von benachbarten Bauwerken [4, S.421].

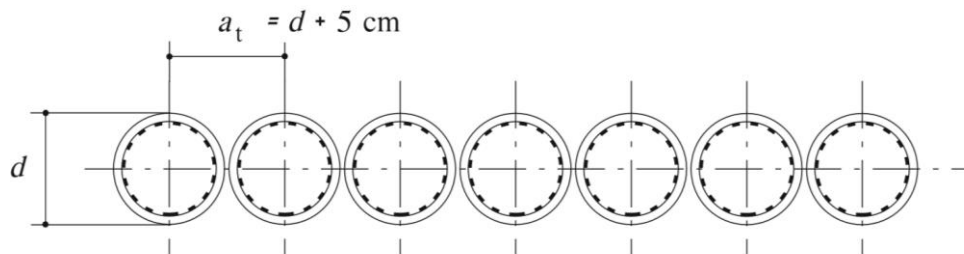
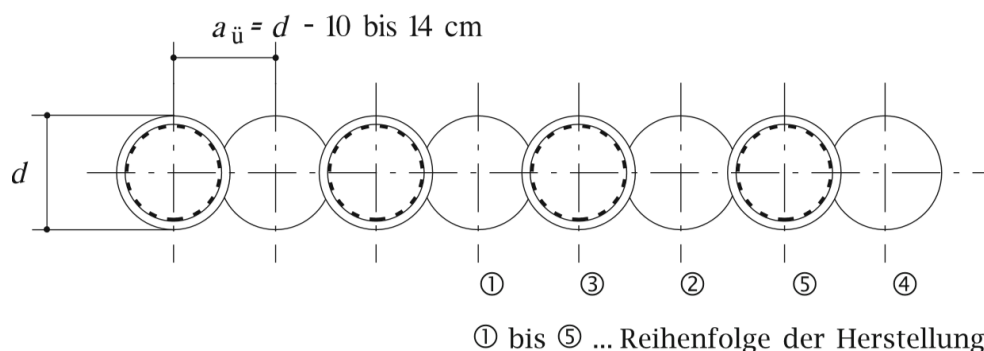


Abbildung 3.31: Tangierende Bohrpfahlwand [19, S.384]

Als einzige von den drei Ausführungsformen stellt die überschnittene Bohrpfahlwand gemäß Abbildung 3.32 eine wasserdichte Baugrubenumschließung dar. Hierfür kommt das sogenannte Pilgerschrittverfahren zur Anwendung. Dabei erfolgt im ersten Arbeitsschritt das Abteufen der unbewehrten Primärpfähle. Beim anschließenden Bohren der Sekundärpfähle werden die Primärpfähle angeschnitten. Die Sekundärpfähle werden mit Bewehrung ausgeführt und somit die Bohrpfahlwand fertiggestellt [4, S.421 f].



① bis ⑤ ... Reihenfolge der Herstellung

Abbildung 3.32: Überschnittene Bohrpfahlwand [19, S.384]

3.5 Deckelbauweise

Bei der Deckelbauweise wird von der herkömmlichen Bauweise, bei der zuerst die Herstellung der Baugrube erfolgt und anschließend das Bauwerk errichtet wird, abgewichen. Stattdessen wird das Bauwerk mit der Baugrube gleichzeitig hergestellt [17, S.621].

Zu Beginn wird ein Verbau in den Baugrund eingebracht. Dabei ist in den meisten Fällen aufgrund der großen aufzunehmenden Belastungen aus Erddruck, Wasserdruck und der darüber folgenden Bebauung eine Verbaumethode mit einer hohen Tragfähigkeit und geringen Verformungen notwendig. Diese sind beispielsweise überschnittene oder tangierende Pfahlwände nach Kapitel 3.4 oder Schlitzwände gemäß Kapitel 3.3. Nach einem Voraushub erfolgt die Betonage eines Deckels, der einen Bauteil der weiteren Bebauung darstellt. Außerdem dient der Deckel als Aussteifung der Verbauwände. Nachdem dieser fertiggestellt ist, wird der Baugrund unterhalb des Deckels ausgehoben. Gegebenenfalls werden weitere Untergeschoßdecken hergestellt. Dabei kommt es abwechselnd zum Aushub und zur Aussteifung der Baugrube. Bei Erreichen der geplanten Tiefe wird eine Bodenplatte als Abschluss betoniert. Somit stellt ein sehr verformungsarmer Verbau das Ergebnis der Deckelbauweise dar [17, S.621 f].

3.6 Sonderbauverfahren

Im folgenden Kapitel werden die Vor- und Nachteile der Nebenbauverfahren und deren Verfahrenstechniken erläutert. Diese kommen aufgrund ihrer gesonderten Einsatzmöglichkeiten seltener als Trägerbohl-, Spund-, Bohrpfahl- und Schlitzwände zur Anwendung [90].

3.6.1 Elementwände

Elementwände werden hauptsächlich als Stützung für steile Hanglagen und rutschgefährdete Baugrubenwände eingesetzt [34, S.787]. Dabei kommen bewehrter Spritzbeton und Stahlbetonfertigteile, die mittels Verpressanker rückverankert sind, zur Anwendung. Der Aushub des Bodens erfolgt in Abschnitten, welche mit Hilfe von bewehrten Spritzbeton gesichert werden. Im Anschluss daran wird die Bohrung der Verpressanker durchgeführt und die Elemente aus Stahlbeton, auch Ankerplatten genannt, können eingesetzt werden. Der Spannvorgang der Anker erfolgt nachdem der Verpressmörtel erhärtet ist. Danach wird mit dem nächsten Abschnitt fortgesetzt [17, S.590]. Eine kurzfristige Standfestigkeit des Bodens ist bei der Herstellung von Elementwänden eine wichtige Voraussetzung [8, S.743].

Je nach Anordnung der Ankerplatten werden zwei verschiedene Ausführungsformen von Elementwänden angewendet:

- ◆ geschlossene Elementwand
- ◆ aufgelöste Elementwand [34, S.788 ff]

Bei der geschlossenen Variante nach Abbildung 3.33 werden die Stahlbetonelemente ohne Abstand zueinander angeordnet. Dabei ergibt sich eine flächenhafte Stützung des Baugrundes. Als Ankerplatten kommen Fertigteile oder Elemente aus bewehrten Ortbeton zur Anwendung. Im Gegensatz dazu wird bei aufgelösten Elementwänden gemäß Abbildung 3.34 nur jene Anzahl an Ankerplatten verwendet, die nach erdstatischen Erfordernissen notwendig sind. Die freigebliebenen Flächen bleiben entweder bei Fels unbehandelt oder werden bei Böden biologische verbaut [34, S.788 ff].

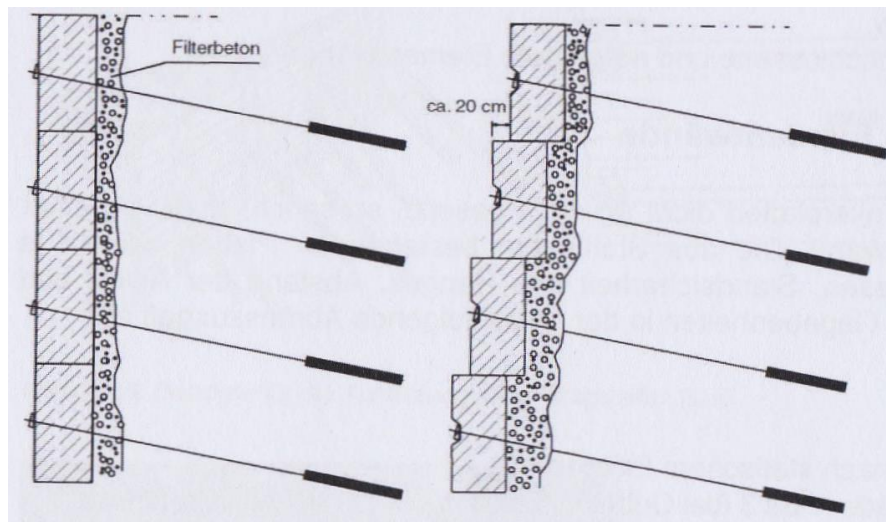


Abbildung 3.33: geschlossenen Elementwand: gerade (links), versetzt (rechts) [8, S.744]

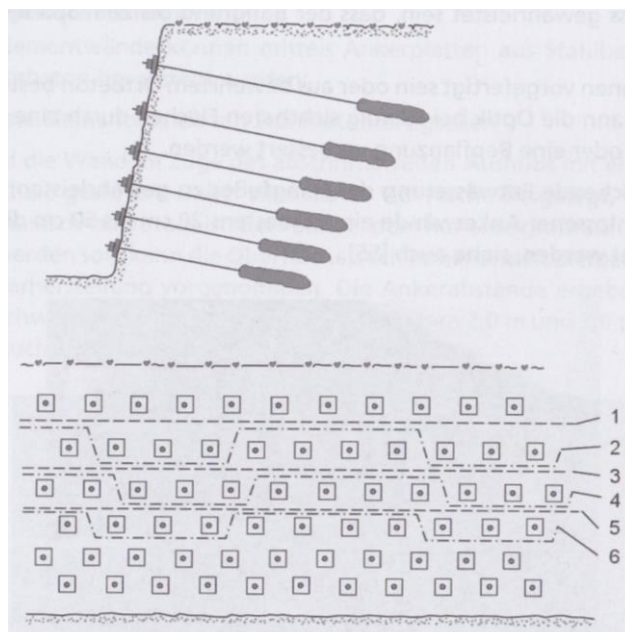


Abbildung 3.34: aufgelöste Elementwand [17, S.591 f]

Aufgrund eines erhöhten Setzungsrisikos werden diese in der Nähe von bestehenden Gebäuden kaum angewendet. Vorteilhaft ist jedoch, dass bei der Herstellung verhältnismäßig leichte Geräte zum Einsatz kommen. Dies ist vor allem bei schwierigen Geländebedingungen günstig [8, S.743 ff].

3.6.2 Erdbetonwände

Eine Alternative zu den herkömmlichen Verbaumethoden für wasserdichte Baugruben stellen Erdbetonwände dar. Durch mechanisches oder hydraulisches Einmischen von Bindemittelsuspensionen in den Boden entsteht ein Erdbetonkörper. Dieser kann sowohl für die Gründung eines Bauwerkes, als Dichtwand oder als tragfähige Baugrubenumschließung herangezogen werden. Damit eine Erdbetonwand auch entsprechende Lasten abtragen kann, sind vertikale Tragelement erforderlich. Dabei werden beispielsweise Profile aus Stahl, Spundwandprofile oder eingerüttelte Bewehrungskörbe eingesetzt [17, S.583 ff].

Im Vergleich zu Trägerbohlwänden nach Kapitel 3.1 weisen Erdbetonwände geringere Verformungen auf und können daher zu den steifen Verbauarten gezählt werden. Dies ist darauf zurückzuführen, dass kein Einbau einer Ausfachung wie bei einem Trägerbohlverbau notwendig ist und daher auch keine Entspannung des Baugrundes auftritt [5 S.5/10 u.17, S.583].

Neben einer möglichen wasserdichten Ausführung sind geringer Lärm und Erschütterungen weitere Vorteile von Erdbetonwänden. Außerdem sind sie sehr anpassungsfähig. Jedoch sind Erdbetonwände nur bis einer Tiefe von etwa 30 m herstellbar. Weiters stellen bindige oder sehr feste Böden eine Einschränkung bei der Ausführbarkeit dar. Im Vergleich zu Schlitzwänden nach Kapitel 3.3 oder Pfahlwänden gemäß Kapitel 3.4 sind Erdbetonwände weniger belastbar [17, S.583].

Ausführungsformen

Bei Erdbetonwänden werden dieselben Ausführungsformen wie bei Pfahlwänden nach Kapitel 3.4.2 angewendet. Es gibt daher aufgelöste, tangierende und überschchnittene Varianten. Erdbetonkörper weisen eine geringe Durchlässigkeit auf, daher kann bei Anwendung der überschrittenen Ausführungsform eine wasserdichte Baugrubenumschließung hergestellt werden [17, S.585].

Verfahrenstechnik

Aufgrund der Vielzahl zur Verfügung stehenden Verfahren zur Herstellung von Erdbetonwänden werden im Folgenden beispielhaft vier Methoden erläutert:

- ◆ Herstellung mit Endlosschnecke: MIP-Verfahren
- ◆ Herstellung mit Fräsen: CSM-Verfahren
- ◆ Mixen mit Paddeln: DSM-Verfahren
- ◆ Mixen mit Mischkopf: WSM-Verfahren [17, 586 ff]

Ein Verfahren zur Herstellung von Erdbetonwänden mittels Endlosschnecke ist beispielsweise das von der Firma Bauer Maschinenbau GmbH entwickelte **Mixed-In-Place-Verfahren** (MIP-Verfahren). Dabei werden entweder Einfach- oder Dreifachschnecken, wie in Abbildung 3.35 ersichtlich, eingesetzt. Diese brechen den Untergrund auf, lagern ihn um und die Porenräume werden mit Hilfe einer Bindemittelsuspension ausgefüllt [68, S.33]. Über die Hohlseele der Endlosschnecken gelangt die Suspension im Zuge des Abbohr- und Ziehvorganges in den Untergrund. Das MIP-Verfahren kommt bei Grobschluff, Sand, Kies und faustgroßen Steinen zur Anwendung. Hingegen sind Böden von Ton bis Mittelschluff und Fels für dieses Verfahren nicht geeignet [70, S.2 f].

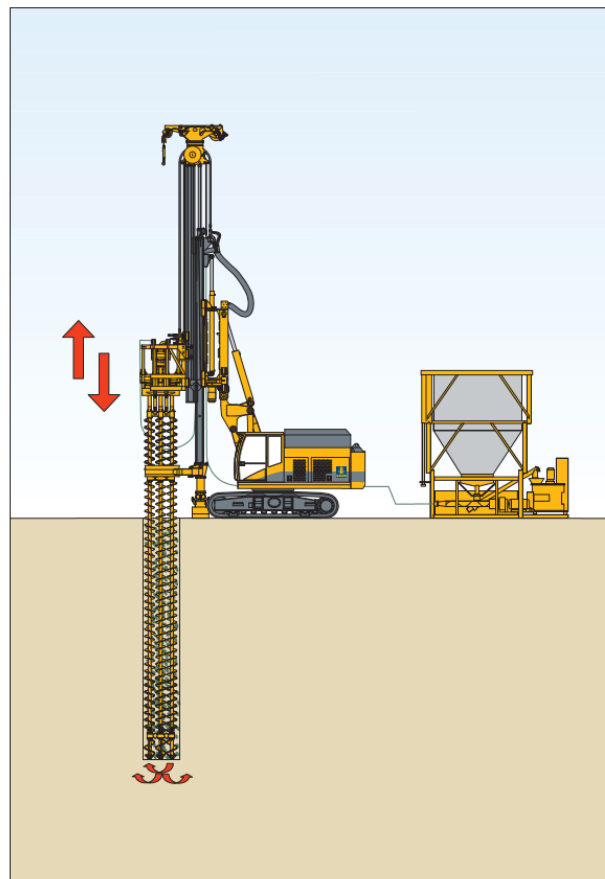


Abbildung 3.35: Arbeitsschritte MIP-Verfahren [68, S.33]

Das von den Firmen Bauer Maschinen GmbH und Soletanche-Bachy entwickelte **Cutter-Soil-Mixing-Verfahren** (CSM-Verfahren) setzt Fräsen zur Herstellung von Erdbetonwänden ein. Mit Hilfe von zwei Fräsrädern wird der Baugrund gelöst. Während dem Lösen wird der Boden durch das Drehen der Fräsen mit bindemittelhaltiger

Suspension gemäß Abbildung 3.36 vermischt. Dabei gelangt die Suspension durch Pumpen zwischen den Fräsrädern in den Baugrund. Beim Ziehvorgang des Mischkopfes wird das bereits vorhandene Gemisch aus Boden und Suspension mittels schnell drehenden Mischrädern weiter homogenisiert. Der Hauptanwendungsbereich des CSM-Verfahrens liegt bei locker bis mitteldicht gelagerten kiesigen Sanden. Ungeeignet hingegen sind Böden mit unregelmäßigen Aufbau oder dichter Lagerungen. Außerdem sind Baugründe mit Steinen oder hohen organischen Anteilen ungünstig für dieses Verfahren, da diese die Endfestigkeit des Erdbetonkörpers herabsetzen [69, S.3 ff].

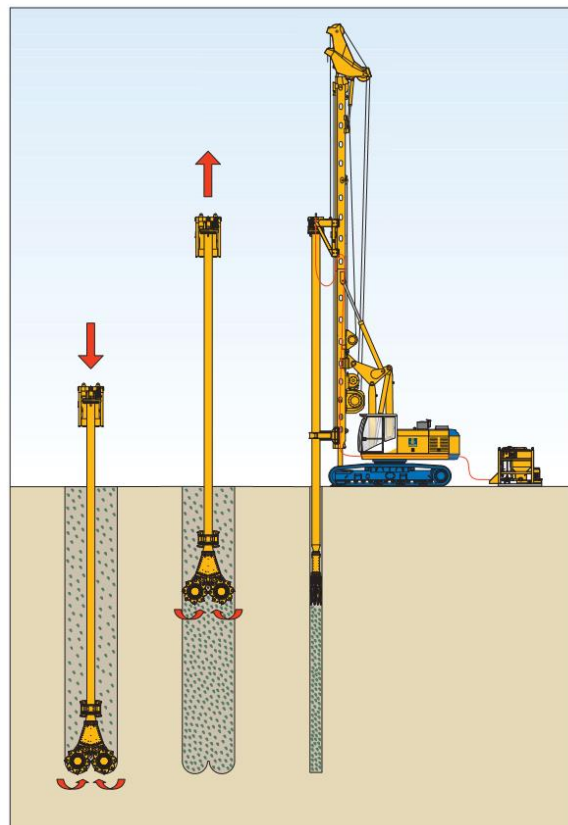


Abbildung 3.36: Arbeitsschritte CSM-Verfahren [68, S.33]

Das **Deep-Soil-Mixing-Verfahren** (DSM-Verfahren) wurde von der Firma Keller Grundbau GmbH entwickelt. Dabei wird in Nass- und Trocken-Misch-Verfahren unterschieden. Das Nass-Mischen-Verfahren kommt bei Ton, Schluff, Sand oder sandigen Kies mit geringen Wassergehalt zur Anwendung. Dabei wird ein mäklergeführtes Mischwerkzeug mit Paddeln und Bohrkopf gemäß Abbildung 3.37 eingesetzt. Im Zuge des Abbohrvorganges tritt die Zementsuspension durch Düsen am Bohrkopf aus und wird mit Hilfe der Paddel mit dem anstehenden Baugrund vermischt. Während des Ziehens des Bohrgestänges kommt es zu einer weiteren intensiven Durchmischung [17, S.588 u. 72, S.3 ff].

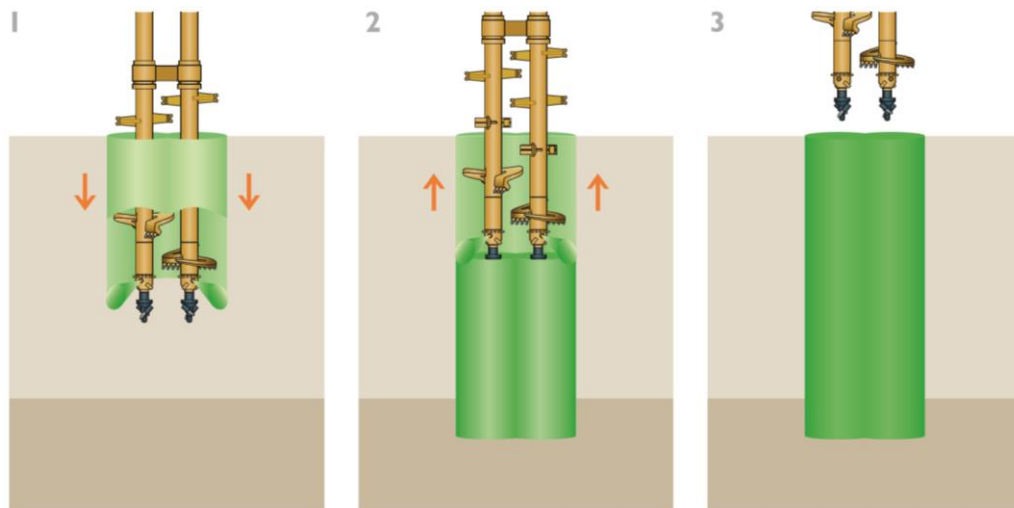


Abbildung 3.37: Arbeitsritte DSM-Trocken-Misch-Verfahren [72, S.4]

Voraussetzung für das Trocken-Misch-Verfahren ist ein ausreichend hoher Wassergehalt im Boden, damit eine Reaktion zwischen dem nun trocken eingebrachten Bindemittel und dem Baugrund stattfinden kann. Demnach liegt der Anwendungsbereich dieses Verfahrens bei weichen Böden mit hohem Grundwasseranteil. Nach dem Abbohren des Gestänges wird der Boden während des Ziehvorganges gemäß Abbildung 3.38 mit dem Bindemittel vermischt [72, S.3 ff].

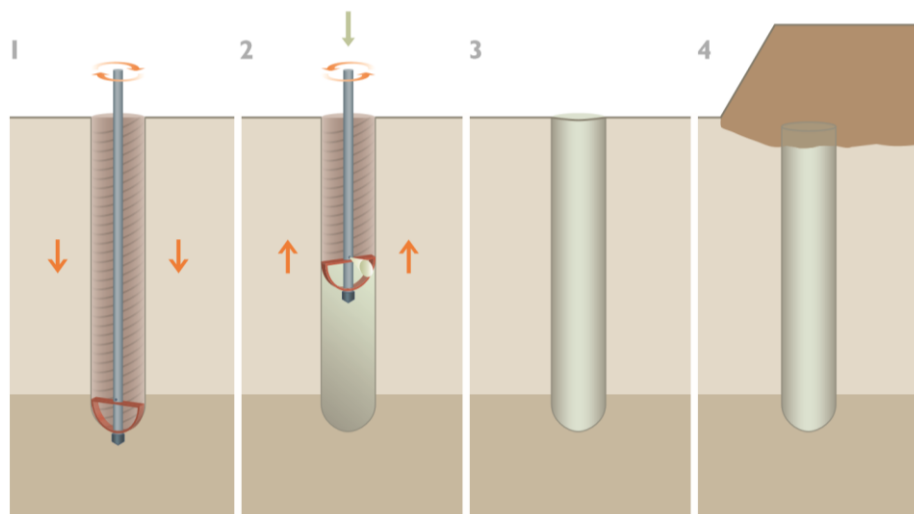


Abbildung 3.38: Arbeitsritte DSM-Nass-Misch-Verfahren [72, S.6]

Ein weiteres Verfahren zur Herstellung von Erdbetonwänden stellt das **Wet-Speed-Mixing Verfahren** (WSW-Verfahren) von der Firma ABI dar. Dabei wird nach Abbildung 3.39 ein Mischkopf in den Untergrund gebohrt. Während des Bohrvorganges kommt es zu einer Vermischung zwischen dem anstehenden Boden und der ständig zugeführten Zementsuspension. Nach Erreichen der geplanten Tiefe wird das bereits vorhandene Gemisch während des Ziehvorganges erneut mit Suspension durchmischt. Das WSW-Verfahren kommt hauptsächlich in gleichmäßig aufgebauten Böden mit ausreichendem Porenvolumen zur Anwendung [67, S.2 ff].

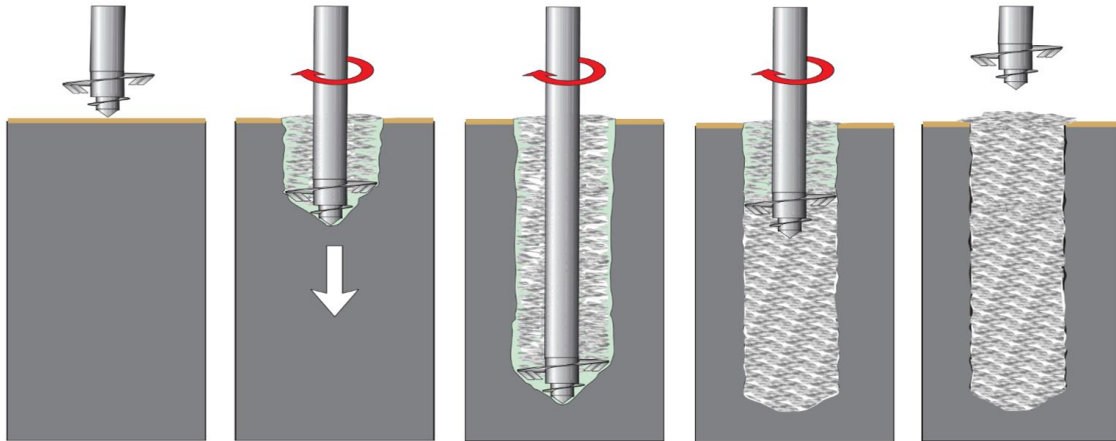


Abbildung 3.39: Arbeitsschritte WSW-Verfahren [67, S.4]

3.6.3 Düsenstrahlwände

Der Einsatz von Düsenstrahlwänden bietet sich vor allem bei Baugruben an, die unmittelbar neben einer bestehenden Bebauung hergestellt werden. Dabei bildet die Düsenstrahlwand gemäß Abbildung 3.40 eine Unterfangung für die vorhandenen Bauwerke [17, S.598]. Weitere Anwendungen im Bereich tiefer Baugruben sind die Wände zur Abdichtung und die Herstellung von wasserdichten Baugrubenumschließungen nach Abbildung 3.40 oder auch Dichtsohlen nach Kapitel 3.7.2 [12, S.161]. Dabei wird der vorhandene Baugrund mit Bindemittel vermischt. Dies erfolgt unter hohem Druck, wodurch die Struktur des Bodens gänzlich zerstört wird. Durch diese Vorgehensweise wird ein verfestigter Körper im Untergrund hergestellt [22, S.H/2].

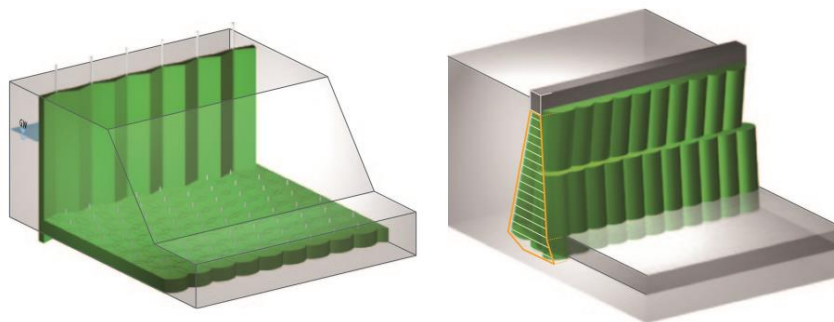


Abbildung 3.40: Lamellenwand mit Dichtsohle (links), Unterfangungskörper (rechts) [71, S.7]

Vorteilhaft bei der Anwendung von Düsenstrahlwänden sind geringe Erschütterungen und Lärmemissionen. Weiters besteht nur eine geringe Gefahr von Setzungen und dieses Verfahren ist auch im Grundwasser einsetzbar [23, S.150 f]. Prinzipiell kann das Düsenstrahlverfahren in fast allen Bodenarten eingesetzt werden. Problematisch sind jedoch Böden mit einem hohen organischen Anteil und aggressivem Grundwasser, da dadurch die Qualität des Düsenstrahlkörpers beeinträchtigt sein kann [8, S.955]. Hauptsächlich werden Düsenstrahlwände in diversen Lockergesteinen von 3 bis 30 m Tiefe hergestellt [23, S.151].

Verfahrenstechnik

Für die Herstellung einer Düsenstrahlwand gemäß Abbildung 3.41 wird als erster Arbeitsschritt eine Injektionslanze im Drehbohrverfahren bis zur Endtiefe abgeteuft. Anschließend erfolgt das Düsen. Dabei tritt ein scharfer Strahl unter großem Druck an der Lanzenspitze aus. Dadurch wird der anstehende Boden aufgeschnitten und erodiert. In weiterer Folge vermischt sich die Bindemittelsuspension mit dem Bodenmaterial durch das drehende Zurückziehen des Bohrgestänges, wodurch als Endergebnis ein betonartiger Bauteil im Baugrund vorhanden ist. Jener Bodenanteil, der während des Düsens gelöst wird, wird zusammen mit der überflüssigen Suspension durch den Rücklauf hinaufgespült und entsorgt. Dieser Vorgang wird solange wiederholt, bis durch Aneinanderreihung oder Überschneidung der geplante Verfestigungskörper fertiggestellt ist [17, S.601 u. 22, S.H/2 f].

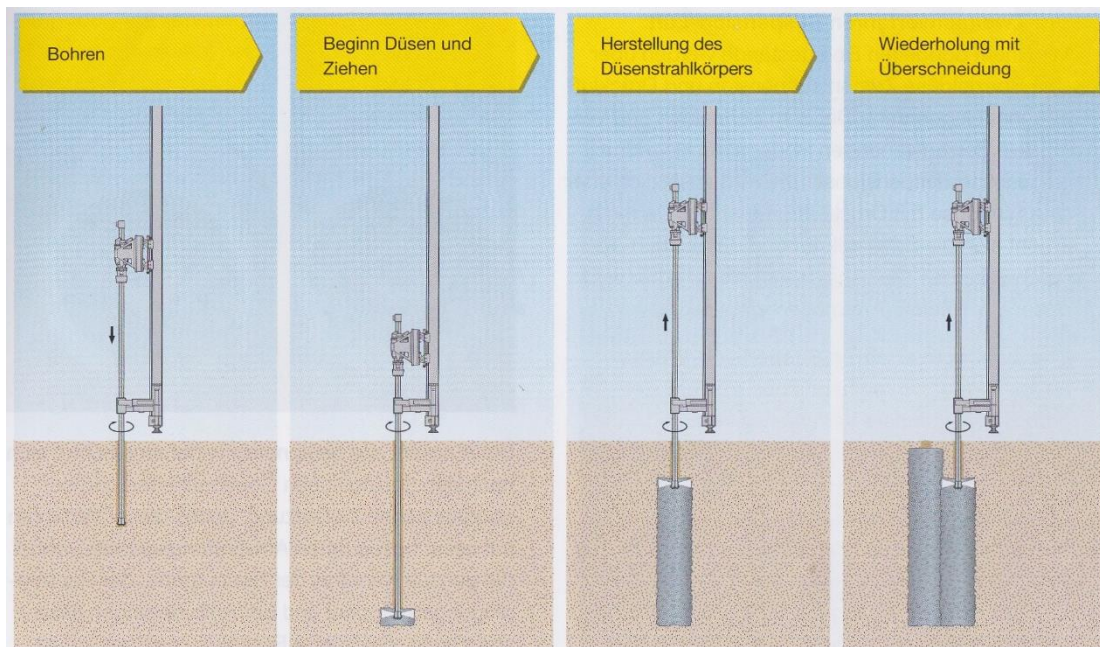


Abbildung 3.41: Arbeitsschritte zur Herstellung einer Düsenstrahlwand [22, S.H/3]

Für die Herstellung von Düsenstrahlwänden werden heutzutage drei verschiedene Techniken angewendet:

- ◆ Einfachverfahren (Simplex)
- ◆ Zweifachverfahren (Duplex)
- ◆ Dreifachverfahren (Triplex) [23, S.149]

Aus Tabelle 3.8 sind nähere Informationen zu den genannten Verfahren zu entnehmen und in Abbildung 3.42 sind die jeweiligen Techniken durch eine bildliche Darstellung verdeutlicht.

Tabelle 3.8: Techniken des Düsenstrahlverfahrens [23, S.149]

Verfahren	Prinzip	Material und Pumpendruck	Boden	Einsatzbereiche
Einfachverfahren (Simplex)	Einfachgestänge mit Düse, bei dem der Strahl gleichzeitig zum Schneiden und Vermörteln genutzt wird	Hochdruck Zement Suspension mit ca.200 bis 600 bar	erodierbarer Boden, im Grundwasser anwendbar	geringe Tiefe, kleine bis mittlere Durchmesser
Zweifachverfahren (Duplex)	Zweikanal-Bohrgestänge, das aus zwei getrennten, radial angeordneten Zuläufen für Luft und Suspension besteht	Hochdruck Zement Suspension mit ca.200 bis 600 bar, Ringdüse koaxial mit 2 bis 12 bar Druckluft	sandiger und kiesiger Boden, im Grundwasser anwendbar	Lamellenwände, Dichtsohlen, Gebäudeunterfangungen, Durchmesser bis 3 m
Dreifachverfahren (Triplex)	Dreikanal-Bohrgestänge mit getrennter Zuführung von Schneidwasser, Luft und Suspension, sodass die Vorgänge Schneiden und Vermörteln räumlich getrennt sind, aber in einem Arbeitsgang ausgeführt werden	Hochdruckwasserstrahl mit Drücken von 300 bis 400 bar, Ringdüse koaxial druckluftummantelt, Zement Suspensionsdüse von 10 bis 30 bar	sandiger bis kiesiger Boden, im Grundwasser anwendbar	Gebäudeunterfangungen, Dichtwände, Sohlen, Durchmesser von 2 m

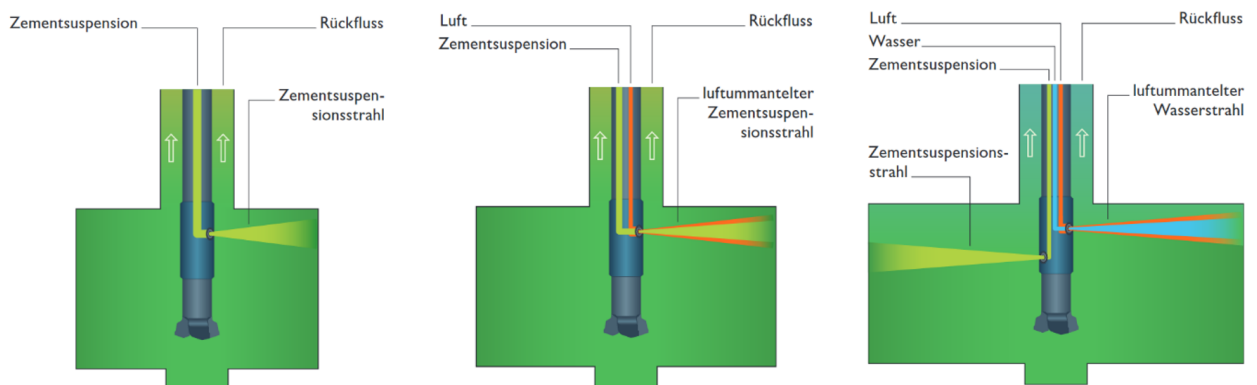


Abbildung 3.42: Einfachverfahren (links), Zweifachverfahren (mitte) Dreifachverfahren (rechts) [71, S.6]

3.7 Wasserhaltung

Damit eine problemlose Bauausführung gewährleistet ist, müssen in den meisten Fällen bei Baugruben, deren Aushubsohle unter den Grundwasserspiegel liegt, entsprechende Maßnahmen zur Trockenhaltung durchgeführt werden [23, S.290]. Dabei kommen folgende Methoden zur Anwendung:

- ◆ Grundwasserhaltung
 - offene Wasserhaltung
 - geschlossene Wasserhaltung
- ◆ Grundwasserabsperzung
 - vertikale Wasserabsperzung
 - horizontale Wasserabsperzung [17, S.807 f]

3.7.1 Grundwasserhaltung

Je nach Absperrtiefe und Bodenart kann aus Abbildung 3.43 eine geeignete Maßnahme zur Grundwasserhaltung gewählt werden.

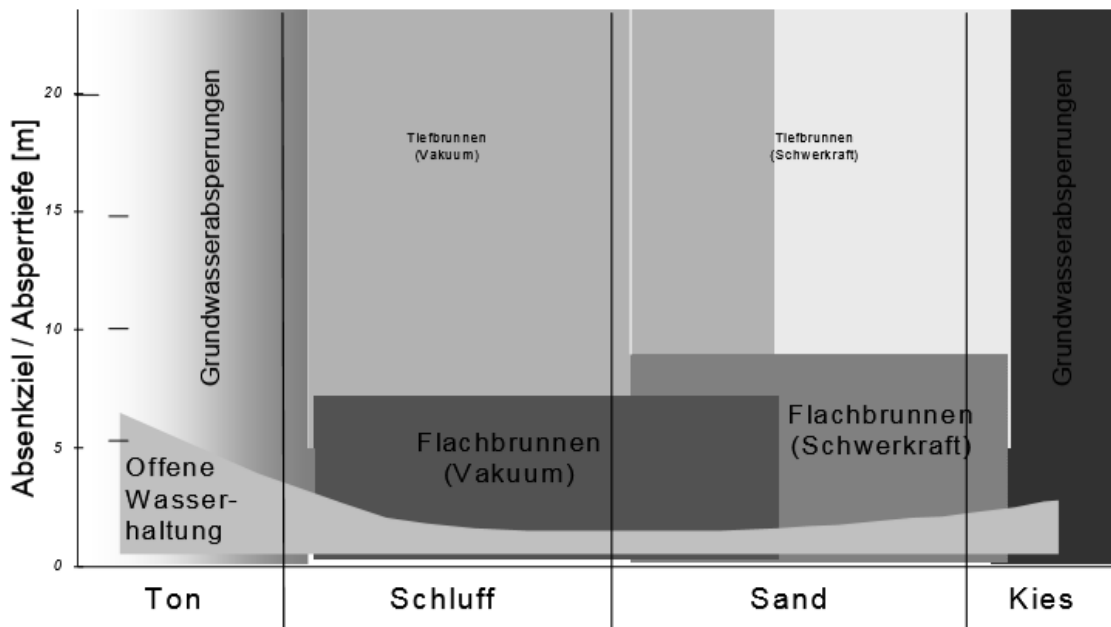


Abbildung 3.43: Auswahl der Wasserhaltungsmaßnahme [12, S.95]

Offene Wasserhaltung

Bei der Methode der offenen Wasserhaltung wird mit Hilfe von Gräben, Dränagen und Sickerleitungen das anfallende Wasser gesammelt. Nach Weiterleitung des Wasseranfalls zu Pumpensümpfen wird dieser abgepumpt [8, S.1052]. Eine mögliche Ausführung einer offenen Wasserhaltung ist in Abbildung 3.44 dargestellt. Wichtig bei Anwendung dieser Maßnahme ist ein standfester Untergrund, wie beispielsweise grobe Kiese, bindige Böden oder Fels [33, S.609]. Aufgrund der Gefahr eines hydraulischen Grundbruchs ist der Einsatz dieser Methode in ihrer Tiefe begrenzt [17, S.810].

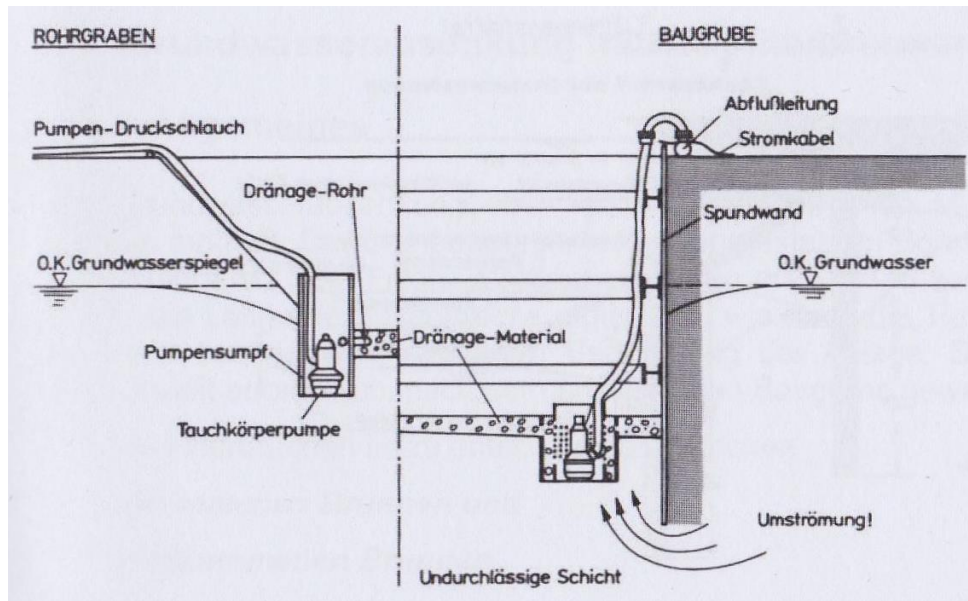


Abbildung 3.44: Beispiel für eine offene Wasserhaltung [8, S.1053]

Geschlossene Wasserhaltung

Die geschlossene Wasserhaltung kommt zur Anwendung, wenn die abzupumpende Wassermenge gemäß Abbildung 3.43 zu hoch für den Einsatz einer offenen Wasserhaltung ist. Damit eine ausreichend trockene Baugrube gewährleistet ist, muss der Grundwasserspiegel künstlich abgesenkt werden. Hierfür werden bei der geschlossenen Wasserhaltung folgende Methoden unterschieden:

- ◆ Schwerkraftentwässerung
- ◆ Vakuumentwässerung [17, S.811]

Bei der Schwerkraftentwässerung wird mit Hilfe von Brunnen das Grundwasser abgesenkt. Dabei werden die Brunnen so angeordnet, dass sich deren Absenktrichter überschneiden. Aufgrund des hydrostatischen Gefälles bzw. der Schwerkraft fließt das Wasser den Brunnen zu. Je nach Absenkziel werden dabei Flach- oder Tiefbrunnen eingesetzt. Gemäß Abbildung 3.43 kommen bei kleinen Wassermengen Flachbrunnen und bei großen Beträgen Tiefbrunnen zur Anwendung [17, S.812]. Das Wasser wird bei einer Flachbrunnenanlage durch selbstsaugende Kreiselpumpen gefördert. Dabei befinden sich die Pumpen wie in Abbildung 3.45 an der Geländeoberfläche und erzeugen einen Unterdruck, wodurch eine Wasserförderung durch die Saugrohre möglich ist. Im Gegensatz dazu wird bei Tiefbrunnenanlagen gemäß Abbildung 3.45 das Wasser in die Höhe gedrückt. Hierfür befindet sich eine Pumpe in jedem Brunnen [23, S.370 f]. Grundsätzlich kommt die

Schwerkraftentwässerung in Böden mit einem k_f -Wert⁶ von 1×10^{-2} m/s bis 1×10^{-5} m/s zur Anwendung [17, S.812].

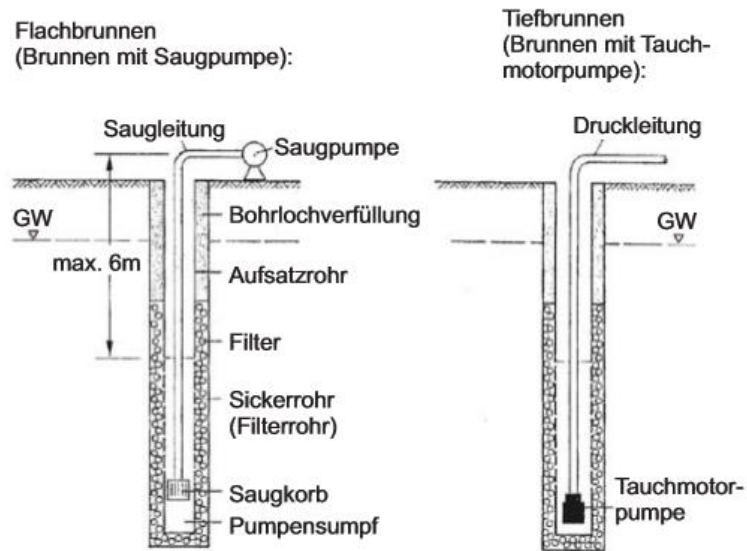


Abbildung 3.45: Brunnenarten zur Schwerkraftentwässerung [18, S.XII-2]

Vakuumentwässerung

Bei der Vakuumentwässerung werden ebenfalls Brunnen hergestellt [17, S.812]. Jedoch werden Vakuumbrunnen bei weniger durchlässigen Bodenarten herangezogen, bei denen die Schwerkraft für ein Fließen des Wassers zu den Brunnen zu gering ist [23, S.386]. Die k_f -Werte der Böden bewegen sich dabei zwischen 1×10^{-5} m/s und 1×10^{-7} m/s [17, S.813]. Bei dieser Methode wird durch das Vakuum ein Unterdruck im Brunnen erzeugt, der für ein Ansaugen des anstehenden Grundwassers sorgt. Dabei werden je nach Absenkziel gemäß Abbildung 3.46 Flach- oder Tiefbrunnen eingesetzt [23, S.387 f]. Der Unterschied zwischen den beiden Ausführungsvarianten liegt darin, dass bei Flachbrunnen das Ansaugen und Abpumpen des Wassers mit Hilfe einer Vakuumpumpe erfolgt. Bei Tiefbrunnen wird die Vakuumpumpe nur für das Ansaugen eingesetzt. Gehoben wird das Wasser von einer separaten Tauchpumpe [18, S.XIII-3].

⁶ k_f -Wert (Durchlässigkeitsbeiwert): Ist ein Kennwert zur „Beurteilung der Wasserdurchlässigkeit von natürlichen und künstlichen Erdkörpern [59, S.1].“

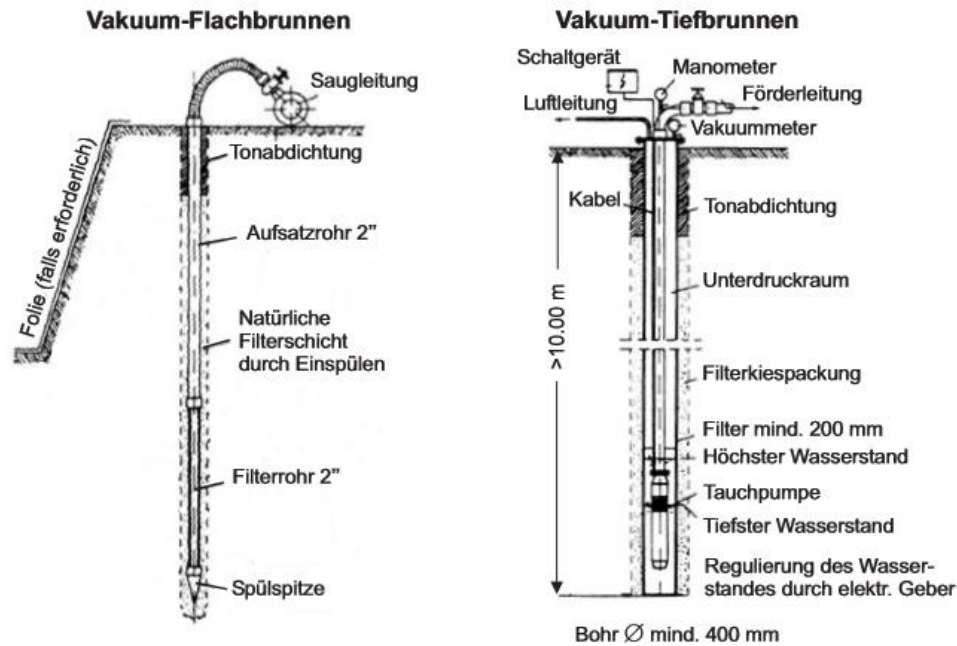


Abbildung 3.46: Brunnenarten zur Vakuumentwässerung [18, S.XIII-3]

3.7.2 Grundwasserabsperrung

Neben der Auswahl nach Abbildung 3.43 wird bei langer Bauzeit oder Untersagung von Methoden der Grundwasserhaltung eine wasserdichte Baugrube ausgeführt. Hierfür werden Verfahren zur vertikalen und horizontalen Wasserabsperrung herangezogen [8, S.1075]

Vertikale Wasserabsperrung

Für eine vertikale Wasserabsperrung können folgende Bauverfahren angewandt werden:

- ◆ Spundwände (vgl. Kapitel 3.2)
- ◆ Schlitzwände (vgl. Kapitel 3.3)
- ◆ Bohrpfähle in überschnittener Ausführung (vgl. Kapitel 3.4)
- ◆ Erdbetonwände (vgl. Kapitel 3.6.2)
- ◆ Düsenstahlwände (vgl. Kapitel 3.6.3)

Horizontale Wasserabsperrung

Als horizontale Wasserabsperrung können folgende Möglichkeiten herangezogen werden:

- ◆ natürliche Abdichtung
- ◆ Düsenstrahlsohle
- ◆ Unterwasserbetonsohle
- ◆ Weichgelsohle [17, S.609]

Für die Verwendung einer **natürlichen Abdichtung** müssen Bodenschichten mit einer schwachen Durchlässigkeit unterhalb der Baugrubensohle vorhanden sein. Ist diese

Voraussetzung gegeben, so werden die vertikalen Baugrubenverbauten bis in die gering durchlässigen Bodenschichten gemäß Abbildung 3.47 hergestellt. Während den Aushubarbeiten wird das Wasser in der Baugrube mit Hilfe von Pumpen entfernt [17, S.611].

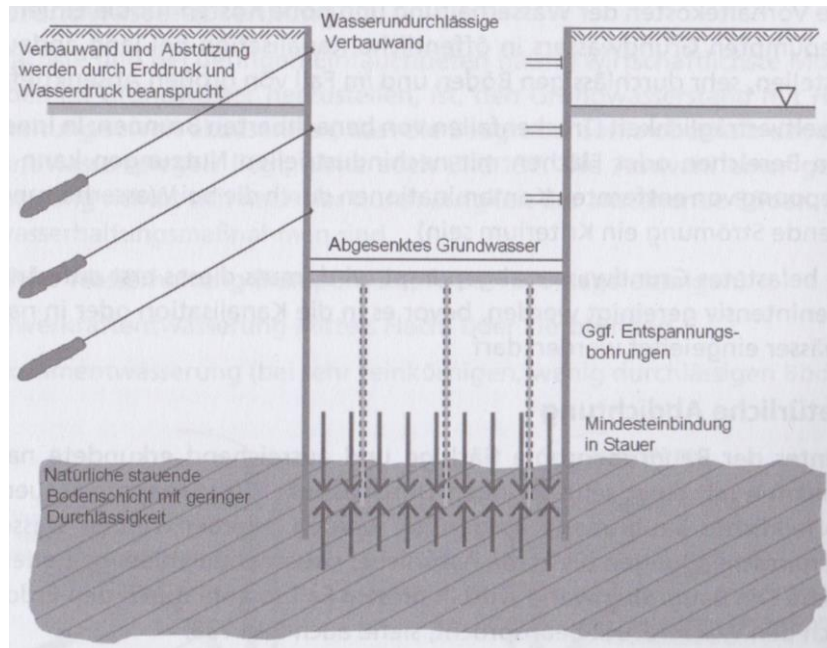


Abbildung 3.47: Baugrube mit natürlicher Sohlenabdichtung [17, S.612]

Düsenstrahlsohlen werden in der gleichen Weise wie Düsenstrahlwände gemäß Kapitel 3.6.3 hergestellt. Dabei kommt das Duplex- oder Triplex-Verfahren zur Anwendung [23, S.149]. Abhängig von der Tiefe der Sohle werden folgende Ausführungsformen nach Abbildung 3.48 unterschieden:

- ◆ hoch liegende Düsenstrahlsohle
- ◆ mitteltief liegende Düsenstrahlsohle
- ◆ tief liegende Düsenstrahlsohle [17, S.612]

Der Unterschied zwischen den genannten Varianten liegt darin, dass bei tief liegenden Sohlen die Auftriebssicherheit ausschließlich von der Auflast der oberhalb befindlichen Bodenschicht gewährleistet wird. Hingegen werden bei mittel und hoch liegenden Düsenstrahlsohlen neben einer möglichen Bodenauflast das Sohleneigengewicht, das über Kontaktreibung aktivierte Verbauwandeigengewicht, der vertikale Anteil der Rückverankerungskraft und Kräfte aus den erforderlichenfalls nötigen Rückverankerungen der Sohle für den Nachweis der Auftriebssicherheit herangezogen. Bei mittel und hoch liegenden Düsenstrahlsohlen werden Bohrmeter und Herstellzeit geringer gehalten als bei der tief liegenden Ausführungsvariante. Außerdem kann letztere bei ungünstigen Bodenschichten im erforderlichen tiefen Bereich nicht hergestellt werden [17, S.612].

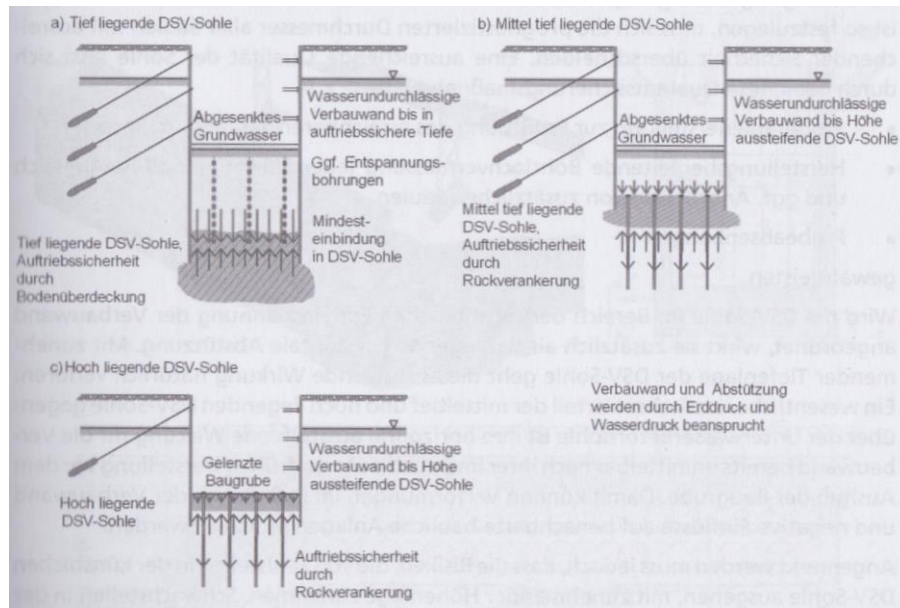


Abbildung 3.48: Ausführungsformen von Düsenstrahlsohlen [17, S.613]

Unterwasserbetonsohlen werden als horizontale Abdichtung und Abstützung für die vertikale Baugrubenumschließung verwendet [17, S.613]. Bei der Herstellung von Unterwasserbetonsohlen gemäß Abbildung 3.49 wird zuerst nach erfolgter Errichtung eines vertikalen Verbau bis zum Grundwasserspiegel trocken ausgehoben. Anschließend wird die Baugrubenumschließung verankert und der Aushub wird unter Wasser bis zur geplanten Tiefe fortgesetzt. Darauf erfolgt der Einbau der notwendigen Zuganker. Dabei kommen Mikropfähle, Rüttelinjektionspfähle oder vorgespannte Verpressanker zur Anwendung. Der benötigte Beton wird im Kontraktorverfahren eingebracht [15, S.105 f].

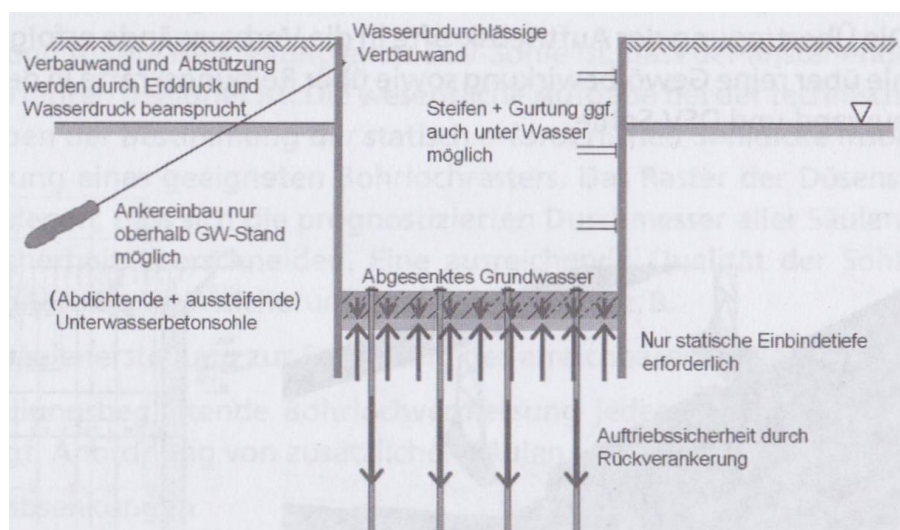


Abbildung 3.49: Unterwasserbetonsohle [17, S.616]

Grundsätzlich werden Unterwasserbetonsohlen unbewehrt hergestellt. Eine bewehrte Ausführung oder der Einsatz von Stahlfasern ist zwar möglich, wird aber aufgrund des hohen Aufwandes kaum angewendet [17, S.616]. Nach dem Erhärten des Betons wird die Baugrube gelenzt und mögliche undichte Stelle können abgedichtet werden [15, S.106].

Neben Düsenstrahlsohlen und Unterwasserbetonsohlen bieten sich in sandigen Böden **Weichgelsohlen** zur horizontalen Abdichtung an. Dabei werden die Porenräume im Untergrund mit einem flüssigen Gel ausgefüllt. Für die Herstellung einer Weichgelsohle werden in regelmäßigen Abständen Injektionslanzen in den Untergrund eingebracht. Anschließend kommt es zur Injektion des Gels unter geringem Druck. Im Anschluss daran wird das Grundwasser innerhalb der Baugrube abgesenkt. Bei der Planung von Weichgelsohlen ist zu beachten, dass diese nur eine abdichtende Funktion und keine statische Wirkung abweist. Daher wird ein Versagen wegen Auftrieb allein durch die Bodenauflast auf der Sohle verhindert. Folglich muss eine entsprechend mächtige Bodenschicht oberhalb der Weichgelsohle gemäß Abbildung 3.50 vorhanden sein [17, S.620 u. 77].

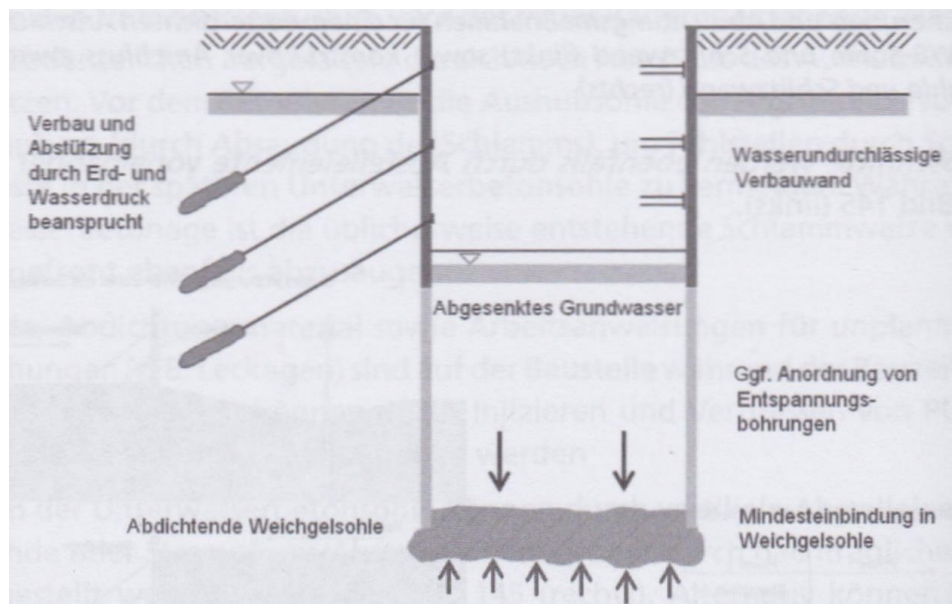


Abbildung 3.50: Weichgelsohle [17, S.620]

3.7.3 Kombinationsmöglichkeiten

Bauverfahren zur vertikalen und horizontalen Grundwasserabsperzung können folgendermaßen nach Tabelle 3.3 kombiniert werden. Dabei ist anzumerken, dass die natürliche Abdichtung kein Bauverfahren darstellt. In Tabelle 3.3 ist damit gemeint, dass die vertikale Baugrubenumschließung zwecks der Wasserdichtheit bis in eine dichte Bodenschicht gemäß Kapitel 3.7.2 reichen soll.

Tabelle 3.9: Kombinationsmöglichkeiten der Bauverfahren zur Wasserdichtheit [17, S.465 u. 39, S.54 f]

Bauverfahren zur Wasserdichtheit	
vertikal	horizontal
Spundwand	Unterwasserbetonsohle, Düsenstrahlsohlen, natürliche Abdichtung, Weichgelsohle
überschnittene Bohrpfahlwand	Unterwasserbetonsohle, Düsenstrahlsohle
Schlitzwand	Unterwasserbetonsohle, Düsenstrahlsohlen, natürliche Abdichtung, Weichgelsohle
Düsenstrahlwand	Unterwasserbetonsohle, Düsenstrahlsohle

3.8 Zusammenfassung

Die vorgestellten Bauverfahren nach Kapitel 3 sind geeignet um Wände von tiefen Baugruben zu sichern. Jede Methode weist spezifische Vor- und Nachteile auf. Im Folgenden sind tabellarisch die wesentlichen Eigenschaften der in den Kapiteln 3.1 bis 3.6 herausgearbeiteten Verbaumethoden dargestellt.

In Tabelle 3.10 sind die geeigneten Bodenarten für die jeweiligen Baugrubenumschließungen aufgelistet.

Tabelle 3.10: Verbauarten nach Bodenart

Verbauart	Bodenart
Trägerbohlwände	alle Bodenarten
Spundwände	je nach Einbringmethode: Ton bis mittelharter Fels
Schlitzwände	je nach Aushubgerät: feinkörnige Böden, Sand bis Fels
Bohrpfahlwände	je nach Bohrverfahren: alle Bodenarten inkl. Fels
Elementwände	vorübergehend standfeste Böden
Erdbetonwände	je nach Methode: Ton bis Kies
Düsenstrahlwände	alle Bodenarten (problematisch: hoher organischer Anteil und aggressives Grundwasser)

In Tabelle 3.11 sind Angaben zu den Eignungen der Verbauarten als wasserdichte Baugrubenumschließung, zur Rückbaubarkeit sowie Platzbedarf zu finden.

Tabelle 3.11: Verbauarten nach Wasserdichtheit, Rückbaubarkeit und Platzbedarf

Verbauart	wasserdicht	rückbaubar	platzsparend
Trägerbohlwände	nein	ja	nein
Spundwände	ja (mit Zusatzmaßnahmen)	ja	nein
Schlitzwände	ja	nein	ja
Bohrpfahlwände	ja (überschnittene Ausführung)	nein	ja
Elementwände	nein	nein	nein
Erdbetonwände	ja	nein	nein
Düsenstrahlwände	ja	nein	nein

Tabelle 3.12 gibt für die jeweiligen Verbauarten die aufnehmbaren Belastungen, die entstehenden Emissionen bei deren Herstellung und das Verformungsverhalten an. Bei der Spalte „Emissionen“ bedeutet „gering“, dass weder Lärm noch Erschütterungen die umliegende Bebauung beeinflussen. In Spalte „Verformungen“ wird mit „biegeweich“ auf jene Verbaumethoden hingewiesen, bei denen Verformungen auftreten müssen, damit Kräfte aufgenommen werden können.

Tabelle 3.12: Verbauarten nach aufnehmbarer Belastung, Emissionen und Verformungen

Verbauart	aufnehmbare Belastung	Emissionen	Verformungen
Trägerbohlwände	Erddruck	je nach Methode	biegeweich
Spundwände	Erd- und Wasserdruck	je nach Methode	biegeweich
Schlitzwände	Erd- und Wasserdruck	gering	verformungsarm
Bohrpfahlwände	Erd- und Wasserdruck + Gebäudelasten	gering	verformungsarm
Elementwände	Erddruck	gering	vorhanden ⁷
Erdbetonwände	Erd- und Wasserdruck	gering	verformungsarm
Düsenstrahlwände	Erd- und Wasserdruck + Gebäudelasten	gering	verformungsarm

⁷ Bei Elementwänden besteht ein erhöhtes Setzungsrisiko [8, S.745].

Die Tabellen 3.10, 3.11 und 3.12 verdeutlichen, dass die möglichen Bauverfahren nicht als äquivalent zu betrachten sind. Es ist unumgänglich die jeweiligen Eigenschaften der Bauverfahren in der Planungsphase zu berücksichtigen und eine auf das gegenständliche Projekt abgestimmte Verbauart auszuwählen. Eine ungeeignete Methode könnte schwerwiegende Folgen nach sich ziehen. Beispielsweise könnten Baugrubenumschließungen, welche biegeweich nach Tabelle 3.12 sind, Schäden an Nachbargebäuden verursachen. Bei einer nicht wasserdichten Verbauart gemäß Tabelle 3.11 würde bei einem Grundwasserspiegel oberhalb der Baugrubensohle ohne weitere Maßnahmen zur Wasserhaltung nach Kapitel 3.7 Wasser in die Baugrube eindringen. Aus der Inhaltanalyse geht nicht hervor, wie tief die Baugrubensohle bei den verschiedenen Verbaumethoden aus wirtschaftlichen und statischen Gesichtspunkten liegen kann. Hierfür sind entsprechende Empfehlungen in Kapitel 6 im Zuge des Auswahlverfahrens angegeben.

4 Baustelleneinrichtung

Unter dem Begriff Baustelleneinrichtung versteht man *„alle Maßnahmen, die ein Unternehmer setzen muss, um eine Baustelle in die Lage zu versetzen, Bauleistungen zu erfüllen.“* [14, S.62]. Dabei sind unter anderem folgende Leistungen für eine funktionierende Baustelleneinrichtung erforderlich: Transport der benötigten Elemente der Baustelleneinrichtung, wie Geräte, Werkzeuge oder Container, Herstellung von Anschlüssen für die Ver- und Entsorgung sowie die Errichtung von Verkehrswegen [14, S.52]. Die Baustelleneinrichtung ist eine Produktionsanlage, die temporär für die Errichtung eines Bauwerkes erstellt wird [11, S.93].

4.1 Planung

Mit der Planung der notwendigen Baustelleneinrichtung empfiehlt es sich unmittelbar nach der Auftragserteilung zu beginnen. Der Abschluss sollte vor Baubeginn erfolgen. Dabei sind folgende Einflussfaktoren zu beachten:

- ◆ konkrete Vertrags- und Angebotsunterlagen
- ◆ Situation des Baufeldes
- ◆ notwendige Ver- und Entsorgungseinrichtungen
- ◆ erforderliche Bescheide und Behördengenehmigungen
- ◆ Ermittlung von Bedarfsspitzen
- ◆ Einsatz von Großgeräten
- ◆ Abstimmung zwischen Bedarf und Angebot [11, S.93]

Die Planung der Baustelleneinrichtung basiert auf den vorhandenen Vertrags- und Angebotsunterlagen. Das bedeutet, sie muss auf die tatsächliche Ausführung abgestimmt sein. Es ist unumgänglich, dass die Situation des vorhandenen Bauplatzes einem Lokalaugenschein unterzogen wird [11, S.98 f]. Dabei wird der verfügbare Lageplan auf Übereinstimmung mit den tatsächlichen Gegebenheiten überprüft und gegebenenfalls mit zusätzlichen Informationen ergänzt [26, S.317]. Im Zuge der Baufeldbesichtigung wird auch die Ver- und Entsorgungssituation festgestellt. Etwaige Genehmigungen wie beispielsweise Eingriffe in den öffentlichen Verkehr sind bei den zuständigen Behörden einzuholen. Schlussendlich ist die Baustelleneinrichtung zwischen dem Bedarf des Bauvorhabens und dem Angebot im Unternehmen abzustimmen [11, S. 99 f].

Als Ergebnis der Planung ist ein Baustelleneinrichtungsplan zu erstellen. Hierfür wird meist als Grundlage der Lageplan des Architekten herangezogen. In diesem sind alle Elemente nach Kapitel 4.2 im Maßstab enthalten. Der Baustelleneinrichtungsplan wird zur Anordnung der benötigten Einrichtungsteile auf der Baustelle verwendet [11, S.100 u. 26, S.320].

4.2 Elemente

Für die Herstellung von tiefen Baugruben werden folgende Elemente für die Baustelleneinrichtung herangezogen:

- ◆ Großgeräte
- ◆ Gebäude, Bauwagen und Container
- ◆ Verkehrswege
- ◆ Lagerflächen
- ◆ Versorgungseinrichtungen
- ◆ Baustellensicherung
- ◆ Abfallentsorgung [3, S.233 ff u. 11, S.105 ff]

4.2.1 Großgeräte

Maßgebend für den Erfolg eines Bauvorhabens sind die eingesetzten Großgeräte. Daher müssen diese im Zuge der Planung angemessen dimensioniert werden. Der richtige Arbeitsstandort und die notwendige Arbeitsfläche sind von großer Bedeutung [26, S.13].

Vorab ist es wichtig den Antransport der erforderlichen Großgeräte zu disponieren [91]. Dabei sind die Bestimmungen des Kraftfahrgesetzes (KFG) zu beachten. Im zweiten Abschnitt „Bauart und Ausrüstung der Kraftfahrzeuge und Anhänger“ dieses Gesetzes sind in § 4 „Allgemeines“ Grenzwerte zu Höhe, Breite, Länge und Gewicht von Kraftfahrzeugen und Anhängern angegeben. In Tabelle 4.1 sind Angaben zu den maximalen Abmessungen und in Tabelle 4.2 sind Werte zum höchst zulässigen Gesamtgewicht gemäß Kraftfahrgesetz zu entnehmen [50].

Tabelle 4.1: maximale Abmessungen [50]

Typ	Höhe [m]	Breite [m]	Länge [m]
Kraftfahrzeuge, Anhänger	4,00	2,55	12,00
Gelenkkraftfahrzeug	4,00	2,55	18,00
Kraftwagen mit Anhänger	4,00	2,55	18,75
Sattelzug	4,00	2,55	16,50

Tabelle 4.2: höchst zulässiges Gesamtgewicht [50]

Typ	Gesamtgewicht [kg]
2 Achsen	18.000
3 Achsen	26.000
4 Achsen	32.000
Gelenkfahrzeugen	38.000
Kraftwagen mit Anhänger	40.000

Werden die Grenzwerte gemäß Tabelle 4.1 und Tabelle 4.2 überschritten, so bedarf es einer Genehmigung gemäß § 39 des Kraftfahrgesetzes. Nach § 40 (KGF) hat der entsprechende Antrag in jenem Bundesland zu erfolgen, in welchem das Fahrzeug seinen Standort aufweist bzw. der Beginn der Fahrt stattfindet [50]. Das Ansuchen kann elektronisch über die Website für Sondertransporte unter „<https://www.sondertransporte.gv.at>“ gestellt werden [83].

4.2.2 Gebäude, Bauwagen und Container

Für die Anzahl und Ausstattung von Gebäuden, Bauwagen und Containern sind gemäß der Bauarbeiterschutzverordnung der 4. Abschnitt „Erste-Hilfe-Leistung, sanitäre Vorkehrungen und sonstige Einrichtungen“ mit folgenden Paragraphen zu beachten. Die nachstehenden Ausführungen sind, sofern nicht anders gekennzeichnet, aus der Bauarbeiterschutzverordnung [38] entnommen:

- § 31 Erste Hilfeleistung
- § 32 Sanitätsräume
- § 33 Trinkwasser
- § 34 Waschgelegenheiten
- § 35 Aborte
- § 36 Aufenthaltsräume
- § 37 Weitere Einrichtungen
- § 38 Allgemeine Bestimmungen über Unterkünfte
- § 39 Schlafräume in Unterkünften
- § 40 Aufenthaltsräume in Unterkünften
- § 41 Krankenstube

In § 31 ist festgehalten, dass *„eine den Regeln der Technik entsprechende Ausstattung an Mitteln für die Erste Hilfe bereitzustellen“* ist. Zusätzlich muss *„auf Baustellen, auf denen*

von einem Arbeitgeber mehr als 50 Arbeitnehmer beschäftigt werden, [...] im Bereich der Baustelle ein Sanitätsraum oder eine vergleichbare Einrichtung [...] vorhanden sein.“

Weiters ist es wichtig, dass *„auf jeder Baustelle [...] einwandfreies Waschwasser zur Verfügung steht. Für je fünf Arbeitnehmer, die gleichzeitig ihre Arbeit beenden, muss ein Waschplatz oder ein Waschgefäß“* und damit verbunden *„den Arbeitnehmern entsprechend ausgestattete Abortanlagen zur Verfügung stehen.“*

Bei der Herstellung von den meisten tiefen Baugruben *„beträgt die voraussichtliche Arbeitsdauer mehr als eine Woche“*, so muss *„den Arbeitnehmern zum Umkleiden sowie zum Aufenthalt in den Arbeitspausen und bei ungünstiger Witterung ein Aufenthaltsraum zur Verfügung stehen.“* Bei *„entlegenen Baustellen“* sind *„den Arbeitnehmern [...] erforderlichenfalls geeignete Unterkünfte“* bereitzustellen. In Abbildung 4.1 ist eine beispielhafte Anordnung von Büro- und Aufenthaltscontainer über Magazinen dargestellt.



Abbildung 4.1: Anordnung von Containern [3, S.248]

4.2.3 Verkehrsflächen

Für einen effizienten Baufortschritt stellen Verkehrsflächen eine wichtige Komponente dar. Grundsätzlich wird empfohlen zwischen Fahrzeug- und Personenverkehr zu trennen. Dabei bewegen sich auf sogenannten Baustraßen Baufahrzeuge fort, während Bauwege für Personen vorzusehen sind [26, S.96].

Bei der Planung von Verkehrsflächen sind folgende Aspekte zu beachten:

- ◆ erforderliche Abmessungen
- ◆ gut erkennliche Linienführung und Zufahrten
- ◆ ausreichende Sicherheitsabstände zu:
 - Baugruben geböscht oder verbaut
 - Freileitungen
 - Geräten und Maschinen
 - Bauwerken
 - Einrichtungen für den Personenverkehr
- ◆ zukünftige Verkehrsbelastung und -dichte [26, S.97]

In Abbildung 4.2 sind drei im Bauwesen übliche Varianten für die Erschließung von Baustellen dargestellt.

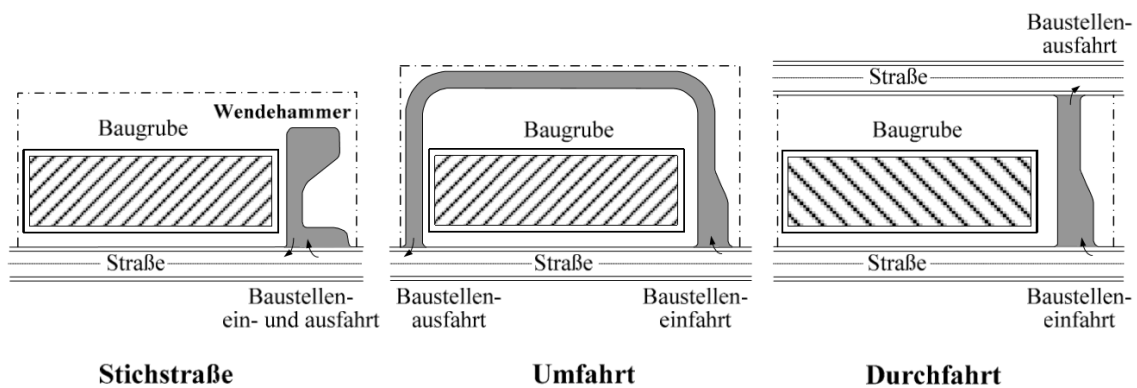


Abbildung 4.2: Varianten von Baustraßen [26, S.97]

Grundsätzlich stellen die Varianten „Umfahrt“ und „Durchfahrt“ aus Abbildung 4.2 die verkehrstechnisch günstigsten Lösungen dar. Dabei wird eine gegenseitige Beeinträchtigung durch Entgegenkommen von Baufahrzeugen, wie es bei der Erschließung durch eine Stichstraße (vgl. Abbildung 4.2) der Fall wäre, vermieden. Als Nachteil bei den beiden erstgenannten Ausführungsmöglichkeiten sind die zwei Anschlüsse an den öffentlichen Verkehr. Bei der Variante „Stichstraße“ ist Zu- und Ausfahrt als nur eine Anbindung konzipiert [26, S.97 f]. Unabhängig davon sind bei allen Arten von Baustraßen die Sicherheitsabstände von Fahrzeugen und Geräten zu den Baugrubenrändern gemäß Tabelle 4.3 zu beachten.

Tabelle 4.3: Sicherheitsabstände zu Baugrubenrändern [26, S.278]

Gesamtgewicht	Abstand zu Baugrubenrand
unabhängig von Gesamtgewicht	≥ 0,60 m
bis 12 t	≥ 1,00 m
über 12 t bis 40 t	≥ 2,00 m
über 12 t bis 18 t mit festem Oberbau	≥ 1,00 m

Vor allem bei der Erschließung durch eine Umfahrungsstraße infolge der langen Verkehrswege und besonders im innerstädtischen Bereich kann bei der Herstellung von Baugruben die gegebene Verkehrssituation beeinflusst werden [27, S.13]. Tritt nun der Fall ein, dass im Zuge der Bauführung öffentliche Verkehrsflächen beeinträchtigt werden, so hat eine Verkehrsverhandlung nach § 90 Straßenverkehrsordnung (StVO) stattzufinden. Die geänderte Verkehrssituation wird nach einem Lokalaugenschein zeichnerisch dargestellt. Nach Bekanntgabe der notwendigen Sicherungsmaßnahmen und der Baustellenverantwortlichen an die zuständige Behörde, wird im Anschluss von dieser ein Bescheid für die Genehmigung der neuen Verkehrssituation erlassen. Dabei ist zu beachten, dass dieser Bescheid nach Ablauf der beantragten Frist seine Gültigkeit verliert. Gegebenenfalls muss bei Verlängerung der Bauzeit ein neuer Bescheid eingeholt werden. Für die Absicherung der Baustelle sind entsprechende Bestimmungen aus den Richtlinien und Vorschriften für das Straßenwesen (RVS) 05.05.40 ff zu entnehmen [16, S.243].

4.2.4 Lagerflächen

In der Vorbereitungsphase auf die Baudurchführung ist es erforderlich eine Abschätzung über Platzierungen und Abmessungen von Lagerflächen durchzuführen. Dabei bilden der Umfang der zu lagernden Bauteile und Materialien und deren spätere Einbaustellen eine wichtige Grundlage für die Planung von Lagerflächen. Die lagernden Materialien sollten sich im Schwenkbereich von Hebegegeräten befinden. In diesem Zusammenhang ist § 15 „Lagerung“ der Bauarbeiterschutzverordnung (vgl. Kapitel 4.3.4) zu beachten. Dieser weist insbesondere darauf hin, dass *„Materialien und Geräte [...] so zu lagern“* [38] sind, *„daß [sic] durch deren Herabfallen, Abrutschen, Umfallen oder Wegrollen Arbeitnehmer nicht gefährdet werden.“* [38]. Bei einer Lagerung, wo hohe Einzellasten entstehen können wie beispielweise bei Bohlträger für einen Trägerverbau, sind unbedingt Sicherheitsabstände gemäß Tabelle 4.3 einzuhalten [26, S.116 f].

Bei der Herstellung von tiefen Baugruben sind Lagerflächen für folgende Materialien und Bauteile zu berücksichtigen:

- ◆ Betonstahl z.B. Bewehrungskörbe für Schlitzwände (vgl. Abbildung 4.3) und Bohrspfähle, Bewehrung von Ortbetonleitwänden bei der Schlitzwandherstellung



Abbildung 4.3: Bewehrungskörbe Schlitzwand

- ◆ Stahlbauteile z.B. Stahlträger für Trägerbohlverbau, Spundwandprofile, Stahlprofile für die Aussteifung von Baugrubenverbauten
- ◆ Schalmaterial z.B. zur Ortbetonausfuchung bei Trägerbohlverbau, Schalung von Ortbetonleitwänden bei der Schlitzwandherstellung
- ◆ Holzbauteile z.B. zur Ausfuchung bei Trägerbohlverbau oder Aussteifung von Baugrubenverbauten
- ◆ Betonfertigteile z.B. zur Ausfuchung bei Trägerbohlverbau, Fertigteilleitwände für Schlitzwände
- ◆ Silos z.B. für die Stützflüssigkeit bei der Schlitzwandherstellung gemäß Abbildung 4.4 [26, S.116].



Abbildung 4.4: Silos für Stützflüssigkeit

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass aufgrund der geringeren Kosten durch den Entfall der Errichtung von Lagerflächen eine kurze Lagerung auf Baustelle oder ein sofortiger Einbau der angelieferten Materialien und Bauteile von den Transportgeräten anzustreben ist [26, S.116]. Werden im Zuge der Baumaßnahme öffentliche Verkehrsflächen für die Lagerung beansprucht, so ist eine Verkehrsverhandlung nach § 90 Straßenverkehrsordnung (StVO) durchzuführen. Nähere Informationen sind im Kapitel 4.2.3 zu den Verkehrsflächen beinhaltet.

4.2.5 Versorgungseinrichtungen

Bei der Herstellung von tiefen Baugruben ist die Versorgung mit folgenden Medien sicher zu stellen:

- ◆ Strom
- ◆ Wasser
- ◆ Treibstoff
- ◆ Anbindung an Kommunikationsnetze [26, S.132]

Die erforderliche elektrische Energie wird in den meisten Fällen aus dem bestehenden Stromnetz bezogen. Hierfür wird dem jeweiligen Betreiber des Stromnetzes die benötigte Anschlussleistung bekannt gegeben. Aufgrund einer zu großen Entfernung des öffentlichen Stromnetzes könnte eine eigene Stromversorgung notwendig sein. Die erforderliche Wasserversorgung wird am wirtschaftlichsten über das öffentliche Wassernetz hergestellt. Sollte diese Möglichkeit nicht gegeben sein, so kann die Wasserversorgung durch Wasseranlagen, Brunnen oder Entnahme aus Gewässern sichergestellt werden [16, S.201 ff]. Die Treibstoffversorgung der Geräte erfolgt in den meisten Fällen direkt über ein Tankfahrzeug [26, S.181].

4.2.6 Abfallentsorgung

Für die Abfallentsorgung während einer Bauführung ist das Abfallwirtschaftsgesetz zu beachten. In diesem werden gemäß § 2 Abfälle als „*bewegliche Sachen*“ [36] definiert, „*deren sich der Besitzer entledigen will oder entledigt hat oder deren Sammlung, Lagerung, Beförderung zu Behandlung als Abfall erforderlich ist, um die öffentlichen Interessen (§ 1 Abs. 3) nicht zu beeinträchtigen.*“ [36]. Das Abfallwirtschaftsgesetz hat nach § 1 das Ziel „*im Sinne des Vorsorgeprinzips und der Nachhaltigkeit*“ [36] den Umgang mit Abfall auszurichten. Hierfür gilt gemäß § 16 Abs. 7 „*für Abfälle, die im Zuge von Bautätigkeiten anfallen [...]*“:

- ◆ *Verwertbare Materialien sind einer Verwertung zuzuführen, sofern dies ökologisch zweckmäßig und technisch möglich ist und dies nicht mit unverhältnismäßige Kosten verbunden ist.*
- ◆ *Nicht verwertbare Abfälle sind ordnungsgemäß zu beseitigen.“ [36]*

In diesem Zusammenhang ist die Recycling-Baustoffverordnung zu beachten, welche „auf Grund der §§ 4, 5, 14 Abs. 2 Z 7 und § 23 Abs. 1 des Abfallwirtschaftsgesetzes“ [61] verordnet ist. Diese Verordnung gilt gemäß § 2 für „Bau- oder Abbruchtätigkeiten und daraus resultierende Abfälle“ [61]. Dabei ist insbesondere bei der Herstellung von tiefen Baugruben § 6 „Trennpflicht“ zu berücksichtigen. In diesem ist festgelegt, dass „*bei einem Neubau [...] ab einem gesamten Brutto-Rauminhalt von mehr als 3 500 m³ [...] jedenfalls die Stoffgruppen Bodenaushubmaterial, mineralische Abfälle, Holzabfälle, Metallabfälle, Kunststoffabfälle und Siedlungsabfälle⁸ vor Ort voneinander zu trennen*“ [61] sind. In diesem Zusammenhang ist anzumerken, dass der bei der Herstellung von tiefen Baugruben anfallende Bodenaushub gemäß Anhang 1 der Recycling-Baustoffverordnung als „Recycling Baustoff“ definiert ist [61]. Für den Abfall sind Behälter wie Abrollcontainer oder Absetzmulden auf der Baustelle vorzusehen [26, S.124]. In Abbildung 4.4 ist eine Absetzmulde für das überschüssige Material aus der Entsandungsanlage bei einer Schlitzwandherstellung zu sehen.

4.2.7 Baustellensicherung

Grundsätzlich umfasst die Sicherung einer Baustelle folgende Aspekte:

- ◆ Die Sicherung der Umgebung durch die im Zuge der Baumaßnahme entstehenden Gefahren muss gewährleistet sein: Das betrifft z.B. den Schutz von benachbarten Flächen vor Gefahren durch Überschnellen von Hebegegeräten beim Abladen von Spundbohlen oder Bohlträgern.
- ◆ Diverse notwendige Sicherungsmaßnahmen für die Bauführung sind durchzuführen: Z.B. die Absturzsicherung gegen Hineinstürzen in die Baugrube.
- ◆ Die Baustelle ist vor Gefahren und Beeinträchtigungen von außen zu schützen: Z.B. soll Unbefugten das Betreten der Baustelle nicht möglich sein (Gefahr von Vandalismus, Diebstahl oder Unfällen) [26, S.195].

Damit die vorher genannten Aspekte gewährleistet sind, ist insbesondere die Bauarbeiterschutzverordnung (vgl. Kapitel 4.3.4) verpflichtend heranzuziehen. Dabei ist die in § 7 angeführte „Absturzgefahr“ zu beachten. Diese „*liegt vor bei Öffnungen und*

⁸ Definition Siedlungsabfälle: „*Siedlungsabfälle sind Abfälle aus privaten Haushalten und alle anderen Abfälle, die in Beschaffenheit und Zusammensetzung denen aus privaten Haushalten ähnlich sind, d.h. auch Abfälle aus Unternehmen können als Siedlungsabfälle gelten.*“ [74]

*Vertiefungen im [...] Erdboden, wie [...] Gruben, Gräben und Künetten“ [38]. Daher ist bei tiefen Baugruben sinngemäß eine Absturzgefahr gegeben. Als Gegenmaßnahmen kommen nach § 7 „Absturzsicherungen (§ 8)“ oder Abgrenzungen (§ 9)“ in Frage. Somit sind nach § 8 bei tiefen *Baugruben* „Umwehrungen (Geländer) an den Absturzkanten, die aus Brust-, Mittel- und Fußwehren bestehen“ [38] herzustellen. Alternativ können, wie in § 9 beschrieben, „anstelle von Absturzsicherungen [...] stabile Abgrenzungen durch Brustwehren aus Holz, Metallrohr, gespannten Seilen oder Ketten [...] in einem Abstand von ca. 2 m zur Absturzkante“ [38] herangezogen werden.*

In diesem Zusammenhang ist die Arbeitsmittelverordnung (vgl. Kapitel 4.3.5) zu beachten. Insbesondere für das Betreten der Baugrube durch gewerbliches Personal sind die Bestimmungen des 3. Abschnitts „Leitern und Gerüste“ von Interesse [37]. Alternativ zu Leitern ist die Verwendung eines Treppenturms zu empfehlen. Über diesen können mehrere Arbeitskräfte gleichzeitig zugehen und dadurch kann Zeit gegenüber Leitern eingespart werden [52, S.B/6.2]. In Abbildung 4.5 ist eine Baugrube mit Treppenturm und einer Holzumwehrung aus Brust-, Mittel- und Fußwehr dargestellt.

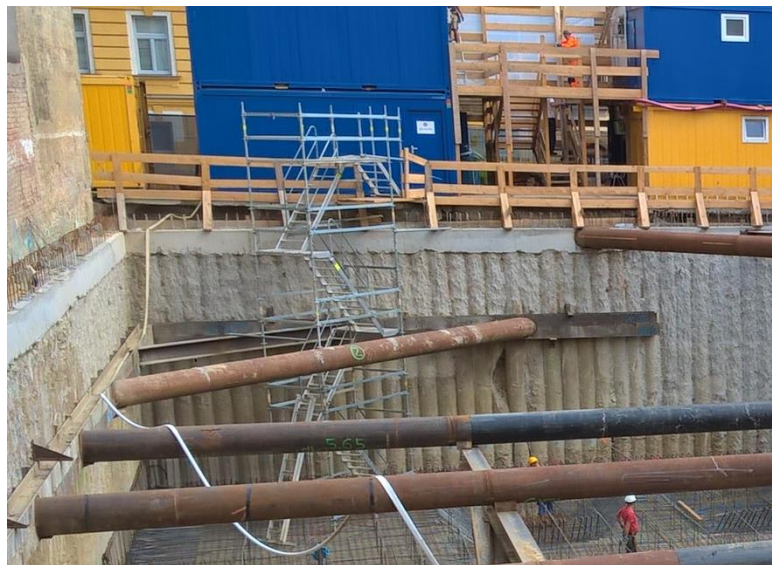


Abbildung 4.5: Baugrube mit Treppenturm und Umwehrung

4.3 Arbeitssicherheit

Für die Gewährleistung der Sicherheit während der Baudurchführung sind folgende Gesetze zu beachten:

- Bauarbeitenkoordinationsgesetz (BauKG)
- ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (ASchG)
- Arbeitsstättenverordnung (AStV)
- Bauarbeiterschutverordnung (BauV)
- Arbeitsmittelverordnung (AM-VO) [16, S.247]

4.3.1 Bauarbeitenkoordinationsgesetz

Gemäß dem Bauarbeitenkoordinationsgesetz fallen die Sicherheit und der Gesundheitsschutz für diverse Bauvorhaben in die Sphäre des Bauherrn. Er ist somit für Anwendung der Grundsätze der Gefahrenverhütung in allen Projektphasen verantwortlich. Zu seinen weiteren Aufgaben gehören die Bestellung von Koordinatoren, die Erstellung der Vorankündigung sowie deren Übermittlung zum Auftragnehmer und die Ausarbeitung des Sicherheits- und Gesundheitsschutzplanes (SiGePlan) sowie der Unterlage für spätere Arbeiten. Falls der Bauherr keine fachkundige Person ist, kann er diese Verpflichtungen an einen Projektleiter übergeben [25, S.99 f].

4.3.2 ArbeitnehmerInnenschutzgesetz

Allerdings sind im Baustellenkoordinationsgesetz keine Verpflichtungen auf Unternehmerseite angeführt. Diese sind in § 8 ASchG für Koordinationsprobleme bei Beschäftigung von Arbeitnehmern von mehreren Arbeitgebern bestimmt. Eindeutiger beschrieben werden diese Verpflichtungen in der ÖNORM B 2107-1 „Koordination von Bauarbeiten für die Sicherheit und den Gesundheitsschutz von Personen – Teil 1: Funktionen und Pflichten bei der Bauarbeitenkoordination“ [25, S.139]:

In dieser Norm wird jedes Unternehmen in die Pflicht genommen mit weiteren Unternehmen und Selbstständigen zusammen zu arbeiten. Darauf aufbauend muss jedes Unternehmen für eine ausreichende Koordination im Bereich der Gefahrenverhütung im Zuge seiner Tätigkeiten mit den weiteren Unternehmen und Selbstständigen veranlassen. Weiters wird in der ÖNORM B 2701-1 eine entsprechende Information an alle Arbeitnehmer über spezielle Gefahren während der Bauführung gefordert. In diesem Zusammenhang ist von jedem Unternehmen durch eine ausreichende Koordination der Tätigkeiten dafür zu sorgen, dass Gefahren für Arbeitnehmer sowie weitere Betriebsangehörige oder Nutzer unterbunden werden. Diese Norm fordert Unternehmen dazu auf, Anweisungen zur Gefahrenverhütung des Baustellenkoordinators sowie der örtlichen Bauaufsicht zu berücksichtigen. Die Baustellenkoordination ist zeitgerecht und nachweislich darüber zu informieren, wenn Änderungen vom SiGePlan oder der Unterlage geplant sind [56, S.10 f]

Somit sind die Ausführenden in die Pflicht genommen, sämtliche Anweisungen bezüglich des Arbeitsschutzes seitens des Baustellenkoordinators und der örtlichen Bauaufsicht einzuhalten und alle Gefahren sofort zu entfernen. Zusätzlich sind mögliche Vorgänge auf Unternehmerseite, die nicht in dieser Art im SiGePlan festgehalten sind, umgehend dem Baustellenkoordinator zu melden [25, S.139].

Weiters haben Unternehmen die § 4 und 5 ASchG einzuhalten. In diesen beiden Paragraphen ist die Ermittlung der Gefahren für Sicherheit und Gesundheitsschutz und die

Bestimmung und Dokumentation von Gegenmaßnahmen verpflichtend auf der Unternehmerseite festgehalten. Dies wird in seiner Gesamtheit als Baustellen-Evaluierung bezeichnet [25, S.163]. Diese Evaluierung hat bei jeder neuen Baustelle stattzufinden, da diese eine neue Betriebsstätte darstellt. Anders als bei Arbeitsstätten, muss die Evaluierung von Baustellen vor dem Beginn der Arbeiten durchgeführt werden. Die gängige Durchführung bei neuen Arbeitsstätten, dass im Zuge eines Lokalausgangs der Ist-Zustand eruiert wird, ist für das Baugewerbe nicht zielführend, da sich die Gegebenheiten während der Bauführung laufend ändern. Daher zählt die Evaluierung zu den Aufgaben der Arbeitsvorbereitung [2, S.29 ff].

4.3.3 Arbeitsstättenverordnung

Für den Fall, dass ständige Arbeitsstätten im Zuge der Bauführung benötigt werden, sind folgende Festlegungen nach der Arbeitsstättenverordnung zu beachten:

- *„die Bodenfläche,*
- *Lichteintrittsflächen und Sichtverbindung,*
- *die natürliche Lüftung,*
- *die mechanische Be- und Entlüftung,*
- *die Raumtemperatur und*
- *die künstliche Beleuchtung“* [2, S.112]

4.3.4 Bauarbeiterschutzverordnung

Die folgenden Ausführungen sind, sofern nicht anders angegeben, aus der Bauarbeiterschutzverordnung [38] entnommen. Diese Verordnung *„gilt für die Beschäftigung von Arbeitnehmern auf Baustellen im Sinn des § 2 Abs. 3 dritter Satz ASchG.“* In diesem Satz werden Baustellen als Orte definiert, *„an denen Hoch- und Tiefbauarbeiten durchgeführt werden.“* Dadurch ist die Bauarbeiterschutzverordnung in jedem Fall bei der Herstellung von tiefen Baugruben zu berücksichtigen. Insbesondere ist hierfür der „6. Abschnitt Erd- und Felsarbeiten“ von Bedeutung.

In diesem Abschnitt kann ein Zusammenhang zu den in Kapitel 3 beschriebenen Bauverfahren hergestellt werden. Dabei wird darauf hingewiesen, dass *„beim Ausheben von Gruben, Gräben oder Künetten von mehr als 1,25 m Tiefe [...] eine der folgenden Maßnahmen“* anzuwenden sind:

- ♦ *„Die Wände von Gruben, Gräben oder Künetten sind entsprechend § 50 abzuböschchen,*
- ♦ *die Wände von Gruben, Gräben oder Künetten sind entsprechend § 51 und 52 zu verbauen, oder*
- ♦ *es sind geeignete Verfahren zu Bodenverfestigung (§ 53) anzuwenden.“*

Für die Herstellung von tiefen Baugruben ist demnach § 51 „Verbaumaßnahmen“ und § 52 „Verbauarten“ der Bauarbeiterschutzverordnung besonders relevant. Dabei werden Verbaumaßnahmen wie Trägerbohlwände (vgl. Kapitel 3.1), Spundwände (vgl. Kapitel 3.2), Schlitzwände (vgl. Kapitel 3.3) und Bohrpfahlwände (vgl. Kapitel 3.4) genannt. Zusätzlich findet sich in § 53 „Bodenverfestigung“ die Hochdruckbodenvermörtelung, welche dem Düsenstrahlverfahren gemäß Kapitel 3.6.3 entspricht. Selbstverständlich sind die oben genannten Maßnahmen, *„wenn schlechte Bodenverhältnisse oder besondere Einflüsse, wie Erschütterungen durch den Straßen- oder Schienenverkehr, vorliegen, [...] auch schon bei einer geringeren Tiefe als 1,25 m“* anzuwenden.

In diesem Zusammenhang sind ergänzende, für die Herstellung von tiefen Baugruben relevante Bestimmungen im 6. Abschnitt der Bauarbeiterschutzverordnung vorhanden. Im Folgenden werden die wichtigsten Inhalte aufgezeigt.

Vor allem in der Vorbereitungsphase vor Beginn der eigentlichen Bauarbeiten ist § 48 zu beachten: In diesem wird im Zusammenhang mit Kapitel 2.2 darauf hingewiesen, dass *„vor Durchführung von Erdarbeiten“* das vorhandene Baufeld auf Leitungen oder Einbauten zu untersuchen ist, damit durch deren Beschädigung keine Gefahr für die Arbeitnehmer auftreten kann. Zusätzlich wird bemerkt, dass im Untergrund auf *„gefährbringende Boden- oder Wasserverhältnisse“* zu achten ist.

Der § 48 weist insbesondere bei einem Aushub neben einer bestehenden Bebauung auf deren Schutz hin. Dabei muss erforderlichenfalls die *„Standssicherheit der Fundamente“* durch Unterfangung oder abschnittsweises Ausheben gewährleistet bleiben. Für Unterfangungen von Nachbargrundamenten eignet sich beispielsweise das Düsenstrahlverfahren nach Kapitel 3.6.3.

Während des Aushubes ist gemäß § 48 darauf zu achten, dass *„sofern nicht Sicherungsmaßnahmen gegen Einsturz des Randes und Hineinfallen von gelagertem Material getroffen sind, [...] der Rand von Gruben, Gräben oder Künetten innerhalb eines Schutzstreifens von mindestens 50 cm Breite nicht belastet werden“* darf.

Gemäß § 51 ist für die Verbaumaßnahmen vor allem darauf Rücksicht zu nehmen, dass diese *„ganzflächig direkt an den Künetten- oder Grubenwänden anliegen, bis zur Aushubsohle reichen und eine so dichte Wand bilden, daß [sic] durch Fugen oder Stöße*

keine Gefährdung und Beeinträchtigung der Arbeitnehmer durch durchtretendes Material auftritt.“ Zusätzlich muss *„der obere Rand des Verbaues [...] die Geländeoberfläche so weit überragen, daß [sic] er zur Abwehr gegen Herabfallen von Material und Gegenständen geeignet.“* Es sind dabei *„mindestens aber 5 cm“* einzuhalten.

4.3.5 Arbeitsmittelverordnung

Die Arbeitsmittelverordnung *„gilt für Arbeitsstätten, auswärtige Arbeitsstellen und Baustellen, die unter das ArbeitnehmerInnenschutzgesetz (ASchG) fallen.“* [37]. Somit ist diese Verordnung bei der Herstellung von tiefen Baugruben in jedem Fall zu beachten. Hierfür sind insbesondere die im Abschnitt *„Besondere Regelungen für die Benutzung bestimmter Arbeitsmittel“* [37] angeführten Paragraphen wichtig für die Beförderung von Arbeitnehmer oder Baumaterial aus Baugruben:

- ◆ *„§ 18 Arbeitsmittel zum Heben von Lasten*
- ◆ *§ 19 Krane*
- ◆ *§ 20 Hebebühnen, Hubtische, Ladebordwände*
- ◆ *§ 22 Arbeitskörbe“* [37]

Weiters ist noch der Abschnitt *„Leitern und Gerüste“* der Arbeitsmittelverordnung für etwaige Ausstiegshilfen aus Baugruben in Form von Leitern zu beachten. Dabei ist insbesondere auf folgende Paragraphen Rücksicht zu nehmen:

- ◆ *„§ 34 Allgemeine Bestimmungen über Leitern*
- ◆ *§ 35 Festverlegte Leitern*
- ◆ *§ 36 Anlegeleitern*
- ◆ *§ 37 Stehleitern*
- ◆ *§ 38 Mechanische Leitern“* [37]

4.4 Prozessabläufe

Im folgenden Kapitel werden die Elemente für die Herstellung ausgewählter Verbauarten aus Kapitel 3 und für vor- und nachlaufende Prozesse wie An- und Abtransport oder Aushub vorgestellt.

4.4.1 Trägerbohlwand

In Tabelle 4.4 sind die Prozesse für die Herstellung einer Trägerbohlwand gemäß Kapitel 3.1 enthalten. Dabei ist jene Ausführungsvariante beschrieben, bei welcher die Bohrträger eingerammt werden (vgl. Kapitel 3.1) und die häufig verwendete Holzausfachung zum Einsatz kommt.

Tabelle 4.4: Elemente Trägerbohlwand [23, S.84 u. 17, S.497]

Arbeitsschritte	Teilarbeitsschritte	Geräte
Vorbereitungen	Bauplatz freiräumen Achse der Bohlträger einmessen	je nach Erfordernis: Bagger, Radlader und/oder Raupe Theodolit
Bohlträger einbringen	Transport zur Einbaustelle und Ausrichtung der Träger Bohlträger einschlagen	Radlader, Hydraulikbagger, Lastkraftwagen Hydraulikbagger mit Mäkler und Rammbär (vgl. Abbildung 4.6)
Ausheben unter gleichzeitigem Einbauen der Ausfachung	Aushub Transport der Ausfachung zur Einbaustelle Ausfachung einbauen und verkeilen	Hydraulikbagger mit Tieflöffel Hydraulikbagger, Radlader, Lastkraftwagen Kleinwerkzeug
Aussteifung einbauen	Transport von Stahlträgern und Rundhölzern zur Einbaustelle Einbau der Aussteifung	Hydraulikbagger, Radlader, Lastkraftwagen Hydraulik- oder Seilbagger
Rückbau	Abbau von Aussteifung und Ausfachung Bohlträger herausziehen Verbauteile abtransportieren	Bagger Seilbagger mit Pfahlzieher Radlader, Lastkraftwagen

**Abbildung 4.6: Bohlträger einrammen [82]**

4.4.2 Spundwand

In Tabelle 4.5 sind die Prozesse für die Herstellung einer Spundwand gemäß Kapitel 3.2 enthalten. Dabei ist jene Ausführungsvariante beschrieben, bei welcher die Spundbohlen eingerammt werden (vgl. Kapitel 3.2) und eine Rückverankerung aus Verpressankern hergestellt wird.

Tabelle 4.5: Elemente Spundwand [23, S.99 ff]

Arbeitsschritte	Teilarbeitsschritte	Geräte
Vorbereitungen	Bauplatz freiräumen Achse der Spundwände einmessen	je nach Erfordernis: Bagger, Radlader und/oder Raupe Theodolit
Spundbohlen einbringen	Transport der Spundbohlen zur Baugrube Bohlen einrammen abschnittsweises Ausheben	Hydraulikbagger Trägergerät: Hydraulikbagger Rammeinrichtung für Hydraulikbagger: hydraulischer Rämmbär Hydraulikaggregat Hydraulikbagger
Rückverankerung einbauen	Bohrloch herstellen Zugglied einbauen Verpressen Anspannen bei Rückbau ggf. entspannen	Ankerbohrgerät Verpressstation, Mischer und Injektionspumpe Spannpresse
ggf. Spundbohlen ziehen	Spundbohlen ziehen Verladen zum Abtransport	wie bei Einrammen Hydraulikbagger

4.4.3 Bohrpfahlwand

In Tabelle 4.6 sind Prozesse zur Herstellung einer überschnittenen Bohrpfahlwand (vgl. Kapitel 3.4.2) im VdW-Verfahren (vgl. Kapitel 3.4) gelistet.

Tabelle 4.6: Elemente Bohrpfahlwand [23, S.119 u. 22, S.A/16]

Arbeitsschritte	Teilarbeitsschritte	Geräte
Vorbereitungen	Bohrpfahlwandachsen einmessen	Theodolit
Bohrschablone herstellen	Raum für Bohrschablone ausheben Schablone schalen, bewehren und betonieren alternativ: Fertigteile platzieren	Hydraulikbagger, Lastkraftwagen Lastkraftwagen für Transportbeton Hydraulikbagger oder Mobilkran
Primärpfahl herstellen	Herstellung der Bohrung Einbringen des Betons durch das Seelenrohr mit gleichzeitigem Ziehen der Bohrschnecke Verladen und abtransportieren des Bohrmaterials	Drehbohranlage (vgl. Abbildung 4.1) mit Doppelkopfantrieb inkl. Bohrwerkzeug Drehbohranlage mit Doppelkopfantrieb, Lastkraftwagen für Transportbeton, Betonpumpe Radlader und/oder Hydraulikbagger, Lastkraftwagen
Sekundärpfahl herstellen	Herstellung der Bohrung Einbringen des Betons durch das Seelenrohr mit gleichzeitigem Ziehen der Bohrschnecke Bewehrungskorb einsetzen Verladen und abtransportieren des Bohrmaterials	Drehbohranlage mit Doppelkopfantrieb inkl. Bohrwerkzeug Drehbohranlage mit Doppelkopfantrieb, Lastkraftwagen für Transportbeton, Betonpumpe Drehbohranlage mit Doppelkopfantrieb Radlader und/oder Hydraulikbagger, Lastkraftwagen
Bohrschablone entfernen	Beseitigung	Hydraulikbagger, Abbruchgerät

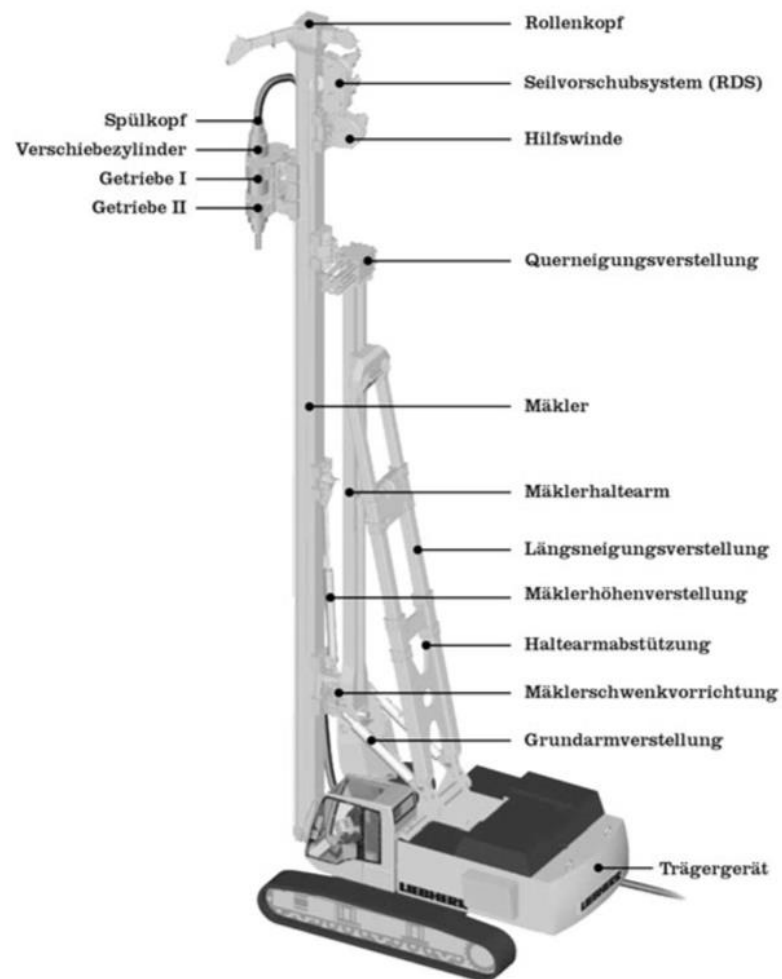


Abbildung 4.7: Drehbohranlage [23, S.120]

4.4.4 Schlitzwand

In Tabelle 4.7 sind die Prozesse für die Herstellung einer Schlitzwand im Zweiphasenverfahren gemäß Kapitel 3.3.2 gelistet.

Tabelle 4.7: Elemente Schlitzwand [23, S.137]

Arbeitsschritte	Teilarbeitsschritte	Geräte
Vorbereitungen	Bauplatz freiräumen, Arbeitsplanum herstellen	Bagger, Radlader und/oder Raupe
Leitwand herstellen	Voraushub Ortbetonleitwände: Schalen, Bewehren und Betonieren alternativ: Fertigteilleitwände platzieren	Hydraulikbagger, Lastkraftwagen und/oder Radlader Bagger, Kleinwerkzeug Bagger, Kleinwerkzeug
Schlitz ausheben	Komponenten der Stützflüssigkeit antransportieren und lagern Stützflüssigkeit aufbereiten und transportieren Schlitz ausheben Eventualleistung: Hindernisse beseitigen Aushubmaterial abtransportieren Stützflüssigkeit separieren und aufbereiten Suspension abtransportieren	Lastkraftwagen, Silos Mischanlage, Pumpen, Schläuche oder Rohre Trägergerät mit Fräse, Greifer (vgl. Abbildung 4.8) oder Tieföffel (je nach Methode) Meißel oder Greifer Lastkraftwagen Siebe, Pumpen, Zyklone und Absetzbecken Lastkraftwagen
Ausbildung der Fugen	einsetzen und ziehen der Abstellrohre Eventualleistung: einbauen von Fugenbändern	Pressen, Bagger Bagger
Schlitzwand herstellen	Bewehrungskorb einheben Betonieren im Kontraktorverfahren	Kran/Bagger Lastkraftwagen für Transportbeton, Betonpumpe, Betonierrohre, Bagger



Abbildung 4.8: Schlitzwandgreifer

4.4.5 Düsenstrahlwand

In Tabelle 3.10 sind die Prozesse zur Herstellung einer Düsenstrahlwand Kapitel 3.6.3 enthalten.

Tabelle 4.8: Elemente Düsenstrahlwand [23, S.153 f]

Arbeitsschritte	Teilarbeitsschritte	Geräte
Vorbereitungen	Bauplatz freiräumen Achse der Düsenstrahlwände einmessen	Lastkraftwagen, Radlader, Walze Theodolit
Bohrung durchführen	Bohrung unter Spülflüssigkeit herstellen	Bohrgerät, Hochdruckpumpen, Mischanlage
Düsenstrahlkörper herstellen	Boden aufschneiden und erodieren, hochziehen der Lanze Aufbereitung, Mischung und Pumpen der Suspension Entsorgung des überflüssigen Gemisches aus Bodenmaterial und Suspension	Hochdruckpumpe Kolloidmischer, Entsandungsanlage, Pumpen Mulden, Fahrzeug zum Abtransport

4.5 Zusammenfassung

Aus dem Kapitel 4 geht hervor, dass eine rechtzeitig abgeschlossene Planung der Baustelleneinrichtung vor Baubeginn notwendig ist. Dabei ist es unumgänglich die tatsächlichen Gegebenheiten des Baufeldes zu besichtigen und in der Planung der Baustelleneinrichtung zu berücksichtigen.

Bei den erforderlichen Elementen der Baustelleneinrichtung nehmen die Großgeräte aufgrund ihres hohen Gewichtes eine bedeutende Rolle ein. Beispiele sind im Folgenden aus der Österreichischen Baugeräteliste (ÖBGL) [13] angegeben:

- ♦ Bohr- und Rammgerät Nr. K.2.00.2150 Gewicht: 82.000 kg
- ♦ Hydraulikbagger mit Raupenfahrwerk Nr. D.1.00.0300 Gewicht: 42.300 kg

Aus den genannten Gewichtsangaben geht hervor, dass das höchst zulässige Gesamtgewicht von 40.000 kg laut Kraftfahrzeuggesetz für Kraftwagen beim Antransport von Großgeräten überschritten werden kann. Daher ist in jedem Fall die Notwendigkeit von Sondertransporten zu prüfen. In diesem Zusammenhang sind insbesondere die Sicherheitsabstände zu Baugrubenwänden bei der Konzipierung der Verkehrsflächen zu beachten.

Bauwägen oder Container für die Arbeitnehmer haben aufgrund des niedrigen Personalbedarfs eine geringe Bedeutung. Aus Tabelle 4.9 geht hervor, dass die maximale Anzahl von Arbeitskräfte bei der Herstellung von tiefen Baugruben vielfach unter 10 Personen bleibt.

Tabelle 4.9: Personalbedarf [23, S.91 ff]

Trägerbohlwand	Spundwand	Schlitzwand	Bohrpfahlwand	Düsenstrahlwand
2 Maschinisten	2 Maschinisten	2 Maschinisten	1 Maschinist	1 Maschinist
1-2 Helfer	1 Helfer	2 Helfer	2-3 Helfer	1 Polier
1 Rammmeister	1 Rammmeister		1 Geräteführer	1 Helfer

Die Abfallentsorgung hat bei der Mehrzahl von Bauverfahren zur Herstellung von tiefen Baugruben eine untergeordnete Bedeutung, da die meisten Bauteile als Fertigteile auf die Baustelle geliefert werden. Beispiele hierfür sind Spundwandprofile, Bohrträger oder Bewehrungskörbe für Bohrpfehl- und Schlitzwände. In diesem Zusammenhang sind entsprechende Lagerflächen für die genannten Bauteile vorzusehen. Eine Ausnahme bilden Schlitzwände und das Düsenstrahlverfahren, da bei diesen Verbauarten die überflüssige Suspension abtransportiert und entsorgt werden müssen.

Bei den Sicherheitsaspekten ist insbesondere aufgrund der Baugrubentiefe die Gefahr des Hineinstürzens von Personen oder Gegenständen, das Betreten der Baugrube und das Heben von Arbeitnehmern und Baumaterialien zu beachten. Dabei sind die entsprechenden Gesetze und Verordnungen aus Kapitel 4 zu berücksichtigen.

5 Projekte

Im vorliegenden Abschnitt werden reale Projekte mit tiefen Baugruben vorgestellt. Dabei soll vor allem gezeigt werden, aus welchen Gründen die jeweilige Baugrubenumschließung gewählt wurde. Folgende Bauvorhaben werden in diesem Kapitel vorgestellt:

- ♦ Siebeneichengasse
- ♦ Vogelsanggasse
- ♦ Kundmannngasse

5.1 Siebeneichengasse

Sämtliche Informationen sind, sofern nicht anders angegeben, aus den Planungsunterlagen [93] zu diesem Bauvorhaben entnommen. Das gegenständliche Projekt befindet sich im 15. Wiener Gemeindebezirk. Dabei wurde ein bestehendes Gebäude abgerissen und durch ein Wohnhaus mit zwei Untergeschoßen, einem Erdgeschoß, vier Obergeschoßen und zwei Dachgeschoßen ersetzt.

5.1.1 Ausgangssituation

Das Bauwerk wird auf der nördlichen Seite neben einer bestehenden Nachbarbebauung und auf den anderen drei Seiten neben der Straße errichtet. Die Situation ist in Abbildung 5.1 dargestellt. Die bestehende Bebauung ist grau eingezeichnet. Der Neubau ist mit einem roten Rechteck markiert. Dabei befindet sich die Baugrubensohle aufgrund der zwei Tiefgeschoße etwa 7,6 m unter der Geländeoberkante. Die vorhandenen Bodenschichten sind im Bohrprofil in Abbildung 5.2 dargestellt.



Abbildung 5.1: Lageplan

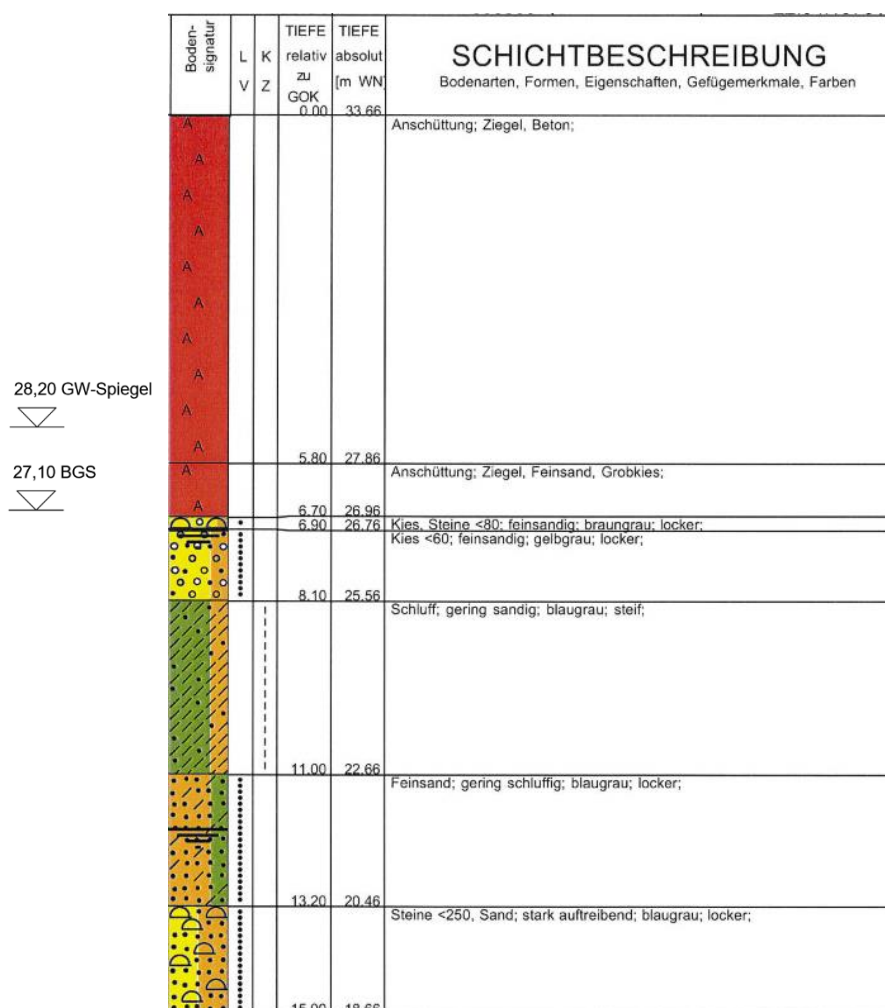


Abbildung 5.2: Bohrprofil

Aus Abbildung 5.2 ist zu entnehmen, dass der Grundwasserspiegel höher als die zukünftige Baugrubensohle (BGS) liegt.

5.1.2 Anforderungen an die Baugrubenumschließung

Die in Kapitel 5.1.1 erläuterte Ausgangssituation zeigt, dass vor allem auf die Nachbarbebauung ein großes Augenmerk gelegt werden muss. Aufgrund der Tiefe der Baugrube sind Unterfangungsarbeiten der Nachbargebäude durchzuführen oder ein steifer Verbau neben diesen herzustellen. Beim Einsatz von rammenden oder vibrierenden Bauverfahren ist besonders auf eine mögliche Beschädigung der Nachbargebäude zu achten. Die Lage des Grundwasserspiegels erfordert entweder eine Wasserhaltung oder eine wasserdichte Baugrubenumschließung. Damit das gegenständliche Grundstück mit einer möglichst hohen Nutzfläche beansprucht werden kann, soll eine platzsparende Baugrubenumschließung zum Einsatz kommen.

5.1.3 Auswahl der Verbauart

Beim Bauvorhaben Siebeneichgasse wurde schlussendlich eine überschnittene Bohrpfahlwand nach Kapitel 3.4.2 als Baugrubensicherung ausgewählt. Bohrpfahlwände gemäß Kapitel 3.4 zeichnen sich durch eine nahezu erschütterungsfreie Herstellungsweise aus. Durch die geringe Verformungsgefahr stellen sie als steife Verbauart eine geeignete Baugrubenumschließung neben einer angrenzenden Bebauung dar, um Schäden durch zu große Setzungen zu vermeiden. Die Bohrpfahlwand wird zur Sicherung der Nachbarfundamente und zur Abtragung von deren Belastungen herangezogen. Weiters ist die überschnittene Ausführungsform eine wasserdichte Verbauart. Die Bohrpfahlwand wird gleichzeitig als Kelleraußenwand genutzt. Dadurch kann das vorhandene Grundstück optimal ausgenutzt werden. Die genannten Ausführungen zeigen, dass alle Anforderungen gemäß Kapitel 5.1.2 durch die Herstellung einer überschnittenen Bohrpfahlwand erfüllt sind. Zusätzlich wird die Bohrpfahlwand zur Lastabtragung der darüber liegenden Geschoße herangezogen. Prinzipiell würde eine Schlitzwand nach Kapitel 3.3 die Anforderungen an die Baugrubenumschließung bei diesem Projekt erfüllen. Da bei diesem Bauvorhaben die herzustellende Verbaumenge etwa 1200 m² beträgt, stellt die ausgeführte, überschnittene Bohrpfahlwand die wirtschaftlichere Lösung dar. Im Pfahlaussteilungsplan nach Abbildung 5.3 sind die unbewehrten Primärpfähle hellblau und die bewehrten Sekundärpfähle dunkelblau dargestellt.

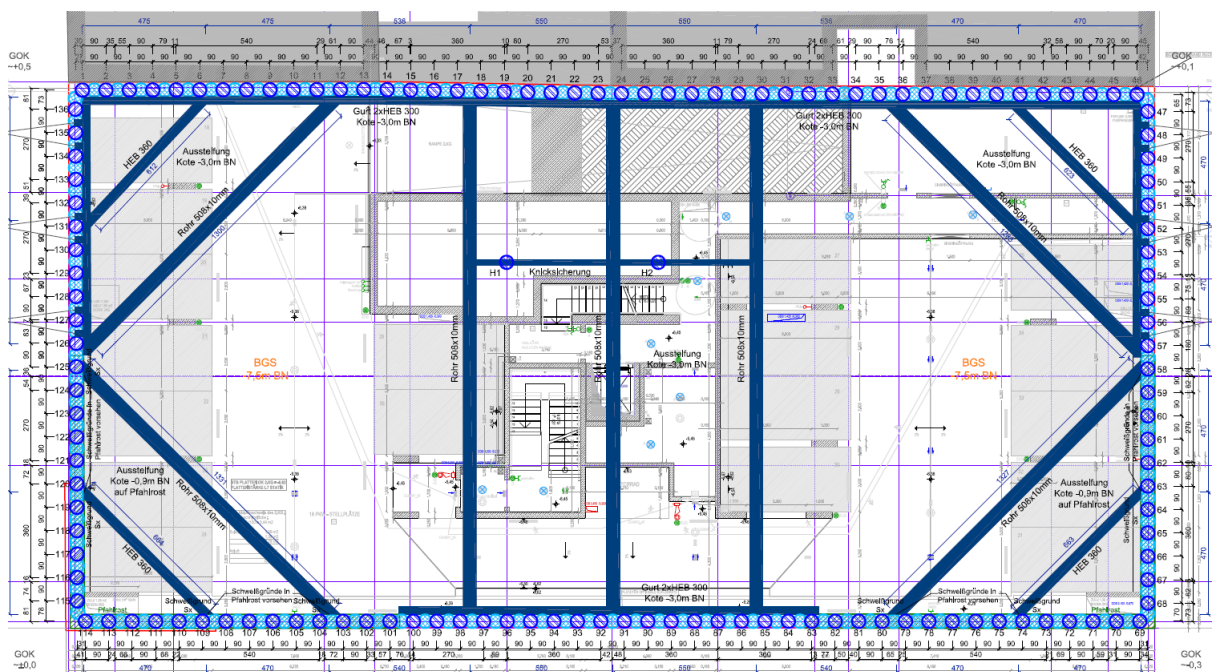


Abbildung 5.3: Pfahlaussteilungsplan

Die Herstellung erfolgt im SOB-Verfahren nach Kapitel 3.4. Die Länge der einzelnen Pfähle beträgt etwa 10,0 m. Aufgrund der zwei Tiefgeschoße wurde ab einer Aushubtiefe von etwa 3,0 bis 3,5 m eine Aussteifung aus Rohrsteifen und Stahlträgern zwischen Gurtungen

ebenfalls aus Stahlträgern hergestellt. Dabei liegen die Gurtungen, wie in Abbildung 5.4 dargestellt, auf Konsolen auf.



Abbildung 5.4: Gurtung auf Konsolen

Nach dem Abteufen der Bohrpfähle wird die Baugrube ausgepumpt. Zusätzliche Wasserhaltungsmaßnahmen hängen von der Dichtheit der Baugrubenumschließung und auftretenden Niederschlags- und Oberflächenwässer ab. Da beim Bewehren der Bodenplatte der Grundwasserspiegel aufgrund des geringen Niederschlages tiefer als im Bohrprofil gemäß Abbildung 5.2 lag, waren keine Wasserhaltungsmaßnahmen notwendig. Schlussendlich ist die Bodenplatte wasserdicht.

5.2 Vogelsangasse

Die folgenden Ausführungen sind, sofern nicht anders gekennzeichnet, aus den Planungsunterlagen [94] zu diesem Projekt entnommen. Das behandelte Bauvorhaben wurde im 5. Bezirk der Stadt Wien errichtet. Das Gebäude besteht aus zwei bzw. drei Untergeschoßen, einem Erdgeschoß, fünf Obergeschoßen und zwei Dachgeschoßen.

5.2.1 Ausgangssituation

Das Bauwerk wurde nach Abriss eines bestehenden Gebäudes errichtet. Dabei grenzt es an zwei Seiten an eine vorhandene Bebauung an. Die Situation ist in Abbildung 5.5 dargestellt. Das neu zu errichtende Gebäude ist rot markiert.



Abbildung 5.5: Lageplan

Die geplante Aushubtiefe erreichte ca. 12 m. Die vorherrschenden Bodenschichten im Untergrund wurden durch eine Kernbohrung ermittelt und sind in Abbildung 5.6 dargestellt.

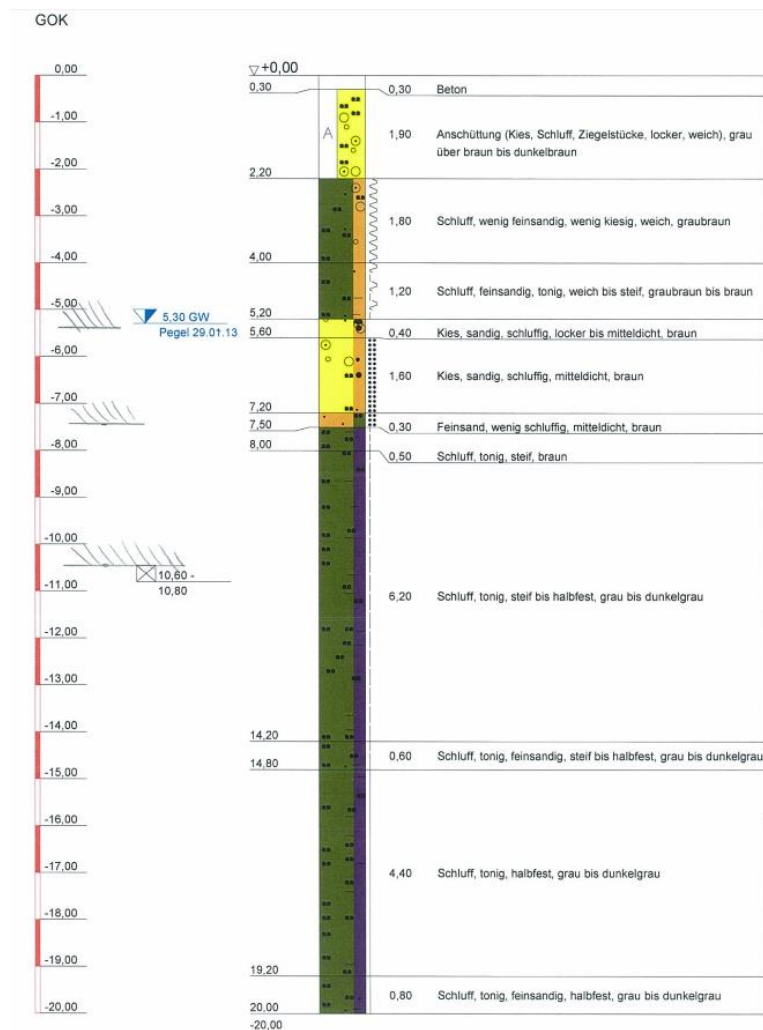


Abbildung 5.6: Bohrprofil

Die Lage des Grundwasserspiegels wurde durch eine Aufschlussbohrung festgestellt. Gemäß Bodengutachten befindet sich dieser etwa 5,3 m unter dem Gelände.

5.2.2 Anforderungen an die Baugrubenumschließungen

Die Ausgangssituation nach Kapitel 5.2.2 verdeutlicht, dass die Nachbarbebauung eine große Rolle bei diesem Projekt einnahm. Es ist darauf zu achten, dass keinesfalls die Nachbarobjekte beschädigt oder zu große Verformungen hervorgerufen werden. Da der Grundwasserspiegel über die Aushubsohle reicht, ist entweder eine Wasserhaltung oder eine wasserdichte Verbaumethode einzusetzen. Die Baugrubenumschließung soll möglichst wenig Platz in Anspruch nehmen, damit das Grundstück maximal mit Nutzflächen ausgenutzt werden kann.

5.2.3 Auswahl der Verbauart

Als Baugrubenverbau wurde eine Schlitzwand gemäß Kapitel 3.3 als platzsparendste und technisch sinnvollste Lösung eingesetzt. Die Schlitzwand ist 60 cm breit und wurde etwa 15 cm neben der bestehenden Bebauung hergestellt. Der Abstand war aufgrund der Herstellung der Leitwände nötig. Schlitzwände gehören zu den steifen Verbauarten, somit besteht eine geringe Verformungsgefahr. Die Lasten aus dem erhöhten Erddruck durch die Nachbarbebauung können durch diese Verbauart abgetragen werden. Die Schlitzwand bindet in die grundwasserstauende Schluffschicht gemäß Bohrprofil Abbildung 5.6 bis eine Tiefe von etwa 15 m ein, sodass eine wasserdichte Baugrube entstehen kann. Das verbleibende Grundwasser wurde mit Hilfe von Pumpensäumpfen im Zuge des Aushubes abgesenkt. Die fertige Schlitzwand dient, wie im Polierplanschnitt nach Abbildung 5.7 dargestellt, gleichzeitig als Außenwand der Untergeschoße. Die horizontale Aussteifung erfolgte durch die Kellerdecken, das bedeutet es wurde die Deckelbauweise nach Kapitel 3.5 angewendet. Eine überschnittene Bohrpfahlwand wäre bei diesem Projekt als alternative zur ausgeführten Schlitzwand möglich, da diese gemäß Kapitel 3.4 die Anforderungen an den Baugrubenverbau genügen würde. Eine Schlitzwand kam zur Anwendung, da diese noch weniger Platz als eine Bohrpfahlwand benötigt. Bei Einsatz einer Bohrpfahlwand müsste aufgrund der Anforderungen an die Kellerwände zusätzlich eine Stahlbetoninnenschale hergestellt werden. Diese würde mit der Bohrpfahlwand eine größere Dicke aufweisen als die ausgeführte, 60 cm dicke Schlitzwand. Zusätzlich ist die Wirtschaftlichkeit aufgrund der herstellenden Menge einer Schlitzwand bei diesem Projekt gegeben.

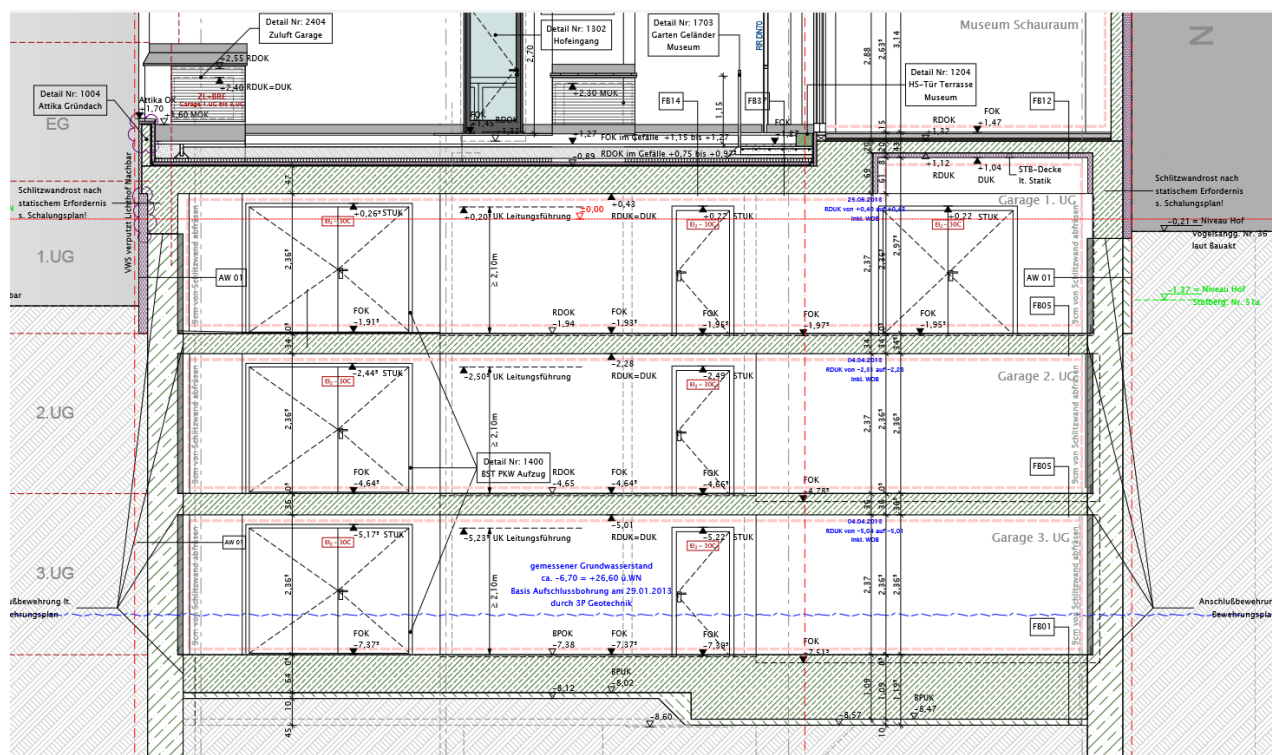


Abbildung 5.7: Polierplanschnitt

5.3 Kundmannngasse

Die nachstehenden Informationen stammen, sofern nicht anders angegeben, aus den Planungsunterlagen [92] zu dem gegenständlichen Bauvorhaben. Das Projekt befindet sich im 3. Bezirk in Wien. Dabei wurden zwei Untergeschoße, ein Erdgeschoß und ein Obergeschoß als Erweiterung eines bestehenden Bauwerks errichtet.

5.3.1 Ausgangssituation

Das neu zu errichtende Gebäude grenzt an zwei Seiten an die bestehenden Straßen. Bei den anderen Seiten befindet sich das dreifach unterkellerte Bestandsgebäude. Die Aushubsohle liegt für den Neubau etwa 7,0 bis 8,4 m unter der Geländeoberkante. In einem kleinen Bereich der Baugrube wurde bis ca. 10,0 m aufgrund eines Lüftungsschachtes und Stiegenhauses ausgehoben. Die erläuterte Situation ist in Abbildung 5.8 dargestellt.

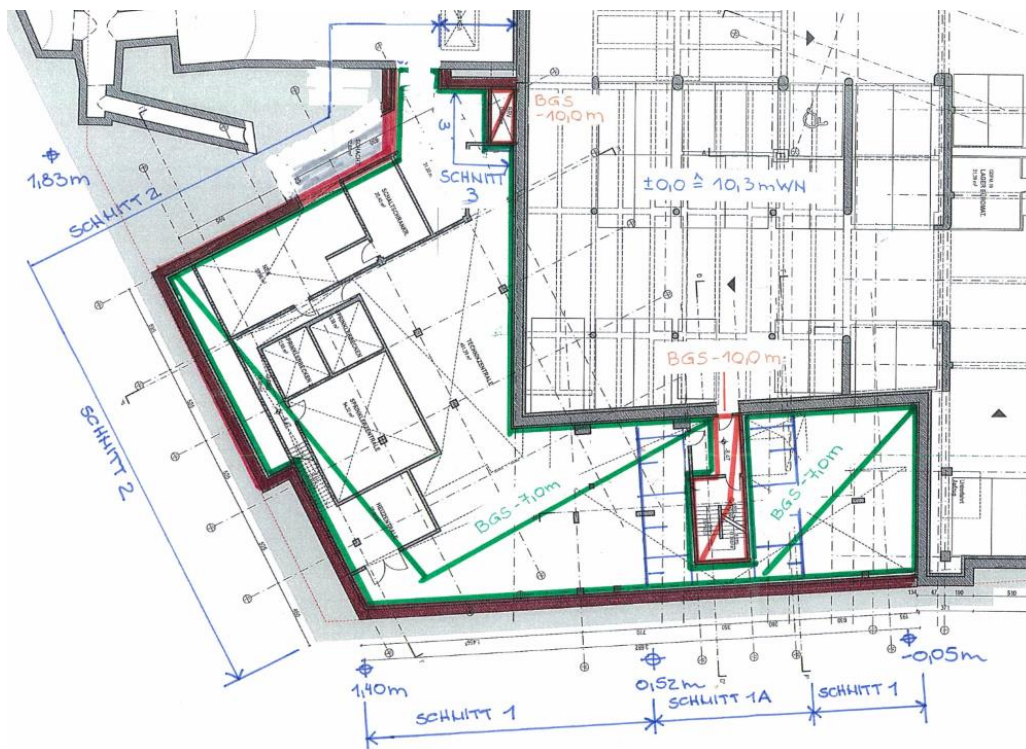


Abbildung 5.8: Übersicht Baugrube

Der Untergrund besteht gemäß Bohrprofil nach Abbildung 5.9 hauptsächlich aus mitteldicht bis dicht gelagerten Kies mit eingelagerten Steinen. Der Grundwasserspiegel befindet sich etwa 12,5 m unter der Geländeoberkante.

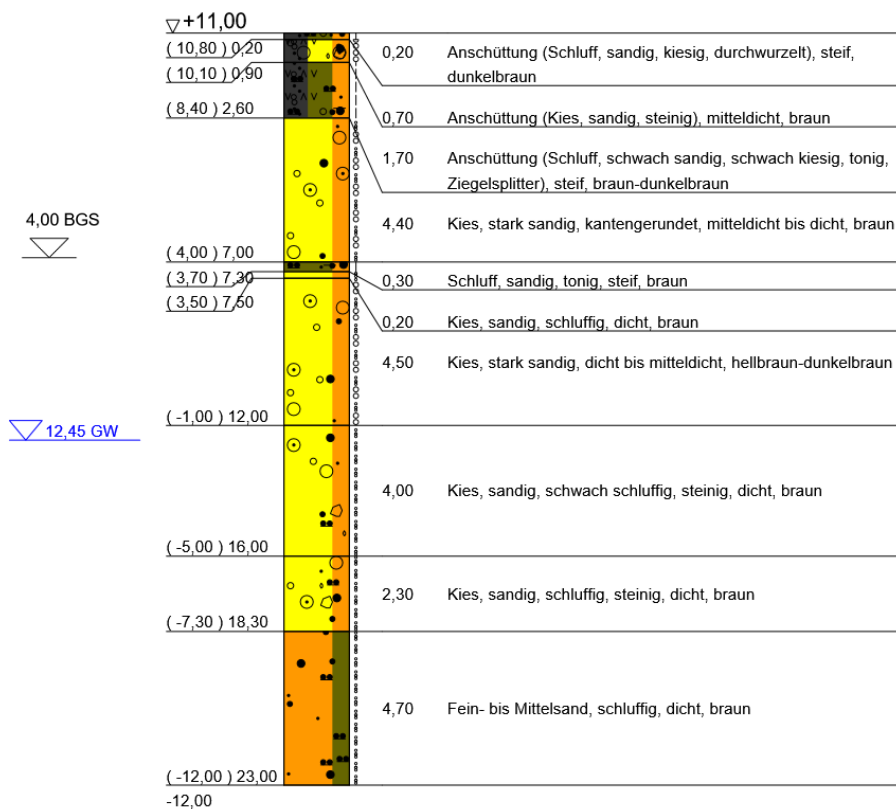


Abbildung 5.9 Bohrprofil

5.3.2 Anforderungen an die Baugrubenumschließung

Die in Kapitel 5.3.1 dargestellte Lage zeigt, dass vor allem die vorhandene Unterkellerung und Bodenverhältnisse zu berücksichtigen sind. Der vorhandene mitteldicht bis dicht gelagerte Kies ist für rammende Bauverfahren wie Spundwände (vgl. Kapitel 3.2) nicht zu empfehlen. Die Baugrubenumschließung soll möglichst wenig Platz in Anspruch nehmen, damit kein Verbau auf Fremdgrund errichtet werden muss. Außerdem können durch die auftretenden Erschütterungen Schäden bei der Nachbarbebauung nicht ausgeschlossen werden. Da der Grundwasserspiegel oberhalb der Baugrubensohle liegt, ist keine Wasserdichtheit der Baugrubenumschließung erforderlich. Der Verbau wird zur Lastabtragung von darüber liegenden Geschoßen herangezogen.

5.3.3 Auswahl der Verbauart

Bei diesem Bauvorhaben wurde nach einem Voraushub eine aufgelöste Bohrpfahlwand nach Kapitel 3.4.2 hergestellt, da keine Wasserdichtheit der Baugrubenumschließung erforderlich ist. Durch dieses Bauvorhaben können gemäß Kapitel 3.4 Erschütterung und dadurch verursachte Schäden an der Nachbarbebauung vermieden werden. Die Bohrpfahlwand kann direkt an der Grundgrenze hergestellt und zur Lastabtragung für darüber liegende Geschoße herangezogen werden. Dadurch ist ein platzsparender Verbau möglich. Für die Herstellung der Bohrpfahlwand kam das SOB-Verfahren (vgl. Kapitel 3.4) zum Einsatz. Als Ausfachung wurde eine Sicherung aus Spritzbeton gemäß Abbildung 5.10 abschnittsweise im Zuge der Aushubarbeiten zwischen den Pfählen hergestellt.



Abbildung 5.10: aufgelöste Bohrpfahlwand mit Spritzbetonausfachung

Der Aushub erfolgte im ersten Schritt bis in eine Tiefe von 3,5 m. Anschließend wurde der Deckel als Aussteifung der Bohrpfahlwand betoniert. Dadurch konnten alternative

Rückverankerungen in den öffentlichen Grund vermieden werden. Im letzten Schritt wurde der Aushub bis auf den Endtiefe fortgesetzt. Der bereits hergestellte Deckel wird nach Errichtung der Bodenplatte, Wände und Decken der Untergeschoße durch die Anschlussbewehrung nach Abbildung 5.11 zu einer gesamten Decke erweitert. Die in der Mitte liegenden Bohrpfähle gemäß Abbildung 5.11 dienen als Auflager der Aussteifung und werden nach der Rohbaufertigstellung der darunter liegenden Geschoß abgebrochen.



Abbildung 5.11: Bohrpfahlwand – Aussteifung

Prinzipiell wäre eine Trägerbohlwand auf Fremdgrund mit anschließenden Rückbau möglich, jedoch sollten die hierfür erforderlichen Genehmigungen vermieden werden. Die Herstellung einer Schlitzwand wäre möglich. Jedoch wäre bei deren Einsatz der Materialverbrauch an Beton und Bewehrung höher, da bei der hergestellten, aufgelösten Bohrpfahlwand Pfähle mit einem Durchmesser von 63 cm in einem Abstand von 1,0 bis 1,8 m ausgeführt wurden. Im Vergleich dazu würde eine 60 cm dicke Schlitzwand etwa den 2,5 bis 3-fachen Materialverbrauch ergeben. Daher wurde eine aufgelöste Bohrpfahlwand mit anschließender Stahlbetoninnenschale als wirtschaftlichste Variante herangezogen.

6 Baubetriebliches Auswahlverfahren

Im folgenden Abschnitt wird ein Verfahren zur Auswahl einer oder mehreren geeigneten Verbaumethoden für eine konkrete Ausgabenstellung mit nachfolgenden Hochbau vorgestellt. Dabei wird Bezug auf die in Kapitel 2 beschriebenen Einflusskriterien genommen.

6.1 Entscheidungsparameter

Als Anfangsparameter werden für das Auswahlverfahren folgende vier Kriterien aus Kapitel 2 herangezogen:

- ◆ Verformungen
- ◆ Wasserdichtheit
- ◆ Emissionen
- ◆ Bodeneigenschaften

Die Verformungen nehmen eine wesentliche Rolle bei der Auswahl einer Verbauart ein, da bei Einsatz eines biegeweichen Verbaues Schäden bei einer setzungsempfindlichen Nachbarbebauung verursacht werden können. Da umliegende Gebäude schon vor dem Beginn eines Bauvorhabens vorhanden sind, muss sich die gewählte Verbaumethode nach deren Verformungstoleranz richten. Daher wird der Aspekt „Verformungen“ als vorrangig wichtiger Parameter bei dem Auswahlverfahren bestimmt. In diesem Zusammenhang sind hervorgerufene Erschütterungen durch die Herstellung der Baugrubenumschließung als ein primärer Parameter zu betrachten. In ähnlicher Weise wie bei dem Kriterium „Verformungen“, können Erschütterungen im Zuge der Bauführung Schäden an der benachbarten Bebauung verursachen. Aus den Kapiteln mit den vorgestellten Bauverfahren geht hervor, dass Erschütterungen immer gemeinsam mit Lärm auftreten. Daher werden diese beiden Parameter in weiterer Folge als „Emissionen“ zusammengefasst. Dabei ist anzumerken, dass die genannten Parameter bei der Nachbarbebauung keine Rolle spielen.

Als ein weiterer primärer Parameter wird die Wasserdichtheit der Baugrubenumschließung herangezogen. Ebenso wie die Nachbarbebauung ist die Lage des Grundwasserspiegels schon vor Beginn der Ausführung durch die natürlichen Gegebenheiten festgelegt. Liegt der Grundwasserspiegel oberhalb der Baugrubensohle, so ist in jedem Fall eine wasserdichte Baugrubenumschließung oder nach Möglichkeit eine Maßnahme zur Grundwasserhaltung einzusetzen.

Wie aus Tabelle 3.10 aus Kapitel 3.8 hervorgeht, haben die Eigenschaften des Bodens einen wesentlichen Einfluss auf die Auswahl einer Verbauart. Tabelle 3.10 zeigt, dass nicht

jede Verbaumethode unabhängig von der vorherrschenden Bodeneigenschaften eingesetzt werden kann. Eine Nichtbeachtung des erläuterten Umstandes kann dazu führen, dass aufgrund der Untergrundeigenschaften eine ausgewählte Verbauart grundsätzlich nicht ausführbar ist.

Aus den vorigen Ausführungen geht hervor, dass die zulässigen Verformungen, die Wasserdichtheit, die Emissionen und die Bodeneigenschaften abhängig vom Standort des Bauvorhabens sind. Daher werden diese im Folgenden als „standortabhängige“ Parameter bezeichnet. Auf Grundlage dieser erfolgt eine Eingrenzung der möglichen Verbauarten nach Kapitel 3.

Im Anschluss daran sind folgende drei weitere Kriterien zu beachten:

- ◆ Tiefe
- ◆ Platzbedarf
- ◆ Rückbau

Die erforderliche Tiefe der Baugrubenumschließung spielt eine wesentliche Rolle bei der Auswahl einer geeigneten Verbauart, da gemäß Kapitel 2.7 die Einwirkungen auf die Baugrubenumschließung aus Erddruck, Wasserdruck und Eigengewicht mit steigender Tiefe zunehmen. Dabei ist nicht ausschließlich der vertikale Abstand zwischen Geländeoberkante und Baugrubensohle zu betrachten. Besteht die Forderung eine wasserdichte Baugrubenumschließung in einem tiefer als die Aushubsohle liegenden Grundwasserstauer einzubinden, so ist ein für die erforderliche Tiefe einsetzbarer Verbau anzuwenden. Für den Nachweis gegen hydraulischen Grundbruch kann es notwendig sein, die Baugrubenumschließung tiefer als für den Aushub erforderlich herzustellen. Die beiden genannten Aspekte sind unbedingt in der Planungsphase zu klären. Empfehlungen für die Einsetzbarkeit für Baugrubenverbauten in Abhängigkeit von der Anzahl an Untergeschoßen sind in Tabelle 6.1 auf Basis von statischen Aspekten, Wirtschaftlichkeit und Hauptanwendungsgebiet angegeben. Die Höhe eines Untergeschoßes kann mit 3,0 bis 3,5 m angenommen werden.

Tabelle 6.1: Einsetzbarkeit Verbauarten [17, S.583 ff; 34, S.787 u. 90]

Verbauart	Anzahl Untergeschoße	Hauptanwendungsgebiet
Trägerbohlwände	1 bis 2	Baugrubensicherung
Spundwände	1 bis 2	Baugrubensicherung
Bohrpfahlwände	ab 2	Baugrubensicherung
Schlitzwände	ab 2	Baugrubensicherung
Elementwände	1 bis 3	Hanglagen, rutschgefährdete Baugrubenwände
Erdbetonwände	1 bis 2	Baugrubensicherung
Düsenstrahlwände	ab 1	Unterfangungen

Grundsätzlich ist festzuhalten, dass eine Baugrubenumschließung aufgrund der häufigen Verwendung bei Bauprojekten immer aus Trägerbohl-, Spund-, Schlitz- oder Bohrpfahlwänden in einer frühen Projektphase auszuwählen ist. Element-, Erdbeton- und Düsenstrahlwände sind als Ergänzungen zu den vorher genannten Bauverfahren zu betrachten, da diese wesentlich seltener zum Einsatz kommen. Das in diesem Abschnitt vorgestellte Auswahlverfahren berücksichtigt nur die im Hochbau üblichen Schlitzwände im Zweiphasenverfahren nach Kapitel 3.3.2, da diese als Kelleraußenwände genutzt werden können. Ab zwei Untergeschoßen ist bei mehreren möglichen Verbauarten abzuwägen, welche hinsichtlich des Gesamtprojektes am wirtschaftlichsten ist. Ab einer Tiefe von drei Untergeschoßen ist von Trägerbohl-, Erdbeton- und Spundwänden abzuraten. Bei den beiden erstgenannten Varianten ist die statisch erforderliche Aussteifung oder Rückverankerung nicht mehr sinnvoll herzustellen. Bei Spundwänden treten bei Tiefen von mehr als zwei Untergeschoßen Schwierigkeiten beim Einbringen und Ziehen der Spundbohlen auf [90].

Der Platzbedarf der Baugrubenumschließung ist nicht außer Acht zu lassen. Grundsätzlich würde bei dessen Nichtbeachten keine schwerwiegenden Folgen wie beispielsweise Schäden an der Nachbarbebauung mit sich ziehen. Jedoch wird der Platzbedarf als wirtschaftlicher Aspekt im Auswahlverfahren berücksichtigt. Das belegen die in Kapitel 5 vorgestellten Projekte zeigen, wo generell eine platzsparende Baugrubenumschließung eine Anforderung oder bei der Entscheidung relevant war.

Das Erfordernis der Rückbaubarkeit der Verbaumethode ist vor Baubeginn abzuklären und eine entsprechende Methode auszuwählen. Dabei ist unbedingt zu beachten, ob die

erforderlichen Geräte insbesondere bei einer Lückenverbauung die Baugrubenumschließung in einer fortgeschrittenen Bauphase erreichen können. Beispielweise ist zu beachten, dass Geräte für einen Rückbau nach Kapitel 4.5 ein Gewicht von 82.000 kg aufweisen können und daher ein Befahren von Stahlbetondecken ohne aufwendiger Unterstellung nicht möglich wäre. Sollte ein Rückbau der Baugrubenumschließung nicht durchführbar sein, so ist ein platzsparender, im Untergrund verbleibender, Verbau zu wählen. Dieser dient im Allgemeinen gleichzeitig als Kelleraußenwand. Da insbesondere bei Inanspruchnahme von Fremdgrund nach Kapitel 2.6 ein Rückbau zu erfolgen und dessen Durchführbarkeit geprüft werden muss, wurde dieser Aspekt im Auswahlverfahren berücksichtigt.

Die drei vorgestellten Kriterien werden erst in der Planungsphase eines Bauprojektes festgelegt. Diese können je nach Anforderungen des zu errichtenden Bauwerks unterschiedlich sein. Daher werden diese Kriterien als „projektabhängige“ Parameter im Anschluss an die „standortabhängigen“ Parameter im Auswahlverfahren gereiht.

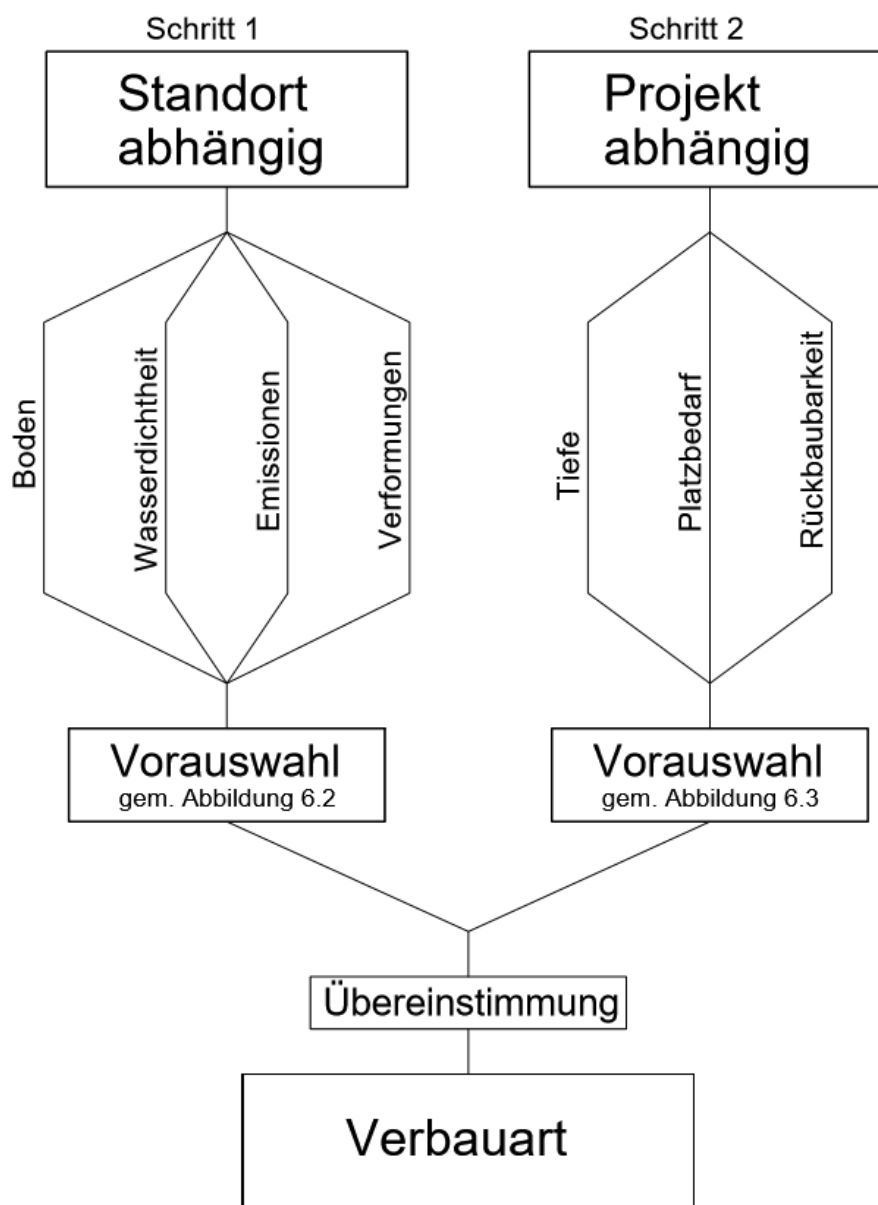
Der Aspekt „Leitungen – Einbauten“ wird im Auswahlverfahren nicht berücksichtigt, da die Möglichkeit besteht Leitung oder Einbauten umzulegen. Etwaige Flächenbeanspruchungen der Baustelleneinrichtung fließen aufgrund der Möglichkeit der Nutzung von öffentlichen Bereichen in das Verfahren nicht ein [91].

6.2 Entscheidungsprozess

Im folgenden Kapitel wird der Ablauf des Auswahlverfahrens erläutert. In Abbildung 6.1 sind auf der linken Seite die „standortabhängigen“ Parameter gemäß Kapitel 6.1 aufgelistet. Auf der rechten Seite sind die „projektabhängigen“ Parameter dargestellt. Die nachstehenden Schritte sind bei den Auswahlverfahren zu durchlaufen:

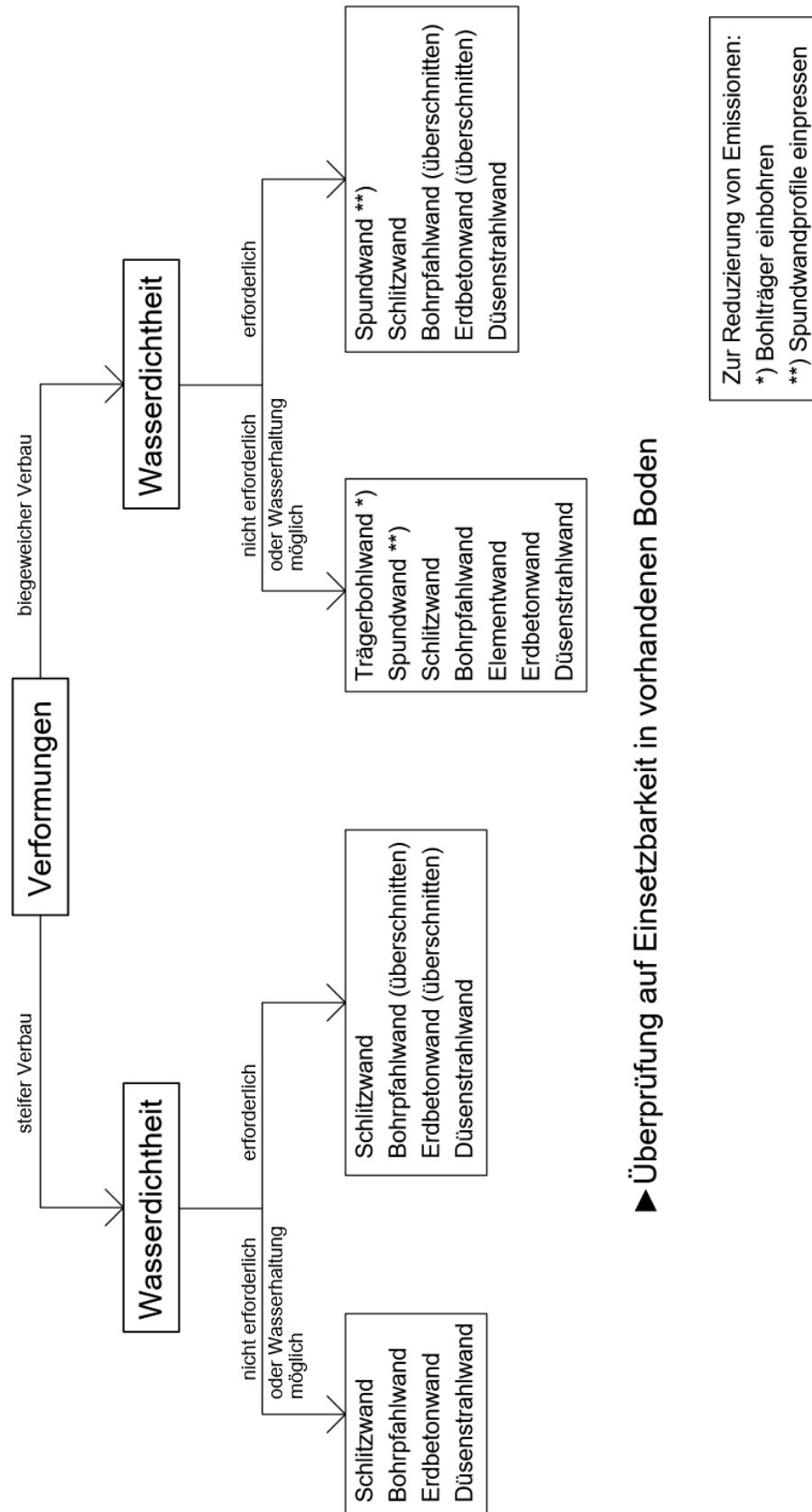
- 1) Gestartet wird bei den „standortabhängigen“ Parameter. Dabei erfolgt eine Vorauswahl nach Abbildung 6.2 aufgrund von auftretenden Erschütterungen, zulässigen Verformungen und Anforderungen an die Wasserdichtheit. Dabei ist anzumerken, dass alternativ zu einer wasserdichten Baugrubenumschließung der Einsatz einer Methode zur Wasserhaltung nach Kapitel 3.7 in Betracht zu ziehen ist. Für die Prüfung der Möglichkeit einer Wasserhaltung ist Abbildung 3.43 heranzuziehen. Die erhaltenen Verbauarten sind anschließend mit Tabelle 3.10 bzw. anhand der Detailtabellen in den einzelnen Kapiteln zu den Bauverfahren in Hinblick auf die Einsetzbarkeit der Verbaumaßnahmen in den gegenständlichen Bodeneigenschaften zu prüfen.

- 2) Im zweiten Schritt werden die „projektabhängigen“ Parameter betrachtet. Eine Vorauswahl erfolgt gemäß Abbildung 6.3. Gestartet wird bei der erforderlichen Tiefe der Baugrubenumschließung und mit den Parametern „Platzbedarf“ fortgesetzt. Das Erfordernis des geringen Platzbedarfs der Baugrubenumschließung ist abzuklären. Besteht dieses nicht, so ist der Rückbau des Verbaues zu betrachten.
- 3) Als letzter Schritt wird die Schnittmenge zwischen den erhaltenen Verbaumaßnahmen (vgl. Abbildung 6.1) aus Schritt 1 und 2 gebildet. Daraus ergeben sich die möglichen Verbauarten für die statische Dimensionierung einer konkreten Aufgabenstellung.



► statische Dimensionierung

Abbildung 6.1 Flussdiagramm gesamt



► Überprüfung auf Einsetzbarkeit in vorhandenen Boden

Abbildung 6.2 Flussdiagramm Schritt 1

Das Flussdiagramm in Abbildung 6.2 verdeutlicht, welche Bauverfahren bei vorliegenden standortabhängigen Parameter möglich sind. Dabei werden Methoden als Ergebnis erhalten, die die Anforderungen erfüllen oder „übertreffen“. Das bedeutet für Bauvorhaben, bei denen hinsichtlich des Verformungsverhaltens ein biegeweicher bzw. nachgiebiger Verbau ausreichend ist, auch steife Baugrubenumschließungen zur Anwendung kommen können. Da diese wesentlich geringere Verformungen als biegeweiche Verbaumethoden aufweisen, wird kein Fehler begangen. In ähnlicher Weise ist der Parameter „Wasserdichtheit“ zu betrachten. Wenn keine Wasserdichtheit des Verbaus notwendig ist, sind nicht wasserdichte oder wasserdichte Baugrubenumschließungen einsetzbar. Die in Abbildung 6.2 nicht mit einem Stern bzw. Doppelstern markierten Verbaumethoden erzeugen bei deren Herstellung geringe Emission, sodass diese neben einer bestehenden Bebauung eingesetzt werden können.

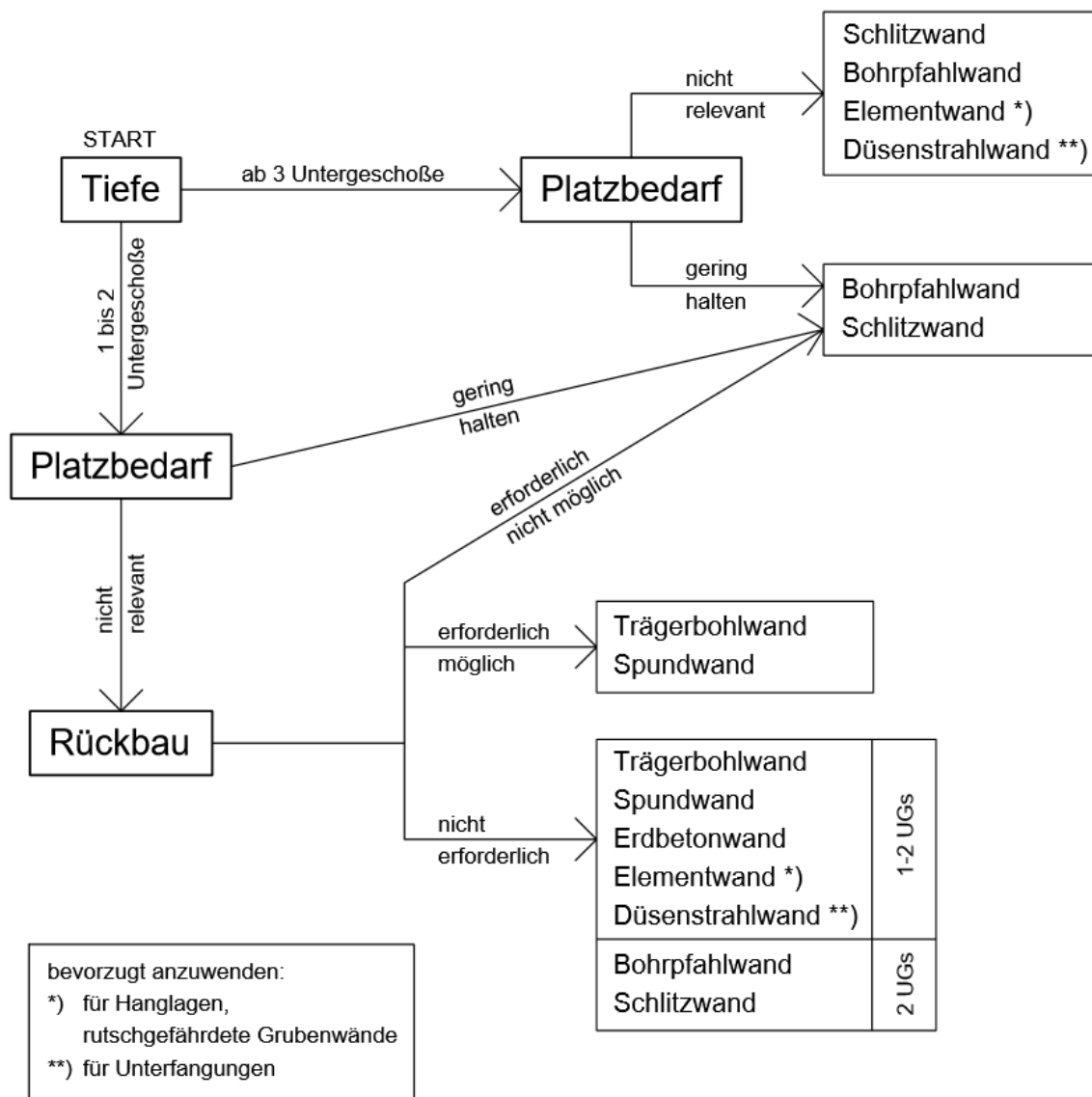


Abbildung 6.3 Flussdiagramm Schritt 2

Beim Flussdiagramm gemäß Abbildung 6.3 teilt sich der Pfad zwischen Bauvorhaben mit einer Tiefe von 1 bis 2 Untergeschoßen (UG) und Projekten ab 3 Untergeschoße. Diese Teilung ergibt sich daraus, dass bei einer Aushubtiefe von mehr als 2 Untergeschoßen rückbaubare Verbauarten in Form von Trägerbohl- und Spundwänden gemäß Kapitel 6.1 nicht mehr sinnvoll eingesetzt werden können. Dadurch ist nach dem Pfad nach rechts (ab 3 Untergeschoße) nur mehr die Anforderung „Platzbedarf“ zu berücksichtigen. Für 1 bis 2 Untergeschoße sind nach Überprüfung des Platzbedarfs die Erfordernis und Möglichkeit des Rückbaus der Baugrubenumschließung zu betrachten. Ist kein Rückbau notwendig, so können rückbaubare und nicht rückbaubare Verbaumethoden eingesetzt werden. Erstere verbleiben einfach im Boden. Im Flussdiagramm nach Abbildung 6.3 sind am Ende des Pfades mit einem nicht erforderlichen Rückbau Wirtschaftlichkeitsempfehlung in Bezug auf die Untergeschoßanzahl neben den Verbauarten angeben. Bei Bauvorhaben mit keiner Anforderung hinsichtlich des Platzbedarfs der Baugrubenumschließung sind selbsterklärend auch platzsparende Verbaumethoden einsetzbar.

6.3 Projektbezogene Auswahl

In diesem Kapitel werden die vorgestellten Projekte aus Kapitel 5 den drei Schritten des Auswahlverfahrens unterzogen. Dabei sollen mögliche Verbaumaßnahmen herausgearbeitet werden.

6.3.1 Siebeneichengasse

Beim Projekt „Siebeneichengasse“ geht aus Schritt 1 aufgrund des geforderten steifen und wasserdichten Verbaues hervor, dass Schlitz-, überschnittene Bohrpfahl-, überschnittene Erdbeton- oder Düsenstrahlwände angewendet werden können. Nach Abgleich mit der Schichtenabfolge des Bodens gemäß Abbildung 5.2 ist von einer Erdbetonwand abzuraten, da sich Ziegel- und Betonstücke in der mächtigen Anschüttung im Untergrund befinden. Nach Kapitel 3.6.2 sind Erdbetonwände nicht bei Steinen im Boden geeignet.

Das Bauvorhaben weist zwei Untergeschoße auf, daher kann das Flussdiagramm gemäß Abbildung 6.3 nach unten durchlaufen werden. Da der Platzbedarf der Baugrubenumschließung bei diesem Projekt möglichst gering gehalten werden sollte, stehen Schlitz- oder Bohrpfahlwände zur Verfügung. Wird abschließend die Schnittmenge aus den beiden Schritten gebildet, so bleiben die vorher genannten Baugrubenumschließungen übrig. Allerdings ist eine Bohrpfahlwand aufgrund der geforderten Wasserdichtheit überschnitten herzustellen, so wie es bei diesem Projekt ausgeführt wurde. Schlitzwände kamen nicht zur Anwendung, da diese aufgrund der teureren Baustelleneinrichtung (vgl. Kapitel 3.3) im Gegensatz zu den hergestellten Bohrpfahlwänden nicht rentabel gewesen wären.

6.3.2 Vogelsanggasse

Für die Auswahl einer Verbauart nach Schritt 1 sind beim Bauvorhaben „Vogelsanggasse“ die notwendige steife und wasserdichte Baugrubenumschließung zu berücksichtigen. Dadurch kann zwischen Schlitz-, überschnittene Bohrpfahl-, überschnittene Erdbeton- und Düsenstrahlwand gewählt werden. Der Abgleich der genannten Bauverfahren mit der Ersetzbarkeit in den vorherrschenden Boden gemäß dem Bohrprofil nach Abbildung 5.6 ergibt keine Einschränkung. Nur die Ziegelstücke in der obersten Anschüttungsschicht könnten für Erdbetonwände wie beim Bauvorhaben „Siebeneigengasse“ (vgl. Kapitel 6.3.1) ungünstig sein. Diese Schicht weist jedoch nur eine geringe Mächtigkeit auf und könnte mit einem Voraushub beseitigt werden. Allerdings sind bei diesem Projekt neben dem Erddruck auch Lasten aus den Nachbargebäuden abzutragen. Somit ist von Erdbetonwänden abzuraten, da diese nach Kapitel 3.6.2 weniger Last als Bohrpfahl- oder Schlitzwände aufnehmen können.

Da die Baugrubenumschließung bis in eine 15 m tiefe grundwasserstauende Schicht einbindet, ist eine Tiefe von vier Untergeschoßen anzusetzen. Mit der geforderten, platzsparenden Baugrubenumschließung stehen Schlitz- und Bohrpfahlwände zur Auswahl. Die Schnittmenge gemäß Schritt 3 ergibt die genannten zwei Verbauarten. Eine Bohrpfahlwand wäre überschnitten auszuführen, damit die Wasserdichtheit gewährleistet ist. Bei diesem Projekt wurde eine Schlitzwand hergestellt, da diese gemäß Kapitel 5.2.3 noch weniger Platz als eine Bohrpfahlwand benötigt und Wirtschaftlichkeit gegeben war.

6.3.3 Kundmannngasse

Beim Bauvorhaben „Kundmannngasse“ ist ein biegeweicher Verbau möglich und keine Wasserdichtheit der Baugrubenumschließung erforderlich. Mit der Einschränkung, dass Erschütterungen zu vermeiden sind, können nach Schritt 1 Trägerbohlwände mit eingebohrten Bohlträgern, Spundwände im Einpressverfahren, Schlitz-, Bohrpfahl-, Element-, Erdbeton- oder Düsenstrahlwände angewendet werden. Da laut Bodengutachten Steine im Untergrund eingelagert sind, können Spundwände aufgrund Tabelle 3.3 und Erdbetonwände gemäß Kapitel 3.6.2 nicht herangezogen werden.

Im Schritt 2 wird mit einer Tiefe von zwei Untergeschoßen gestartet. Anschließend soll eine platzsparende Verbauart gewählt werden und somit stehen nach Vergleich mit den möglichen Verbauarten nach Schritt 1 Bohrpfahl- und Schlitzwand zur Verfügung. Eine Schlitzwand kam nicht zur Anwendung, da die ausgeführte, aufgelöste Bohrpfahlwand die wirtschaftlichere Variante darstellte.

6.4 Schlussfolgerungen

Das Auswahlverfahren zeigt, dass die Anzahl der möglichen Bauverfahren von den verwendeten Parametern abhängt. Es sind Kriterien vorhanden, die die Anzahl stark einschränken. Ist ein platzsparender Verbau gefordert, so schränkt sich die Auswahl der Baugrubenumschließung auf Schlitz- und Bohrpfahlwände ein. Dies verdeutlichen insbesondere die in Kapitel 6.3 beschriebenen Entscheidungsprozesse zu den vorgestellten Projekten. In diesem Zusammenhang ist festzuhalten, dass platzsparende Baugrubenumschließungen geringe Emissionen in Form von Erschütterungen und Lärm hervorrufen. Dasselbe gilt für alle steifen Verbauten.

Die Anzahl der möglichen Verbaumaßnahmen kann nur durch Änderungen der „Projekt abhängigen“ Parameter beeinflusst werden. Dies wird im Folgenden Anhand des Bauvorhabens „Siebeneichengasse“ erläutert. Als Alternative zur überschrittenen Bohrpfahlwand könnte das an einer Seite angrenzende Nachbargebäude durch eine Düsenstrahlwand unterfangen und für die weiteren Projektverlauf festgelegt werden, dass nicht die platzsparendste Baugrubenumschließung herangezogen werden muss. Zur Absenkung des Grundwasserspiegels wird eine Maßnahme nach Kapitel 3.7 eingesetzt. Schlussendlich könnte bei den drei anderen Baugrubenseiten alternativ unter Berücksichtigung der Erschütterungsvermeidung eine Trägerbohlwand mit eingebohrten Bohlträgern, eine Spundwand im Einpressverfahren oder als Alternative zu den beiden genannten eine Elementwand zur Anwendung kommen. Jedoch ist von eingepressten Spundwänden abzuraten, da diese bei Ziegel- oder Betonstücken im Boden Probleme beim Einpressen haben können.

Dieser Umstand verdeutlicht, dass aufgrund der Bodeneigenschaften ein „einfaches“ Flussdiagramm nur die Basis für einen Entscheidungsprozess darstellen kann. Im Allgemeinen besteht die Notwendigkeit Informationen aus der gesamten Diplomarbeit über die Eignung eines Bauverfahrens in den vorhandenen Bodeneigenschaften zu berücksichtigen.

7 Zusammenfassung

Die vorliegende Diplomarbeit verdeutlicht die Komplexität des Themas „Tiefe Baugruben“. Vorab sind bei jedem Projekt einige Parameter zu klären, welche eine Richtungsentscheidung bei der Auswahl einer Verbauart ermöglichen. Dabei sind die Eigenschaften des Bodens, die Nachbarbebauung und die Anforderungen aus dem Eigenprojekt heranzuziehen. Umfangreiche Informationen sind aus Unterlagen wie Plänen der Nachbarbebauung, Bodengutachten, Aufzeichnungen von Leitungen und Einbauten heranzuziehen.

Die Komplexität findet sich in den Bauverfahren wieder. Diese weisen unterschiedliche Arbeitsschritte, Eigenschaften und Vor- und Nachteile auf. Als wichtigste Erkenntnis bei der Analyse der Verbauarten kann festgehalten werden, dass die jeweiligen Methoden Unterschiede in ihrer Einsetzbarkeit aufweisen. Zur Verdeutlichung sind in Kapitel 3.8 vielfältigen Tabellen zu finden. In diesen werden die jeweiligen Bauverfahren aufbauend auf die Auswahlkriterien nach deren Bodeneinsetzbarkeit, Wasserdichtheit, Rückbaubarkeit, Möglichkeit der aufnehmbaren Belastung, vorhandenen Emissionen bei deren Herstellung und Verformungsverhalten unterschieden. Somit sind Bauverfahren zur Herstellung von tiefen Baugruben nicht als äquivalent anzusehen. Schwerwiegende Konsequenzen könnte die Auswahl einer ungeeigneten Methode nach sich ziehen, wie beispielsweise die Verursachung von Schäden an umliegenden Gebäuden.

Für die Herstellung einer Baugrubenumschließung ist eine entsprechende Baustelleneinrichtung zu veranlassen. Dabei sind Großgeräte, Gebäude, Verkehrswege, Lagerflächen und Einrichtungen für die Versorgung, Baustellensicherung und Abfallentsorgung als Elemente bei der Planung der Baustelleneinrichtung zu berücksichtigen. Darauf aufbauend sind für die Gewährleistung der Sicherheit während der Baumaßnahme das Bauarbeitenkoordinationsgesetz, das ArbeitnehmerInnenschutzgesetz, die Arbeitsstättenverordnung, die Bauarbeiterschutzverordnung und die Arbeitsmittelverordnung zu beachten.

Für das Auswahlverfahren wurden aus Kapitel 2 Einflusskriterien herangezogen. Dabei erfolgte eine Einteilung in „standortabhängige“ und „projektabhängige“ Parameter. Erstere sind bereits vor Projektbeginn vorhanden. Dazu gehören die Bodeneigenschaften und die Lage des Grundwasserspiegels, welcher über die Anforderungen an die Wasserdichtheit einer Baugrubenumschließung entscheidet. Bei einer möglichen Nachbarbebauung ist auf die zulässigen Verformungen und Emissionen zu achten. Diese Kriterien bilden zusammen mit den Bodeneigenschaften und der Wasserdichtheit die „standortabhängigen“ Parameter. Die „projektabhängigen“ Parameter werden erst im Zuge der Planung eines neuen Bauvorhabens festgelegt. Dafür wurden die Tiefe, der Platzbedarf und die Rückbaubarkeit

berücksichtigt. Das Auswahlverfahren wird auf die in der Diplomarbeit vorgestellten Projekte angewendet. Das Ergebnis stellt die Ableitung der bei den Bauvorhaben möglichen Verbauarten mit der Erläuterung der Entscheidungskriterien für die tatsächlich ausgeführte Baugrubenumschließung dar.

7.1 Forschungsfrage 1

Welche Parameter sind für die Auswahl einer geeigneten Verbauart zu berücksichtigen?

Die Bodeneigenschaften nehmen eine wesentliche Rolle ein, da nicht jedes Bauverfahren unabhängig davon einsetzbar ist. Dabei ist die Lage des Grundwasserspiegels zu berücksichtigen. Liegt dieser oberhalb der Aushubsohle, so ist entweder eine wasserdichte Verbauart oder zusätzlich eine Maßnahme zur Wasserhaltung heranzuziehen. In Zusammenhang mit der Nachbarbebauung sind die Verformung der Baugrubenumschließung und die im Zuge der Baumaßnahme entstehenden Emissionen in Form von Lärm und Erschütterung zu beachten. Bei einer angrenzenden, setzungsempfindlichen Nachbarbebauung ist eine „steife“ Verbauart heranzuziehen, da bei dieser geringe Verformungen auftreten. Im Gegensatz dazu sind bei keiner Anforderung hinsichtlich der zulässigen Verformungen „weiche“ Verbauarten möglich. Durch ein Bauverfahren erzeugte Erschütterungen können Schäden an einer angrenzenden Nachbarbebauung verursachen. Daher ist in diesen Fällen eine erschütterungsarme Verbaumethode anzuwenden. In lärmempfindlichen Bereich sind lärmschonende Bauverfahren heranzuziehen. Ein weiterer Aspekt ist die Tiefe der Baugrube. Je tiefer die Baugrubensohle liegt, desto größer sind die Einwirkungen aus Erddruck, Wasserdruck und Eigengewicht der Verbauart auf die Baugrubenwände. Dies ist für die statische Dimensionierung von großer Bedeutung. Das vorhandene Baufeld ist auf Leitung und Einbauten im Untergrund zu untersuchen, damit diese nicht im Zuge der Baumaßnahmen beschädigt werden. Schlussendlich ist der Platzbedarf der Baugrubenumschließung und die Möglichkeit bzw. Durchführbarkeit eines Rückbaus der Baugrubensicherung in der Planungsphase zu berücksichtigen.

7.2 Forschungsfrage 2

Welche Bauverfahren können bei der Herstellung einer tiefen Baugrube angewandt werden?

In den meisten Fällen kommen Trägerbohlwände, Spundwände, Schlitzwände oder Bohrpfehlwände zur Anwendung. Düsenstrahlwände, Elementwände und Erdbetonwände stellen Alternativen zu diesen Bauverfahren dar. Trägerbohlwände bestehen aus vertikalen Trägern, welche entweder in den Untergrund gerammt, gerüttelt oder in vorgebohrte Löcher

eingestellt werden. Zwischen den Bohrträgern wird eine Ausfachung hergestellt, die in den meisten Fällen aus Holz besteht. Bei Spundwänden werden Spundbohlen aus Stahl entweder in den Boden eingerammt, einvibriert oder eingepresst. Die Spundwandprofile sind mit Schlössern zu einer Einheit verbunden. Schlitzwände sind wandartige Baukörper im Boden. Dabei wird nach Herstellung von Leitwänden eine Lamelle unter Suspensionsstützung ausgehoben. Danach werden entweder vertikale Tragelemente eingestellt oder der Erdschlitz wird nach Einheben eines Bewehrungskorbes im Kontraktorverfahren ausbetoniert. Anschließend wird mit der nächsten Lamelle fortgesetzt. Bei Bohrpfahlwänden wird vorab eine Bohrung mit kreisförmigen Querschnitt im Untergrund hergestellt. Dabei stehen verschiedene Bohrverfahren zur Verfügung, welche sich in ihrer Bodeneinsetzbarkeit, Bohrtiefe, Stützung der Bohrlochwandung und der Reihenfolge von Bewehren und Betonieren unterscheiden.

Elementwände werden durch abschnittsweises Ausheben hergestellt. Zwischen den Abschnitten erfolgt eine Sicherung aus bewehrten Spritzbeton oder Stahlbetonfertigteilen, die mittels Verpressanker rückverankert werden. Bei Erdbetonwänden wird ein fester Körper durch Vermischen von Bindemittelsuspension und Bodenmaterial hergestellt. Bei Düsenstrahlwänden erfolgt diese Vermischung durch eine in den Untergrund abgeteufte Injektionslanze. Dabei wird durch einen Strahl unter hohem Druck der Boden aufgeschnitten und erodiert, wodurch ein Düsenstrahlkörper entstehen kann.

Liegt der Grundwasserspiegel oberhalb der Aushubsohle, so sind Maßnahmen zur Wasserhaltung zu veranlassen. In Abhängigkeit von der Bodenart und des Absenkziels kommt entweder eine Grundwasserhaltung oder eine Grundwasserabspernung zur Anwendung.

7.3 Forschungsfrage 3

Was ist bei der zugehörigen Baustelleneinrichtung der Bauverfahren zu beachten?

Die zu den vorgestellten Bauverfahren gehörige Planung der Baustelleneinrichtung sollte unmittelbar nach der Auftragserteilung erfolgen. Dabei stellt eine Baufeldbesichtigung einen wichtigen Aspekt dar, damit die tatsächlichen Gegebenheiten festgestellt werden können.

Je nach Bauverfahren sind unterschiedliche Großgeräte erforderlich, wobei insbesondere deren Gewicht im Zuge des Antransportes zu beachten ist. Kommt es zu einer Überschreitung des höchst zulässigen Gesamtgewichtes von 40.000 kg laut Kraftfahrzeuggesetz kommen, muss für den Transport eine Genehmigung beantragt werden. Der 4. Abschnitt der Bauarbeiterschutzverordnung ist für die Festlegung von Gebäuden, Bauwagen oder Containern auf der Baustelle heranzuziehen. Für eine effiziente Bauabwicklung sind Verkehrsflächen erforderlich. Dabei wird empfohlen eine Trennung

zwischen Personen- und Fahrzeugverkehr vorzunehmen. In Zusammenhang mit tiefen Baugruben sind Sicherheitsabstände zu deren Rändern gemäß Tabelle 4.3 einzuhalten. Eine ausreichende Anzahl und Größe von Lagerflächen ist für Bauteile und Materialien einer Baugrubenumschließung zu berücksichtigen. Bei der Planung spielen vor allem die spätere Einbaustelle und die Erreichbarkeit mit Hebegeäten eine Rolle. Eine ausreichende Versorgung mit Strom, Wasser und Treibstoff sowie eine Anbindung an Kommunikationsnetze sind bei der Herstellung von tiefen Baugruben zu gewährleisten. Für die erforderliche Abfallentsorgung sind das Abfallwirtschaftsgesetz und die Recycling-Baustoffverordnung zu berücksichtigen. Das Baufeld ist entsprechend abzusichern, damit ausreichend Schutz der Umgebung, der Bauführung und der Baustelle vor Gefahren von außen gewährleistet ist.

7.4 Forschungsfrage 4

Können durch die in Forschungsfrage 1 aufgezeigten Parameter mögliche Bauverfahren aus Forschungsfrage 2 für eine konkrete Aufgabenstellung ermittelt werden?

Ja, mit den in Kapitel 6 entwickelten Auswahlverfahren besteht die Möglichkeit, eine oder mehrere geeignete Verbauarten für ein konkretes Bauprojekt zu ermitteln. Die Parameter aus Forschungsfrage 1 können die Anzahl der möglichen Baugrubenumschließungen beeinflussen. Dabei erfolgt als ersten Schritt eine Vorauswahl aus den Kriterien „Boden“, „Wasserdichtheit“, „Emissionen“ und „Verformungen“. Für den zweiten Schritt werden die Parameter „Tiefe“, „Platzbedarf“ und „Rückbaubarkeit“ für eine weitere Vorauswahl betrachtet. Die Schnittmenge aus den beiden Schritten ergibt die möglichen Bauverfahren für eine konkrete Aufgabenstellung. Durch die Anwendung des Auswahlverfahrens auf die in Kapitel 5 vorgestellten Projekte wird die Ermittlung der möglichen Bauverfahren veranschaulicht.

7.5 Ausblick

Das Ergebnis der Arbeit ist das in Kapitel 6 beschriebene Verfahren zur Auswahl einer oder mehrerer geeigneter Verbauarten in der Planungsphase. Die Anwendung des Verfahrens auf die in Kapitel 5 vorgestellten Projekte zeigt, dass grundsätzlich für eine konkrete Aufgabenstellung im Allgemeinen mehrere Verbaumethoden in Frage kommen. Das Verfahren enthält Einschätzungen aus statischer und wirtschaftlicher Sicht und bildet damit eine Basis für detailliertere Untersuchungen, die im Allgemeinen zur finalen Auswahl erforderlich sind. Durch die Beschreibung der Einflusskriterien, Bauverfahren und durch Hinweise zur Baustelleneinrichtung geben die Kapitel 2 bis 4 eine Hilfestellung hierzu. Im

Folgenden werden mögliche weiterführende Untersuchungen betrachtet bzw. eine Abgrenzung durchgeführt.

Insbesondere bei Tiefen von bis zu zwei Untergeschoßen ist, wie in Abbildung 6.3 angeführt, eine größere Anzahl von Verbauarten in Betracht zu ziehen womit als nächster Schritt konkrete Hilfestellungen zu einer weiteren Vorauswahl wünschenswert wären.

Mit Sicherheit ist der wirtschaftliche Aspekt noch eingehender zu betrachten. Aufgrund unterschiedlicher Kosten bei der Baustelleneinrichtung wäre zum Beispiel von Interesse, ab welcher Menge von Verbau in m^2 oder m^3 die jeweiligen Baugrubenumschließungen am wirtschaftlichsten sind. In Hinblick auf die Gesamtkosten ist wiederum eine Gegenüberstellung von der Nutzung eines permanenten Verbaus als Kelleraußenwand und tragenden Bauteil für darüber liegende Geschoße zu einem Rückbau der Baugrubenumschließung ein weiterer möglicher Untersuchungsgegenstand.

Da bei jedem Bauvorhaben die Bauzeit eine bedeutende Rolle einnimmt, wäre diese in vertiefende Betrachtungen mit einzubeziehen. Dabei ergibt sich ein weiterer Forschungsbedarf in Form einer Untersuchung der Bauzeiten von Verbaumethoden unter verschiedenen Einsatzbedingungen. Hierfür könnten unterschiedliche Tiefenstufen oder Bodenaufbauten zur Kategorisierung herangezogen werden.

Bei tiefen Baugruben nehmen statische Berechnungen eine bedeutende Rolle ein. Da die Einwirkungen auf Verbauten unterschiedliche Formen annehmen können, ist individuelle statische Untersuchung jedes einzelnen Bauvorhabens unabdingbar. Diese vorliegende Diplomarbeit beschreibt in diesem Zusammenhang nur die Einflussfaktoren in Kapitel 2.

Ein weiterer Aspekt ist die Durchführung des Aushubs auf den hier nicht eingegangen wird. Gegenstand weiterer Forschungen wäre die Ermittlung möglicher Bauverfahren für den Aushub und die Integration der Ergebnisse in den Gesamtkontext.

Zusammenfassend wird festgehalten, dass die Diplomarbeit die Auswahl von Verfahren zur Herstellung von tiefen Baugruben und damit den Beginn der Planungen unterstützt. Aufgrund der Vielseitigkeit der Fragestellung sind zweifellos weitere individuelle Detailanalysen zu jedem konkreten Projekt erforderlich.

8 Verzeichnisse

8.1 Quellenverzeichnis

8.1.1 Bücher, Skripten

- [1] Adam, Dieter: Vorlesungsunterlagen Grundbau und Bodenmechanik. Technische Universität Wien – Insitut für Geotechnik, Wien 2013
- [2] Bata, Erich; Car, Martin; Ritschl, Norbert: Sicherheit und Umweltschutz auf Baustellen. Technische Universität Wien – Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement, Wien 2014
- [3] Berner, Fritz; Kochendörfer, Bernd; Schach, Rainer: Grundlagen der Baubetriebslehre 2. Springer Vieweg, Wiesbaden 2013
- [4] Boley Conrad (Hrsg.): Handbuch Geotechnik: Grundlagen – Anwendungen – Praxiserfahrungen. Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden 2012
- [5] Breit, Klaus: Vorlesungsunterlagen Spezialtiefbau. Technische Universität Wien – Institut für Geotechnik, Wien 2016
- [6] Buja, Heinrich Otto: Praxishandbuch Ramm- und Vibrationstechnik, 1. Auflage. Bauwerk, Berlin 2007
- [7] Buja, Heinrich Otto: Spezialtiefbaupraxis: Grundlagen, Gerätetechnik, Anwendungen, Praxiserfahrungen, Band 1, 1. Auflage. BoD – Books on Demand, Nordstedt 2014
- [8] Buja, Heinrich Otto: Spezialtiefbaupraxis: Grundlagen, Gerätetechnik, Anwendungen, Praxiserfahrungen, Band 2, 1. Auflage. BoD – Books on Demand, Nordstedt 2014
- [9] Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (Hrsg.): Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“, 5. Auflage. Ernst Sohn A Wiley Company, Berlin 2012
- [10] Dörken, Wolfram; Dehne Erhard; Kliesch Kurt: Grundbau in Beispielen: 3. Baugruben und Gräben, Spundwände und Verankerungen, Böschungs- und Geländebruch, 3. Auflage. Werner, Düsseldorf 2011
- [11] Duschel, Michael; Plettenbacher, Wolf: Handbuch Arbeitsvorbereitung im Baubetrieb: praktische Methoden und Lösungen für die optimale Vorbereitung und Steuerung von Bauvorhaben. Linde, Wien 2013
- [12] Eichler, Klaus: Spezialtiefbau: Erkundung und Ausführung – Technik und Umwelt – Methoden und Auswirkungen – Baustoffe und Verfahren; mit 49 Tabellen, 2., neu bearbeitete und erweiterte Auflage. expert-Verlag, Renningen 2002

- [13] Fachverband der Bauindustrie der Wirtschaftskammer Österreich, Österreichische Baugeräteleiste (ÖBGL) 2015. Bauverlag, Gütersloh 2015
- [14] Jodl, Hans-Georg; Oberndorfer Wolfgang; Austrian Standards Institute: Handwörterbuch der Bauwirtschaft, 3. Auflage. Austrian Standards plus, Wien 2010
- [15] Jodl, Hans Georg; Resch, Daniel: Bauverfahren im Tiefbau. Technische Universität Wien – Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement, Wien 2014
- [16] Jodl, Hans Georg; Schönwälder, Arthur: Einrichtung und Betrieb von Baustellen. Technische Universität Wien – Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement, Wien 2015
- [17] Katzenbach, Rolf; Leppla, Steffen (Hrsg): Handbuch des Spezialtiefbaus, 3. überarbeitete Auflage. Bundesanzeiger Verlag, Köln 2015
- [18] Katzenbach, Rolf: Studienunterlagen Geotechnik. Institut und Versuchsanstalt für Geotechnik der TU Darmstadt, Darmstadt 2013
- [19] Kolymbas, Dimitrios: Geotechnik: Bodenmechanik, Grundbau und Tunnelbau, 2., korrigierte und ergänzte Auflage. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin Heidelberg 2007
- [20] Lang, Hans-Jürgen u.a.: Bodenmechanik und Grundbau: Das Verhalten von Böden und Fels und die wichtigsten grundbaulichen Konzepte, 8., ergänzte Auflage. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin Heidelberg 2007
- [21] Liebherr-Werk Nenzing GmbH (Hrsg.): Spezialtiefbau: Kompendium Verfahrenstechnik und Geräteauswahl, 1. Auflage. Ernst Sohn A Wiley Company, Berlin 2009
- [22] Liebherr-Werk Nenzing GmbH (Hrsg.): Spezialtiefbau: Kompendium Band II Verfahrenstechnik und Geräteauswahl: Bohrgeräte und Hydroseilbagger, 1. Auflage. Ernst Sohn A Wiley Company, Berlin 2009
- [23] Maybaum, Georg u.a.: Verfahrenstechnik und Baubetrieb im Grund- und Spezialtiefbau, 2. Auflage. Vieweg+Teubner Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden 2011
- [24] Möller Gerd: Geotechnik - Grundbau, 2. Auflage. Ernst Sohn A Wiley Company, Berlin 2013
- [25] Petri, Peter; Steinmaurer, Reinhold: Baukoordination. Der Wirtschaftsverlag, Wien 2007

- [26] Schach, Rainer; Otto, Jens: Baustelleneinrichtung: Grundlagen – Planung – Praxishinweise – Vorschriften und Regeln. Vieweg+Teubner Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden 2011
- [27] Schnell, Wolfgang: Verfahrenstechnik zur Sicherung von Baugruben, 2. neubearbeitete und aktualisierte Auflage. B. G. Teubner, Stuttgart 1995
- [28] Schmidt, Hans-Hennig u.a.: Grundlagen der Geotechnik: Geotechnik nach Eurocode, 4., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage. Springer Vieweg, Wiesbaden 2014
- [29] Triantafyllidis Theodoros: Planung und Bauausführung im Spezialtiefbau: Teil 1: Schlitzwand- und Dichtwandtechnik. Ernst Sohn A Wiley Company, Berlin 2004
- [30] Ulrich Vismann (Hrsg.): Wendehorst Bautechnische Zahlentafel, 34. Auflage. Vieweg+Teubner Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden 2012
- [31] Wietek, Bernhard: Böschungen und Baugruben: ohne und mit Verbau. Vieweg+Teubner Verlag / Springer Fachmedien Wiesbaden GmbH, Wiesbaden 2011
- [32] Witt, Karl Josef (Hrsg.): Grundbau-Taschenbuch: Teil 1: Geotechnische Grundlagen, 7. Auflage. Ernst Sohn A Wiley Company, Berlin 2008
- [33] Witt, Karl Josef (Hrsg.): Grundbau-Taschenbuch: Teil 2: Geotechnische Verfahren, 7. Auflage. Ernst Sohn A Wiley Company, Berlin 2009
- [34] Witt, Karl Josef (Hrsg.): Grundbau-Taschenbuch: Teil 3: Gründungen und geotechnische Bauwerke, 7. Auflage. Ernst Sohn A Wiley Company, Berlin 2009
- [35] Zilch, Konrad (Hrsg.) u.a.: Geotechnik. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin Heidelberg 2013

8.1.2 Gesetze, Normen, Verordnungen und Richtlinien

- [36] Abfallwirtschaftsgesetz -
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20002086>. Zuletzt abgerufen am: 27.8.2018
- [37] Arbeitsmittelverordnung
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20000727&TabbedMenuSelection=BundesrechtTab>- Zuletzt abgerufen am: 29.9.2018

- [38] Bauarbeiterschutzverordnung -
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10008904&TabbedMenuSelection=BundesrechtTab>. Zuletzt abgerufen am: 29.9.2018
- [39] Baugrubensicherung Merkblatt. Österreichische Bautechnik Vereinigung, Wien 2014
- [40] Baulärmverordnung -
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrT&Gesetzesnummer=20000657>. Zuletzt abgerufen am: 4.1.2018
- [41] Baupolizeigesetz -
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrSbg&Gesetzesnummer=10001005>. Zuletzt abgerufen am: 4.1.2018
- [42] Burgenländisches Baugesetz -
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrBgld&Gesetzesnummer=10000504>. Zuletzt abgerufen am: 2.1.2018
- [43] EN ISO 14688-1: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung. Beuth, Berlin 2013
- [44] EN ISO 14688-2: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen. Beuth, Berlin 2013
- [45] Eurocode 2: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbetonbauten. Austrian Standards, Wien 2015
- [46] Eurocode 3: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Stahlbauten. Austrian Standards, Wien 2014
- [47] Eurocode 5: Entwurf, Berechnung und Bemessung von Holzbauten. Austrian Standards, Wien 2015
- [48] Gesetz zum Schutz von Baulärm -
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrW&Gesetzesnummer=20000056>. Zuletzt abgerufen am: 2.1.2018
- [49] Kärntner Bauordnung -
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrK&Gesetzesnummer=10000201>. Zuletzt abgerufen am: 4.1.2018

- [50] Kraftfahrzeuggesetz -
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=10011384>. Zuletzt abgerufen am: 23.9.2018
- [51] Lärmschutzverordnung des Stadt St. Pölten - <http://www.st-poelten.gv.at/Content.Node/buergerservice/magistratswegweiser/LaermschutzVO.PDF>. Zuletzt abgerufen am: 2.1.2018
- [52] Mappe Sicherheit am Bau – Ausgabe 2012. AUVA – Allgemeine Unfallversicherungsanstalt, Wien 2012
- [53] Oberösterreichische Bautechnikverordnung -
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LROO&Gesetzesnummer=20000727>. Zuletzt abgerufen am: 2.1.2018
- [54] ÖNORM B 1997-1: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 1: Allgemeine Regeln, nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1997-1 und nationale Ergänzungen. Austrian Standards, Wien 2013
- [55] ÖNORM B 1997-2: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds, nationale Festlegungen zu ÖNORM EN 1997-2 und nationale Ergänzungen. Austrian Standards, Wien 2017
- [56] ÖNORM B 2107-1: Umsetzung des Bauarbeitenkoordinationsgesetzes (BauKG) – Teil 1: Funktionen und Pflichten bei der Bauarbeitenkoordination. Österreichisches Normungsinstitut, Wien 2016
- [57] ÖNORM B 4400-1: Geotechnik, Teil 1: Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Böden. Austrian Standards, Wien 2010
- [58] ÖNORM B 4422-1: Untersuchung von Bodenproben, Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit. Österreichisches Normungsinstitut, Wien 1992
- [59] ÖNORM EN 1997-1: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 1: Allgemeine Regeln. Austrian Standards, Wien 2014
- [60] ÖNORM EN 1997-2: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik, Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds. Austrian Standards, Wien 2010
- [61] Recycling – Baustoffverordnung -
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=Bundesnormen&Gesetzesnummer=20009212>- Zuletzt abgerufen am: 4.9.2018
- [62] Richtlinie „Bohrpfähle“. Österreichische Bautechnik Vereinigung, Wien 2013

- [63] Richtlinie „Dichte Schlitzwand“. Österreichische Bautechnik Vereinigung, Wien 2013
- [64] Steiermärkisches Baugesetz -
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrStmk&Gesetzesnummer=20000070>. Zuletzt abgerufen am: 4.1.2018
- [65] Vorarlberger Baugesetz -
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrVbg&Gesetzesnummer=20000734>. Zuletzt abgerufen am: 4.1.2018
- [66] Wiener Baulärm-Emissionsgrenzwertverordnung -
<https://www.ris.bka.gv.at/GeltendeFassung.wxe?Abfrage=LrW&Gesetzesnummer=20000058>. Zuletzt abgerufen am: 14.1.2018

8.1.3 Firmenprospekte

- [67] ABI Firmenprospekt zu Wet Speed-Mixing. ABI Maschinenfabrik und Vertriebsgesellschaft GmbH
- [68] Bauer Spezialtiefbau Firmenprospekt. Bauer Spezialtiefbau Ges.m.b.H
- [69] Bauer Spezialtiefbau Firmenprospekt zu CSM – Cutter Soil Mixing. Bauer Spezialtiefbau Ges.m.b.H
- [70] Bauer Spezialtiefbau Firmenprospekt zu Mixed-in-Place. Bauer Spezialtiefbau Ges.m.b.H
- [71] Keller Grundbau Firmenprospekt zu Soilcrete-Verfahren. Keller Grundbau GmbH
- [72] Keller Grundbau Firmenprospekt zu Tiefreichende Bodenstabilisierung. Keller Grundbau GmbH

8.1.4 Internetquellen

- [73] Bauer Maschinen GmbH: Internetseite zu Kellybohrverfahren -
<http://www.bauer.de/export/shared/images/bma/kellybohren.png>. Zuletzt abgerufen am 18.6.2017
- [74] Grönemeyer Klaus: BAW-Kolloquium 22.9.2005: Baupraktische Hinweise zur Ausführung von Spundwandbauwerken -
<https://izw.baw.de/publikationen/kolloquien/0/Vortrag6.pdf>. Zuletzt abgerufen am: 11.7.2017
- [75] Hoesch - Spundwand und Profil: Internetseite zu Spundwandprofilen
http://www.piles-machinery.lv/content/files/HSP_Handbook_2013.pdf. Zuletzt aufgerufen am 3.4.2017

- [76] HELP.gv.at: Internetseite zu Siedlungsabfälle -
<https://www.help.gv.at/Portal.Node/hlpd/public/content/379/Seite.3790021.html>. –
 Zuletzt abgerufen am: 4.9.2018
- [77] Keller Grundbau GmbH: Internetseite zu Injektionen -
<http://www.kellergrundbau.at/de/injektionen.asp>. Zuletzt abgerufen am 7.3.2017
- [78] Liebherr GmbH: Internetseite zu Doppelkopfbohrverfahren -
<https://www.liebherr.com/shared/media/construction-machinery/deep-foundation/content/liebherr-doppelkopfbohren-double-rotary-drilling-drilling-cased-cfa-drilling-zoom.jpg>. Zuletzt aufgerufen am 31.8.2017
- [79] Liebherr GmbH: Internetseite zu Greiferbohrverfahren -
https://www.liebherr.com/shared/media/construction-machinery/deep-foundation/content/liebherr-greiferbohren-hammer-grab-drilling_zoom.jpg. Zuletzt aufgerufen am 29.8.2017
- [80] Liebherr GmbH: Internetseite zu Kellybohrverfahren -
<https://www.liebherr.com/shared/media/construction-machinery/deep-foundation/content/liebherr-kelly-drilling-unverroehrt.jpg>. Zuletzt aufgerufen am 29.8.2017
- [81] Liebherr GmbH: Internetseite zu Schneckenbohrverfahren -
<https://www.liebherr.com/shared/media/construction-machinery/deep-foundation/content/liebherr-endlosschneckenbohren-cfa-continuous-flight-auger-drilling-zoom.jpg>. Zuletzt aufgerufen am 30.8.2017
- [82] MOVAX: Internetseite zu Tiefbau - <https://www.movax.com/de-DE/produkte-und-services/schlagrammen/>. Zuletzt abgerufen am:17.9.2018
- [83] SOTRA: Internetseite zu Sondertransporte auf Straßen Österreichs -
<https://www.sondertransporte.gv.at>. Zuletzt abgerufen am: 25.8.2018
- [84] STABAU GmbH & Co. KG founded on steel: Internetseite zu Stahlbau -
<https://www.stabau.de/files/content/04-Referenzen/Stahltraeger/E6%20Skansenlopet%20Tunnel%20Trondheim%20%28NO%29/Trondheim0026.jpg>. Zuletzt abgerufen am: 25.8.2017
- [85] Stein HAT: Internetseite zu Spezialtiefbau. <http://stein-ht-spt.de/anmerkungen/>.
 Zuletzt abgerufen am 4.4.2017
- [86] Ünal Spezialtiefbau: Internetseite zu Spezialtiefbau - http://unal-spezialtiefbau.de/images/kat/1759_IMG_6255.JPG. Zuletzt abgerufen am 19.1.2017

- [87] Wikipedia – Die freie Enzyklopädie: Internetseite zu Bentonit -
<https://de.wikipedia.org/wiki/Bentonit>. Zuletzt abgerufen am 13.10.2017
- [88] Wikipedia – Die freie Enzyklopädie: Internetseite zu Trägerbohlenwand -
<https://de.wikipedia.org/wiki/Tr%C3%A4gerbohlwand>. Zuletzt abgerufen am 15.7.2017
- [89] Wöhrl-Spezialtiefbau GmbH: Internetseite zu Spezialtiefbau http://www.woehrl-spezialtiefbau.com/referenzbilder/muenchen_gutgrosslappen_01.jpg. Zuletzt abgerufen am 5.3.2017

8.1.5 Fachgespräche, Firmenunterlagen und Projekte

- [90] Fachgespräch mit DI Ingo Bormann von KS Ingenieure ZT GmbH. Geführt am: 6.9.2017
- [91] Fachgespräch mit Ing. Markus Tandler von PORR Bau GmbH, Abteilung schwerer Spezialtiefbau. Geführt am: 2.11.2017
- [92] Unterlagen zum Bauvorhaben Kundmannngasse
- [93] Unterlagen zum Bauvorhaben Siebeneichengasse
- [94] Unterlagen zum Bauvorhaben Vogelsanggasse

8.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 2.1: Drei-Phasen-Aufbau [1, S.4/3]	6
Abbildung. 2.2: Ausschnitt Bodenprofil [92]	8
Abbildung 2.3: Korngrößenverteilung ausgewählter Böden [1, S.4/7]	10
Abbildung 2.4: Bauwerke mit aktiven Erddruck zu berechnen [31, S.1286]	17
Abbildung 2.5: Bauwerke mit erhöhten aktiven Erddruck zu berechnen [30, S.1287]	17
Abbildung 3.1: Trägerbohlenwand mit Holzausfachung [88]	22
Abbildung 3.2: Verkeilung bei Holzausfachung [34, S.440]	24
Abbildung 3.3: Ausfachung mit Kanaldielen [23, S.87]	24
Abbildung 3.4: Ausfachung mit Spritzbeton [23, S.88]	25
Abbildung 3.5: Ausfachung mit Ortbeton [23, S.88]	25
Abbildung 3.6: Ausfachung mit Stahlbetonfertigteilen [23, S.87]	26
Abbildung 3.7: rückverankerte Trägerbohlenwand [28, S.380]	26
Abbildung 3.8: Spundwandverbau	27
Abbildung 3.9: Z-Profil Firma Hoesch [75]	28
Abbildung 3.10: U-Profil Firma Larssen [75]	28
Abbildung 3.11: Arbeitsschritte freischreitende Presse [4, S.459]	32
Abbildung 3.12: Arbeitsschritte freireitende Presse [4, S.459]	32
Abbildung 3.13: Spundwandverbau mit Rohraussteifung [84]	33
Abbildung 3.14: Arbeitsschritte Einphasenverfahren [68]	36
Abbildung 3.15: Leitwand aus Ortbeton [4, S.442]	36

Abbildung 3.16: Schlitzwand mit eingestellten Stahlbetonfertigteilen [85]	38
Abbildung 3.17: Arbeitsschritte Zweiphasenverfahren [68]	39
Abbildung 3.18: Fugensysteme: a) Abstellrohr, b) Betonfertigteile, c) Fugenbänder [17, S.598].....	40
Abbildung 3.19: Bohrpfahlwand neben bestehenden Gebäude	41
Abbildung 3.20: Bohrschablone [86]	42
Abbildung 3.21: li.: verrohrt, mitte: unverrohrt, re.: unverrohrt mit Stützflüssigkeit [22, S.A/6]	44
Abbildung 3.22: Kellybohrverfahren verrohrt [73]	45
Abbildung 3.23: Kellybohrverfahren unverrohrt [80]	46
Abbildung 3.24: links: verrohrt, rechts: unverrohrt mit Stützflüssigkeit [22, S.A/6]	47
Abbildung 3.25: Greiferbohrverfahren verrohrt [79]	48
Abbildung 3.26: SOB-Verfahren mit dünnem Seelenrohr [81].....	49
Abbildung 3.27: Doppelkopfbohrverfahren [78]	50
Abbildung 3.28: VdW-Verfahren [22, S.A/16]	51
Abbildung 3.29: Bohrpfahlwand mit Rückverankerung [89].....	53
Abbildung 3.30: Aufgelöste Bohrpfahlwand [19, S.384]	54
Abbildung 3.31: Tangierende Bohrpfahlwand [19, S.384]	54
Abbildung 3.32: Überschnittene Bohrpfahlwand [19, S.384]	54
Abbildung 3.33: geschlossenen Elementwand: gerade (links), versetzt (rechts) [8, S.744].....	56
Abbildung 3.34: aufgelöste Elementwand [17, S.591 f].....	56
Abbildung 3.35: Arbeitsschritte MIP-Verfahren [68, S.33]	58
Abbildung 3.36: Arbeitsschritte CSM-Verfahren [68, S.33]	59
Abbildung 3.37: Arbeitsschritte DSM-Trocken-Misch-Verfahren [72, S.4]	60
Abbildung 3.38: Arbeitsschritte DSM-Nass-Misch-Verfahren [72, S.6]	60
Abbildung 3.39: Arbeitsschritte WSW-Verfahren [67, S.4]	61
Abbildung 3.40: Lamellenwand mit Dichtsohle (links), Unterfangungskörper (rechts) [71, S.7].....	61
Abbildung 3.41: Arbeitsschritte zur Herstellung einer Düsenstrahlwand [22, S.H/3]	62
Abbildung 3.42: Einfachverfahren (links), Zweifachverfahren (mitte) Dreifachverfahren (rechts) [71, S.6]	63
Abbildung 3.43: Auswahl der Wasserhaltungsmaßnahme [12, S.95]	64
Abbildung 3.44: Beispiel für eine offene Wasserhaltung [8, S.1053].....	65
Abbildung 3.45: Brunnenarten zur Schwerkraftentwässerung [18, S.XII-2]	66
Abbildung 3.46: Brunnenarten zur Vakuumentwässerung [18, S.XIII-3]	67
Abbildung 3.47: Baugrube mit natürlicher Sohlenabdichtung [17, S.612]	68
Abbildung 3.48: Ausführungsformen von Düsenstrahlsohlen [17, S.613]	69
Abbildung 3.49: Unterwasserbetonsohle [17, S.616].....	69
Abbildung 3.50: Weichgelsohle [17, S.620]	70
Abbildung 4.1: Anordnung von Containern [3, S.248]	77
Abbildung 4.2: Varianten von Baust Straßen [26, S.97].....	78
Abbildung 4.3: Bewehrungskörbe Schlitzwand	80
Abbildung 4.4: Silos für Stützflüssigkeit	80
Abbildung 4.5: Baugrube mit Treppenturm und Umwehrung	83

Abbildung 4.6: Bohlträger einrammen [82]	88
Abbildung 4.7: Drehbohranlage [23, S.120]	91
Abbildung 4.8: Schlitzwandgreifer	93
Abbildung 5.1: Lageplan	96
Abbildung 5.2: Bohrprofil	97
Abbildung 5.3: Pfahlausteilungsplan	98
Abbildung 5.4: Gurtung auf Konsolen	99
Abbildung 5.5: Lageplan	100
Abbildung 5.6: Bohrprofil	100
Abbildung 5.7: Polierplanschnitt	102
Abbildung 5.8: Übersicht Baugrube	103
Abbildung 5.9 Bohrprofil	103
Abbildung 5.10: aufgelöste Bohrpfahlwand mit Spritzbetonausfachung	104
Abbildung 5.11: Bohrpfahlwand – Aussteifung	105
Abbildung 6.1 Flussdiagramm gesamt	110
Abbildung 6.2 Flussdiagramm Schritt 1	111
Abbildung 6.3 Flussdiagramm Schritt 2	112

8.3 Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1: Auswahlkriterien für Verbauarten	5
Tabelle 2.2: Korngrößenbereiche gemäß ÖNORM B 4400-1 [57, S.6]	9
Tabelle 2.3: Organischer Bodenanteil gemäß ÖNORM B 4400-1:2010 [57, S.15]	11
Tabelle 3.1: Rammeignung unterschiedlicher Böden [4, S.453]	29
Tabelle 3.2: Vibrationseignung unterschiedlicher Böden [4, S.457]	30
Tabelle 3.3: Einpresseignung unterschiedlicher Böden [23, S.98]	31
Tabelle 3.4: Arten von Schlitzwänden [17, S.542]	34
Tabelle 3.5: Übersicht Aushubgeräte [23, S.141]	37
Tabelle 3.6: Übersicht der Bohrverfahren [22, 2 ff u. 21, S.H-12/4 ff]	43
Tabelle 3.7: Abfolge Bewehren – Betonieren bei Bohrpfahlwänden	52
Tabelle 3.8: Techniken des Düsenstrahlverfahrens [23, S.149]	63
Tabelle 3.9: Kombinationsmöglichkeiten der Bauverfahren zur Wasserdichtheit [17, S.465 u. 39, S.54 f]	71
Tabelle 3.10: Verbauarten nach Bodenart	71
Tabelle 3.11: Verbauarten nach Wasserdichtheit, Rückbaubarkeit und Platzbedarf	72
Tabelle 3.12: Verbauarten nach aufnehmbarer Belastung, Emissionen und Verformungen	72
Tabelle 4.1: maximale Abmessungen [50]	75
Tabelle 4.2: höchst zulässiges Gesamtgewicht [50]	76
Tabelle 4.3: Sicherheitsabstände zu Baugrubenrändern [26, S.278]	79
Tabelle 4.4: Elemente Trägerbohlwand [23, S.84 u. 17, S.497]	88
Tabelle 4.5: Elemente Spundwand [23, S.99 ff]	89
Tabelle 4.6: Elemente Bohrpfahlwand [23, S.119 u. 22, S.A/16]	90
Tabelle 4.7: Elemente Schlitzwand [23, S.137]	92
Tabelle 4.8: Elemente Düsenstrahlwand [23, S.153 f]	93
Tabelle 4.9: Personalbedarf [23, S.91 ff]	94

Tabelle 6.1: Einsetzbarkeit Verbauarten [17, S.583 ff; 34, S.787 u. 90]	108
---	-----

8.4 Formelverzeichnis

(2.1 Erddruck).....	17
(2.2 Erddruck - Auflast)	18
(2.3 Wasserdruck)	18

9 Eidesstattliche Erklärung

Hiermit erkläre ich, dass ich die hier vorliegende Diplomarbeit selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt sowie der Literatur wörtlich und inhaltlich entnommene Stellen als solche gekennzeichnet habe. Die Arbeit wurde bisher in gleicher oder ähnlicher Form keiner anderen Prüfungskommission vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Wien, am 09.01.2019

Markus Hell