

Diploma Thesis

**Dynamic construction time and compensation model  
for tunneling  
with a special view on the tender phase**

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

---

Diplomarbeit

**Flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell  
für den Tunnelbau  
mit besonderem Blick auf die Ausschreibungsphase**

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

von

**Paul Schmidberger, BSc**

Matr.Nr.: 01325559

unter der Anleitung von

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

Univ.Ass. Dipl.-Ing. **Tobias Bisenberger, BSc**

Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement  
Baubetrieb und Bauwirtschaft  
Technische Universität Wien  
Karlsplatz 13/234-1 , 1040 Wien, Österreich

Wien, im Oktober 2020



---



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

# Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei jenen Personen bedanken, die mich im Laufe meines Studiums und bei der Ausarbeitung meiner Diplomarbeit unterstützt und begleitet haben.

Mein besonderer Dank gilt Univ.Prof. Dipl.-Ing Dr.techn. Gerald Goger und Univ.Ass. Dipl.-Ing. Tobias Bisenberger, die mir das Verfassen meiner Diplomarbeit im Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik am Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement ermöglicht haben und mich im Zuge der Ausarbeitung ausgezeichnet beraten und betreut haben. Ein weiteres Danke richte ich an Dipl.-Ing. Matthias Vogler und Dipl.-Ing. Nicole Pfersche, die mir zahlreiche Fragen beantwortet und wertvolle Ideen für die Masterarbeit geliefert haben.

Ein großes Danke richte ich an meine langjährigen StudienkollegInnen.<sup>1</sup> Ich bin stolz, dass ich viele meiner StudienkollegInnen zu meinen sehr guten Freunden zählen darf, die mich bisher in jeder Lebenslage unterstützt haben. Weiters bin ich davon überzeugt, dass meine StudienkollegInnen ein Hauptgrund dafür sind, dass ich mein Studium mit so viel Spaß und Freude erleben durfte.

Ein ebenso großer Dank geht an meine Geschwister Magdalena und Clemens, Andrew und meine Freundin Katharina, die mich immer unterstützen und hinter mir stehen.

Meinen größten Dank möchte ich meinen Eltern Johanna und Reinhard aussprechen. Mit ihrer Unterstützung und ihrem Rückhalt haben sie dieses Studium überhaupt erst möglich gemacht. Ich bin unendlich dankbar, dass ich euch habe und ihr mich auf meinem Weg begleitet.

---

<sup>1</sup>Genderhinweis: Der Autor legt großen Wert auf Diversität und Gleichbehandlung. Im Sinne der besseren Lesbarkeit wurde jedoch oftmals die maskuline oder feminine Form gewählt. Dies impliziert keinesfalls eine Benachteiligung des jeweils anderen Geschlechts.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

# Kurzfassung

Schlagwörter: Tunnelbau, Bauvertragswesen, Vergütungsmodell, Ausschreibung, Bauzeitmodell

Die vorliegende Diplomarbeit behandelt das flexible Bauzeit- und Vergütungsmodell für den Tunnelbau in Österreich mit besonderem Blick auf die Ausschreibungsphase und innerstädtische Randbedingungen. Zu Beginn dieser Arbeit werden die tunnelbautechnischen Grundlagen dargestellt, welche für das Verständnis eines flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells für den Tunnelbau bzw. für Besonderheiten des innerstädtischen Tunnelbaus unumgänglich sind. Dabei werden die verschiedenen Ausbruchsarten, Vortriebsmethoden und Sicherungsmaßnahmen erläutert.

Im nächsten Abschnitt erfolgt eine detaillierte Erläuterung der ÖNORMen B 2203-1/2, die als Grundlage für ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell (FBVM) im Tunnelbau angesehen werden können. Dabei werden die Festlegungen in den Verfahrens- bzw. Vertragsbestimmungen angeführt, die maßgeblich für die Gestaltung eines flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells sind. Hinzu kommen Modellbeschreibungen der ÖNORM B 2203-1 und der ÖNORM B 2203-2. Die Modellbeschreibungen für die angeführten Normen geben einen ersten Überblick über die Systematik eines flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells.

Nach den Grundlagen des Tunnelbaus und der Norm folgt die detaillierte Beschreibung des flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodell für den Tunnelbau. Dabei wird besonders auf die Ausschreibungsphase eingegangen. Die Besonderheiten der Ausschreibung werden anhand von Bauzeit, Bauzeitermittlung, Leistungsverzeichnis, zeitgebundene Gemeinkostenpositionen, Positionen für Stilliegezeiten und Vortriebsunterbrechungen, Leistungspositionen, Bieterangaben/Leistungsangaben und Ausschreibungsunterlagen dargestellt. Anhand der Besonderheiten der Ausschreibung wird anschließend abgeleitet, welche Vertragsgrundlagen für ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell von Bedeutung sind und für die Fortschreibung der Bauzeit bzw. Vergütung maßgeblich sind. Im Anschluss daran wird im Zuge einer exemplarischen Abweichungsanalyse dargestellt, wie eine eventuelle Verschiebung der Vortriebsklassenverteilung, eine neue Vortriebsklasse, Änderungen im Bereich der Wassererschwerisse die Bauzeit bzw. die Vergütung im Rahmen des flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells fortschreiben.

Im letzten Abschnitt werden Beispiele für die Besonderheiten des innerstädtischen Tunnelbaus angeführt. Anhand dieser exemplarischen Besonderheiten werden die Auswirkungen auf das flexible Bauzeit- und Vergütungsmodell angeführt und analysiert. Es wird darauf eingegangen, welche Eigenheiten ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell für innerstädtischen Tunnelbau aufgrund von mehreren zeitlich parallelen Vortrieben, erhöhten Einsatz von Sondermaßnahmen, Möglichkeiten des Wechselbetriebs, komplexen Bauabläufen resultierend aus Strecken- und Stationstunnelvortrieben etc. aufweist und welche Schlüsse daraus gezogen werden können.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

# Abstract

Keywords: tunnel construction, contracting, compensation modell, invitation to tender, tender phase, construction time modell

The following thesis is dealing with a dynamic construction time and compensation model with a special view on the tender phase and the particular urban environment. At the beginning of this thesis the basis of tunneling construction are described, which are unavoidable for the understanding of a dynamic construction time and compensation model. Therefore the different tunneling construction methods were explained.

The next chapter is describing the standards ÖNORM B 2203-1/2, which can be seen as the fundamental base for the dynamic construction time and compensation model. In order to this the procedural and contractual provisions of the standards, which are decisive for the content of the construction time and compensation model, are taken to the point. In addition to that, a model description of the standards is presented, which is giving a first overview about the system of the dynamic construction time and compensation model.

After presenting the base of tunneling and the set of standards the detailed description of the dynamic construction time and compensation model for tunneling is following. In this case the special view is at the invitation to tender and tender phase. The characteristics of the tender are explained on the basis of construction time, determination of construction time, bill of quantities, time-bound costs, service costs and bidder statements. On this characteristics the contractual basement, which are significant for the dynamic forward projection of the construction time and compensation model, are conducted. In the next step a deviation analysis for 3 different cases is done, to see how the model is deviating from the basis.

In the last chapter examples of urban tunneling characteristics are presented. By means of these the impacts on the dynamic construction time and compensation models are explained and analysed. According to this, the features of the construction time and compensation model for urban tunneling are presented and conclusions are drawn.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>11</b>
1.1	Motivation . . . . .	11
1.2	Forschungsfragen . . . . .	11
1.3	Forschungsmethodik und Aufbau der Arbeit . . . . .	12
1.4	Abkürzungen . . . . .	12
1.4.1	Abkürzungsverzeichnis . . . . .	13
1.4.2	Begriffsbestimmungen . . . . .	13
<b>2</b>	<b>Technische Grundlagen für den Tunnelbau</b>	<b>15</b>
2.1	Ausbruchsarten . . . . .	15
2.1.1	Vollausbruch . . . . .	17
2.1.2	Teilausbruch . . . . .	18
2.2	Vortriebsmethoden . . . . .	21
2.2.1	Konventioneller (zyklischer) Vortrieb . . . . .	22
2.2.2	Kontinuierlicher (maschineller) Vortrieb . . . . .	28
2.2.3	Sicherungsmittel . . . . .	35
2.3	NÖT – Neue Österreichische Tunnelbau Methode . . . . .	47
<b>3</b>	<b>Normengrundlage für den Tunnelbau in Österreich</b>	<b>51</b>
3.1	ÖN B 2203: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 1: Zyklischer Vortrieb	52
3.1.1	Verfahrensbestimmungen . . . . .	52
3.1.2	Vertragsbestimmungen . . . . .	57
3.1.3	Modellbeschreibung . . . . .	58
3.2	ÖN B 2203: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Maschineller Vortrieb . . . . .	63
3.2.1	Verfahrensbestimmungen . . . . .	63
3.2.2	Vertragsbestimmungen für die Vergütung . . . . .	67
3.2.3	Modellbeschreibung . . . . .	69
3.3	Zusammenfassung der Normengrundlage . . . . .	74
<b>4</b>	<b>Flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell</b>	<b>77</b>
4.1	Einleitung . . . . .	77
4.1.1	Systematik des flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells . . . . .	78
4.2	Ausschreibung . . . . .	81
4.2.1	Grundlage der Ausschreibung . . . . .	82
4.2.2	Bauzeit . . . . .	85
4.2.3	Leistungsverzeichnis . . . . .	103
4.2.4	Zeitgebundene Gemeinkostenpositionen . . . . .	105
4.2.5	Positionen für Stilliegezeiten . . . . .	110
4.2.6	Positionen für Vortriebsunterbrechungen . . . . .	111
4.2.7	Leistungspositionen . . . . .	112
4.2.8	Bieterangaben – Leistungsabfragen . . . . .	124
4.2.9	Ausschreibungsunterlagen . . . . .	135

4.3	Vertragsgrundlage . . . . .	136
4.3.1	Leistungsansätze/Zeiträume . . . . .	137
4.3.2	Leistungspositionen . . . . .	137
4.3.3	Gemeinkostenpositionen . . . . .	138
4.4	Ausführung . . . . .	138
4.4.1	Beispielprojekt . . . . .	139
4.4.2	Abweichungsanalyse SOLL-SOLLTE . . . . .	140
4.5	Zusammenfassung . . . . .	148
<b>5</b>	<b>Besonderheiten bei innerstädtischen Tunnelbauprojekten</b>	<b>153</b>
5.1	Besonderheiten im innerstädtischen Tunnelbau . . . . .	153
5.1.1	Setzungempfindliche Strukturen an der Oberfläche und geringe Überdeckung	154
5.1.2	Einbautenumlegungen, Betriebs- und Verkehrssperren . . . . .	154
5.1.3	Begrenzte Räumlichkeiten im innerstädtischen Bereich . . . . .	154
5.1.4	Kampfmittel und archäologische Hoffungsgebiete . . . . .	154
5.1.5	Baugrunderkundungen . . . . .	155
5.2	Besonderheiten des flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells für den innerstädtischen Tunnelbau . . . . .	155
5.2.1	Viele verschiedene Vortriebsklassen . . . . .	156
5.2.2	Zeitlich parallel laufender Vortriebe . . . . .	156
5.2.3	Verstärkter Einsatz von Sondermaßnahmen und Wechselbetrieb . . . . .	156
5.2.4	Bauablauf, kritischer Weg und Abhängigkeiten im Modell . . . . .	157
5.2.5	Umfassende Beschreibung der Festzeiten . . . . .	157
5.2.6	Begleitmaßnahmen: Setzungskompensationsmaßnahmen und Hausertüchtigungen . . . . .	157
5.2.7	Starre Randbedingungen: Einbautenumlegungen, Verkehrs- und Betriebssperren . . . . .	158
5.2.8	Kampfmittel und archäologische Hoffungsgebiete . . . . .	158
5.3	Zusammenfassung . . . . .	161
<b>6</b>	<b>Fazit</b>	<b>163</b>
6.1	Erkenntnisse über ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell für den innerstädtischen Tunnelbau . . . . .	163
6.2	Beantwortung der Forschungsfragen . . . . .	164
6.3	Ausblick . . . . .	167



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

# Kapitel 1

## Einleitung

Im folgenden Abschnitt wird zuerst die Motivation der Diplomarbeit erläutert und die im Vorfeld definierten Forschungsfragen werden dargelegt. Anschließend werden die angewendeten Forschungsmethoden beschrieben und gleichzeitig wird der Aufbau der Arbeit geschildert.

### 1.1 Motivation

Der Grundstein für eine erfolgreiche Projektabwicklung im Hinblick auf Termine, Kosten und Qualität wird in der Planungs- bzw. Ausschreibungsphase gelegt. Besonders für große Infrastrukturprojekte, die eine lange Ausführungsdauer aufweisen, ist es wichtig, dass die Planung sowie die Ausschreibungsunterlagen eindeutig, konsistent, vollständig und logisch sind, so dass in weiterer Folge ein fairer und verständlicher Bauvertrag zustande kommt. Eine entsprechende Möglichkeit die Vertragsabwicklung, besonders die Risikoverteilung, fair zu gestalten, ist die Implementierung eines flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells im Bauvertrag. Flexible Bauzeit- und Vergütungsmodelle zufolge ÖNORM B 2203 sind im österreichischen Tunnelbau bereits etabliert. Ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell wirkt sich nicht nur auf die Abwicklungsphase des Tunnelbauprojekts, sondern ebenso auf die Ausschreibungs- bzw. Planungsphase aus. Hinzu kommt, dass innerstädtische Tunnelbauprojekte wesentliche Besonderheiten aufweisen und diese in der Ausschreibung berücksichtigt werden müssen. Daher ist es von großem Interesse, die Gestaltung einer Ausschreibung in Verbindung mit (i.V.m.) einem flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodell für den innerstädtischen Tunnelbau zu analysieren, deren Grundlage darzulegen und anhand eines exemplarischen Bauzeit- und Vergütungsmodells eventuelle Ereignisse während der Abwicklung zu simulieren.

### 1.2 Forschungsfragen

Die im Vorfeld festgelegten Forschungsfragen definieren das Forschungsgebiet dieser Diplomarbeit. Es sollen die folgenden Fragen im Rahmen der Bearbeitung dieser wissenschaftlichen Arbeit beantwortet werden:

1. Was sind die Grundlagen eines flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells im Tunnelbau in Österreich?
2. Welche Besonderheiten müssen für ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell in der Ausschreibung berücksichtigt werden?
3. Wie muss die Ermittlung der Bauzeit für ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell erfolgen?
4. Welche Besonderheiten weist ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell für innerstädtische Tunnelbauprojekte auf?

### 1.3 Forschungsmethodik und Aufbau der Arbeit

Zur Beantwortung der oben genannten Forschungsfragen werden drei Forschungsmethoden gewählt. Diese werden im folgenden kurz erläutert, genauso wie der Aufbau der Arbeit.

Dem ersten Schritt liegt die Methode einer umfangreichen Literaturrecherche zugrunde. Dabei werden die tunnelbautechnischen Grundlagen (Ausbruchsarten, Vortriebsmethoden, Sicherungsmaßnahmen) in Kap. 2 angeführt und erläutert, die für das Verständnis in Zusammenhang mit den Forschungsfragen von großer Bedeutung sind. Der zweite Teil umfasst die Analyse der zugrundeliegenden ÖNORM, welche in Österreich bei der Planung und Abwicklung von Tunnelbauprojekten zur Anwendung kommt. Dabei werden die Grundlagen für das flexible Bauzeit- und Vergütungsmodell hervorgehoben. Diese Analyse erfolgt in Kap. 3. Im nächsten Teil werden anhand einer Literaturrecherche und auf Basis konkreter Ausschreibungsunterlagen die Besonderheiten in der Ausschreibung für ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell behandelt. Zusätzlich erfolgt eine Abweichungsanalyse des flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells anhand eines Beispiels. Diese umfassende Beschreibung und Abweichungsanalyse erfolgt in Kap. 4. Im letzten Teil werden in Kap. 5 die Besonderheiten für ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell im innerstädtischen Tunnelbau anhand von Literaturrecherchen und Erkenntnissen aus den vorangegangenen Kapiteln angeführt. Abschließend werden in Kap. 6 die gestellten Forschungsfragen beantwortet und ein Ausblick auf zukünftige Forschungsfelder für flexible Bauzeit- und Vergütungsmodelle wird unternommen.

### 1.4 Abkürzungen

In den folgenden Abschnitten erfolgt eine Auflistung der Abkürzungen sowie die Beschreibung einiger Begriff, die in dieser Diplomarbeit verwendet werden.

### 1.4.1 Abkürzungsverzeichnis

<b>Abb.</b>	Abbildung
<b>AG</b>	Auftraggeber
<b>AN</b>	Auftragnehmer
<b>FBVM</b>	flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell
<b>i.d.R.</b>	in der Regel
<b>i.F.</b>	in Folge
<b>i.V.m.</b>	in Verbindung mit
<b>KT</b>	Kalendertage
<b>LG</b>	Leistungsgruppe
<b>LV</b>	Leistungsverzeichnis
<b>NATM</b>	New Austrian Tunneling Method
<b>NÖT</b>	Neue Österreichische Tunnelbaumethode
<b>ÖGG</b>	Österreichische Gesellschaft für Geomechanik
<b>PA</b>	Pauschale
<b>SM</b>	Schildmaschine
<b>Tab.</b>	Tabelle
<b>TBM</b>	Tunnelbohrmaschine
<b>TBM-O</b>	Offene Tunnelbohrmaschine
<b>TSM</b>	Tunnelschrämmmaschine bzw. Teilschnittmaschine
<b>TVM</b>	Tunnelvortriebsmaschine
<b>ULG</b>	Unterleistungsgruppe
<b>VU</b>	Vortriebsunterbrechung
<b>z.B.</b>	zum Beispiel

### 1.4.2 Begriffsbestimmungen

**Auftraggeber** jede natürliche oder juristische Person, die vertraglich an einen AN einen Auftrag zur Erbringung von Leitungen gegen Entgelt erteilt oder zu erteilen beabsichtigt<sup>2</sup>

**Auftragnehmer** jeder Unternehmer, mit dem vertraglich vereinbart wird, dem AG eine Leistung gegen Entgelt zu erbringen<sup>2</sup>

**Ausschreibung** Erklärung des AG an eine bestimmte oder unbestimmte Anzahl an Unternehmen, in der er festlegt, welche Leistung er zu welchen Bestimmungen erhalten möchte; unter Ausschreibung werden auch die Bekanntmachung, Ausschreibungs-, Wettbewerbs- und Auktionsunterlagen verstanden<sup>2</sup>

**Bieter** Unternehmer oder Bietergemeinschaft, der/die ein Angebot eingereicht hat<sup>2</sup>

**Bieterangabe** Angabe des Bieters für eine in der Leistungsbeschreibung vorgesehene Bieterlücke; eine Bieterangabe kann ein Produkt, Fabrikat, Type oder auch eine Leistungsangabe bzw. eine Zeitangabe sein<sup>3</sup>

**Leistungsbeschreibung mit Leistungsverzeichnis** Beschreibung der zu erbringenden Leistung durch allgemeine Darstellung der Aufgabe und ein in Einzelleistungen gegliedertes Leistungsverzeichnis, erforderlichenfalls ergänzt durch Pläne, Zeichnungen, Modelle, Proben, Muster, statische Berechnungen und Hinweise auf ähnliche Leistungen<sup>2</sup>

<sup>2</sup>Aus [13] ÖNORM A 2050:2006 11 01, S. 3 ff.

<sup>3</sup>Vgl. [14] ÖNORM A 2063:2015 07 15, S. 10

**Leistungsverzeichnis** In Positionen gegliederte Beschreibung der Leistungen für ein bestimmtes Vorhaben, gegebenenfalls einschließlich sonstiger Bestimmungen<sup>2</sup>

**Maschinellem/Kontinuierlichem Vortrieb** Vortrieb mit Hilfe einer Tunnelvortriebsmaschine (Tunnelbohrmaschine, Schild udgl), bei welchem die einzelnen Arbeitsvorgänge des Lösens, Ladens und des Stützmitteleinbaues im Wesentlichen gleichzeitig ausgeführt werden<sup>4</sup>

**prognostizierte Vortriebsdauer** Vortriebsdauer, errechnet aus der für die Ausschreibung prognostizierten Verteilung der Vortriebsklassen und der vertraglich vereinbarten Vortriebsgeschwindigkeit zuzüglich der erwarteten Vortriebs-Stillliegezeiten und Vortriebsunterbrechungen<sup>5</sup>

**Regelquerschnitt** Geplanter Querschnitt eines Hohlraum-Bauwerks<sup>5</sup>

**Sphäre** vertraglich oder gesetzlich bestimmter Risikobereich des jeweiligen Vertragspartners<sup>4</sup>

**Standardisierte Leistungsbeschreibung** Sammlung von Texten zur Beschreibung standardisierter Leistungen, und zwar für rechtliche und technische Bestimmungen und für eines künftigen Leistungsverzeichnisses<sup>2</sup>

**tatsächliche Vortriebsdauer** für den jeweiligen Abschnitt oder das Gesamtbauwerk benötigte Dauer der Vortriebsarbeiten einschließlich der Vortriebs-Stillliegezeiten und Vortriebsunterbrechungen<sup>5</sup>

**vertragliche (abrechenbare) Vortriebsdauer** Vortriebsdauer, errechnet aus der tatsächlichen Verteilung der Vortriebsklassen und der vertraglich vereinbarten Vortriebsgeschwindigkeit zuzüglich der anerkannten Vortriebs-Stillliegezeiten und Vortriebsunterbrechungen<sup>5</sup>

**Vortrieb** Leistungen zur Herstellung eines untertägigen Hohlraumes, im besonderen Lösen, Laden und Verfuhr sowie Stützmitteleinbau; unter Vortrieb wird auch eine Tunnelstrecke, die zusammenhängend aufgefahren wird, verstanden<sup>5</sup>

**Vortriebs-Stillliegezeiten** Zeit, in der im jeweiligen Vortriebsbereich keine Vortriebsarbeiten durchgeführt werden; ausgenommen davon sind Beleuchtung, Bewetterung und Wasserhaltung<sup>5</sup>

**Vortriebsunterbrechung** Zeit, in der im Vortriebsbereich Arbeiten durchgeführt werden, die jedoch nicht nach vereinbarten Vortriebsklassen abgerechnet werden können und auch planmäßig nicht vorgesehen sind<sup>5</sup>

**Vortriebsklasse** Einteilung der Vortriebsarbeiten nach den bautechnischen Maßnahmen, welche der Verrechnung des Ausbruches und der Ermittlung der Vortriebsdauer dienen<sup>5</sup>

**Zyklischer Vortrieb** Vortriebsart, bei der die einzelnen Arbeitsvorgänge des Lösens, Ladens und des Stützmitteleinbaues im Wesentlichen zeitlich nacheinander und mit Hilfe von Einzelgeräten ausgeführt werden. Das Lösen erfolgt in der Regel durch Sprengen, Bagger oder TSM<sup>5</sup>

<sup>4</sup>Aus [17] ÖNORM B 2203-2:2005 01 01, S. 4 ff.

<sup>5</sup>Aus [16] ÖNORM B 2203-1:2001 12 01, S. 5 ff.

# Kapitel 2

## Technische Grundlagen für den Tunnelbau

Der wirtschaftliche und technische Erfolg eines Tunnelbau-Projekts wird maßgeblich durch die Wahl der Vortriebsmethode und der Ausbruchsart beeinflusst.<sup>6</sup> Diese Erkenntnis ist die Motivation für Kapitel 2, die verschiedenen Vortriebs- und Ausbruchsmethoden zu erläutern und ausgewählte Begriffsdefinitionen zu behandeln.

Der Tunnelbau weist eine jahrhundertelange Entwicklung auf und ist vor allem vom Bergbau geprägt.<sup>7</sup> Beginnend von der Erfahrung des klassischen Bergbaus, von dem auch die Terminologie im deutschsprachigen Raum herrührt, dem Eisenbahntunnelbau Anfang des 20. Jahrhunderts bis zum jetzigen Stand der Technik. Eine ausführliche geschichtliche Aufarbeitung wird vom Autor bewusst nicht behandelt, da nur die aktuellen Methoden, die dem Stand der Technik entsprechen, für die nachfolgenden Kapitel von Bedeutung sind.

### 2.1 Ausbruchsarten

Die Terminologie im Tunnelbau leitet hauptsächlich aus dem Bergbau ab, ist aber im deutschsprachigen Raum noch immer nicht identisch.<sup>8</sup> Somit stellt sich die Notwendigkeit für eine kurze Definition einiger wichtiger Fachausdrücke bzw. -bezeichnungen. Gemäß Girmscheid werden Begriffe und Fachausdrücke bezüglich Klassifizierung der Bauwerke folglich definiert, wobei diese in Abb. 2.1 in anschaulicher Form dargestellt sind:

- Tunnel sind langgestreckte, horizontal oder nur wenig geneigt verlaufende, unterirdische Hohlräume von in der Regel über 25 m<sup>2</sup> und besitzen meist zwei Öffnungen zur Tagesoberfläche.
- Stollen sind langgestreckte, horizontale oder weniger als 20 % zur Horizontalen geneigte Untertagehohlräume mit kleinen Ausbruchsquerschnitten und besitzen meist nur eine Öffnung zur Tagesoberfläche.
- Schächte sind langgestreckte, unterirdische lotrecht, oder schräg (mehr als 20% zur Horizontalen) verlaufende Hohlräume zur Überwindung von großen Höhenunterschieden. Vorwiegend dienen sie als Zugänge, Lüftungsbauwerke, Druckschächte, Wasserschlösser, Schütterschächte oder Transportschächte.
- Kavernen sind Felshohlräume mit großen Querschnitten und relativ geringer Länge. Sie dienen der Lagerung von festen, flüssigen oder gasförmigen Gütern und der Unterbringung von Fahrzeugen, Maschinen, Fabrikationsräumen und militärischen Anlagen.

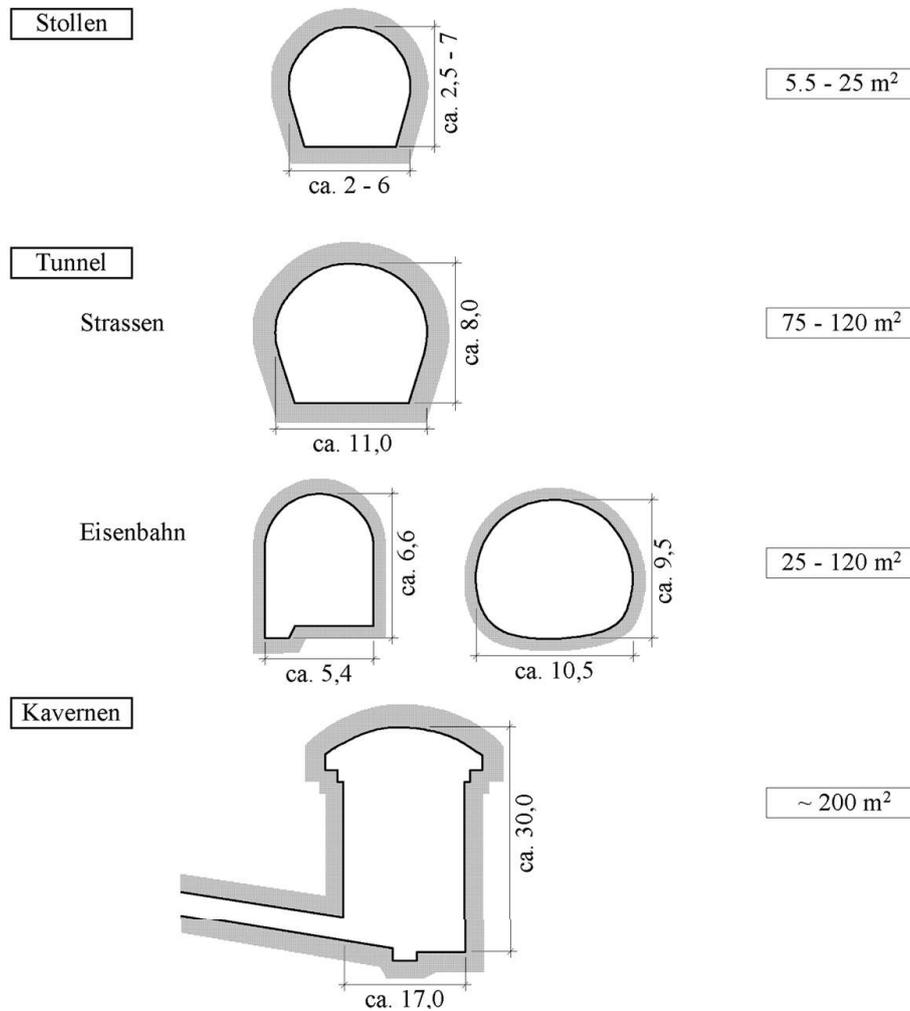
---

<sup>6</sup>Vgl. [1] Adam, S. 67

<sup>7</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 2

<sup>8</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 57

- Kammern sind kleinere, gedrungene Felshohlräume. Sie dienen zur Lagerung von Gütern während der Bauausführung oder zur dauernden Nutzung (Apparate- oder Schieberkammern, Sprengstoffkammern).



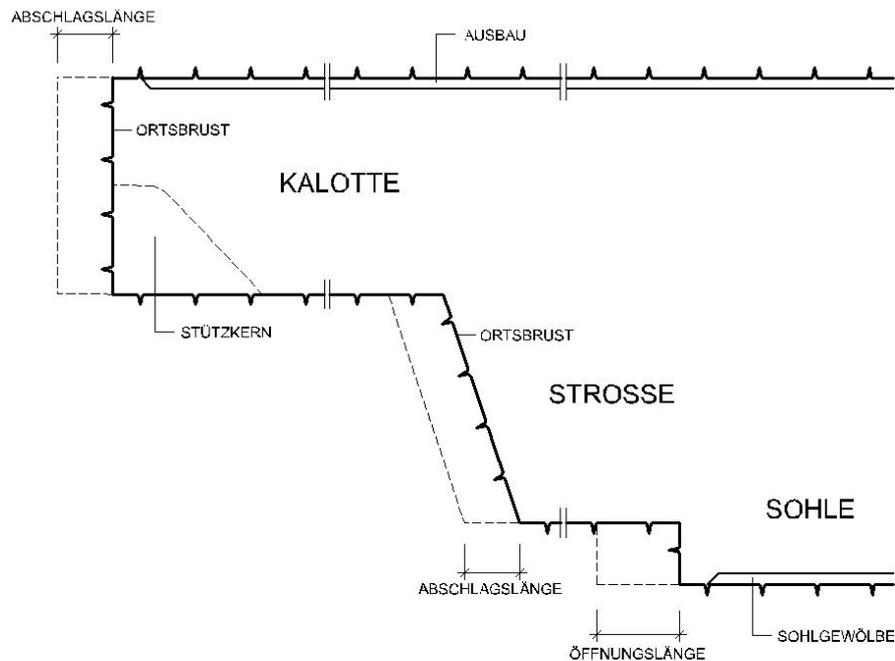
**Abb. 2.1:** Begriffsdefinitionen im Querschnitt für den Untertagebau (Quelle: Girmscheid [6, S. 53])

Weitere Begriffe im Längsschnitt wie:

- Portal,
- Überlagerung,
- Ausbau,
- Sicherung,
- gesicherter/ungesicherter First,
- Sohle,

- Ortsbrust,
- Haufwerk und
- Abschlagstiefe

werden in Abb. 2.2 dargestellt.



**Abb. 2.2:** Begriffsdefinitionen im Längsschnitt für den Untertagebau (Quelle: ÖNORM B 2203-1:2001 12 01 [16, S. 32])

Die Wahl der Ausbruchsart gliedert sich grundsätzlich in Vollausbuch und Teilausbuch. Aufgrund der Neuerungen im modernen Tunnelbau konnten immer größere Ausbruchsquerschnitte realisiert werden und gleichzeitig die Bewegungen des Gebirges geringer gehalten werden. Die zu wählende Ausbruchsart ist somit von folgenden Einflüssen abhängig:<sup>9</sup>

- Gebirgsverhalten (standfest, nachbrüchig, gebräch oder druckhaft)
- Hohlraumgrößen und -form
- Abbaumethode (Vortriebsmethode) sowie Effizienz der eingesetzten Maschinen und Installationen
- Sicherungsmaßnahmen

### 2.1.1 Vollausbuch

Die Entscheidung für einen Vollausbuch mit ebener Ortsbrust im konventionellen Vortrieb (universeller Vortrieb) ist abhängig von der Standfestigkeit bzw. Stehzeit des Gebirges, dem

<sup>9</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 54

Zeitbedarf zwischen Einbau und Erreichen der Tragfähigkeit der Sicherungsmittel und dem Raumbedarf und der Leistungsfähigkeit der Baumaschinen, die den Vollquerschnitt befahren können müssen sowie den Einrichtungen zum Fördern und Schüttern.<sup>10</sup>

Beim TBM- und Schildvortrieb sind nur kreisförmige Querschnitte möglich und die Möglichkeit für einen TBM Vortrieb richtet sich wieder nach der Standfestigkeit des Gebirges, denn die Sicherung erfolgt hinter dem Bohrkopf im Nachläuferbetrieb. Beim Schildvortrieb können Ausbruchsklassen mit sehr geringer Standfestigkeit bzw. Stehzeit aufgrund von „Ausbruch und Sichern“-Konzepten aufgefahren werden.<sup>11</sup>

Von Girmscheid<sup>11</sup> und Adam<sup>12</sup> werden folgende Vor- und Nachteile für Vollausrüche angeführt: Vorteile:

- Gebirgsschonend, keine mehrmaligen Spannungsumlagerungen
- Vollflächiger Arbeitsraum für hochmechanisierten Linienbaubetrieb
- Meist kürzere Bauzeit als beim Teilausbruch

Nachteile:

- Instabilität der Ortsbrust
- Keine oder schwierige Anpassungsfähigkeit an unerwartet schlechte Gebirgsverhältnisse
- Gefahr- und Störfallsituationen im konventionellen Vortrieb bei sich plötzlich verschlechternden Gebirgsverhältnissen
- Stützmittel können aufgrund der langen Zykluszeiten erst sehr spät eingebaut werden

Girmscheid und Adam sind der Ansicht, dass der Vollausruch aufgrund der geringeren Auflockerungseigenschaften bei geringen Stehzeiten des Gebirges dem Teilausbruch vorzuziehen ist. Die Folge eines Vollausruchs sind kurze Abschlagslänge und ein rascher Nachzug der Sicherungen. Jedoch sind Vollausrüche bei schwierigen Gebirgsverhältnissen baubetrieblich aufwendiger und werden deswegen auch seltener angewendet.<sup>11</sup>

### 2.1.2 Teilausbruch

Ein Teilausbruch mittels Aufgliederung des Querschnitts oder Anwendung der Paramentbauweise bietet die Möglichkeit neben

- Reduzierung der Abschlagslänge,
- Abtreppung der Ortsbrust und
- Sonderbaumaßnahmen (Schirmgewölbe etc.)

unkontrollierte Bruchmechanismen zu vermeiden und die Standsicherheit der freien Länge bei Gebirge mit geringer Standfestigkeit bzw. Stehzeit zu erhöhen.

Teilausbruchsarten werden nur bei Sprengvortrieb und Vortrieb mit Teilschnittmaschinen (TSM) angewendet.<sup>11</sup> Die Wirtschaftlichkeit des Maschineneinsatzes und die Stehzeit des Gebirges bestimmt die Aufteilungen in mögliche Teilausbrüche. Aufgrund der gewählten Teilausbrüche müssen die Sicherungsmittel vorübergehend bzw. abschnittsweise je nach Teilausbruch eingebracht

<sup>10</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 56 ff.

<sup>11</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 56 ff.

<sup>12</sup>Vgl. [1] Adam, S. 113

werden, was ein wesentlicher Faktor für die Projektkosten und die Bauzeit ist. Ein weiterer wichtiger Punkt ist die größere Auflockerung aufgrund mehrzähliger Spannungumlagerungen und folglich einer stärkeren Gebirgsauflockerung.

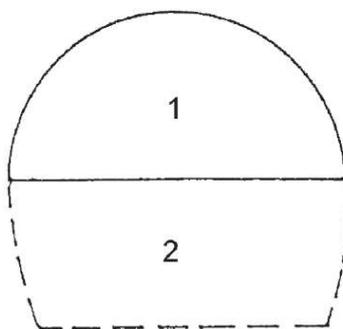
Die Wahl fällt auf einen Teilausbruch, wenn:<sup>11</sup>

- der Zeitbedarf zum Auffahren und Sichern des gesamten Querschnitts größer als die Stehzeit des Gebirges ist und/oder
- die Größe und Leistungsfähigkeit der Baumaschinen zur Erfassung des gesamten Querschnitts nicht ausreichen.

Der Grundsatz „*Man muss das Gebirge unter Anwendung der wirtschaftlichsten Lösung im Griff haben*“ soll in die Entscheidung der Ausbruchswahl maßgeblich einfließen.<sup>13</sup> Es haben sich zwei Bauweisen maßgeblich entwickelt, die den eben genannten Gesichtspunkten für Teilausbrüche entsprechen. Einerseits der Kalottenvortrieb, hervorgegangen aus der Belgischen Bauweise (Unterfangungsbauweise), und andererseits der Paramentvortrieb (auch Spritzbetonkernbauweise), entstanden aus der Deutschen Bauweise (Kernbauweise).

### Kalottenvortrieb

Abb. 2.3 stellt einen modernen Kalottenvortrieb dar, der ausschließlich als Linienbaustelle aufgeföhren wird. Die Querstellen, also die weitere Unterteilung des Kalotten- bzw. Strossenbereichs, entfallen. Der Kalottenvortrieb ist dem Strossen-/Sohlvortrieb voraus bzw. wird in einzelnen



**Abb. 2.3:** Kalottenvortrieb für mittelgroße bis große Querschnitte (Quelle: Girmscheid [6, S. 59])

Fällen auf die gesamte Bauloslänge durchgezogen. Die gesamten Sicherungsmaßnahmen werden durchgeführt, bevor der Ausbruch auf den gesamten Querschnitt aufgeweitet wird.

Die Vorteile sind:<sup>14</sup>

- Baubetriebliche Anpassungsmöglichkeit an wechselnde Gebirgsverhältnisse,
- Gliederung als Linienbaustelle mit Taktplanung,
- Nutzung von großen Baumaschinen auf zwei Ebenen (bei großen Querschnitten) und
- Minimierung von Auflockerung durch frühzeitiges Sichern des Firstes.

<sup>13</sup>Aus [6] Girmscheid, S. 59

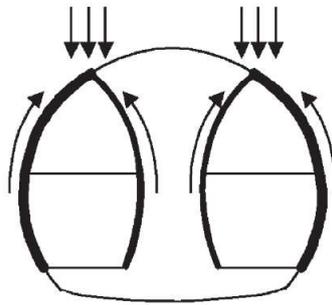
<sup>14</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 60

Die Nachteile sind:

- Ausreichende Sicherungsanker im Fußpunktbereich der Kalotte,
- hohe Empfindlichkeit gegen Seitendruck aufgrund des späten Sohlschlusses und
- mögliche Beschädigung der Kalotte beim Sprengvortrieb der Sohle/Strosse.

### Paramentvortrieb – Spritzbetonkernbauweise

Der Paramentvortrieb zeichnet sich dadurch aus, dass zuerst seitliche Paramentstollen aufgeföhren werden. Anschließend, nach erfolgreicher Sicherung der Paramentstollen, wird die Kalotte vorgetrieben und gesichert. Der Kern wird danach ausgebrochen und rund 10m hinter dem Kalottenausbruch erfolgt der Ausbruch der inneren Paramentstollenwänden. Zum Schluss erfolgt der Vortrieb der Strosse und anschließend der Sohle. In Abb. 2.4 sind die zwei Paramentstollen (links und rechts) inklusive Kern ersichtlich. Die Verwendung von Paramentstollen mit Spritzbe-



**Abb. 2.4:** Paramentstollen mit Spritzbetonsicherung (Quelle: Goger [7, S. 18])

tonsicherung wird als Spritzbetonkernbauweise bezeichnet und wird vorwiegend bei schlechten Gebirgsverhältnissen eingesetzt.<sup>15</sup> Die Sicherung bei der Spritzbetonkernbauweise erfolgt mittels Spritzbeton, Bögen und Systemankern. Vor allem bei Störzonen im alpinen Gebirge, die sehr häufig auf einer Länge von 50-200 m anzutreffen sind, wird ein Paramentausbruch angewendet. Darüber hinaus wird die Ausbruchsart häufig bei einem Tunnelvortrieb mit geringer Überdeckung verwendet, um die Widerlager schon vor der Ausweitung auf den Gesamtquerschnitt zu definieren.

Die Vorteile für Paramentstollen sind:<sup>16</sup>

- Gute baubetriebliche Abwicklung von Ausbruch und Sicherung der Seitenstollen, Kalotte und Strosse,
- Scheitel des Paramentstollengewölbes dient als kraftschlüssige Verbindung zur Kalottensicherung und
- geringe Setzungen während des Kalottenausbruchs aufgrund der Aussteifung des Kalottengewölbes zu den Scheiteln der Paramentstollen.

Auf der anderen Seite sind die Nachteile:

- Mehrere Spannungsumlagerungen und somit stärker Gebirgsauflockerungen,
- hohe Seitendruckempfindlichkeit für eine lange Dauer, da der Sohlschluss erst sehr spät zustande kommt,

<sup>15</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 60

<sup>16</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 62

- Voraussetzung eines ausreichend großen Tunnelquerschnitts, um die Geräte wirtschaftlich auffahren zu können und
- höhere Zeit- und Geräteaufwand.

Abschließend ist anzuführen, dass die Festlegung der Baumethode und des baubetrieblichen Konzepts hauptsächlich aufgrund der Beurteilung der geologischen und hydrologischen Verhältnisse, der Profilgröße und den Trassierungsparametern erfolgt. Eine optimale und wirtschaftliche Lösung muss darüber hinaus die Projekttrandbedingungen und die spezifischen Kriterien für die Projektdurchführung beachten.<sup>17</sup>

## 2.2 Vortriebsmethoden

Für das Verständnis von Tunnelbauprojekten sind die gängigen Vortriebsmethoden und deren grundsätzliche Verfahrensweise von großer Bedeutung. Grundlegende Projektentscheidungen, vor allem im Bezug auf Bauzeit, können nur mit einer einschlägigen Kenntnis der verschiedenen Vortriebsmethoden, inkl. deren Besonderheiten, sinnvoll getroffen werden.

Die Vortriebsmethoden werden in der gängigen Literatur in drei grundlegende Gruppen eingeteilt:

- Konventioneller (zyklischer) Vortrieb,
- Maschineller (kontinuierlicher) Vortrieb und
- Vortrieb mittels offener Bauweise.

Die ersten beiden Vortriebsmethoden sind geschlossene, von der Oberfläche unabhängige Bauweisen und die Bezeichnung lehnt sich an die ÖNORM B 2203-1<sup>18</sup> und ÖNORM B 2203-2<sup>19</sup> an. Diese beiden Vortriebe werden auch geschlossene Bauweisen genannt. Die offene Bauweise, wie aus dem Namen bereits abzuleiten ist, ist eine von der Oberfläche abhängige Bauweise.

Die Wahl der Vortriebsmethode basiert auf folgenden Parametern:<sup>20 21</sup>

- Ausbruchsklassifizierung und die dazugehörigen Sicherungsmaßnahmen,
- Querschnitt, Länge und Gefälle des Tunnels,
- Abbaufähigkeit und Abrasivität des Gesteins,
- Hydrologische Verhältnisse und
- weitere Parameter wie z.B. geforderte Vortriebsgeschwindigkeit.

Grundsätzlich ist eine Tunnelbauweise durch den zeitlichen Ablauf der Teilarbeiten wie Vortriebs-, Sicherungs- und Ausbauarbeiten definiert. Es wird versucht, die Grundsätze, Vor- und Nachteile der jeweiligen Vortriebsmethode zu erläutern und die für diese Bauweise charakteristischen Teilarbeiten in Kürze darzulegen.

<sup>17</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 62

<sup>18</sup>[16] ÖNORM B 2203-1:2001 12 01

<sup>19</sup>[17] ÖNORM B 2203-2:2005 01 01

<sup>20</sup>Vgl. [21] Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (Hrsg.), S. 7 ff.

<sup>21</sup>Vgl. [20] Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (Hrsg.), S. 12 ff.

### 2.2.1 Konventioneller (zyklischer) Vortrieb

Wie eingangs bereits erwähnt, ist der konventionelle Vortrieb eine geschlossene Bauweise und somit von der Oberfläche unabhängig. Der konventionelle Vortrieb unterteilt sich weiter in:

- Sprengvortrieb,
- Bagger-/Rippervortrieb und
- den TSM(Teilschnittmaschinen)-Vortrieb.

Die ÖNORM B 2203-1 beschreibt den zyklischen konventionellen Vortrieb wie folgt: „*Vortriebsart, bei der die einzelnen Arbeitsvorgänge des Lösens, Ladens und des Stützmitteleinbaus im Wesentlichen zeitlich nacheinander mit Hilfe von Einzelgeräten ausgeführt werden. Das Lösen und erfolgt in der Regel durch Sprengen, Bagger oder Teilschnittmaschine.*“<sup>22</sup>

#### 2.2.1.1 Ausbruch durch Sprengvortrieb

Der Sprengvortrieb ist in den meisten Festgesteinen einsetzbar, jedoch ist der limitierende Faktor für einen Sprengvortrieb meist die Erschütterungsgrenze im urbanen bebauten Gebiet. Der Bauablauf ist aufgrund der Sicherungsmittel aus Spritzbeton, Anker und Ausbaubögen sehr adaptiv und die Form und Größe des Querschnitts kann stark variieren. Die Vortriebsleistung ist aufgrund der stark diskontinuierlichen Arbeitszyklen im Gegensatz zu maschinellen Tunnelvortrieben stärkeren Schwankungen unterlegen. Anwendung findet der Sprengvortrieb vorwiegend bei Festgestein mit mittlerer bis hoher Festigkeit. Besonders bei hohen Anteilen von abrasiven Mineralien im Festgestein kann der Einsatz des zyklischen Vortriebs wirtschaftlicher sein als maschinelle Teilschnitt- oder Tunnelbohrmaschinen. Zusätzlich ist anzuführen, dass durch einen modernen Sprengvortrieb, charakterisiert durch gebirgsschonende Sprengung und Profilgenauigkeit des Tunnelquerschnitts, sehr gutes Ausbruchsmaterial für z.B. Betonzuschlagstoffe oder Bahnschotter gewonnen werden kann.<sup>23</sup> Der Sprengvortrieb kann als sich ständig wiederholender, diskontinuierlicher Arbeitszyklus (Abb. 2.5) mit den folgenden Teilprozessen beschrieben werden:<sup>24</sup>

- Bohren,
- Laden,
- Sprengen,
- Lüften (Bewettern),
- Sichern und
- Schuttern.

Die Teilprozesse müssen eine intensive Effizienzsteigerung, aufgrund ständig steigender Wettbewerbsanforderungen, erfahren. Ein ganzheitliches Herstellungssystem ist für den ersten Schritt einer Effizienzsteigerung und somit Wettbewerbssteigerung von Bedeutung. Darüber hinaus müssen weitere Rationalisierungsschritte erfolgen wie z.B. durch eine Teilroboterisierung und Industrialisierung der Teilprozesse, die eine Leistungssteigerung der baubetrieblichen Prozesskette

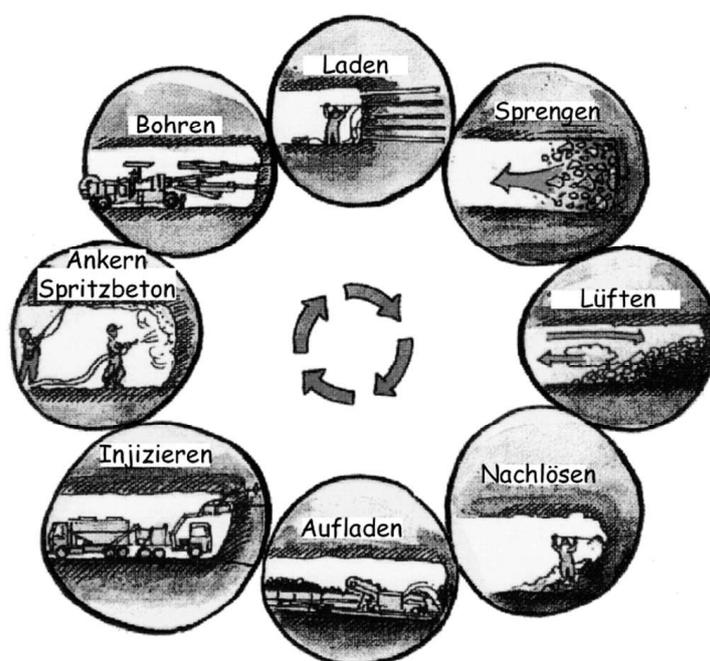
<sup>22</sup>Aus [16] ÖNORM B 2203-1:2001 12 01, S. 8

<sup>23</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 72

<sup>24</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 71

erzielen sollen. Eine weitere Möglichkeit die baubetriebliche Herstellungskette optimal zu nützen, ist, das Planungskonzept hinsichtlich Querschnitt, Konstruktionsaufbau und Sicherungskonzept, für den Sprengvortrieb, optimalen baubetrieblichen Ablauf abzustimmen.<sup>25</sup>

Als Potentialfelder zur Effizienzsteigerung werden der Vortriebsbereich mit den zyklischen Vortriebsvorgängen Ausbruch, Schutterung, Sicherungsmaßnahmen und der rückwärtige Bereich der Vortriebsversorgung, zusätzliche Sicherungsmaßnahmen und Endausbau identifiziert. Die Effizienzsteigerung soll im Vortriebsbereich mit hochmechanisiertem, automatisiertem, robustem und spezialisiertem Hochleistungsequipment erreicht werden. Im rückwärtigen Bereich soll die gleichzeitige Bewegung der unterstützenden Infrastruktur (Container, Hilfsaggregate, usw.) durch aufgehängte Plattformen und durch eine räumliche Trennung erfolgen. Im oberen Bereich des Tunnelquerschnitts soll die Transportlogistik für Ausbruchsmaterial und die Luftversorgungseinheiten untergebracht werden und im unteren Bereich die Park- und Lagerzonen sowie Umschlagzonen für Belieferung und Abtransport von Material.<sup>26</sup> Ein grundlegender Vortriebszyklus mit den



**Abb. 2.5:** Arbeitszyklus des Sprengvortriebs (Quelle: Girmscheid [6, S. 71])

Eingangsdaten wie Ausbruchquerschnitt, mittlere Bohrlänge, Abschlagslänge, Abschlüge pro Arbeitstag, Zeitbedarf und daraus hervorgehende Vortriebsleistung wird in Abb. 2.6 dargestellt. Jeder Teilprozess gliedert sich in weitere Subprozesse, die häufig parallel ablaufen können. Wie bereits erwähnt, ist hierbei eine baubetriebliche Abstimmung der Arbeitspartien und der Leistungsgeräte unbedingt notwendig, um die Wettbewerbsfähigkeit des Sprengvortriebs zu gewährleisten bzw. kosteneffizient zu bleiben.

### 2.2.1.2 Mechanischer Vortrieb mittels Bagger, Reißraupen und Teilschnittmaschine

#### Ausbruch mittels Bagger

Hydraulikbagger (Abb. 2.7) können im Gebirge mit geringer Festigkeit und im Lockergestein zum Ausbruch eingesetzt werden. Die Hydraulikbagger können mit Reißzähnen, Hydraulikhämmer

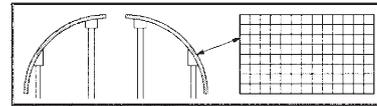
<sup>25</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 72

<sup>26</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 147

Vortrieb Haupttunnel	
Ausbruchquerschnitt:	67,44 m <sup>2</sup>
Mittlere Bohrlänge:	3,00 m
Mittlere Abschlagslänge:	2,61 m
Abschläge pro Arbeitstag:	4
Zeitbedarf pro Abschlag:	315 min
Vortriebsleistung:	ca. 10 m/AT

- Teilvorgang
- Arbeiten je Teilvorgang
- Arbeitspause

\*\* Spezieller Bohrjumbo mit mobilem Kopfschutz, unter dem die Bohr- und Ladearbeiten erfolgen können. Gleichzeitig wird durch den Kopfschutz geankert, und es werden Netze eingebaut.



	Zeitbedarf für einen Abschlag in Minuten				
	60	120	180	240	300
<b>Anfahrt Bohrgerät:</b>	30				
Planieren:	15				
Antransport Jumbo:		15			
Profil anzeichnen:		10			
<b>Bohren und Laden:</b>		120			
Bohren:		90			
Laden:			60		
Ankern und Netze montieren **:		120			
<b>Sprengen und Lüften:</b>			45		
Rückzug Jumbo:			15		
Sprengen:				10	
Bewetterung (in Arbeitspause):				20	
<b>Schuttern:</b>					120
Zusammenstossen des Materials:				15	
Anfahren Schuttergerät:				15	
Ladezeit:					90
Abtransport Schuttergerät:					10
Felsreinigung:					15

Abb. 2.6: Zeitbedarf der verschiedenen Arbeitszyklen (Quelle: Girmscheid [6, S. 72])

oder -meißeln ausgestattet werden. Für den Tunnelbau kommen speziell angefertigte Bagger zur Anwendung, die einerseits mit einem angepassten Konstruktionsaufbau des Ober- und Unterwagens und andererseits mit einem drehbaren Löffel bzw. verstellbaren Ausleger, um einem möglichst profiligen Ausbruch sicherzustellen, ausgestattet sind. Der Vortrieb ist ähnlich zum Sprengvortrieb gekennzeichnet durch einen diskontinuierlichen wiederkehrenden Bauprozess, da die Teilprozesse im Vortriebsbereich Ausbruch und Schuttern zyklisch ablaufen und kein parallel aufgefahrener Schutterungsprozess erfolgen kann (siehe Teilschnittmaschine). Auch wenn der Vortrieb bei mäßig festem Baugrund mittels Hydraulikbagger durchaus leistungsfähig ist, kann die Ausbruchsleistung nicht mit jener einer Teilschnittmaschine verglichen werden. Verantwortlich dafür ist die niedrigere mögliche Ausbruchsleistung und vor allem – wie schon beschrieben – der separate Arbeitsgang der Schutterung.<sup>27</sup>

<sup>27</sup> Vgl. [6] Girmscheid, S. 147

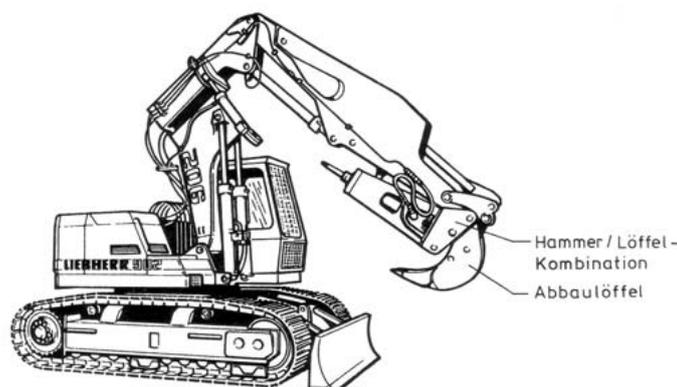


Abb. 2.7: Tunnelbagger mit Löffel-Hammer-Kombination (Quelle: Goger [7, S. 93])

### Ausbruch durch Reißraupen

Bei Untertagebauprojekten mit besonderen geologisch-geotechnischen Verhältnissen und bei besonders großen Ausbruchquerschnitten stellt ein Ausbruch mittels Reißraupen eine wesentlich einfachere Methode als ein Ausbruch mittels Bagger und Sprengung dar. Der Kavernenbau, aber auch der Tunnelbau mit sehr großen Querschnitten, können als Einsatzbereiche hervorgehoben werden, da die Herstellung solcher mit Raupen inkl. Reißraupen sehr effizient durchführbar ist.

Die Reißraupen besteht meist aus drei Reißzähnen und wird durch einen an der Raupe montierten Hydraulikzylinder in das anstehende Gestein gedrückt. Einerseits wird das Maschinengewicht weg von den Ketten hin zu den Reißzähnen umgeleitet und somit werden die Reißzähne in das Gestein gedrückt. Andererseits müssen die Raupen eine hohe Zugkraft aufweisen, um die erforderliche Reißkraft aufbringen zu können. Moderne Entwicklungen für den Ausbruch mittels Reißraupen arbeiten mit Vibrationseinrichtungen, die durch eine bestimmte Frequenz den Bruchvorgang durch Mikrorisse verstärken. Ebenso wie der Vortrieb mittels Bagger benötigt auch der Ausbruch mittels Reißraupen, das ausschließlich zum Lösen benützt werden kann, ein Schüttergerät zum Laden. Aufgrund der zyklisch aufeinanderfolgenden Ausbruch- und Schütterungsprozesse ist auch der Ausbruch mittels Reißraupen nicht mit jener einer Teilschnittmaschine vergleichbar.<sup>28</sup>

### Teilschnittmaschine

Die Teilschnittmaschine (TSM) ist ein multifunktionales Gerät, das mehrere Teilprozesse in sich vereint. Eine TSM löst das Gestein mechanisch an der Ortsbrust mittels Schrämköpf, nimmt und transportiert es anschließend über einen Stetigförderer und belädt die Transportgeräte. Eine TSM ist also ein Spezialgerät, das einem Abbau- und Schütterssystem entspricht.<sup>29</sup>

Die baubetrieblichen Teilprozesse, die eine TSM ausführt sind somit:

- Abbau des Gesteins an der Ortsbrust (Lösen des Materials)
- Aufnahme des gelösten Materials durch die Ladeeinrichtung
- Fördern des gelösten Materials und Beladung der Transportgeräte

Der Aufbau einer TSM setzt sich aus den folgenden Teilen zusammen:

<sup>28</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 148

<sup>29</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 149

- Schrämarm
- Schwenkwerk
- Ladeeinrichtung
- Kettenförder (Stetigförderer)
- Raupenfahrwerk
- Rahmen
- Elektrische Ausrüstung
- Fahrerstand

Der optimale Einsatzbereich für eine TSM ist zwischen einer mittleren Gesteinsfestigkeit von 50-80 N/mm<sup>2</sup>, wobei die wirtschaftlich Einsatzgrenze bei 120 N/mm<sup>2</sup> liegt.<sup>30</sup> Diese Festigkeiten entsprechen den von mittleren Gesteinsfestigkeiten bei Fest- und Lockergesteinen. Zum Einsatzbereich kommen Gebirge mit einem hohen Zerlegungsgrad durch Klüfte und Schichtfugen hinzu.

Besonders bei mittellangen Tunneln (< 3 km) bei denen Vollschnittmaschinen noch nicht wirtschaftlich eingesetzt werden können und bei veränderlichen Querschnitten sowie wechselnden Gebirgsverhältnissen wird die TSM aufgrund ihrer guten Anpassungsfähigkeit, ihres geringen Investitionsvolumen und ihrer schnellen Mobilisierung gegenüber einer Vollschnittmaschine bevorzugt. Es lassen sich Querschnitte von 10-65 m<sup>2</sup> mit einer ungefähren Breite von 10 m und Höhen bis zu 7,5 m bearbeiten. Der Vortrieb einer TSM ist im Gegensatz zum Sprengvortrieb oder Ausbruch mittels Reißraupen ein kontinuierlicher Arbeitszyklus mit den Teilprozessen Lösen, Schüttern, Sichern und Fördern, wobei die Teilprozesse Sichern und Fördern im Hinterbereich des Vortriebs ablaufen.<sup>30</sup>

Ein weiterer Vorteil ist der annähernd erschütterungsfreie Vortrieb einer TSM, der vor allem im bebauten Gebiet dem Sprengvortrieb vorgezogen wird, da Sprengerschütterungen zwar keine Schäden an den Gebäude verursachen, jedoch diese für den Mensch deutlich spürbar sind und unangenehm wahrgenommen werden. Darüber hinaus ist ein mechanischer Abbau des Materials an der Ortsbrust weitaus gebirgsschonender als ein Sprengvortrieb. Daher sind die Störungen und Auflockerungen des Gebirges rund um die Tunnellaubung vernachlässigbar, was sich sehr positiv auf die Sicherungsmaßnahmen und das Langzeitverhalten der Tunnelbauwerke auswirkt.<sup>31</sup> Wie aus dem Namen hervorgeht, erfolgt der Abbau, im Gegensatz zu einer TBM, in mehreren Teilen, den Spurstreifen. Der Abbau der Spurstreifen besteht aus folgenden Schritten:<sup>31</sup>

- Phase 1 – Schneidkopfabenkung in die Ortsbrust
- Phase 2 – Schwenken des Schneidarms entlang des Abbau-Spurstreifens
- Phase 3 – lageweises Schwenken des Schneidarms, Spur für Spur wie in Phase 2
- Phase 4 – Profilieren des Ausbruchsrandes

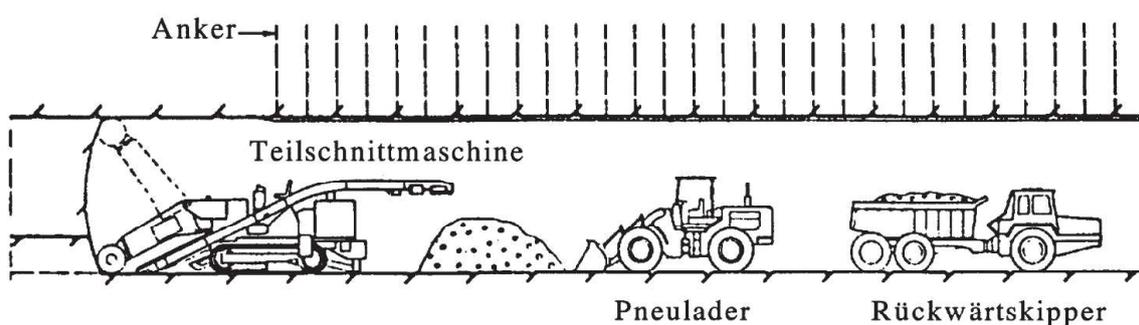
Um eine optimale baubetriebliche Prozesskette zu ermöglichen, soll die TSM zwischen Phase 1 und 4 stationär an einer Stelle bleiben, um das effiziente Beladen der Transporteinrichtungen zu gewährleisten. Nach dem Schüttern und dem Beladen erfolgt der Transport des Materials aus

<sup>30</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 150

<sup>31</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 159 f.

dem Tunnel und die Sicherungsmaßnahmen folgen. Die Sicherungsmaßnahmen werden wesentlich durch das Gebirgsverhalten beeinflusst. Für schmale Tunnelquerschnitte können z.B. Anker- und Bogensetzgeräte direkt auf die TSM installiert werden. Für große Tunnelquerschnitte wird vorwiegend ein eigenes Gerät für die Sicherungsmaßnahmen eingesetzt, das neben der TSM parallel arbeiten kann.

Als Transportmethode kommt ein LKW- oder Dumperbetrieb, ein Gleistransport inkl. Übergabebücke zur Beladung oder ein abgehängtes oder auf Bodenschienen bewegliches Förderbandsystem zum Einsatz. Die Transportmethode ist hauptsächlich vom Tunnelquerschnitt und von der Tunnellänge abhängig. Girmscheid<sup>32</sup> bekräftigt, dass vor allem die Nachläufersysteme (Transport, Ausbau) auf die wechselnden Vortriebsverhältnisse und daraus sich ändernde Sicherungsmaßnahmen optimal abgestimmt werden müssen, um eine effiziente baubetriebliche Logistik zu bewerkstelligen. Die grundlegenden Vorteile eines Vortriebs mittels TSM sind:<sup>33</sup>



**Abb. 2.8:** Vortrieb mittels Teilschnittmaschine (Quelle: Girmscheid [6, S. 169])

- Erschütterungsarmes Arbeiten (urbanes Gebiet)
- Hohe Anpassungsfähigkeit bei unterschiedlichen Querschnitten
- Gute Zugänglichkeit zur Ortsbrust bei zusätzliche Sicherungs- oder Wasserhaltungsmaßnahmen
- Genauerer Ausbruch des Profils (im Vergleich zum Sprengvortrieb)
- Gebirgsschonender Ausbruch als Sprengvortrieb
- Schnelle Mobilisierungszeit gegenüber einer TBM
- Relativ einfache Montage auf der Baustelle
- Wiederverwendung wahrscheinlicher bei ähnlichen Projekten durch mögliche Anpassung bei Schneidkopf, Meisselbestückung, Verlängerung/Verkürzung des Schneidarms und der Ladeeinrichtung bzw. des Abwurfssystems

Die Nachteile einer TSM sind folgende:

- Wirtschaftlicher Abbau nur bei Festgesteinen mit mittlerer Gesteinfestigkeit bzw. Lockergestein

<sup>32</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 161

<sup>33</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 169

- Hoher Verschleiß an Meisseln
- Aufwendige Maßnahmen zur Entstaubung und Bewetterung
- Niedrigere Vortriebsleistung als Sprengvortrieb
- Gefahr des „Verbackens“ des Schrämkopfes bei kohäsiven bindigen Böden.

Kap. 2.2.1 beschrieb die einzelnen Vortriebsmethoden für den zyklischen Vortrieb, wohingegen im nachfolgenden Kap. 2.2.2 die Vortriebsmethoden für den kontinuierlichen Vortrieb behandelt werden.

## 2.2.2 Kontinuierlicher (maschineller) Vortrieb

Der Begriff „kontinuierlicher Vortrieb“ ergibt im ersten Anblick keine einwandfreie Definition der Vortriebsmethode. Die Definition des kontinuierlichen Vortriebs wird in der ÖNORM B 2203-2 folglich festgehalten: „*Vortrieb mit Hilfe einer Tunnelvortriebsmaschine (Tunnelbohrmaschine, Schild u.dgl.), bei welchem die einzelnen Arbeitsvorgänge des Lösens, Ladens und des Stützmitteleinbaus im Wesentlichen gleichzeitig ausgeführt werden.*“<sup>34</sup> Der Begriff „kontinuierlich“ lässt vermuten, dass der Vortrieb ohne zyklische Vorgänge abläuft, jedoch erfolgt der kontinuierliche Vortrieb in sogenannten Hüben, die zyklisch hintereinander angeordnet sind.

Eine weiterführende Unterteilung erfolgt nach Empfehlung des Deutschen Ausschusses für unterirdisches Bauen e.V.<sup>35</sup> und der Österreichischen Gesellschaft für Geomechanik<sup>36</sup> in Tunnelbohrmaschinen (TBM) zum Abbau von Festgestein und in Schildmaschinen (SM) zum Abbau von Lockergestein. Die ÖNORM B 2203-2 beschreibt als Tunnelbohrmaschinen: „*Maschine, mit der ein semi-kontinuierlicher Vortrieb im Allgemeinen durch hubweises Vorschieben erfolgt und bei der das anstehende Material mit einem Bohrkopf oder Schneidrad im Vollschnitt gelöst bzw. teilflächig durch geeignete Lösevorrichtungen abgebaut und zur Schutterung übergeben wird.*“<sup>34</sup>

Girmscheid unterteilt sinngemäß zur ÖNORM B 2203-2 die Tunnelvortriebsmaschine weiter in eine Tunnelbohrmaschinen als „*TVM zum mechanischen Abbau von vorwiegend Festgestein im Vollquerschnitt mit oder ohne Schutz eines Schildes.*“<sup>34</sup> und Schildmaschine als „*Maschine zum mechanischen Abbau von vorwiegend Lockergestein im Schutz eines Schildes, mit oder ohne Ortsbruststützung.*“<sup>34</sup>

In Abb. 2.9 ist die Einteilung der Tunnelvortriebsmaschinen in Tunnelbohrmaschinen, Schildmaschinen und Sonderformen inklusive deren Unterteilungen ersichtlich. Ein maschineller Vortrieb ist gegenüber einem zyklischen Vortrieb wirtschaftlich günstig, wenn sich folgende Einsatzbedingungen (Projektgrundlagen) ergeben:<sup>37</sup>

- Längere Baulose als ca. 2000 m;
- Ungünstige Bodenart- und Grundwasserverhältnisse, die ein geschlossenes System erfordern
- Hohe Anforderungen an geringe Oberflächensetzungen bzw. -erschütterungen;
- Große Vortriebsleistung.

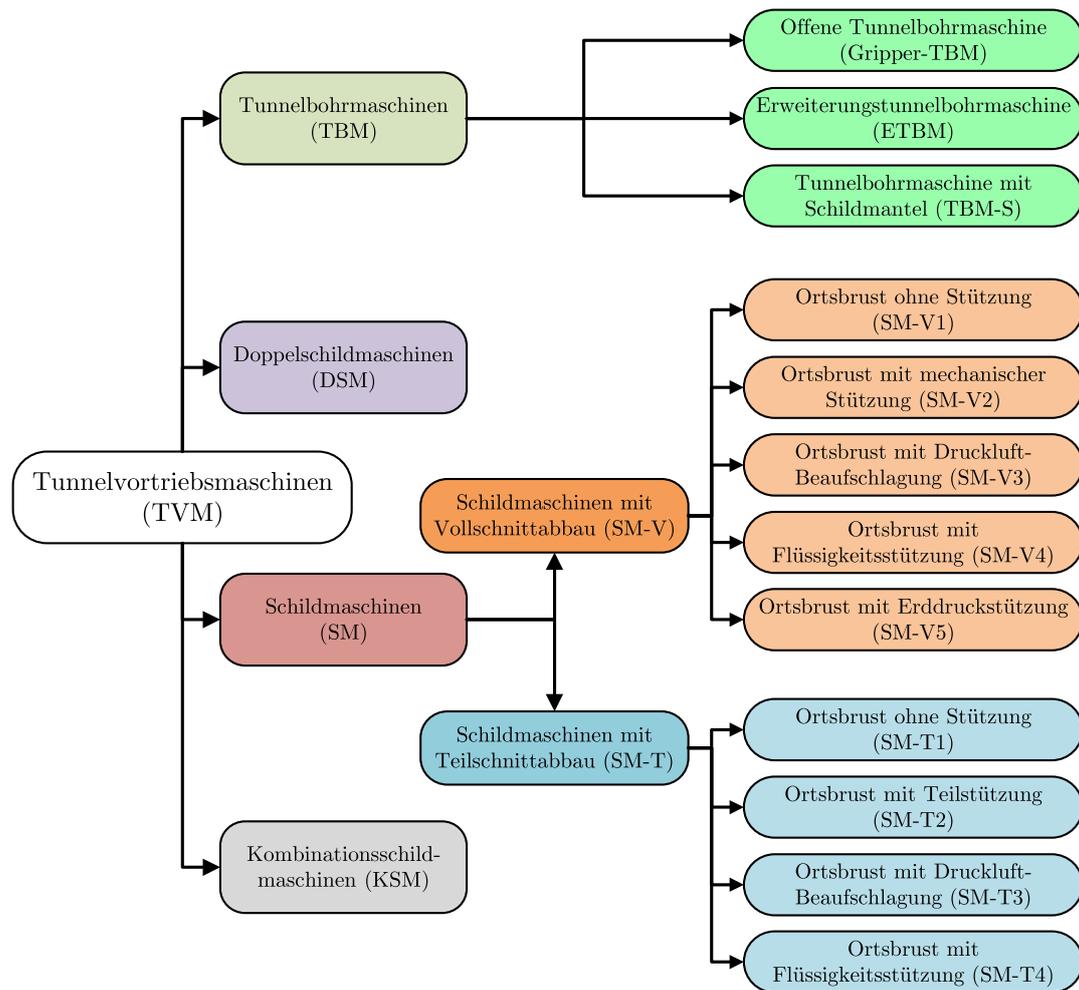
Die wichtigsten Vorteile eines TVM-Verfahrens sind:

<sup>34</sup> Aus [17] ÖNORM B 2203-2:2005 01 01, S. 8 f.

<sup>35</sup> Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e.V.

<sup>36</sup> Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (Hrsg.)

<sup>37</sup> Vgl. [6] Girmscheid, S. 423



**Abb. 2.9:** Einteilung von Tunnelvortriebsmaschinen (Quelle: modifiziert nach Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e.V. [5])

- Hohe Vortriebsgeschwindigkeit und damit verbunden eine geringere Bauzeit,
- Geringe Beeinflussung vorhandener Bebauung durch Lärm, Erschütterungen und Setzungen,
- Geringe Beeinflussung des Grundwassers.

Die Nachteile sind:

- Intensive Vorerkundung unablässlich,
- Sorgfältige Planung des Geräts im Hinblick auf Bodenarten, Grundwasserverhältnisse, Bodenüberdeckung, Überbauungen und Auskleidung
- Hoher Investitionsaufwand für Baustelleneinrichtung, TVM, Nachläufersysteme, etc.
- Hohe Anforderungen an das technische und praktische Know-How des Personals.

In weiterer Folge werden die häufigsten Tunnelvortriebsmaschinen erläutert und die grundlegende Funktionsweise, baubetriebliche Abläufe, Besonderheiten, Vor- und Nachteile behandelt.

### 2.2.2.1 Tunnelbohrmaschine

Tunnelbohrmaschinen sind neben den Schildmaschinen als Tunnelvortriebsmaschinen klassifiziert. Wie bereits eingangs in den Definitionen der ÖNORM B 2203-2 beschrieben, werden TBM vorwiegend im Festgestein bei mittlerer bis hoher Standzeit eingesetzt. Eine TBM mit Schild kann jedoch ebenso bei nachbrüchigem bis gebrächem Gebirge eingesetzt werden. Weiters wird in folgende Tunnelbohrmaschinen unterschieden:<sup>38</sup>

- Gripper-TBM (offene TBM)
- Aufweitungs-TBM
- 
- Teleskopschild-TBM/Doppelschild-TBM/Verspannmantel-TBM.

Der eigentliche Ausbruch erfolgt bei TBM im Vollquerschnitt entweder mittels Bohrkopf, Schneidrad oder Teilschnitteinrichtung. Die Vorschubkraft und somit der Anpressdruck auf das Gestein wird mithilfe von Hydraulikzylinder, die sich – je nach Ausführung der TBM – gegen ein durch die Gripper erzeugtes Widerlager oder gegen die bereits versetzten Tübbingringe der Ausbauebene drücken, erzeugt. Der eigentliche Vortrieb erfolgt durch hubweises Verschieben des Bohrkopfs mithilfe der beschriebenen Hydraulikzylinder.

Der Lösevorgang erfolgt durch die Diskenmeisseln auf dem Bohrkopf. Hierbei erfolgt unter dem Anpressdruck das Lösen des Gestein und es entstehen sogenannten „Chips“, die mittels Schöpfwerk an ein nachlaufendes Schutterungssystem übergeben werden. Die integrierten Geräte für die Sicherungsmaßnahmen (Anker, Netz, Tunnelbogen) sind hinter dem Bohrkopf angeordnet und die Maßnahmen werden parallel zum Lösevorgang bzw. Ladevorgang durchgeführt.

#### Gripper-TBM (offene TBM)

Der Anwendungsbereich für Gripper-TBM liegt bei standfestem bzw. störzonenfreiem Gebirge. Die wirtschaftlichen Grenzen der Gesteinfestigkeit liegen bei rd. 350MN/m<sup>2</sup>, hinzu kommen Einflüsse durch die Spaltzugfestigkeit und die Abrasivität des Gebirges, die den Anwendungsbereich definieren. Die untere Grenze der Gesteinfestigkeit ist durch die Anforderung der Verspannbarkeit des Grippers mit 100MN/m<sup>2</sup> begrenzt, ansonsten ist die Vorschubkraft und der Anpressdruck zu gering. Der erzeugte Anpressdruck des Bohrkopfs wird durch seitliche Abstützplatten (Pratzen oder Grippern) über Reibungskräfte in das Gebirge geleitet. Die Reibungskräfte zwischen Abstützplatten und Gebirge werden durch vorgespannte Hydraulikzylinder aufgebracht und bilden somit die Reaktionskräfte zu den Vortriebskräften, die den Anpressdruck erzeugen.

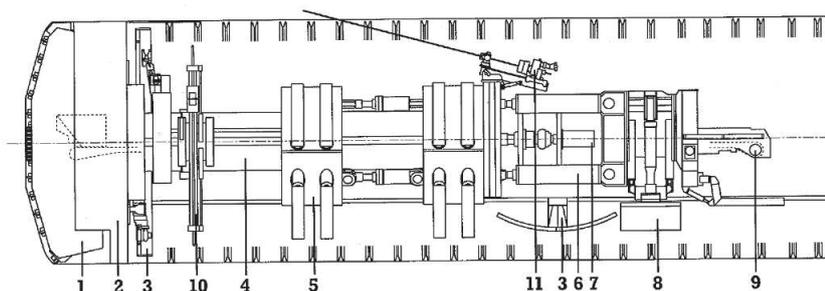
Der Sicherungseinbau findet auf einem Nachläufer rd. 15 m hinter dem Bohrkopf mechanisiert statt und es kommen vorwiegend konventionelle Sicherungsmethoden wie Tunnelbögen, Anker und Spritzbeton zur Anwendung. In Abb. 2.10 wird der grundlegende Aufbau einer Gripper-TBM dargestellt, die Besonderheit der abgebildeten Ausführung sind die zwei Verspannebenen.<sup>39</sup> Die Arbeits- und Unterhaltszyklen werden als diskontinuierlich beschrieben. Der repetitive Arbeitszyklus gliedert sich in Bohren, Schreiten (Umsetzen und Verspannen) und der repetitive Unterhaltszyklus in Wartung und Diskenwechsel. Der Lösevorgang erfolgt diskontinuierlich (obwohl kontinuierlicher Vortrieb) mit dem zyklischen Wechsel zwischen Bohren, Sichern und Umsetzen.

Das Umsetzen bzw. hubweise Verschieben der TBM startet damit, dass die maximale Hublänge erreicht ist und ein Vorrücken der Verspannebene notwendig ist. Dazu wird im ersten Schritt der

<sup>38</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 426

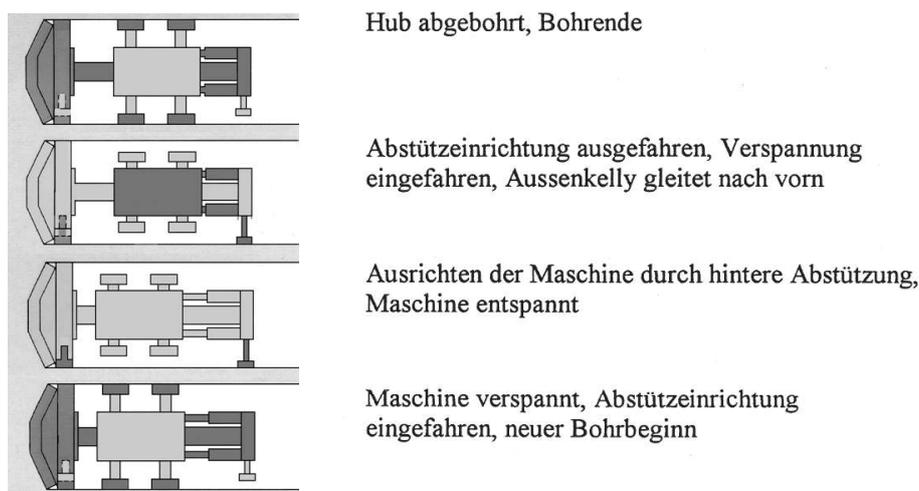
<sup>39</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 436

1. Bohrkopf
2. Bohrkopfmantel, bestehend aus Mantel mit integrierter Staubwand und verlängerbarem Kopfschutz
3. Ausbaubögenetzvorrichtung und Transportsystem
4. Innenkelly
5. Aussenkelly, ein- oder zweiteilig mit Spannschilden (Pratzen) und Verstellzylindern
6. Vorschubzylinder
7. Bohrkopfantrieb
8. Hintere Abstützung
9. Förderband
10. Ankerbohrgerät
11. Sondierbohrgerät



**Abb. 2.10:** Aufbau einer Gripper-TBM (offene TBM) (Quelle: Goger [7, S. 122])

Innenkelly auf der vorderen (beim Bohrkopf) und hinteren Abstützeinrichtung aufgelagert und die Verspannung wird eingefahren. Zylinder, die sich hinter der Abstützebene befinden, schieben den Aussenkelly nach vor und gleichzeitig kann die TBM ausgerichtet werden. Anschließend wird die Maschine erneut mithilfe der Abstützeinrichtung verspannt und durch die vorderen Zylinder erfolgt die Übertragung der Vortriebskraft auf den Bohrkopf. In Abb. 2.11 wird der eben beschriebene Vorgang (Bohrzyklus) dargestellt.<sup>40</sup>



**Abb. 2.11:** Bohrzyklus einer Gripper-TBM (offene TBM) (Quelle: Goger [7, S. 123])

### Aufweitungs-TBM

Die Aufweitungs-TBM ergänzt die Vollschnittmaschine in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht. Diese spezielle Tunnelbohrmaschine findet Anwendung bei besonders risikoreichen Gebirgsverhältnissen, in denen durch Sondierstollen eine Vorerkundung durchgeführt wird. Abb. 2.12 stellt die grundlegende Vorgangsweise der Aufweitungs-TBM dar. Zuerst wird in Phase 1 ein Pilotstollen mithilfe einer Pilot-TBM hergestellt. In Phase 2 wird der Pilotstollen mittels Aufweitungs-TBM erweitert. Die Verspannebene ist in Abb. 2.12 dargestellt und befindet sich in Vortriebsrichtung vor dem eigentlichen Bohrkopf, somit wird die Vortriebskraft nicht über Druck sondern Zug in den Bohrkopf geleitet. Das Verhältnis von Pilotstollen und Aufweitungsquerschnitt

<sup>40</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 444

ist mit 1:2,5 begrenzt, da aufgrund der geringen Durchmesser der Pilotstollen, die Abstützplatten relativ klein sind und somit die Übertragung der Reibungskräfte begrenzt ist.

Hinter dem Aufweitungsbohrkopf wird der Tunnelquerschnitt nur durch das Förderband und die hydraulischen bzw. elektrischen Leitungen eingeschränkt. Somit steht ein großer Querschnitt für die Sicherungsmaßnahmen zur Verfügung, welche durch Ausbaubögen, Anker, Netze und Spritzbeton realisiert werden.<sup>41</sup>

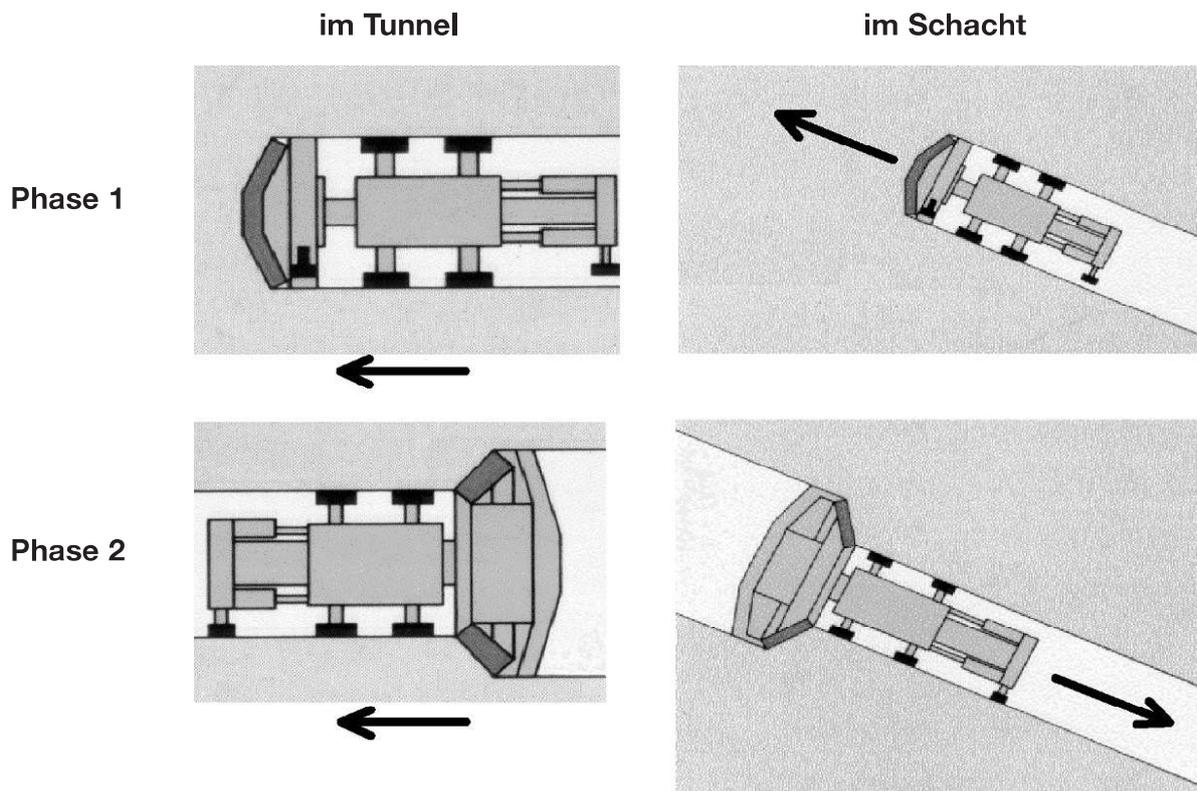


Abb. 2.12: Bohrzyklus einer Aufweitungs-TBM (Quelle: Girmscheid [6, S. 445])

### Schild-TBM

Eine Schild-TBM wird vor allem bei mittelgutem Gebirge, also nachbrüchigen bis gebrächem Gebirge eingesetzt, dort wo viele Stützmaßnahmen erwartet werden. Die Schild-TBM gliedert sich in zwei Typen, nämlich in die Einzelschild-TBM und die Doppelschild-TBM. Grundsätzlich erfolgt der Arbeitszyklus ähnlich zu einer Gripper-TBM, mit dem Unterschied, dass sich die hydraulischen Vortriebspresen nicht auf die Verspannungsebene durch einen Gripper stützen sondern auf die eingebauten Tübbingringe. Zusätzlich befindet sich hinter dem Bohrkopf, bis zu den Tübbing, ein Schild, der sowohl die technischen Einrichtungen, aber vor allem die Arbeiter vor dem anstehenden Boden/Gebirge schützt.

Die Doppelschild-TBM hat im vorderem Teil einen vorpressbaren Frontschild. Der Bohrkopf und der vorpressbare Frontschild stützen sich auf eine Verspannebene, erzeugt durch die Gripper, ähnlich zur offenen TBM. Hinter dem Gripper befindet sich noch eine weitere Ebene von hydraulischen Zylindern, die sich auf die Tübbingringe stützt. Die Trennung des Kraftflusses ermöglicht ein unabhängiges Versetzen der Tübbingringe vom Vortrieb, somit kann der Lösevorgang gleichzeitig mit dem Versetzen der Tübbingringe stattfinden. Der Umsetzvorgang, also

<sup>41</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 445

das Verschieben des Grippers, dauert nur wenige Sekunden und die Nettobohrzeit je Tag kann annähernd verdoppelt werden. Zusätzlich ist bei veränderlichen Gebirgseigenschaften, z.B. bei härteren Gebirgsfestigkeiten, eine Umstellung der Abstützung möglich. Wenn die Reibungskraft zwischen Gripper und Gebirge für den Bohrkopf nicht ausreicht, kann die Abstützung auf die Tübbingringe umgestellt werden und ein höherer Anpressdruck des Bohrkopfs gegen das Gebirge ist möglich.

Der Vortrieb mittels Gripper wird als kontinuierlicher Vortrieb (kontinuierlicher Modus) bezeichnet. Reicht die Reibungskraft des Grippers nicht mehr aus oder sind Störzonen vorhanden, wird auf den diskontinuierlichen Modus umgestellt, der teleskopierbare Frontschild eingefahren und der Vortrieb erfolgt mittels der Hilfsvortriebspresen, die sich zwischen Gripper und Tübbingauskleidung befinden.

Die Vorteile liegen vor allem im geschützten Ausbau durch den Schildmantel und der Anpassbarkeit durch den Doppelschild-Modus.<sup>42</sup>

### 2.2.2.2 Schildmaschine

Girmscheid definiert Schildmaschinen als: „Zum Abbau von Lockergesteinsböden im oder ausserhalb des Grundwassers sowie bei geringer Stehzeit der Ortsbrust benötigt man bei längeren Tunnelbauwerken eine mechanische Bodenabbauvorrichtung, die sich im geschützten System eines Schildes befindet. Diese Geräte bezeichnet man als Schildmaschinen.“<sup>43</sup>

Im Folgenden werden die Besonderheiten von Schildmaschinen im Hinblick auf die Stützmethoden der Ortsbrust und die essentiellen konstruktiven Elemente einer Schildmaschine beschrieben. Eine Schildmaschine besitzt einen geschlossenen Schildmantel, der im hinterem Bereich (sog. Schildschwanzbereich) die Tübbinge gering überdeckt. Schildmantel und Tübbingauskleidung bilden ein geschlossenes System und weisen keinen direkten Kontakt mit dem Gebirge auf. Der Ringraum zwischen Gebirge und Tübbing kann entweder mittels Verpressmörtel über den Schildschwanzbereich verfüllt werden oder durch spezielle Verpressöffnungen in den Tübbingen.

Der Lösevorgang wird mit einem werkzeugbesetztem Schneidrad bei Vollschnittmaschinen bewerkstelligt oder mittels Schrärmarm oder Bagger bei Teilschnittmaschinen. Die Besonderheit, dass der Abbauraum als Druckkammer ausgeführt werden kann, führt uns zu den verschiedenen Stützmethoden der Ortsbrust.<sup>44</sup>

---

<sup>42</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 449

<sup>43</sup>Aus [6] Girmscheid, S. 426

<sup>44</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 495

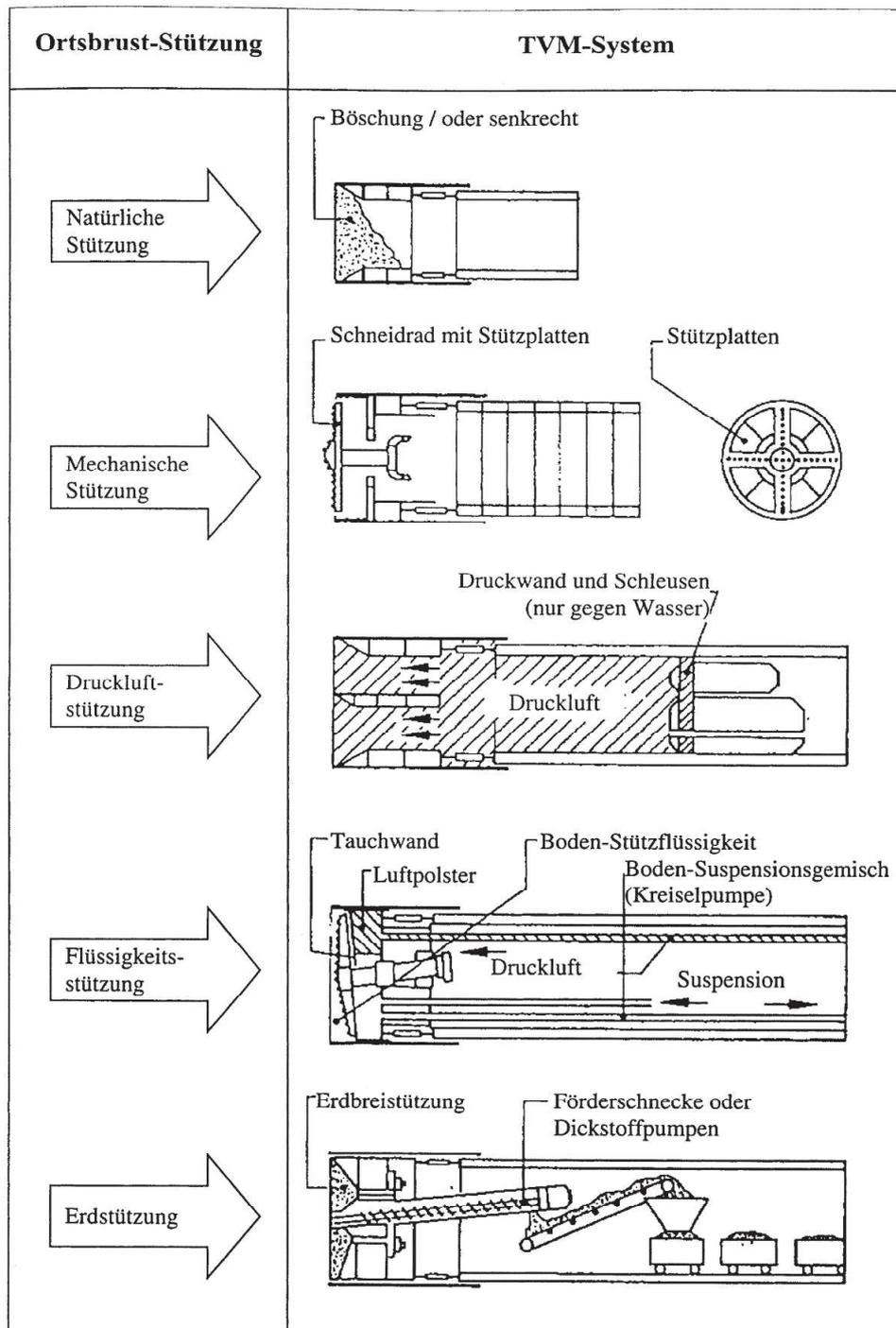


Abb. 2.13: Verschiedene Stützmethoden der Ortsbrust (Quelle: Goger [7, S. 134])

### Offene Schilde

Offene Schilde (Abb. 2.13) kommen bei standfester Ortsbrust (senkrecht oder gebösch) zur Anwendung.

### Mechanische Stützschilder

Mechanische Stützschilder (Abb. 2.13) kommen bei weitgehend standfester Ortsbrust zur Anwendung, aber nicht im Grundwasser. Mechanische Stützschilder stellen nur eine Hilfsabstützung

dar und können nicht exakt nach dem Erddruck gesteuert werden. Der Anpressdruck wird über Vorschubpressung zwischen Bohrkopf und Tübbingringe erzeugt (Vergleich TBM).

### **Druckluftschilde**

Druckluftschilde (Abb. 2.13) kommen bei Grundwasser zur Anwendung. Der Abbauraum gleicht einer Druckluftkammer. Dieser wird mittels Überdruck beaufschlagt und es herrscht ein konstanter Stützdruck gegen das Grundwasser. Bei niedriger Überdeckung des Tunnelfirsts besteht die Gefahr von Ausbläsern im Firstbereich, besonders bei starker Durchlässigkeit des Bodens. Die Ortsbrust ist entweder standfest oder wird mittels mechanischen Schildes gestützt.

### **Hydroschilde**

Hydroschilde (Abb. 2.13) kommen bei nicht standfester (überwiegend kohäsionsloser) Ortsbrust und bei Böden, die eine Mischgeologie erwarten lassen, zum Einsatz. Die Flüssigkeitsstützung und Suspensionsstützung kann mittels Druckluftpolster sehr gut dem anstehenden Wasser- und/oder Erddruck angepasst werden. Dadurch kann ein fast identischer Stütz- und Aussendruck erreicht werden.

### **Erdruckschilde**

Erdruckschilde (Abb. 2.13) kommen bei nicht standfester Ortsbrust zur Anwendung. Die Stützung der Ortsbrust wird mittels des mechanischen Anpressdrucks und des hydrostatischen Drucks des Erdbreies sichergestellt. Die Drucksteuerung gestaltet sich schwieriger als beim Hydroschild, da die Homogenisierung des Erdbreies mittels Konditionierungsmitteln sichergestellt werden muss, um die Drucksteuerung zu ermöglichen.

Der Lade- und Schutterungsvorgang sowie der Tübbingeinbau und die Nachläufersysteme gestalten sich bei den Schildmaschinen ähnlich zu den Tunnelbohrmaschinen, wie in Kapitel 2.2.2.1 angeführt.

## **2.2.3 Sicherungsmittel**

Die Notwendigkeit von Sicherungsmittel ergibt sich daraus, dass die Stehzeit des Gebirges nicht ausreichend ist und somit der Einbau von Sicherungen erforderlich ist. Die Sicherungsmaßnahmen stellen in der Gesamtbetrachtung eine Bewehrung bzw. Randverstärkung des Gebirges dar. Einerseits besitzen gewisse Sicherungsmittel Ausbausteifigkeiten und andere erzeugen durch Vorspannung ein überdrücktes Gebirge und/oder übernehmen Zugkräfte und bewehren somit das Gebirge.

Bei standfestem Gebirge kann eigentlich auf Sicherungsmaßnahmen verzichtet werden, jedoch wird meist ein Kopfschutz im Sinne der Arbeitssicherheit zwingend vorgeschrieben. Bei nicht ausreichend standfestem Gebirge ist ein Sicherungseinbau nach dem Ausbruch notwendig. Ist die Zeit für den Einbau der Sicherungsmaßnahmen größer als die Stehzeit des Gebirges, so sind vorausseilende Sicherungsmaßnahmen notwendig. Gewöhnliche Sicherungsmittel, die nach dem Ausbruch eingebaut bzw. aufgebracht werden, sind:

- Spritzbeton,
- Stahlbögen (Einbau- und Ausbögen),
- Gitterträger und
- Anker.

Sicherungsmittel, die einer vorausseilenden Gewölbesicherung dienen, sind:

- Verzugsbleche und Spunddielen,

- Spieße,
- Rohrschirme,
- Ortsbrustinjektionen und
- Gefrierschirme.

Girmscheid<sup>45</sup> führt aus, dass eine biegeeweiche, verformbare Randverstärkung (Spritzbeton, Betonstahlmatten, Anker, Stahlbögen) das Tragvermögen des Gebirges erhöhen. Der Einbau soll deshalb möglichst früh erfolgen. Zudem wird das Gebirge durch die Sicherungsmaßnahmen in seinem Klufkörperverband gehalten und Nachbrüche, welche die Gewölbegeometrie stören und für weitere Auflockerungen sorgen, werden weitgehend reduziert.

Weiters ist nicht nur die Einbaudauer der Sicherungsmaßnahmen im Bereich des Firsts und der Ulme von Bedeutung, sondern ebenso der Ringschluss im Sohlbereich. Mit Hinweis auf die Neue Österreichische Tunnelbaumethode (siehe Kap. 2.3) ist desweiteren der Einbauzeitpunkt der Sicherungsmaßnahmen, beeinflusst durch die Stehzeit des Gebirges, die Ringschlusszeit und die Ringdistanz, von Bedeutung.

### 2.2.3.1 Spritzbeton

Spritzbeton wird als das wichtigste Sicherungsmittel im Tunnel- und Stollenbau bezeichnet. Die Anwendung von Spritzbeton gestaltet sich sehr flexibel und durch zusätzliche Maßnahmen wie Stahlbögen, Anker, Spieße, etc. kann in Kombination mit Spritzbeton ein Gebirgstragring aufgebaut werden (siehe Kap. 2.3). Der aufgebrauchte Spritzbeton erzeugt keine Vorspannung und stellt keinen aktiven Ausbaudruck dar. Eine rasch erhärtende, unmittelbar nach dem Ausbruch aufgebrauchte Spritzbetonschicht verhindert einen Entspannungsvorgang weitgehend. Die wichtigste Eigenschaft ist die Verbundwirkung. Mit einer mit Spritzbeton versiegelten Oberfläche kann ein Gebirge mit geringer Standfestigkeit in ein standfestes Gebirge gewandelt werden. Spannungsspitzen in den äußeren Zonen werden vom Spritzbeton aufgenommen und Randzugspannungen werden durch die Gewölbewirkung verringert. In Kombination mit Ankern kann die Gewölbefestigkeit erheblich gesteigert werden.<sup>46</sup>

Die Dicken der Spritzbetonschicht reichen von 3 – 10cm für eine teilweise bzw. vollflächige Versiegelung des Gebirges und 10 – 35cm Dicke werden für eine tragfähige Verbundschicht zum Gebirge benötigt.<sup>47</sup>

Die Aufbringung kann mittels Trocken- und Nassspritzverfahren erfolgen, in Kombination mit Erstarrungsbeschleuniger ist sehr schnell eine hohe Festigkeit erreichbar. Beim Nassspritzverfahren wird der fertig vermischte Beton pneumatisch oder mittels Pumpe zur Spritzdüse befördert und von der Spritzdüse an die Wand geschleudert. Eine konstante Spritzqualität, geringer Rückprall, geringere Staubbelastung (geringerer Luftmengenbedarf bei Bewetterungsplanung) und eine hohe Spritzleistung sind die Vorteile des Nassspritzverfahrens. Beim Trockenmischverfahren wird ein Trockengemisch, bestehend aus Zement, Zuschlagsstoff und Erstarrungsbeschleunigern, pneumatisch zur Spritzdüse transportiert und dort mit dem Anmachwasser vermischt. Von der Spritzdüse wird das Gemisch an die Einbaustelle gespritzt. Kein Restbeton, höchste Frühfestigkeit, annähernd unbegrenzte Vorhaltezeit, leichtere Geräte und geringer Reinigungsaufwand sind die Vorteile des Trockenspritzverfahrens. Zusammenfassend eignet sich das Nassspritzverfahren besonders für große Spritzbetonmengen und das Trockenspritzverfahren eher für geringe Mengen und kleine Querschnitte.

<sup>45</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 171

<sup>46</sup>Vgl. [1] Adam, S. 91

<sup>47</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 171

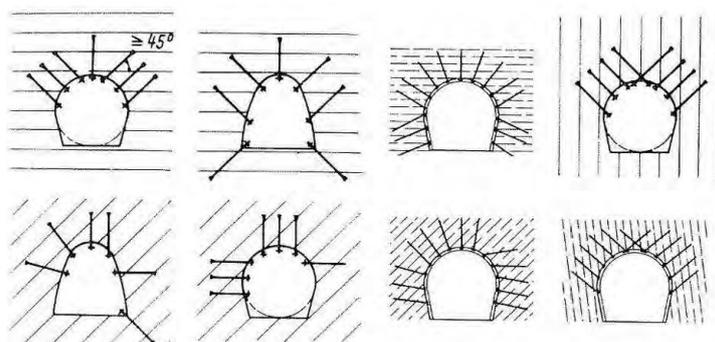
### 2.2.3.2 Anker

Einzel- und Systemanker sind eine vorübergehende Sicherung des Ausbruchsquerschnitts bis zum Zeitpunkt des endgültigen Ausbaus. Dadurch werden größere Verformungen und Ausbrüche verhindert und die Tragwirkung des Gebirges erhöht.

Besondere Bedeutung kommt Anker bei der NÖT (siehe Kap. 2.3) als wichtigstes Element zu. Bei der Ankerdimensionierung ist auf einen dichten Abstand zu achten und auf eine ausreichende Länge, um eine große wirksame Tragringstärke zu erzielen.<sup>48</sup>

Wie schon erwähnt, wird zwischen Einzel- und Systemankerungen unterschieden. Einzelanker dienen der individuellen Sicherung von Blöcken, Keilen oder Platten, vor allem in stark gekluftetem Gebirge. Eine Systemankerung besteht aus verschiedenen Ankertypen mit unterschiedlichen Längen, Abständen und Vorspannungen. Mithilfe einer Vorspannung kann ein Verdübelungseffekt der Anker erzielt werden.

Durch eine rasche Aufbringung von Spritzbeton und Systemankerung wird ein Ausbauwiderstand realisiert. Dieser Ausbauwiderstand wirkt einer Gebirgsentfestigung entgegen und Auflockerungen werden reduziert bzw. verhindert. Je nach Gebirgsgefüge, Tunnelquerschnitt, und Belastungssituation des Tunnelquerschnitts variieren die Anordnungen der Systemankerung, wie in Abb. 2.14 ersichtlich.<sup>48</sup>



**Abb. 2.14:** Schema einer Systemankerung (Quelle: Goger [7, S. 209])

Adam klassifiziert die Ankertypen in vier verschiedene Gruppen:<sup>48</sup>

- Haftanker,
- Spreizanker,
- Reibungsanker und
- selbstbohrende Anker.

Haftanker untergliedern sich weiter in Füllmörtelanker (SN-Anker), Einschubmörtelanker (Perfo-Anker), Raum-Injektionsanker und in Kunstmörtelanker. Haftanker charakterisieren sich dadurch, dass der Raum zwischen Zugglied des Ankers und dem umliegenden Gebirge mit Mörtel (oder Kunstharz) ausgefüllt wird. Durch die Ringraumverfüllung wird ein Haftverbund zwischen Gebirge und Anker hergestellt.

Spreizanker gliedern sich in Schlitzkeilanker, Gleitkeilanker, Spreizhülsevenker und Doppelkeilanker. Diese werden ausschließlich für vorübergehende Sicherungen eingesetzt und werden immer vorgespannt. Bei allen Spreizankern kommt es am Ankerende zu einer Verspannung des

<sup>48</sup>Vgl. [1] Adam, S. 84 f.

Ankerkopfs mit dem Gebirge. Je nach Typ wird diese Verspannung z.B. durch Schlagen auf die Ankerstange, Drehen der Ankerstange oder Ziehen der Ankerstange erzeugt.

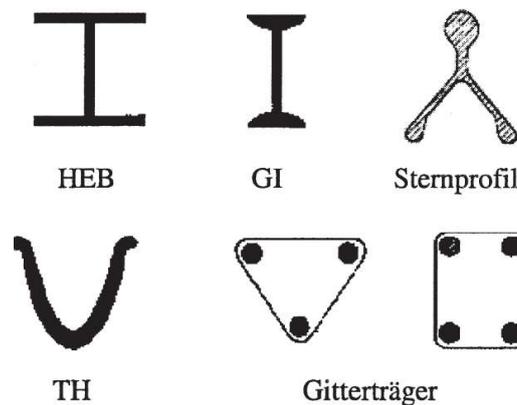
Der Swellex-Anker ist ein Reibungsanker und besteht aus einem gefalteten Stahlrohr. Das Stahlrohr wird gefaltet in das Bohrloch eingebracht und anschließend mit hohem Wasserdruck beaufschlagt. Das Stahlrohr entfaltet sich und überträgt die Ankerkraft über die Reibung an das anstehende Gebirge. Der größte Vorteil des Swellex-Anker ist die sofortige Belastung nach Aufbringen des Wasserdrucks und die Entfaltung des Stahlrohrs.<sup>49</sup>

### 2.2.3.3 Tunnelbögen (Ausbaubögen)

Tunnelbögen werden als Ausbaubögen (Bezeichnung in Deutschland) bzw. Einbaubögen (Bezeichnung in der Schweiz) bezeichnet. Tunnelbögen dienen zur sofortigen wirksamen Abstützung des Gebirges nach dem Ausbruch. Das Einsatzgebiet sind vor allem nicht standfeste, nachbrüchige und druckhafte Gebirge. Als Stahlquerschnitte für Tunnelbögen kommen Stahlwalmprofile oder Gitterträger zur Anwendung.<sup>50</sup> Die Hauptfunktionen von Tunnelbögen sind:<sup>50</sup>

- Hohe Normalkraftaufnahmefähigkeit und Biegetragfähigkeit,
- guter Verbund zwischen Ausbaubögen und Spritzbeton- oder Betonschale und
- gute Einspritzbarkeit mit möglichst wenig Spritzschatten und Rückprall.

Abb. 2.15 beschreibt die zur Anwendung kommenden Stahlquerschnitte.



**Abb. 2.15:** Querschnitte von Tunnelbögen (Quelle: Goger [7, S. 221])

Beim Einbau von Tunnelbögen ist besonders auf die Spritzbetonarbeiten zu achten. Tunnelbögen können erst die volle Tragwirkung entfalten, wenn sie in eine Betonschale eingebettet sind und das Ausknicken von Querschnittsteilen verhindert wird. Darüber hinaus können einzelne Querschnittsteile der Tunnelbögen Spritzschatten erzeugen, die zu Fehlstellen in der Betonmatrix führen. Auswirkungen von Fehlstellen in der Betonmatrix führen zu:<sup>50</sup>

- Korrosionsschutzprobleme der Stahlteile
- Verbund zwischen Tunnelbögen und Spritzbeton wird reduziert
- Rissbildung in den geschwächten Spritzbetonstellen
- Erhöhte Eintritts- und Einwirkungsmöglichkeiten für Bergwasser

<sup>49</sup>Vgl. [1] Adam, S. 90

<sup>50</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 239 f.

### 2.2.3.4 Verzugsbleche und Spunddielen

Verzugsbleche und Spunddielen (Abb. 2.16) reihen sich in die Gruppe der vorausseilenden Sicherungsmaßnahmen des Gewölbes ein, neben weiteren wie Spieße, Rohrschirme, DSV-Schirme, Setzungsstabilisierungsinjektionen, Ortsbrustinjektionen und Gefrierschirme. Bleche und Dielen eignen sich besonders gut bei nichtbindigen Lockergesteinen, da diese eine flächenhafte Sicherung darstellen und dadurch die Auflockerung vor dem Einbau der Spritzbetonsicherung sehr gut verhindert wird.

Die Bleche bzw. Spunddielen sind fünf bis sieben Millimeter dick und die Länge variiert je nach Abschlagslänge und erforderlicher Stützweite im Ortsbrustbereich bzw. der notwendigen Überlappung. Der Querschnitt soll möglichst flach sein, jedoch mit einem großen Trägheitsmoment. Die Bleche oder Dielen werden nebeneinander, vom letzten Ausbaubogen aus, leicht nach oben geneigt (10 bis 15 Grad zur Tunnelachse) mittels Pressluft- oder Hydraulikhammer vorgetrieben.<sup>51</sup>

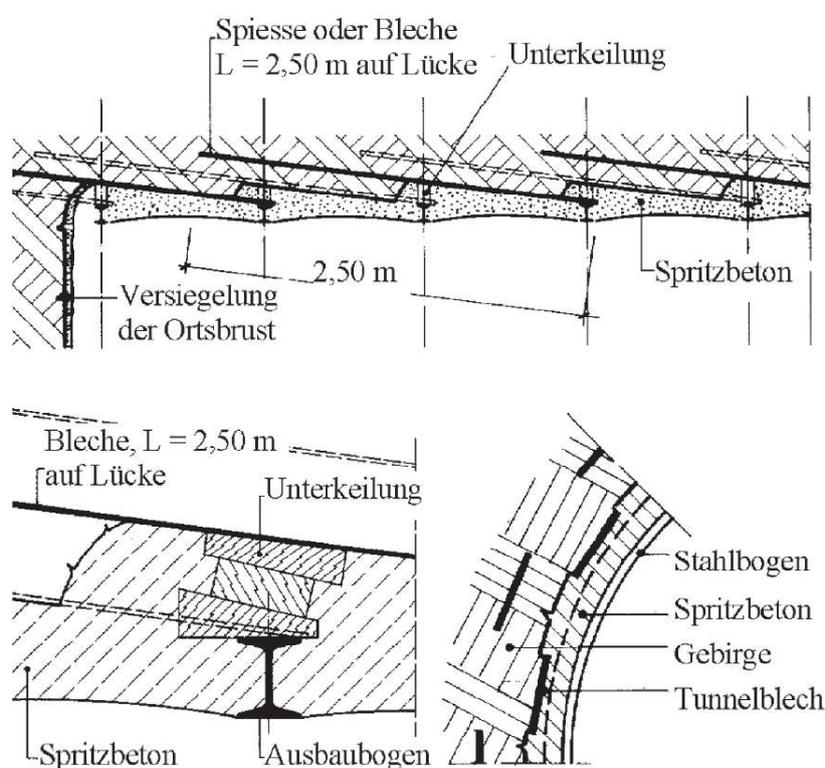


Abb. 2.16: Beispiel - Verzugsblech im Detail, Längs- und Querschnitt (Quelle: Goger [7, S. 219])

### 2.2.3.5 Spieße

Der Vortrieb erfolgt ähnlich zum Vortrieb von Verzugsblechen und Pfanddielen sowie wie von Ankeren. Die Anwendung von Spießern als vorausseilende Sicherungsmethode kommt bei zerklüftetem Gebirge zur Anwendung. Bei rolligem Gebirge kann ein Verpressen der Spieße notwendig werden. Die Länge der Spieße variiert je nach Abschlagslänge, liegt in der Regel jedoch zwischen 3 und 5 m. Der Abstand ist ebenso variabel, jedoch üblicherweise zwischen 30 und 50 cm. Die Neigung zur Tunnelachse liegt, wie bei den Blechen und Dielen, zwischen 10 und 15 Grad. Der Einbau des Spießes erfolgt beim zuletzt eingebauten Tunnelbogen. Dieser bildet ein elastisches

<sup>51</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 244

Punktlager für den Spieß. Die vorgetriebenen Spieße bewehren das zerklüftete Gebirge und einzelne Gebirgsblöcke werden durch die Spieße miteinander vernagelt. Eine Querschnitt und eine Ansicht der Ortsbrust inkl. Anordnung der Spieße ist in Abb. 2.17 dargestellt.<sup>52</sup>

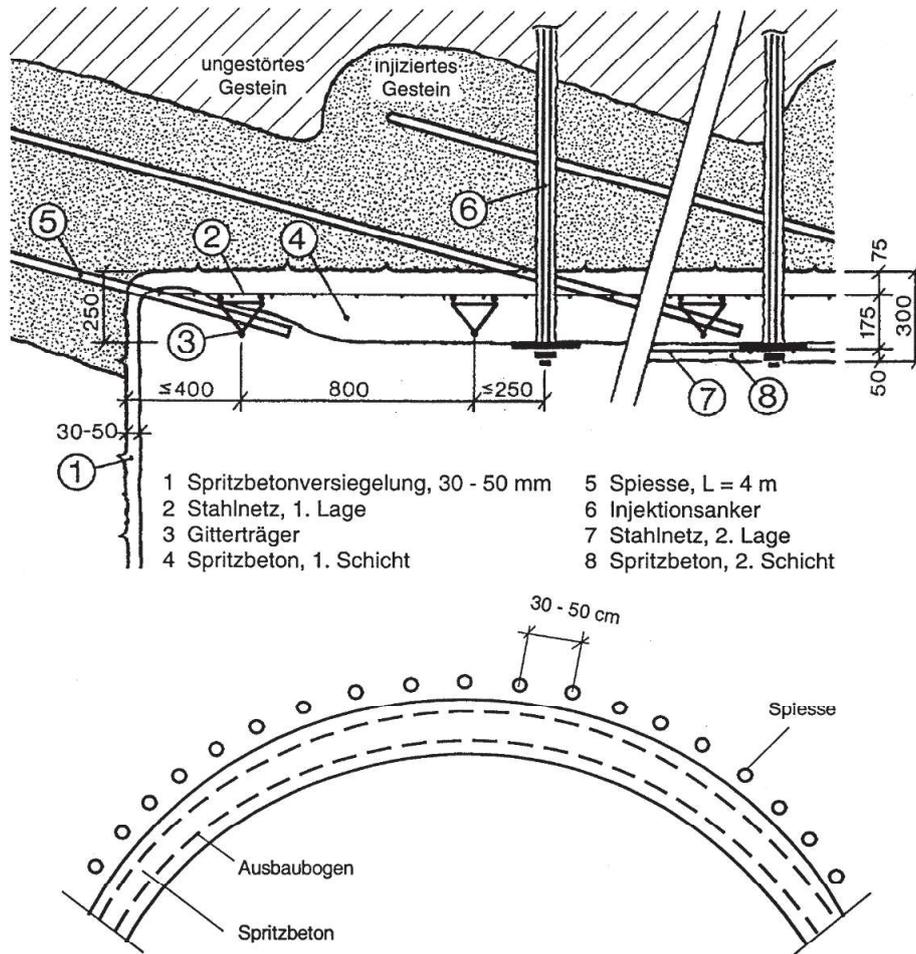
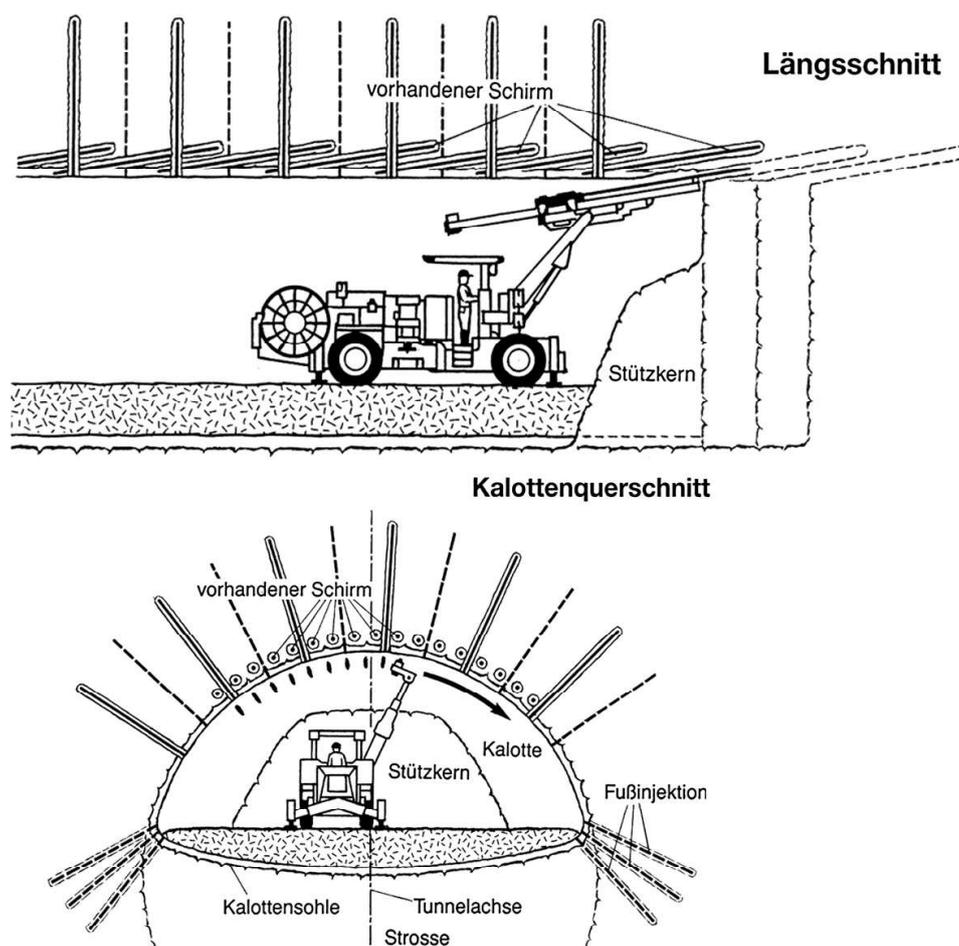


Abb. 2.17: Spiesse - Ansicht der Ortsbrust (Quelle: Girmscheid [6, S. 246])

Die Spiesse sind hauptsächlich Injektionsbohranker. Diese sollen garantieren, dass die Spiesse kraftschlüssig im Ankerloch sitzen und einen Verbund mit dem umliegenden Gestein eingehen. Anders bei stark zerklüftetem Gestein, in dem keine standfesten Bohrlöcher erstellt werden können, werden selbstbohrende Injektionsanker verwendet.

Abb. 2.18 beschreibt die Herstellung eines Schirmgewölbes mittels vorseilender Spiesse. Je nach Standfestigkeit des Gebirges kann der Vortrieb des Schirmgewölbes mit einem Vollausbuch oder Teilausbuch durchgeführt werden.

<sup>52</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 245

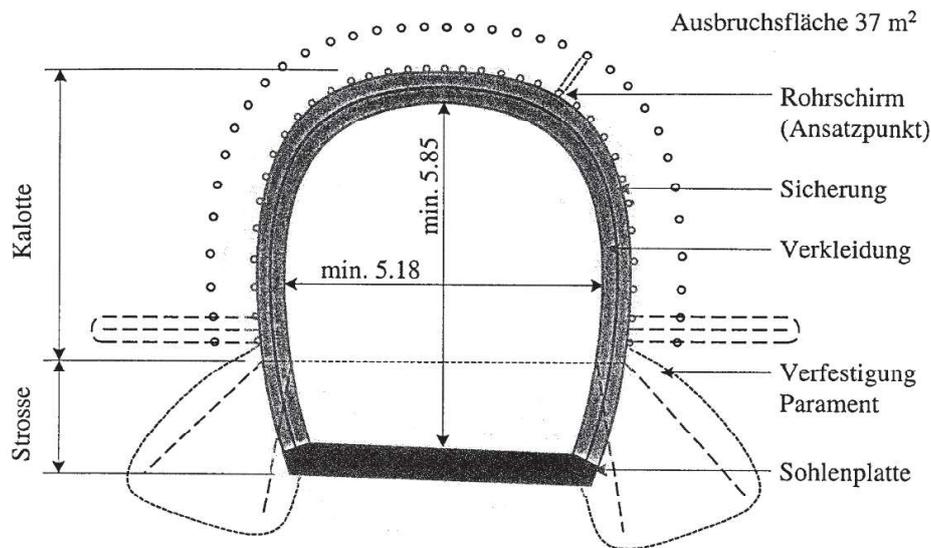


**Abb. 2.18:** Herstellung eines Schirmgewölbes mittels Spieße (Quelle: Girmscheid [6, S. 248])

### 2.2.3.6 Rohrschirm

Bei einem Rohrschirm wird eine Vielzahl von Rohren (Durchmesser 15–20 cm) oberhalb des Firstgewölbes in Tunnellängsrichtung vorgetrieben. Aufgrund der großen Querschnitte und der hohen Biegetragfähigkeit in Längsrichtung befinden sich die Einbaulängen zwischen 12 und 15 m Länge. Die Rohre werden dabei nicht „Mann an Mann“ vorgetrieben, sondern freistehend. Mit entsprechenden Injektionen kann ein geschlossenes Schirmgewölbe erreicht werden.

Anwendung finden Rohrschirme vor allem bei kohäsionslosem und stark verwittertem Gebirge mit kurzer Standzeit. Darüber hinaus können Rohrschirme mit einem relativ geringen Abstand unter Verkehrsbauwerken oder Gebäuden den anstehenden Boden durchhörtern, ohne starke Hebungen und/oder Setzungen hervorzurufen. Weiters werden Gebirgs- bzw. Bodenentspannungen aufgrund der Einbaulänge schon weit vor der Ortsbrust verhindert. Abb. 2.19 zeigt einen Tunnelquerschnitt inkl. Rohrschirm, darin ersichtlich ist ein Rohrschirmgewölbe im Bereich der Kalotte.



**Abb. 2.19:** Rohrschirm – Ansicht der Ortsbrust (Quelle: Girmscheid [6, S. 249])

Die besonderen Vorteile eines Rohrschirms sind:<sup>53</sup>

- Durch die Ausbildung einer Membrantragwirkung ist die Aufnahme von hohen Normalkraftbeanspruchungen gegeben.
- Zusätzlich zur Haupttragwirkung, können aufgrund der großen Querschnitte und der großen Einbaulänge Biegemomente und Schubkräfte aufgenommen werden.
- Aufgrund des großen Querschnitts und dem Großbohrgerät ist ein effizientes Durchhörttern von zerklüftetem Felsgestein, Findlingen und Lockergestein möglich.
- Ein Vortrieb ist relativ knapp unter Gebäudefundamenten möglich (Abstand rd. 1,5 m) ohne Hebungen zu verursachen.

Übliche Ausführungen der Rohrschirm-Konstruktion haben folgende Parameter:

- Rohraußendurchmesser 140–170 mm, Rohrwandstärke 8–25 mm
- Injektionsventile in den Stahlrohren, je 4 am Umfang im Abstand von 50 cm
- Äquidistanter Abstand von ca. 40–60 cm am Gewölbeumfang
- Rohrlängen von rd. 12–15 m in Tunnellängsrichtung
- Rohrübergreifend in Längsrichtung ca. 2,5–4,0 m

### 2.2.3.7 DSV-Schirme

DSV-Schirme werden mit den hinlänglich bekannten Düsenstrahlverfahren (anders bekannt als Hochdruckinjektionsverfahren, Jet-Grouting-Verfahren, Soilcrete-Verfahren) durchgeführt. Der grundsätzliche Ablauf eines Düsenstrahlverfahrens gliedert sich in drei hauptsächliche Schritte mit kleinen Unterschieden der Spezialverfahren:

<sup>53</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 249

- Spühlbohrung mittels Kernkronenbohrkopf
- Nach Abteufung der Bohrung bis zum Bohrlochtiefpunkt erfolgt die Einspülung eines Kronendichtungsball, zum Abdichten der Bohrspülöffnung
- Herstellung des Injektionskörpers durch Ziehen des Gestänges bei gleichzeitigem Schneiden des Boden und Vermischen mit einer Zementsuspension

Im Tunnelbau werden bei Lockergesteinen DSV-Säulen vorausseilend (ähnlich zu Rohrschirm) im Bereich der Kalottenumrandung vorgetrieben. Ein vollflächiges Schirmgewölbe wird mittels überschnittenen Injektionssäulen hergestellt. Die Einbaulänge ist bei rd. 12–15 m wirtschaftlich und der Injektionssäulendurchmesser beträgt ca. 60–70 cm. Das Herstellverfahren eines DSV-Schirmes wird in Abb. 2.20 beschrieben, dieses verläuft grundsätzlich in 3 Phasen:

1. Freistehende Injektionssäulen herstellen (siehe grundsätzliches Herstellverfahren von DSV-Säulen)
2. Eine vollflächiger Gewölbeschirm wird mithilfe des Pilgerschrittverfahrens hergestellt. (nun sind es 5 überschnittene Injektionssäulen)
3. Herstellen der nächsten 5 überschnittenen Injektionssäulen mithilfe des Pilgerschrittverfahrens

Nachdem der vorausseilende DSV-Gewölbeschirm erstellt wurde, kann der Tunnelausbruch weiter vorgetrieben werden.

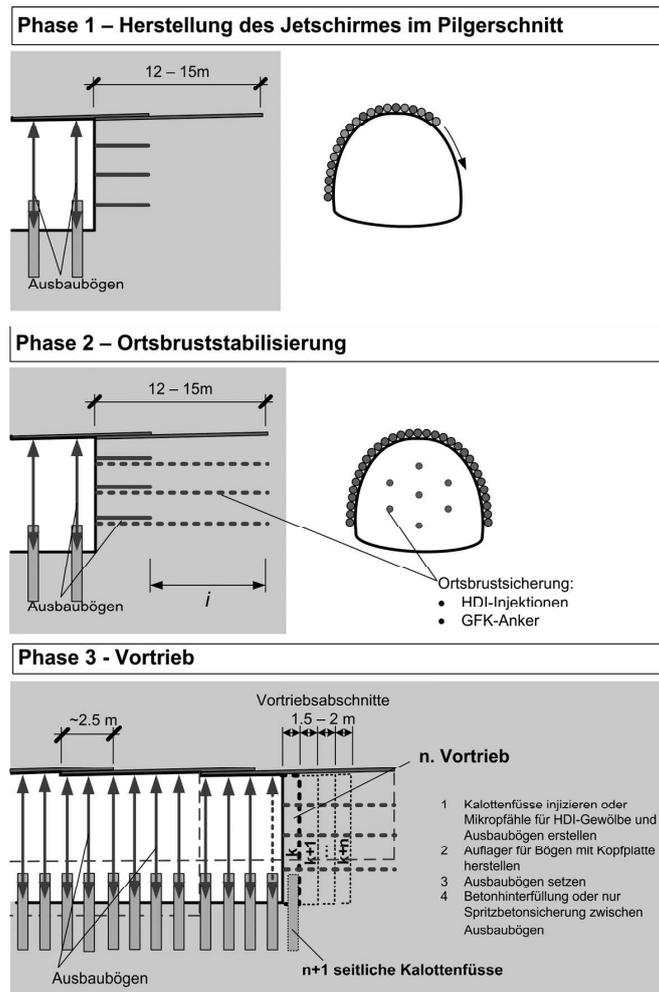


Abb. 2.20: Herstellung eines DSV-Schirmes (Quelle: Girmscheid [6, S. 264])

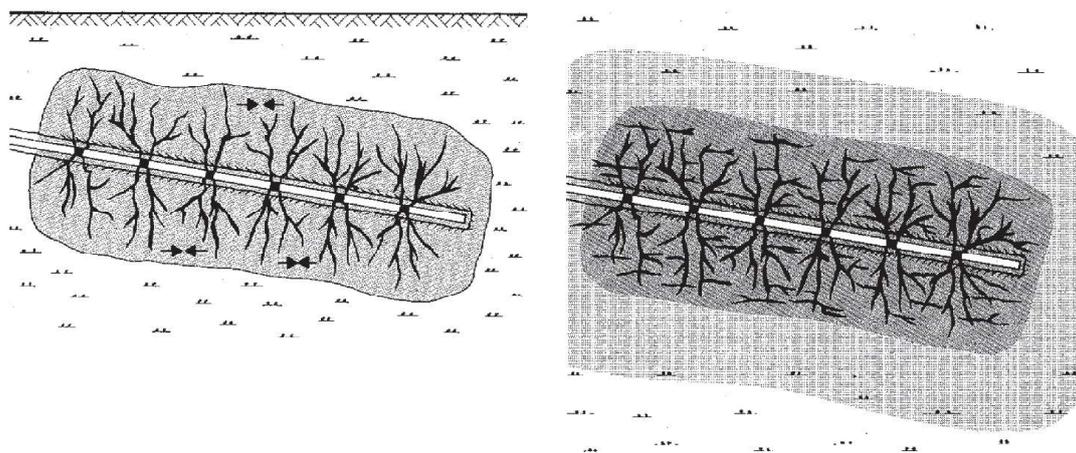
### 2.2.3.8 Setzungstabilisierungsinjektionen

In *Bauprozesse und Bauverfahren des Tunnelbaus*<sup>54</sup> werden Setzungstabilisierungsinjektionen als Soil-Fracturing-Verfahren beschrieben oder als Feststoffpressverfahren. Bei diesem Verfahren wird eine Bodenverfestigung und Steifigkeitserhöhung durch Injektion einer Zement- oder Zement-Steinmehlsuspension erzielt. Besonders für innerstädtische Tunnelbaustellen bilden Hebungen bzw. Setzungen unter Bestandsgebäuden eine große Rolle, die infolge des Tunnelvortriebs entstehen.

Die Einflüsse des Tunnelbaus auf Bestandsgebäude werden mithilfe von ständigen Bauwerksmessprogrammen überwacht. Beim Erreichen von bestimmten Setzungen wird mittels vorab installierte Verpressrohre eine Zementsuspension in den Baugrund injiziert. Es soll versucht werden, eine Hebungskurve analog zu der Senkungskurve zu erzeugen, um die aufgrund des Tunnelvortriebs, eingetreten Setzungen bestmöglich auszugleichen.

Das Soil-Fracturing-Verfahren ist bei allen Böden einsetzbar, die sich bis 60 bar Druck aufreißen und verpressen lassen. Zu diesen gehören Sande, Kiese, schluffige Sande und Schluffe.<sup>54</sup>

<sup>54</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 278 f.



**Abb. 2.21:** Verlauf der Injektionsstabilisierung im Boden (Quelle: Girmscheid [6, S. 279])

Der Ablauf einer Setzungsstabilisierungsinjektion während Untertagebauarbeiten kann wie folgt beschrieben werden:<sup>55</sup>

- 1. Messung: Hebungen und deren räumliche Verteilung müssen sorgfältig im Messtand registriert werden. Aufgründessen werden die Injektionsdrücke, -mengen und -verteilung angepasst.
- Erstinjektion: Durch die Erstinjektionen werden die Klüfte und Hohlräume gefüllt. Gleichzeitig wird der Boden homogenisiert und verdichtet. Die Erstinjektionen wird so lange durchgeführt, bis erste Hebungen gemessen werden. Spätere Folgeinjektionen rufen dann sofort Hebungen hervor.
- 2. Messung während des Tunnelvortriebs an den zu beobachtenden Objekten.
- Folgeinjektionen: Erreichen die Setzungen aufgrund der Vortriebsarbeiten eine bauwerk-spezifische Toleranzgrenze werden Folgeinjektionen durchgeführt. Aufgrund der bereits bestehenden Verspannung setzt die Hebung unmittelbar ein. Eine Fortführung der Folgeinjektionen kann über längere Zeiträume (bis zu einem Jahr) notwendig werden.

In Abb. 2.21 ist links der Zustand im Boden nach der Erstinjektion ersichtlich und rechts der Zustand im Boden nach der Folgeinjektion. Setzungstabilisierungsinjektionen und zugehörige Bohrungen können von folgenden Ausgangspunkten durchgeführt werden:

- Geländeoberfläche,
- Gebäudeinneren,
- Arbeitsgruben, Schächten und
- Hilfsstollen.

### 2.2.3.9 Ortsbrustinjektionen

Ortbrustinjektionen sollen die Ortbrust in zerklüftetem, nicht standfestem Gebirge und im Lockergestein stabilisieren. Der Grundgedanke ist, mithilfe der Injektionen die Klüfte bzw.

<sup>55</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 279

die Hohlräume im Lockergestein zu verkleben und dadurch die Standfestigkeit der Ortsbrust ausreichend – für die gewählte Vortriebsmethode – zu erhöhen.

Folgende Injektionsmaterialien sind besonders geeignet, wobei Spezialfälle davon abweichen können:<sup>56</sup>

- Zementsuspension und Feinmörtel,
- Chemische Injektionen auf Wasserglas-Basis und
- Kunstharzinjektionen.

Zementsuspension ist die günstigste und am einfachsten zu verarbeitende Variante. Diese hat jedoch den Nachteil, dass sie trotz Abbindebeschleuniger eine relativ lange Erhärtungszeit benötigt. Aktuell wird beobachtet, dass nun häufiger Polyurethanschaum, der relativ teuer ist, verwendet wird. Dieser hat den Vorteil, dass er sofort nach dem Austritt aus der Düse reagiert und sich nicht, wie eventuell Zementsuspensionen, in den Klüften verläuft. Unterstützende und ergänzende Maßnahmen bei Injektionen zur Ortsbruststabilisierung sind temporäre GFK-Anker, einzelne DSV-Säulen und Spritzbeton.<sup>56</sup>

### 2.2.3.10 Gefrierschirme

Gefrierschirme bzw. Bodenvereisung ist eine weitere vorausseilende Sicherungsmethode, die vor allem bei auftretendem Lockergestein in Verbindung mit Grundwasser zur Anwendung kommt. Grundsätzlich soll die Bodenvereisung die temporäre Tragfähigkeit des Bodens erhöhen und die Durchlässigkeit gleichermaßen reduzieren.

Eine Herstellung eines Gefrierschirms kann durch Bohrungen von der Oberfläche, von der Ortsbrust oder von einem Pilotstollen aus erfolgen. Eine schematische Darstellung wie die Bohrungen des Gefrierschirms angeordnet werden können, ist in Abb. 2.22 ersichtlich.<sup>57</sup>

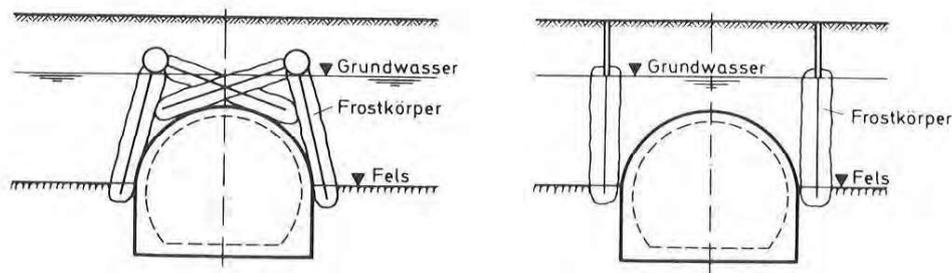


Abb. 2.22: Schema eines Gefrierschirms (Quelle: Adam [1, S. 101])

Für die Anwendbarkeit von Gefrierschirmen sind folgende Punkte essentiell:

- Abstand und Lagegenauigkeit der Gefrierrohre,
- Boden muss ausreichend Porenwasser enthalten,
- Die Strömungsgeschwindigkeit des Grundwassers muss gering sein.

<sup>56</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 273

<sup>57</sup>Vgl. [1] Adam, S. 100

Im innerstädtischen Tunnelbau ist einer Eislinnenbildung bei feinkörnigem Boden besondere Beachtung zu zeigen, denn diese kann zu Hebungen an der Geländeoberfläche führen. Die Herstellung und der Betrieb von Gefrierschirmen ist mit einem erheblichen baubetrieblichen Aufwand und Kosten verbunden, hat jedoch den großen Vorteil, dass durch diese temporäre Bauhilfsmaßnahme keine fremden Stoffe im Boden und ins Grundwasser gelangen und die hydrologischen Verhältnisse im Boden nicht dauerhaft beeinflusst werden.<sup>58</sup>

## 2.3 NÖT – Neue Österreichische Tunnelbau Methode

Das Kapitel 2.3 soll die Neue Österreichische Tunnelbaumethode (Abk. NÖT, NATM oder Spritzbetonbauweise) kurz beschreiben, um die Wirkungsweise der NÖT mit den Ausbruchsarten und Vortriebsmethoden in Verbindung bringen zu können.

*„Die Neue Österreichische Tunnelbaumethode ist ein Konzept, welches das Gebirge (Fels oder Boden) um den Hohlraum durch Aktivierung eines Gebirgstragrings zu einem tragenden Bauteil macht.“<sup>59</sup>*

Weiters führt Adam aus, dass die Sicherungsarbeiten (Spritzbeton, Anker, Injektionen, Tunnelbögen) nach dem Ausbruch rasch erfolgen müssen, um kritische Gebirgsentspannungen zu verhindern. Eine rasche Einbringung der Sicherungsmittel ist bei großen Tunnelquerschnitten nur begrenzt möglich, daher wird ein abschnittsweiser Ausbruch (siehe Kap. 2.1) bei großen Tunnelquerschnitten und schwierigen Untergrundverhältnissen durchgeführt. Die zu beachtenden Grundsätze sind:<sup>60</sup>

- Berücksichtigung des geomechanischen Gebirgsverhaltens
- Zeitgerechter Einbau von Stützmaßnahmen und Sohlschluss, um ungünstige Spannungszustände zu vermeiden und den Gebirgstragring zu aktivieren
- Optimierungen des Ausbauwiderstands (Dicke der Tübbinge oder des Spritzbetons) in Abhängigkeit der Verformungen
- Messtechnische Überwachung zur Kontrolle der Optimierung.

Die Grundsätze und Prinzipien der NÖT-Methode sind schon von Müller<sup>61</sup> erstmals verfasst worden und gliedern sich in 22 Punkte, die das Tunnelbaukonzept zusammenfassen. Diese 22 Grundsätze beinhalten die wesentlichen Charakteristika der NÖT-Methode, die zum Verständnis für den modernen Tunnelbau notwendig sind.

1. Das umliegende Gebirge ist das wesentlich tragende Bauteil des Tunnels.
2. Die ursprüngliche Gebirgsfestigkeit muss erhalten bleiben und darf somit nicht durch Massen- und Spannungsumlagerungen vermindert werden. Diese Forderung wirkt sich besonders auf die Ausbruchsmethode aus und beeinflusst die Entscheidung, ob Voll- oder Teilausbruch.
3. Auflockerungen des Gebirges müssen verhindert werden. Dieser Grundsatz beinhaltet die Forderung nach einem möglichst gebirgsschonenden Abbau z.B. TSM statt Sprengvortrieb und möglichst wenige Teilausbrüche, denn viele Teilausbrüche haben viele Spannungsumlagerungen zur Folge und lockern somit das Gebirge nur unnötig auf.

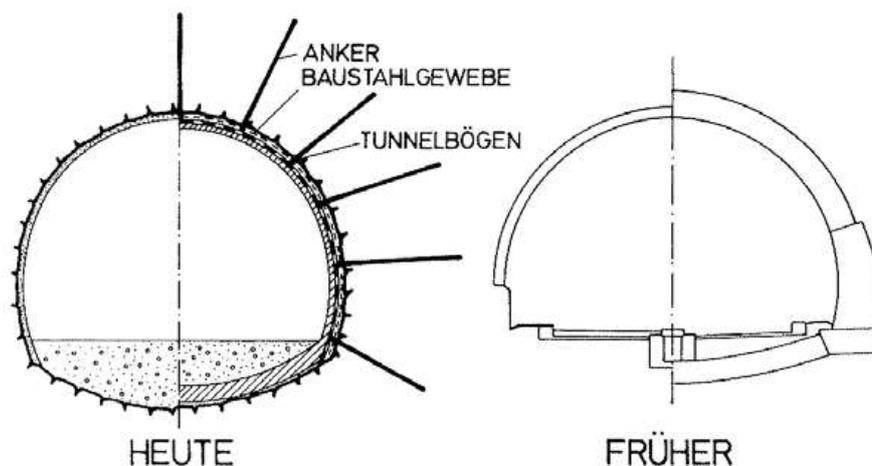
<sup>58</sup> Vgl. [1] Adam, S. 100

<sup>59</sup> Aus [1] Adam, S. 73

<sup>60</sup> Vgl. [1] Adam, S. 73

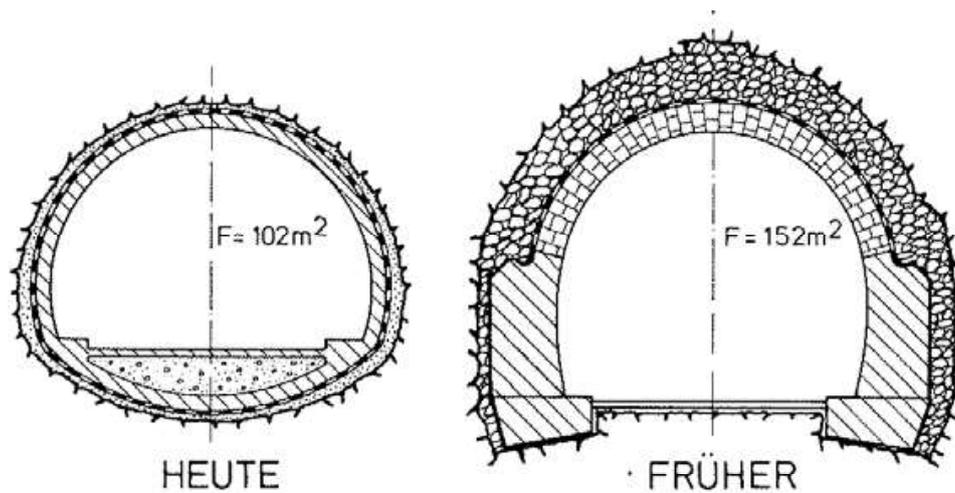
<sup>61</sup> [9] Mueller „Grundgedanken und Grundsätze der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise“

4. Die Ausführung der Innenschale darf nicht zu früh und nicht zu spät stattfinden. Ebenso darf der gewählte Ausbauwiderstand weder zu stark noch zu schwach dimensioniert sein. Wird der Ausbau zu früh ausgeführt, herrschen zu große Gebirgsdrücke und der Ausbauwiderstand muss stärker als notwendig gewählt werden. Ähnlich verhält es sich, wenn der Ausbau zu spät eingebaut wird, dann ist ebenso ein stärkerer Ausbauwiderstand notwendig.
5. In enger Verbindung bzw. Abhängigkeit mit dem Ausführungszeitpunkt des Ausbaus steht der spezifische Zeitfaktor des Gebirges, der im Zuge dessen berücksichtigt und eingeschätzt werden muss. Vorversuche im anstehenden Gebirge/Boden und Messung der Verschiebung, der Standzeit und der Verformungsgeschwindigkeit der Tunnelröhre müssen baubegleitend durchgeführt werden, um eine bessere Einschätzung des Zeitfaktors bzw. eine laufende Kontrolle zu erhalten. Die durchgeführten Konvergenz- und Verschiebungsmessungen dienen ebenso als Beurteilungsmethode für die Sicherheit der Stabilisierung des Gesamtsystems. Daraus können Verstärkungen bzw. Abminderungen des Ausbauwiderstands abgeleitet werden.
6. Die Sicherung ist kraftschlüssig mit dem Gebirge auszubilden. Die Kombination von Anker, Tunnelbögen, Bewehrungsnetzen und Spritzbeton bilden eine Gebirgsversiegelung, die aber nicht als Gebirgstragring wirkt. Als Gebirgstragring wirkt die angesprochene Sicherung in Verbindung mit dem Ausbau und dem durch die Sicherung aktivierten Gebirge.



**Abb. 2.23:** Verstärkungen der Innenschale: Unterschied Heute–Früher (Quelle: Adam [1, S. 79])

7. Verbau (Außenschale) und Innenausbau sind möglichst dünnwandig (daher biegeschlaff) auszuführen, weil so die Aufnahme von Biegemomenten und weiters Biegebrüchen minimiert werden. Eine Verstärkung der Innen- bzw. Außenschale wird nicht durch eine Verstärkung erzielt, sondern durch Bewehrungsnetze, Tunnelbögen und Anker.
8. Die Tunnelröhre wird statisch als ein dickwandiges Rohr betrachtet. Die Wanddicke des Rohrs ergibt sich nicht nur aus Dicke der Spritzbeton- und Innenschale, sondern es kommt der durch die Sicherung aktivierte, umgebende Gebirgstragring hinzu. Da ein Rohr nur als solches wirkt, wenn es geschlossen ist, kommt einem zeitnahen Sohlschluss besondere Bedeutung zu. Eine zeitnahe Ringschlusszeit wird dadurch sichergestellt, dass ein weit vorausseilender Kalottenvortrieb nicht ausgeführt wird.



**Abb. 2.24:** Verbau und Innenausbau: Unterschied Heute–Früher (Quelle: Adam [1, S. 79])

9. Das Gesamtsystem Gebirge plus Schale soll bereits nach dem Verbau (Spritzbeton, Anker, Tunnelbögen, Bewehrungsnetze) stabilisiert sein (Sicherheitsfaktor 1,0). Der Innenausbau soll somit nur zur Erhöhung der Sicherheit dienen.

Die 22 Grundsätze von Müller<sup>62</sup> zur NÖT-Methode sind in *Studienblätter zu der Vorlesung Fels- und Tunnelbau - 3. Tunnelbau im Festgestein und Lockergestein*<sup>63</sup> ausführlich nachzulesen und wurde hier in den 9 Punkten gekürzt dargestellt. In den Kapiteln 2.1 und 2.2 sind die eben genannten Grundsätze wiederzufinden und spiegeln die Ansätze, die Müller bereits vor rund 40 Jahren geäußert hat, wider.

<sup>62</sup>[9] Müller „Grundgedanken und Grundsätze der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise“

<sup>63</sup>[1] Adam, S. 76 ff.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

## Kapitel 3

# Normengrundlage für den Tunnelbau in Österreich

Die ÖNORM B 2203 besteht aus zwei Teilen, diese sind:

- Teil 1: Zyklischer Vortrieb (i.F. ÖNORM B 2203-1)<sup>64</sup>
- Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb mit Tunnelvortriebsmaschinen (i.F. ÖNORM B 2203-2)<sup>65</sup>

Die ÖNORM B 2203-1 und die ÖNORM B 2203-2 enthalten für den Untertagebau Verfahrensbestimmungen als Ergänzung zur ÖNORM A 2050<sup>66</sup>. In diesen Ergänzungen finden sich insbesondere Hinweise für die Ausschreibung und die Erstellung von Angeboten. Diese Ergänzungen zu Ausschreibung und Angebot sind nicht dazu bestimmt, Vertragsinhalt zu werden.

Die ÖNORM B 2203-1 und ÖNORM B 2203-2 enthalten allerdings auch besondere Vertragsbestimmungen, die gemeinsam mit der ÖNORM B 2110<sup>67</sup> die Rechte und Pflichten der Auftraggeber und der Auftragnehmer regeln. Diese ergänzenden Vertragsbestimmungen sind dazu bestimmt, Vertragsinhalt zu werden.

Der Anwendungsbereich der Norm, somit die Verfahrens- und Vertragsbestimmungen, ist auf die Ausführung von Untertagebauarbeiten im zyklischen und kontinuierlichen Vortrieb beschränkt, wobei die Hohlräume zum Zweck des Ausbruchs und des Ausbaus begehbar bzw. befahrbar sein müssen. Die ÖNORM B 2203 gilt nicht für die Leistungen eines Pressvortriebs oder für in offener Bauweise hergestellte Hohlräume.

Obwohl für den Tunnelbau weitaus mehr Werkvertragsnormen von Bedeutung sind, wird folglich nur die Werkvertragsnorm B 2203-1/2 behandelt und erläutert. Die folgenden Kapitel gliedern sich in die zwei Teile der ÖNORM B 2203 für zyklischen und kontinuierlichen Vortrieb. Dabei wird auf die ausschlaggebenden Bestimmungen für ein Flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell eingegangen.

### **EXKURS – Die Rolle von ÖNORMEN im Bauvertrag<sup>68</sup>**

ÖNORMEN spielen im Bauwesen eine große Rolle und regeln technische Aspekte, Bemessungen, Ausführungen, Verfahrensabläufe, aber auch Vertragsbestimmungen. Normen, die das Zustandekommen und die Abwicklung von Bauverträgen festlegen, werden als Verdingungsnormen bezeichnet. Verdingungsnormen werden unterschieden in Verfahrensnormen und Vertragsnormen. Verfahrensnormen regeln das Zustandekommen des Bauvertrages, wohingegen Vertragsnormen dessen Abwicklung regeln. Folglich werden nur Vertragsnormen Inhalt des Bauvertrages, nicht aber Verfahrensnorm.

---

<sup>64</sup>[16] ÖNORM B 2203-1:2001 12 01

<sup>65</sup>[17] ÖNORM B 2203-2:2005 01 01

<sup>66</sup>[13] ÖNORM A 2050:2006 11 01

<sup>67</sup>[15] ÖNORM B 2110:2013 03 15

<sup>68</sup>Vgl. [8] Kropik, S. 26

Wichtige bauvertragsrelevante Verfahrensnormen sind:

- ÖNORM A 2050 Vergabe von Aufträgen über Leistungen
- ÖNORM B 2061 Preisermittlungen für Bauleistungen

Wichtige bauvertragsrelevante Vertragsnormen sind:

- ÖNORM B 2110 Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen
- ÖNORM B 2111 Umrechnung veränderlicher Preise von Bauleistungen
- die Normen der Serie ÖNORM B 22xx, die sich mit technischen, wirtschaftlichen und rechtlichen Aspekte der Bauausführung befassen.

### 3.1 ÖN B 2203: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 1: Zyklischer Vortrieb

Die ÖNORM B 2203-1 regelt Verfahrens- und Vertragsbestimmungen für Untertagebauarbeiten im Zyklischen Vortrieb.

Im Folgenden werden die spezifischen Verfahrensbestimmungen und die zur ÖNORM B 2110 ergänzenden Vertragsbestimmungen kurz erläutert. Die Verfahrens- und Vertragsbestimmungen haben wesentlichen Einfluss auf die Ausschreibungs- und Vergütungssystematik. Anschließend erfolgt die Beschreibung des zugrundeliegenden Modells. Dabei werden die Schritte der ÖGG-Richtlinie für geotechnische Planung von Untertagebauarbeiten im Zyklischen Vortrieb (i.F. ÖGG-Richtlinie) zur Erklärung herangezogen und in weiterer Folge wird die Vortriebsklassifikation anhand der ersten und zweiten Ordnungszahl erläutert.

Auf Basis der folgenden Ausführungen zu den Verfahrens- und Vertragsbestimmungen, der Modellbeschreibung, der ÖGG-Richtlinie und der Vorgehensweise bei der Vortriebsklassifikation in Planungs- und Ausführungsphase wird im Kapitel 4 die Systematik für Ausschreibung, Abrechnung und Vergütung für ein Flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell beschrieben.

#### 3.1.1 Verfahrensbestimmungen

Die Verfahrensbestimmungen der ÖNORM B 2203-1 gliedern sich in die Unterpunkte:

- Allgemeines
- Hinweise für die Ausschreibung und für die Erstellung von Angeboten
- Weitere Hinweise für die Erstellung von Ausschreibungsunterlagen
- Bauseits (vom Auftraggeber) zu erbringende Leistungen
- Tunnelbautechnischer Sachverständiger (TSV)
- Dokumentationen

Die Unterpunkte von **P 4.2** Hinweise für die Ausschreibung und für die Erstellung von Angeboten und **P 4.3** Weitere Hinweise für die Erstellung von Ausschreibungsunterlagen der ÖNORM B 2203-1 legen die Voraussetzungen für die Ausschreibung von Leistungen fest.

**P 4.2.1 Allgemeines** regelt zu Beginn, dass die Leistungen in Beschreibung und Ausmaß lückenlos zu erfassen sind und nur Leistungen gleicher Art und Preisbildung gegliedert zusammengefasst werden sollen. Weiters sollen umfangreiche Leistungsverzeichnisse in größere Abschnitte

unterteilt werden, wobei eine jeweilige allgemeine Beschreibung voranzustellen ist. In Ergänzung zur ÖNORM B 2110 sind zum einen weitere allgemeine Angaben zu machen, aber auch Angaben zu:

- Gebirgscharakterisierung auf Basis der ÖGG-Richtlinie
- Prognose mit Verteilung, Bandbreiten und örtlicher Zuordnung von Gebirgsarten, Gebirgsverhalten, Vortriebsklassen, Wasserführung im Gebirge, Wasserdrücke, Wasserchemismus, außergewöhnliche Wassertemperatur, Erschwernisklassen und dazugehörige Wasserspenden, Einwirkung des Wassers auf den geplanten Ausbau, Gasaustritte aus dem Gebirge, Verformungsmaß, Verwertbarkeit des Ausbruchsmaterials und außergewöhnliche Gebirgstemperatur,
- Projektbeschreibung inklusive Angriffsstellen, Fensterstollen Anfahrtsschächte, Baulose, Baulosgrenzen, Bautermine, Hindernisse unter und über Tag, Angaben zum Bauablauf, Baulosübergreifende Auswirkungen, Angaben zum geotechnischen Sicherheitsmanagement, Angaben zu besonderen technischen Erfordernissen
- Festlegungen von bautechnischen Maßnahmen lt. ÖGG-Richtlinie

**P 4.3 Weitere Hinweise für den Aufbau von Ausschreibungsunterlagen** geht bezüglich Positionen im Leistungsverzeichnis für bestimmte Leistungen näher ins Detail. Es sollen für folgende Leistungen erforderlichenfalls eigene Positionen vorgesehen werden:

- Zeitgebundene Kosten und Gerätekosten der Baustelle
- Verschiedene Vortriebsklassen
- Ausbruch
- Leistungen in Verbindung mit alternativen Modellen zur Vortriebsklassifizierung und Abrechnung
- Mehrausbruch
- Bergwasser
- Stützmaßnahmen
- Abdichtungsarbeiten
- Innenschalenarbeiten
- Spritzbeton
- Ortbeton
- Geotechnische Messungen
- Sondermaßnahmen
- Weitere Positionen
- Leistungen in Verbindung mit Vereinfachte Abrechnungsregeln
- Bestandsunterlagen

### Zeitgebundene Kosten und Gerätekosten der Baustelle

**P 4.3.1** regelt die Positionen des Leistungsverzeichnisses in Verbindung mit zeitgebundenen Kosten der Baustelle und Gerätekosten der Baustelle. Sofern nicht vereinfachte Abrechnungsregeln zur Anwendung kommen, sind eigene Positionen für eben genannte Kosten, vorzusehen. Eine detaillierte Unterteilung bei großer Längserstreckung der Bauarbeiten soll entsprechend dem Ablauf erfolgen. Eine exemplarische Unterteilung lt. ÖNORM B 2203-1 sieht folgende Positionen vor:

1. Baubeginn bis Vortriebsbeginn
2. Vortrieb
3. Aufzählung auf Vortrieb bei gleichzeitiger Herstellung der Innenschale
4. Herstellung der Innenschale nach vertraglichem Vortriebsende
5. Arbeiten nach dem Herstellen der Innenschale.

Wenn möglich, sollen für die Ziffern 1, 5 und wenn projektspezifisch möglich auch für Ziffer 4 Festzeiten festgelegt werden. Für diese Positionen kann eine Pauschale ausgeschrieben werden. In enger Verbindung mit einer detaillierten Teilung der Positionen steht die Beschreibung des Bauablaufs, die der Ermittlung der Baudauer zugrunde liegt. Für die Positionen in Verbindung mit Vortriebsarbeiten ist die Dauer variabel anzusetzen. Die Angabe erfolgt in Verrechnungseinheiten. Vom Bieter sind für den zeitbestimmenden Arbeitsvorgang des Vortriebs Angaben zur Vortriebsgeschwindigkeit, getrennt nach Vortriebsklassen, zu fordern bzw. in der Ausschreibung Bieterangaben vorzusehen. Die Zahl der zu berücksichtigenden Verrechnungseinheiten ergibt sich aus Bieterangaben bezüglich Vortriebsgeschwindigkeiten, Vortriebsunterbrechungen, Vortriebs-Stilliegezeiten, Erschwerniszeiten und sonstige Festzeiten. Zusätzlich kann der AG einen Bandbreite von minimalen und maximale Vortriebsgeschwindigkeiten je Vortriebsklasse in der Ausschreibung vorsehen. Zusätzlich sind die Einflüsse aufgrund von Abweichungen zwischen der tatsächlichen und der vertraglichen Stützmittelsumme und folglich eine Änderung der vertraglich geschuldeten Vortriebsdauer, anzugeben. Ebenso kann vom AG eine maximale Vortriebsgeschwindigkeit aufgrund der geomechanischen Randbedingungen erforderlich werden. Wird für die Ziffer 3, die Herstellung der Innenschale, eine variable Zeit vorgesehen, so sind vom Bieter Angaben über die Betoniergeschwindigkeit anzugeben und der Betonierbeginn ist eindeutig festzulegen.

Für Sondermaßnahmen<sup>69</sup> und zusätzliche Sicherungsmaßnahmen mittels Düsenstrahlverfahren, Rohrschirme oder Gefrierschirme sind unbedingt eigene Positionen vorzusehen. Die eben dargelegten Festlegungen bezüglich zeitgebundenen Kosten und Gerätekosten der Baustelle stellen die Grundlage für ein Flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell dar.

### Vortriebsklassen

Eine Einteilung in Vortriebsklassen wird in **P 4.3.2** näher erläutert. Im ersten Schritt sind bei den Ausbruchsarbeiten die technisch erforderlichen Lösemethoden (Sprengen, mechanisches Lösen mittels Bagger, Ripper, Teilschnittmaschine), Unterteilung der Teilquerschnitte und Längsentwicklung des Vortriebsablaufs anzugeben. Im nächsten Schritt ist der Vortrieb in Vortriebsklassen zu unterteilen. Die Einteilung der Vortriebsklassen basiert auf einer Vortriebsklassenmatrix.

Die Einteilung ist – kurz gehalten – folgenderweise vorzunehmen:

<sup>69</sup>Maßnahme, welche in Ausnahmefällen erforderlich ist und mit den im Regelfall im Tunnelvortrieb vorhandenen Geräten nicht ausgeführt werden kann.

- Der Ausbruch der Kalotte, der Strosse oder des Querschnitts von Kalotte mit Strosse werden nach dem Abschlagslängenbereich unterteilt. Daraus ergibt sich die 1. Ordnungszahl.
- Der Ausbruch der Sohle wird nach dem Öffnungslängenbereich unterteilt.
- Die Stützmaßnahmen der Kalotte, der Strosse oder des Querschnitts von Kalotte mit Strosse werden gemäß Tabelle 3 ÖNORM B 2203-1<sup>70</sup> bewertet und die Stützmittelzahl als 2. Ordnungszahl errechnet. Die Größe des Gültigkeitsbereiches der zweiten Ordnungszahl ist in den Grenzen der Tabelle 4 ÖNORM B 2203-1<sup>71</sup> festzulegen.
- Bei der Sohle bestimmt die Ausbauart die 2. Ordnungszahl.

Eine genaue Behandlung der Vortriebsklasseneinteilung und die Vorgehensweise erfolgt im nächsten Kapitel 3.1.3.

Zusätzlich zu der Einteilung des Vortriebs in Vortriebsklasse sind die Stützmittel, einschließlich der Vorausstützung, der Ortsbruststützung und der Zusatzmaßnahmen<sup>72</sup> für jede Vortriebsklasse nach Art und Menge sowie nach Ort und Zeitpunkt des Einbaus gesondert anzugeben. Die Festlegung der Stützmaßnahmen erfolgt für die Obergrenze des jeweiligen Abschlagslängenbereichs und die Kalkulation innerhalb des Abschlagslängenbereichs wird dem AN freigestellt.

#### Positionen für den Ausbruch

In **P 4.3.3** werden die definitiven Positionen des Ausbruchs für Kalotte und Strosse erläutert bzw. festgelegt, welche Festlegungen vorzusehen sind. Für die Position des Ausbruchs stellt die Norm zwei Möglichkeiten zur Auswahl. Variante 1 ist eine Position je Vortriebsklasse nach Tabelle 1 der ÖNORM B 2203-1<sup>73</sup>, unterteilt in Lohn und Sonstiges und mit dem Vordersatz  $m^3$ . Die zweite Variante bietet die Möglichkeit, eine Position für die Lohnkosten der Vortriebsmannschaften je Zeiteinheit auszuschreiben. Der Vordersatz wird errechnet mittels der angebotenen Vortriebsgeschwindigkeiten und der ausgeschriebenen Vortriebsklassenverteilung (analog P 4.3.1 für die zeitgebundenen Kosten). Zusätzlich ist für den nicht zeitgebundenen Anteil Sonstiges eine Position je Abschlagslängenbereich (1. Ordnungszahl) mit der Einheit  $m^3$  vorzusehen.

Für die Sohle ist der Ausbruch in  $m^3$  oder in Meter Sohle je Vortriebsklasse auszuschreiben.<sup>73</sup> Nischen bis zu maximal  $50 m^3$ , die außerhalb des Vortriebsbereiches ausgebrochen werden, sind Positionen nach Stück auszuschreiben. Für Nischen, die im Vortriebsbereich ausgebrochen werden, gelten die Positionen des Regelvortriebs und zusätzlich ist eine Aufzahlungsposition für die Erschwernisse der Ausbruchssituation festzulegen.

#### Alternative Modelle zur Vortriebsklassifizierung

**P 4.3.4** beschreibt alternative Modelle zur Vortriebsklassifizierung und Abrechnung. Wenn vom Auftraggeber als zweckmäßig erachtet, können von der Klassifizierung nach 2. Ordnungszahl abweichende Abrechnungsmodelle angewendet werden. In den Abrechnungsmodellen sind die Auswirkungen für Änderungen im Vortriebsverlauf bezüglich Menge bzw. Art der Stützmittel in einer Art zu regeln, die gleichwertig zum Matrixmodell sind. Weiters werden folgende Grundsätze angeführt, die einzuhalten sind:

- Die vertragliche Bauzeit ist variabel und von den getroffenen Ausbaufestlegungen abhängig.

<sup>70</sup>Vgl. [16] ÖNORM B 2203-1:2001 12 01, S. 13

<sup>71</sup>Vgl. [16] ÖNORM B 2203-1:2001 12 01, S. 14

<sup>72</sup>Zusatzmaßnahmen, sind über eine Regelmaßnahme hinausgehende Maßnahme, für der Ausführung keine zusätzlichen Geräte oder Einrichtungen erforderlich sind.

<sup>73</sup>Vgl. [16] ÖNORM B 2203-1:2001 12 01, S. 12

- Es sind Basisvortriebe<sup>74</sup> für geotechnisch gleichartige Bereiche festzulegen. Für diese Bereiche sind vom Bieter Vortriebsgeschwindigkeiten abzufragen, welche Vertragsbestandteil werden. Für den Fall, dass für gleiche Abschlagslängen unterschiedliche Basisvortriebe ausgeschrieben werden, sind eindeutige Unterscheidungskriterien festzulegen.
- Es ist festzulegen, wie die Abweichungen aufgrund der vor Ort angetroffenen Verhältnisse der Mengen für Ausbruch und Stützung (gegenüber den Basisvortrieben) die vertragliche (abrechenbare) Vortriebsdauer verändern. Jedenfalls bleiben die Einheitspreise für Ausbruch und Stützung unbeeinflusst, wenn keine Änderung der Art der Leistung oder der Umstände der Leistungserbringung aufgrund der Abweichungen vorliegt.
- Der quantitative Einfluss dieser Abweichungen auf Abrechnung und Bauzeitermittlung basiert auf den im Angebot angegebenen Angaben (Kalkulationsansätze oder ausdrücklich angefragte Bieterangaben). Vom Ausschreibenden können für geforderte Bieterangaben Ober- bzw. Unterschranken angegeben werden. Die mathematische Verknüpfung zwischen Mengenänderungen und Bauzeitfortschreibung ist in einem mathematischen Modell festzuhalten und in einem Beispiel zu beschreiben.
- Der Bieter hat mit den Inhalten der Ausschreibung (Mengengerüst und Zeitangaben des Ausschreibenden) die Bauzeit selbst zu errechnen. Die angebotene, errechnete Bauzeit unterliegt, so wie sämtliche Bieterangaben, dem Wettbewerb.

### Mehrausbruch

**P 4.3.5** Mehrausbruch beschreibt wie mit Mehrausbrüchen umzugehen ist und welche Angaben bereits in den Ausschreibungsunterlagen enthalten sein müssen.  $\ddot{u}_m$  beschreibt das zu erwartende Übermaß je Vortriebsklasse und muss vom Ausschreibenden in den Ausschreibungsunterlagen angegeben werden. Zusätzlich ist vom Ausschreibenden die Grenzfläche  $A^{75}$  für Kalotte und Strosse bekannt zu geben und das Übermaß  $\ddot{u}_p$ . Innerhalb der Grenzfläche und des Übermaßes  $\ddot{u}_p$  ist keine gesonderte Vergütung für Mehrausbruch erforderlich. Für Mehrausbruch bergseitig der Grenzfläche  $A$  sind eigene Positionen für das Schuttern und Abtransportieren im Leistungsverzeichnis anzuführen und es sind projektspezifische Festlegungen über die Auswirkungen auf zeitgebundene Kosten zu treffen.

### Bergwasser

**P 4.3.6 Bergwasser** beschreibt Festlegungen in der Ausschreibung, die aufgrund von Zutritt von Bergwasser, folglich Wassererschwernisse und Vortriebsverzögerungen, erforderlich sind. Die auftretenden Erschwernisse werden durch zusätzliche Vortriebszeiten abgegolten, die anhand von Abminderungsfaktoren ermittelt werden. In der Ausschreibung sind projektspezifische Wassererschwernisklassen getrennt nach steigendem und fallendem Vortrieb festzulegen und die voraussichtlichen Eintrittstage der Wassererschwernisse anzugeben. Zusätzlich sind Ober- und Untergrenzen der Wasserspenden festzulegen, innerhalb dieser die Erschwernisse in den Einheitspreisen für Ausbruch vergütet werden. Auf Basis dieser Ausschreibungsfestlegungen hat der AN einen Abminderungsfaktor (Bieterangabe) anzugeben. Aufgrund der vom Bieter angegebenen Vortriebsgeschwindigkeit und der Abminderungsfaktoren für Wassererschwernisse ergeben sich zusätzliche Vortriebszeiten, die dem AN zur Verfügung stehen.

<sup>74</sup>Vortriebsposition in m mit einer definierten Mindestmenge an Stützmitteln und Zusatzmaßnahmen

<sup>75</sup>Vgl. [16] ÖNORM B 2203-1:2001 12 01, S. 16

### Stützmaßnahmen

**P 4.3.7 Stützmaßnahmen** beschreibt, dass für Stützmaßnahmen eigene Leistungspositionen, unabhängig der Vortriebsklasse, auszuschreiben sind. Zusätzlich sind für den Einbau von Stützmitteln außerhalb des Vortriebsbereichs<sup>76</sup> Aufzählungspositionen vorzusehen.

### Weitere Festlegungen bezüglich Positionen

**P 4.3.8**, **P 4.3.9** und **P 4.3.10** beschreiben Festlegungen zu Abdichtungsarbeiten, Innenschalenarbeiten und geotechnischen Messungen.

In **P 4.3.11** werden die erforderlichen Positionen für Sondermaßnahmen beschrieben, welche z.B. Düsenstrahlverfahren, Rohrschirme, systematische Injektionen, Druckluftarbeiten und Gefrierverfahren sind. Für diese Maßnahmen sind entsprechende Positionen für Einrichtung, Bereithalten auf der Baustelle, Leistung, Vorhaltung während der Leistung und Räumung vorzusehen. In den Positionen sind spezielle projektspezifische Angaben über Sondermaßnahmen zu machen.

**P 4.3.12** beschreibt zusätzliche Positionen, die für Bohrungen zur Vermeidung von Wasserdrücken, Messungen von Quellenspenden, sicherheitstechnische Maßnahmen, Beweissicherung, Entsorgung von Materialien und für Vortriebs-Stillliegezeiten notwendig werden.

## 3.1.2 Vertragsbestimmungen

Die Vertragsbestimmungen der ÖNORM B 2203-1 beinhalten allgemeine Bestimmungen für Material, Ausführung, Nebenleistungen, Aufmaß und Abrechnung und Gewährleistung. Im Hinblick auf ein flexibles Bauzeitmodell sind besonders die Vertragsbestimmungen für Aufmaß und Abrechnung (P 5.5<sup>77</sup>) interessant.

### Baustellengemeinkosten

**P 5.5.2** regelt die Ausmaßfeststellung für zeitgebundene Baustellengemeinkosten und Gerätekosten, Vortriebsunterbrechungen, Vortriebsklassen, Ausbruchsarbeiten, Stützmaßnahmen, Entwässerungsarbeiten, Abdichtungsarbeiten und Innenschalenarbeiten. Die Abrechnung von zeitgebundenen Baustellengemeinkosten und Gerätekosten erfolgt nach Zeit in Monaten oder Verrechnungseinheiten. Die Abrechnungsmenge ergibt sich aus dem vereinbarten Bauablauf und der vertraglichen Vortriebsdauer. Im Zuge der Aufmaßfeststellung sind die tatsächlichen Vortriebsklassen, die anerkannten Stillliegezeiten, Vortriebsunterbrechungen und sonstige Festzeiten zu berücksichtigen. Der Mehrausbruch zur Einhaltung des Übermaßes  $\ddot{u}_m$  beeinflusst zusätzlich die Vortriebsgeschwindigkeit und somit ebenso die zeitgebundenen Kosten der Baustelle. Wenn, das tatsächlich ausgeführte Übermaß  $\ddot{u}_m$  3% über oder unter dem Wert der Prognose liegt, wird die Vortriebsgeschwindigkeit im Verhältnis der Ausbruchsflächen angepasst.

### Vortriebsunterbrechungen

Für Vortriebsunterbrechungen, die eine Unterbrechung des Vortriebs verursachen oder Vortriebsarbeiten unter einer nicht vereinbarten Vortriebsklasse erzwingen, sind in der ÖNORM B 2203-1 spezielle Vorgehensweisen festgehalten. Die zeitgebundenen Baustellengemeinkosten dieser Vortriebsphase werden mit den entsprechenden LV-Positionen für die tatsächliche Einsatzdauer weiter vergütet. Die produktiven Lohnkosten der Vortriebsmannschaft werden über die erforderliche Einsatzdauer weiter vergütet (mit Ansätzen aus der Urkalkulation), sofern sie nicht aus anderen Positionen erlöst werden. Innerhalb von sieben Arbeitstagen sind zwischen AN und AG Vereinbarungen bezüglich Erhöhung und Verringerung des Einsatzes von vorhandenen

<sup>76</sup>Arbeitsbereich im jeweiligen Teilquerschnitt mit definierter Länge, in welcher die Ausbruchsarbeiten und die festgelegten Stützmaßnahmen durchzuführen sind [16] ÖNORM B 2203-1:2001 12 01, S. 8

<sup>77</sup>Vgl. [16] ÖNORM B 2203-1:2001 12 01, S. 28

Ressourcen festzulegen. Zeitgebundene Kosten der Baustelle, Gerätekosten und produktive Lohnkosten sind den Umständen der Vortriebsunterbrechung entsprechend anzupassen. Dies kann über Erhöhungs- oder Abminderungsfaktoren bzw. Abrechnungsvereinbarungen erzielt werden. Zusätzlich wird die zur Wiederaufnahme des Vortriebs benötigte Bauzeit der vertraglichen Vortriebsdauer zugerechnet.

### Ausbruchsarbeiten

Die Ausbruchsarbeiten sind in die ausgeschriebene Vortriebsklassenmatrix einzuordnen. Dabei ergibt sich die 1. Ordnungszahl zufolge der Abschlagslänge und die 2. Ordnungszahl durch die Festlegung des Umfangs und die Art der Stützmittel. Bei dieser Ausmaßfeststellung sind alle in den festgelegten Querschnitt eingebauten Stützmittel, außer Ortsbrustanker und außerhalb des Vortriebsbereichs eingebauter Stützmittel, zu berücksichtigen.

Vorauselende Stützmittel sind auf jene Hohlraumlänge umzulegen, welche im Schutz des Stützmittels vorgetrieben wird. Liegt die 2. Ordnungszahl außerhalb des Geltungsbereichs von ausgeschriebenen Vortriebsklassen, dann können die Vortriebsgeschwindigkeit und Einheitspreise linear oder mithilfe eines quadratischen Polynoms fortgeschrieben werden.

Die Ausmaßfeststellung des plangemäßen Ausbruchs erfolgt entsprechend den Regelquerschnitten, den tatsächlichen Längenmaßen und den Ausbaufestlegungen. Der Mehrausbruch  $\ddot{u}_p$  hohlraumseitig der Grenzfläche A ist nicht festzustellen, da dieser mit den Einheitspreisen des Ausbruchs vergütet wird, jedoch wird der Mehrausbruch  $\ddot{u}_m$  für das Vorhalten des festgelegten Übermaßes in der Ausmaßfeststellung berücksichtigt. Die Ausmaße von Nachprofilierungsarbeiten sind für die Ausmaßfeststellung festzuhalten, wenn die tatsächlich festgestellten Verformungen größer sind als der Wert für das Übermaß  $\ddot{u}_m$ . War ein Mehrausbruch trotz sachgemäßer Arbeit unvermeidbar, so ist ein Mehrausbruch bergseitig der Grenzfläche A für die Ausmaßfeststellung zu berücksichtigen.

### Stützmaßnahmen

Bei Feststellung der Stützmaßnahmen wird unterschieden in Anker und Spieße, Spritzbeton, Bewehrung für Spritzbeton, Stahlbögen und Dielen. Anker und Spieße werden nach Stück, getrennt nach Art, Tragkraft und Länge in der Ausmaßfeststellung erfasst. Spritzbetonarbeiten hingegen werden nach plangemäßer Fläche und Dicke aufgemessen. Spritzbeton zum Verfüllen von Hohlräumen bergseitig der Grenzfläche B werden in  $m^3$  festgestellt. Die Länge der Stahlbögen erfolgt nach Linie 1a<sup>78</sup>. Das Ausmaß der Dielen wird nach der eingebauten Dielenfläche festgestellt.

### Weitere Ausmaß- und Abrechnungsfestlegungen

Weiters werden in P 5.5 noch Abrechnungs- und Ausmaßfestlegungen bezüglich Entwässerungsarbeiten, Abdichtungsarbeiten und Innenschalenarbeiten getroffen.

### 3.1.3 Modellbeschreibung

Bei der Anwendung der ÖNORM B 2203-1 ist es wichtig, das zugrundeliegende Modell zu kennen. Die Richtlinie für die geomechanische Planung von Untertagebauarbeiten mit zyklischem Vortrieb der österreichischen Gesellschaft für Geomechanik stellt ergänzende Verfahrensbestimmungen für die ÖNORM B 2203-1 dar und beschreibt die Systematik der Vorgehensweise.

#### Phasen 1 und 2 nach ÖGG Richtlinie

Die geomechanische Planung wird zufolge der ÖGG-Richtlinie grob in eine Planungsphase und in eine Ausführungsphase unterteilt. Die Planungsphase stellt Phase 1 dar und ist folgendermaßen gegliedert:<sup>79</sup>

<sup>78</sup>Vgl. [16] ÖNORM B 2203-1:2001 12 01, S. 16

<sup>79</sup>Vgl. [22] Schlosser, S. 89 ff.

1. Im ersten Schritt der Planungsphase werden die geologischen Verhältnisse und im Speziellen die Gebirgsarten bestimmt.
2. Auf Basis der Erhebung der geologischen Verhältnisse und der Gebirgsarten wird das Gebirgsverhalten festgelegt und die Zuordnung zu Gebirgsverhaltenstypen getroffen. Ziel ist es, eine Zuordnung in projektspezifische Kategorien von Gebirgsverhaltenstypen (ohne Einfluss auf Baumaßnahmen) zu erhalten.
3. Nach Bestimmung der Gebirgsart und des Gebirgsverhaltens wird ein tunnelbautechnisches Konzept erstellt. Im tunnelbautechnischen Konzept werden für eine charakteristische Situation, abgeleitet aus der Gebirgsart und Gebirgsverhalten, die Ausbruchmethode, Querschnittunterteilung, Sicherungs- und Bauhilfsmaßnahmen gewählt.
4. Basierend auf dem tunnelbautechnischen Konzept (Ausbruchmethode, Sicherungsmaßnahmen etc.) wird das Systemverhalten im Vortriebsbereich abgeschätzt.
5. Daraufhin erfolgt die Detailfestlegung der bautechnischen Maßnahmen und die Ermittlung des Systemverhaltens im gesicherten Bereich.
6. Die Schritte 1 bis 5 bilden die Grundlage für die Erstellung des tunnelbautechnischen Rahmenplans. Es erfolgt eine Abgrenzung von bautechnisch gleichartigen Vortriebsbereichen und es werden Angaben bezüglich Ausbruch und Stützung getroffen sowie die Grenzen und Kriterien von möglichen Anpassungen der bautechnischen Maßnahmen.
7. Anschließend erfolgt die Ermittlung der Vortriebsklassen, welche sich aus den Baumaßnahmen ergeben und die Basis für die Vergütungsregeln in den Ausschreibungsunterlagen darstellen.

Somit ist das Ziel der Phase 1 eine prognostizierte Verteilung der Vortriebsklassen inklusive eine Abschätzung der möglichen Vortriebsgeschwindigkeit zu erhalten, um eine qualifizierte Mengenermittlung für das Leistungsverzeichnis der Ausschreibung und eine Bauzeitprognose zu erhalten.

Phase 2 findet während der Bauausführung, also dem Tunnelvortrieb statt. Da vor Baubeginn, während der Planungsphase (Phase 1), die Gebirgsverhältnisse nicht vollständig bekannt sind, erfolgt in der Regel eine Fortschreibung und Verfeinerung des geotechnischen Modells, sowie eine Anpassung der bautechnischen Maßnahmen.<sup>80</sup> Die bautechnischen Maßnahmen werden mittels Ausbau- bzw. Vortriebsfestlegungen auf Basis der angetroffenen Gebirgsverhältnisse abgestimmt. Die 4 Schritte in Phase 2-Bauausführung sind folgende:<sup>80</sup>

1. Bestimmung der aktuellen Gebirgsart und Prognose der Gebirgsverhältnisse
2. Abschätzung des Systemverhaltens im Ausbruchbereich
3. Festlegung von Ausbruch und Stützung (Ausbau- u. Vortriebsfestlegung) und Prognose des Systemverhaltens im gesicherten Bereich: Die Ausbau- und Vortriebsfestlegung müssen nach den im tunnelbautechnischen Rahmenplan festgelegten Kriterien erfolgen. Weichen die angetroffenen Gebirgsverhältnisse von jenen des Rahmenplans ab, so sind bautechnische Maßnahmen festzulegen, so dass in jeder Phase ein wirtschaftlicher und sicherer Vortrieb möglich ist.
4. Überprüfung des Systemverhaltens

<sup>80</sup>Vgl. [21] Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (Hrsg.), S. 20

### Klassifikation 1. und 2. Ordnungszahl

In weiterer Folge wird die Vorgangsweise der Klassifikation der 1. und 2. Ordnungszahl erläutert. Die Einteilung der Vortriebsklassen muss getrennt nach der Lösemethode (z.B. Sprengen, mechanisches Lösen durch Bagger oder Rippervortrieb) vorgenommen werden. Die festgelegte Ausbruchsart (Voll- oder Teilausbruch) bestimmt, ob es eine gemeinsame Vortriebsklasse für Kalotte und Strosse gibt (Vollausbruch – Kalotte und Strosse) oder eben nicht (Teilausbruch – Kalotte und Strosse getrennt). Die 1. Ordnungszahl wird für die Kalotte und/oder Strosse mithilfe des Abschlagslängenbereichs (9 genormte Bereiche, siehe Abb. 3.1) und für die Sohle mithilfe der Öffnungslänge (7 genormte Bereiche, siehe Abb. 3.2) ermittelt.

ERSTE ORDNUNGSZAH	ABSCHLAGSLÄNGE BIS		ZWEITE ORDNUNGSZAH											
	KALOTTE oder KALOTTE+ STROSSE	STROSSE	STÜTZMITTELZAH											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9			
1	keine Vorgabe	ist projektbezogen festzulegen												
2	4,0 m													
3	3,0 m													
4	2,2 m													
5	1,7 m													
6	1,3 m													
7	1,0 m													
8	0,8 m													
9	0,6 m													

Abb. 3.1: Vortriebsklassenmatrix für Kalotte und Strosse (Quelle: ÖNORM B 2203-1 [16, S. 12])

ERSTE ORDNUNGSZAHL	ÖFFNUNGS- LÄNGE BIS	ZWEITE ORDNUNGSZAHL			
		AUSBAUART			
		OFFENE SOHLE	SOHL- PLATTE	SOHL- GEWÖLBE MIT LÄNGSTEILUNG	SOHL- GEWÖLBE OHNE LÄNGSTEILUNG
		1	2	3	4
1	keine Vorgabe	1/1			
2	36,0 m		2/2		
3	24,0 m		3/2	3/3	
4	12,0 m				4/4
5	6,6 m				5/4
6	4,4 m				
7	2,2 m				

Abb. 3.2: Vortriebsklassenmatrix für Vortrieb der Sohle (Quelle: ÖNORM B 2203-1 [16, S. 12])

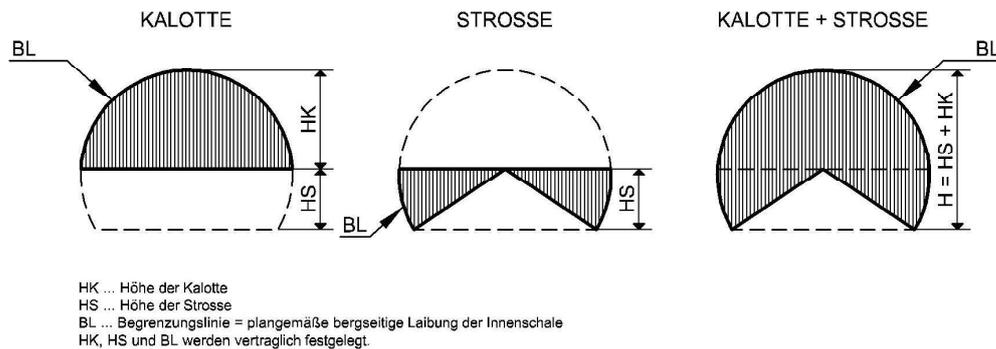
Abschlagslänge Kalotte bis	Maximaler Gel- tungsbereich für die zweite Ordnungszahl (Stützmittelzahl) Kalotte	Abschlagslänge Strosse bis	Maximaler Gel- tungsbereich für die zweite Ord- nungszahl (Stütz- mittelzahl) Strosse
Keine Vorgabe	± 0,35	Keine Vorgabe	± 0,45
4,0 m	± 0,35		
3,0 m	± 0,45	3,0 m	± 0,70
2,2 m	± 0,60		
1,7 m	± 0,80		
1,3 m	± 1,00	2,0 m	± 1,20
1,0 m	± 1,30		
0,8 m	± 1,60	1,0 m	± 2,10
0,6 m	± 2,10		

Abb. 3.3: Gültigkeitsbereich der 2. Ordnungszahl (Quelle: ÖNORM B 2203-1 [16, S. 14])

Anschließend werden die Stützmittel (Art und Menge), einschließlich Ortsbrust- und Voraussicherung, für jede zuvor ermittelte Vortriebsklasse angegeben (Tunnelbautechnischer Rahmenplan). Danach werden Querschnittunterteilungen vorgenommen (Teilausbruch) und können diese bau-

betrieblich unabhängig voneinander vorgetrieben werden, so sind die Stützmittel für jeden Teilquerschnitt getrennt voneinander anzugeben.

Die Angaben der Stützmittel beziehen sich auf den oberen Grenzwert des Abschlagslängenbereichs der Matrix (Abb. 3.1). Die Stützmittel werden gemäß Tabelle 3 der Norm<sup>81</sup> anhand von dimensionslosen Bewertungsfaktoren je Mengeneinheit numerisch bewertet. Die Zusammenrechnung aller angegebenen Stützmittel ergibt die bewertete Stützmaßnahmenmenge pro Tunnelmeter. Die Stützmaßnahmenmenge pro Tunnelmeter wird durch die Bewertungsfläche  $A_b$  dividiert und ergibt die 2. Ordnungszahl. Die Bewertungsfläche  $A_b$  ist in Abbildung 3.4 zu sehen. Es erfolgt eine getrennte Berechnung der Fläche, je nachdem ob im Voll- oder Teilausbruch vorgetrieben wird.



**Abb. 3.4:** Bewertungsfläche – schematische Darstellung (Quelle: ÖNORM B 2203-1 [16, S. 14])

Die 2. Ordnungszahl der Sohle wird hingegen mittels der Ausbauart (offene Sohle, Sohlplatte, Sohlgewölbe mit/ohne Längsteilung) der Sohle bestimmt und Bewertungsfaktoren kommen hier nicht zum Einsatz.

Somit kann zusammengefasst werden, dass die Angabe der 1. und 2. Ordnungszahl die Vortriebsklasse definiert. Der Schnittpunkt der 1. und 2. Ordnungszahl ergibt jedoch bloß einen Schnittpunkt in der Matrix. Ein punktförmiger Eintrag in die Matrix würde unendlich viele Vortriebsklassen ergeben, deswegen werden die Grenzen der 2. Ordnungszahl mit dem Gültigkeitsbereich nach Tabelle 4, dargestellt in Abb. 3.3 in der Norm definiert. Aufgrund des Gültigkeitsbereichs ergibt sich in der Matrix ein Feld, das geringfügige Änderungen der Abschlagslänge und beim Einbau der Stützmittel ermöglicht, ohne dass ein sofortiger Vortriebsklassenwechsel notwendig ist.<sup>82</sup>

Im Zuge der Ausführungsphase (Phase 2, ÖGG-Richtlinie) wird nun die tatsächliche Vortriebsklasse mithilfe von Ausbau- bzw. Vortriebsfestlegungen bestimmt. Dies erfolgt einvernehmlich zwischen AN und AG (ÖNORM B 2203-1 P. 5.3.3.1.2<sup>83</sup>), wobei der AG die Standsicherheit des Hohlraums betrachtet und der AN die Sicherheit aller Arbeitnehmer. Im Rahmen der Ausführung erfolgt somit eine zweifache Klassifikation des Vortriebs auf Basis des tatsächlichen Verhaltens des Gebirges, die in der Ausbaufestlegung dokumentiert wird. Stellen sich die prognostizierten Stützmittel aus Phase 1 als unzureichend heraus, so müssen die Stützmittel und eventuelle Zusatzmaßnahmen auf die aktuelle Situation angepasst werden. Bewirken die zusätzlich eingebauten Stützmittel im Vortriebsbereich eine Änderung der 2. Ordnungszahl, folgt eine Neuklassifikation der Vortriebsklasse. Eine Neuklassifikation der Vortriebsklasse wird notwendig, wenn der Gültigkeitsbereich (Abb. 3.3) der zweiten Ordnungszahl überschritten wird. Die Neuklassifikation

<sup>81</sup>Vgl. [16] ÖNORM B 2203-1:2001 12 01, S. 13

<sup>82</sup>Vgl. [22] Schlosser, S. 90 ff.

<sup>83</sup>Vgl. [16] ÖNORM B 2203-1:2001 12 01, S. 25

bewirkt eine Änderung der zur Abrechnung kommenden Einheitspreise und eine Änderung der Vortriebsleistung, diese schlägt sich wiederum in der Verlängerung oder Verkürzung der vertraglichen Bauzeit nieder.

Bislang wurde nur eine Änderung der 2. Ordnungszahl beschrieben. Eine Anpassung der Abschlagslänge aufgrund des tatsächlichen Gebirgsverhaltens führt innerhalb des genormten Bereichs zu keiner Änderung der Vortriebsklassifikation. Erst wenn die Abschlagslänge in einen anderen Abschlagslängenbereich, also eine andere 1. Ordnungszahl, fällt oder steigt, dann erfolgt eine systemimmanente, sprunghafte Änderung der Vergütung und der vertraglichen Bauzeit.<sup>84</sup>

### Zusammenfassung

Die maßgeblichen Gesteins- und Gebirgskennwerte fließen über die ÖGG Richtlinie (Gebirgsartenbestimmung und deren Charakterisierung in Gebirgsverhaltenstypen) in die Vortriebsklassifikation ein. Die Vortriebsklassifikation erfolgt über die Festlegung des Abschlagslängenbereichs und Bestimmung der Stützmaßnahmen bzw. Sohlausbart.

In der Planungs- und Ausschreibungsphase werden die Vortriebsklassifikationen im tunnelbautechnischen Rahmenplan festgelegt. Es erfolgt die erstmalige Vortriebsklassifikation für die Ausschreibung auf Basis des prognostizierten Gebirgsverhaltens. Während der Ausführungsphase erfolgt eine zweimalige Vortriebsklassifikation auf Basis der Ausbaufestlegungen, diese legen die Abschlagslänge und die erforderlichen Stützmaßnahmen vor Ort, aufgrund des tatsächlichen spezifischen Gebirgsverhaltens, fest. Weicht die zweimalige von der erstmaligen Vortriebsklassifikation ab, so kommt es zu einer Änderung der Vergütung und der vertraglichen Bauzeit.

## 3.2 ÖN B 2203: Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Maschinelles Vortrieb

Die ÖNORM B 2203-2 regelt Verfahrens- und Vertragsbestimmungen für Untertagebauarbeiten mit kontinuierlichem Vortrieb. Gleichmaßen wie im Kapitel 3.1 werden im Folgenden die spezifischen Verfahrensbestimmungen und die zur ÖNORM B 2110 ergänzenden Vertragsbestimmungen erläutert. Stimmen die Verfahrens- und Vertragsbestimmungen der ÖN B 2203-2 mit denen der ÖN B 2203-1 überein, so werden diese nicht mehr angeführt. Es soll nur auf die Bestimmungen eingegangen werden, die spezifisch für den kontinuierlichen Vortrieb sind. Die Beschreibung des zugrundeliegenden Modells für den kontinuierlichen Vortrieb, inklusive der Vorgangsweise in der ÖGG-Richtlinie für den maschinellen Vortrieb und die Beschreibung der Vortriebsklassifizierung wird analog wie in Kap. 3.1.3 behandelt.

### 3.2.1 Verfahrensbestimmungen

Die Verfahrensbestimmungen in **P 4.2.2.6** Technische Mindestanforderungen an das Vortriebsystem sind spezifisch für den kontinuierlichen Vortrieb. Im Rahmen der Ausschreibungsunterlagen sind vom AG, über die Vorgaben der ÖN B 2210 hinaus, weitere Angaben zu machen. Die Angaben für technische Mindestanforderungen des Vortriebsystems unterteilen sich weiter in:

- Angaben des Maschinentyps und maschinentechnische Mindestanforderungen,
- Mindestanforderungen bezüglich Einbauort der Stützmittel bzw. Tübbing und Sohlausbau,
- Mindestanforderungen für die Herstellung von Nischen, Querschlägen etc. und Mindestanforderungen für die geotechnischen Messungen.

<sup>84</sup>Vgl. [22] Schlosser, S. 147

Zusätzlich zu den technischen Anforderungen in **P 4.2.2.6**, die der AG in den Ausschreibungsunterlagen festlegen muss, sind in **P 4.2.2.7** erforderliche Bieterangaben zum Vortriebssystem angeführt, die der Bieter im Zuge des Angebots abzugeben hat. Es wird festgelegt, dass der Bieter sein Vortriebssystem in Form von Plänen, technischen Daten und einer Funktionsbeschreibung im Angebot darzulegen hat. Dabei ist zwingend nachzuweisen, dass das in P.4.2.2.6 beschriebene Vortriebssystem und alle Anforderungen erfüllt werden.

### Baustellengemeinkosten

**P 4.3.1** regelt die Positionen für Baustellengemeinkosten. Spezifisch für den kontinuierlichen Vortrieb ist die eigene Position für das Beistellen des Tunnelvortriebssystems pro Tunnelvortriebsmaschine. Diese Position soll als Pauschalabschreibung der Gerätekosten dienen, die nicht von der Bauzeit bzw. von allfälligen Erschwernissen abhängig ist. Dafür soll bereits in den Ausschreibungsunterlagen ein Zahlungsplan vorgesehen werden. Die Positionen für die zeitgebundenen Kosten und Gerätekosten der Baustelle sind entsprechend dem Bauablauf zu gliedern:

1. Baubeginn bis Vortriebsbeginn,
2. Vortrieb,
3. Aufzahlung auf Vortrieb bei gleichzeitiger Herstellung der Innenschale,
4. Herstellung der Innenschale nach vertraglichem Vortriebsende und
5. Arbeiten nach dem Fertigstellen des Vortriebes bzw. der Innenschale bei zweischaligem Ausbau.

Für die Positionen 1, 5 und wenn projektspezifisch möglich auch für Position 4 sind Festzeiten zu vereinbaren und über Pauschalen auszuschreiben. Für die Positionen 2, 3 und eventuell 4 sind variable Zeiten zu vereinbaren. Verrechnungseinheiten ergeben sich aus den vom Bieter angegebenen Vortriebsgeschwindigkeiten je Vortriebsklasse und der vom AG angegebenen Vortriebsklassenverteilung. Zu den Verrechnungseinheiten aus dem variablen Vortrieb kommen noch Verrechnungseinheiten aus Vortriebsunterbrechungen, Zusatzzeiten für Zusatzmaßnahmen, Sondermaßnahmen, allfällige Erschwerniszeiten, angeordnete Umbaumaßnahmen und sonstige Festzeiten. Ein Bauzeitmodell ist vorzugeben und die zugrundeliegenden Bauabläufe sind zu beschreiben. Überschneidungen bei gleichzeitig laufenden Vortrieben eines Bauvorhabens und die daraus folgenden Wechselwirkungen sind zu berücksichtigen

Zusätzlich zu den oben angeführten Positionen betreffend zeitgebundene Kosten der Baustelle und Gerätekosten sind für Vortriebs-Stilliegezeiten gesonderte Positionen auszuschreiben. Ebenso verhält es sich (eigene Positionen) für arbeitsfreie Tage (Feiertage, Abgangszeiten Oster/Weihnachten, Barbaratag, usw.), jedoch sind hierbei zusätzlich Bieterabfragen auszuschreiben und für die Kalkulierbarkeit ist ein voraussichtlicher Baubeginn festzulegen. Sind für die Position 5 keine Festzeiten festgelegt, so sind für betreffenden Betoniergeschwindigkeiten Bieterlücken auszuschreiben und ein Betonierbeginn ist zu definieren.

### Vortriebsklassen

**P 4.3.2** regelt die Einteilung in Vortriebsklassen. Gleichermaßen wie beim zyklischen Vortrieb werden die Vortriebsklassen über zwei Ordnungsgruppen ermittelt. Die 1. Ordnungsgruppe (Vortriebsabschnitt) wird vom Löseverhalten bestimmt, kann jedoch auch vom Gebirgsverhalten abgeleitet werden. Die 2. Ordnungsgruppe wird durch die Art und den Umfang der leistungsbestimmenden Maßnahmen bestimmt.

Die Einteilung der ersten Ordnungsgruppe in unterschiedliche Vortriebsabschnitte erfolgt auf Basis von klar abgrenzbaren Löse- oder Gebirgsverhalten und wird in **P 4.3.2.2** beschrieben.

Die Unterteilung der 1. Ordnungsgruppe erfolgt für Tunnelvortriebsmaschinen mit und ohne schützendem Schild gleichermaßen. Bei Projekten in denen das Löseverhalten, insbesondere die Penetration, für die Leistungs- und Kostenermittlung maßgebend ist (dies sind vor allem Projekte im Festgestein und mit großen Tunneldurchmessern), wird eine Unterteilung der Vortriebsabschnitte nach Penetration [mm/U] oder Festigkeitswerten [MPa, MN/m<sup>2</sup>] empfohlen. Die für die Einteilung der Vortriebsklassen verwendeten Parameter sind inklusive möglicher Bandbreiten anzugeben. Zusätzlich sollen alle Vortriebsabschnitte eine Mindestlänge aufweisen, damit soll sichergestellt werden, dass die unter statistischen Annahmen getroffenen Angaben eine höhere geologische Übereinstimmung erreichen.

In **P 4.3.2.3** erfolgt die Beschreibung der 2. Ordnungsgruppe für TBM-O und TBM-A, also für offene Tunnelbohrmaschinen und Tunnelbohrmaschinen mit Aufweitungsbohrkopf. Das Ordnungskriterium der 2. Ordnungsgruppe ist die Stützmittelzahl, die sich aus Art, Umfang und Ort des Einbaus des Regelstützmittels<sup>85</sup> pro Meter Tunnel ergibt. Die Stützmittel werden in Tabelle 2<sup>86</sup> der ÖNORM B 2203-2 mittels Bewertungsfaktoren summiert und auf die Bewertungsfläche in m<sup>2</sup> bezogen. In Tabelle 1 der ÖNORM B 2203-2<sup>87</sup> sind nach Eintragung der 1. und 2. Ordnungsgruppen inklusive Gültigkeitsbereiche die Vortriebsklassen ersichtlich.

**P 4.3.2.4** beschreibt die 2. Ordnungsgruppe für TBM-S und TBM-DS, also Tunnelbohrmaschinen mit Schild bzw. Doppelschild. Abweichend von der Einteilung zufolge Stützmitteln wie für TBM-O/A, erfolgt die Unterteilung je nach leistungsbestimmenden Merkmalen des Vortriebsystems. Leistungsbestimmende Merkmale können die Verspannbarkeit, Art der Abstützung am Ausbau, Art des Ausbaus und Erforderlichkeit einer Ortstbruststützung sein. Eine Unterteilung der 2. Ordnungsgruppe nach leistungsbestimmenden Merkmalen erlaubt es, leistungsmindernde Einflüsse, die nicht dem Löseverhalten zuzurechnen sind, zu berücksichtigen. Die Unterteilung nach Merkmalen ist jedoch nicht zwingend, wenn keine Erfordernis dafür besteht. In diesem Fall ist für die Einteilung in Vortriebsklassen alleine die 1. Ordnungsgruppe heranzuziehen.

**P 4.3.2.5** bezieht sich auf die 2. Ordnungsgruppe für SM, also Schildmaschinen. Die Unterteilung kann gleichermaßen wie für TBM-S und TBM-DS, wie bereits beschrieben, erfolgen.

### Positionen des Ausbruchs

**P 4.3.3** beschreibt Positionen für leistungsbezogene Kosten wie Positionen des Ausbruchs, Positionen des Ausbruchs für das Überbohrmaß und für bergseitigen Mehrausbruch. In der Ausschreibung sind Positionen für den Ausbruch vorzusehen, dafür stehen zwei Varianten zur Auswahl. Zuzufolge Variante 1 wird eine Position je Vortriebsklasse in der Einheit Meter mit den Kostenanteilen Lohn und Sonstiges vorgesehen. Bei der zweiten Variante wird eine Position für die Lohnkosten der Vortriebsmannschaft je Zeiteinheit (KT) und je Vortriebsabschnitt ausgeschrieben. Die Menge (Einheit VE) wiederum errechnet sich aus den angebotenen Vortriebsgeschwindigkeiten und der Vortriebsklassenverteilung. Zusätzlich ist eine Position für den nicht zeitgebundenen Anteil Sonstiges für jede Vortriebsklasse mit der Einheit Meter vorzusehen. Weitere Ausbruch-Positionen sind für den Mehrausbruch bergseitig der Grenzfläche A für TBM-O/A (nicht für TBM-DS/S und SM), von den Vortriebsklassen unabhängig, vorzusehen. Zusätzlich ist zu beachten, dass gesonderte Positionen für das Schüttern und Abtransportieren, das Zerkleinern, das Aufnehmen und Fördern des Mehrausbruchs vorgesehen werden sollen.

<sup>85</sup> Stützmaßnahme bzw. Stützmittel, die in der jeweiligen Vortriebsklasse vorgesehen sind und mit den auf der TVM vorzusehenden Geräte in den vorgesehenen Arbeitsbereichen A1 bis A2 eingebaut werden. Aus [17] ÖNORM B 2203-2:2005 01 01, S. 7

<sup>86</sup> Vgl. [17] ÖNORM B 2203-2:2005 01 01, S. 14

<sup>87</sup> Vgl. [17] ÖNORM B 2203-2:2005 01 01, S. 15

### Erschwernisse

**P 4.3.4** regelt die Festlegungen für Erschwernisse. Der Zutritt von Bergwasser verringert in den meisten Fällen die Vortriebsleistung, da die Vortriebsgeschwindigkeit sinkt. Um dieses Erschwernis in der Ausschreibung berücksichtigen zu können, sind projektspezifische Regelungen über zusätzliche Vortriebszeiten, die mittels Abminderungsfaktoren ermittelt werden, vorzusehen. Dies kann nur erfolgen, wenn neben der Position für zeitgebundene Kosten der Baustelle auch Positionen für die Lohnkosten der Vortriebsmannschaften je Zeiteinheit vorhanden sind. Für sonstige Kosten, erhöhten Verschleiß und erhöhte Reparaturkosten sind erforderlichenfalls eigene Positionen in der Ausschreibung vorzusehen.

### Regiepositionen

Regiearbeiten werden notwendig, wenn der Vortrieb im Rahmen der Leistungsbeschreibung nicht möglich ist oder Umstände auftreten, die eine Unterbrechung des Vortriebs zur Folge haben. Unzureichende Standfestigkeit des Gebirges, Verspannprobleme, Steuerungsschwierigkeiten und andere Erschwernisse können geänderte Umstände der Leistungsbeschreibung darstellen. Ist im Leistungsverzeichnis keine Position für die produktiven Lohnkosten der Vortriebsmannschaft – Variante 2 Position des Ausbruchs – vorhanden, dann ist für die Regiearbeiten eine solche Position aufzunehmen. Zusätzlich dazu ist eine Position für die Betriebskosten (inkl. Kosten für Reparatur, Verschleiß, Energie) des Vortriebs, erforderlichenfalls auch für den Transport und die Logistikeinrichtungen, aufzunehmen.

### Stützmaßnahmen

Grundsätzlich sind die erforderlichen Stützmittel in eigene Positionen auszuschreiben, getrennt nach Einbauort und unabhängig der Vortriebsklasse. In der Ausschreibung hat der AG den Einbauort – anhand der definierten Arbeitsbereiche<sup>88</sup> (A0, A1, A2, A3) – der erforderlichen Stützmittel klar anzugeben. Für Sondermaßnahmen (z.B. Rohrschirme, Spieße, DSV), die die Vortriebsleistung beeinflussen, sind spezielle Regelungen zur Vergütung bzw. der zeitgebundenen Kosten festzulegen. Sohlübbinge sind unabhängig von der gewählten Vortriebsmaschine vom AG detailliert zu beschreiben, wird kein Einbauort vorgegeben, so ist dieser im Angebot vom AN anzugeben. Die Art der Ortsbruststützung ist anzugeben und je nach Betriebsweisenwechsel oder Verfahrenswechsel sind eigene Positionen vorzusehen.

Die unterschiedlichen Vortriebsarten zwischen TBM-O/A und TBM-S/DS bzw. DS ziehen natürlich auch Unterschiede in den Ausschreibungsunterlagen nach sich. Beim Vortrieb mit TBM-S/DS oder SM sind Tübbinge als Stützmittel unvermeidlich. In der Ausschreibung sind die Dicke des Tübbingringes und der Bewehrungsgehalt auf Basis einer Vorplanung mit Vorstatik anzugeben. Alternativ kann der Tübbing auch funktional ausgeschrieben werden. Im Falle einer konstruktiven Ausschreibung sollen AN-Alternativen betreffend Tübbingdicke und Bewehrungsgehalt ausdrücklich nicht ausgeschlossen werden, aufgrund von umfangreichen Unternehmererfahrungen zwischen Vortriebssystem und Ausbau. Jedoch sind in beiden Fällen die maßgeblichen Anforderungen und die zugrundeliegenden Einwirkungen vom AG anzugeben. Werden besondere Anforderungen bezüglich Verlegenauigkeit, Oberflächenbeschaffenheit, Dichtheit usw. gefordert, sind diese in der Ausschreibung anzugeben.

### Vereinfachte Abrechnungsregeln

Eine Abrechnung mit vereinfachten Abrechnungsregeln kann zur Anwendung kommen, wenn zwei umfassende Kriterien für das Tunnelprojekt zutreffen. Einerseits muss der Kenntnisgrad des Gebirges so umfassend sein, dass eine eindeutige Beurteilung der Verhältnisse der Leistungserbringung möglich ist, andererseits, wenn die Vortriebsmaßnahmen und der Ausbau durch

<sup>88</sup>Arbeitsbereiche für TBM-O: A0 Über und vor dem dem Bohrkopfträger und Fristschild, A1 Im Bereich der TBM, A2 Im vorderen Bereich der NLE, A3 Hinter der NLE

übergeordnete Sicherheitsvorgaben bestimmt werden. Übergeordnete Sicherheitsvorgaben können aufgrund von Bebauung und Einbauten vorgegeben werden. Kommt es zu einer vereinfachten Abrechnung, dann werden im Regelfall die Zeit für die geschlossene Bauweise, also Vortrieb und Innenschale, vom AG vorgegeben. Die Abrechnung erfolgt in Meter mit einem oder mehreren Basisvortrieben. In der Ausschreibung sind Positionen für Änderungen aufgrund geologischer und hydrologischer Verhältnisse vorzusehen. Die zeitlichen Auswirkungen der genannten Positionen sind den Einheitspreisen zugeordnet und ändern im Regelfall nicht die Bauzeit (für den Vortrieb und die Innenschale).

### Weitere Ausschreibungspositionen

Zusatzmaßnahmen<sup>89</sup> wie zB Betonstützungen, Bodenconditionierung, Rohrschirme und dergleichen sind gesondert in eigene Positionen für die Leistung und die zeitgebundenen Kosten auszuschreiben. Wirken sich die Zusatzmaßnahmen auf die Bauzeit aus, so sind dafür vom AG Regelungen anzugeben und eine eventuelle Leistungsminderung ist vom Bieter im Angebot (Bieterangabe) anzugeben. Beispielsweise ist die Ringspaltverfüllung in m<sup>3</sup> anzugeben, alternativ ist auch die Einheit Meter möglich. Vom AG ist der Ort der Ringspaltverfüllung und die maximal zulässigen Drücke anzugeben.

Für Sondermaßnahmen<sup>90</sup> sind eigene Leistungspositionen und Positionen für Baustelleneinkosten auszuschreiben. Bringen die Sondermaßnahmen bauzeitlich relevante Auswirkungen mit sich, sind dazu Regelungen vom AG festzulegen und der Bieter hat über zusätzliche Bauzeit Angaben zu machen. Sondermaßnahmen können u.a. sein: Systematische Injektionen, Vorausschüttungsmaßnahmen, Rohrschirme, Spieße und dergleichen.

Darüber hinaus werden weitere Hinweise für den Aufbau von Ausschreibungsunterlagen bezüglich folgende Leistungen gemacht:

- Erkundungsmaßnahmen während des Vortriebs,
- Geotechnische Messungen,
- Abdichtungsarbeiten,
- Innenschalenarbeiten,
- Pressrohre,
- Weitere Positionen (Maßnahmen für Grundwasserentspannung, Bergwasser-Förderleitungen, Messungen des Grundwasserstandes, Sicherheitstechnische Maßnahmen, Beweissicherung, Trennung und Entsorgung von Materialien) und
- Bestandsunterlagen.

### 3.2.2 Vertragsbestimmungen für die Vergütung

Die Vertragsbestimmungen der ÖNORM B 2203-2 in Punkt 5 beinhalten Festlegungen zu Material, Ausführung, Nebenleistungen, Ausmaß, Abrechnung und Gewährleistung. Besonders die Bestimmungen zu Ausmaß und Abrechnung sind von Interesse. Im P 5.1 Allgemeines werden die Bestimmungen der ÖNORM B 2110 in der letztgültigen Fassung als Vertragsbestandteil

<sup>89</sup>Zusatzmaßnahmen, sind über eine Regelmaßnahme hinausgehende Maßnahmen, für der Ausführung keine zusätzlichen Geräte oder Einrichtungen erforderlich sind.

<sup>90</sup>Maßnahme, welche in Ausnahmefällen erforderlich ist und mit den im Regelfall im Tunnelvortrieb vorhandenen Geräten nicht ausgeführt werden kann. Z.B. Rohrschirm, Spieße, DSV

festgelegt. Es werden jedoch Anpassungen bezüglich der Änderung von Preisen infolge von Abweichungen von Mengen vorgenommen.

Eine Anpassung des Einheitspreises einer Position, auf Verlangen eines Vertragspartners, soll erst bei einer Überschreitung der ausgeschriebenen Menge von 100 Prozent bzw. einer Unterschreitung von 50 Prozent möglich sein. Daraufhin ist ein neuer Einheitspreis auf Basis der tatsächlich ausgeführten Mengen und der ursprünglichen Kalkulationsansätze zu errechnen, vorausgesetzt die Änderung der Kosten kann auf bloße Mengenänderung zurückgeführt werden. Dieselbe Regelung gilt bei Über- oder Unterschreitung des Gesamtpreises einer Gruppe von Positionen gleicher Art und Preisbildung um mehr als 20 Prozent. Im Folgenden wird verstärkt auf den P 5.5 Ausmaß und Abrechnung der ÖNORM B 2203-2 eingegangen. Die ÖN B 2203-2 sieht grundsätzlich vor, dass der Umfang der Leistungen nach Planmaß erhoben wird und sofern dies nicht möglich ist, kann die Feststellung mittels Naturaufnahmen erfolgen.

### **Baustellengemeinkosten**

Die Abrechnung der zeitgebundenen Baustellengemeinkosten und der Gerätekosten erfolgt nach Verrechnungseinheiten (VE). Die Verrechnungseinheiten ergeben sich aus dem vereinbarten Bauablauf und der vertraglichen Vortriebsdauer. Bei der Ausmaßfeststellung der Verrechnungseinheiten sind folgende Punkte zu berücksichtigen:<sup>91</sup>

- Die tatsächliche Vortriebsklassenverteilung,
- Anerkannte Stillliegezeiten,
- Sondermaßnahmen, die die vertragliche Bauzeit beeinflussen,
- Erschwerniszeiten und
- sonstige Festzeiten.

### **Vortriebsunterbrechungen**

Die ÖNORM B 2203-2 geht besonders auf Vortriebsunterbrechungen ein, welche nicht nach vereinbarten Vortriebsklassen abgerechnet werden können. In solchen Fällen sind die zeitgebundenen Baustellengemeinkosten und die Gerätekosten mit den ausgeschriebenen Positionen für die tatsächliche Einsatzzeit zu vergüten. Die produktiven Lohnkosten der Vortriebsmannschaft werden entweder über die in der Ausschreibung vorgesehenen Position Lohnkosten der Vortriebsmannschaft je Vortriebsabschnitt (Variante 2 P 4.3.3.1) oder anhand der Ansätze aus der Urkalkulation (Mannschaftsstärke, Mittellohnpreis) vergütet.<sup>91</sup>

Darüber hinaus ist innerhalb von sieben KT zu prüfen, inwiefern eine Erhöhung oder Verringerung des Ressourceneinsatzes möglich ist und die zeitgebundenen Baustellengemeinkosten und Gerätekosten sind dahingehend einvernehmlich mittels Leistungsfaktoren bzw. Abrechnungsvereinbarungen zu erhöhen bzw. verringern. Jedenfalls ist die zusätzlich erforderliche Bauzeit, aufgrund der Vortriebsunterbrechung, bis zur Wiederaufnahme des Vortriebs der vertraglichen Vortriebsdauer zuzurechnen.

### **Ausbruch**

Aufgrund der Zuordnung der Arbeitsleistungen im Vortrieb sind der Regelquerschnitt<sup>92</sup> und etwaige Vortriebsklassen bekannt. Die Feststellung des plangemäßen Ausbruchs erfolgt mithilfe des Regelquerschnitts, des tatsächlichen Längenmaßes und der Ausbaufestlegungen. Der Abrechnungsquerschnitt ist mit dem nominalen Bohrdurchmesser DN, unter Berücksichtigung eines

<sup>91</sup>Vgl. [17] ÖNORM B 2203-2:2005 01 01, S. 29

<sup>92</sup>Geplanter Querschnitt eines Hohlraum-Bauwerks

Überbohrmaß  $\ddot{u}B$ , definiert. Das Ausmaß des Abbruchs errechnet sich aus der Multiplikation des Abrechnungsquerschnitts mit dem tatsächlichen Längenmaß.<sup>93</sup>

Im Hinblick auf einen Mehrausbruch bergseitig der Grenzfläche A wird dieser bei Vortrieben mit TBM-O/A nur vergütet, wenn einvernehmlich schriftlich festgehalten wurde, dass Nachbrüche trotz sachgemäßer Arbeit aufgrund der Gegebenheiten unvermeidbar waren. Bei Nachprofilierungsarbeiten, die erforderlich werden, weil die Verformungen größer sind als die festgelegten Werte (Übermaß  $\ddot{u}_m$ ), sind die entstehenden Ausmaße jedenfalls gesondert festzustellen. Hingegen bei Vortrieben mit TBM-S/DS und SM wird der Mehrausbruch bergseitig der Grenzfläche A nicht festgestellt.

### Stützmaßnahmen

Die Festlegungen bezüglich Ausmaßfeststellung sind je Stützmittel (Anker, Spritzbeton, Dielen, ...) unterschiedlich festgelegt. Anker sind nach Stück in Abhängigkeit von Art, Tragkraft, Länge und Einbauort festzustellen. Die Feststellung der Spritzbetonmenge, der Bewehrung für Spritzbeton, der Stahlbögen erfolgt auf Basis der Linie 1a<sup>94</sup> und wird daraufhin mit den zugehörigen Dicken multipliziert. Dielen und Stahlbögen werden anhand des Ausmaßes der eingebauten Flächen verrechnet, wobei nach Art zu trennen ist.

Für Tübbinge ist eine grundsätzliche Ausmaßfeststellung, getrennt nach Tübbingtyp und Tübbingart, nach Tunnelmeter vorgesehen, wobei dafür die planmäßigen und die tatsächlichen Abmessungen des Hohlraums zugrunde zu legen sind. Das Ringspaltmaterial zur Verfüllung wird in Kubikmetern abgerechnet, abzüglich der vertraglich vereinbarten Menge, die sich aus dem Überschritt  $\ddot{u}_s$  ergibt.

### Wassererschwernisse

Die Ausbruchpositionen und vereinbarten Vortriebsgeschwindigkeiten beinhalten bereits Wassererschwernisse bis zur unteren Grenzwassermenge, die in der Ausschreibung angegeben wurde. Steigt die Bergwasserspense nicht über die untere Grenzwassermenge, so sind die Wassererschwernisse und etwaige Leistungsminderungen dadurch mit den Ausbruchpositionen abgegolten. Erst wenn die untere Grenzwassermenge überschritten wird, dann erfolgt die Abgeltung der Kosten mithilfe der Verrechnungseinheiten, die sich aus den vertraglichen Vortriebsgeschwindigkeiten (ohne Wassererschwernisse) und den Bieterangaben über Abminderungsfaktoren für Wassererschwernisse ergeben.

### 3.2.3 Modellbeschreibung

Wie schon in der Modellbeschreibung zur ÖNORM B 2203-1 (Kap. 3.1.3), ist es auch bei der ÖN B 2203-2 wichtig, dass die zugrundeliegende Systematik verstanden wird. Ein wesentlicher Inhalt der Norm ist die Einteilung des gesamten Vortriebs in einzelne Vortriebsabschnitte auf Basis von zuvor festgelegten Parametern. In späterer Folge ist die Einteilung für Abwicklung und Abrechnung von großer Bedeutung und soll für eine faire und leistungsgerechte Vergütung sorgen.<sup>95</sup>

Im Folgenden wird die Vorgangsweise näher erläutert. Zuerst erfolgt die Gebirgscharakterisierung, diese wird anhand der ÖGG-Richtlinie für die geomechanische Planung von Untertagebauwerken mit kontinuierlichem Vortrieb<sup>96</sup>. Aufbauend auf den Vorgängen der Gebirgscharakterisierung erfolgt die Ermittlung der Vortriebsklassen und in weiterer Folge werden die Eckpunkte der Vergütung beschrieben.

<sup>93</sup>Vgl. [17] ÖNORM B 2203-2:2005 01 01, S. 29

<sup>94</sup>Vgl. [17] ÖNORM B 2203-2:2005 01 01, S. 17

<sup>95</sup>Vgl. [4] Chylik, S. 17

<sup>96</sup>[20] Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (Hrsg.)

### Phase 1, 2 und 3 anhand ÖGG-Richtlinie

Die ÖGG-Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauarbeiten mit kontinuierlichem Vortrieb beschreibt die Vorgangsweise der geotechnischen Planung und der Bauausführung. Des Weiteren stellt diese eine Aufgabenbeschreibung für Projektbeteiligten, wie Auftraggeber, Gutachter, Planer und ausführende Unternehmen dar. Die geotechnische Planung erstreckt sich über drei Phasen:

- Phase 1: Planung
- Phase 2: Planung TVM für die Bauausführung
- Phase 3: Bauausführung

**Phase 1** umfasst die Gebirgscharakterisierung bis hin zur Ermittlung der Vortriebsklassen gemäß ÖNORM B 2203-2. Die einzelnen Schritte der Phase 1 sind:<sup>97</sup>

- Bestimmung der Gebirgsarten
- Bestimmung des Gebirgsverhaltens, Zuordnung zu Gebirgsverhaltenstypen
- Evaluierung / Wahl der Vortriebsart
- Wahl des tunnelbautechnischen Konzepts
- Festlegung der bau- und maschinentechnischen Maßnahmen und Abschätzung bzw. Ermittlung des Systemverhaltens
- Dokumentation der geotechnischen Planung
- Ermittlung der Vortriebsklassen und Erstellung der Ausschreibungsunterlagen

Der letzte Planungsschritt der Phase 1 beinhaltet die Ermittlung der Vortriebsklassen, basierend auf den Bewertungen der Baumaßnahmen in den Vortriebsabschnitten, einschließlich Regel-, Zusatz-, und Sondermaßnahmen gemäß ÖNORM B 2203-2 für die Ausschreibungsunterlagen. Den Ausschreibungsunterlagen ist ergänzend zur Mengenermittlung eine Prognose der Verteilung der Vortriebsklassen beizulegen. In dieser Prognose soll das wahrscheinlichste Szenario abgebildet sein, als auch die sich aus der Streuung der Eingangsparameter ergebende Bandbreite der Vortriebsklassen.<sup>98</sup>

**Phase 2** umfasst die Erstellung eines maschinentechnischen Konzepts der vorgesehenen TVM, im Rahmen der Angebotsbearbeitung. Darauf aufbauend erfolgt die maschinentechnische Detailplanung der TVM vom Auftragnehmer für die Bauausführung unter Berücksichtigung der Anforderung des Bauvertrages und der geotechnischen Planung.<sup>99</sup>

**Phase 3 Bauausführung** umfasst im Allgemeinen die Anpassung der bau- und maschinentechnischen Maßnahmen und Fortschreibung der geotechnischen Planung, insbesondere des tunnelbautechnischen Rahmenplans für die noch nicht aufgefahrenen Bereiche. Die bau- und maschinentechnischen Maßnahmen müssen an die tatsächlich angetroffenen Gebirgsverhältnisse während des Baus angepasst werden. Die fünf sich wiederholenden Schritte der Phase 3 sind:

- Bestimmung der Gebirgsart und Kurzzeitprognose der Gebirgsverhältnisse

<sup>97</sup>Vgl. [20] Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (Hrsg.), S. 12 ff.

<sup>98</sup>Vgl. [20] Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (Hrsg.), S. 29

<sup>99</sup>Vgl. [20] Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (Hrsg.), S. 30

- Abschätzung des aktuellen Systemverhaltens
- Detailfestlegung Vortrieb und Vortriebsvorschau (SOLL)
- Vortriebsnachschaue (IST) – Überprüfung des Systemverhaltens und Fortschreibung des tunnelbautechnischen Rahmenplans und der Entscheidungsmatrix
- Freigabe für nachfolgende Gewerke

Im Zuge einer Vortriebsnachschaue wird der IST-Vortrieb mit dem SOLL-Vortrieb (Vortriebsvorschau, tunnelbautechnischer Rahmenplan) verglichen. Ergibt sich eine Abweichung (günstiger/un-günstiger) hat dies eine Änderung der Betriebsweise, Ergreifen von Zusatz- und Sondermaßnahmen zur Folge. Aufgründessen wird der tunnelbautechnische Rahmenplan fortgeschrieben und es kann sich eine Änderung der tatsächlichen Einteilung der Vortriebsklassen ergeben.<sup>100</sup>

### Ermittlung der Vortriebsklassen

Auf Basis der erlangten Kenntnisse aus der Gebirgscharakterisierung (ÖGG-Richtlinie) wird der Vortrieb gemäß ÖNORM B 2203-2 in Vortriebsabschnitte und folgend in Vortriebsklassen eingeteilt. Dabei ist die Ermittlung getrennt nach Tunnelbohrmaschinen für Festgesteine und Schildmaschinen für Lockergesteine zu unterscheiden. Die erste Gliederung – 1. Ordnungsgruppe – wird bestimmt durch das Löseverhalten und anhand von baubetrieblichen Belangen. Das Ordnungskriterium für die zweite Ordnungsgruppe ist die Stützmittelzahl für TBM-O/A bzw. erfolgt die Staffelung anhand leistungsbestimmender Merkmale des gewählten Vortriebsystems für TBM-S/DS und SM.

### Erste Ordnungsgruppe TBM-O/A, TBM-S/DS, SM

Die Vorgangsweise bei der Gliederung zufolge der 1. Ordnungsgruppe ist für Tunnelvortriebsmaschinen mit (TBM-S/DS und SM) und ohne (TBM-O/A) schützendem Schild gleich. Die Vortriebsklassenmatrix für TBM-S/DS ist in Abb. reffig.tab3b22032 und die für TBM-O/A ist in Abb. 3.5 ersichtlich. Das Ausmaß der Gliederung innerhalb der 1. Ordnungsgruppe ist durch die Forderung der klaren Leistungsbeschreibung, Kalkulierbarkeit und Abrechnung bestimmt. Die Einteilung der Abschnitte erfolgt zum einen aufgrund von deutlich unterschiedlichem Löseverhalten bzw. Gebirgsverhalten, und zum anderen aufgrund von Unterteilung des gesamten Vortriebs, zum Zwecke der Eingrenzung von lokalen Abweichungen.<sup>101</sup>

Die maßgeblichen Einflussparameter, die zur Festlegung der Vortriebsabschnitte herangezogen werden, sind mit Bandbreiten anzugeben. Die Länge der Vortriebsabschnitte soll eine Mindestlänge aufweisen, die eine statistisch zutreffende Aussage der Verteilung der Parameter zulässt und die Mindestlänge soll ein Vielfaches der erzielbaren Tages-Vortriebsleistung darstellen. Bei Tunnelbauprojekten (Festgestein und großer Durchmesser) bei denen das Löseverhalten für Leistungs- und Kostenermittlung maßgebend ist und die Prognose schwierig ist, wird eine Unterteilung der Vortriebsabschnitte/Vortriebsklassen mit den Parametern (mm/U) Penetration und Festigkeitswerte (MPa, MN/m<sup>2</sup>) empfohlen.

<sup>100</sup>Vgl. [20] Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (Hrsg.), S. 31

<sup>101</sup>Vgl. [17] ÖNORM B 2203-2:2005 01 01, S. 14

ERSTE ORDNUNGSGRUPPE	VORTRIEBSABSCHNITTE (VA) gemäß 4.3.2.2	VA	ZWEITE ORDNUNGSGRUPPE											
			Stützmittelzahl gemäß 4.3.2.3											
			Maximaler Geltungsbereich											
			1	2	3	5	7	9	13	17	21	27	33	39
			± 0,5			± 1,0			± 2,0			± 3,0		
1	1/0,5	1/1,5	1/2,5	1/4	1/6	1/8	1/11	1/15	1/19	1/24	1/30	1/36		
2		2/1,5	2/2,5	2/4	2/6	2/8	2/11							
3	3/0,5	3/1,5	3/2,5	3/4										
n-1														
n														

Abb. 3.5: Vortriebsklassenmatrix für TBM-O/A (Quelle: ÖNORM B 2203-2 [17, S. 14])

ERSTE ORDNUNGSGRUPPE	VORTRIEBSABSCHNITTE (VA) gemäß 4.3.2.2	VA	ZWEITE ORDNUNGSGRUPPE				
			Leistungsbestimmende Merkmale gemäß 4.3.2.4, 4.3.2.5				
			M 1	M 2	M 3	M (n-1)	M n
			1	2	3		
1		1/1	1/2	1/3			
2		2/1	2/2	2/3			
3							
n-1							
n							

Abb. 3.6: Vortriebsklassenmatrix für TBM-S/DS und SM (Quelle: ÖNORM B 2203-2 [17, S. 16])

### Zweite Ordnungsgruppe – TBM-O/A

Für Vortriebsmaschinen dieser Art erfolgt die Ermittlung der Ordnungszahl anhand des Ordnungskriteriums Stützmittelzahl. Die Stützmittelzahl ergibt sich aus Art, Umfang und Ort des Einbaus der eingebauten Regelstützmittel je Tunnelbaumeter. Die Bewertung erfolgt gemäß Tabelle 2 (Abb. 3.7) der ÖN B 2203-2 und die Bewertungsfaktoren sind für jene Stützmittel gültig, die in den Ausschreibungsunterlagen angegeben sind. Kommt es in einzelnen Arbeitsbereichen trotz unterschiedlicher Regelstützmittelmaßnahmen zu gleichen Stützmittelzahl und folglich zur

Einordnung in die gleiche 2. Ordnungsgruppe, so ist eine weitere Unterteilung der Vortriebsklassen zielführend.

Stützmittel		Bewertungsfaktoren nach Arbeitsbereichen		Mengen- einheit	Bemerkung
		Arbeits- bereich A1	Arbeits- bereich A2		
Anker	Gefalteter Rohrreibungsanker	3,0	1,6	m	
	SN-Mörtelanker	4,0	2,5	m	
	Selbstbohranker	6,0	3,5	m	
	Verpressanker	6,0	4,0	m	
	Vorgespannte Mörtelanker	10,0	5,0	m	
Verpressungen über 10 kg je m Anker		0,3	0,2	kg	
Baustahl- gitter	bergseitig ohne Bogen	4,0	2,5	m <sup>2</sup>	
	bergseitig mit Bogen	3,0	2,0	m <sup>2</sup>	
	hohlraumseitig	3,0	2,0	m <sup>2</sup>	
Bogenteile kürzer als halber Umfang		2,5	2,5	m	
Bogenteile länger als halber Umfang		5,0	—	m	
Bogen geschlossen		4,0	—	m	
Liner plates		10,0	—	m <sup>2</sup>	
Spritzbeton	Laibung	70,0	20,0	m <sup>3</sup>	theoretische Massen nach Nennstärke und Abrechnungs- linie
	Auffüllen von Zwickeln und Mehrausbrüchen	50,0	14,0	m <sup>3</sup>	
Dielen	Verzugsdielen	15,0		m <sup>2</sup>	eingebaute Dielen
	Getriebedielen	20,0		m <sup>2</sup>	
Die Stützmittelzahl der <a href="#">Tabelle 1</a> ergibt sich durch Division der Summe der bewerteten Stützmittel pro m Tunnel durch die Bewertungsfläche.					
Die Berechnung erfolgt sinngemäß nach dem Beispiel in <a href="#">B.1</a>					

**Abb. 3.7:** Bewertung der Regelstützmittelzahl für TBM-O/A (Quelle: ÖNORM B 2203-2 [17, S. 15])

### Zweite Ordnungsgruppe – TBM-S/DS

Bei Vortriebsmaschinen mit schützendem Schild wird die Unterteilung innerhalb der 2. Ordnungsgruppe nach leistungsbestimmenden Merkmalen des eingesetzten Vortriebssystems gestaffelt. Leistungsbestimmende Merkmale können die Verspannbarkeit, Art der Abstützung am Ausbau, Art des Ausbaus und die Ortstbruststützung sein. Der Vorteil der Unterteilung der 2. Ordnungsgruppe liegt darin, dass leistungsmindernde Einflüsse, die nicht dem Löseverhalten zuzuordnen sind, definiert werden können. Stellt sich kein Erfordernis nach einer Unterteilung im Sinne der 2. Ordnungsgruppe im Projekt, so kann eine solche entfallen. Die Unterteilung der Vortriebsabschnitte erfolgt in solchen Fällen nur anhand der 1. Ordnungsgruppe.

### Zweite Ordnungsgruppe – SM

Die Unterteilung der 2. Ordnungsgruppe erfolgt bei Schildmaschinen, welche vorwiegend im Lockergestein zur Anwendung kommen, ebenfalls anhand von leistungsbestimmenden Merkmalen. Jedoch wird vorwiegend als leistungsbestimmendes Merkmal das Vortriebsverfahren selbst angesetzt. Eine weitere Gliederung innerhalb der 2. Ordnungsgruppe ist nicht vorgesehen. Stellt sich wiederum kein Erfordernis nach einer Gliederung der 2. Ordnungsgruppe, so entfällt diese und die Einteilung der Vortriebsklassen erfolgt nur anhand der 1. Ordnungsgruppe.

### Zusammenfassung

Die Gebirgscharakterisierung erfolgt auf Basis der ÖGG-Richtlinie und die 1. Phase (Planung) endet mit der Ermittlung der Vortriebsklassen gemäß ÖNORM B 2203-2 und Erstellung der Ausschreibungsunterlagen. Die Einteilung der Vortriebsklassen erfolgt grundsätzlich zuerst in die 1. Ordnungsgruppe und dann in die 2. Ordnungsgruppe. Die Vorgangsweise bei der Einteilung in die 1. Ordnungsgruppe ist für Tunnelvortriebsmaschinen mit und ohne schützendem Schild gleich. Die Unterteilung der 1. Ordnungsgruppe erfolgt vorwiegend aufgrund des Löseverhaltens des Gebirges. Die 2. Ordnungsgruppe für TBM-O/A ist unterteilt auf Basis der Stützmittelzahl, welche sich aus den eingebauten Regelstützmittel je Tunnelmeter ergibt. Für TBM-S/DS und SM erfolgt die Unterteilung der 2. Ordnungsgruppe anhand von leistungsbestimmenden Merkmalen (Verspannbarkeit, Art der Abstützung, Art des Ausbaus, Vortriebsverfahren, usw.).

Der tunnelbautechnische Rahmenplan in den Ausschreibungsunterlagen beinhaltet die Prognose der anzutreffenden Vortriebsklassen und eine Mengenprognose inklusive Angabe der Bandbreiten. Dies stellt die erstmalige Vortriebsklassifikation im Zuge der Ausschreibung dar. Während der Ausführung kommt es zu einem Soll-Ist-Vergleich und bei einer Abweichung wird der tunnelbautechnische Rahmenplan fortgeschrieben. Weicht die tatsächliche Einteilung der Vortriebsklassen gegenüber der Einteilung in der Ausschreibung ab, so führt dies zu einer Anpassung der Vergütung und einer Änderung der vertraglichen Bauzeit.

### 3.3 Zusammenfassung der Normengrundlage

Im Wesentlichen wird in Kap. 3.1 und Kap. 3.2 dargelegt, dass die ÖNORMen B 2203-1/2 die einschlägigen Vorgaben, die für ein flexibles Bauzeitmodell von entscheidender Bedeutung sind, enthalten. Besonders die in den Verfahrensbestimmungen enthaltenen „Hinweise für die Ausschreibung und für die Erstellung der Angebote“ und „Weitere Hinweise für die Erstellung von Ausschreibungsunterlagen“ sind von großer Bedeutung als Grundlage für ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell. Im Hinblick auf die zur ÖNORM B 2110 ergänzenden Vertragsbestimmungen sind für die Abwicklungsphase die Festlegungen in „Aufmaß und Abrechnung“ für die Fortschreibung der Bauzeit bzw. Vergütung von wesentlicher Bedeutung.

In den Verfahrensbestimmungen wird z.B. geregelt, welche Gemeinkostenpositionen und Leistungspositionen im Leistungsverzeichnis der Ausschreibung vorgesehen werden müssen und wie diese gestaltet sind. Die Ausgestaltung der zeitgebundenen Kosten und Gerätekosten der Baustelle wird dabei sehr detailliert beschrieben und bildet somit eine wesentliche Grundlage für die Gestaltung eines FBVM. In weiterer Folge wird beschrieben, wie die Einteilung in Vortriebsklassen zu erfolgen hat und wie die Leistungspositionen für Ausbruch, Mehrausbruch, Stützmaßnahmen, Abdichtungsarbeiten und Innenschalenarbeiten zu beschreiben sind. Weiters werden ebenso die erforderlichen Positionen für Sondermaßnahmen (DSV, Rohrschirm, Gefrierverfahren, etc.) in den Verfahrensbestimmungen beschrieben.

In den ergänzenden Vertragsbestimmungen zur ÖNORM B 2110 werden wesentliche Festlegungen bezüglich Fortschreibung der Bauzeit und der Vergütung getroffen. Vor allem Festlegungen im „P 5.5 Aufmaß und Abrechnung“ stellen die Grundlage für eine etwaige Fortschreibung der Bauzeit bzw. der Vergütung während der Abwicklung dar. Dabei wird besonders darauf eingegangen, wie sich z.B. Baustellengemeinkosten bei einer Änderung der Bauzeit fortschreiben bzw. wie die vertragliche Abhandlung von Vortriebsunterbrechungen durchzuführen ist. Desweiteren werden Festlegungen für den Ausbruch, Stützmaßnahmen und für Wassererschwernisse getroffen. Der Abschnitt der Vertragsbestimmungen ist dazu bestimmt, Vertragsbestandteil des Bauvertrags zu werden, jedoch ist es üblich, dass Änderungen der in der ÖNORM festgehaltenen Vertragsbestimmungen im Zuge der Ausschreibungsvorbereitung durch den Auftraggeber erfolgen.

Eine Abwandlung der Vertragsbestimmungen der ÖNORM B 2203-1/2 ist dann zuallererst in den technischen Vertragsbestimmungen zu finden.

Abschließend wird festgehalten, dass die ÖNORMen B 2203-1/2 eine wesentliche Grundlage für ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell darstellen. Vor allem im Hinblick auf die Gestaltung des Leistungsverzeichnisses spielen die Verfahrensbestimmungen eine wesentliche Rolle. Für die Fortschreibung der Bauzeit bzw. Vergütung sind die Vertragsbestimmungen der ÖNORM heranzuziehen. Dahingegen finden sich in den ÖNORMen B 2203-1/2 keine Festlegungen, wie z.B. Bauzeittabellen aufgebaut sein müssen, oder welche Inhalte die Erläuterungen zum Bauzeitmodell umfassen müssen.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.

## Kapitel 4

# Flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell

Ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell baut auf den Bestimmungen der ÖNORM B 2203 Teil 1<sup>102</sup> bzw. Teil 2<sup>103</sup> auf. In der ÖNORM B 2203 werden einerseits in den Verfahrensbestimmungen die Festlegungen bezüglich Ausschreibung und andererseits in den Vertragsbestimmungen die Festlegungen für die Vertragsabwicklung angeführt. Die für ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell maßgeblichen Verfahrens- und Vertragsbestimmungen wurden in Kap. 3 herausgearbeitet. Dahingehend ist die Grundlage für ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell für den Tunnelbau geklärt. Im ersten Schritt, aufbauend auf den in Kap. 3 angeführten Grundlagen, soll die allgemeine Systematik eines flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells anschaulich dargestellt werden. Dies wird anhand einer allgemeinen Erklärung der Grundsystematik durchgeführt. In einem weiteren Schritt wird nun angeführt, welche besonderen Punkte für die Ausschreibung i.V.m. einem flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodell zu beachten sind. Dabei soll besonders auf die Grundlage der Ausschreibung, die Bauzeit, das Leistungsverzeichnis im Allgemeinen, maßgebliche LV-Positionen, Bieterangaben und die Ausschreibungsunterlagen im Gesamten eingegangen werden. Im nächsten Schritt werden die Vertragsgrundlagen, die spezifisch für ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell im Zuge des Vertragsschlusses zwischen AG und AN vereinbart werden, angeführt und behandelt. Anschließend werden auf Basis eines Beispielprojekts verschiedene Ereignisse und deren Auswirkungen i.V.m. einem flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodell simuliert und analysiert. Dabei soll dargestellt werden, wie sich die vertragliche Bauzeit und die Vergütung anhand der Systematik fortschreibt bzw. ändert.

### 4.1 Einleitung

In keiner anderen Ingenieurdisziplin wird die Bemessung des Bauwerks und der Bauzustände stärker vom Baugrund beeinflusst als im Tunnelbau. Es wird nicht nur die statische Bemessung des Bauwerks durch den Baugrund dominiert, sondern dies trifft auch – in einem besonderen Ausmaß – auf den benötigten Zeitbedarf für die Herstellung des Bauwerks zu. Nachdem der Baugrund im Wesentlichen die Herstelldauer bestimmt, jedoch dieser mithilfe von punktuell geotechnischen Erkundungen – zusammengefügt zu einem Baugrundmodell – nur mit einer begrenzten Genauigkeit vorhergesagt werden kann, besteht die Notwendigkeit eines flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells. Dieses Modell verknüpft die Besonderheiten des Tunnelbaus mit dem wesentlichen, zeitbestimmenden Element des Bauwerks, dem Baugrund. Dadurch soll ermöglicht werden, dass die Bieter im Zuge der Angebotsbearbeitung die Produktionsmittel wirtschaftlich bestmöglich planen können. Dies bedeutet, dass in der Ausschreibung nur so viele terminliche Vorgaben gemacht werden, wie unbedingt notwendig. Im Zuge dessen wird darauf verzichtet die einzelnen Bauabläufe oder Gewerke – sofern möglich – mit Zeitvorgaben zu besetzen, jedoch muss eine gewisse Vergleichbarkeit der Angebote gewahrt werden. Die Vergleichbarkeit

---

<sup>102</sup>[16] ÖNORM B 2203-1:2001 12 01

<sup>103</sup>[17] ÖNORM B 2203-2:2005 01 01

der Angebote wird mit den sogenannten Bauzeittabellen/Bauzeitermittlungen sichergestellt, die die Kalkulations- und Dispositionsfreiheit des Bieters so wenig wie möglich einschränken sollen.

Andererseits soll für die Abwicklung des Bauvorhabens vertraglich festgelegt werden, wie sich die Bauzeit und/oder die Vergütung bei einer Änderung der Umstände der Leistungserbringung fortschreibt. Das bedeutet, dass bereits in den Ausschreibungsunterlagen, im Genaueren in den Vertragsbestimmungen, technischen Vorbemerkungen, Bauzeittabellen, Erläuterungen zum Bauzeitmodell und Positionstexten des Leistungsverzeichnisses geregelt sein muss, wie sich ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell bei eventuellen Vorkommnissen verhält. Die Schwierigkeit ist hierbei, zukünftige Umstände während der Bauabwicklung zu antizipieren und die dafür notwendigen Lösungswege in bauvertragliche Regelungen zu transformieren.

#### 4.1.1 Systematik des flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells

Die Systematik des flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells im Tunnelbau soll anhand der vier verschiedenen Phasen beschrieben werden:

- Phase 1–Planung
- Phase 2–Leistungsbeschreibung und Vergütungsregelungen
- Phase 3–Angebotsbearbeitung und Angebotslegung
- Phase 4–Bauabwicklung

##### Phase 1–Planung lt. ÖGG

Die Phase 1–Planung wird ausführlich in der ÖGG-Richtlinie für die geomechanische Planung von Untertagebauarbeiten mit zyklischem Vortrieb und mit kontinuierlichen Vortrieb behandelt. Dabei wird beschrieben, dass die Planung in Phase 1 die Grundlage für die Genehmigungsverfahren, die Erstellung der Ausschreibungsunterlagen und die Festlegung der bautechnischen Maßnahmen vor Ort bildet. Die Schritte in der ÖGG-Richtlinie für zyklischen Vortrieb und für kontinuierlichen Vortrieb weichen nur geringfügig voneinander ab, der Vollständigkeit halber werden beide vollständigen Teilschritte in der Phase 1 angeführt, wobei diese in Tab. 4.1 anschaulich dargestellt sind.

Zusammengefasst wird in Phase 1 auf Basis des tunnelbautechnischen Rahmenplans, der Wahl des tunnelbautechnischen Konzeptes, der Vortriebsart und weiterer geotechnischer Untersuchungen die Einteilung in Vortriebsklassen und deren prognostizierte Verteilung festgelegt. Für die ermittelten Vortriebsklassen werden die bautechnischen Maßnahmen (Sicherungsmittel, etc.) bestimmt, welche die Grundlage für die notwendigen Mengen für die Leistungsbeschreibung darstellen.<sup>104</sup>

##### Phase 2–Leistungsbeschreibung und Vergütungsregelungen

Auf diese Basis setzt im nächsten Schritt die Phase 2–Leistungsbeschreibung und Vergütungsregelungen auf. Grundsätzlich werden die getroffenen Festlegungen in der Phase 1 bezüglich Vortriebsklassen, prognostizierte Verteilung der Vortriebsklassen, bautechnische Maßnahmen etc. in den Ausschreibungsunterlagen abgebildet. Dabei ist besonders auf die Erstellung der Bauzeittabellen, der technischen Vorbemerkungen, der Erläuterungen zum Bauzeitmodell und des Leistungsverzeichnisses Wert zu legen, denn hier werden die Festlegungen getroffen, die ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell beschreiben und ermöglichen.

In den Bauzeittabellen wird der gesamte Bauablauf beschrieben und die einzelnen Vorgänge werden untereinander verknüpft. Es werden Bieterlücken vorgesehen, in denen die Bieter entweder feste Zeiträume (z.B. 120 Kalendertage zwischen Baubeginn und Vortriebsbeginn) oder

<sup>104</sup>Vgl. [5] Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e.V., S. 29

**Tab. 4.1:** Planungsteilschritte lt. ÖGG-Richtlinie

Zyklischer Vortrieb	Kontinuierlicher Vortrieb
1. Bestimmung der Gebirgsarten	1. Bestimmung der Gebirgsarten
2. Bestimmung des Gebirgsverhalten und Zuordnung zu Gebirgsverhaltenstypen	2. Bestimmung des Gebirgsverhalten, Zuordnung zu Gebirgsverhaltenstypen
3. Wahl eines tunnelbautechnischen Konzeptes	3. Evaluierung / Wahl der Vortriebsart
4. Abschätzung des Systemverhaltens im Ausbruchsbereich	4. Wahl eines tunnelbautechnischen Konzeptes
5. Detailfestlegung der bautechnischen Maßnahmen	5. Festlegung der bau- und maschinentechnischen Maßnahmen und Abschätzung bzw. Ermittlung des Systemverhaltens
6. Erstellung des Tunnelbautechnischen Rahmenplans	6. Dokumentation der Geotechnischen Planung
7. Ermittlung der Vortriebsklassen	7. Ermittlung der Vortriebsklassen und Erstellung der Ausschreibungsunterlagen

Leistungswerte (z.B. m/KT oder min/EH) im Zuge der Angebotsbearbeitung eintragen muss. Die Erläuterungen zum Bauzeitmodell beschreiben die Bauzeittabellen und deren Verknüpfungen zum Bauablauf. Dabei werden Begriffsdefinitionen angeführt, vertragliche Bauzeiten und Pönaltermine erläutert, die Bauabläufe detailliert beschrieben, die Bauzeittabellen und deren Verknüpfungen bzw. Grundsätze beschrieben, Festlegungen erläutert, wie die Bauzeit für Vortriebe etc. zu ermitteln ist, und Festlegungen bezüglich Nebenleistungen und zu berücksichtigende Arbeiten getroffen.

Zusätzlich ist darauf zu achten, dass die Gemeinkostenpositionen und die Leistungspositionen mit den Angaben in den Bauzeittabellen zu verknüpfen sind, sodass sich eine zeitliche Änderung im Bauzeitmodell in der Vergütung widerspiegelt. Die Vordersätze im Leitungsverzeichnis und in den Bauzeittabellen basieren auf den prognostizierten Mengen der Phase 1-Planung. Die abgeschlossene Erstellung aller Ausschreibungsunterlagen stellt das Ende der Phase 2-Leistungsbeschreibung und Vergütungsregelungen dar.

### Phase 3–Angebotsbearbeitung und Angebotslegung

Im nächsten Schritt wird die Ausschreibung veröffentlicht und die Phase 3–Angebotsbearbeitung und Angebotslegung beginnt. Dabei ermitteln die Bieter auf Basis der Leistungsbeschreibung und der vorgegebenen Mengen die Preise. Zusätzlich zu der Preisermittlung müssen die Bieter in den Ausschreibungsunterlagen vorgesehene Bieterlücken bezüglich Vortriebsgeschwindigkeit (m/KT), Betoniergeschwindigkeiten (m/KT), Abminderungsfaktoren für Wassererschwernisse (%), Zusatz-Festzeiten, Zusatzzeiten für Sonder- und Zusatzmaßnahmen, usw. angeben.

Mit diesen Bieterangaben errechnet sich in Verbindung mit den angegebenen Mengenvordersätzen eine angebotene, prognostizierte Gesamtvortriebsdauer bzw. Gesamtbauzeit. Die angebotene, prognostizierte Gesamtvortriebsdauer bzw. Gesamtbauzeit basiert somit auf den Bieterangaben und auf den prognostizierten Mengenvordersätzen, welche wiederum auf den Ergebnissen der Phase 1-Planung aufbauen.

#### Phase 4-Bauabwicklung

In der Phase 4-Bauabwicklung sind die Tunnelbauarbeiten in Gange. Im Zuge der Abwicklung können nun verschiedene Ereignissen auftreten, die Änderungen der Bauzeit und der Vergütung zur Folge haben und entweder mit Vorkehrungen im Bauzeit- und Vergütungsmodell abgedeckt sind oder eben nicht. Zum Beispiel können sich aufgrund der tatsächlich angetroffenen Baugrundverhältnisse folgende Änderungen, die im Bauzeit- und Vergütungsmodell berücksichtigt sind, ergeben:

- Verschiebung der Vortriebsklassenverteilung: Die mengenmäßige Verschiebung der Verteilung der Vortriebsklassen hat zur Folge, dass sich die Vortriebsdauer ebenso ändert. Die neue vertraglich zu vergütende Vortriebsdauer errechnet sich aus der vertraglichen Vortriebsgeschwindigkeit (im Angebot ausgefüllte Bieterangabe) und dem geänderten Vordersatz aus der Verteilung der Vortriebsklassen. Diese Änderung hat einerseits Auswirkung auf die Bauzeit und andererseits auf die Vergütung, da sich die Vordersätze der Leitungspositionen [ $\text{m}^3$ ] und die Vordersätze für die Gemeinkostenpositionen (KT) ändern.
- Neue Vortriebsklasse: Aufgrund der tatsächlich angetroffenen Baugrundverhältnisse ist eine neue Vortriebsklasse (Abschlagslänge, Stützmittelzahl) notwendig. Die Vortriebsgeschwindigkeit und der Einheitspreis der neuen Vortriebsklasse basieren auf den Vortriebsgeschwindigkeiten und Einheitspreisen der angebotenen Vortriebsklassen und werden mithilfe einer festgelegten Formel ermittelt.
- Wassererschwernisse: Grundsätzlich sind zusätzliche Vortriebszeiten aufgrund von Wassererschwernissen bereits in den angebotenen, prognostizierten Vortriebsdauern berücksichtigt. Weichen die zusätzlichen Vortriebszeiten aufgrund von Wassererschwernisse nun von den angebotenen Zeiten ab, so wird diese Abweichung in der vertraglich zustehenden Bauzeit und in der Vergütung berücksichtigt.
- Sonder- und Zusatzmaßnahmen: Werden aufgrund der tatsächlich angetroffenen Baugrundverhältnisse Sonder- und Zusatzmaßnahmen in einem höherem bzw. geringerem Ausmaß notwendig als prognostiziert und im Angebot angeführt, so wirkt sich diese Abweichung ebenso auf die Bauzeit und die Vergütung aus.
- Im Weiteren können Ereignisse während der Bauabwicklung die prognostizierten Zusatz-Festzeiten, Stillliegezeiten, Zeiten für Vortriebsunterbrechungen, Zeiten für Spezialtiefbaumaßnahmen abändern und dadurch eine Änderung der vertraglichen Bauzeit und Vergütung bewirken.

Zusammengefasst bedeutet das, dass im Zuge der Angebotslegung und des Zuschlags Leistungsangaben bezüglich Vortriebsgeschwindigkeit, Betoniergeschwindigkeit, verminderter Vortriebsgeschwindigkeit unter Wassererschwernissen, Zusatz- und Sondermaßnahmen und Festzeitangaben bezüglich Zusatz-Festzeiten, Festzeiten, Spezialtiefbaumaßnahmen, etc. angegeben werden und diese als vertragliche Grundlage festgelegt werden. Kommt es nun zu einer Änderung aufgrund der tatsächlich angetroffenen Baugrundverhältnisse, werden diese Leistungsangaben bzw. die dem LV zugrunde liegenden Mengen auf Basis des Vertrags fortgeschrieben. Da diese Fortschreibung in den Vertragsbestimmungen der ÖNORM B 2203 Teil 1 und 2 geregelt ist bzw. in den besonderen

oder technischen Vertragsbestimmungen, sofern es eine Ergänzung bzw. Abweichung zur ÖNORM B 2203 gibt, sind auch die fortgeschriebenen Leistungsangaben und Mengen bereits vertraglich vereinbart.<sup>105</sup>

## 4.2 Ausschreibung

Die Ausschreibungsvorbereitung ist für komplexe Infrastrukturbauwerke, wie z.B. Tunnelbauprojekte, von besonderer Bedeutung. In der Ausschreibungsvorbereitung werden die Weichen für eine erfolgreiche, wirtschaftliche und termingerechte Ausführung gestellt. Besonders für die Implementierung eines flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells müssen im Zuge der Ausschreibungsvorbereitung weitaus mehr Ereignisse während der Ausführung antizipiert werden als für Hochbauprojekte oder dergleichen. Das heißt, Überlegungen für ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell müssen bereits in der eigentlichen Planungsphase berücksichtigt werden. Die einzelnen Projektphasen eines Bauprojekts gliedern sich lt. Oberndorfer<sup>106</sup> folgendermaßen:

- Bereich 1: Grundlagenermittlung (1 Phase)
- Bereich 2: Eigentliche Planungsphase (3 Phasen: Vorentwurf, Entwurf, Ausführungsplanung)
- Bereich 3: Technisch-wirtschaftliche Dienstleistungsphasen (3 Phasen: Ausschreibung und Vergabe, Örtliche Bauaufsicht, Ab- und Übernahme)
- Bereich 4: Ausführungsphase (1 Phase: Parallelphase zur Örtlichen Bauaufsicht und Ab- und Übernahme)

Die Erarbeitung und Implementierung eines flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells in die Ausschreibung erstreckt sich über die Bereiche 2 und 3. Das Ziel der Erarbeitung und Implementierung sind die fertiggestellten Ausschreibungsunterlagen, in denen das Flexible Bauzeit- und Vergütungsmodell beschrieben ist und die Systematik des Bauzeit- und Vergütungsmodell erläutert wird.

Im Folgenden wird beschrieben, wie eine Ausschreibung in Verbindung mit einem flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodell (i.F. FBVM) zu gestalten ist. Eine Beschreibung, welche Schritte in welcher Projektphase detailliert zu setzen sind, wird nicht beschrieben, dies würde den Rahmen dieser Diplomarbeit übersteigen. Die Gestaltung der Ausschreibung im Hinblick auf ein FBVM soll anhand folgender Fragestellungen erklärt werden:

- Auf welcher Grundlage werden die Ausschreibungsunterlagen für ein FBVM erstellt?
- Wie ist die Bauzeit in den Ausschreibungsunterlagen zu beschreiben?
- Wie fließen die Bauzeitüberlegungen des AG in die Ausschreibung ein?
- Wie gestaltet sich das Leistungsverzeichnis für ein FBVM? Gibt es hier Besonderheiten?
- Welche Leistungspositionen sind für ein FBVM im Tunnelbau maßgeblich?
- Welche zeitgebundenen Gemeinkostenpositionen sind für ein FBVM im Tunnelbau maßgeblich?
- Welche weiteren Positionen fließen in das FBVM ein?

<sup>105</sup>Vgl. [2] Bundestanstalt für Straßenwesen (Hrsg.), S. 6

<sup>106</sup>Vgl. [11] Oberndorfer, S. 52

- Welche Bieterlücken/Bieterangaben sind in Verbindung mit einem FBVM in der Ausschreibung notwendig?
- Wie sieht ein gesammeltes Konvolut von Ausschreibungsunterlagen aus?

#### 4.2.1 Grundlage der Ausschreibung

Grundsätzlich sind auf Basis der Planung, der durchgeführten Untersuchungen und weitere Analysen in der Ausschreibungsphase die Anforderungen an das Bauverfahren und die Vertragsbedingungen aufzustellen.<sup>107</sup> Das im Rahmen der Entwurfs- bzw. Ausschreibungsplanung erstellte Leistungsverzeichnis bildet im Aufbau die geplante Kostenstruktur des Bauablaufs ab. Dabei ist Voraussetzung, dass in der Entwurfs- bzw. Ausschreibungsplanung ein machbarer und wirtschaftlicher Bauablauf geplant wird.

Das Leistungsverzeichnis wird anhand einer abgeschlossenen Ausschreibungsplanung in Verbindung mit einem tunnelbautechnischen Rahmenplan, dem geotechnischen Bericht und eines Rahmenterminplans erstellt. Die Inhalte des geotechnischen Berichts (siehe Tab. 4.2) und des tunnelbautechnischen Rahmenplans (siehe Tab. 4.3) sind je nach Vortriebsmethode unterschiedlich.

**Tab. 4.2:** Inhalte des geotechnischen Berichts

Zyklischer Vortrieb	Kontinuierlicher Vortrieb
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurzdarstellung der Ergebnisse der Baugrunderkundungen und deren Interpretation</li> <li>• Beschreibung der Gebirgsarten sowie der hierfür maßgebenden Parameter</li> <li>• Beschreibung der prognostizierten Gebirgsverhaltenstypen</li> <li>• Bericht über die Festlegung von Ausbruch und Stützung, der angewandten Berechnungsmethoden sowie der durchgeführten Nachweise</li> <li>• Beschreibung und skizzenhafte Darstellung des Systemverhaltens in allen Bereichen</li> <li>• Definition der Kriterien zur Zuordnung der Baumaßnahmen zum Systemverhalten im Ausbruchsbereich</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kurzdarstellung der geologischen und hydrogeologischen Ergebnisse der Baugrunderkundung sowie deren Interpretation</li> <li>• Beschreibung der Gebirgsarten mit den maßgebenden Parametern</li> <li>• Beschreibung der prognostizierten Gebirgs- und Ortsbrustverhaltenstypen sowie die Darlegung der hierfür maßgebenden Einflussfaktoren, der durchgeführten Untersuchungen und zu Grunde gelegten geotechnischen Modellvorstellungen und Rechenwerte</li> <li>• Beschreibung und skizzenhafte Darstellung des Systemverhaltens in den TVM-Bereichen gem. Tab. 1</li> </ul>

<sup>107</sup>Vgl. [5] Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e.V., S. 47

- Tunnelbautechnischer Rahmenplan
- Verteilung der Vortriebsklassen über die Länge des aufzufahrenden Hohlraumes
- Einfluss von Besonderheiten wie Konkretionen, Blöcken, Scherkörpern auf das Systemverhalten
- Erläuterung zur Wahl des tunnelbautechnischen Konzepts, einschließlich Bericht über die Festlegung von Regel-, Zusatz- und Sondermaßnahmen für alle TVM-Bereiche I bis V, die Darlegung der hierfür maßgebenden Kriterien, der angewandten Berechnungsmethoden sowie der durchgeführten Nachweise
- Abgrenzung vom bau- und maschinentechnischen gleichartigen Gebirgsbereichen
- Beschreibung der Art und des Umfangs der Vorauserkundungen
- Zusätzlich zur geotechnischen Beschreibung des Baugrundes in-situ, Darstellung der Ermittlung der Materialeigenschaften im Abbauprozess und auf dem Förderweg (verfahrens- und maschinentechnische Charakterisierung des Baugrundes)
- Definition der Kriterien zur Zuordnung der Baumaßnahmen zum Systemverhalten in allen TVM-Bereichen I bis V
- Hinweise zu Toleranzen und Vorhaltenmaßen (TVM-Fahrt, Ovalisierung, etc.)
- Tunnelbautechnischer Rahmenplan  
Verteilung der Vortriebsklassen über die Länge des aufzufahrenden Hohlraumes (Ausschreibungsphase)

**Tab. 4.3:** Inhalte des tunnelbautechnischen Rahmenplans

Zyklischer Vortrieb	Kontinuierlicher Vortrieb
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Geologisches Modell mit Verteilung der erwarteten Gebirgsarten im Längsschnitt (Baugrundmodell)</li> <li>• Darstellung des erwarteten Systemverhaltens im Ausbruchbereich für die jeweiligen Gebirgsarten und Einflussfaktoren (z.B. Überlagerung, Orientierung der Strukturen zum Untertagebauwerk)</li> <li>• Vorgaben für die Festlegung der Baumaßnahmen vor Ort, bezogen auf das Systemverhalten im Ausbruchsbereich</li> <li>• Kriterien für die Zuordnung der bautechnischen Maßnahmen</li> <li>• Vorgabe für Ausbruch und Stützung (z.B. Abschlagslängen, Abbaufolgen, Übermaß, Vortriebsgeschwindigkeiten, Sohlschlussbedingungen, Stütz- und Sicherungsmaßnahmen)</li> <li>• Anwendungskriterien für die bautechnischen Maßnahmen</li> <li>• Angabe jener Maßnahmen, die vor Ort festzulegen sind (z.B. vorseilende Stützmaßnahmen, Ortsbruststützung, Entwässerungsmaßnahmen, etc.)</li> <li>• Angaben zum erwarteten Systemverhalten in den gesicherten Bereichen (Verformungsverhalten, Auslastungsgrad der Stützmittel, etc.), Warnkriterien und Alarmwerte, sowie Angabe der durchzuführenden Maßnahmen entsprechend dem geotechnischen Sicherheitsmanagementplan</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gebirgscharakteristik einschließlich Gesteinsart, Baugrundmodell</li> <li>• Geometrische Daten wie Überlagerung, Geländehöhe, Kilometrierung, Vortriebsrichtung</li> <li>• Gebirgsbereiche</li> <li>• Grund- und Bergwasserprognose (Bau- und Betriebsphase) einschließlich Gebirgsdurchlässigkeit, Druckhöhen, Angaben zur Druckentspannung und Abklingen der Bergwasserzutritte im Ortsbrustbereich</li> <li>• Verteilung der prognostizierten Gebirgsarten und deren Wechselhaftigkeit</li> <li>• Verteilung des prognostizierten Systemverhaltens in den Bereichen I bis V</li> <li>• Geotechnische und bautechnische Besonderheiten</li> <li>• Angaben für den Einsatz von Regel-, Zusatz- und Sondermaßnahmen</li> <li>• Geplante Betriebsweise</li> <li>• Mindest- und Maximalvorgaben für Stützdruck</li> <li>• Vorauserkundung</li> <li>• Vorauserkundung, Geotechnische Messungen (Typen und Verteilung des Messquerschnittes, Messtübbinde)</li> </ul>

Aus den Inhalten des geotechnischen Berichts und des tunnelbautechnischen Rahmenplans ist klar ersichtlich, dass diese die wesentliche Grundlage für die Bauzeitüberlegungen des AG im Zuge der Ausschreibungsvorbereitung und für die Erstellung des Leistungsverzeichnisses sind.

### 4.2.2 Bauzeit

Die Bauzeit ist grundsätzlich jener Zeitraum, der für die Durchführung des Bauvorhabens vertraglich vereinbart wird.<sup>108</sup> Üblicherweise wird die zur Verfügung stehende Bauzeit für die gewerkespezifischen Leistungen vom AG sehr genau vorgegeben. Der Bieter hat nun seine Produktionsfaktoren auf die zur Verfügung stehenden Fristen anzupassen. Dem Bieter bzw. späteren Auftragnehmer ist es somit nur bedingt möglich, eine optimale Auslastung seiner Produktionsfaktoren dem Angebot zugrunde zu legen, da die Fristen für gewerkespezifischen Leistungen bereits vom AG vorgegeben sind.

Hier unterscheidet sich die Ausschreibung i.V.m. einem FBVM deutlich von Ausschreibungen, bei denen der Rahmenterminplan die Bauzeiten für einzelne Gewerke vorgibt. Die Ausschreibungsunterlagen beinhalten zwar einen Rahmenterminplan als Vorgabe vom AG, jedoch werden hier nur pönalisierte Vertragstermine, die aufgrund von Rahmenbedingungen unbedingt einzuhalten sind, dargestellt. Die detaillierte Einteilung des Bauverfahrens und die terminliche Planung obliegt dem Bieter. Dies hat zur Folge, dass in den Ausschreibungsunterlagen die zugrundeliegenden Parameter, die zur Ermittlung der Bauzeit dienen, vom Bieter abgefragt werden müssen, um eine Vergleichbarkeit der Angebote herstellen zu können. Die Abfrage dieser Bauzeit-Parameter wird über Bieterangaben bewerkstelligt. Das heißt, der Bieter bestimmt zu einem großen Grad selbst, mit welchem Tempo (im Tunnelbau die Vortriebs- bzw. Betoniergeschwindigkeit) das Bauwerk hergestellt wird.

Natürlich müssen nicht nur die zeitbestimmenden Parameter abgefragt werden, sondern die Teilbauzeiten müssen deutlich genauer gegliedert werden als in anderen Ausschreibungen. Dies hat zur Folge, dass der Bauzeitermittlung in den Ausschreibungsunterlagen während der Ausschreibungsvorbereitung bedeutend mehr Aufmerksamkeit geschenkt werden muss und auch von den Bietern viel Augenmerk im Zuge der Angebotsbearbeitung auf die Bauzeitermittlung zu legen ist. Es kommt hinzu, dass die Bauzeit eng mit der Vergütung verknüpft ist und somit die Ausgestaltung von Leistungs- und Gemeinkostenpositionen ebenso auf die Bauzeitermittlung abgestimmt werden muss.

Um die Besonderheiten in Hinblick auf die Bauzeit für ein FBVM zu erläutern, wird zuerst auf die speziellen Erfordernisse bei Tunnelbauprojekten eingegangen. Darauf folgend sollen die Bauzeitüberlegungen des AG behandelt werden, vor allem wie diese in die Ausschreibungsunterlagen einfließen und auf welchen Grundlagen diese basieren. Danach wird erläutert, wie die Bauzeitermittlung in den Ausschreibungsunterlagen für ein FBVM zu beschreiben ist und wie die Vorgangsweise aussieht bzw. welche Hilfsmittel dafür herangezogen werden.

#### 4.2.2.1 Besonderheiten der Bauzeit bei Tunnelbauprojekten

Im Zuge der Ausschreibungsvorbereitung bzw. -planung muss sich der AG die Frage stellen, wie lange eine realistische Bauzeit sein kann und wie sich diese aus den einzelnen Teilzeiten zusammensetzt. Besonders die Fragestellung aus welchen Teilzeiten sich die Bauzeit zusammensetzt ist von großer Bedeutung. Denn zum einen müssen lange, komplexe Vorhaben in kürzere Teilfristen getrennt werden, um sie besser abschätzen zu können und andererseits verlangen die Besonderheiten des Tunnelbaus ebenso eine dementsprechende Gliederung, da die Bauverfahren in der zeitlichen Ausdehnung stark variieren und somit eine Einzelbetrachtung je Bauverfahren und Bauwerk notwendig ist.

Für komplexe Tunnelbauprojekte ist es daher sinnvoll, die einzelnen Bauwerke und Bauverfahren für die Bauzeitbetrachtung aufzuschlüsseln. Bei innerstädtischen Tunnelbauprojekten kann das Projekt z.B. in folgende grobe Bauwerksgliederung unterteilt werden:

<sup>108</sup>Vgl. [12] Oberndorfer und Jodl, S. 71

- Vorarbeiten
- Schachtbauwerke
- Vortriebs- und Betonierarbeiten
  - Streckentunnel in geschlossener Bauweise
  - Streckentunnel in offener Bauweise
  - Stationstunnel in geschlossener/offener Bauweise
  - Aufweitungsbereiche der Tunnelstrecke
- Restarbeiten

Zusätzlich ist eine weitere Gliederung der Bauzeit in Teilbauzeiten notwendig, um den komplexen Bauablauf entsprechend darstellen zu können, eine entsprechende Vergleichbarkeit möglich zu machen und um die Kostenentstehung in der Kalkulation berücksichtigen zu können. Nachdem die Bauzeit für einzelne, komplexe Bauwerke noch immer von vielen unterschiedlichen Faktoren beeinflusst wird, ist es von Bedeutung, dass die Bauzeiten in Teilbauzeiten untergliedert werden. Die Bauzeit für z.B. einen Streckentunnel in geschlossener Bauweise ist unterteilt in die Teilbauzeiten:<sup>109</sup>

- Teilbauzeit 1: Baubeginn bis Vortriebsbeginn
- Teilbauzeit 2: Vortriebsbeginn bis Betonierende
- Teilbauzeit 3: Betonierende bis Bauende

Die Teilbauzeiten fügen sich zur Gesamtbauzeit zusammen, wobei sich diese aus dem kritischen Wege über die einzelnen veränderlichen und festen Bauzeiten der jeweiligen Bauwerke oder Bauverfahren ergibt. Die einzelnen Teilbauzeiten gliedern sich wiederum in viele weitere Teilbauzeiten für z.B. Festzeiten für das Abteufen des Schachtaushubs, Festzeit für die Herstellung des Schachts, Vortriebsarbeiten, Betonierarbeiten, etc.

**EXKURS – Kritischer Weg<sup>110</sup>:** Ein Bauprojekt besteht aus unzähligen einzelnen Vorgängen. Diese Vorgänge werden teilweise parallel nebeneinander, nacheinander oder versetzt ausgeführt, sie haben also Abhängigkeiten zueinander. Aufgrund der Abhängigkeiten der einzelnen Vorgänge bildet sich ein Netz von Vorgängen. Im Netz ist eine Abfolge von Vorgängen ersichtlich, die am sogenannten kritischen Weg liegen. Vorgänge am kritischen Weg sind jene Vorgänge, die, wenn sie um eine bestimmte Zeitdauer verlängert werden, auch die Gesamtzeit um dieselbe Zeitdauer verlängern. Ende Exkurs

Die in Abbildung 4.1 angeführten Teilbauzeiten 1 und 3 sind Festzeiten. Das heißt, dass entweder der Auftragnehmer im Bauzeitplan angeben muss, wann er mit den ersten Vortriebsarbeiten nach Beginn der Bauarbeiten startet oder der AG für diesen Zeitraum eine Festzeit in der Ausschreibung vorsieht. Die Teilbauzeit 2, welche den Vortrieb und das Betonieren der Innenschale beinhaltet, ist variabel. Die Teilbauzeit 2 errechnet sich aus der in der Ausschreibung prognostizierten Vortriebsgeschwindigkeit, die eine Bieterangabe ist, und aus der vom AG vorgegebenen Verteilung der Vortriebsklassen. In Abbildung 4.1 sind 3 Teilbauzeiten ersichtlich und darüberhinaus eine weitere Unterteilung der Teilbauzeit 2. Die Teilbauzeit 2 wird weiter

<sup>109</sup>Vgl. [2] Bundestanstalt für Straßenwesen (Hrsg.), S. 6

<sup>110</sup>Vgl. [8] Kropik, S. 661

unterteilt in eine Frist für den eigentlichen Tunnelvortrieb und in eine Frist für das Herstellen der Tunnelinnenschale, da für den Vortrieb und den Herstellvorgang der Innenschale jeweils eine eigene Bieterangabe abgefragt werden kann. Diese Gliederung der Bauzeit ist für ein FBVM

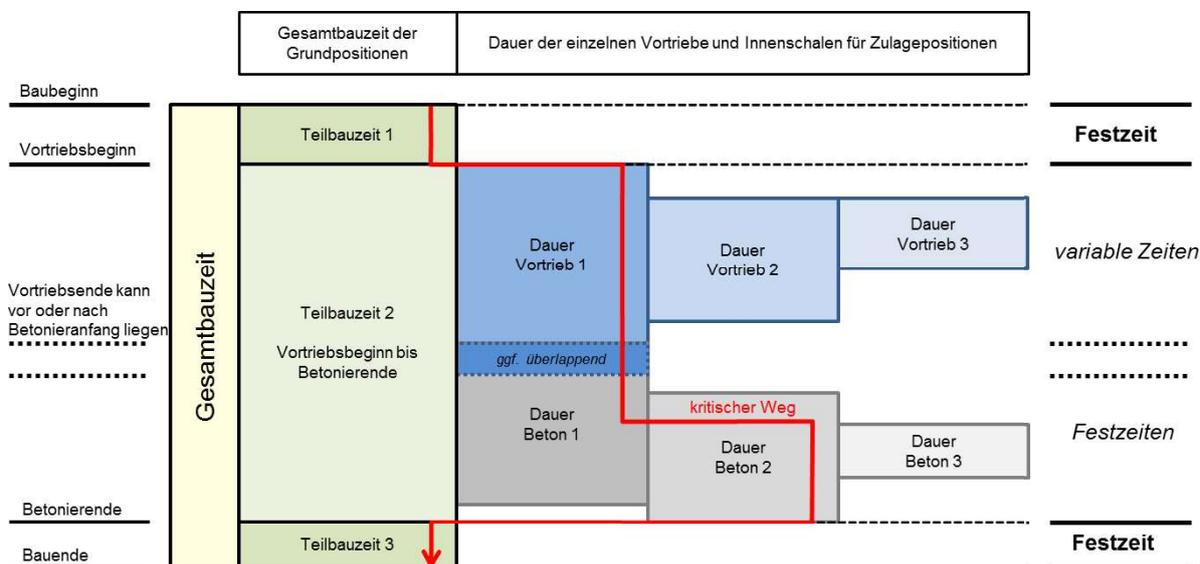


Abb. 4.1: Beschreibung der Teilbauzeiten (Quelle: Bundesanstalt für Straßenwesen [2, S. 9])

erforderlich, um feste und veränderliche Zeiten getrennt darzustellen und Bieterangaben für die veränderlichen, aber auch für die festen Zeiten, abfragen zu können. Darüber hinaus ist eine feine Gliederung nach Bauwerk, Bauverfahren und feste oder veränderliche Zeit erforderlich, um bei einer eventuellen Fortschreibung einer Teilbauzeit eine andere Teilbauzeit nicht zu beeinflussen oder zu verzerren. Die Auswirkungen einer solchen genauen Betrachtung der Bauzeit spiegelt sich in den Ausschreibungsunterlagen wider. Einerseits muss genau erklärt werden, wie sich die Teilbauzeiten zu einer Gesamtbauphase zusammenfügen (Baueittabellen und Erläuterungen zum Bauzeitmodell), welche Leistungen in den einzelnen Teilbauzeiten enthalten sind und andererseits müssen sich die Teilbauzeiten im Leistungsverzeichnis als Positionen widerspiegeln. Zusammengefasst kann die Thematik anhand folgender Bauzeit-Begriffe gut erläutert werden, die für ein FBVM unumgänglich sind:

- Die **Soll-Bauzeit im Zuge der Ausschreibungsplanung** basiert auf den Bauzeitüberlegungen des AG und baut auf den Abschätzungen für die Vortriebsgeschwindigkeit und der prognostizierten Verteilung der Vortriebsklassen auf. Hinzu kommen abgeschätzte Stillliegezeiten, Zeiten für Vortriebsunterbrechungen, Zeiten für Erschwernisse und Zusatz- und Sondermaßnahmen.
- Die eigentliche **Soll-Bauzeit** ergibt sich aus den Angaben des AN im Angebot und der vom AG prognostizierten Verteilung der Vortriebsklassen. Die Angaben des AN im Angebot sind Leistungsangaben für die Vortriebsgeschwindigkeit, Zeitangaben für Erschwernisse, Sonder- und Zusatzmaßnahmen und sonstige Festzeitangaben. Zu diesen Zeiten, die sich aus den Bieterangaben ergeben, sind alle Zeiten, die vom AG festgelegt sind, hinzuzurechnen. Vom AG festgelegte Zeiten können Stillliegezeiten, Zeiten für Vortriebsunterbrechungen oder andere Festzeiten sein. Die Soll-Bauzeit stellt die vertragliche Bauzeit dar.
- Die **Sollte-Bauzeit** ist die vertraglich, abrechenbare Bauzeit. Diese errechnet sich aus der tatsächlichen Verteilung der Vortriebsklassen und den vertraglich vereinbarten Vor-

triebsgeschwindigkeiten je Vortriebsklasse, den tatsächlichen Vortriebsunterbrechungen, eingetretenen Stillliegezeiten und Zeiten für Erschwernisse und Sonder- und Zusatzmaßnahmen. Die Ermittlung der Soll- und Sollte-Bauzeit wird mittels Bauzeittabellen realisiert, in denen die einzelnen Vorgängen, die zugehörigen Leistungs- und Zeitangaben und die tatsächliche Verteilung der Vordersätze angeführt sind.

- Die **Ist-Bauzeit** ist die tatsächlich benötigte Dauer der Vortriebsarbeiten inklusive aller Festzeiten, Stillliegezeiten, Zeiten für Vortriebsunterbrechungen, Erschwernisse und Zusatz- und Sondermaßnahmen. Die Ist-Bauzeit dient weder zur Ermittlung der zur Verfügung stehenden Bauzeit noch zur Ermittlung der Gesamtvergütung.

#### 4.2.2.2 Bauzeitüberlegungen des AG – Rahmenterminplan

Die Bauzeitüberlegungen des AG gründen auf dem zuvor angeführten geotechnischen Bericht und dem tunnelbautechnischen Rahmenplan. Anhand der Vortriebsklassenverteilung und der Vortriebsgeschwindigkeit, welche sich aus den Vorgaben für Ausbruch, Stützung, Sohlschluss, etc. für den zyklischen Vortrieb und aus den Regemaßnahmen, geplante Betriebsweise, etc. für den kontinuierlichen Vortrieb ergeben, werden Bauzeitüberlegungen durchgeführt.

Die Bauzeitüberlegungen des AG bilden die Basis für die Bauzeitermittlung (Bauzeittabellen und Erläuterung zum Bauzeitmodell) in den Ausschreibungsunterlagen. In den Ausschreibungsunterlagen sind die Bauzeitüberlegungen anhand der Bauzeittabellen und Erläuterungen zum Bauzeitmodell ersichtlich. Die Bauzeittabellen und die zugehörigen Erläuterungen müssen auf einem machbaren und wirtschaftlichen Bauablauf, der der Ausschreibung zugrunde gelegt ist, fußen. Die Bauzeitermittlung in den Ausschreibungsunterlagen inklusive Bauzeittabellen wird in nachfolgendem Kap. 4.2.2.3 behandelt.

Der vom AG in der Ausschreibung vorgegebene Rahmenterminplan ist ein Weg-Zeit-Diagramm, in dem die zur Verfügung stehenden Fristen für die Ausführung dargestellt sind. Bei einer Ausschreibung i.V.m. einem FBVM sind im Rahmenterminplan keine Vorgänge, gegenseitige Abhängigkeiten von Bauabläufen bzw. keine Reihenfolge von Bauabläufen ersichtlich. Es sind nur Fristvorgaben, die aus Randbedingungen resultieren, im Rahmenterminplan angegeben. Randbedingungen, die terminlichen Vorgaben für den Rahmenterminplan darstellen, können sein:

- Verkehrsphasen,
- Betriebssperren,
- Vorarbeiten
- Hausertüchtigungsmaßnahmen,
- Setzungsstabilisierungsmaßnahmen,
- Einbautenumlegungen und
- Behördenverfahren und Genehmigungsverfahren.

Auf Basis des Rahmenterminplans vom AG hat der Bieter im Zuge der Angebotsbearbeitung einen detaillierten Ausführungsterminplan zu erstellen, in dem die bereits erwähnten Vorgänge, Abhängigkeiten und Reihenfolgen von Bauabläufen ersichtlich sind. Die Bauzeitermittlung in den Ausschreibungsunterlagen, in denen der Bieter einige Bieterangaben im Zuge der Angebotsbearbeitung einzutragen hat, wird im folgenden Kapitel behandelt.

### 4.2.2.3 Bauzeitermittlung in den Ausschreibungsunterlagen

Die Bauzeitermittlung in den Ausschreibungsunterlagen ist einer der Kernpunkte eines flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells. Die Bauzeitermittlung wird anhand von verschiedenen Tabellenblättern durchgeführt. Die Tabellenblätter werden begleitet durch Erläuterungen zum Bauzeitmodell, in denen die Bauzeitermittlung anhand der Tabellenblätter erklärt wird. In den Ausschreibungsunterlagen sind diese zwei Bestandteile als:

- Erläuterungen zum Bauzeitmodell und
- Bauzeittabellen

angeführt. In den Erläuterungen zum Bauzeitmodell ist detailliert beschrieben, welche Leistungen in welche Teilzeiten einfließen und wie sich diese berechnen. Die in den Erläuterungen zum Bauzeitmodell behandelten Teilzeiten, Vorgänge, etc. werden in den verschiedenen Bauzeittabellen als Teilzeiten oder einzelne Vorgänge abgebildet und errechnen die Teilbau- bzw. Gesamtbauzeiten. Um die Übersichtlichkeit der Einzelvorgänge, Teilbauzeiten, Gesamtbauzeit etc. zu behalten sind verschiedene Bauzeittabellen vorzusehen. Es gibt Bauzeittabellen für:

- Summentabellen für die Gesamtbauzeit,
- Summentabellen für die Gesamtvortriebsdauer,
- Summentabellen für die jeweiligen LV-Positionen und die dazugehörigen Zeiten,
- Tabellen für die Vortriebsdauer,
- Tabellen für Zusatzzeiten,
- Tabellen für Wassererschwernisse und
- Tabellen für Betonarbeiten.

Die Zeiten der Tabellen in denen Bieterangaben vorgesehen sind, werden in die Summentabellen z.B. für die Gesamtvortriebsdauer oder die Gesamtbauzeit übertragen. Im Folgenden wird auf:

- Die Ermittlung der Gesamtbauzeit,
- die Ermittlung der Festzeiten,
- die Ermittlung der Vortriebsdauer,
- die Ermittlung von Zeiten für Betonarbeiten,
- die Ermittlung von Zeiten für Wassererschwernisse und
- die Ermittlung von Zusatzzeiten

detailliert eingegangen.

### Ermittlung der Gesamtbauzeit

Die Gesamtbauzeit ermittelt sich aus den unterschiedlichen Teilbauzeiten. Die Gesamtbauzeit muss prinzipiell projektspezifisch in Teilbauzeiten (fest oder veränderlich) gegliedert werden. Beispielhaft kann folgende Gliederung der Gesamtbauzeit angeführt werden:

- Festzeit: Baubeginn bis frühester Beginn des Vortriebs
- Veränderliche Zeit: Gesamtvortriebsdauer
- Veränderliche/Feste Zeit: Zeitdauer Ende Vortrieb bis Betonierende
- Festzeit: Betonierende bis Bauende

Dabei kann für die Festzeiten Baubeginn bis Beginn des Vortriebs und Betonierende bis Bauende eine Bieterangabe in der Ausschreibung vorgesehen werden oder diese wird vom AG als Festzeit vorgegeben. Abb. 4.2 stellt ein solches Tabellenblatt zur Ermittlung der Gesamtbauzeit dar. Die einzelnen Teilbauzeiten für die Gesamtvortriebsdauer oder die Zeitdauer Ende Vortrieb bis Betonierende werden von anderen Tabellenblättern übertragen, in denen diese Zeiten detaillierter aufgeschlüsselt sind. Ebenso ist ersichtlich, dass in diesem Fall für die Festzeiten für Baubeginn bis Vortriebsbeginn und Betonierende bis Bauende vom AG Maximal- und Minimalfristen vorgegeben werden und der Bieter eine Bieterangabe für diese Fristen anzugeben hat.

### Ermittlung der Festzeiten

Die Ermittlung der Festzeiten kann pauschal über eine Bieterangabe oder eine Festlegung des AG erfolgen oder die Festzeit wird in einem eigenen Tabellenblatt in die durchzuführenden Leistungen während der Festzeit gegliedert. Für die Leistungen, die in der Festzeit beinhaltet sind, hat der Bieter nun Zeitangaben zu nennen. Die Summe der Festzeit wird wiederum in das Summenblatt der Gesamtbauzeit übertragen. Festzeiten können für folgende Fristen vorgesehen werden:

- Bauvertragsbeginn bis Baubeginn
- Baubeginn bis frühester Vortriebsbeginn
- Betonierende bis Bauende

Für die Frist zwischen Baubeginn und Vortriebsbeginn können z.B. Zeitangaben für folgende Leistungen abgefragt werden:

- Zeitraum für Baustelleneinrichtung, Einbautenumlegung, und Umlegung der Verkehrsführung,
- Zeitraum für Spezialtiefbaumaßnahmen,
- Zeitraum für Herstellung Schachtaushub und
- Zeitraum zwischen Fertigstellung Schachtaushub bis Vortriebsbeginn.

In Abb. 4.3 sind die exemplarische Festzeiten ersichtlich, dabei wird in der Spalte B die genaue Bezeichnung der jeweiligen Festzeit angeführt, so dass die Verknüpfung mit den Erläuterungen zum Bauzeitmodell gegeben ist.

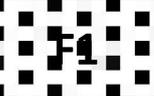
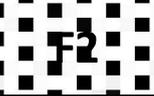
Zeilen-Nr.	A	B	C	D	E	F
	Bezeichnung	Beschreibung	Prognostizierte Dauern [KT]	Bieterangabe	Vorgabe Dauern [KT]	
					MIN	MAX
1		Baubeginn bis frühester Beginn Vortrieb	30,00	40,00	14,00	30,00
2	ZV	Gesamtvortriebsdauer	238,13	aus Tabelle ZYST Zeile (7) Spalte [C]		
3	ZB	Zeitdauer Ende Vortrieb bis Betonierende	58,00	aus Tabelle ZB Zeile (8) Spalte [C]		
4	V	Zeitdauer Baubetrieb von Ende F1 bis Ende Betonieren	296,13	Summe aus Zeile [2] + Zeile [3] Spalte [C]		
5		Zeitdauer Ende Betonieren bis Bauende	40,00	40,00	14,00	60,00
6	ZERNE	Gesamtbauzeit F1+VG+F2 Gesamtbauzeit brutto einschließlich Stillliegezeiten	366,13	<b>pönalisierte Dauer eingehalten</b>		
7	<b>vorgegebene Dauer pönalisiert</b>		<b>420,00</b>			
		Bieterangabe				
		Übernahme				
		Berechnung				
		Vorgabe				
		Bestandteile des kritischen Weges				

Abb. 4.2: Beispielhafte Summentabelle für die Gesamtbauzeit (Quelle: Bundesanstalt für Straßenwesen [2, S. 45])

### Ermittlung der Vortriebsdauern

Die Gesamtvortriebsdauer wird in einem eigenen Tabellenblatt ermittelt. Dort wird einerseits die vertragliche Vortriebsdauer (netto) anhand der Bieterangaben und der prognostizierten Vortriebsklassenverteilung ermittelt. Andererseits werden die Zusatzzeiten, die für die Ermittlung der Gesamtvortriebsdauer mitberücksichtigt werden müssen, von spezifischen Bauzeitablen übertragen. Dabei werden die Zusatzzeiten für Vortriebsunterbrechung, Wassererschwerisse oder Zusatz- und Sondermaßnahmen in der netto Vortriebsdauer berücksichtigt. Dahingegen werden Zeit für Abgänge und Stilliegezeiten in der brutto Vortriebsdauer berücksichtigt.

Die vertragliche Vortriebsdauer wird anhand der Bieterangabe und der prognostizierten Verteilung der Vortriebsklassen ermittelt. Die Vortriebsgeschwindigkeiten (Bieterangabe) werden durch die prognostizierten Längen der einzelnen Vortriebsklassen dividiert. Daraus ergibt sich die Vortriebsdauer. In den jeweiligen Bauzeitablen gibt der Bieter die Vortriebsgeschwindigkeit für die

Zeilen-Nr.	A	B	C	D	E	F	G
	Bezeichnung	Beschreibung	Prognostizierte Dauern	Bieter Angabe	Vorgabe Dauern [KT]		Bautag
			[ KT ]		MIN	MAX	
1	<b>F0-SSBG</b>	Festzeit Bauvertragsbeginn bis Baubeginn	0,00		0,00	90,00	0,00
2	<b>Z SSBG-E</b>	Festzeit Baubeginn bis Beginn Schachtarbeiten: Baustelle Einrichten & Einbautenumlegungen	90,00		90,00	180,00	90,00
3		Festzeit Schachtherstellung Bauphasen 2 bis Bauphasen 11	0,00				90,00
4		Stilliegezeit während Schachtherstellung	10,00				100,00
5		Bauzeit Schachtherstellung bis einschließlich Bauphase 11	100,00				
6		Festzeit Fertigstellung Bauphase 11 bis Vortriebsbeginn P2	0,00				100,00
7	<b>F1-P2</b>	Festzeit Baubeginn bis Vortriebsbeginn P2	100,00				
8	Z-SSBG	Bauzeit Baubeginn bis möglichem Vortriebsbeginn Verbindungstunnel Bauzeit brutto einschließlich Stilliegezeiten	100,00				
9		Festzeit Schachtausbau bis zum Ende Rohbau	0,00				

**Abb. 4.3:** Beispielhafte Bauzeittabelle für Festzeiten (Quelle: Interne Unterlagen der Wiener Linien [23, Jahr 2019])

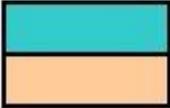
einzelnen Vortriebsklassen an. Der AG kann für die Vortriebsgeschwindigkeiten Einschränkungen vorgeben. Zum Beispiel können Ober- und Untergrenzen festgelegt werden. Sind Grenzwerte festgelegt, so werden höhere oder niedrigere Vortriebsgeschwindigkeiten nicht berücksichtigt. Je nachdem ob der Vortrieb im Voll- oder Teilausbruch durchgeführt wird, müssen auch die Sohl- oder Strossenvortriebe in der Gesamtfortriebsdauer berücksichtigt werden.

Abb. 4.4 beschreibt eine Bauzeittabelle für die Gesamtfortriebsdauer, in der die Zeitermittlung der einzelnen Vortriebsklassen, die Zeiten für Wassererschwerbnisse, Zusatz- und Sondermaßnahmen, Vortriebsunterbrechungen und Vortriebsstilliegezeiten berücksichtigt sind. Eine andere Möglichkeit wird in Abb. 4.5 dargestellt. In dieser Tabelle werden die Zusatzzeiten für Wassererschwerbnisse und Zusatz- und Sondermaßnahmen nicht berücksichtigt.

zyklischer Vortrieb		Stollen			
Ermittlung der Gesamtvortriebsdauer					
Zeilen-Nr.	A	B	C	D	E
	Vortriebsklasse	Verteilung [ m ]	Leistungs- angabe netto [ m / KT ]	Prognostizierte Dauern [ KT ]	
1					
2	VKL 3 / 8,22 Anhydrit	198,00	5,50	36,00	
3	VKL 4 / 4,87 / Flysch	30,00	6,50	4,62	
4	VKL 5 / 6,41 / Flysch	61,00	6,00	10,17	
5	VKL 6 / 11,90 / Flysch	192,00	5,00	38,40	
6	VKL 7 / 15,69 >/ Flysch	71,00	4,00	17,75	
7					
8	VKL-K 3 / 2,82 / Kalk	116,00	8,00	14,50	
9	VKL-K 4 / 4,87 / Kalk	73,00	6,00	12,17	
10	VKL-K 5 / 6,41 / Kalk	141,00	5,00	28,20	
11	VKL-K 6 / 11,90 / Kalk	164,00	4,50	36,44	
12					
13					
14	Vortriebsunterbrechung gemäß ÖN B2203-1 Pkt. 3.47			14,00	
15	Zusatzzeiten aus Wassererschwerms		ZZWEZYST	3,31	aus Tabelle WEZYST
16	Zusatzzeiten		ZZZYST	22,58	aus Tabelle ZZZYST
17	ZVZYSTn	1 046,00		238,13	netto Vortriebsdauer
18	Vortriebsstillliegen > 168 h gemäß ÖNORM B2203-1 Pkt 3.46				
19	STSVZYST			10,00	
	Stillliegezeiten Abgang	Anzahl [ STK ]	Dauer je Ereignis [ KT / STK ]	Gesamt Dauer [ KT ]	
20	Barbarafeier	1,00	1,00	1,00	
21	Weihnachtsabgang	1,00	7,00	7,00	
22	Osterabgang	0,00	0,00	0,00	
23	STAVZYST			8,00	
24	ZVZYSTb			256,13	brutto Vortriebsdauer
	Brutto Vortriebsleistung [lfm/KT * 30]			122,51	[m/Mon]

Abb. 4.4: Beispielhafte Bauzeitabelle für die Gesamtvortriebsdauer (Quelle: Bundesanstalt für Straßenwesen [2, S. 42])

Prognostizierte Vortriebsdauer Streckenröhre Tunnel					Tabelle
STROSSE / SOHLE					All. 04
Zeilen Nr.	Vortriebsklasse Kalotte	Mobilisieren	Einheit	II	III = I : II
		Menge		Vortriebs- geschwindigkeit [m/KT]	Vortriebs- dauer [KT]
1	VKL S 4/0,62	149,20	m	10,20	17,07
2	VKL S 4/1,24	81,60	m	10,20	9,33
3	VKL S 4/1,97	51,00	m	10,20	5,83
4	VKL S 5/1,24	28,60	m	7,80	4,28
5	VKL S 5/1,76	52,00	m	6,50	9,33
6	VKL S 5/2,89	15,60	m	5,20	3,50
7		<b>378,00</b>	<b>m</b>	<b>Summe</b>	<b>49,34</b>
8	<b>S6-All.02 Vortriebsunterbrechungen gem ÖNORM B 2203-1, Pkt 3.47 [KT]</b>				3,00
	(vom AG für das Angebot vorgegeben)				
9	<b>ZN-All.02 Prognostizierte Vortriebsdauer [KT]</b>				52,34
	(ohne Vortriebs-Stilliegezeiten als Summe Zeile 7 + 8)				
10	<b>S7-All.02 Vortriebs-Stilliegezeiten gem ÖNORM B 2203-1, Pkt 3.46 [KT]</b>				3,00
	(vom AG für das Angebot vorgegeben)				
11	<b>Z-All.02 Prognostizierte Vortriebsdauer [KT]</b>				55,34
	(inkl. Vortriebs-Stilliegezeiten als Summe Zeile 9 + 10)				



vom Bieter einzusetzen  
berechnet oder aus einer Tabelle

Abb. 4.5: Beispielhafte Bauzeitabelle für die Vortriebsdauer (Quelle: Goger [7, S. 62])

Zusätzlich zu der Erläuterung wie die Vortriebsdauer anhand der angegebenen Vortriebsgeschwindigkeit ermittelt wird, ist in den Erläuterungen zum Bauzeitmodell festzulegen für welche Leistungen, Erschwernisse, Mehraufwände, etc. Zusatzzeiten oder Festzeit-Zuschläge in den Vortriebsdauern inkludiert sind und somit keine Zeiten gesondert ausgewiesen werden. Diese Festlegung muss projektspezifisch betrachtet werden. Als Beispiel können folgende Leistungen, Mehraufwände, Erschwernisse, etc. aufgezählt werden, die durch die vertraglich vereinbarte Vortriebsgeschwindigkeit abgedeckt sind:

- Alle Leistungen und Aufwendung für das ausschreibungsgemäße Auffahren, Umstellen und Umrüsten des Vortriebs im Teil- oder Vollausschub.
- Das Räumen der temporären Fahrsohle für den Sohlvortrieb und allfällige Rampungen und einhergehende Sicherheitsvorkehrungen.
- Zeitbestimmende Einflüsse, die aus dem Positionstext der zugehörigen Leistungspositionen im Leistungsverzeichnis hervorgehen.
- Zeitbestimmende Einflüsse, die sich aus der vom Bieter gewählten Ver- und Entsorgungslastik ergeben.

- Alle Aufwendungen zur Materialdisposition, -transport und -behandlung.
- Die maximal zulässigen Entfernungen gem. Längsablauf in den Plänen für Ausbruch und Stützmaßnahmen.
- Etwaige Vorgaben in den technischen Vertragsbestimmungen und im Leistungsverzeichnis für den Vortrieb.
- Alle Erschwernisse und Mehraufwände aufgrund gegenseitiger Abhängigkeiten von Vortriebsabläufen beim Teilausbruch.
- Einarbeitungszeit der Vortriebsmannschaft.
- Die Dauer der Behinderung bei geotechnischen Messungen.
- Ausbruch von Nischen und Einbau der dafür erforderlichen Stützmittel.
- Alle Erschwernisse und Behinderungen zufolge Durchführung von Zusatz- und Sondermaßnahmen und des Einbaus von Stützmittel hinter dem Vortriebsbereich.
- Alle Erschwernisse und Mehraufwendungen durch den systembedingten Ausbruch unter Vorausstützungen und Rohrschirmen.
- Alle Aufwendungen und Behinderungen beim Vortrieb bis zur Grenzwassermenge von 0,5l/s.
- Alle Aufwendungen und Behinderungen zur Minimierung von Baulärm und Staubentwicklung.

### **Ermittlung der Betonierdauern**

Die Ermittlung der Betonierdauern erfolgt ebenso in einem eigenen Tabellenblatt. Dabei werden die Längenvordersätze vom AG festgelegt und der Bieter gibt im Zuge der Angebotserstellung eine Betoniergeschwindigkeit für die verschiedenen Bauteile an. Es sollen für die Betoniervorgängen der Regelquerschnitte (Betonieren Sohle, Betonieren Gewölbe), aber auch für Aufweitungsquerschnitte bzw. Brillenwände die Betoniergeschwindigkeiten abgefragt werden.

Betonierdauern werden vorrangig nur bei zyklischen Vortrieben abgefragt. Im Bereich von kontinuierlichen Vortrieben erfolgt der Einbau der Innenschale mittels Tübbing. Der Einbau erfolgt unmittelbar nach dem Ausbruch. Sofern kein zweiseitiger Ausbau des Tunnels vorgesehen ist, wird somit keine Teilbauzeit für das Betonieren der Innenschale abgefragt. In Abb. 4.6 ist ein Tabellenblatt für die prognostizierte Betonierdauern dargestellt.

Prognostizierte Betonierdauer		BT - Z1/Z2				
	A	B	C	D	E	F
Zeilen-Nr.	Bauteil	Menge	Einheit	Betonier- geschwindig- keit	Betonierdauer	
				[m/KT]	[KT]	
1	Sohlbeton Z2	15,70	m		0,00	
2	Sohlbeton Z1	24,90	m		0,00	
3	Zusatzzeiten			ZZBETSZ1/Z2	0,00	siehe unten
4	BETSZ1/Z2n				0,00	Sohle netto Betonierdauer
Zeilen-Nr.	Bauteil	Menge	Einheit	Betonier- geschwindig- keit	Prognostizierte Dauern	
				[m/KT]	[KT]	
5	Gewölbebeton Z2	15,70	m		0,00	
6	Gewölbebeton Z1	24,90	m		0,00	
7	Zusatzzeiten			ZZBETGZ1/Z2	0,00	siehe unten
8	BETGZ1/Z2n				0,00	Gewölbe netto Betonierdauer

**Abb. 4.6:** Beispielhafte Bauzeitabelle für die Betonierdauern (Quelle: Interne Unterlagen der Wiener Linien [23, Jahr 2019])

Über die reinen Betonierzeiten hinaus sind auch noch Zeiträume für eventuelle Zusatzzeiten vorzusehen, z.B. für Stilliegezeiten Betonieren und Stilliegezeiten Abgang. Diese Zeiten werden in eigenen Zeilen abgefragt, wie in Abb. 4.7 ersichtlich.

7	Zusatzzeiten			ZZBETGZ1/Z2	0,00	siehe unten
8	BETGZ1/Z2n				0,00	Gewölbe netto Betonierdauer
	Stillliegezeiten Abgang	Anzahl	Dauer je Ereignis	Gesamt Dauer		
		[ STK ]	[ KT / STK ]	[ KT ]		
9	Barbarafeier		1,00			
10	Weihnachtsabgang					
11	Osterabgang					
12	STABETZ1/Z2				0,00	
13	Betonierstillliegen vom AG vorgegeben				0,00	
14	BETZ1/Z2b				0,00	Betonierdauer brutto
	Brutto Betonierleistung [lfm/KT * 30,42]			#DIV/0!	[m/Mon]	

**Abb. 4.7:** Beispielhafte Bauzeittabelle für die Zusatzzeiten bei Betonierdauern (Quelle: Interne Unterlagen der Wiener Linien [23, Jahr 2019])

Zusätzlich zu den Zeitangaben muss in den Erläuterungen zum Bauzeitmodell angegeben werden, welche Leistungen in den vertraglich vereinbarten Betoniergeschwindigkeiten mitberücksichtigt sind. Dies ist projektspezifisch festzulegen. Beispielhaft können folgende Leistungen, Mehraufwände, Erschwernisse, Leistungsminderungen, etc. damit abgedeckt sein:

- Räumen der Sohle, sofern es nicht im Zuge des Vortriebs erfolgte
- Einbau allfälliger Drainagen
- Einarbeitungszeit der Mannschaft
- Schutz der Fahrsohle
- Zeitbestimmende Einflüsse, die sich aus der Ver- und Entsorgungslogistik ergeben
- Umstände in Verbindung mit der Herstellung von Passblöcken (Betonierblöcke kürzer als die Regelblocklänge)
- Umstände in Verbindung mit der Herstellung der Innenschale von Querschlägen und Verbindungstunneln
- Umstände in Verbindung mit der Ableitung, Förderung und Haltung von Grundwasser
- Alle Erschwernisse durch Be- und Entlüftung, Verlegen der Lutten, etc.
- Baubetriebliche Pufferzeiten
- Umstände in Verbindung mit dem Aufbau und Umbau erforderlicher Schalungssysteme
- Umstände, die sich aus der Einhaltung des Sicherheits- und Gesundheitsschutzplan ergeben

**Zusatzzeiten für Wassererschwernisse**

Für die Ermittlung der zusätzlichen Vortriebszeiten bei eintretenden Wassererschwernissen (Wasserspende oberhalb der in der Ausschreibung festgelegten unteren Grenzwassermenge) sind Bieterangaben in den Bauzeittabellen vorzusehen. In der Bieterangabe ist je ein Abminderungsfaktor für eine Vortriebsklasse und einen Wasserspendenbereich anzugeben. Diese Zusatzzeiten werden nur berücksichtigt, wenn für den jeweiligen Vortrieb die untere Grenzwassermenge überschritten wird. Zusätzlich zum Abminderungsfaktor auf die Vortriebsgeschwindigkeit wird ein Erschwernisfaktor für Wassererschwernisse beim An- bzw. Einfahren abgefragt bzw. kann vom AG vorgegeben werden. Diese fließen, sofern es eine Wassererschwernis beim Ein- bzw. Anfahren gibt, in die Betrachtung der Bauzeit ebenso ein.

In der Auflistung der Gesamtbauzeit findet sich im Angebot (Soll-Bauzeit) bereits ein zahlenmäßiger Wert, obwohl – selbstverständlicherweise – noch keine tatsächliche Wassererschwernisse eingetreten sind. Dieser Eintrag für die Wassererschwernisse basiert auf einem abgeschätzten Vordersatz (Streckenlänge) des Auftraggebers. Es fließt also bereits eine Zusatzzeit für Wassererschwernisse in die Netto-Vortriebsdauer bzw. in die Gesamtbauzeit (Soll-Bauzeit) ein.

In Abb. 4.8 ist eine beispielhafte Bauzeittabelle für die prognostizierte Dauer für Zusatzzeiten aufgrund von Wassererschwernissen ersichtlich.

zyklischer Vortrieb			BT - Z1/Z2									
Prognostizierte Dauer für Zusatzzeiten - Wassererschwernisse												
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
AT - Z1 - Kal			Hauptgruppen gem. ONORM B 4400-1, Anhang A		feinkörnig							
Wasserspende (l/s)			l <sub>fm</sub>	l <sub>fm</sub> /KT	KT	min %	max %	%		l <sub>fm</sub> /KT	Zus. KT	
0,5 < x ≤ 2,0			a1	aus Tab. 20-Z1/Z2-ZV a2	a3	b2	c2	Angabe	d2	V <sub>Tneu</sub> = a2*(1-d2) e1	=(a1/e1-a1/a2) [KT]	
2,0 < x ≤ 3,5			13,2			5%	15%		5%			
3,5 < x ≤ 5			0,0			10%	20%		10%			
			0,0			15%	30%		15%			
											0,00 KT	

**Abb. 4.8:** Beispielhafte Bauzeittabelle für Zusatzzeiten Wassererschwernisse (Quelle: Interne Unterlagen der Wiener Linien [23, Jahr 2019])

**Zusatzzeiten für Zusatz- und Sondermaßnahmen**

Die Ermittlung von Zusatzzeiten für Zusatz- und Sondermaßnahmen, die nicht Bestandteil von Vortriebsklassen sind, erfolgt ebenso über eigene Tabellen. Für einzelne Zeitangaben (Bieterangabe) sind Ober- und Untergrenze definiert, für andere jedoch gibt es keine Grenzwerte. Entgegen der Vorgangsweise für die Wassererschwernisse gelten die Zusatzzeiten für Zusatz- und Sondermaßnahmen unabhängig der Vortriebsklassen. Dabei sind in den Tabellen die Vordersätze vom AG vorgegeben und der Bieter hat für jede dieser Zusatz- und Sondermaßnahme spezifische Leistungsangaben (Bieterangabe) für die Herstellung zu definieren. Mit diesen Leistungsangaben werden die Dauern der tatsächlich einzubauenden Zusatz- und Sondermaßnahmen ermittelt. Der zeitliche Einfluss von eventuellen tatsächlichen Mehr- oder Mindermengen wird automatisch in die Summentabelle für die Gesamtvortriebsdauer bzw. Gesamtbauzeit übertragen.

Abb. 4.9 und Abb. 4.10 stellen Tabellenblätter für Zusatzzeiten aufgrund von Zusatz- und Sondermaßnahmen dar. Die angeführten Zusatz- und Sondermaßnahmen können projektspezifisch stark voneinander abweichen, da es eine große Bandbreite an erforderlichen Zusatz- bzw. Sondermaßnahmen gibt und für unterschiedliche geologische Verhältnisse spezielle Sonder- und Zusatzmaßnahmen notwendig werden.

Zeilen-Nr.	A	B			C	D	E
	Zusatzzeiten für Vorausbohrungen, Zusatz- und Sondermaßnahmen	Menge	min [ min/EH ]	max [ min/EH ]	Bieter- angabe [ min / EH ]	Dauern [ KT ]	
7	Bohrungen für Vorauserkundung (auch Methangas) [m]	800,00	3,00	10,00	7,00	3,889	
8	SPC Mehrdicke AS, 5 cm [m2]	25,00	0,50	5,00	4,00	0,069	
9	zus.stabf.Betonstahl, BSt550, 8-12mm [TO]	0,50	20,00	120,00	90,00	0,031	
10	zus.Bewehrungsm., M550, <5 kg/m2 [TO]	0,50	15,00	100,00	90,00	0,031	
11	Selbstbohranker, BL500 kN, 3 m **) [STK]	5,00	9,00	15,00	15,00	0,052	
12	Selbstbohranker, BL500 kN, 4 m **) [STK]	5,00	13,00	20,00	15,00	0,052	
13	Selbstbohranker, BL500 kN, 6 m **) [STK]	5,00	13,00	25,00	20,00	0,069	
14	Bohrungen für Injektion Dichtmanschetten [m]	96,00	0,50	10,00	10,00	0,667	
15	Injektion [kg]	5 000,00	0,00	1,00	0,50	1,736	
16							
17	Verfüllen Mehrausbruch über Grenzlinie "A" mit Mörtel [m3]	75,00	5,00	12,00	8,00	0,42	

**Abb. 4.9:** Beispielhafte Bauzeitabelle für Zusatzzeiten für Zusatz- und Sondermaßnahmen (Quelle: Bundesanstalt für Straßenwesen [2, S. 43])

Zeilen-Nr.	A	B			C	D	E
	Zusatzzeiten für Vorausb Bohrungen, Zusatz- und Sondermaßnahmen	Menge	min	max	Bieterangabe	Dauern	
			[ min ]	[ min ]	[ min / EH ]	[ KT ]	
5	Einbringen einer Entwässerungslanze durch Bohren, Länge bis max. 10 m, inkl. Anschluss an die Ableitung samt erforderlichen Anschlüssen inkl. aller Behinderungen, nach lfm Entwässerungslanze in Bohrung [lfm]	180,00	keine	5,00			
6	Einbringen einer Entwässerungslanze durch Rammen, Länge bis max. 10 m, inkl. Anschluss an die Ableitung samt erforderlichen Anschlüssen inkl. aller Behinderungen, nach lfm Entwässerungslanze [lfm]	50,00	keine	5,00			
7	Kürzen Entwässerungslanze und abschlauchen [STK]	132,00	keine	15,00			
8	Herstellen, Anschluß und Inbetriebnahme Vakuumlanze bis 10 m inkl. inkl. Anschluss an die Ableitung samt erforderlichen Anschlüssen inkl. aller Behinderungen [lfm]	120,00	keine	7,00			
9	Kürzen Vakuumlanze DN50 und Wiederanschließen [STK]	72,00	keine	20,00			
10	Durchführung unverrohrter Sondierbohrungen im Trockenbohrverfahren, Tiefenstufe bis 6m, ohne Kerngewinn [lfm]	24,00	keine	5,00			
11	Herstellung und Anschluss Brunnen [STK]		keine	240,00			
12	Maßnahmen zur Ableitung in das Förderleitungssystem (FLS) im Vortriebsbereich (siehe Pos. 720303) nach lfm Vortrieb [lfm]	41,30	keine	20,00			
13	Einbau Kunststoffrohre (unabhängig ob Filterrohr oder Vollrohr) DN/ID 50 in Bohrung (inkl. Herstellung der Bohrung), Länge bis 10 m, inkl. Anschluss an die Ableitung samt erforderlichen Anschlüssen inkl. aller Behinderungen, nach lfm Kunststoffrohr in Bohrung [lfm]		keine	5,00			

**Abb. 4.10:** Beispielhafte Bauzeitabelle für Zusatzzeiten für Zusatz- und Sondermaßnahmen (Quelle: Interne Unterlagen der Wiener Linien [23, Jahr 2019])

Die in Abb. 4.9 und Abb. 4.10 ersichtlichen Zusatzzeiten für Zusatz- und Sondermaßnahmen werden zur eigentlichen Vortriebsdauer hinzugerechnet und ergeben gemeinsam mit den Zusatzzeiten aus Wassererschwernissen und für Festzeiten die Gesamtvortriebsdauer netto.

### Zusatz-Festzeiten

Für besondere Situationen können Zusatz-Festzeiten in der Bauzeitermittlung vom AG vorgesehen werden. Diese werden je auslösendes Ereignis nur einmal vergütet. Es können z.B. für folgende Situationen Zusatz-Festzeiten vorgesehen werden, für die der Bieter eine Zeitangabe (Bieterangabe) angeben muss:

- Zusatzzeit für das Anfahren

- Zusatzzeit für das Einarbeiten
- Zusatzzeit für das Einfahren in Stationsröhren
- Zusatzzeit für Profilübergänge
- Zusatzzeit für verstärkte Brustsicherung

Die Zusatz-Festzeiten werden in eigenen Bauzeittabellen abgefragt und werden automatisch in die Summentabelle für die Gesamtbauzeit bzw. Gesamtvortriebsdauer übertragen. Beispielhafte Bauzeittabellen für Zusatzfestzeiten sind in Abb. 4.11 und Abb. 4.12 ersichtlich.

zyklischer Vortrieb		Stollen					
Zusatzzeiten - Zuschläge/Festzeiten							
	A	B			C	D	E
Zeilen-Nr.	Zuschläge Festzeiten für nachstehende Maßnahmen	Anzahl / Menge [ STK ]	min [ KT ]	max [ KT ]	zusätzlicher Zeitaufwand je Ereignis [ KT / STK ]	Dauern [ KT ]	
1	Festzeit für das Anfahren	1,00	keine	keine	1,50	1,50	
2	Festzeit für das Einarbeiten Vortrieb	1,00	keine	keine	2,00	2,00	
3							
	Zusatzzeiten	Anzahl [ STK ]	min [ min ]	max [ min ]	zusätzlicher Zeitaufwand je Ereignis [ min / STK ]	Dauern [ KT ]	
4	Zusatzzeit für das Umrüsten des Vortriebes bei mixed face Bedingungen [STK]	5,00	5,00	30,00	20,00	0,07	
5	Zusatzzeit für das Auffahren der Abdichtungsmanschetten einschließlich Abbruch bestehender Stützmaßnahmen vor und nach der Anhydritstrecke [STK]	2,00	keine	keine	1,00	2,00	
6	Zusatzzeit für Sprengerschwernis	1,00	keine	keine		10,00	

Abb. 4.11: Beispielhafte Bauzeittabelle für Zusatz-Festzeiten (Quelle: Bundesanstalt für Straßenwesen [2, S. 43])

Zeilen-Nr.	A	B			C	D	E
	Zuschläge Festzeiten für nachstehende Maßnahmen	Anzahl / Menge [ STK ]	min [ KT ]	max [ KT ]	zusätzlicher Zeitaufwand je Ereignis [ KT / STK ]	Dauern [ KT ]	
1	Festzeit Anfahren Z1 aus Bauteil H	1,00	keine	keine			
2	Festzeit Herstellen Abschluss Z1	1,00	keine	keine			
3	Festzeit Anfahren Z2 aus Bauteil Z1	1,00	keine	keine			
4	Festzeit Herstellen Abschluss Z2	1,00	keine	keine			

**Abb. 4.12:** Beispielhafte Bauzeittabelle für Zusatz-Festzeiten (Quelle: Interne Unterlagen der Wiener Linien [23, Jahr 2019])

### Summentabellen für LV-Positionen

In diesen Summentabellen sind die jeweiligen LV-Positionen und die dazugehörigen Zeiten angegeben, so dass ersichtlich ist, wie sich die Bauzeitermittlungen auf die Vordersätze der LV-Positionen auswirken. Ein beispielhafte Summentabelle für LV-Positionen wird in Abb. 4.13 dargestellt.

LV-POSITIONEN - Prognostizierte Dauern - Zusammenstellung							
Zeilen-Nr.	A	B	C		D	E	F
	LV Position	Positionsstichwort			Prognostizierte Dauern		
		Teilzeit		Abkürzung	[ KT ]		
1	01051311F	ZUS. ZGKB HAUPTBZ. BL NA/GW REINPR.STR.			H-27	894,01	aus Tabelle 17-SU1 Zeile (22), Spalte [D]
2	01051311G	ZUS. ZGKB HAUPTBZ. BL NA/GW KAUNITZG.			H-28	722,01	aus Tabelle 17-SU1 Zeile (23), Spalte [D]
3	01051311H	ZUS. ZGKB HAUPTBZ. BL NA/GW AUGUSTINPL.			H-29	530,01	aus Tabelle 17-SU1 Zeile (24), Spalte [D]
4	01051313F	ZUS. ZGKB ENTST.U.LÄRMSCH. HAUPTBZ. BL NA/GW REINPR.STR.			H-27	894,01	= Zeile (1)
5	01051313G	ZUS. ZGKB ENTST.U.LÄRMSCH. HAUPTBZ. BL NA/GW KAUNITZG.			H-28	722,01	= Zeile (2)

**Abb. 4.13:** Beispielhafte Summentabelle für die Verknüpfung der Bauzeiten mit den LV-Positionen (Quelle: Interne Unterlagen der Wiener Linien [23, Jahr 2019])

### Übersicht

Die eben beschriebenen Teilbauzeiten werden nachfolgend übersichtlich dargestellt. Dabei ist zu erkennen welche Vielzahl an Fristen für die Ermittlung der Gesamtvortriebsdauer in der Ausschreibung zu berücksichtigen ist. Die Gesamtbauzeit gliedert sich also in die folgenden Teilbauzeiten bzw. fließen die folgenden Zeiten in die Teilbauzeiten ein:

- **Bauvertragsbeginn – Baubeginn**
- **Baubeginn – Vortriebsbeginn**
  - Baustelleneinrichtung
  - Einbautenumlegung
  - Spezialtiefbaumaßnahmen
  - Aushubarbeiten
  - Umlegung der Verkehrsführung
- **Gesamtvortriebsdauer**
  - Vortriebsbeginn – Vortriebsende
    - \* Vortriebsdauer: zykl. Regelvortrieb, kont. Regelvortrieb, Vortrieb für Aufweitungsquerschnitte, Vortrieb für Pfeilerstollen, Vortrieb für Verbindungstunnel, Vortriebs für Stationsröhren, etc.
    - \* Zusatzzeiten für Wassererschwernisse: VKL 7/26.76  $0,5 < w \leq 2,0$  l/s, VKL 7/26.76  $2,0 < w \leq 3,5$  l/s, usw.
    - \* Zusatzzeiten für Sonder- und Zusatzmaßnahmen: Bohrungen für Vorauserkundungen, Selbstbohranker, Vakuumlansen, Entwässerungslansen, Kernbohrungen, Sohldrainage, Ortsbrustsicherungen für Vortriebsstillliegen, etc.
    - \* Zusatzzeiten für Zusatz-Festzeiten: Anfahren, Einarbeiten Vortrieb, Herstellen Einfahrbetonkörper, Gleichzeitiger Vortrieb und Betonieren, Einfahren Stationsröhre, Umrüsten Mixed-Face Bedingungen, Zusatzzeit bei Sprengerschwernis, Zusatzzeit bei Blockigkeit, etc.
    - \* Zusatzzeiten für Vortriebsunterbrechungen und Vortriebs-Stilliegezeiten: Vortriebsunterbrechungen, Stilliegezeiten Abgang, Stilliegezeiten < 7 Kalendertage
  - Betonierbeginn – Betonierende
    - \* Betonierdauer: Sohle, Gewölbe, Brillenwand, Aufweitungen, Querschlag, Verbindungstunnel, etc.
    - \* Zusatzzeiten für Festzeiten: Festzeit bist Betonieren der Sohle
    - \* Zusatzzeiten für Vortriebsunterbrechungen und Stilliegezeiten: Betonier-Stilliegen vom AG vorgegeben, Stilliegezeiten Abgang
- **Betonierende – Bauende**

### 4.2.3 Leistungsverzeichnis

Das Leistungsverzeichnis setzt wiederum auf den geotechnischen Bericht, den tunnelbautechnischen Rahmenplan, die Ausschreibungsplanung und auf die Bauzeitüberlegungen des AG auf. Das Leistungsverzeichnis soll im Aufbau und in der Kostenstruktur den Bauablauf abbilden. Die Voraussetzung dafür ist eine so weit fortgeschrittene Planung, dass daraus ein wirtschaftlich machbarer Bauablauf abzuleiten ist.<sup>111</sup>

Grundsätzlich sind die LV-Positionen so auszuschreiben, dass der Bieter die Kosten möglichst verursachungsgerecht entsprechend dem Bauprozess zuordnen kann. Natürlich sind nicht alle anfallenden Kosten für die notwendigen Leistungen definitiv einem Bauprozess zuzuordnen.

<sup>111</sup>Vgl. [2] Bundestanstalt für Straßenwesen (Hrsg.), S. 47

Somit, müssen für Kosten, die nicht Leistungspositionen zugeordnet werden können, Gemeinkostenpositionen geschaffen werden. Dies muss den Grundsätzen der Ausschreibung zufolge dem Bundesvergabegesetz 2018 § 88 entsprechen, wobei die Preise ohne Übernahme nicht kalkulierbarer Risiken und ohne unverhältnismäßige Ausarbeitungen von den Bietern ermittelt werden können. Desweiteren sind weitaus mehr Positionen, als normalerweise üblich, mit der Bauzeit verknüpft. Diese, für ein FBVM maßgeblichen Positionen, werden in Kap. 4.2.3.3 beschrieben.

#### 4.2.3.1 Struktur

Grundsätzlich regelt die ÖNORM A 2063 den Aufbau von Datenbeständen, die automationsunterstützt in den Phasen Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung zwischen allen Beteiligten, wie Auftraggeber, Planer, Bieter oder Auftragnehmer getauscht werden. Ein Leistungsverzeichnis kann zufolge der angeführten Norm folgende Gliederung haben:

- Hauptgruppe (HG),
- Obergruppe (OG),
- Leistungsgruppe (LG),
- Unterleistungsgruppe (ULG),
- Wählbare Vorbemerkungen bzw. Positionen.

Die Unterteilung nach Haupt- oder Obergruppen wird notwendig wenn mehrere standardisierte Leistungsbeschreibungen für ein Leistungsverzeichnis verwendet werden oder eine weitere Gliederung in z.B. Bauteilen, Kostenstellen, Verantwortlichkeiten notwendig sind. Für Tunnelbauprojekte kann eine Gliederung in Haupt- und Obergruppen für:

- Mehrere Streckenvortriebe in geschlossener Bauweise,
- Stationsvortriebe in geschlossener Bauweise
- Mehrere Vortriebe in offener Bauweise,
- Stationsbauwerke,
- Begleitende Setzungsstabilisierungsmaßnahmen an der Oberfläche, etc.

sinnvoll sein, um eine Abgrenzung der Bauteile zu ermöglichen.

#### 4.2.3.2 Standardisierte Leistungsbeschreibungen

Da der öffentliche Auftraggeber lt. BVergG 2018 standardisierte Leistungsbeschreibungen gem. § 97 Abs. 2 heranzuziehen hat, kommen für den Tunnelbau in Österreich u.a. zwei standardisierte Leistungsbeschreibungen zur Anwendung:

- Standardisierte Leistungsbeschreibung Verkehr und Infrastruktur (LB-VI), Österreichische Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr<sup>112</sup> und
- Standardisierte Leistungsbeschreibung U-Bahn-Bau (LB U-Bahn-Bau), Wiener Linien GmbH & Co KG.<sup>113</sup>

<sup>112</sup>[18] *Standardisierte Leistungsbeschreibung Verkehr und Infrastruktur (LB-VI): 005*

<sup>113</sup>[24] *Standardisierte Leistungsbeschreibung LB U-Bahn-Bau*

### 4.2.3.3 Positionen im Leistungsverzeichnis

Besondere Bedeutung im Zusammenhang mit einem flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodell haben dabei die zeitgebundenen Baustellengemeinkosten, die je nach Bauphase weiter gegliedert sein müssen, Positionen für Stillliegezeiten und Vortriebsunterbrechungen und Leistungspositionen. Im Folgenden werden – spezifisch für den Tunnelbau – die Kostenbestandteile im LV unterschieden:

- Zeitgebundene Gemeinkosten mit festen und variablen Zeiten,
- Positionen für Stillliegezeiten,
- Positionen für Vortriebsunterbrechungen und
- Leistungspositionen.

Die Trennung der zeitgebundenen Gemeinkosten in feste und variable Zeiten bzw. in weitere Teilzeiten (wie in Kap. 4.2.2.1 ersichtlich) wird auch in den Verfahrensbestimmungen der ÖNORM B 2203-1/2 angeführt. Die Unterteilung der Leistungspositionen (wie folgt in Kap.4.2.7) ist ebenso in der ÖNORM B 2203-1/2 angeführt. Die Positionen für Stillliegezeiten und Vortriebsunterbrechungen werden in Kap. 4.2.5 und Kap. 4.2.6 beschrieben. Im Folgenden soll dargestellt werden, welche Positionen für eine Ausschreibung i.V.m. einem FBVM zur Anwendung kommen sollen und welche Leistungsinhalte diese Positionen abdecken.

### 4.2.4 Zeitgebundene Gemeinkostenpositionen

Zeitgebundene Kosten sind grundsätzlich Kosten für alle die Leistungen, bei denen die Zeitdauer der Kosten bestimmend ist.<sup>114</sup> Solche sind:

- Das Vorhalten und Unterhalten der Baustelleneinrichtungen,
- Vorhaltung der Geräte und Anlagen,
- Gehälter der Angestellten, Honorare, sonstige unproduktive Löhne und sonstige zeitabhängige Kosten für das entsprechende Personal, sowie
- Aufwendungen für alle entsprechenden Koordinierungsleistungen und Dokumentationen für die vertragsgerechte Erfüllung der Bauleistungen.

Die ÖNORM B 2203-1/2 beschreibt in den Verfahrensbestimmungen für den zyklischen bzw. kontinuierlichen Vortrieb, inwiefern die zeitgebundenen Baustellengemeinkostenpositionen weiter untergliedert werden sollen, um den Besonderheiten der einzelnen Teilzeiten gerecht zu werden:

1. Baubeginn bis Vortriebsbeginn
2. Vortrieb
3. Aufzahlung auf Vortrieb bei gleichzeitiger Herstellung der Innenschale
4. Herstellung der Innenschale nach vertraglichem Vortriebsende
5. Arbeiten nach dem Herstellen der Innenschale.

<sup>114</sup>Vgl. [5] Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e.V., S. 47

Die Unterteilung stellt jedoch nur eine exemplarische Aufteilung dar, die einzelnen Teilzeiten müssen bei Bedarf projektspezifisch angepasst werden.

Die LB-VI sieht grundsätzlich Gemeinkostenpositionen für zeitgebundene Kosten der Baustelle vor, die sich an den Teilzeiten der ÖNORM B 2203-1/2 anlehnen. Drei Positionen sind sozusagen Grundpositionen, die als Basis für die nachfolgenden Aufzahlungen anzusehen sind. Die Grundpositionen sind:

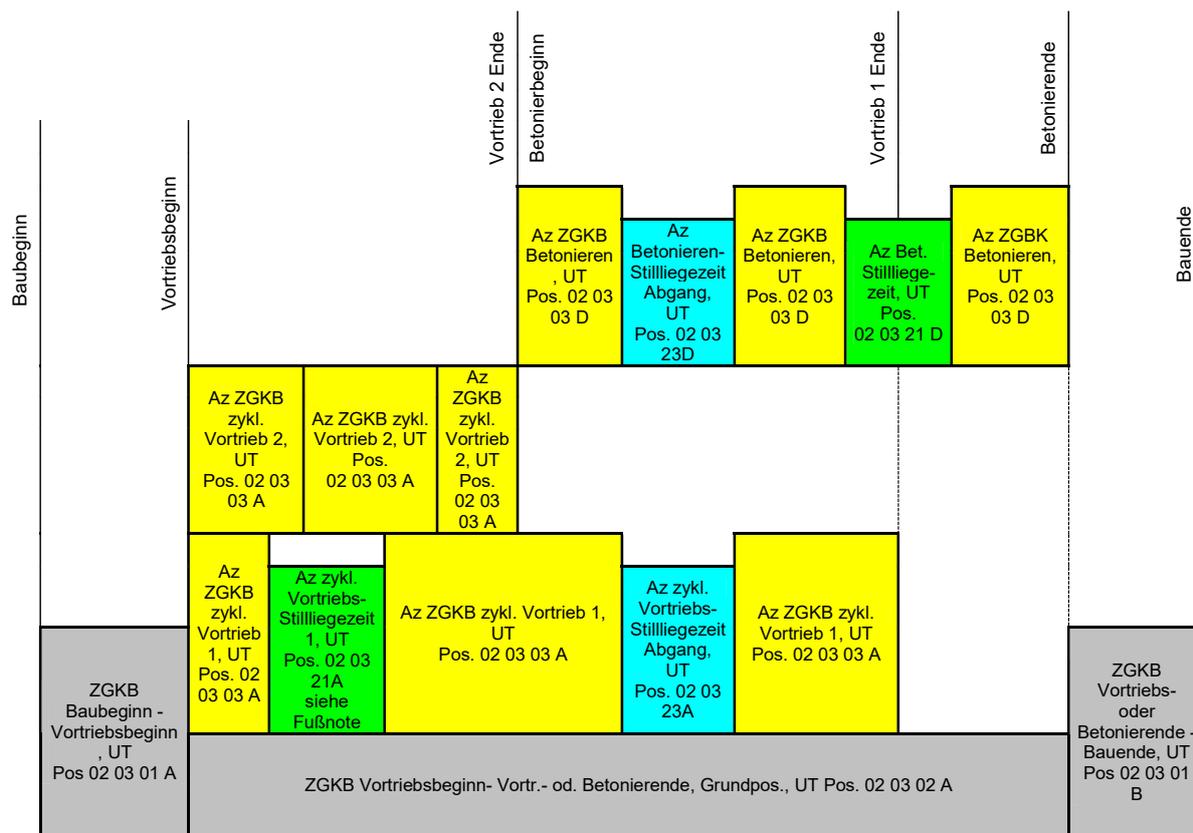
- ZGKB Baubeginn bis Vortriebsbeginn
- ZGKB für Vortriebsbeginn bis Vortriebs- oder Betonierende
- ZGKB für Vortriebs- oder Betonierende bis Bauende

Auf diese Grundpositionen werden die folgenden Aufzahlungspositionen bei Bedarf berücksichtigt:

- Aufzahlung ZGKB zyklischer Vortrieb 1 (bei mehreren parallel laufenden Vortrieben)
- Aufzahlung ZGKB zyklischer Vortrieb 2
- Aufzahlung ZGKB Betonieren.

Die Grundposition ZGKB für Vortriebsbeginn bis Vortriebs- oder Betonierende sind als variable Zeiten anzusetzen. Variable Zeiten werden in Kap. 4.2.4.2 behandelt.

In Abb. 4.14 sind die ZGKB-Positionen, die die LB-VI für den Untertagebau vorsieht, anschaulich dargestellt. Es ist zu erkennen, dass es Positionen gibt, die vor und nach dem Vortrieb vergütet werden und Positionen, die während des Vortriebs vergütet werden. Diese Positionen, die zur Vergütung während des Vortriebs herangezogen werden, sind vorwiegend Positionen mit variablem Vordersatz.



**Abb. 4.14:** Regelblatt 02.02-1 Schema Vergütung zeitgebundene Kosten der Baustelle (Quelle: Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr (FSV) (Hrsg.) [18, S. 2805])

#### 4.2.4.1 Zeitgebundene Gemeinkostenpositionen – Feste Zeiten

Festzeiten für zeitgebundene Baustellengemeinkosten sind vom Auftraggeber dann vorzusehen, wenn für die zugehörigen Bauprozesse die Einflussfaktoren und Risiken ausreichend genau ermittelt werden können.<sup>115</sup> Festzeiten werden in den Ausschreibungsunterlagen als solche definiert. Die zeitliche Erstreckung, also der Zeitraum der Festzeit, kann entweder vom AG in den Ausschreibungsunterlagen festgelegt werden oder es wird eine Bieterangabe in den Ausschreibungsunterlagen vorgesehen, die vom Bieter auszufüllen ist. Somit gibt der Bieter an, wieviel Zeit er für die beschriebenen Leistungen, die in der Festzeit erbracht werden müssen, benötigt. Der angegebene Zeitraum fließt dann als Festzeit in die Bauzeitermittlung ein. Festzeiten für Tunnelprojekte sind z.B.:

- Vertragsbeginn bis Baubeginn (vertraglicher Ausführungsbeginn)
- Baubeginn bis Vortriebsbeginn
- Zeitraum für das Betonieren der Innenschale
- Betonierende bis Bauende

<sup>115</sup>Vgl. [5] Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e.V., S. 47

Die ÖNORM B 2203-1/2 sieht in den Verfahrensbestimmungen vor, dass eben genau die angeführten Zeiten als Festzeiten zu definieren sind, mit der Zusatzinformation, dass der Zeitraum für die Herstellung der Innenschale nach dem vertraglichen Vortriebsende (Zeitraum für das Betonieren der Innenschale) wenn projektspezifisch möglich als Festzeit angeführt werden soll. Dies bedeutet, dass der Zeitraum für das Betonieren der Innenschale ebenso variabel sein kann.

Abb. 4.15 stellt exemplarisch eine ZGKB-Position der LB-VI für die Festzeit von Betonierende bis Bauende dar. Die Festzeit kann in der Ausschreibung entweder vom AG festgelegt werden oder es ist dafür vom Bieter ein Zeiterfordernis (Bieterangabe) anzugeben. Es ist anzumerken, dass auch für Festzeiten Zeiträume für Abgänge im Rahmen der Ausschreibung abgefragt werden können. Entfällt ein vorgesehener Abgang, so erfolgt ein Abzug bei der Bauzeitermittlung und sinngemäß bei der Vergütung. Dieselbe Systematik wird auch angewendet, wenn ein nicht vorhersehbarer Abgang die oben angeführten Festzeiten unterbricht. Die entsprechende Phase wird um die tatsächliche Dauer des Abgangs erhöht und die Vergütung systemimmanent angepasst.

<b>020301B</b>	<b>ZGKB Vortriebs- oder Betonierende - Bauende, UT</b>	<b>PA</b>
	Zeitgebundene Kosten der Baustelle, Vortriebsende oder Betonierende bis Bauende.	
	Verrechnet wird:	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• monatlich die angebotene Pauschale, dividiert durch die vertragliche Festzeit von Vortriebsende (z.B. bei einschaligem Tübbingausbau) oder Betonierende bis Bauende. Die gesamte Pauschale ist spätestens beim tatsächlichen Bauende verrechenbar.</li> </ul>	

**Abb. 4.15:** Beispielhafte ZGKB-Position für den Zeitraum Vortriebs- bzw. Betonierende bis Bauende (Quelle: Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr (FSV) (Hrsg.) [18, S. 26])

In der LB U-Bahn-Bau findet sich nur eine ZGKB-Position (Abb. 4.16) für die Nebenbauzeit. Der Zeitraum für die Nebenbauzeit entspricht der Frist zwischen Ende der Hauptbauzeit (Betonierende) bis Bauende.

<b>011311C</b>	<b>ZGKB NEBENBAUZEIT</b>	<b>d</b>
	Zeitgebundene Kosten der Baustelle, Nebenbauzeit (Ende Hauptbauzeit bis Bauende).	
	Verrechnet wird:	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ in Kalendertagen (KT) entsprechend der vertraglichen Dauer der Nebenbauzeit inkl. Stillliegezeiten (z.B. Stillliegen Spezialtiefbauarbeiten, sofern nicht die Gesamtbaustelle vom Stillliegen betroffen ist), Stillliegezeit Abgang und Gesamtstillliegezeiten bis inkl. 7. KT.</li> </ul>	
	Gesondert vergütet wird:	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>+ zusätzliche ZGKB Entstaubung und Lärmschutz Nebenbauzeit.</li> </ul>	

**Abb. 4.16:** Beispielhafte ZGKB-Position für den Zeitraum Nebenbauzeit (Quelle: Wiener Linien GmbH u Co KG (Hrsg.) [24, S. 40])

#### 4.2.4.2 Zeitgebundene Gemeinkostenpositionen – Veränderliche Zeiten

Variable Zeiten für Baustellengemeinkosten sind vom Auftraggeber dann vorzusehen, wenn der Zeitbedarf der zugehörigen Bauprozesse durch Einflüsse, die nach der Sphärentheorie dem AG zuzuordnen sind, nicht im Vorhinein ausreichend genau ermittelt werden können. Im Tunnelbau ist dieser Einfluss hauptsächlich der Baugrund, der sich maßgeblich auf die Vortriebsklassenverteilung, Erschwernisse und Zusatz- bzw. Sondermaßnahmen auswirkt. Für variable Zeiten müssen in den

Ausschreibungsunterlagen Bieterangaben vorgesehen werden. Der Bieter gibt dabei nicht direkt variable Zeitansätze für die Positionen der Baustellengemeinkosten an, sondern diese errechnen sich aus den Leistungsangaben für die Vortriebe, die Zeitansätze für Erschwernisse und Sonder- und Zusatzmaßnahmen.

Folgende Bieterangaben, die für die Errechnung der Zeitansätze für die Baustellengemeinkosten herangezogen werden, sind in den Ausschreibungsunterlagen vorzusehen:

- Leistungsangaben für den Tunnelvortrieb je Vortriebsklasse
- Angaben für Wassererschwernisse
- Angaben für Zusatz- und Sondermaßnahmen
- Angaben für Vortriebsunterbrechungen und Vortriebsstillliegezeiten

Abb. 4.17 stellt die ZGKB-Grundposition der LB-VI dar. Die Position wird als Pauschale angeboten, jedoch zur Abrechnung werden Verrechnungseinheiten herangezogen. Die Pauschale wird durch die Brutto-Vortriebsdauer (Vortriebsdauer netto, Zeiten für Wassererschwernisse, Sonder- und Zusatzmaßnahmen, Vortriebs-Stilliegezeiten und Zeiten für Vortriebsunterbrechungen) dividiert und ergeben die Verrechnungseinheiten. Zusätzlich zu dieser Grundposition gelangen Aufzahlungspositionen für den bzw. die Vortriebe (Abb. 4.18) und für Betoniervorgänge (Abb. 4.19).

<b>020302A</b>	<b>ZGKB Vortriebsbeginn-Votr.- od. Betonierende, Grundpos., UT</b>	<b>PA</b>
	Zeitgebundene Kosten der Baustelle von Vortriebsbeginn bis Vortriebsende oder Betonierende, Grundposition.	
	Verrechnet wird:	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• in VE. Der Preis einer VE errechnet sich durch Division der angebotenen Pauschale durch die prognostizierte Dauer von Vortriebsbeginn bis Vortriebsende (z.B. bei einschaligem Tübbingausbau) oder Betonierende gemäß Vertrag,</li> <li>• der Abrechnung zugrunde gelegt werden die tatsächliche Verteilung der Vortriebsklassen und die vertraglichen Vortriebsgeschwindigkeiten, zuzüglich Vortriebsunterbrechungen, Vortriebsstilliegezeiten und allfälliger Erschwerniszeiten und sonstiger Festzeiten gemäß Vertrag und die Betonierdauer einschließlich Betonierstilliegezeiten, soweit sie am kritischen Weg liegen.</li> </ul>	

**Abb. 4.17:** Beispielhafte ZGKB-Position für den Zeitraum Vortriebsbeginn bis Betonierende (Quelle: Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr (FSV) (Hrsg.) [18, S. 27])

<b>020303A</b>	<b>Aufzahlung ZGKB zykl. Vortrieb, UT</b>	<b>PA</b>
	Aufzahlung zeitgebundene Kosten der Baustelle. zykl. Vortrieb <span style="background-color: #ccccff; border: 1px solid black; padding: 0 20px;"> </span> .	
	Verrechnet wird:	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• in VE. Der Preis einer VE errechnet sich durch Division der angebotenen Pauschale durch die Summe der prognostizierten Vortriebsdauer netto ohne Stilliegezeiten gemäß Vertrag,</li> <li>• der Abrechnung zugrunde gelegt werden die tatsächliche Verteilung der Vortriebsklassen und die vertraglichen Vortriebsgeschwindigkeiten, zuzüglich Vortriebsunterbrechungen und allfälliger Erschwerniszeiten und sonstiger Festzeiten gemäß Vertrag.</li> </ul>	

**Abb. 4.18:** Beispielhafte ZGKB-Aufzahlungsposition für den Vortrieb für den Zeitraum Vortriebsbeginn bis Betonierende (Quelle: Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr (FSV) (Hrsg.) [18, S. 27])

<b>020303D</b>	<b>Aufzahlung ZGKB Betonieren, UT</b>	<b>PA</b>
	Aufzahlung zeitgebundene Kosten der Baustelle. Betonieren <span style="background-color: #ccccff; border: 1px solid black; padding: 0 20px;"> </span> .	
	Die Leistung beinhaltet auch:	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mehrkosten, Erschwernisse usw. durch allenfalls erforderliches Betonieren während der vertraglichen Vortriebsdauer.</li> </ul>	
	Verrechnet wird:	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• in VE. Der Preis einer VE errechnet sich durch Division der angebotenen Pauschale durch die Summe der prognostizierten Betonierdauer netto ohne Stillliegezeiten gemäß Vertrag,</li> <li>• der Abrechnung zugrunde gelegt werden die tatsächliche Verteilung der Betonierabschnitte und die vertraglichen Betoniergeschwindigkeiten, zuzüglich Betonierstillliegezeiten kürzer als 1 Woche und sonstiger Festzeiten gemäß Vertrag.</li> </ul>	

**Abb. 4.19:** Beispielhafte ZGKB-Aufzahlungsposition für die Betonierarbeiten für den Zeitraum Vortriebsbeginn bis Betonierende (Quelle: Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr (FSV) (Hrsg.) [18, S. 28])

#### 4.2.5 Positionen für Stillliegezeiten

Vortriebs-Stillliegezeiten sind zufolge P 3.46 der ÖNORM B 2203-1 definiert: „Zeit, in der im jeweiligen Vortriebsbereich keine Vortriebsarbeiten durchgeführt werden; ausgenommen davon sind Beleuchtung, Bewetterung und Wasserhaltung.“<sup>116</sup>

Die Vordersätze für Positionen für Vortriebs-Stillliegezeiten je Vortrieb werden vom Auftraggeber in der Ausschreibung festgelegt. Die angebotene Pauschale wird durch die in der Ausschreibung angegebenen Stillliegetage dividiert und dies ergibt die Verrechnungseinheiten, die zur Abrechnung herangezogen werden.

Tritt ein Ereignis ein, das eine Stillliegezeit des Vortriebs hervorruft, kommen die Positionen für Vortriebs-Stillliegezeiten (Abb. 4.20) bzw. Betonier-Stillliegezeiten (Abb. 4.21) zur Anwendung. Die Positionen für die Stillliegezeiten werden anstatt der Aufzahlungspositionen ZGKB-Vortrieb bzw. ZGKB-Betonieren vergütet. Zusätzlich zu den zeitgebundenen Kosten während Stillliegezeiten kommen Lohnkosten der Vortriebsmannschaft für den Abzug beim Eintreten der Stillliegezeit und für die Remobilisierung bei Wiederaufnahme der Vortriebsarbeiten. Eine beispielhafte Position gem. LB-VI ist in Abb. 4.22 dargestellt.

<b>020321</b>	Aufzahlung auf Pos. 02.03.02 für Stillliegezeit UT. Verrechnet wird:	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• in VE,</li> <li>• der Preis einer VE errechnet sich durch Division der angebotenen Pauschale durch die in der Ausschreibung angegebenen Stillliegetage,</li> <li>• der Abrechnung zugrunde gelegt werden die anerkannten Stillliegetage.</li> </ul>	
	Ein negativer Einheitspreis ist zulässig.	
<b>020321A</b>	<b>Aufzahlung zykl. Vortriebs-Stillliegezeit, UT</b>	<b>PA</b>
	Aufzahlung auf Position 02.03.02.A für zeitgebundene Kosten während Stillliegezeiten beim zykl. Vortrieb. Die Position wird anstelle der Position 02.03.03.A vergütet.	

**Abb. 4.20:** Beispielhafte Position für Stillliegen beim Vortrieb (Quelle: Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr (FSV) (Hrsg.) [18, S. 28])

<sup>116</sup>[16] ÖNORM B 2203-1:2001 12 01, S. 8

**020321D      Aufzählung Betonier-Stillliegezeit, UT** **PA**  
 Aufzählung auf Position 02.03.02.A für zeitgebundene Kosten während Stillliegezeiten beim Betonieren. Die Position wird anstelle der Position 02.03.03.D vergütet.

**Abb. 4.21:** Beispielhafte Position für Stillliegen während der Betonierarbeiten (Quelle: Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr (FSV) (Hrsg.) [18, S. 29])

**620186      Lohnkosten Disposition Stillliegezeit**  
 Mit der Position sind die Kosten für den Abzug und die neuerliche Mobilisierung der gesamten Vortriebsmannschaft für eine Stillliegezeit für einen Vortrieb x abgegolten.  
 Gesondert vergütet wird:

- die zeitgebundenen Kosten der Baustelle.

**620186A      Lohnkosten Disposition Stillliegezeit zykl. (a)\_\_\_\_\_** **PA**

**Abb. 4.22:** Beispielhafte Position für den Abzug und Mobilisierung bei Stillliegezeiten (Quelle: Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr (FSV) (Hrsg.) [18, S. 2332])

Positionen für Stillliegezeiten für den kontinuierlichen Vortrieb gestalten sich ähnlich zu denen des zyklischen Vortriebs und werden deswegen nicht gesondert angeführt.

#### 4.2.6 Positionen für Vortriebsunterbrechungen

Vortriebsunterbrechungen sind in der ÖNORM B 2203-1 Punkt 3.47 definiert als: „Zeit, in der im Vortriebsbereich Arbeiten durchgeführt werden, die jedoch nicht nach vereinbarten Vortriebsklassen abgerechnet werden können und auch planmäßig nicht vorgesehen sind.“<sup>117</sup>

In der LB-VI und in der LB U-Bahn-Bau sind keine ZGKB-Positionen für Vortriebsunterbrechungen vorgesehen. Treten Vortriebsunterbrechungen auf, werden diese mit eigenen Positionen für die Lohnkosten der Vortriebsmannschaft vergütet (Abb. 4.23). Diese Positionen für Vortriebsunterbrechungen werden jedoch nur für Vortriebsunterbrechungen bzw. Vortriebs-Stillliegezeiten mit einer Dauer von bis zu sieben Kalendertagen vergütet.

**620185      Lohnkosten Vortriebsmannschaft Vortriebsunterbrechung (VU).**  
 Mit der Position sind die Kosten der gesamten Vortriebsmannschaft (einschließlich sonstiger zeitabhängiger Kosten, die nicht in den zeitgebundenen Kosten der Baustelle enthalten sind) für einen Vortrieb x abgegolten.  
 Werden Teile der Vortriebsmannschaft mit anderen Leistungspositionen des LV vergütet, so erfolgt die Vergütung der Lohnkosten anteilig.  
 Es wird darauf hingewiesen, dass die Umstände der Leistungserbringung für diese Position schwieriger sein werden als der Regelfall; es wird auch eine aufwändige Arbeitsvorbereitung erforderlich sein. Die Kosten dafür sind mit dem Einheitspreis abgegolten.  
 Gesondert vergütet wird:

- die zeitgebundenen Kosten der Baustelle.

**620185A      Lohnkosten Vortriebsmannschaft VU Kalotte\_\_\_\_\_** **d**

**Abb. 4.23:** Beispielhafte Position für die Lohnkosten während einer Vortriebsunterbrechung (Quelle: Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr (FSV) (Hrsg.) [18, S. 2331])

<sup>117</sup>Aus [16] ÖNORM B 2203-1:2001 12 01, S. 7

Die ÖNORM B 2203-1/2 regelt für Vortriebsunterbrechungen, dass Vereinbarungen bezüglich Erhöhung bzw. Verringerung des Einsatzes von vorhandenen Ressourcen zwischen AG und AN innerhalb von sieben KT festzulegen sind. Zeitgebundene Kosten der Baustelle, Gerätekosten und produktive Lohnkosten sind im Rahmen dieser Vereinbarungen den Umständen der Vortriebsunterbrechung entsprechend anzupassen. Diese Anpassung kann über Erhöhungs- oder Abminderungsfaktoren bzw. Abrechnungsvereinbarungen erzielt werden. Zusätzlich wird zur Wiederaufnahme eines Regelvortriebs eine benötigte Festzeit zur vertraglichen Bauzeit hinzugezählt. Eine solche Festzeit kann bereits in den Ausschreibungsunterlagen vom Bieter in Form eine Bieterangabe abgefragt werden. Diese vertragliche Festzeit soll die benötigte Wieder-Einarbeitungszeit bzw. Mobilisierungszeit der Vortriebsmannschaft berücksichtigen.

### 4.2.7 Leistungspositionen

Leistungspositionen sind Positionen, mit denen direkt eine Leistung vergütet wird (z.B. m<sup>3</sup> Tunnelausbruch, m<sup>2</sup> Wandschalung, etc.). Im Gegensatz dazu stehen die Gemeinkostenpositionen, mit denen Kosten vergütet werden, die nicht unmittelbar einer Leistung zuzuordnen sind. In einer Leistungsbeschreibung für ein Tunnelbauprojekt finden sich unzählige Leistungspositionen wieder. Im Folgenden sollen nur diejenigen Leistungspositionen beschrieben werden, die das FBVM maßgeblich beeinflussen und somit bei der Ausschreibung besondere Beachtung finden müssen.

Die ÖNORM B 2203-1/2 empfiehlt, dass für die in Punkt 4 (siehe Kap. 3) gelisteten Leistungen Einzelpositionen im Leistungsverzeichnis vorgesehen werden sollen. Nachdem für ein FBVM nicht alle Positionen, die in der ÖNORM B 2203-1/2 unter Punkt 4 aufgelistet sind, relevant sind, werden nur die folgenden Leistungspositionen behandelt:

- Ausbruch,
- Mehrausbruch,
- Stützmittel,
- Erschwernisse und
- Sondermaßnahmen

Gemeinsam mit den Festlegungen in der ÖNORM B 2203-1/2 und den betreffenden Positionen der Standard-Leistungsbeschreibungen LB-VI und LB U-Bahn-Bau soll dargestellt werden, wie sich die für ein FBVM maßgeblichen Positionen gestalten.

#### 4.2.7.1 Ausbruch

Die Festlegungen der ÖNORM B 2203-1/2 bezüglich Ausbruchpositionen werden in den Kap. 3.1(Zyklischer Vortrieb) und Kap. 3.2(Kontinuierlicher Vortrieb) ausführlich beschrieben.

#### Zyklischer Vortrieb

Im Bereich des zyklischen Vortriebs gibt es zwei Varianten für die Unterteilung der Leistungspositionen für den Ausbruch. Variante 1 ist die Unterteilung der Positionen nach den Vortriebsklassen der Tabelle 1 de ÖNORM B 2203-1. Diese Position ist unterteilt in Lohn und Sonstiges mit der Einheit m<sup>3</sup>. Die Unterleistungsgruppe 6201 der LB-VI bildet die Variante 1 für Ausbruchpositionen ab. Nachdem die Möglichkeit besteht, dass im zyklischen Vortrieb mittels Teilausbruch vorgetrieben wird, sind in der LB-VI und in der LB U-Bahn-Bau jeweils Ausbruchposition für die Kalotte, Strosse und die Sohle vorhanden. Zusätzlich zu diesen Positionen gibt es Ausbruchpositionen für den Profilausbruch, für Abstellnischen, Kavernen, Querschläge. In Abb. 4.24

ist eine LB-VI Position für den Tunnelausbruch im Bereich der Kalotte ersichtlich. Das Positionstichwort der Folgeposition stellt die Verbindung zur Vortriebsklassifizierung dar, dadurch, dass die Vortriebsklasse im Positionstichwort angeführt wird. Das heißt, es müssen alle vorliegenden Vortriebsklassen, die im Zuge der Planung ermittelt wurden, sich in den Ausbruchpositionen des Leistungsverzeichnisses wiederfinden.

**6201 Ausbruch zykl. Vortrieb Tunnel-Matrix/Modell (a)**

Ständige Vorbemerkungen

Ausbruch zyklischer Vortrieb Tunnel-Matrix/Modell (a) gemäß Punkt 4.3.3 der ÖNORM B 2203-1: 2001-12-01.

Gültigkeit einer Vortriebsklasse (für "Matrixverträge")

Das Risiko eines exzentrischen Mittelwerts der 2. Ordnungszahl innerhalb einer Vortriebsklasse aufgrund der tatsächlich eingebauten Stützmittel gegenüber der vertraglichen Vortriebsklasse trägt der AN. Das Risiko, ob die Zusammensetzung der Stützmittel gemäß Festlegungen vor Ort von den Ausschreibungsunterlagen bei zufällig gleicher Stützmittelzahl abweicht, trägt der AN, solange der Längsablauf (temporäre oder endgültige Ringschlussdistanz) und die Lösemethode unverändert bleiben. Es ist dabei unmaßgeblich, ob zusätzlich eingebaute Stützmittel im LV vorgesehen waren oder nicht.

Verrechnet wird:

- der plangemäße Ausbruch auf Grundlage von Regelabrechnungswerten.

LB-Version: 5

Geändert

Änderung:

Geänderter Text der Vorbemerkung

---

620101 Ausbruch Tunnel - Kalotte.

**620101A Ausbr. TU-K für 1.OZ=1, VKL: \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>**  
 Ausbruch Tunnel - Kalotte, für 1.Ordnungszahl = 1; Vortriebsklasse wie angegeben.

**Abb. 4.24:** Beispielhafte Position für den Ausbruch im zyklischen Vortrieb (Variante 1) (Quelle: Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr (FSV) (Hrsg.) [18, S. 2309])

Die Positionen für den Ausbruch werden nach plangemäßigem Ausbruch aufgrund von Regelabrechnungswerten, je Vortriebsklasse verrechnet.

In der LB U-Bahn-Bau sind die Ausbruchpositionen in der ULG 5031 enthalten (Abb. 4.25). Hier wird eine grundsätzliche Unterteilung in Ausbruch für Streckenröhren und Stationsröhren getroffen. Es gibt jeweils eine Ausbruchposition für Kalotte und Strosse. Die Folgepositionen strukturieren sich nach den Vortriebsklassen. Zusätzlich gibt es eine Ausbruchposition für die Sohle, wobei sich hier die Folgepositionen ebenso nach den Vortriebsklassen strukturieren.

503101 AUSBRUCH STRECKENRÖHRE, KALOTTE UND STROSSE

Die Ermittlung der Vortriebsklasse erfolgt für Kalotte und Strosse gemeinsam, unabhängig davon, dass der Ausbruch der Kalotte und Strosse entsprechend dem Längsablauf in gesonderten Arbeitsschritten zu erfolgen hat. Der Kalotte wird die jeweils unterhalb des Kalottenquerschnittes liegende Strosse zugeordnet.

**503101A AUSBRUCH STRECKENRÖHRE KAL.+ STR. VKL 6/ \_\_\_\_\_ m<sup>3</sup>**  
 Ausbruch Streckenröhre Kalotte und Strosse, Vortriebsklasse VKL 6/ \_\_\_\_\_.

**Abb. 4.25:** Beispielhafte Position für den Ausbruch im zyklischen Vortrieb (Quelle: Wiener Linien GmbH u Co KG (Hrsg.) [24, S. 420])

Die zweite Variante bietet die Möglichkeit, eine Position für die Lohnkosten der Vortriebsmannschaft je Zeiteinheit auszuschreiben. Die LB-VI sieht für die Variante 2 drei verschiedenen Möglichkeiten vor:

1. Ausbruch der Kalotte mit den Lohnkostenpositionen und der restliche Ausbruch (Sohle, Strosse, Nischen, etc.) mit den Ausbruchpositionen der Variante 1
2. Ausbruch der Kalotte, Strosse und der Sohle mit den Lohnkostenpositionen. Für die Ausschreibungsvarianten sind für alle Teilausbrüche Vortriebsgeschwindigkeiten abzufragen.
3. Ausbruch des Gesamtquerschnitts mit einer spezifischen Lohnkostenposition. Für Nischen etc. sind eigene Regelungen vorzusehen.

Für den Anteil Sonstiges muss für alle drei Möglichkeiten der Variante 2 eine eigene Ausbruchposition zufolge Vortriebsklasse mit der Einheit  $m^3$  oder  $m$  ausgeschrieben werden.

In Abb. 4.26 ist der Positionstext für die Variante 2 ersichtlich. Für die Lohnkosten der Vortriebsmannschaft wird eine Pauschale ausgeschrieben, verrechnet wird jedoch nach VE. Der Preis einer VE errechnet sich aus der Division der Pauschale durch die vertraglichen Soll-Vortriebsdauern. Der Abrechnung zugrunde gelegt werden dann die tatsächlichen Vortriebsklassen und die zugehörigen vertraglich festgelegten Vortriebsgeschwindigkeiten, aus denen sich die tatsächliche Vortriebsdauer ermitteln lässt.

620201	Lohnkosten Vortriebsmannschaft. Die Leistung beinhaltet auch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• sonstige zeitabhängige Kosten, die nicht in den zeitgebundenen Kosten der Baustelle enthalten sind.</li> </ul> Verrechnet wird: <ul style="list-style-type: none"> <li>• in VE. Der Preis einer VE errechnet sich durch Division der angebotenen Pauschale (dieser Position) durch die Summe der Vortriebsdauern netto ohne Stillliegezeiten gemäß Vertrag,</li> <li>• der Abrechnung zugrunde gelegt werden die tatsächliche Verteilung der Vortriebsklassen und die vertraglichen Vortriebsgeschwindigkeiten, zuzüglich allfälliger Erschwerniszeiten, Vortriebsunterbrechungen und sonstiger Festzeiten gemäß Vertrag.</li> </ul>	PA
<b>620201A</b>	<b>Lohnkosten Vortriebsmannsch. TU/PB-Kal./PA Votr. _____</b>	<b>PA</b>

**Abb. 4.26:** Beispielhafte Position für den Ausbruch im zyklischen Vortrieb – Variante 2 Anteil Lohn (Quelle: Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr (FSV) (Hrsg.) [18, S. 2332])

Zu den Lohnkosten der Vortriebsmannschaft kommen eigene Positionen für den Anteil Sonstiges je Vortriebsklasse hinzu (Abb. 4.27)

620240	Anteil "Sonstiges" für Lohnkostenmodell. Anteil "Sonstiges" für den nicht zeitgebundenen Anteil an den Ausbruchskosten. Verrechnet wird: <ul style="list-style-type: none"> <li>• der plangemäße Kalottenquerschnitt auf Grundlage von Regelabrechnungswerten.</li> </ul>	
<b>620240A</b>	<b>"Sonstiges" - TU/PB-Kal./Matrix für 1.OZ=1 _____</b> "Sonstiges" - Tunnel/Pannenbucht-Kalotte für 1. Ordnungszahl gleich 1 für Vortrieb x.	<b>m<sup>3</sup></b>

**Abb. 4.27:** Beispielhafte Position für den Ausbruch im zyklischen Vortrieb – Variante 2 Anteil Sonstiges (Quelle: Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr (FSV) (Hrsg.) [18, S. 2339])



620401	Lohnkosten Vortriebsmannschaft. Die Leistung beinhaltet auch: <ul style="list-style-type: none"> <li>• sonstige zeitabhängige Kosten, die nicht in den zeitgebundenen Kosten der Baustelle enthalten sind.</li> </ul> Verrechnet wird: <ul style="list-style-type: none"> <li>• in VE. Der Preis einer VE errechnet sich durch Division der angebotenen Pauschale (dieser Position) durch die Summe der Vortriebsdauern netto ohne Stillliegezeiten gemäß Vertrag,</li> <li>• der Abrechnung zugrunde gelegt werden die tatsächliche Verteilung der Vortriebsklassen und die vertraglichen Vortriebsgeschwindigkeiten, zuzüglich allfälliger Erschwerniszeiten, Vortriebsunterbrechungen und sonstiger Festzeiten gemäß Vertrag.</li> </ul>	
<b>620401A</b>	<b>Lohnkosten Vortriebsmannsch.TBM-O/PA</b> Lohnkosten Vortriebsmannschaft TBM-O/Pauschale. Während der Vortriebsdauer einschließlich Zusatzzeiten infolge Wassererschwerisse und Vortriebsunterbrechungen.	<b>PA</b>

**Abb. 4.29:** Beispielhafte Position für den Ausbruch im kontinuierlichen Vortrieb – Variante b (Quelle: Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr (FSV) (Hrsg.) [18, S. 2355])

Zu der Lohnkostenposition aus Abb. 4.29 kommt eine Position für den Anteil Sonstiges für den Vortrieb, ersichtlich in Abb. 4.30, hinzu.

620445	Anteil "Sonstiges" für Lohnkostenmodell. Anteil "Sonstiges" für den nicht zeitgebundenen Anteil an den Ausbruchskosten. Verrechnet wird: <ul style="list-style-type: none"> <li>• je Laufmeter</li> </ul>	
<b>620445A</b>	<b>"Sonstiges" - TBM-S/Matrix für 1.OG=1_____</b> "Sonstiges" - TBM-S für 1. Ordnungsgruppe gleich 1.	<b>m</b>

**Abb. 4.30:** Beispielhafte Position für den Ausbruch im kontinuierlichen Vortrieb – Variante b (Quelle: Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr (FSV) (Hrsg.) [18, S. 2358])

#### 4.2.7.2 Mehrausbruch

##### Zyklischer Vortrieb

Zufolge ÖNORM B 2203-1 ist für den Mehrausbruch bergseitig der Grenzfläche A eine gesonderte Position für den Abbruch, für das Laden und Schuttern auszuschreiben. Mehrausbrüche die innerhalb der Grenzfläche A anfallen, sind nicht gesondert zu vergüten, da diese bereits in den Leistungspositionen des Ausbruchs enthalten sind. Die LB-VI und die LB U-Bahn-Bau kommen dieser Festlegungen mit der Position 503315 Mehrausbruch Bergs. Grenzfläche A (WL-RBU-090) und mit der Position 620603 Mehrausbr. Bergseitig Grenzfläche A zykl. (LB-VI) nach. Eine spezifische Betrachtung je Vortriebsklasse erfolgt nicht. Zusätzlich legt die ÖNORM B2203-1 fest, dass Festlegungen zu treffen sind, so dass der Mehrausbruch Auswirkungen auf die zeitgebundenen Kosten hat. Inwiefern der Mehrausbruch also die Bauzeit- und die Vergütungssystematik beeinflusst, ist projektspezifisch festzulegen.

##### Kontinuierlicher Vortrieb

Zufolge ÖNORM B 2203-2 ist für den Mehrausbruch bergseitig der Grenzfläche A für den Vortrieb mittels TBM-O/A, von den VKL unabhängig, eine Position vorzusehen. Abb. 4.31 beschreibt eine derartige Position in der LB-VI.

- 620603 Mehrausbruch bergseitig Grenzfläche A, sofern nicht mit anderen Positionen bereits abgegolten. Ohne Unterscheidung der Vortriebsklasse. Verladen, Abtransportieren und Abladen bis zu einer im Portalbereich liegenden Lagerungsstelle oder Umladestation.  
Verrechnet wird:
- nur jene Ausbrüche, für die vor Ort einvernehmlich und schriftlich festgehalten wurde, dass trotz sachgemäßer Arbeit ein Mehrausbruch bergseitig der Grenzfläche A aufgrund der Gegebenheiten unvermeidbar war.
- 620603B Mehrausbr. bergseitig Grenzfläche A TBM-O** **m<sup>3</sup>**  
Mehrausbruch bergseitig Grenzfläche A, für kontinuierliche Vortriebe mit TBM-O

**Abb. 4.31:** Beispielhafte Position für den Mehrausbruch im kontinuierlichen Vortrieb (Quelle: Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr (FSV) (Hrsg.) [18, S. 2363])

Speziell für den kontinuierlichen Vortrieb müssen Ausbruchpositionen bei einem eventuell vom AG angeordnetem Überbohrmaß vorgesehen werden. Eine derartige Position wird in Abb. 4.32 dargestellt.

- 620612 Aufzählung auf Positionen Ausbruch für eine über den nominalen Bohrdurchmesser hinausgehende auftraggeberseitig angeordnete Durchmesserergrößerung auf die VKL x.  
Die Leistung beinhaltet auch:
- das Schüttern des zusätzlichen Ausbruchsmaterials,
  - zusätzliche Energiekosten,
  - die zusätzlichen Lohnkosten bei Modell (a)
- Gesondert vergütet wird:
- das Umstellen der TVM für einen Vortrieb mit einem zusätzlichen Überbohrmaß
  - Mehrverbrauch an Material zum Verfüllen des Ringspaltes (Mörtel, Perlkies).
  - die zeitgebundenen Kosten der Baustelle
  - die zusätzlichen Lohnkosten bei Modell (b)
- Verrechnet wird:
- die mit vollem Überbohrmaß aufgefahrene Tunnellänge
- 620612A AZ Ausbruch Überbohrmaß 5cm kont. auf VKL\_\_\_\_\_** **m**  
Die Position gilt für ein Überbohrmaß von 5cm

**Abb. 4.32:** Beispielhafte Position für den Mehrausbruch (Überbohrmaß) im kontinuierlichen Vortrieb (Quelle: Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr (FSV) (Hrsg.) [18, S. 2364])

#### 4.2.7.3 Stützmaßnahmen

##### Zyklischer Vortrieb

In P. 4.3.7 Stützmaßnahmen der ÖNORM B 2203-1 wird beschrieben, dass für Stützmaßnahmen eigene Leistungspositionen unabhängig der Vortriebsklasse auszuschreiben sind. Darüber hinaus sind für den Einbau von Stützmaßnahmen außerhalb des Vortriebsbereichs Aufzählungspositionen vorzusehen. Da die Stützmaßnahmen über die 2. Ordnungszahl die Vortriebsklassen definieren, müssen zwangsläufig die Einheiten im Leistungsverzeichnis mit den Einheiten der Tabelle 3 der ÖNORM B 2203-1 übereinstimmen. Die Berücksichtigung aller eingebauten Stützmaßnahmen ergibt die Stützmaßnahmenmenge pro Tunnelmeter. Diese Stützmaßnahmenmenge pro Tunnelmeter wird durch die Bewertungsfläche Ab dividiert und ergibt die 2. Ordnungszahl.

In der LB-VI und in der LB U-Bahn-Bau finden sich die folgenden Stützmaßnahmen:

- Anker
- Bewehrung Spritzbeton
- Bögen
- Spritzbeton
- Spiesse
- Dielen
- Diverse Stützmaßnahmen
- Stützmaßnahmen für die Luftbogenstrecke
- Sicherung Vortriebsunterbrechungen und Vortriebsstilliegezeiten

Die Stützmaßnahmen beeinflussen als über die 2.Ordnungszahl und über die Vortriebsklassen die Bauzeit und die Vergütung.

### Kontinuierlicher Vortrieb

Für den maschinellen Vortrieb sind als hauptsächliches Stützmittel Tübbingringe vorgesehen. In der LB-VI wird unterschieden, ob die Dicke des Tübbingringes und der Bewehrungsgehalt vom AG oder AN festgelegt wird. Abb. 4.33 stellt eine Position für Tübbingringe dar, wobei die Dicke und der Bewehrungsgehalt vom AG angegeben werden.

631001	<p>Tübbinge für kontinuierlichen Vortrieb herstellen.</p> <p>Typ und Betonsorte: wie angegeben</p> <p>Die Leistung beinhaltet auch:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• sämtliche Aufwendungen und Einbauteile, die für die Herstellung, Manipulation (z.B. Aussparungen, Durchführungen, Abstandshalter,...) oder den plangemäßen Einbau (z.B. Führungsstangen, Justier-Scherdübel, Kunststoffdübel, Zwischenlagen, etc.) notwendig sind.</li> <li>• Transport vom Tübbingwerk zur Lagerungsstelle auf der Baustelle</li> <li>• die Lagerung und das Bereithalten der Tübbinge auf der Baustelle</li> </ul> <p>Gesondert vergütet wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Bewehrung</li> <li>• der Einbau der Tübbinge über die Positionen Ausbruch</li> <li>• Aufzahlungen für Sonderbereiche</li> </ul> <p>Verrechnet wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• je Laufmeter Tübbingring gemäß plangemäßer mit Tübbing ausgebaute Tunnellänge</li> <li>• 80% davon nach erfolgter Einlagerung auf der Lagerungsstelle auf der Baustelle</li> <li>• 20% nach erfolgtem Einbau im Tunnel</li> </ul>	
631001A	<p><b>Tübbingring Normaltyp, Planung AG</b> _____</p> <p>Tübbingtyp: <span style="background-color: #ccccff; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 80px; height: 15px;"></span></p> <p>Betonsorte: <span style="background-color: #ccccff; border: 1px solid black; display: inline-block; width: 80px; height: 15px;"></span></p>	<b>m</b>

**Abb. 4.33:** Beispielhafte Position für Stützmittel (Tübbinge) im kontinuierlichen Vortrieb (Quelle: Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr (FSV) (Hrsg.) [18, S. 2407])

Natürlich können auch beim kontinuierlichen Vortrieb andere Stützmittel wie z.B. Anker zum Einsatz kommen. Dabei muss lt. ÖNORM B 2203-2 getrennt werden, in welchem Arbeitsbereich (A0 bis A5) diese eingebaut werden.

#### 4.2.7.4 Wassererschwernisse

P. 4.3.6 der ÖNORM B 2203-1 und P 4.3.4 der ÖNORM B 2203-2 regeln die Vorgehensweise in der Ausschreibung für Bergwassererschwernisse. Grundsätzlich werden Kosten für Wassererschwernisse über zusätzliche Vortriebszeiten abgegolten. Zusätzlich zu der Vergütung über zusätzliche Vortriebszeiten werden die Lohnkosten der Vortriebsmannschaft für Wassererschwernisse gesondert vergütet. Diese Position wird als Pauschale ausgeschrieben, jedoch in Verrechnungseinheiten abgerechnet. Eine Verrechnungseinheit ergibt sich aus der Division der Pauschale durch die angebotene Zusatzzeit für Wassererschwernisse gemäß Bauzeitermittlung. Die angebotene Zusatzzeit ergibt sich wiederum aus dem Abminderungsfaktor (der Vortriebsgeschwindigkeit) für Wassererschwernisse.

#### Zyklischer Vortrieb

Die Positionen für Wassererschwernisse für den zyklischen Vortrieb finden sich in der LB-VI und in der LB U-Bahn-Bau annähernd gleich. In Abb. 4.34 ist die Position der LB U-Bahn-Bau für die Lohnkosten der Vortriebsmannschaft bei Wassererschwernissen ersichtlich.

503216	<p><b>LOHNKOSTEN VORTRIEBSMANNSCHAFT</b></p> <p>Mit der Position sind die Kosten für Zusatzzeiten infolge Wassererschwernissen aller Vortriebsmannschaften (einschließlich sonstiger zeitabhängiger Kosten, die nicht in den Zeitgebundenen Kosten der Baustelle enthalten sind) für den Vortrieb am kritischen Weg abgegolten.</p> <p>Diese Position kommt für alle Querschnitte bzw. Teilquerschnitte zur Anwendung, für die vertragliche Vortriebsgeschwindigkeiten bzw. Festzeiten (z.B. Anfahren, Einfahren) vereinbart wurden.</p> <p>Zusätzlich gilt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ Streckenröhre: Treten Wassererschwernisse in der Sohle auf und wurden für die Sohle keine vertraglichen Vortriebsgeschwindigkeiten vereinbart, gilt die 4-fache Vortriebsgeschwindigkeit der darüberliegenden VKL der Kalotte und Strosse als vertraglich vereinbart,</li> <li>+ Stationsröhre: Treten Wassererschwernisse in der Strosse auf und wurden für die Strosse keine vertraglichen Vortriebsgeschwindigkeiten vereinbart, gilt die 2-fache Vortriebsgeschwindigkeit der darüberliegenden VKL der Kalotte als vertraglich vereinbart. Treten Wassererschwernisse in der Sohle auf und wurden für die Sohle keine vertraglichen Vortriebsgeschwindigkeiten vereinbart, gilt die 4-fache Vortriebsgeschwindigkeit der darüberliegenden VKL der Kalotte als vertraglich vereinbart,</li> <li>+ Stationsröhre mit Ulmenstollen: Treten Wassererschwernisse in der Sohle auf und wurden für die Sohle keine vertraglichen Vortriebsgeschwindigkeiten vereinbart, gilt die 4-fache Vortriebsgeschwindigkeit der darüberliegenden VKL der Kalotte und Strosse als vertraglich vereinbart.</li> </ul> <p>Die Ermittlung der Anzahl der VE für Wassererschwernisse in der Sohle der Strecken- und Stationsröhre bzw. in der Strosse bei der Stationsröhre erfolgt auf Basis dieser Vortriebsgeschwindigkeiten.</p> <p>Gesondert vergütet wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ die zeitgebundenen Kosten und die Gerätekosten der Baustelle.</li> </ul>	
503216A	<p><b>LOHNKOSTEN VORTRIEBSMANNSCHAFT WE</b></p> <p>Lohnkosten Vortriebsmannschaft Wassererschwernisse (WE).</p> <p>Verrechnet wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>+ in VE,</li> <li>+ der Preis einer VE errechnet sich durch Division der angebotenen PA durch die angebotene Zusatzzeit für Wassererschwernisse gemäß Bauzeitemittlung,</li> <li>+ der Abrechnung zugrundegelegt werden die zusätzlichen Vortriebszeiten für WE gemäß den TVB 1.</li> </ul>	PA

**Abb. 4.34:** Beispielhafte Position für Lohnkosten bei Wassererschwernisse im zyklischen Vortrieb (Quelle: Wiener Linien GmbH u Co KG (Hrsg.) [24, S. 433])

Die Position für Wassererschwernisse der LB-VI ist in Abb. 4.35 ersichtlich.

620190	<p>Mit der Position sind die Kosten für Zusatzzeiten infolge Wassererschwernde alle Vortriebsmannschaften (einschließlich sonstiger zeitabhängiger Kosten, die nicht in den zeitgebundenen Kosten der Baustelle enthalten sind) für den Vortrieb x abgegolten.</p> <p>Verrechnet wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In VE,</li> <li>• der Preis einer VE errechnet sich durch Division der angebotenen PA durch die angebotene Zusatzzeit für Wassererschwernde gemäß Bauzeitermittlung.</li> <li>• der Abrechnung zugrunde gelegt werden die zusätzlichen Vortriebszeiten für WE gemäß ÖNORM B 2203-1 2001-12-01.</li> </ul> <p>Gesondert vergütet wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die zeitgebundenen Kosten der Baustelle.</li> </ul>	PA
<b>620190A</b>	<p><b>Lohnkosten Vortriebsmannschaft WE/PA_____</b></p> <p>Lohnkosten Vortriebsmannschaft Wassererschwernde (WE).</p>	<b>PA</b>

**Abb. 4.35:** Beispielhafte Position für Lohnkosten bei Wassererschwernde im zyklischen Vortrieb (Quelle: Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr (FSV) (Hrsg.) [18, S. 2332])

Es ist zu beachten, dass zufolge dem Grundtext nur ein Folgetext je Vortrieb angegeben werden kann. Jedoch werden üblicherweise je Vortrieb mehrere Wassererschwernde Klassen vom Bieter abgefragt. Das heißt, im Zuge der Kalkulation müssen Kosten für mehrere Wassererschwernde Klassen je Vortrieb auf eine Position je Vortrieb umgelegt werden.

#### **Kontinuierlicher Vortrieb**

Die Positionen für die Lohnkosten der Vortriebsmannschaft bei Wassererschwernden im kontinuierlichen Vortrieb gestalten sich ähnlich wie beim zyklischen Vortrieb. In Abb. 4.36 ist eine Position zur Berücksichtigung der Lohnkosten bei Wassererschwernden angeführt.

620390	<p>Mit der Position sind die Kosten für Zusatzzeiten infolge Wassererschwernde alle Vortriebsmannschaften (einschließlich sonstiger zeitabhängiger Kosten, die nicht in den zeitgebundenen Kosten der Baustelle enthalten sind) für den Vortrieb x abgegolten.</p> <p>Verrechnet wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• In VE,</li> <li>• der Preis einer VE errechnet sich durch Division der angebotenen PA durch die angebotene Zusatzzeit für Wassererschwernde gemäß Bauzeitermittlung.</li> <li>• der Abrechnung zugrunde gelegt werden die zusätzlichen Vortriebszeiten für WE gemäß ÖNORM B 2203-2.</li> </ul> <p>Gesondert vergütet wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die zeitgebundenen Kosten der Baustelle.</li> </ul>	PA
<b>620390A</b>	<p><b>Lohnkosten Vortriebsmannschaft WE/PA_____</b></p> <p>Lohnkosten Vortriebsmannschaft Wassererschwernde (WE).</p>	<b>PA</b>

**Abb. 4.36:** Beispielhafte Position für Lohnkosten bei Wassererschwernde im kontinuierlichen Vortrieb (Quelle: Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr (FSV) (Hrsg.) [18, S. 2354])

Wassererschwernde haben somit einen direkten Einfluss auf die Vergütung und auf die Bauzeit. Wie sich eine tatsächliche Wassererschwernde auf die Bauzeit und Vergütung auswirkt, wird in Kap. 4.4 erläutert.

#### 4.2.7.5 Betonieren der Innenschale

Die Positionen für das Betonieren der Innenschale untergliedern sich in mehrere Positionen für das Sohlgewölbe, die Sohlplatte, die Widerlager, die Gewölbebeton (Regelquerschnitt), Abstellnischen und Querschläge. In Abb. 4.37 wird eine Position der LB-VI bzw. in Abb. 4.38 eine Position der LB U-Bahn-Bau für die Herstellung des Gewölbebetons dargestellt.

660201	<p>Herstellen des Gewölbes aus Beton.</p> <p>Der Beton ist plangemäß unter Verwendung einer glatten und dichten Schalung herzustellen.</p> <p>Die Leistung beinhaltet auch:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• die Kosten für Schalung und Rüstung,</li> <li>• die Kosten für Pressfugenausbildung,</li> <li>• die Firstverpressung inkl. aller Erschwernisse,</li> <li>• Erschwernisse durch das Einbetonieren von Kabelschutzrohren, Halterungen, Anschlüsse, Erdungsanlage,</li> <li>• Erschwernisse für Aussparungen,</li> <li>• Mehrbeton zum Verfüllen des Bogenstichs des Innenschalenpolygons für Kurvenradien &gt; 500 m.</li> </ul> <p>Gesondert vergütet wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Bewehrung,</li> <li>• Kabelschutzrohre, Halterungen u.dgl.</li> </ul> <p>Verrechnet wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aussparungen für die keine eigenen Positionen im Leistungsverzeichnis enthalten sind, werden hohl für voll vergütet.</li> </ul>	
<b>660201A</b>	<p><b>Gewölbebeton TU 25 cm</b> _____</p> <p>Gewölbebeton Tunnel 25 cm plangemäße Dicke mit Betonsorte <span style="background-color: #ccccff; padding: 2px 10px;"> </span> herstellen.</p>	<b>m<sup>3</sup></b>

**Abb. 4.37:** Beispielhafte Position für das Herstellen des Gewölbebetons der Tunnelinnenschale im zyklischen Vortrieb (Quelle: Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr (FSV) (Hrsg.) [18, S. 2489])

**5401 INNENSCHALENBETON**

Herstellen des Innenschalenbetons. Der Beton ist plangemäß herzustellen.

Die Abrechnung erfolgt nach Laufmeter, entsprechend der Kilometrierung der jeweiligen Gleisachse bzw. Achse ohne Berücksichtigung der Längsneigung, bei zweigleisigen Tunnels gilt der Mittelwert beider Gleise. Mehrkubaturen aus Toleranzen bzw. planlichen Vorhaltemaßen usw. werden nicht vergütet.

Bei der Abrechnung der Innenschalenlänge werden die Blockfugen übermessen. Öffnungen werden voll für hohl vergütet.

Für die Betonsorte WDI ist zusätzlich am Festbeton eine Wassereindringtiefe von maximal 25 mm (in Erstprüfung maximal 20 mm) gemäß ONR 23303 zu erbringen.

Die Leistung beinhaltet auch:

- + Mehraufwendungen für Passblöcke,
- + alle Kosten für die Mehraufwendungen und Erschwernisse zufolge der komplizierten wasserdichten Abschlussbildungen, Verstärkungen, Pfeilerausbildungen usw.

Gesondert vergütet werden:

- + Verschneidungsblöcke.

---

<b>540111</b>	<b>SOHLB. STATION C25/30(56)/WDI/GK22, _____</b>	<b>m</b>
	Sohlbeton Station "Bauteil _____" mit Betonsorte C25/30(56)/WDI/GK22 herstellen.	

**Abb. 4.38:** Beispielhafte Position für das Herstellen des Gewölbebetons der Tunnelinnenschale im zyklischen Vortrieb (Quelle: Wiener Linien GmbH u Co KG (Hrsg.) [24, S. 487])

#### 4.2.7.6 Sondermaßnahmen

Zufolge P 4.3.1.2 ÖNORM B 2203-1/2 sind für Sondermaßnahmen eigene Positionen auszuschreiben. Sondermaßnahmen wie

- Rohrschirme,
- DSV,
- Gefrierschirme,
- Druckluft,
- systematische Vorentwässerungsmaßnahmen,
- systematische Injektionen, etc.

sind dadurch charakterisiert, dass sie nur in Ausnahmefällen erforderlich sind und mit dem im Tunnelvortrieb verwendeten Geräten nicht ausgeführt werden können. Über die Leistungspositionen der Sondermaßnahmen hinaus, sind zusätzlich entsprechende Positionen für die Baustelleneinrichtung, -räumung, sowie für die zeitgebundenen Kosten der Sondermaßnahmen in der Ausschreibung vorzusehen. Die Zeiten für Sondermaßnahmen fließen in die Bauzeitermittlung für die zeitgebundenen Kosten der Baustelle mit ein, somit beeinflussen diese die Bauzeit und die Vergütung. In der Ausschreibung sind für die entsprechenden Zeiten für Sondermaßnahmen Bieterangaben, welche im nachfolgendem Abschnitt näher erläutert werden, vorzusehen.

### 4.2.8 Bieterangaben – Leistungsabfragen

Eine Bieterangabe ergibt sich zufolge einer echten Bieterlücke im Ausschreibungs-LV. Im Zuge der Angebotsbearbeitung muss vom Bieter oder der Bietergemeinschaft die echte Bieterlücke mit einer Angabe, sprich einer Bieterangabe, ersetzt werden. Dabei kann ein einziger oder mehrzeiliger Text, Werte zufolge einer Auswahlliste, Ja/Nein oder eine Zahl je nach Vorgabe des AG vom Bieter angegeben werden.<sup>118</sup> Leistungsangaben dahingehend sind Bieterangaben, mit denen eine Herstelleistung – im Speziellen eine Vortriebsleistung – angegeben wird. Leistungsangaben sind somit ebenso Angaben des Bieters im Zuge der Angebotsbearbeitung, jedoch wird hier eine spezifische Leistung abgefragt (z.B. m/KT oder m<sup>3</sup>/KT).

Zufolge ÖNORM B 2203-1/2 sind Bieterangaben für:

- den zeitbestimmenden Arbeitsvorgang im Vortrieb – das kann der Vortrieb des gesamten Querschnitts im Vollausbuch, der Kalotte im Teilausbuch oder andere Ausbruchsvorgängen sein – zur Vortriebsgeschwindigkeit abzufragen,
- die Herstellung der Innenschale, sofern keine Festzeiten vereinbart werden, abzufragen,
- Zusatzzeiten aufgrund Wassererschwerisse abzufragen und
- Zusatzzeiten für andere zeitbestimmende Maßnahmen (Anfahren, Umrüsten bei Mixed-Face-Bedingungen, Einarbeiten der Vortriebsmannschaften, etc.) abzufragen.

Speziell für den kontinuierlichen Vortrieb sind ergänzende Bieterangaben in der Ausschreibung bezüglich Vortriebssystem anzuführen. Diese Bieterangaben soll folgende Angaben beinhalten:

- Länge der Arbeitsbereiche
- Zeitbedarf für die Bereitstellung von Sondermaßnahmen
- Abstand des Tübbingeinbaus zur Ortsbrust
- Ort der Durchführung der Ringspaltverfüllung
- Transportlogistik, Leitsystem

Ergänzend zu diesen Bieterangaben sind für Sondermaßnahmen ebenfalls Zeiten abzufragen. Diese Bieterangaben sind wesentlich für die Bauzeitermittlung im Zuge der Angebotsphase bzw. Abwicklungsphase. Im Folgenden wird auf die Gestaltung von Bieterangaben für:

- Vortriebsgeschwindigkeiten,
- Betoniergeschwindigkeiten,
- Festzeiten,
- Wassererschwerisse,
- Zusatz-Festzeiten,
- Sonder- und Zusatzmaßnahmen,
- Spezialtiefbaumaßnahmen und
- Stilliegezeiten-Abgang

eingegangen.

<sup>118</sup>Vgl. [14] ÖNORM A 2063:2015 07 15, S. 10

### 4.2.8.1 Vortriebsgeschwindigkeit

Die Bieterangabe für die Vortriebsgeschwindigkeiten werden bei Vertragsabschluss zur vertraglich vereinbarten Vortriebsgeschwindigkeit. Mit dieser vertraglich vereinbarten Vortriebsgeschwindigkeit und der prognostizierten Verteilung der Vortriebsklasse wird die prognostizierte Vortriebsdauer (SOLL-Vortriebsdauer), zuzüglich von Vortriebs-Stilliegezeiten und Vortriebsunterbrechungen, ermittelt. Für jede Vortriebsklasse ist durch den Bieter eine Vortriebsgeschwindigkeit (m/KT) anzugeben. Für die Leistungsansätze kann der AG in der Ausschreibung Ober- und Untergrenzen festlegen, die auf Basis der geotechnischen Planung ermittelt werden.

Für die Abfrage von Bieterangaben haben sich Bauzeittabellen etabliert, wie z.B. für die Abfrage von Vortriebsgeschwindigkeiten je Vortriebsklasse und Tunnelquerschnitt (Abb. 4.39). Für den zyklischen Vortrieb werden die Vortriebsklassen zufolge ÖNORM B 2203-1 (1. und 2. Ordnungszahl) unterteilt und je Vortriebsklasse wird vom Bieter die zugehörige Vortriebsgeschwindigkeit abgefragt. Dividiert man den Vordersatz, also die Verteilung der Vortriebsklasse, durch die Leistungsangabe (Vortriebsgeschwindigkeit) erhält man die prognostizierte Vortriebsdauer. Der AG kann für die Leistungsangaben Ober- oder Untergrenzen in der Ausschreibung festlegen. Werden die vom AG angegebenen Grenzwerte von den Leistungsangaben des AN über- bzw. unterschritten wird der obere- bzw. untere Grenzwert als Leistungsangabe des AN herangezogen.

Abb. 4.39 stellt ein Tabellenblatt dar, in dem die Bieterangaben gesammelt angegeben werden. Dabei werden die Bieterangaben in die Spalte C (gelbe Formatierung eingetragen). Die angegebenen Leistungsangaben scheinen dann in den zugehörigen Tabellenblättern der einzelnen Vortriebe auf (Abb. 4.40 – grüne Formatierung).

Zyklische Vortriebe					
Vortriebsgeschwindigkeiten					
	A		B	C	D
Zeilen Nr.	Stationsröhren Ulmenstollen		Einheit	Vortriebs- geschwindigkeit [m/KT]	Leistungs- orgabe netto [m/KT]
1	VKL:	VKL - US - Kal/Str - 7 / 26,76	m		
2	VKL:	VKL - US - Kal/Str - 7 / 29,36	m		
3	VKL:	VKL - US - Kal/Str - 7 / 31,95	m		
4	VKL:	VKL - US - So - 7 / 4-2	m		
	Stationsröhren Restquerschnitt		Einheit	Vortriebs- geschwindigkeit [m/KT]	
5	VKL:	VKL - RQ - Kal/Str - 7 / 17,53	m		
6	VKL:	VKL - RQ - Kal/Str - 7 / 20,13	m		
7	VKL:	VKL - RQ - Kal/Str - 7 / 22,72	m		
8	VKL:	VKL - RQ - So - 7 / 4-2	m		
	Verbindungstunnel Ulmenstollen		Einheit	Vortriebs- geschwindigkeit [m/KT]	
9	VKL:	VKL - US - Kal/Str - 7 / 31,50	m		
10	VKL:	VKL - US - Kal/Str - 7 / 34,10	m		
11	VKL:	VKL - US - Kal/Str - 7 / 36,68	m		
12	VKL:	VKL - US - So - 7 / 4-2	m		
	Verbindungstunnel Restquerschnitt		Einheit	Vortriebs- geschwindigkeit [m/KT]	
13	VKL:	VKL - RQ - Kal/Str - 7 / 24,70			
14	VKL:	VKL - RQ - Kal/Str - 7 / 27,24			
15	VKL:	VKL - RQ - Kal/Str - 7 / 29,83			
16	VKL:	VKL - RQ - So - 7 / 4-2			

**Abb. 4.39:** Beispielhaftes Tabellenblatt für eine Bieterangabe bezüglich Vortriebsgeschwindigkeit – zyklischer Vortrieb (Quelle: Interne Unterlagen der Wiener Linien [23, Jahr 2019])

zyklischer Vortrieb		BT - S1			
Prognostizierte Vortriebsdauer					
	A	B	C	D	E
Zeilen-Nr.	Vortriebsklasse Kalotte/Strosse/Sohle	Verteilung [ m ]	Leistungs- angabe netto	Prognostizierte Dauern	Leistungs- vorgabe netto
			[ m / KT ]	[ KT ]	[ m / KT ]
1	VKL - US - Kal/Str - 7 / 26,76	42,75	0,00	0,00	
2	VKL - US - Kal/Str - 7 / 29,36	85,50	0,00	0,00	
3	VKL - US - Kal/Str - 7 / 31,95	42,75	0,00	0,00	
4	VKL - US - So - 7 / 4-2	171,00	0,00	0,00	

**Abb. 4.40:** Verknüpftes Tabellenblatt – Bieterangabe scheint als Vortriebsgeschwindigkeit auf (Quelle: Interne Unterlagen der Wiener Linien [23, Jahr 2019])

Die Bauzeitabellen für die Bieterangaben für den kontinuierlichen Vortrieb gestalten sich ähnlich zu denen des zyklischen Vortriebs. In Abb. 4.41 ist zusätzlich ersichtlich, dass der AG in der Ausschreibung eine Leistungsvorgabe von maximal 20 m/KT festgelegt hat.

kontinuierlicher Vortrieb		Gleis G1			
Ermittlung der Gesamtvortriebsdauer Miozän					
	A	B	C	D	E
Zeilen-Nr.	Vortriebsklasse	Verteilung [ m ]	Leistungs- angabe netto	Prognostizierte Dauern	maximale Leistungsvorgabe netto
			[ m / KT ]	[ KT ]	[ m / KT ]
1	VT11	203,45	10,00	20,35	20,00
2	VT12	310,80	10,00	31,08	20,00
3	VT13	423,28	10,00	42,33	20,00
4	VT14	220,28	10,00	22,03	20,00
5	VT15	334,84	10,00	33,48	20,00
6	VT16	473,99	10,00	47,40	20,00

**Abb. 4.41:** Beispielhaftes Tabellenblatt für eine Bieterangabe bezüglich Vortriebsgeschwindigkeit (kontinuierlich) (Quelle: Interne Unterlagen der Wiener Linien [23, Jahr 2019])

#### 4.2.8.2 Betoniergeschwindigkeit

Ebenso wie für die Vortriebsarbeiten können für die Betonierarbeiten der Tunnelinnenschale Bieterangaben zur Betoniergeschwindigkeit abgefragt werden, sofern keine Festzeit vom AG in der Ausschreibung vorgesehen wird. Beim kontinuierlichen Vortrieb kommt eine Bieterangabe für die Betoniergeschwindigkeit nur bei einem zweischaligen Ausbau zur Anwendung. Sofern kein zweischaliger Ausbau vorgesehen ist, gibt es keine eigene Teilzeit für die Betonierarbeiten und somit auch keine zugehörige Bieterangabe.

In Abb. 4.42 ist eine Bauzeitabelle für die prognostizierte Betonierdauer dargestellt. Die Bieterangabe für die Betoniergeschwindigkeit ist in m/KT anzugeben und die prognostizierte Dauer (Einheit KT) errechnet sich aus der Division von Menge (Einheit m) durch die angegebene Betoniergeschwindigkeit (Einheit m/KT).

Prognostizierte Betonierdauer		BT - RP			
Zeilen-Nr.	Bauteil	Menge	Einheit	Betoniergeschwindigkeit	Prognostizierte Dauern
				[m/KT]	[KT]
1	Betonieren Sohle Pfeilerstellenaufweitung Bauteile RP1 und RP2	84,50	m		0,00
2	Betonieren Gewölbe Pfeilerstellenaufweigungen Bauteile RP 1 und RP 2	84,50	m		0,00
3	Betonieren Sohle RQ Gleiswechsel Bauteile RW1 und RW2	11,76	m		0,00
4	Betonieren Gewölbe RQ Gleiswechsel Bauteile RW 1 und RW 2	11,76	m		0,00

**Abb. 4.42:** Beispielhaftes Tabellenblatt für eine Bieterangabe bezüglich Betoniergeschwindigkeit (zyklisch) (Quelle: Interne Unterlagen der Wiener Linien [23, Jahr 2019])

#### 4.2.8.3 Festzeiten

Es sind Abfragen von Bieterangaben bezüglich Festzeiten vorzusehen, die am kritischen Weg der Bauzeit liegen. Typische Festzeiten im Bauablauf, die über Bieterangaben abgefragt werden sollen, sind:

- Festzeit zwischen Baubeginn und Beginn der Schachtarbeiten/Vortriebsbeginn
- Festzeit für die Herstellung des Schachtaushubes
- Festzeit zwischen Fertigstellung des Schachtaushubs und Vortriebsbeginn
- Festzeit für Betonierende GBW bis Bauende

Je nach projektspezifischen Randbedingungen sind unterschiedliche Festzeiten abzufragen.

#### 4.2.8.4 Wassererschwernisse

Die Abfrage von Bieterangaben bezüglich Zusatzzeiten für Wassererschwernisse ist ebenso in Tabellenform etabliert. Die Angaben vom Bieter für Zusatzzeiten bei Wassererschwernisse sind je Wasserempfindlichkeit, Vortriebsklasse und Teilquerschnitt abzufragen. Dabei wird die bereits getroffene Bieterangabe für die Vortriebsgeschwindigkeit der verschiedenen Vortriebsklassen und Teilquerschnitte bereits eingefügt. Die Bieterangabe erfolgt durch die Angabe eines Prozentsatzes, der die eigentliche Vortriebsgeschwindigkeit abmindert. Dieser Prozentsatz wird Abminderungsfaktor genannt. Ebenso wie bei den Vortriebsgeschwindigkeiten sind Mindest- und Höchstwerte für diesen Abminderungsfaktor vom AG festzulegen. Die Zusatzzeit für Wassererschwernisse errechnet sich aus dem Vordersatz für die jeweilige Vortriebsklasse und den Teilquerschnitt multipliziert mit der durch den Abminderungsfaktor verringerten Vortriebsgeschwindigkeit. Abb. 4.43

stellt eine mögliche Bauzeitabelle für die Zusatzzeiten für Wassererschwernisse bei zyklischem Vortrieb dar, in der die Zelle für die Bieterangabe gelb markiert ist.

VKL - US - Kal/Str - 7 / 26,76  <b>Wasser- spende (l/s)</b> 0,5 < x ≤ 2,0 2,0 < x ≤ 3,5 3,5 < x ≤ 5	1	<b>Hauptgruppen gem. ONORM B 4400-1, Anhang A</b>			<b>feinkörnig</b>					
		lfm	lfm/KT	KT	min %	max %	%		lfm/KT	ZUS. KT
		a1	aus Tab. 19-S2-ZV a2	a3	b2	c2	<b>Angabe</b>	d2	VTneu = a2*(1-d2) e1	=(a1/e1 - a1/a2) [KT]
		36,3			5%	15%		5%		
			10%	20%		10%				
			15%	30%		15%				

**Abb. 4.43:** Beispielhaftes Tabellenblatt für eine Bieterangabe bezüglich Wassererschwernisse (Quelle: Interne Unterlagen der Wiener Linien [23, Jahr 2019])

Für kontinuierliche Vortriebe wird je nach Vortriebsabschnitt unterschieden. Die Bieterangabe erfolgt, gleich wie beim zyklischen Vortrieb, über einen Abminderungsfaktor beim Eintreten von Wassererschwernissen.

#### 4.2.8.5 Zusatz-Festzeiten

Für den zyklischen Vortrieb können für folgende Zusatzzeiten Bieterabfragen in der Ausschreibung vorgesehen werden:

- Zusatzzeiten für das Anfahren von Regelquerschnitten bzw. Aufweitungen,
- Zusatzzeiten für eine verstärkte Brustsicherung,
- Zusatzzeiten für das Herstellen von Sohlschlitzten,
- Zusatzzeiten für das Herstellen von Startröhren.

Ein Beispiel von Bieterangaben für den zyklischen Vortrieb ist in Abb. 4.44 ersichtlich.

Zeilen-Nr.	A	B			C	D
	Zuschläge Festzeiten für nachstehende Maßnahmen	Anzahl / Menge [ STK ]	min [ KT ]	max [ KT ]	zusätzlicher Zeitaufwand je Ereignis [ KT / STK ]	Dauern [ KT ]
1	Festzeit Einarbeiten Vortrieb US und RQ	1,00	keine	keine		
2	Festzeit Anfahren US aus Bauteil B	1,00	keine	keine		
3	Festzeit Anfahren RQ aus Bauteil B	1,00	keine	keine		
4	Festzeit für das Anfahren Bauteil Q1	1,00	keine	keine		
5	Festzeit für das Anfahren Bauteil P1	1,00	keine	keine		
6	Festzeit für das Einfahren in Bauteil R	1,00	keine	keine		
7	Festzeit Herstellen Einfahrbetonkörper	1,00	keine	keine		
8	Festzeit Herstellen Zielröhre Gl. 1 inkl. Anfahren aus Bauteil R, Herstellen Endwand und Betonkörper Anteil Gleichzeitigkeit mit Vortrieb oder Betonieren S1 *)	1,00	keine	keine		
9	Festzeit Herstellen Startröhre Gl. 1 inkl. Anfahren aus Bauteil B und Herstellen Endwand Anteil Gleichzeitigkeit mit Vortrieb oder Betonieren S1 *)	1,00	keine	keine		

**Abb. 4.44:** Beispielhaftes Tabellenblatt für eine Bieterangabe bezüglich Zusatz-Festzeiten (zyklischer Vortrieb) (Quelle: Interne Unterlagen der Wiener Linien [23, Jahr 2019])

Dahingegen können für den kontinuierlichen Vortrieb z.B. folgende Zusatz-Festzeiten in der Ausschreibung mithilfe einer Bieterangabe abgefragt werden:

- Zusatz-Festzeiten für das Anfahren,
- Zusatz-Festzeiten für das Einfahren,
- Zusatz-Festzeiten für reduzierte Vortriebsleistungen infolge einer Einarbeitungszeit,
- Zusatz-Festzeiten für das Durchziehen bei Stationsröhren,
- Zusatz-Festzeiten für die Zerlegung und Bergung einer TBM,
- Zusatz-Festzeiten für das Rückziehen der Nachläufersysteme

Ein Beispiel dafür wird in Abb. 4.45 dargestellt.

Zeilen-Nr.	A	B			C	D
	Zuschläge Festzeiten für nachstehende Maßnahmen	Anzahl [ STK ]	min [ KT ]	max [ KT ]	zusätzlicher Zeitaufwand je Ereignis [ KT / STK ]	Dauern [ KT ]
1	Festzeit Anfahren Station Matzleinsdorferplatz	1,00	keine	5,00		0,00
2	Zusatzzeit reduzierte Vortriebsleistung während der Anlernphase = "Lernkurve" Vortrieb TBM	1,00	keine	7,00		0,00
3	Festzeit Einfahren Gleiswechselanlage Reinprechtsdorferstraße <b>NA R</b>	1,00	keine	2,00		0,00
4	Festzeit Durchziehen Gleiswechselanlage Reinprechtsdorferstraße <b>NA R</b>	1,00	keine	14,00		0,00
5	Festzeit Anfahren Gleiswechselanlage Reinprechtsdorferstraße <b>NA R</b>	1,00	keine	2,00		0,00
6	Festzeit Einfahren Station Reinprechtsdorferstraße <b>ST R</b>	1,00	keine	2,00		0,00
7	Festzeit Durchziehen Station Reinprechtsdorferstraße <b>ST R</b>	1,00	keine	14,00		0,00
8	Festzeit Anfahren Station Reinprechtsdorferstraße <b>ST R</b>	1,00	keine	2,00		0,00
9	Festzeit Einfahren Station Pilgramgasse <b>ST P</b>	1,00	keine	2,00		0,00
10	Festzeit Durchziehen Station Pilgramgasse <b>ST P</b>	1,00	keine	14,00		0,00
11	Festzeit Anfahren Station Pilgramgasse <b>ST P</b>	1,00	keine	2,00		0,00
12	Festzeit Einfahren Gleiswechselanlage Kaunitzgasse <b>NA K</b>	1,00	keine	2,00		0,00

**Abb. 4.45:** Beispielhaftes Tabellenblatt für eine Bieterangabe bezüglich Zusatz-Festzeiten (kontinuierlicher Vortrieb) (Quelle: Interne Unterlagen der Wiener Linien [23, Jahr 2019])

#### 4.2.8.6 Sonder- und Zusatzmaßnahmen

Für Sonder- und Zusatzmaßnahmen können für die verschiedenen Vortriebsabschnitte Bieterangaben abgefragt werden. Die dadurch errechneten Zuschläge gelten unabhängig von den tatsächlichen Vortriebsklassen und gegenseitige Beeinflussungen von Zusatz- und Sondermaßnahmen sind in den Leitungsangaben zu berücksichtigen. Für folgende Zusatz- und Sondermaßnahmen des zyklischen Vortriebs können Bieterangaben in der Ausschreibung festgelegt werden:

- Einbringen, Kürzen, Anschließen von Entwässerungslanzen,
- Einbringen, Kürzen, Anschließen von Vakuumlansen,
- Durchführung von unverrohrten Sondierbohrungen,

- Durchführung von Kernbohrungen,
- Einbau einer temporären Sohldrainage,
- Einbau von Kunststoffrohren,
- Herstellen einer Ortsbrustsicherung,
- Herstellen eines Rohrschirms,
- Verfüllen/Verpressen eines Rohrschirms,

Abb. 4.46 stellt eine Bauzeittabelle für Zusatzzeiten für Sonder- und Zusatzmaßnahmen dar (zyklischer Vortrieb). Die Bieterangabe ist je nach zugrundeliegender Einheit in m/KT oder min/EH anzugeben.

Zeilen-Nr.	A	B	C	D
	Zusatzzeiten für Vorausbohrungen, Zusatz- und Sondermaßnahmen	Einheit	max. zusätzliche Dauer [ min/EH ]	Bieterangabe [ min / EH ]
1	Einbringen selbstbohrendes Drainagerohrsystem, Länge bis max. 10 m, inkl. Anschluss an die Ableitung samt erforderlichen Anschlüssen inkl. aller Behinderungen, nach lfm Drainagerohrsystem in Bohrung [lfm]	[lfm]	5,00	
2	Kürzen selbstbohrendes Drainagerohrsystem und abschlauchen [STK]	[STK]	15,00	
3	Einbringen selbstbohrendes Drainagerohrsystem mit Vakuumbeaufschlagung, Länge bis max. 10 m, inkl. Anschluss an die Ableitung samt erforderlichen Anschlüssen inkl. aller Behinderungen, nach lfm Drainagerohrsystem in Bohrung [lfm]	[lfm]	7,00	
4	Kürzen selbstbohrendes Drainagerohrsystem mit Vakuumbeaufschlagung und abschlauchen [STK]	[STK]	20,00	
5	Durchführung unverrohrter Sondierbohrungen im Trockenbohrverfahren, Tiefenstufe bis 6m, ohne Kerngewinn [lfm]	[lfm]	5,00	
6	Herstellung und Anschluss Brunnen [STK]	[STK]	240,00	
7	Maßnahmen zur Ableitung in das Förderleitungssystem (FLS) im Vortriebsbereich (siehe Pos. 720303) nach lfm Vortrieb [lfm]	[lfm]	20,00	
8	Festzeit für den Einbau einer temporären Sohldrainage DN/OD 160 unterhalb der Fahrsohle inklusive Herstellung der Pumpensümpfe, nach lfm in denen eine Sohldrainage eingebaut wird [lfm]	[lfm]	30,00	
9	Herstellen Brustsicherung Vortriebsstilliegen Stationsröhre (inkl. Abbruch der Brustsicherung und Wiederanfahren Vortrieb) [STK]	[STK]	keine	
10	Herstellen Brustsicherung Vortriebsstilliegen Verbindungstunnel/Querschlag (inkl. Abbruch der Brustsicherung und Wiederanfahren Vortrieb) [STK]	[STK]	keine	

**Abb. 4.46:** Beispielhaftes Tabellenblatt für eine Bieterangabe bezüglich Zusatz- und Sondermaßnahmen (zyklischer Vortrieb) (Quelle: Interne Unterlagen der Wiener Linien [23, Jahr 2019])

Für den kontinuierlichen Vortrieb müssen wiederum andere Sonder- und Zusatzmaßnahmen und zugehörige Bieterangaben in der Ausschreibung vorgesehen werden. Für folgende Maßnahmen können Bieterangaben abgefragt werden:

- Rüstzeit für Bohrungen,
- Rotationskernbohrung,
- Unverrohrte Bohrung ohne Kern,
- Verrohrte Bohrung ohne Kerngewinn,
- Rüstzeit für einen Injektionsschirmabschnitt,
- Schauminjektion,
- Verfestigungs-/Dichtinjektionen,
- Verfestigungs-/Dichtinjektionen für Tübbinge,
- Kunstharzinjektionen,
- Etc.

Abb. 4.47 stellt eine Möglichkeit für eine Bauzeittabelle für Zusatzzeiten von Sonder- und Zusatzmaßnahmen (kontinuierlicher Vortrieb) dar, für die Bieterangaben abzufragen sind.

Zeilen-Nr.	A	B			C	D
	Zusatzzeiten für Vorausbohrungen, Zusatz- und Sondermaßnahmen	Menge	min [ min ]	max [ min ]	Bieter- angabe [ min / EH ]	Dauern [ KT ]
26	Rüstzeit für Bohrungen [STK}	10,00	20,00	60,00		0,14
27	Rotationskernbohrung *) [m]	60,00	20,00	50,00		0,83
28	Unverrohrte Bohrung ohne Kern *) [m]	75,00	2,00	5,00		0,10
29	Verrohrte Bohrung ohne Kerngewinn *) [m]	75,00	2,00	6,00		0,10
30						
31	Rüstzeit je Injektionsschirmabschnitt [STK]	2,00	120,00	540,00		0,17
32	Schauminjektion [kg]	12.000	0,00	0,50		0,00
33	Verfestigungs-/Dichtinjektionen [kg]	16.000	0,00	0,50		0,00
34	Verfestigungs-/Dichtinjektionen Tübbinge [kg]	500	0,00	0,50		0,00
35	Kunstharzinjektion [kg]	10.500	0,00	0,50		0,00
36						
37						
38	Zwischensumme 3					1,35

Abb. 4.47: Beispielhaftes Tabellenblatt für eine Bieterangabe bezüglich Zusatz- und Sondermaßnahmen (kontinuierlicher Vortrieb) (Quelle: Interne Unterlagen der Wiener Linien [23, Jahr 2019])

#### 4.2.8.7 Spezialtiefbaumaßnahmen

Für Spezialtiefbauarbeiten, die im Zuge des Vortriebs anfallen und die für die Bauzeit am kritischen Weg liegen, werden ebenso Bieterangaben abgefragt. Entgegen den Bieterangaben für Vortriebsarbeiten oder Betonierarbeiten werden für die Spezialtiefbauarbeiten keine Leistungsangaben abgefragt, sondern Pauschalen mit der Einheit KT. In den Erläuterungen zum Bauzeitmodell wird der zugrunde liegende Mengenvordersatz für die Pauschale beschrieben. Somit ist für den Bieter ersichtlich, wieviel Meter Bohrpfähle in der Pauschale enthalten sind. Grundsätzlich können alle Spezialtiefbauarbeiten, für die ein Bedarf vorliegt, in die Bauzeitablen aufgenommen und Bieterangaben abgefragt werden. Im innerstädtischen Bereich, vor allem bei Stationsgebäuden kommen vor allem Bohrpfahlarbeiten, DSV-Arbeiten und u.U. Brunnenbohrarbeiten für die Wasserhaltung zum Einsatz. Abb. 4.48 stellt ein Beispiel für eine Bauzeitabelle für Bohrpfahlarbeiten dar, in der die Bieterangabe ersichtlich ist.

Prognostizierte Dauern Spezialtiefbau		BT - AA					
		A	B	C	D	E	F
Zeilen-Nr.	Bohrpfahlarbeiten	Menge	Einheit	Bieter Angabe	Prognostizierte Dauern		
					[ KT ]		
1	Bohrpfahlarbeiten	ZAABPFn	1	PA		0,00 netto	

Abb. 4.48: Beispielhaftes Tabellenblatt für eine Bieterangabe bezüglich Bohrpfahlarbeiten (Quelle: Interne Unterlagen der Wiener Linien [23, Jahr 2019])

#### 4.2.8.8 Stillliegezeit-Abgang

Für arbeitsfreie Tage (Feiertage, Abgangszeiten, Barbarafeier, usw.) sind lt. ÖNORM B 2203-1/2 Bieterabfragen in der Ausschreibung vorzusehen. In Abb. 4.49 ist ein Auszug aus einem Tabellenblatt ersichtlich, in dem die Stillliegezeiten für Abgang über eine Bieterangabe abgefragt werden. Die Stillliegezeiten Abgang werden für Vortriebsarbeiten, Betonierarbeiten, Spezialtiefbauarbeiten, Festzeiten in der Neben- und Hauptbauzeit gesondert abgefragt.

	Stillliegezeiten Abgang während Nebenbauzeit	Anzahl	Dauer je Ereignis	Gesamt Dauer
		[ STK ]	[ KT / STK ]	[ KT ]
11	Barbarafeier		1,00	0,00
12	Weihnachtsabgang		10,00	0,00
13	Osterabgang		6,00	0,00
14	<b>Stillliegezeiten Nebenbauzeit OG 28</b>			<b>0,00</b>

Abb. 4.49: Beispielhaftes Tabellenblatt für eine Bieterangabe bezüglich Stillliegezeit-Abgang (Quelle: Interne Unterlagen der Wiener Linien [23, Jahr 2019])

### 4.2.9 Ausschreibungsunterlagen

Bei einem Tunnelbauprojekt befinden sich unzählige, verschiedene Dokumente, Pläne, Formblätter, Erläuterungen etc. in den Ausschreibungsunterlagen. Hierbei ist von Interesse, welche Ausschreibungsunterlagen spezifisch für ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell erstellt werden müssen. Für ein beispielhaftes Tunnelbauprojekt werden folgende Ausschreibungsunterlagen veröffentlicht:

- Teil A – Angebotsbestimmungen
- Teil B – Vertragsbestimmungen
- Teil C – Spezielle Ergänzungen
- Teil D – Termine und Fristen
- Teil E – Leistungsverzeichnis
- Teil F – Planunterlagen

Im **Teil A – Angebotsbestimmungen** befinden sich neben den eigentlichen Angebotsbestimmungen Formblätter, die in den Angebotsbestimmungen beschrieben sind und im Zuge der Angebotslegung vom Bieter ausgefüllt werden müssen. Zusätzlich enthält der Teil A eine Auflistung der wesentlichen Positionen, die vom AG als solche festgelegt wurden.

Im **Teil B – Vertragsbestimmungen** befinden sich die Allgemeinen Vertragsbestimmungen und im **Teil C – Spezielle Ergänzungen** die besonderen Vertragsbestimmungen für die gegenständliche Ausschreibung.

**Teil D – Termine und Fristen** ist ein Kernstück für das flexible Bauzeit- und Vergütungsmodell. Darin findet sich der Rahmenterminplan, der als Bauzeitermittlung des AG zu sehen ist, Bauzeitermittlung des AN in Tabellenblättern, die zur Ermittlung der Bauzeit dienen, die Bauzeitpläne des AN, in denen der AN die Ergebnisse der Bauzeitermittlung grafisch darstellt und die Erläuterungen zum Bauzeitmodell, in dem die Vorgangsweise für die Bauzeitermittlung erläutert wird. Exemplarisch können sich somit folgende Unterlagen im Teil D befinden:

- Rahmenterminplan – Bauzeitermittlung des AG
- Bauzeitermittlung durch den AN
- Bauzeitplan des AN
- Erläuterungen zum Bauzeitmodell

Der **Rahmenterminplan – Bauzeitermittlung des AG** stellen die terminlichen Randbedingungen des Projekts dar. Weitere terminliche Vorgaben für die Errichtung werden dort nicht vorgeben.

In den Unterlagen für **die Bauzeitermittlung durch den AN** befinden sich je nach Umfang des Projekts mehrere Tabellenblätter, in denen die Bauzeit nach Teilbauzeit, Vorgängen, Einzel-fristen, etc. aufgliedert sind und in denen der Bieter die erforderlichen Bieterangaben eintragen muss. In den Tabellenblätter findet sich ein mathematisches Modell mit dem die verschiedenen Teilbauzeiten und die Gesamtbauzeit errechnet werden. Die Bauzeitermittlung des AN ist die Basis für die **Bauzeitpläne des AN**, da die Ergebnisse der Bauzeitermittlung des AN vom AN selbst während der Angebotsbearbeitung in die Bauzeitpläne übertragen werden müssen. Die Bauzeitpläne des AN sind die grafische Darstellung der Ergebnisse der Bauzeitermittlung durch den AN.

Die **Erläuterungen zum Bauzeitmodell** dienen als ergänzende Informationen für die Ermittlung der Bauzeit. Darin werden

- Definitionen erläutert,
- Bauabläufe beschrieben,
- die Gliederung der Tabellen angeführt,
- die Tabellenblätter beschrieben
- Regelungen für Tabellen beschrieben,
- die Verknüpfung von Teilbauzeit zu LV-Positionen beschrieben,
- die Zeitermittlung für zyklische Vortriebe beschrieben,
- die Zeitermittlung für kontinuierliche Vortriebe beschrieben,
- die Zeitermittlung für das Betonieren der Innenschale beschrieben,
- die Zeitermittlung für offene Bauweisen und Aufweitungsquerschnitte beschrieben,
- Hinweise für Stillliegezeiten und Wartezeiten beschrieben und
- die zu berücksichtigenden Arbeiten, Nebenleistungen, sowie übertragende Risiken angeführt.

Im **Teil E – Leistungsverzeichnis** befinden sich neben dem eigentlichen Leistungsverzeichnis Abrechnungspläne und zusätzliche technische Vorbemerkungen. In den zusätzlichen technischen Vorbemerkungen werden z.B. projektspezifische Besonderheiten in Hinblick auf Baustellenlogistik, Abfallwirtschaft, Betonkonzept, Entstaubung, Bewetterung, Lärmschutz, Dokumentation Rohbau, Zutrittskontrolle, UT-Personenerfassung beschrieben. In **Teil F – Planunterlagen** finden sich alle Planunterlagen, die der Ausschreibung zugrunde gelegt sind. Neben den Planunterlagen findet sich ein Planlieferschema ebenso im Teil F.

### 4.3 Vertragsgrundlage

In Bezug auf ein FBVM stellt sich die Frage, welche Angaben im Angebot wesentlich für das FBVM sind und welche Angaben nach Angebotsabgabe bei einem Zuschlag zur vertraglichen Soll-Leistung werden. Die Frage nach dem vertraglichen Soll, welches sich aus den Ausschreibungsunterlagen und dem gelegten Angebot des Bieters ergibt, ist für ein FBVM von hoher Bedeutung, da sich das gesamte Bauzeit- und Vergütungsmodell nach den Leistungsangaben des Bieters im Angebot errechnet. Es soll dargelegt werden, welche Leistungsangaben zum vertraglichen Soll bzw. zur vertraglichen Grundleistung werden. Die vertragliche Grundleistung bzw. die vertragliche Vortriebsdauer stellt die Basis für das nachfolgende Kap. 4.4 Abwicklungsphase dar, in dem erläutert wird, wie sich Änderungen im Tunnelvortrieb auf die Bauzeit und die Vergütung auswirken.

Für das vertragliche Bau-Soll sind in Bezug auf ein FBVM besonders die in der Ausschreibung vorgesehenen Bieterangaben von Bedeutung. Die Leistungsansätze oder Zeiterfordernisse, die der Bieter in seinem Angebot festlegt, sind die wesentlichen Faktoren, die das Bauzeit- und Vergütungsmodell beeinflussen.

### 4.3.1 Leistungsansätze/Zeiträume

Maßgebende Leistungsansätze und Zeitangaben, die aus dem Angebot hervorgehen – auf Basis der Bieterangaben – sind:

- Leistungsangabe für die Vortriebsleistung je Vortriebsklasse und Teilquerschnitt,
- Leistungsangabe für die Betoniergeschwindigkeit der Teilquerschnitte,
- Abminderungsfaktoren für die Vortriebsleistungen bei Wassererschwernissen,
- Zusatzzeiten für Zusatz- und Sondermaßnahmen,
- Angaben für Festzeiten und
- Zusatz-Festzeiten.

Die Bieterangaben und somit die vertraglichen Leistungsangaben bzw. vertraglich festgelegten Zeiterfordernisse stellen das vertragliche Bau-Soll für die Bauzeit dar. Hinzu kommt das vertragliche Bau-Soll für die Vergütung. Bei weitem nicht alle Einheitspreise werden bei Änderungen, die mit dem FBVM abgedeckt sind, fortgeschrieben bzw. angepasst.

Die Leistungsangaben für die Vortriebsgeschwindigkeiten werden in der ÖNORM B 2203-1/2 als vertraglich vereinbarte Vortriebsgeschwindigkeiten bezeichnet. Diese definieren die vertragliche Vortriebsdauer als: „*Vortriebsdauer, errechnet aus der tatsächlichen Verteilung der Vortriebsklassen und den vertraglich vereinbarten Vortriebsgeschwindigkeiten zuzüglich der anerkannten Vortriebs-Stillliegezeiten und Vortriebsunterbrechungen in Kalendertagen.*“<sup>119</sup>

Die vertragliche Vortriebsdauer repräsentiert also die Sollte-Bauzeit, wie in Kapitel 4.4.2 erläutert. Wohingegen die prognostizierte Vortriebsdauer lt. ÖNORM B 2203-1/2 die Soll-Bauzeit darstellt. Diese ist definiert als: „*Vortriebsdauer, errechnet aus der für die Ausschreibung prognostizierten Verteilung der Vortriebsklassen und den vertraglich vereinbarten Vortriebsgeschwindigkeiten zuzüglich der erwarteten Vortriebs-Stillliegezeiten und Vortriebsunterbrechungen in Kalendertagen.*“<sup>120</sup>

### 4.3.2 Leistungspositionen

Die Leistungspositionen, die aufgrund eines FBVM besondere Bedeutung zukommt sind:

- Positionen des Ausbruchs,
- Positionen für das Betonieren der Innenschale,
- Positionen für Stützmaßnahmen,
- Positionen für Wassererschwernisse und
- Positionen für Zusatz- und Sondermaßnahmen.

Die Einheitspreise bzw. Vordersätze dieser Positionen stellen die vertragliche Preisbasis dar, sofern es zu Fortschreibungen im Zuge eines FBVM kommt. Die Einheitspreise der Positionen für Wassererschwernisse, Stützmaßnahmen und Zusatz- und Sondermaßnahmen werden im Allgemeinen nicht angepasst. Für diese Positionen kommt es normalerweise zu einer Anpassung

<sup>119</sup>Aus [16] ÖNORM B 2203-1:2001 12 01, S. 8

<sup>120</sup>Aus [16] ÖNORM B 2203-1:2001 12 01, S. 8

des Vordersatzes aufgrund der tatsächlich, angetroffenen Umstände während des Vortriebs, welche wiederum die Bauzeit beeinflussen.

Nicht so für die Einheitspreise der Ausbruchpositionen. Kommt es zu Verschiebungen in der Vortriebsklassenmatrix aufgrund der tatsächlich angetroffenen Umstände im Vortrieb und müssen die Vortriebsklassen fortgeschrieben werden, so stellen die Einheitspreise die vertragliche Basis dar. Im Zuge einer Anpassung der Einheitspreise, bei einer Verschiebung in der Vortriebsklassenmatrix, wird ebenso die Vortriebsgeschwindigkeit fortgeschrieben, welche wiederum die Bauzeit beeinflusst.

### 4.3.3 Gemeinkostenpositionen

Die Positionen für zeitgebundene Kosten der Baustelle, die als Vertragsgrundlage für ein FBVM entscheidend sind, sind:

- ZGKB Vortriebsbeginn bis Betonierende
- ZGKB Vortriebsbeginn bis Vortriebsende
- ZGKB Betonierbeginn bis Betonierende
- ZGKB Aufzahlung während Vortriebs- bzw. Betonierarbeiten

Diese zeitgebundenen Positionen werden als Pauschalen angeboten, jedoch zur Verrechnung kommen Verrechnungseinheiten. Diese Verrechnungseinheiten ergeben sich aus der Division der angebotenen Pauschale durch die prognostizierte Dauer von Vortriebsbeginn bis Betonierende bzw. Vortriebsbeginn/Betonierbeginn bis Vortriebsende/Betonierende. Die somit ermittelte Verrechnungseinheit ist die vertragliche Basis, sofern es zu einer systemimmanenten Veränderung der Bauzeit kommt.

## 4.4 Ausführung

In der Ausführungsphase ist entscheidend, wie sich Veränderungen des Bau-SOLLs auf die Bauzeit und die Vergütung auswirken. Die Vertragsgrundlagen wurden in Kap. 4.3 kurz umrissen. Die Systematik des flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells, also die dynamische Fortschreibung der Bauzeit und der Menge, stützt sich grundsätzlich auf die Vertragsbestimmungen, die in der ÖNORM B 2203-1/2 festgelegt sind, es sei denn es werden projektspezifische Technische Vertragsbestimmungen vereinbart, die anstelle der Bestimmungen der ÖNORM B 2203 treten. Im Folgenden werden nur die Vertragsbestimmungen der ÖNORM B 2203 als Grundlage herangezogen, projektspezifische technische Vorbemerkungen fließen nicht in die Betrachtung ein.

Zur Veranschaulichung erfolgt die Betrachtung der Abwicklungsphase in Kombination mit einem Beispiel für ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell. Im Folgenden werden Auszüge einzelner Tabellenblätter angeführt, die das SOLL repräsentieren. Daraufhin erfolgt die Betrachtung des fortgeschriebenen SOLLTE und eine Abweichungsanalyse zwischen SOLL und SOLLTE, ebenso mithilfe von Tabellenblätter zur besseren Veranschaulichung. Im Anschluss werden die Veränderungen des Bau-SOLL und die Auswirkungen auf Bauzeit und Vergütung anhand folgender Ereignisse analysiert:

- Veränderung der Vordersätze der ausgeschriebenen Vortriebsklassen,
- Einführen einer neuen VKL (1. OZ bleibt bestehen, 2. OZ neu) und
- Eintreten von Wassererschwermissen.

Es ist anzumerken, dass nicht jede Veränderung des Bau-SOLLs und dessen Auswirkungen angeführt werden kann, denn dies würde den Rahmen der gegenständlichen Diplomarbeit bei weitem übersteigen. Daher ist das Ziel, dass die Veränderungen behandelt werden, die oftmals bei Tunnelbauprojekten auftreten und mit denen sich die Systematik eines flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells gut beschreiben lässt.

#### 4.4.1 Beispielprojekt

Das Beispielprojekt baut auf den Tunnelquerschnitten, Vortriebsklassen, Stützmaßnahmen des ÖGG-Beispiels in *The Austrian Practice of NATM Tunneling Contracts* auf. Dabei werden die in Abb. 4.50 ersichtlichen Daten für das gegenständliche Beispielprojekt herangezogen.

Zeilenr.	A	B	C	D	E	F	G
	Vortriebsklassen	Abschlagslänge [m]	Bewertungsfläche Ab [cm <sup>2</sup> ]	ds [cm]	üm [cm]	Ausbruch [m <sup>3</sup> /m]	EHP [EUR/m <sup>3</sup> ]
1	VKL 5/2,21	>1,30; <=1,70	47,52	15,0	3,0	51,60	40,00
2	VKL 5/3,23	>1,30; <=1,70	47,52	15,0	5,0	51,96	48,00
3	VKL 5/4,93	>1,30; <=1,70	47,52	20,0	5,0	52,87	60,00
4	VKL 6/4,96	>1,0; <=1,30	47,52	20,0	5,0	52,87	62,00
5	VKL 6/6,45	>1,0; <=1,30	47,52	20,0	10,0	53,79	76,50

**Abb. 4.50:** Beispielhafte Vortriebsklassenverteilung (Quelle: Österreichische Gesellschaft für Geomechanik [19, 15 ff.])

Für die Bauzeitermittlung kommen folgende Tabellenblätter zur Anwendung:

- GBZ – Gesamtbauzeit
- A – Gesamtvortriebsdauer
- B – Betonierdauer
- C – Wassererschwernisse
- D – Zusatzfestzeiten und Sonder- und Zusatzmaßnahmen

Die SOLL-Gesamtbauzeit, die sich anhand der vorgegeben Festzeiten, der prognostizierten Vortriebsklassenverteilung und der Leistungsangaben des Auftragnehmers ergeben, sind in Tab. 4.4 ersichtlich. Es ist darauf hinzuweisen, dass für die Leistungsangaben Annahmen getroffen wurden.

**Tab. 4.4:** Aufgliederung der Gesamtbauzeit

Baubeginn bis frühester Beginn Vortrieb	50,0 KT
Gesamtvortriebsdauer	841,51 KT
Betonierdauer	330,17 KT
Betonierende bis Bauende	50,0 KT
<b>Gesamtbauzeit</b>	<b>1271,68 KT</b>

Die Gesamtvortriebsdauer errechnet sich aus den Teilbauzeiten, ersichtlich in Tabelle 4.5.

**Tab. 4.5:** Aufgliederung der Gesamtvortriebsdauer

Vortriebsdauer	737,5 KT
Vortriebsunterbrechungen	14,0 KT
ZZ aus Wassererschwermissen	36,62 KT
ZZ aus Zusatz-Festzeiten und Zusatz- und Sondermaßnahmen	20,61 KT
<b>Vortriebsdauer netto</b>	<b>808,51 KT</b>
Vortriebsstillliegezeiten	14,0 KT
Stillliegezeiten Abgang	19,0 KT
<b>Gesamtvortriebsdauer</b>	<b>841,51 KT</b>

Die jeweilig relevanten Teil-Bauzeiten, die sich aufgrund der Veränderung dynamisch fort-schreiben, werden bei den Abweichungsanalysen gesondert angeführt. Die Positionen, die zur Modellierung der Vergütungssystematik herangezogen werden, sind in der folgenden Tab. 4.6 ersichtlich.

**Tab. 4.6:** Herangezogene, beispielhafte Positionen für die Abweichungsanalyse

Zeilenr.:	A	B	C	D	E
	Positionsnr.	Positionsstichwort	fest/ veränderlich	EH	Abrechnung
	<b>01.00</b>	<b>Zeitgebundene Kosten der Baustelle</b>			
1	01.0010	ZGKB Baubeginn bis Vortriebsbeginn	fest	PA	VE
2	01.0020	ZGKB Vortriebsbeginn bis Betonierende	veränderlich	PA	VE
3	01.0030	ZGKB Betonierende bis Bauende	fest	PA	VE
4	01.0040	Aufzahlung auf Pos. 01.0020 für Vortrieb	veränderlich	PA	VE
5	01.0050	Aufzahlung auf Pos. 01.0020 für Betoniervorgang	fest	PA	VE
	<b>42.0101</b>	<b>Ausbruch Tunnel - Kalotte</b>			
6	42.0101A	Ausbruch - TU-K VKL: 5/2,21	veränderlich	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
7	42.0101B	Ausbruch - TU-K VKL: 5/3,23	veränderlich	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
8	42.0101C	Ausbruch - TU-K VKL: 5/4,93	veränderlich	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
9	42.0101D	Ausbruch - TU-K VKL: 6/4,96	veränderlich	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
10	42.0101E	Ausbruch - TU-K VKL: 6/6,45	veränderlich	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
	<b>50.01</b>	<b>Lohnkosten Vortriebsmannschaft</b>			
	<b>50.0102</b>	<b>Lohnkosten Vortriebsmannschaft Wassererschwermiss</b>	<b>veränderlich</b>	<b>PA</b>	<b>VE</b>
11	50.0102A	Lohnkosten Vortriebsmannschaft Wassererschwermiss VKL 5/2,21	veränderlich	PA	VE
12	50.0102B	Lohnkosten Vortriebsmannschaft Wassererschwermiss VKL 5/3,23	veränderlich	PA	VE
13	50.0102C	Lohnkosten Vortriebsmannschaft Wassererschwermiss VKL 5/4,93	veränderlich	PA	VE
14	50.0102D	Lohnkosten Vortriebsmannschaft Wassererschwermiss VKL 6/4,96	veränderlich	PA	VE
15	50.0102E	Lohnkosten Vortriebsmannschaft Wassererschwermiss VKL 6/6,45	veränderlich	PA	VE

Die Positionen des Ausbruchs für das Beispielprojekt sind zufolge ÖNORM B 2203-1 Variante A gegliedert, also je Vortriebsklasse eine Position in m<sup>3</sup> für Lohn und Sonstiges.

#### 4.4.2 Abweichungsanalyse SOLL-SOLLTE

Die Abweichungsanalyse SOLL-SOLLTE stellt dar, wie sich die Bauzeit und Vergütung i.V.m. einem flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodell fortschreibt. Dabei wird die vertragliche Preis- oder Zeitbasis ohne Apostroph (Teilbauzeit, PP) dargestellt und der/die fortgeschriebene Preis/Zeit (Teilbauzeit', PP') mit einem Apostroph.

#### 4.4.2.1 Veränderung der Vordersätze der bestehenden Vortriebsklassen

Die Vortriebsarbeiten sind zufolge den jeweiligen Unterlagen für die Vortriebsklassifizierung, die in den Ausschreibungsunterlagen beigelegt sind, einzuordnen. Weichen nun die tatsächlich, angetroffenen geologischen Verhältnisse von der Prognose in der Ausschreibung ab, müssen vor Ort Ausbaufestlegungen bestimmt werden. Mithilfe der tatsächlichen Vortriebslängen und der Vortriebsklassenverteilung, auf Basis der Ausbaufestlegungen, kann die Bauzeit und die Vergütung bestimmt werden.<sup>121</sup>

Es wird angenommen, dass sich die tatsächliche Vortriebsklassenverteilung gegenüber der prognostizierten Vortriebsklassenverteilung wie in Tab. 4.7 ersichtlich verschiebt. Die prognostizierte Vortriebsklassenverteilung stellt das SOLL dar und die tatsächliche das fortgeschriebene SOLLTE.

**Tab. 4.7:** Geänderte Gesamtvortriebsdauer aufgrund der Verschiebung der VKL-Vordersätze

A - Gesamtvortriebsdauer			SOLL		SOLLTE		Abweichung [Sollte/Soll-1]
Zeilen-Nr.	A Vortriebsklasse	C Leistungs-angabe netto [m/KT]	B Ausschreibung- Verteilung [m]	D Prognostizierte Dauer [KT]	B Abwicklung- Verteilung [m]	D Prognostizierte Dauer [KT]	
1	VKL 5/2,21	6,00	400,00	66,67	250,00	41,67	-37,5%
2	VKL 5/3,23	5,20	600,00	115,38	250,00	48,08	-58,3%
3	VKL 5/4,93	4,00	250,00	62,50	480,00	120,00	+92,0%
4	VKL 6/4,96	3,00	1.200,00	400,00	1.400,00	466,67	+16,7%
5	VKL 6/6,45	2,15	200,00	93,02	270,00	125,58	+35,0%
7			2.650,00	737,57	2.650,00	801,99	+8,7%
8	Vortriebsunterbrechungen			14,00		14,00	
9	Zusatzzeiten aus Wasserschwernissen	aus Tabelle C	ZZWE=	36,32		36,32	
10	Zusatz-Festzeiten und Zusatzzeiten für Sonder- und Zusatzmaßnahmen	aus Tabelle D	ZZFZ=	20,61		20,61	
11							
12	<b>Vortriebsdauer netto</b>	1+2+3+4+5+8+9+10=	2.650,00	<b>808,51</b>		<b>872,93</b>	<b>+8,0%</b>
13							
14	Vortriebsstilliegezeiten >7 KT			14,00		14,00	
15	Stilliegezeiten Abgang	Anzahl [Stk]	Dauer je Ereignis [KT/Stk]	Gesamtdauer [KT]			
16	Barbarafeier	1	1	1		1	
17	Weihnachtsabgang	2	7	14		14	
18	Osterabgang	2	2	4		4	
19							
20	<b>Vortriebsdauer brutto</b>	-	12+14+16+17+18=	<b>841,51</b>		<b>905,93</b>	<b>+7,7%</b>

Aufgrund der geänderten Vortriebsklassenverteilung ergibt sich eine fortgeschriebene Gesamtvortriebsdauer von **905,93 KT** gegenüber einer prognostizierten Gesamtvortriebsdauer von 841,51 KT. Die SOLLTE-Gesamtvortriebsdauer liegt um +7,7 % über der bisherigen SOLL-Bauzeit lt. Vertragsgrundlage. Die um +7,7 % längere Vortriebsdauer hat eine systemimmanente Auswirkung auf die Vergütung. Folgende Positionen werden davon beeinflusst:

- 01.0020 ZGKB Vortriebsbeginn bis Betonierende
- 01.0040 Aufzahlung auf Pos. 01.0020 für Vortrieb

<sup>121</sup>Vgl. [16] ÖNORM B 2203-1:2001 12 01, S. 28ff

- Ausbruchpositionen 42.0101

Für die Position 01.0020 wird der Zeitraum zwischen Vortriebsbeginn bis Betonierende herangezogen. Es wird angenommen, dass sich nur die netto Vortriebsdauer von 737,57 KT auf 801,99 verschoben hat. Alle Zusatzzeiten für Vortriebsunterbrechungen, Vortriebsstilliegezeiten, Wassererschwernisse etc. bleiben gleich. Es ergibt sich daher eine Gesamtvortriebsdauer von 905,93 KT gegenüber ursprünglich 841,51 KT. Für die Abrechnung werden nun die ermittelten Verrechnungseinheiten mit den tatsächlich, vertraglich abrechenbaren Kalendertagen multipliziert.<sup>122</sup>

Für die Position 01.0020 wird die fortgeschriebene Dauer von Vortriebsbeginn bis Betonierende für die Vergütung herangezogen ( $905,93+330,17=1236,09$  KT). Für die Position 01.0040 wird die Vortriebsdauer netto herangezogen, also die 872,93 KT, anstatt der 737,57 KT. In Tab. 4.8 sind die Auswirkungen auf die Vergütung der zeitgebundenen Kosten der Baustelle ersichtlich. Für die Position 01.0020 wird die fortgeschriebene Dauer von Vortriebsbeginn bis Betonierende für die Vergütung herangezogen ( $905,93+330,17=1236,09$  KT).

**Tab. 4.8:** Auswirkungen auf die zeitgebundene Kosten

Vordersatz	EHP	SOLL			SOLLTE			Abweichung [[PP'/PP]-1*100]
		PP	Teilbauzeit	€/VE	Teilbauzeit'	VE	PP'	
1,00 PA	5.000.000,00 €/PA	5.000.000,00 €	1171,68 KT	4.267 €/VE	1236,09 KT	4.267 €/VE	5.274.893,19 €	+5,5%
1,00 PA	1.800.000,00 €/PA	1.800.000,00 €	808,51 KT	2.226 €/VE	872,93 KT	2.226 €/VE	1.943.413,19 €	+8,0%

Die Änderung in der Verteilung der Vortriebsklassen hat natürlich Auswirkung auf die Positionenpreise der Leistungspositionen für den Ausbruch. Diese sind in Tab. 4.9 ersichtlich.

**Tab. 4.9:** Auswirkungen auf Ausbruchpositionen

	EHP	Ausbruchsvolumen je TM	EHP	SOLL		SOLLTE		Abweichung [[PP'/PP]-1*100]
				Verteilung	PP	Verteilung'	PP'	
42.0101A	40,00 €/m <sup>3</sup>	51,60 m <sup>3</sup> /m	2064,00 €/m	400,00 m	825.600,0 €	250,00 m	516.000,0 €	-37,5%
42.0101B	48,00 €/m <sup>3</sup>	51,96 m <sup>3</sup> /m	2494,08 €/m	600,00 m	1.496.448,0 €	250,00 m	623.520,0 €	-58,3%
42.0101C	60,00 €/m <sup>3</sup>	52,87 m <sup>3</sup> /m	3172,20 €/m	250,00 m	793.050,0 €	480,00 m	1.522.656,0 €	+92,0%
42.0101D	62,00 €/m <sup>3</sup>	52,87 m <sup>3</sup> /m	3277,94 €/m	1200,00 m	3.933.528,0 €	1400,00 m	4.589.116,0 €	+16,7%
42.0101E	76,50 €/m <sup>3</sup>	53,79 m <sup>3</sup> /m	4114,94 €/m	200,00 m	822.987,0 €	270,00 m	1.111.032,5 €	+35,0%
					Σ= 7.871.613,0 €		Σ= 8.362.324,5 €	+6,2%

Tab. 4.7, Tab. 4.8 und Tab. 4.9 stellen anschaulich dar, wie sich eine Änderung der prognostizierten Vortriebsklassenverteilung auf die Bauzeit und die Vergütung auswirkt. Eine Änderung der reinen Vortriebsdauer von +8,7 % steht einer Änderung der Ausbruchs-Positionenpreise von 6,2 % gegenüber. Nachdem für die geänderten Umstände keine neuen Vortriebsklassen notwendig sind, liegt kein Erfordernis für ein Zusatzangebot vor. Die geänderte Vortriebsklassenverteilung

<sup>122</sup>Vgl. [16] ÖNORM B 2203-1:2001 12 01, S. 28

stellt eine Mengenänderung dar, wobei keine Preisanpassung des Einheitspreis möglich ist. Ein neuer Einheitspreis kann lt. ÖNORM B 2203-1 P 5.1.2 erst ab einer 100 % Überschreitung der ausgeschriebenen Menge bzw. bei einer Unterschreitung von 50 % von einem Vertragspartner verlangt werden. Anders ist es im nächsten Abschnitt, in welchem das Auftreten einer neuen Vortriebsklasse analysiert wird. Hier wird ein Zusatzangebot notwendig sein, da die neue Vortriebsklasse eine Zusatzleistung des Auftragnehmers darstellt.

#### 4.4.2.2 Neue Vortriebsklasse

Es wird angenommen, dass sich aufgrund der tatsächlichen Baugrundverhältnisse die Notwendigkeit ergibt, eine neue Vortriebsklasse einzuführen, weil die errechnete 2. Ordnungszahl außerhalb des Geltungsbereichs liegt. Die Fortschreibung von bereits bestehenden Vortriebsklassen ist in Punkt 5.5.2.3 der ÖNORM B 2203-1 geregelt. Gibt es als Basis für die neu zu errechnende 2. Ordnungszahl mindestens 2 bestehende Vortriebsklassen, so wird die neue 2. Ordnungszahl mittels linearer Extrapolation berechnet. Bei drei bestehenden Vortriebsklassen wird die neue Vortriebsklasse mittels Ausgleichskurve berechnet. Die Bestimmungen in der ÖNORM B 2203-1 gelten nur für die den ausgeschriebenen unmittelbar benachbarten Vortriebsklassen mit gleicher 1. Ordnungszahl.<sup>123</sup>

Darüber hinaus können zusätzliche bzw. ergänzende Vereinbarungen in den Technischen Vorbemerkungen bzw. Besonderen Vertragsbestimmungen vereinbart werden. Zum Beispiel wie mit einer Veränderung der Abschlagslänge (1.OZ) umgegangen wird und wie die Ermittlung des Einheitspreises und der Vortriebsgeschwindigkeit auf Basis des Vertrags (bestehende Einheitspreise und Vortriebsgeschwindigkeiten) durchgeführt wird.

Es wird angenommen, dass sich die tatsächliche Vortriebsklassenverteilung gegenüber der prognostizierten Vortriebsklassenverteilung wie in Tab. 4.10 ersichtlich verschiebt. Die prognostizierte Vortriebsklassenverteilung stellt das SOLL dar und die tatsächliche das fortgeschriebene SOLLTE.

<sup>123</sup>Vgl. [16] ÖNORM B 2203-1:2001 12 01, S. 29

Tab. 4.10: Geänderte Gesamtvortriebsdauer aufgrund der neuen Vortriebsklasse

A - Gesamtvortriebsdauer			SOLL		SOLLTE		Abweichung [Soll'/Soll-1]
Zeilen-Nr.	A Vortriebsklasse	C Leistungsangabe netto [m/KT]	B Ausschreibung- Verteilung [m]	D Prognostizierte Dauer [KT]	B Abwicklung- Verteilung [m]	D Prognostizierte Dauer [KT]	
1	VKL 5/2,21	6,00	400,00	66,67	220,00	36,67	-45,0%
2	VKL 5/3,23	5,20	600,00	115,38	380,00	73,08	-36,7%
3	VKL 5/4,93	4,00	250,00	62,50	200,00	50,00	-20,0%
3.1	VKL 5/6,53	2,20			300,00	136,38	
4	VKL 6/4,96	3,00	1.200,00	400,00	1.000,00	333,33	-16,7%
5	VKL 6/6,45	2,15	200,00	93,02	150,00	69,77	-25,0%
5.1	VKL 6/8,45	1,30			400,00	307,69	
7			2.650,00	737,57	2.650,00	1006,92	+36,5%
8	Vortriebsunterbrechungen			14,00		14,00	
9	Zusatzzeiten aus Wasserschwerenissen	aus Tabelle C	ZZWE=	36,32		36,32	
10	Zusatz-Festzeiten und Zusatzzeiten für Sonder- und Zusatzmaßnahmen	aus Tabelle D	ZZFZ=	20,61		20,61	
11							
12	<b>Vortriebsdauer netto</b>	1+2+3+4+5+8+9+10=	1.650,00	808,51		1077,85	+33,3%
13							
14	Vortriebsstilliegezeiten >7 KT			14,00		14,00	
15	Stilliegezeiten Abgang	Anzahl [Stk]	Dauer je Ereignis [KT/Stk]	Gesamtdauer [KT]			
16	Barbarafeier	1	1	1		1	
17	Weihnachtsabgang	2	7	14		14	
18	Osterabgang	2	2	4		4	
19							
20	<b>Vortriebsdauer brutto</b>	-	12+14+16+17+18=	841,51		1110,85	+32,0%

Der Einheitspreis und die Vortriebsgeschwindigkeit der neuen Vortriebsklassen errechnen sich einerseits mithilfe einer linearen Extrapolation (Tab. 4.11), andererseits mithilfe einer Ausgleichskurve (Tab. 4.12).

Tab. 4.11: Extrapolation der neuen Vortriebsklasse aus 2 bestehenden Vortriebsklassen

## Extrapolation VKL 6/8,45 aus zwei bestehenden Vortriebsklassen

	EHP neu	VT
VKL 6/4,96	62,00 €/m <sup>3</sup>	3,00 m/KT
VKL 6/6,45	76,50 €/m <sup>3</sup>	2,15 m/KT
VKL 6/8,45	91,00 €/m <sup>3</sup>	1,30 m/KT

## Berechnung

Einheitspreis neu	= 76,5 + (76,6 - 62,0) =	91,00 €/m <sup>3</sup>
Vortriebsgeschwindigkeit	= 3,0 + (3,0 - 2,15) =	1,30 m/KT

Die in Tab. 4.11 ersichtliche Vortriebsklasse (grüne Zellenformatierung) stellt die neue errechnete Vortriebsklasse dar. Für diese ergibt sich ein neuer Einheitspreis von 91,00 €/m<sup>3</sup> und eine neue Vortriebsgeschwindigkeit von 1,30 m/KT.

**Tab. 4.12:** Extrapolation der neuen Vortriebsklasse aus drei bestehenden Vortriebsklassen

**Extrapolation VKL 5/6,53 aus 3 bestehenden Vortriebsklassen**

	EHP	VT
VKL 5/2,21	40,00 €/m <sup>3</sup>	6,00 m/KT
VKL 5/3,23	48,00 €/m <sup>3</sup>	5,20 m/KT
VKL 5/4,93	60,00 €/m <sup>3</sup>	4,00 m/KT
VKL 5/6,53	78,14 €/m <sup>3</sup>	2,20 m/KT

**Berechnung**

Extrapolation mit quadratischem Polynom mit den Parametern

Einheitspreis:

x=	neue 2. OZ=	6,53
a=	0,923	
b=	0,762	
c=	33,807	
y=	ax <sup>2</sup> +bx+c	
Einheitspreis neu=	78,14 €/m <sup>3</sup>	

Vortriebsgeschwindigkeit:

x=	neue 2. OZ=	6,53
a=	-0,092	
b=	-0,076	
c=	6,619	
y=	ax <sup>2</sup> +bx+c	
Vortriebsgeschwindigkeit neu=	2,20 m/KT	

Die in Tab. 4.12 ersichtliche Vortriebsklasse (grüne Zellenformatierung) stellt die neue errechnete Vortriebsklasse dar. Für diese ergibt sich ein neuer Einheitspreis von 78,14 €/m<sup>3</sup> und eine neue Vortriebsgeschwindigkeit von 2,20 m/KT.

Aufgrund der geänderten Vortriebsklassenverteilung ergibt sich eine fortgeschriebene Gesamt-vortriebsdauer von **1110,85 KT** (+32 %) gegenüber einer prognostizierten Gesamt-vortriebsdauer von 841,51 KT. Diese wiederum beeinflusst die ZGKB-Positionen 01.0020 und 01.0040 und es ergeben sich neue Positionspreise, die in Tab. 4.13 ersichtlich sind.

**Tab. 4.13:** Auswirkungen auf die zeitgebundenen Kosten

	Vordersatz	EHP	SOLL			SOLLTE			Abweichung [((PP'/PP)-1*100)]
			VE	Teilbauzeit	PP	VE	Teilbauzeit'	PP'	
01.0020	1,00 PA	5.000.000,00 €/PA	4.267 €/VE	1171,68 KT	5.000.000,00 €	4.267 €/VE	1441,02 KT	6.149.383,36 €	+23,0%
01.0040	1,00 PA	1.800.000,00 €/PA	2.226 €/VE	808,51 KT	1.800.000,00 €	2.226 €/VE	1077,85 KT	2.399.639,20 €	+33,3%

Die Mengenänderung der Vortriebsklassen hat ebenso eine Auswirkung auf die Vergütung der Leistungspositionen, diese ist in Tab. 4.14 ersichtlich.

**Tab. 4.14:** Auswirkungen auf die Kosten der Ausbruchpositionen

	EHP	Ausbruchsvolumen je TM	EHP	SOLL		SOLLTE		Abweichung [[PP'/PP]-1*100]
				Verteilung	PP	Verteilung'	PP'	
42.0101A	40,00 €/m <sup>3</sup>	51,60 m <sup>3</sup> /m	2064,00 €/m	400,00 m	825.600,0 €	220,00 m	454.080,0 €	<b>+55,0%</b>
42.0101B	48,00 €/m <sup>3</sup>	51,96 m <sup>3</sup> /m	2494,08 €/m	600,00 m	1.496.448,0 €	380,00 m	947.750,4 €	<b>+63,3%</b>
42.0101C	60,00 €/m <sup>3</sup>	52,87 m <sup>3</sup> /m	3172,20 €/m	250,00 m	793.050,0 €	200,00 m	634.440,0 €	<b>+80,0%</b>
42.0101C	78,14 €/m <sup>3</sup>	52,87 m <sup>3</sup> /m	4131,28 €/m	-	-	300,00 m	1.239.385,1 €	<b>neu</b>
42.0102A	62,00 €/m <sup>3</sup>	52,87 m <sup>3</sup> /m	3277,94 €/m	1200,00 m	3.933.528,0 €	1000,00 m	3.277.940,0 €	<b>+83,3%</b>
42.0102B	76,50 €/m <sup>3</sup>	53,79 m <sup>3</sup> /m	4114,94 €/m	200,00 m	822.987,0 €	150,00 m	617.240,3 €	<b>+75,0%</b>
42.0102C	91,00 €/m <sup>3</sup>	53,79 m <sup>3</sup> /m	4894,89 €/m	-	-	400,00 m	1.957.956,0 €	<b>neu</b>
			Σ=	2650,00 m	7.871.613,0 €	2650,00 m	9.128.791,7 €	<b>+116,0%</b>

Tab. 4.10, Tab. 4.13 und Tab. 4.14 stellen anschaulich dar, wie sich eine Änderung der prognostizierten Vortriebsklassenverteilung auf die Bauzeit und die Vergütung auswirkt. Eine Änderung der reinen Vortriebsdauer von +36,5 % steht einer Änderung der Ausbruchs-Positionspreise von +16 % gegenüber.

Die Änderung der Gesamtvortriebsdauer von +32 % hat eine Änderung in der Vergütung der ZKGB-Position 01.0020, die sich an der Gesamtbauzeit orientiert, von 23,0 % zufolge. Die Änderung der Pos. 01.0040, die sich an der Vortriebsdauer netto orientiert, beträgt dahingegen 33,3 %. Entgegen der reinen Verschiebung der Verteilung der Vortriebsklassen – wie in Kap. 4.4.2.1 beschrieben – ist für den Fall, dass neue Vortriebsklassen errechnet werden müssen, die nicht im Vertrag enthalten waren, ein Zusatzangebot des Auftragnehmers zu legen.

#### 4.4.2.3 Wassererschwernisse

Zusatzzeiten aus Wassererschwernissen sind bereits in der SOLL-Bauzeit im Vertrag als Teil der Gesamtvortriebsdauer vorgesehen. Für die verschiedenen Vortriebsklassen und Wasserspenden sind jeweils drei Abminderungsfaktoren – weil drei Bereiche der Wasserspende – auf Basis der Bieterangaben als Vertragsgrundlage festgelegt. Tritt während des Tunnelvortriebs eine Verschiebung der Verteilung der Wassererschwernisbereiche, aufgrund von tatsächlich angetroffenen Baugrundverhältnissen, ein, so ändert sich zum einen die Gesamtvortriebsdauer – folglich auch die Gesamtbauzeit – und zum anderen die Vergütung.

Es wird angenommen, dass sich die Verteilung der Wassererschwernisklassen, wie in Tab. 4.15 ersichtlich, während der Bauabwicklung aufgrund von abweichenden Baugrundverhältnissen ändert.

**Tab. 4.15:** Verschiebung der Zusatzzeiten für Wassererschwernisse

	SOLL	SOLLTE	Abweichung
VKL 5/2,21	2,35 KT	4,18 KT	+77,6%
VKL 5/3,23	2,71 KT	5,31 KT	+95,7%
VKL 5/4,93	6,60 KT	10,56 KT	+60,0%
VKL 6/4,96	10,29 KT	15,00 KT	+45,7%
VKL 6/6,45	14,36 KT	21,75 KT	+51,4%
<b>ZZWE</b>	<b>36,32 KT</b>	<b>56,80 KT</b>	<b>+56,4%</b>

Es ist ersichtlich, dass sich die Zusatzzeit für Wassererschwernisse von 36,32 KT auf 56,80 KT (+56,4 %) ändert. Dies hat zuerst Auswirkungen auf die Vortriebsdauer netto und weiterführend auf die Gesamtvortriebsdauer (Tab. 4.16) und -bauzeit. Die um 56,4 % erhöhte Zusatzzeit für Wassererschwernisse schlägt sich in der Gesamtvortriebsdauer mit +2,4 % gegenüber der SOLL-Gesamtvortriebsdauer nieder.

**Tab. 4.16:** Geänderte Gesamtvortriebsdauer aufgrund der Verschiebung in den Wassererschwer-nisklassen

A - Gesamtvortriebsdauer			SOLL		SOLLTE		Abweichung
Zellen-Nr.	A Vortriebsklasse	B Leistungs-angabe netto [m/KT]	C Ausschreibung-Verteilung [m]	D Prognostizierte Dauer [KT]	E Abwicklung-Verteilung [m]	F Prognostizierte Dauer [KT]	
1	VKL 5/2,21	6,00	400,00	66,67	400,00	66,67	+0,0%
2	VKL 5/3,23	5,20	600,00	115,38	600,00	115,38	+0,0%
3	VKL 5/4,93	4,00	250,00	62,50	250,00	62,50	+0,0%
4	VKL 6/4,96	3,00	1.200,00	400,00	1.200,00	400,00	+0,0%
5	VKL 6/6,45	2,15	200,00	93,02	200,00	93,02	+0,0%
7			2.650,00	737,57	2.650,00	737,57	+0,0%
8	Vortriebsunterbrechungen			14,00		14,00	
9	Zusatzzeiten aus Wassererschwernissen	aus Tabelle C	ZZWE=	36,32		56,80	+56,4%
10	Zusatz-Festzeiten und Zusatzzeiten für Sonder- und Zusatzmaßnahmen	aus Tabelle D	ZZFZ=	20,61		20,61	
11							
12	<b>Vortriebsdauer netto</b>	1+2+3+4+5+8+9+10=	2.650,00	<b>808,51</b>		<b>828,98</b>	+2,5%
13							
14	Vortriebsstilliegezeiten > 7 KT			14,00		14,00	
15	Stilliegezeiten Abgang	Anzahl [Stk]	Dauer je Ereignis [KT/Stk]	Gesamtdauer [KT]			
16	Barbarafeier	1	1	1		1	
17	Weihnachtsabgang	2	7	14		14	
18	Osterabgang	2	2	4		4	
19							
20	<b>Votriebsdauer brutto</b>	-	12+14+16+17+18=	<b>841,51</b>		<b>861,98</b>	+2,4%

Die zeitliche Veränderung hat eine systemimmanente Auswirkung auf die im Beispiel Positionen 01.0200 ZGKB Vortriebsbeginn bis Betonierende, 01.0400 Aufzählung auf Pos. 01.0200 für

**Tab. 4.17:** Auswirkungen auf die zeitgebundenen Kosten

	Vordersatz	EHP	SOLL			SOLLTE			Abweichung
			PP	Teilbauzeit	VE	Teilbauzeit'	VE	PP'	$[(PP'/PP)-1*100]$
01.0020	1,00 PA	5.000.000,00 €/PA	5.000.000,00 €	1171,68 KT	4.267 €/VE	1192,15 KT	4.267 €/VE	5.087.371,39 €	<b>+1,7%</b>
01.0040	1,00 PA	1.800.000,00 €/PA	1.800.000,00 €	808,51 KT	2.226 €/VE	828,98 KT	2.226 €/VE	1.845.582,10 €	<b>+2,5%</b>

Vortrieb und 50.0102 Lohnkosten Vortriebsmannschaft Wassererschwernis. Die Änderung in der Vergütungssituation der Positionen 01.0200 und 01.0400 ist in Tab. 4.17 ersichtlich und die für die Position 50.0102 in Tab. 4.18 nachzuvollziehen.

**Tab. 4.18:** Auswirkungen auf die Lohnkosten der Vortriebsmannschaft

	Vordersatz	EHP	SOLL			SOLLTE			Abweichung
			PP	Teilbauzeit	VE	Teilbauzeit'	VE	PP'	$[(PP'/PP)-1*100]$
50.0102	1,00 PA								
50.0102A	1,00 PA	10.000,00 €/PA	10.000,00 €	2,35 KT	€ 4.253,81	4,18 KT	€ 4.253,81	€ 17.761,15	<b>+77,6%</b>
50.0102B	1,00 PA	13.000,00 €/PA	13.000,00 €	2,71 KT	€ 4.792,62	5,31 KT	€ 4.792,62	€ 25.439,93	<b>+95,7%</b>
50.0102C	1,00 PA	30.000,00 €/PA	30.000,00 €	6,60 KT	€ 4.544,31	10,56 KT	€ 4.544,31	€ 48.000,00	<b>+60,0%</b>
50.0102D	1,00 PA	60.000,00 €/PA	60.000,00 €	10,29 KT	€ 5.828,57	15,00 KT	€ 5.828,57	€ 87.428,57	<b>+45,7%</b>
50.0102E	1,00 PA	80.000,00 €/PA	80.000,00 €	14,36 KT	€ 5.569,52	21,75 KT	€ 5.569,52	€ 121.142,86	<b>+51,4%</b>
		$\Sigma=$	193.000,00 €				$\Sigma=$	€ 299.772,51	<b>+55,3%</b>

Für eine Verschiebung innerhalb der im Vertrag bestehenden Wassererschwernisklassen ist die Legung eines Zusatzangebots vom Auftragnehmer nicht notwendig. Nachdem jedoch die Positionen um mehr als 50 % bzw. die Gruppe von Positionen um mehr 20 % abweichen, können über Verlangen eines Vertragspartners neue Einheitspreise auf Basis der tatsächlich ausgeführten Mengen und unter Berücksichtigung aller Mehr- und Minderkosten vereinbart werden.

Das Beispiel zeigt deutlich, inwiefern sich eine Änderung in den Wassererschwernissen auf die Gesamtvortriebsdauer auswirkt und wie auf die Vergütung. Die Gesamtvortriebsdauer wird mit +2,4 % nur wenig beeinflusst. Die Vergütung der Lohnkosten für Wassererschwernissen wird mit +55,3 % entgegen der Gesamtvortriebsdauer stark beeinflusst und kann relativ leicht eine Einheitspreisanpassung infolge Mengenabweichung zur Folge haben, wenn die ausgeschriebenen Mengen aufgrund der tatsächlich angetroffenen Baugrundverhältnisse abweichen.

## 4.5 Zusammenfassung

Es wird dargelegt, dass Ausschreibungen bzw. die Ausschreibungsunterlagen für Tunnelbauprojekte i.V.m. einem flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodell wesentliche Besonderheiten aufweisen. Die Bauzeit muss für Tunnelbauprojekte i.V.m. einem FBVM je nach Projekterfordernis in verschiedene Teilbauzeiten gegliedert werden. Diese Untergliederung der Bauzeit ist zwingend erforderlich, damit ein Bauzeit- und Vergütungsmodell implementiert werden kann. Dabei ist

festzulegen, welche Teilbauzeiten fest oder veränderlich sind. In weiterer Folge ist die Ermittlung der Bauzeit ein Unikum. Die Bauzeitermittlung erfolgt mithilfe der Bauzeittabellen. Diese werden vom Auftraggeber im Zuge der Ausschreibungsvorbereitung erstellt. Die Bauzeittabellen bilden den Bauablauf ab, wobei die auszuführenden Leistungen in den jeweiligen Fristen und die detaillierten Beschreibungen zu den einzelnen Zeiten in den Erläuterungen zum Bauzeitmodell zu finden sind. Der eigentliche Bauablauf wird mithilfe von einzelnen Tabellen für die Vortriebsarbeiten, Betonierarbeiten, Festzeiten, Zusatzzeiten für Wassererschwernisse, Zusatz-Festzeiten, Zusatzzeiten für Sonder- und Zusatzmaßnahmen, Zeiten für Spezialtiefbaumaßnahmen, Zeiten für Vortriebsunterbrechungen, Zeiten für Stilliegezeiten untergegliedert. Diese Zeiten, die den eigentlichen Bauablauf beschreiben, werden zu einer Gesamtvortriebsdauer bzw. Gesamtbauzeit zusammengefügt.

Die Bauzeittabellen stehen jedoch nicht für sich alleine, sondern sind mit Positionen des Leistungsverzeichnisses verbunden. Zum Beispiel sind die Vordersätze der Positionen für zeitgebundene Kosten und Gerätekosten der Baustelle mit den Zeiten der Bauzeittabellen verknüpft. Darüberhinaus sind die Positionen für den Ausbruch, Mehrausbruch, Stützmaßnahmen, Wassererschwernisse, Betonierarbeiten, Sondermaßnahmen, Vortriebsunterbrechungen, Stilliegezeiten mit den Vordersätzen der Bauzeittabellen verbunden. Um diese Verknüpfungen darzustellen, wird in den Bauzeittabellen ein eigenes Tabellenblatt vorgesehen, das die Verknüpfungen mit dem Leistungsverzeichnis darstellt.

Ein weiterer besonderer Punkt der flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodelle sind die Bieterangaben bzw. Leistungsangaben. Im Zuge der Ausschreibungsvorbereitung werden vom Auftraggeber Bieterlücken für Vortriebsgeschwindigkeiten, Betoniergeschwindigkeiten, Festzeiten, Abminderungsfaktoren für den Vortrieb bei Wassererschwernissen, Leistungsangaben für Sondermaßnahmen oder Zeitangaben für Vortriebsunterbrechungen oder Stilliegezeiten vorgesehen. Diese Bieterlücken füllt der Bieter im Zuge der Angebotsbearbeitung mit Bieterangaben aus. Erst durch die Bieterangaben (Vortriebsgeschwindigkeit, Betoniergeschwindigkeit, ...) wird die Vortriebsdauer, Betonierdauer und in weiterer Folge die Gesamtbauzeit errechnet. Das heißt, dass die Bieterangaben die wesentliche Angabe für die Bauzeitermittlung sind und zu einem späteren Zeitpunkt zu der wesentlichen Vertragsgrundlage für die Bauzeit und die Vergütung werden.

Daran anschließend wurden die erwähnten Abhängigkeiten zwischen Bauzeittabellen und Positionen des Leistungsverzeichnisses anhand einer Abweichungsanalyse anschaulich dargestellt. Dabei wurden drei Ereignisse (Verschiebung der VKL-Vordersätze, Neue VKL, Wassererschwernisse) untersucht, wobei ersichtlich ist, dass die jeweiligen Ereignisse wesentliche Unterschiede in der Größe der Abweichung aufweisen. Eine exemplarische Verschiebung der Vortriebsklassen und eine Änderung der Wassererschwernisse haben einen vergleichsweise geringen Einfluss auf die Bauzeit gegenüber den Bauzeit- und Vergütungsänderungen aufgrund einer neuen Vortriebsklasse.

Zusammenfassend wird in Abb. 4.51 versucht, den Prozess eines flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodell – begonnen bei der Ausschreibungsvorbereitung bis zur Bauabwicklung – übersichtlich darzustellen, wobei im Anschluss dieser Prozess näher erläutert wird:

- Nach einer abgeschlossenen Bedarfsplanung und Projektentwicklung erfolgt die Erarbeitung der Ausschreibungsgrundlagen (z.B. geotechnische Untersuchungen, tunnelbautechnischer Rahmenplan, geotechnischer Bericht, Planung, ...) in **Phase 1–Planung**. Dabei erfolgt eine erste Abschätzung der Bauzeit mithilfe der Vortriebsklassenverteilung und auf Erfahrungswerten basierende Vortriebsleistungen. Sind alle geotechnischen Untersuchungen und Planungen der einzelnen Fachrichtungen (Tunnelbau, Ingenieurbau, Geotechnik, Gleisbau, Spezialtiefbau, Signaltechnik, Sicherheitstechnik etc.) abgeschlossen und ist der geotechnische Bericht inkl. tunnelbautechnischem Rahmenplan fertiggestellt, so kann die Phase

1-Planung abgeschlossen werden. Der Übergang zu Phase 2 ist jedoch fließend und die Leistungsbeschreibung bzw. Vergütungsregelungen können sehr wohl Änderungen der Planung nach sich ziehen bzw. bewirken nachträgliche Anpassungen in der Planung auch Änderungen in der Leistungsbeschreibung oder in den Vergütungsregelungen. Es ist somit festzustellen, dass die konstruktive Planung des Tunnelbauprojekts sehr eng mit der Leistungsbeschreibung und den Vergütungsregelungen (Leistungsverzeichnis, Bauzeittabellen, Erläuterungen zum Bauzeitmodell) verknüpft sind.

- Im Anschluss daran erfolgt in der **Phase 2–Leistungsbeschreibung und Vergütungsregelung** die Erstellung der Erläuterungen zum Bauzeitmodell, des Leistungsverzeichnisses und der Bauzeittabellen sowie die Erstellung aller anderen Ausschreibungsunterlagen. Die drei gesondert angeführten Unterlagen weisen viele verschiedene und wesentliche Verknüpfungen auf und stellen den Kern des flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells dar. In den Erläuterungen zum Bauzeitmodell werden Definitionen, Bauabläufe, Hinweise und Regelungen für die Bauzeitermittlung, Erläuterungen der Tabellen, Hinweise für Verknüpfungen etc. dargelegt. In den Bauzeittabellen finden sich für die verschiedenen Teilbauzeiten jeweils eigene Tabellenblätter, welche zu einer Vortriebs- bzw. Betonierdauer zusammengefasst werden. Gemeinsam mit weiteren Teilbauzeiten, z.B. Festzeiten, ergibt sich die Gesamtbauzeit, welche wiederum auf einem eigenen Tabellenblatt dargestellt ist. In den Bauzeittabellen sind vom AG Bieterlücken z.B. für die Vortriebsgeschwindigkeit, die Betoniergeschwindigkeit, die Festzeiten, die Stillliegezeiten, die Herstellzeiten für Zusatz- und Sondermaßnahmen. In den Bauzeittabellen ist weiters besonders auf die Verknüpfungen zu achten und wie diese mit dem Leistungsverzeichnis zusammenspielen. Im Leistungsverzeichnis werden grundsätzlich alle zu erbringenden Leistungen anhand verschiedener Leitungs- und Gemeinkostenpositionen erfasst. Einige dieser Positionen sind mit den Bauzeittabellen verknüpft. Diese sind z.B. Gemeinkostenpositionen, Leistungspositionen für den Tunnelvortrieb, Positionen für Stillliegezeiten, Positionen für Vortriebsunterbrechungen und Positionen für Wasserterschwernisse. Nachdem diese drei Ausschreibungsbestandteile den Kern des Flexiblen Bauzeitmodells bilden, ist während der Ausschreibungsvorbereitung besonders auf die Verknüpfungen der Unterlagen untereinander zu achten. Widersprüche in den einzelnen Unterlagen können im Zuge der Abwicklungen zu Diskussionen führen und bieten Raum für unterschiedlichste Interpretationen. Die Veröffentlichung der Ausschreibungsunterlagen stellt das Ende der Phase 2 dar. Für die Phase 2 wird die Bauzeit mithilfe von Maximal- oder Durchschnittswerten für die Vortriebsgeschwindigkeit bzw. Betoniergeschwindigkeit auf Basis von Erfahrungswerten abgeschätzt, wobei sich dadurch die SOLL-Bauzeit im Zuge der Ausschreibungsplanung ergibt. Dabei wird schon eine Trennung zwischen variablen und festen Bauzeiten unterschieden.
- In der **Phase 3–Angebotsbearbeitung und -legung** bearbeiten die Bieter die Angebote und bestimmen in den Bauzeittabellen die Bieterangaben. Von den Bietern sind z.B. Bieterangaben für Festzeiten, Zusatz-Festzeiten, Vortriebsgeschwindigkeiten, Betoniergeschwindigkeiten, Zeiten für Zusatz- bzw. Sondermaßnahmen und Abminderungsfaktoren bei Wasserterschwernissen anzugeben. Die mithilfe der Bauzeittabellen und Bieterangaben ermittelte Bauzeit wird für die Vergleiche der jeweiligen Angebote herangezogen und kann ein Zuschlagskriterium darstellen. Nachdem die Bauzeit als Zuschlagskriterium herangezogen werden kann, besteht eine hohe Motivation der Bieter eine entsprechend kurze Bauzeit anzubieten, um das Vergabeverfahren zu gewinnen. Es muss jedoch den handelnden Personen klar sein, dass die der Bauzeit zugrunde gelegten Leistungsangaben bei Vertragsschluss zu vertraglichen Leistungsangaben werden und für die systemimmanente Fortschreibung von Preisen und Bauzeiten maßgeblich herangezogen werden. Die Bauzeit wird mithilfe

der Bauzeittabellen und der Bieterangaben berechnet und wird als SOLL-Bauzeit (nach Vertragsabschluss) angesehen.

- In der **Phase 4–Bauabwicklung** erfolgt die Ausführung der Leistungen. Dabei kann es zu verschiedenen Ereignissen bzw. Umständen aufgrund der tatsächlichen angetroffenen Baugrundverhältnisse wie z.B. geänderte Vortriebsklassenverteilung, neue Vortriebsklassen, geänderte Wassererschwerisse, zusätzliche Sondermaßnahmen, geänderte Zusatz-Festzeiten o.Ä. kommen, die zu einer systemimmanenten Fortschreibung der Bauzeit führen. Eine Fortschreibung der Bauzeit führt aufgrund der Verknüpfungen mit den Positionen im Leistungsverzeichnis (Gemeinkostenpositionen, Leistungspositionen, Positionen für Sondermaßnahmen, Positionen für Wassererschwerisse, Positionen für Vortriebsunterbrechungen und Stilliegezeiten) auch zur Fortschreibung der Vergütungssituation. Die Fortschreibung der Bauzeit und Vergütung aufgrund von geänderten Umständen bzw. Ereignissen während der Bauabwicklung ist ein repetitiver Prozess.

Es ist darauf hinzuweisen, dass die Intention der Abb. 4.51 eine überblicksmäßige Darstellung des Prozessablaufs ist und auf eine standardisierte Prozessdarstellung verzichtet wurde. Dies würde die Übersichtlichkeit erheblich einschränken und die Darstellung würde auf mehrere Seiten anwachsen.

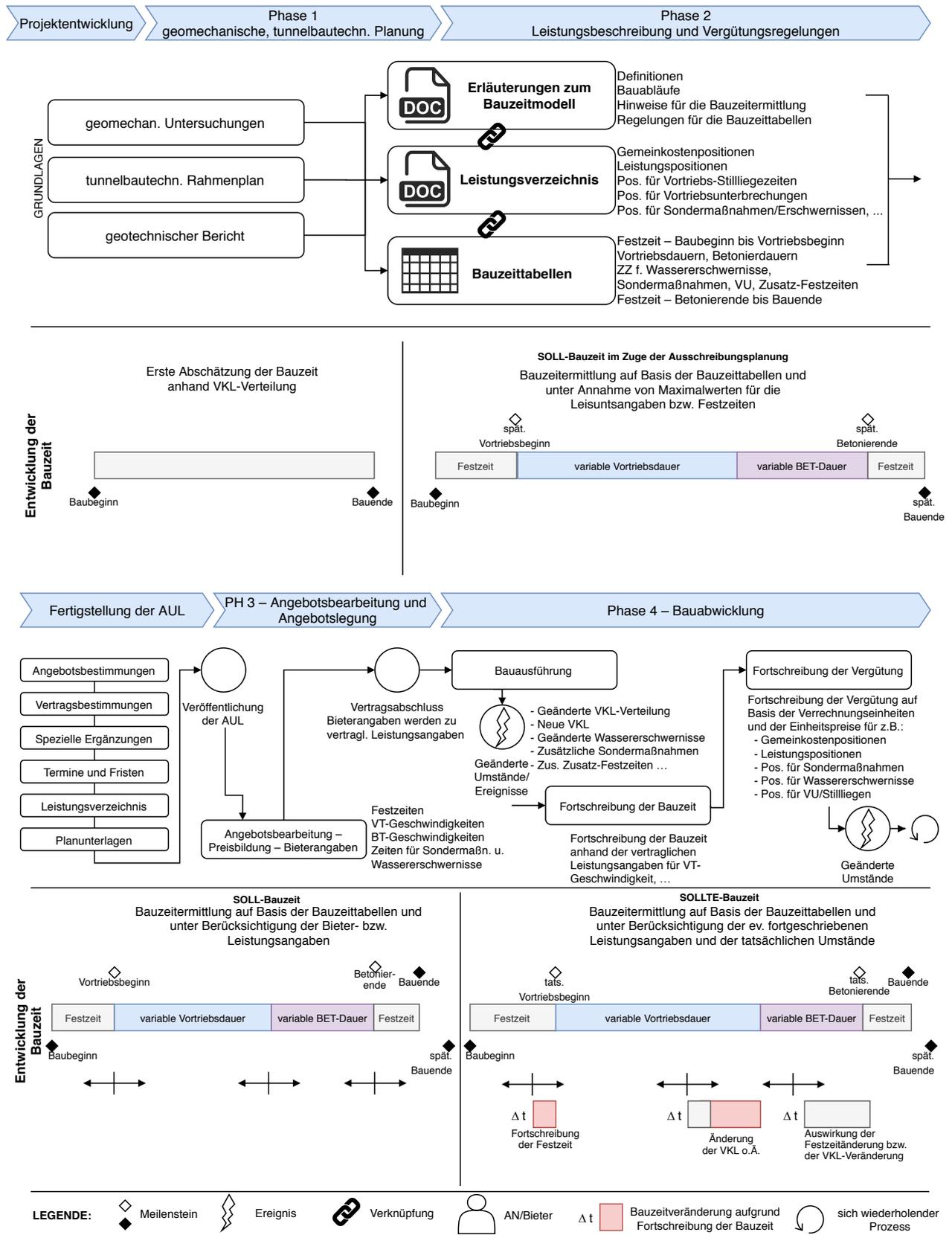


Abb. 4.51: Prozessdarstellung der Ausschreibung bzw. der Bauabwicklung i.V.m. einem FBVM

## Kapitel 5

# Besonderheiten bei innerstädtischen Tunnelbauprojekten

Kap. 4 beschreibt die Besonderheiten, die für ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell in der Ausschreibung berücksichtigt werden müssen. Aufbauend auf diese Erkenntnisse wird im Kap. 5 beschrieben, welche Besonderheiten aufgrund eines innerstädtischen Tunnelbaus im flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodell berücksichtigt werden müssen bzw. welche Besonderheiten sich daraus ergeben. Dabei wird zuerst auf die Besonderheiten des innerstädtischen Tunnelbaus in Kap. 5.1 eingegangen und anschließend werden anhand dieser Erkenntnisse die Besonderheiten für ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell für den innerstädtischen Tunnelbau angeführt.

### 5.1 Besonderheiten im innerstädtischen Tunnelbau

Im innerstädtischen Tunnelbau spielen projektspezifische Randbedingungen für die Herstellung der Untertagebauwerke, der Schachtbauwerke oder für eventuelle Vorarbeiten eine maßgebende Rolle. Solche Randbedingungen können sein:

- Setzungsempfindliche Strukturen an der Oberfläche im Bereich des Tunnelvortriebs
- Geringe Überdeckung des Tunnelfirsts
- Verkehrssperren von im Baubereich liegenden Straßen
- Betriebssperren von U-Bahn-, Bus- und/oder Straßenbahnlinien
- Einbautenumlegungen
- Nachtarbeitsverbote (Nachtsprengverbote, LKW-Verbot,...)
- Nacht-, Wochenende und Feiertagsfahrverbote
- Erhöhtes Vorkommen von Kampfmittel im Baugrund
- Archäologische Hoffungsgebiete im Bereich der Schachtbauwerke bzw. Tunnelvortriebe
- Hohe Dichte an Baugrunderkundungen
- Begrenzte Flächen für Baustelleneinrichtung, Disposition und Baustellenlogistik

Die aufgezählten projektspezifischen Randbedingungen führen zu besonderen Bauabläufen, Maßnahmen, Vorarbeiten, Konstruktionsweisen, etc. die folglich kurz beschrieben werden, wobei anzumerken ist, dass für innerstädtischen Tunnelbaustellen noch weitaus mehr besondere Randbedingungen zu berücksichtigen sind. Für die folgende Behandlung der Besonderheiten reichen im ersten Schritt die angeführten Randbedingungen, um einen entsprechenden Überblick zu bekommen.

### 5.1.1 Setzungsempfindliche Strukturen an der Oberfläche und geringe Überdeckung

Setzungsempfindliche Strukturen an der Oberfläche bedingen setzungsarme Vortriebsmethoden und extrem steife Tunnelschalen. Ein setzungsarmer Vortrieb kann mittels Vortrieb durch Teilausbruch, kurze Abschlagslängen und/oder mittels geeigneten Vortriebsmethoden erzielt werden. Für die Bemessung der Tunnelschale ist zufolge der hohen Setzungsempfindlichkeit nicht die Standsicherheit des Hohlraums maßgebend, sondern die Setzungen an der Oberfläche. Dadurch werden während des Vortriebs häufig Sondermaßnahmen notwendig und die Tunnelschale bzw. die Sicherungsmittel müssen dementsprechend dimensioniert werden.<sup>124</sup>

Darüber hinaus können Setzungstabilisierungsinjektionen (auch Senkungskompensationsinjektionen) zur Anwendung kommen, die im Vortriebsbereich nach einer festgelegten Frist injiziert werden.<sup>125</sup> Um diese Injektionen zu bewerkstelligen, werden in der Regel Vorarbeiten notwendig. Denn es müssen die entsprechenden Schächte, von denen die Injektionen durchgeführt werden, entlang der Linienführung des Tunnels vorab errichtet werden.

### 5.1.2 Einbautenumlegungen, Betriebs- und Verkehrssperren

Einbautenumlegungen, Betriebs- und Verkehrssperren<sup>126</sup> stellen maßgebende Randbedingungen für den übergeordneten Rahmenterminplan dar. Betriebssperren von öffentlichen Verkehrsmitteln müssen mit einer großen Vorlaufzeit geplant und angekündigt werden und sind dementsprechend als fixe, unverschiebbare Randbedingungen anzusehen. Verkehrssperren bedürfen einer ebenso intensiven Abstimmung mit den zuständigen Behörden. Dafür müssen z.B. Verkehrsphasenkonzepte ausgearbeitet werden, die, wenn sie Teil der Ausschreibungsunterlage sind, als Umstand der Leistungserbringung angesehen werden. Kommt es zu Änderungen im Bauablauf, können ebenso die im Verkehrsphasenplan beschriebenen Verkehrsphasen beeinflusst werden. Um diesen Fall zu vermeiden, besteht bei innerstädtischen Bauvorhaben die große Anforderung, dass besonders viel Wert auf die Ausarbeitung und Planung von Verkehrsphasen im Zuge der Ausschreibung gelegt wird.

### 5.1.3 Begrenzte Räumlichkeiten im innerstädtischen Bereich

Aufgrund der begrenzten Räumlichkeiten im innerstädtischen Bereich für Baustelleneinrichtungs- und Dispositionsflächen ist die Baustellenlogistik im Allgemeinen besonders herausfordernd. Hinzukommen Nacht-, Wochenend- und Feiertagsfahrverbote für LKW, die eine Lagerung des Aushubmaterials über das Wochenende bzw. über Feiertage notwendig machen. Diese Randbedingungen müssen bereits bei der Erstellung der Ausschreibungsunterlagen (Baustelleneinrichtung abgestimmt mit Verkehrsphasen, Flächen für Baustelleneinrichtung, Ab- und Antransport der Baumaterialien bzw. des Aushubmaterials) mitberücksichtigt werden.

### 5.1.4 Kampfmittel und archäologische Hoffungsgebiete

Im städtischen Gebiet ist im Allgemeinen mit einem erhöhten Vorkommen an Kampfmitteln zu rechnen. Aufgrund dessen müssen z.B. für das Abteufen eines Schachtes besondere Bauzeiten eingeplant werden, um eine etwaige Verzögerung aufgrund eines Kampfmittelfunds vorzubeugen. Zusätzlich sind Stilliegezeiten, währenddessen das Kampfmittel gesichert und geräumt wird, in der Ausschreibung vorzusehen.

<sup>124</sup>Vgl. [3] Butovic et al., S. 115 f.

<sup>125</sup>Vgl. [3] Butovic et al., S. 113 ff.

<sup>126</sup>Vgl. [10] Nebois und Gartner, S. 421 ff.

Seicht liegende Schachtbauwerke befinden sich häufig in archäologischen Hoffnungsgebieten. Dadurch müssen besondere Maßnahmen im Zuge von Vorarbeiten bzw. beim Abteufen des Schachts getroffen werden. Eine archäologische Begleitung während den Vorarbeiten bzw. beim Abteufen des Schachts kann eine Möglichkeit sein, den Bauablauf nicht unnötig aufzuhalten. Zusätzlich zu dieser Maßnahme sind Stilliegezeiten für archäologische Untersuchungen in der Ausschreibung zu berücksichtigen.

### 5.1.5 Baugrunderkundungen

Die hohe Dichte an Baugrunderkundungen bietet die Möglichkeit, ein detailliertes geologisches 3-D-Baugrundmodell zu erstellen und somit eine hohe Sicherheit bezüglich des anzutreffenden Baugrunds zu erlangen. Für ein detailliertes Baugrundmodell werden in der Regel Boden- und Grundwasserproben, bodenphysikalische und chemische Baugrunduntersuchungen sowie Erkundungen bezüglich Kriegsrelikte durchgeführt.<sup>127</sup>

## 5.2 Besonderheiten des flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells für den innerstädtischen Tunnelbau

Die in Kap. 5.1 genannten Besonderheiten für den innerstädtischen Tunnelbau beeinflussen selbstverständlich das flexible Bauzeit- und Vergütungsmodell. Die Grundsystematik wie das Vergütungs- und Bauzeitmodell aufgebaut ist, wird jedoch von diesen innerstädtischen Besonderheiten nicht verändert. Die Punkte des FBVM, die von den Besonderheiten des innerstädtischen Tunnelbaus beeinflusst werden und somit im Modell berücksichtigt werden müssen, sind:

- Mehrere verschiedene Vortriebsklassen
- Zeitlich parallel laufende Vortriebe
- Verstärkter Einsatz von Sondermaßnahmen
- Möglicher Wechselbetrieb (Vortriebsmannschaft, Mannschaft für Sondermaßnahmen) bei Sondermaßnahmen
- Komplexer Bauablauf bei Streckentunnel- und Stationstunnelvortrieben
- Abhängigkeiten aufgrund von Setzungskompensationsinjektionen und eventuellen Hauser-tüchtigungen
- Stilliegezeiten für besondere Randbedingungen (Archäologie und Kampfmittel)
- Umfassende Erläuterung der zu erbringenden Leistungen während der Festzeiten
- Starre Randbedingungen aufgrund von Betriebs- und Verkehrssperren

Es ist anzumerken, dass die angeführten Besonderheiten für ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell im innerstädtischen Raum bei weitem nicht vollständig sind, jedoch sind diese für die nun folgende Erläuterung ausreichend. Nun wird erläutert, wie die eben genannten Besonderheiten sich auf das flexible Bauzeit- und Vergütungsmodell auswirken.

---

<sup>127</sup>Vgl. [6] Girmscheid, S. 9 ff.

### 5.2.1 Viele verschiedene Vortriebsklassen

Bedingt durch die vielen verschiedenen Vortriebe im innerstädtischen Tunnelbau für Streckentunnel und Stationstunnel müssen im FBVM viele Vortriebsklassen berücksichtigt werden. Das bedeutet, dass für diese vielen verschiedenen Vortriebsklassen unzählige Bieterlücken in der Ausschreibung vorgesehen werden müssen. Diese Bieterlücken werden schlussendlich zu Leistungsangaben für die Vortriebsgeschwindigkeit. Dies wird vor allem bei den Tunnelvortrieben für die Stationen, für Gleiswechselbereiche und für Aufweitungsbereiche ersichtlich, da in diesen besonderen Bereichen häufig mittels Parament-, Pfeiler- oder Ulmenstollenvortrieb gearbeitet wird und für diese Vortriebsmethoden mehr Leistungsangaben abgefragt werden müssen als z.B. für den Vortrieb mittels Teilausbruch (Kalotte/Strosse).

Die Vielzahl an Vortrieben und Vortriebsklassen hat nicht nur Auswirkungen auf die Anzahl der Vortriebsklassen, sondern auch auf die Verknüpfungen der Zeitangaben zur Bauzeitermittlung. Die Auswirkungen der vielen verschiedenen Vortriebsklassen, des Bauablaufs und des kritischen Weges auf die Abhängigkeit und Verknüpfungen im FBVM werden in Kap. 5.2.4 näher erläutert.

### 5.2.2 Zeitlich parallel laufender Vortriebe

Im innerstädtischen Tunnelbau besteht die Möglichkeit, dass mehrere, zeitlich parallel laufende Vortriebe aufgeföhren werden können. Zum Beispiel können Tunnelvortriebe für die Streckenröhren und die Vortriebe für die Stationstunnel gleichzeitig aufgeföhren werden. Dies hat einerseits große Auswirkungen auf den Produktionsmitteleinsatz im Baubetrieb und andererseits auf die Abhängigkeiten und Verknüpfungen im FBVM. Werden mehrere Vortriebe zeitlich parallel aufgeföhren, sind entsprechend mehr Vortriebsmannschaften, Vorhaltegeräte, Leistungsgeräte usw. erforderlich. Mit dem Einsatz von mehreren, zeitlich parallel arbeitenden Vortriebsmannschaften steigen die Kosten für den Baubetrieb, dabei ist genau zu analysieren, ob die gesamte Vortriebsleistung proportional zur Anzahl der Vortriebsmannschaften steigt. Eine genaue wirtschaftliche Betrachtung der Anzahl der Vortriebe ist bereits im Zuge der Ausschreibungsvorbereitung durch den Auftraggeber durchzuführen. Dabei ist besonders auf die Randbedingungen des Projekts zu achten und ob mit einer leistungsfähigen Baulogistik mehrere, zeitlich parallele Vortrieb überhaupt aufgeföhren werden können.

Werden mehrere, zeitlich parallele Vortriebe angedacht, so müssen im Bauzeitmodell die entsprechenden Verknüpfungen und Abhängigkeiten berücksichtigt werden. Denn kommt es zu Änderungen aufgrund von Leistungsabweichungen oder entscheidet der Auftragnehmer einen anderen Vortriebsabschnitt vorzuziehen, kann das dazu föhren, dass sich der kritische Weg auf Basis einer zuvor nicht berücksichtigten Abfolge an Vortriebsarbeiten errechnet. Das heißt, dass die Umstände im innerstädtischen Tunnelbau, die mehrere, zeitlich parallele Vortriebe ermöglichen, die Komplexität des flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodell wesentlich erhöhen.

### 5.2.3 Verstärkter Einsatz von Sondermaßnahmen und Wechselbetrieb

Der verstärkte Einsatz von Sondermaßnahmen wird aufgrund von geringen Grenzwerten von Setzungen an der Oberfläche und/oder geringen Überdeckungen des Tunnelfirsts erforderlich. Sind Sondermaßnahmen bereits im tunnelbautechnischen Rahmenplan vorgeschrieben, so ist es sinnvoll, bereits in der Ausschreibungsvorbereitung eventuelle bauablaufbedingte Regelungen für Sondermaßnahmen zu erarbeiten. Dabei kann eine Möglichkeit sein, Wechselbetriebe zwischen Regelbetrieb und Sondermaßnahmenbetrieb im flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodell zu berücksichtigen. Kommt es zum Einsatz von Sondermaßnahmen, die nicht durch die Vortriebsmannschaft, sondern durch eine spezielle Mannschaft für Sondermaßnahmen erfolgt, wird die Vortriebsmannschaft im Zuge des Wechselbetriebs vorübergehend zu einem anderen Vortrieb

verlegt und dort eingesetzt. Dabei sind entsprechende Festzeiten für das Umsiedeln der Vortriebs- bzw. Spezialmannschaften für Sondermaßnahmen und Einarbeitungszeiten zu bedenken.

Dieser Wechselbetrieb muss im flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodell entsprechend berücksichtigt und mit den anderen Arbeiten verknüpft werden. Hinzu kommt, dass für Sondermaßnahmen spezifische zeitgebundene Baustellengemeinkostenpositionen ausgeschrieben werden sollten, die ebenso im flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodell Berücksichtigung finden müssen.

#### 5.2.4 Bauablauf, kritischer Weg und Abhängigkeiten im Modell

Der Bauablauf ist mit dem Bauzeitmodell über die Bauzeittabellen verknüpft. Die Bauzeittabellen spiegeln im optimalen Fall genau den realen Bauablauf wider. Nachdem Änderungen des Bauablaufs aufgrund verschiedener Ursachen eintreten können, müssen diese ebenso in den Bauzeittabellen darstellbar sein. Dabei spielt die Betrachtung des kritischen Weges eine besondere Rolle. Denn kommt es z.B. zu einem Ereignis oder einer Bauablaufänderung, zufolge dessen der kritische Weg auf eine Weise geändert wird, die im Bauzeitmodell nicht berücksichtigt wurde, so müssen die Bauzeittabellen dementsprechend anpassbar sein, um den geänderten kritischen Weg abbilden zu können. Für FBVM im innerstädtischen Tunnelbau kommen die Besonderheiten von mehreren, zeitlich parallelen Vortrieben, Sondermaßnahmen und Wechselbetrieben hinzu. Das eben beschriebene Erfordernis, dass der kritische Weg auch bei Änderungen des Bauablaufs darstellbar sein muss und die Besonderheiten aufgrund des innerstädtischen Tunnelbaus, führen dazu, dass die Verknüpfungen und Abhängigkeiten im Bauzeitmodell erheblich mehr sind, als bei vergleichbaren alpinen oder ruralen Tunnelbauprojekten.

#### 5.2.5 Umfassende Beschreibung der Festzeiten

Weitreichende, projektspezifische Randbedingungen machen es erforderlich, dass Festzeiten sehr detailliert beschrieben werden müssen. Vor allem der Zeitraum zwischen Baubeginn und Vortriebsbeginn, der im innerstädtischen Tunnelbau im Wesentlichen die Herstellung des Schachts beinhaltet, muss besonders detailliert beschrieben werden. Dabei ist genau zu beschreiben, welche Leistungen zu welcher Zeit und unter welchen Rahmenbedingungen (zur Verfügung stehende Baustelleneinrichtung, Baulogistik, Verkehrsphasen) herzustellen sind. Dafür kann die Festzeit Baubeginn bis Vortriebsbeginn in einzelne Bauphasen unterteilt werden, die eng mit den zugehörigen Verkehrsphasen verknüpft sind.

Im flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodell reicht es nicht aus, nur die Festzeit als Frist anzugeben, sondern es müssen die einzelnen Bauphasen der Festzeit, inklusive der zu erbringenden Leistungen detailliert beschrieben werden. Eventuelle Änderungen im Bauablauf oder Leistungsabweichungen können dann zielgenau zu den jeweiligen Bauphasen zugeordnet werden und die Festzeit kann dementsprechend fortgeschrieben werden.

#### 5.2.6 Begleitmaßnahmen: Setzungskompensationsmaßnahmen und Hausertüchtigungen

Setzungskompensationsmaßnahmen und Hausertüchtigen sind im flexiblen Bauzeitmodell besonders bei den Festzeiten einzuplanen, denn oftmals kann, aufgrund von setzungsempfindlichen Strukturen an der Oberfläche, erst mit dem Vortrieb begonnen werden, wenn die Homogenisierung des Bodens im Zuge des 1. Schritts der Setzungskompensationsmaßnahmen erfolgt ist. Direkte Einflussnahme auf die Bauzeitermittlung via Leistungsansätze für die Setzungskompensationsmaßnahmen oder Hausertüchtigungen erfolgt nicht.

### 5.2.7 Starre Randbedingungen: Einbautenumlegungen, Verkehrs- und Betriebssperren

Starre Randbedingungen wie Einbautenumlegungen im Bereich von Schachtbauwerken, Verkehrssperren von hochrangigen Straßen bzw. Kreuzungsplateaus und Betriebssperren von U-Bahn- oder Straßenbahnlinien sind eine Besonderheit des innerstädtischen Tunnelbaus. Einbautenumlegungen spielen vor allem für den Baubeginn eine große Rolle. Diese können entweder im Bauzeitmodell in der Festzeit zwischen Baubeginn und Fertigstellung des Schachtes berücksichtigt werden oder die Arbeiten für die Einbautenumlegungen werden gänzlich vorgelagert und im Bauzeitmodell nicht weiter berücksichtigt. Jedoch auch dann können die Arbeiten für die Einbautenumlegungen zeitkritisch werden, wenn so große Verzögerungen auftreten, dass auch der anschließende Baubeginn der Schachtbauwerke bzw. Vortriebsarbeiten verschoben werden muss. Hinzu kommt, dass Sperren von hochrangigen Straßen, Kreuzungsplateaus und Betriebssperren von U-Bahnlinien i.d.R. nicht verschiebbare Randbedingungen darstellen. Das heißt, eine Verschiebung des Baubeginns bedeutet eine verkürzte, zur Verfügung stehende Bauzeit, da das Bauende nicht beliebig verschoben werden kann. Starre Randbedingungen von aufgrund Einbautenumlegungen, Verkehrs- und Betriebssperren finden sich normalerweise in den Rahmenterminplänen des AG wieder und sind i.d.R. pönalisierte Endtermine. Diese pönalisierten Endtermine werden ebenso in den Bauzeittabellen (Tabellenblatt Gesamtbauzeit) angeführt, wobei im Idealfall dieser von der Soll- bzw. Sollte-Bauzeit nicht überschritten wird.

### 5.2.8 Kampfmittel und archäologische Hoffungsgebiete

Archäologische Hoffungsgebiete und eine höhere Häufigkeit von Kampfmitteln sind im innerstädtischen Bereich keine Seltenheit. Nachdem archäologische Funde und ebenso Kampfmittel meistens in den oberflächennahen Bodenschichten zu finden sind, sind dadurch für den innerstädtischen Tunnelbau vorwiegend die Schachtbauwerke bzw. seicht liegende Tunnelvortriebe von eventuellen Bauablaufstörungen betroffen. Verzögerungen aufgrund archäologischer Funde oder Kampfmittelfunde finden für Schachtbauwerke in die Bemessung der Festzeit eingang. Dabei werden in den Festzeiten Stillliegezeiten vorgesehen, die bei einem Eintreten von archäologischen Funden bzw. Kampfmitteln zur Anwendung kommen. Darüberhinaus kann während des Abteufens des Schachtes eine archäologische Begleitung beigestellt werden bzw. im Vorhinein eine Kampfmittelsondierung durchgeführt werden.

Im Anschluss wird ein kurzes Beispiel gegeben, welche Auswirkungen eine Änderung der vorgesehenen Stillliegezeit (z.B. aufgrund archäologischer Funde bzw. Kampfmittel) hat. Dabei wird untersucht, welche Auswirkungen es hat, wenn keine Stillliegezeit zur Anwendung kommt (Fall 1) bzw. wenn die Stillliegezeit höher ausfällt als geplant (Fall 2). Für die Betrachtung wird die in Abb. 5.1 ersichtliche Bauzeitermittlung herangezogen. Darin ist ersichtlich, dass in Zeile 4 Spalte C eine Stillliegezeit von 14,0 KT für die SOLL-Bauzeit vom Auftraggeber vorgegeben wird.

Prognostizierte Bauzeit - Festzeit Schachtherstellung 1			SOLL				
Zeilen-Nr.	A Bezeichnung	B Beschreibung	C Prognostizierte Dauern [KT]	D Bieterangabe [KT]	E Vorgabe Dauern [KT]		F
					MIN	MAX	
1	F0-S1	Festzeit Bauvertragsbeginn bis Baubeginn	30,00	30,00	0,00	90,00	
2	F1-S1	Festzeit Baubeginn bis Beginn Schachtarbeiten: Baustelleneinrichtung u. Einbautenumlegung	120,00	120,00	90,00	180,00	
3	F2-S1	Festzeit Schachtherstellung Bauphasen 2 - 8	100,00	100,00			
4	FSZ-S1	Stillliegezeit während Schachtherstellung	14,00				
5		Bauzeit Schachtherstellung [ = 2 + 3 + 4 ]	234,00				
6	F3-S1	Festzeit Fertigstellung Bauphase 8 bis Vortriebsbeginn BT 1	30,00	30,00			
7	F-S1	<b>Festzeit Baubeginn bis Vortriebsbeginn BT 1</b> [ = 5 + 6 ]	<b>264,00</b>				

Abb. 5.1: Bauzeitermittlung für die Festzeit Baubeginn bis Vortriebsbeginn – SOLL

Setzt man nun die zwei Positionen 01.0010A ZGKB Baubeginn bis Vortriebsbeginn und 01.0010B Stillliegezeit für ZGKB Baubeginn bis Vortriebsbeginn in Verbindung mit den Bauzeiten, ergibt sich folgende, in Abb. 5.2 ersichtliche Vergütungssituation.

	Vordersatz	EHP	SOLL		
			PP	Teilbauzeit	€/VE
01.0010A	1,00 PA	400.000,00 €/PA	400.000,00 €	250,00 KT	1.600 €/VE
01.0010B	1,00 PA	7.000,00 €/PA	7.000,00 €/PA	14,00 KT	500 €/VE
$\Sigma =$			407.000,00 €		

Abb. 5.2: Bauzeitermittlung für die Festzeit Baubeginn bis Vortriebsbeginn

Betrachtet man nun Fall 1 (keine Stillliegezeit im tatsächlichen Bauablauf) und Fall 2 (verlängerte Stillliegezeit) so ergibt sich eine neue tatsächliche Dauer der Festzeit Baubeginn bis Vortriebsbeginn. In Abb. 5.3 sind die Bauzeiten für den Fall 1 (SOLLTE 1, Spalte G) sowie für den Fall 2 (SOLLTE 2, Spalte H) ersichtlich.

Prognostizierte Bauzeit - Festzeit Schachtherstellung 1							SOLL			SOLLTE 1	SOLLTE 2
Zeilen-Nr.	A Bezeichnung	B Beschreibung	C Prognostizierte Dauern [KT]	D Bieterangabe [KT]	E Vorgabe Dauern [KT]		G Tatsächliche Dauern [KT]	H Tatsächliche Dauern [KT]			
					MIN	MAX					
									F		
1	F0-S1	Festzeit Bauvertragsbeginn bis Baubeginn	30,00	30,00	0,00	90,00	30,00	30,00			
2	F1-S1	Festzeit Baubeginn bis Beginn Schachtarbeiten: Baustelleneinrichtung u. Einbautenumlegung	120,00	120,00	90,00	180,00	120,00	120,00			
3	F2-S1	Festzeit Schachtherstellung Bauphasen 2 - 8	100,00	100,00			100,00	100,00			
4	FSZ-S1	Stillliegezeit während Schachtherstellung	14,00				-	40,00			
5		Bauzeit Schachtherstellung [ = 2 + 3 + 4 ]	234,00				220,00	260,00			
6	F3-S1	Festzeit Fertigstellung Bauphase 8 bis Vortriebsbeginn BT 1	30,00	30,00			30,00	30,00			
7	F-S1	Festzeit Baubeginn bis Vortriebsbeginn BT 1 [ = 5 + 6 ]	264,00				250,00	290,00			

Veränderung= -5,3%      9,85%

**Abb. 5.3:** Bauzeitermittlung für die Festzeit Baubeginn bis Vortriebsbeginn – SOLLTE

Die Stillliegezeit für den Fall 1 (Spalte G Zeile 4 in Abb. 5.3) beträgt zufolge tatsächlichem Bauablauf 0 KT, wobei sich dies in einer Verringerung der Festzeit von Baubeginn bis Vortriebsbeginn um 5,3 % auswirkt. Die Stillliegezeit für den Fall 2 (Spalte H Zeile 4 in Abb. 5.3) beträgt hingegen 40 KT, gegenüber ursprünglich 14 KT in der SOLL-Bauzeit. Dies wirkt sich einer Verlängerung der Festzeit um 9,85 % aus. Aufgrund der geänderten Stillliegezeiten ändert sich ebenso die Vergütungssituation. Tritt ein Ereignis auf, dass ein Stillliegen der Baustelle hervorruft, wird anstatt der Position *01.0010A ZGKB Baubeginn bis Vortriebsbeginn* die Position *01.0010B Stillliegezeit für Baubeginn bis Vortriebsbeginn* für die Dauer des Stillliegens vergütet. Im Fall A (keine Stillliegezeit) kommt nur die Position *01.0010A* zur Abrechnung. Die Veränderung ist in Abb. 5.4 ersichtlich, wobei eine Verringerung der Vergütung für diesen abgegrenzten Fall von 1,7 % ersichtlich ist.

	Vordersatz	EHP	SOLL			SOLLTE 1			Abweichung [(PP'/PP)-1*100]	
			PP	Teilbauzeit	€/VE	Teilbauzeit'	VE	PP'		
01.0010A	1,00 PA	400.000,00 €/PA	400.000,00 €	250,00 KT	1.600 €/VE	250,00 KT	1.600 €/VE	400.000,00 €	+0,0%	
01.0010B	1,00 PA	7.000,00 €/PA	7.000,00 €/PA	14,00 KT	500 €/VE	0,00 KT	500 €/VE	00.000,00 €	-100,0%	
			Σ=	407.000,00 €				Σ=	400.000,00 €	-1,7%

**Abb. 5.4:** Vergütungssituation für den beschriebenen Fall 1

Im Fall 2 tritt eine Stillliegezeit von 40 KT während des Bauablaufs ein. Für die Dauer der Stillliegezeit wird nur die Pos. *01.0010B* vergütet. Aufgrund der veränderten Bauzeitverteilung kommt es zu einer Änderung der Vergütung. Diese ist in Abb. 5.5, wobei sich eine Erhöhung der Vergütung für diesen abgegrenzten Fall von 3,2 % einstellt.

	Vordersatz	EHP	SOLL			SOLLTE 2			Abweichung [(PP'/PP)-1*100]	
			PP	Teilbauzeit	€/VE	Teilbauzeit'	VE	PP'		
01.0010A	1,00 PA	400.000,00 €/PA	400.000,00 €	250,00 KT	1.600 €/VE	250,00 KT	1.600 €/VE	400.000,00 €	+0,0%	
01.0010B	1,00 PA	7.000,00 €/PA	7.000,00 €/PA	14,00 KT	500 €/VE	40,00 KT	500 €/VE	20.000,00 €	+185,7%	
			Σ=	407.000,00 €				Σ=	420.000,00 €	+3,2%

**Abb. 5.5:** Vergütungssituation für den beschriebenen Fall 2

Es kann festgestellt werden, dass eine Systematik für die Fortschreibung der Bauzeit und der Vergütung auch für Festzeiten besteht, sofern entsprechende Stillliegezeiten oder Teilbauzeiten für Bauphasen in den Festzeiten eingeplant sind. Ebenso können z.B. Bauphasen für Spezialtiefbaumaßnahmen, die in den Festzeiten enthalten sind, fortgeschrieben werden. Auf Basis dieser Erkenntnisse kann abgeleitet werden, dass sich ein hoher Detaillierungsgrad der Festzeit besonders für die Fortschreibung der Bauzeit als nützlich erweist. Besonders bei innerstädtischen Schachtbauwerken sollte eine hoher Detaillierungsgrad für die Bauzeitermittlung in den Bauzeittabellen angesetzt werden, um etwaige Änderungen während der Bauabwicklung verursachungsgerecht berücksichtigen zu können.

### 5.3 Zusammenfassung

Im Folgenden wird anhand der in Kap. 4.5 dargestellten Prozessübersicht erläutert, wie die Besonderheiten des innerstädtischen Tunnelbaus das flexible Bauzeit- und Vergütungsmodell bzw. den Prozess beeinflussen. Dabei werden die in Abb. 5.6 ersichtlichen Punkte (1-6) erläutert:

1. Die vielen verschiedenen bzw. zeitlich parallelen Vortriebe müssen in den Bauzeittabellen abgebildet werden. Dabei ist darauf zu achten, dass die Verknüpfungen für eine Berücksichtigung von eventuellen Wechselvortrieben bzw. Bauablaufänderungen erstellt werden.
2. Die umfassende Beschreibung der Festzeiten, vor allem der Festzeit zwischen Baubeginn und Vortriebsbeginn wirkt sich auf die Ermittlung der Bauzeit und somit auf die Gliederung der Bauzeittabellen aus. Diese Festzeit muss also nun wesentlich feiner gegliedert werden, um die erforderlichen Bauphasen für die Festzeit zwischen Baubeginn und Vortriebsbeginn abbilden zu können.
3. Aufgrund der Möglichkeit im innerstädtischen Bereich, dass Bauablaufänderungen die Ermittlung des kritischen Wegs in den Bauzeittabellen ändern können, müssen Verknüpfungen in den Bauzeittabellen vorgesehen werden.
4. Starre Randbedingungen, wie Verkehrssperren oder Betriebssperren von öffentlichen Verkehrsmitteln, geben ein unverschiebbares Bauende vor. Das bedeutet, dass der Einhaltung des Bauendes im Zuge der Ausschreibungsvorbereitung ein noch höherer Stellenwert zukommt.
5. Aufgrund von Kampfmittel und archäologischen Hoffungsgebieten sollten in der Festzeit zwischen Baubeginn und Vortriebsbeginn entsprechende Stillliegezeiten eingeplant werden, um für etwaige Vorkommnisse eine vertragliche Regelung im Hinblick auf Bauzeit und Vergütung zur Verfügung zu haben.
6. Im Zuge der Ausführung kann es vorkommen, dass eventuelle Vortriebsunterbrechungen bzw. geänderte Umstände eine Änderung des kritischen Wegs bedingen. Im Bauzeitmodell ist darauf zu achten, dass solche Ereignisse abgebildet werden können (siehe Punkt 1).

Es wird deutlich, dass die innerstädtischen Besonderheiten vor allem die Erstellung, die Gliederung und die Verknüpfungen der Bauzeittabellen im Zuge der Ausschreibungsvorbereitung beeinflussen. Nur wenn in der Ausschreibung diese besonderen Ereignisse bzw. Umstände in den Bauzeittabellen, Erläuterungen zum Bauzeitmodell, Vertragsbestimmungen, etc. bereits vorgesehen wurden, stehen im Zuge der Ausführung spezifische, vertragliche Regelungen diesbezüglich zur Verfügung. Somit bestätigt sich, dass die Basis für den Projekterfolg in der Ausschreibungsvorbereitung gelegt wird.

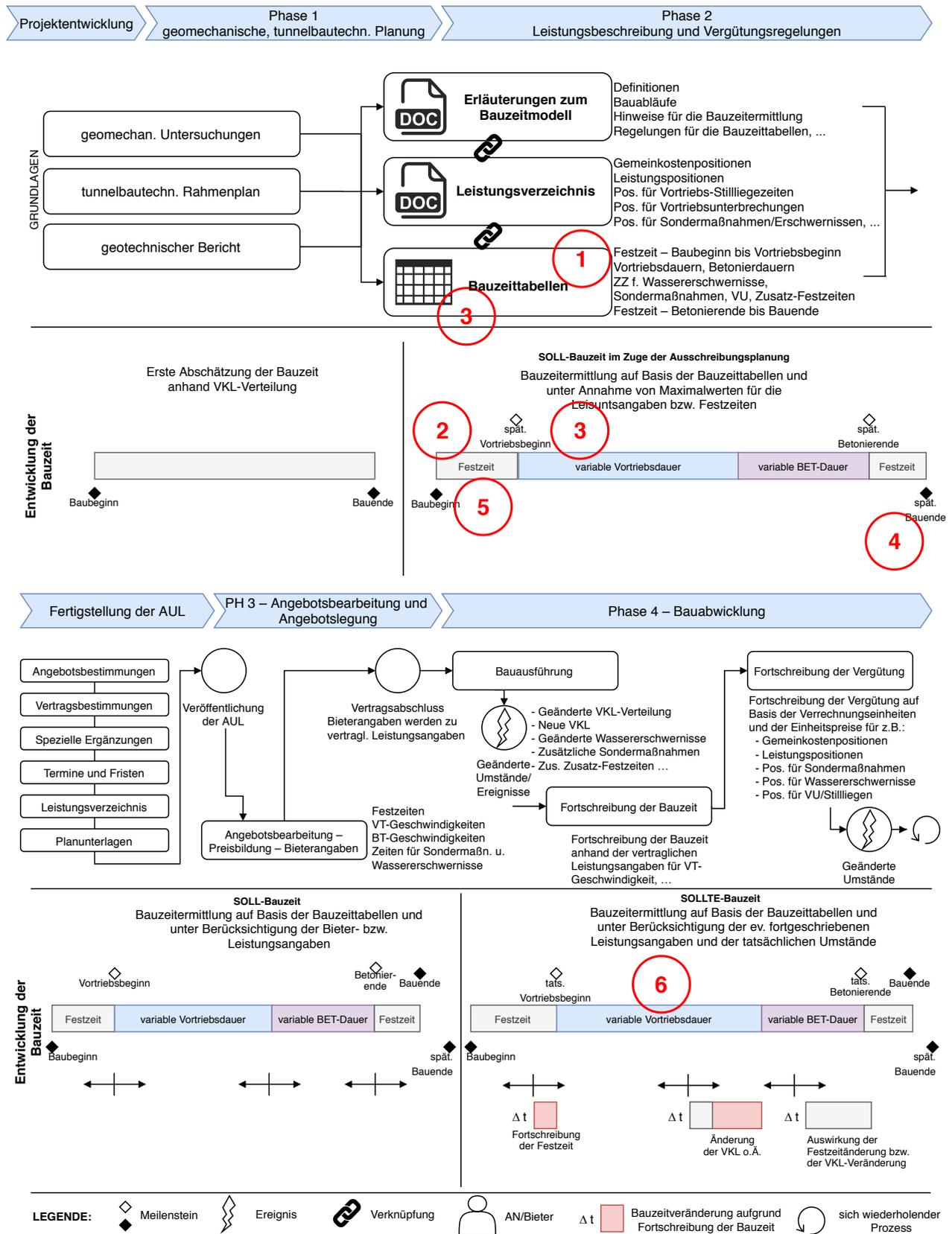


Abb. 5.6: Prozessdarstellung der Ausschreibung bzw. der Bauabwicklung i.V.m. einem FBVM inklusive Auswirkungen der innerstädtischen Besonderheiten

# Kapitel 6

## Fazit

In diesem Abschnitt werden die Erkenntnisse über ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell für den innerstädtischen Tunnelbau dargelegt. Dabei wird besonders auf die Besonderheiten in der Ausschreibung eingegangen und wie die innerstädtischen Rahmenbedingungen das flexible Bauzeit- und Vergütungsmodell beeinflussen. Im Anschluss erfolgt die Beantwortung der Forschungsfragen und ein Ausblick auf zukünftige Forschungsfelder wird abgegeben.

### 6.1 Erkenntnisse über ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell für den innerstädtischen Tunnelbau

Flexible Bauzeit- und Vergütungsmodelle weisen viele Besonderheiten in der Ausschreibung bzw. in den Ausschreibungsunterlagen auf. In den Ausschreibungsunterlagen stellen die Bauzeittabellen und die Erläuterungen zum Bauzeitmodell gemeinsam mit dem Leistungsverzeichnis den Kern bzw. das eigentliche flexible Bauzeit- und Vergütungsmodell dar. In den Bauzeittabellen sind für die einzelnen Vorgänge (Vorarbeiten für Schachtbauwerke, Schachtbauwerke, Vortriebsarbeiten, Betonierarbeiten, ...) einzelne Tabellenblätter vorgesehen, in denen die jeweilige Teilbauzeit errechnet wird. Teilbauzeiten stellen eine Unterteilung der Gesamtbauzeit dar. Zum Beispiel gibt es Teilbauzeiten für den Baubeginn bis zum Vortriebsbeginn, die Vortriebsdauer, die Betonierarbeiten und von Vortriebs- bzw. Betonierende bis Bauende. Die Teilbauzeiten werden je nach Verknüpfung im Bauzeitmodell zusammengezählt und errechnen die Gesamtbauzeit. Dabei sind einige Teilbauzeiten als Festzeiten und einige Teilbauzeiten als variable Zeiten deklariert. Festzeiten sind z.B. die Teilbauzeit zwischen Baubeginn und Vortriebsbeginn und die Teilbauzeit von Betonierende bis Bauende. Dahingegen sind die Vortriebsdauer bzw. die Betonierdauer als variable Zeiten anzusehen.

Die Erläuterungen zum Bauzeitmodell sind ein wesentlicher Bestandteil eines flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells. Dort wird detailliert beschrieben, welche Leistungen in den einzelnen Fristen zu erbringen sind und wie die Zeiten zu berechnen sind. Die Erläuterungen zum Bauzeitmodell stellen also die Beschreibung der Bauzeittabellen dar.

Die Bauzeittabellen sind mit den Positionen des Leistungsverzeichnisses eng verknüpft. Zum Beispiel sind die Vordersätze der Gemeinkostenpositionen mit den jeweiligen Zeiten der Bauzeittabellen verknüpft und eine Änderung der Bauzeit ergibt eine Änderung des Vordersatzes für die Gemeinkostenpositionen. Ähnlich ist es z.B. bei den Leistungspositionen für den Ausbruch. Ändert sich der Vordersatz einer Ausbruchposition, z.B. aufgrund einer Verschiebung der Vortriebsklassenverteilung, so ändert sich auch der Vordersatz im Bauzeitmodell. Dies hat wiederum Auswirkung auf die zur Verfügung stehende Bauzeit. Nachdem die Teilbauzeiten in den Bauzeittabellen mit den Gemeinkostenpositionen verknüpft sind, hat eine Änderung des Vordersatzes der Ausbruchpositionen eine entsprechende Änderung der Vordersätze der Gemeinkostenposition zur Folge.

Die bereits erläuterten Teilbauzeiten bzw. die Gesamtbauzeit errechnen sich erst nachdem der Bieter bestimmte Leistungsangaben z.B. für die Vortriebsgeschwindigkeit oder Betoniergeschwin-

digkeiten bzw. Herstelldauern für einzelne Sondermaßnahmen in die Bauzeittabellen einträgt. Das heißt, der Bieter bzw. Auftragnehmer entscheidet zu einem großen Teil selbst, wie schnell die Bauarbeiten vorangetrieben werden. Vom Auftraggeber werden für gewerkespezifische Leistungen keine Bauzeitvorgaben im Bauzeitmodell getroffen. Mit der Ausnahme, dass der Auftraggeber in den Bauzeittabellen Maximalwerte, die sich vor allem aufgrund der projektspezifischen Rahmenbedingungen ergeben, vorgibt. Es kann zusammengefasst werden, dass Bieterangaben bzw. Leistungsangaben eine der wesentlichsten Rolle in der Bauzeitermittlung sind. Vom Auftraggeber ist im Zuge der Ausschreibungsvorbereitung besonders darauf zu achten, dass Bieterlücken für Leistungsangaben für alle baubetrieblichen Besonderheiten im Tunnelbau vorgesehen werden. Zum Beispiel sind Bieterlücken für verschiedene Zusatz-Festzeiten (Einarbeitungsdauer nach einer Vortriebsunterbrechung, Mobilisierungszeit der Vortriebsmannschaft nach einem Stillliegen bzw. einer Vortriebsunterbrechung, Zusatz-Festzeit für das Einfahren in eine Stationsröhre, Umrüsten der TVM, Wechselzeit zwischen Regelvortrieb und Sondermaßnahme, etc.) vorzusehen.

Im Hinblick auf die Besonderheiten eines flexiblen Bauzeitmodells für innerstädtische Tunnelbauprojekte wird festgestellt, dass die Grundsystematik von den innerstädtischen Randbedingungen nicht beeinflusst wird. Jedoch ergeben sich auf Basis verschiedener Besonderheiten des innerstädtischen Tunnelbaus spezifische Eigenheiten des flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells. Allen voran steht die erhöhte Anzahl an Abhängigkeiten und Verknüpfungen der einzelnen Vorgänge bzw. Teilbauzeiten. Diese Verknüpfungen und Abhängigkeiten werden erforderlich, damit die komplexen Bauabläufe dementsprechend in den Bauzeittabellen abgebildet werden können. Der Grund für die komplexen Bauabläufe ist, dass im innerstädtischen Tunnelbau die Möglichkeit besteht, mehrere, zeitlich parallele Tunnelvortriebe aufzufahren und ein Wechselbetrieb zwischen Regelvortrieb und dem Durchführen von Sondermaßnahmen möglich ist. Die verschiedenen, zeitlich parallelen Tunnelvortriebe haben zur Folge, dass sich der kritische Weg für die Bauzeitermittlung auf vielen verschiedenen Wegen ergeben kann und dies mittels Abhängigkeiten und Verknüpfungen im Bauzeit- und Vergütungsmodell abgebildet werden muss.

Abschließend kann zusammengefasst werden, dass die großen Besonderheiten eines flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodell in der Bauzeitermittlung, den Bieterlücken bzw. Bieterangaben und der Verknüpfung zwischen den Bauzeiten und Vordersätzen im Leistungsverzeichnis bestehen. Bei der Ausschreibungsvorbereitung für eine Ausschreibung i.V.m. einem flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodell ist besonders darauf zu achten, dass alle möglichen und erforderlichen Bauabläufe im Bauzeitmodell abgebildet sind bzw. in späterer Folge abgebildet werden können. Besonders bei innerstädtischen Tunnelbauprojekten ist eine diesbezügliche umfangreiche Betrachtung von Bedeutung, wobei anzumerken ist, dass in keinster Weise alle Möglichkeiten und Varianten des Bauablaufs im Bauzeitmodell im Vorhinein abgebildet werden können.

## 6.2 Beantwortung der Forschungsfragen

Im Anschluss werden die in Kap. 1.2 gestellten Forschungsfragen, welche im Rahmen dieser Diplomarbeit beleuchtet werden, beantwortet:

### 1. Was sind die Grundlagen eines flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells im Tunnelbau in Österreich?

Die Grundlage eines flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells stellen die Verfahrens- und Vertragsbestimmungen der ÖNORMen B 2203-1/2 dar. In den Verfahrensbestimmungen wird geregelt, welche Gemeinkostenpositionen und Leistungspositionen im Leistungsverzeichnis vorgesehen werden müssen und wie diese zu gestalten sind. Diese Festlegungen wirken sich insofern auf die Bauzeittabellen aus, da sie vorgeben, für welche Positionen des Leistungsverzeichnisses

Verknüpfungen mit dem Bauzeitmodell zu berücksichtigen sind und ob diese Positionen bzw. Zeiten als variabel oder fest anzusehen sind. Hinzu kommt, dass in den Verfahrensbestimmungen beschrieben wird, wie die Vortriebsklasseneinteilung zu erfolgen hat und wie diese zu strukturieren sind. Weiters werden in den Vertragsbestimmungen die wesentlichen Festlegungen bezüglich Fortschreibung der Bauzeit bzw. Vergütung getroffen. Dies bezieht sich insbesondere auf die Abrechnung der zeitgebundenen Kosten und Gerätekosten der Baustelle, Vortriebsunterbrechungen, Stillliegezeiten sowie auf die Leistungspositionen. Auf der anderen Seite sind in den ÖNORMen B 2203-1/2 keine Festlegungen bezüglich der Gestaltung von Bauzeittabellen bzw. der Erläuterungen zum Bauzeitmodell festgehalten. Nichtsdestotrotz stellen aus Sicht des Verfassers die ÖNORMen B2203-1/2 die Grundlage für ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell dar.

## **2. Welche Besonderheiten müssen für ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell in der Ausschreibung berücksichtigt werden?**

Die Ausschreibungsunterlagen Bauzeittabellen und die Erläuterungen zum Bauzeitmodell stellen die wesentliche Besonderheit für die Ausschreibung dar. In den Bauzeittabellen erfolgt die Ermittlung der Bauzeit. Es ist festzuhalten, dass die Bauzeit nicht vom AG im Zuge der Ausschreibungsvorbereitung ermittelt und für die Ausschreibung festgelegt wird, sondern die Bauzeit wird vom Bieter während der Angebotsbearbeitung ermittelt. Für die Ermittlung der Bauzeit stellen die Erläuterungen zum Bauzeitmodell die ergänzende Beschreibung dar, wie die Zeiten zu ermitteln sind und welche Leistungen in den Zeiten durchzuführen sind. Eine globale Bauzeitvorgabe des AG findet sich nur im Rahmenterminplan des AG. Dort sind pönalisierte Start-, Zwischen- und Endtermine, die aufgrund der projektspezifischen Randbedingungen einzuhalten sind, angegeben.

Die größte Besonderheit in der Ausschreibung ist somit, dass der Bieter im Zuge der Angebotsbearbeitung die Bauzeit eigenständig mithilfe der Bauzeittabellen und den Erläuterungen zum Bauzeitmodell ermittelt. Dies wird ermöglicht durch die Bieterlücken, die in der Ausschreibung vorgesehen sind. Vom Auftraggeber werden in den Bauzeittabellen Bieterlücken z.B. für die Vortriebsgeschwindigkeit, die Betoniergeschwindigkeit, für Festzeiten, für Zusatzzeiten aufgrund von Wassererschwernissen usw. vorgesehen. Im Zuge der Angebotsbearbeitung gibt nun der Bieter Leistungsangaben für die eben genannten Leistungen an. Erst auf Basis der Leistungsangaben des Bieters wird die Bauzeit in den Bauzeittabellen errechnet und in weiterer Folge die Vordersätze für die Gemeinkostenpositionen im Leistungsverzeichnis.

## **3. Wie muss die Ermittlung der Bauzeit für ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell erfolgen?**

Die Ermittlung der Bauzeit erfolgt anhand der in den Ausschreibungsunterlagen enthaltenen Bauzeittabellen. Diese erarbeitet der Auftraggeber im Zuge der Ausschreibungsvorbereitung und die Bieterlücken werden vom Bieter während der Angebotsbearbeitung ausgefüllt. In den Bauzeittabellen sind einzelne Tabellenblätter für die Gesamtbauzeit, Festzeiten, Vortriebsdauer, Betonierdauer, Zusatzzeiten für Wassererschwernisse, Zusatzzeiten für Zusatz-Festzeiten und Zusatzzeiten für Zusatz- und Sondermaßnahmen sowie für Spezialtiefbaumaßnahmen enthalten. In den einzelnen Tabellenblätter sind teilweise Festzeiten vorgesehen. Diese sind entweder vom AG festgelegt oder vom Bieter muss ein pauschaler Zeitraum für die Festzeit angegeben werden (Bieterangabe). Hier ist festzuhalten, dass z.B. die Festzeit für Baubeginn bis Vortriebsbeginn in weitere Bauphasen zu untergliedern ist, um den komplexen Bauablauf, aufgrund der innerstädtischen Randbedingungen, entsprechend darstellen zu können. Anders ist es bei Vorgängen, bei denen variable Ansätze zugrunde liegen. Dabei sind die Mengen/Vordersätze vom AG vorgeschrieben und der Bieter gibt im Rahmen einer Bieterlücke eine Leistungsangabe an. Die Bauzeit errechnet sich somit anhand der pauschalen Zeitangaben für Festzeiten und anhand der

Leistungsangaben für die variablen Zeiten. Wie bereits erwähnt, gibt es mehrere Tabellenblätter. Hierbei ist zu sagen, dass die Bauzeitermittlung vom Kleinen ins Große vorgenommen wird. Das heißt, dass die Zusatzzeiten für Wassererschwernisse, Zusatz-Festzeiten, Zusatz- und Sondermaßnahmen mit der reinen Vortriebsdauer und mit den Zeiten für Vortriebsunterbrechungen addiert werden. Dies ergibt die Vortriebsdauer netto. Zu dieser Vortriebsdauer netto kommen die Zeiten für Vortriebsstillliegen >168h und die Stillliegezeiten-Abgang. Dies ergibt die Vortriebsdauer brutto. Im nächsten Schritt werden die Betonierdauern, und die Festzeiten für Baubeginn bis Vortriebsbeginn bzw. Vortriebs- bzw. Betonierende bis Bauende hinzugezählt. Dies ergibt die Gesamtbauzeit.

Es wird zusammengefasst, dass die Bauzeitermittlung sehr detailliert aufgegliedert wird. Zum Beispiel werden für die Zusatzzeiten für Zusatz- und Sondermaßnahmen die Herstell dauern für Selbstbohranker (z.B. 15 min/EH) abgefragt. Diese sehr detaillierten Bauzeitangaben werden mit weiteren Bauzeitangaben (Zusatzzeiten für Wassererschwernisse) addiert und in weiterer Folge ergeben all diese Bauzeitangaben die Vortriebsdauer bzw. die Gesamtbauzeit.

Zusätzlich ist anzumerken, dass die ermittelte Bauzeit auf Basis der Bauzeittabellen der jeweiligen Bieter zum Vergleich der Angebote herangezogen wird. Das heißt, dass die Bauzeitermittlung im Zuge der Angebotserstellung seitens des Bieters besondere Aufmerksamkeit erfahren soll. Insbesondere weil die Bauzeit je nach den spezifischen Angebotsbestimmungen als Zuschlagskriterium herangezogen wird. Dadurch besteht für den Bieter eine hohe Motivation eine möglichst kurze Bauzeit anzubieten. Jedoch muss bei der Bauzeitermittlung dem Bieter bewusst sein, dass die Leistungs- und Bieterangaben, die der Bauzeitermittlung zugrunde liegen, in weiterer Folge – bei erteiltem Zuschlag – Vertragsbestandteil werden und bei eventuellen Fortschreibungen der Preise oder Bauzeiten diese als Basis herangezogen werden. Auf der Seite des AG muss bereits während der Ausschreibungsvorbereitung sichergestellt werden, dass die Bauzeitermittlung in den Ausschreibungsunterlagen eine Vergleichbarkeit der gelegten Angebote garantiert. In weiterer Folge ist vom AG auch bei der Angebotsprüfung besonders auf die Bauzeitermittlung der einzelnen Bieter Acht zu geben und detailliert zu prüfen. Insbesondere ist hier zu prüfen, ob die Angaben und Festlegungen der Erläuterungen zum Bauzeitmodell bei der Ermittlung der Bauzeit eingehalten wurden. Darüber hinaus ist anzudenken, eine Sensitivitätsanalyse der Bauzeit durchzuführen, indem die wesentlichen Positionen, die mit der Bauzeitermittlung verknüpft sind, erhöht bzw. abgemindert werden und die Auswirkungen auf die Bauzeit analysiert wird.

#### **4. Welche Besonderheiten weist ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell für innerstädtische Tunnelbauprojekte auf?**

Die Grundsystematik eines flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells für innerstädtische Tunnelbauprojekte wird aufgrund der innerstädtischen Besonderheiten nicht verändert. Jedoch bewirken die Besonderheiten des innerstädtischen Tunnelbaus eine höhere Komplexität des Bauzeit- und Vergütungsmodells. Nachdem im innerstädtischen Tunnelbau die Möglichkeit besteht, dass mehrere Tunnelvortriebe zeitlich parallel vorgetrieben werden können, ergibt sich das Erfordernis, dass dies in den Bauzeittabellen abgebildet werden muss. Es kommt hinzu, dass die Möglichkeit für Wechselvortriebe zwischen Regelvortrieb und Durchführung von Sondermaßnahmen im innerstädtischen Bereich besteht. Dabei wird die Vortriebsmannschaft für den Regelvortrieb abgezogen, wenn es zu einer Sondermaßnahme kommt und eine spezialisierte Mannschaft stellt die Sondermaßnahme her. Inzwischen wird die Vortriebsmannschaft bei einem anderen Vortrieb eingesetzt (Wechselbetrieb). Dieser Ablauf ist nun in den Bauzeittabellen entsprechend abzubilden. Die Abbildung des komplexen Bauablaufs in den Bauzeittabellen erfordert viele Verknüpfungen und Abhängigkeiten und ergibt in weiterer Folge ein komplexes Bauzeit- und Vergütungsmodell.

Zusätzlich zu den vielen Abhängigkeiten und Verknüpfungen aufgrund der Besonderheiten des innerstädtischen Tunnelvortriebs müssen die Festzeiten besonders detailliert beschrieben

werden. Es ist vor allem der Zeitraum zwischen Baubeginn und Vortriebsbeginn besonders detailliert zu beschreiben bzw. zu untergliedern. Die Baubereiche an der Oberfläche sind im innerstädtischen Bereich begrenzt und vorwiegend von geringem Ausmaß. Hinzu kommt, dass Baustelleneinrichtungs- bzw. Dispositions- und Logistikflächen nur in begrenztem Ausmaß zur Verfügung stehen. Darüber hinaus werden die Schachtbauwerke, deren Herstellungsdauer in der Festzeit Baubeginn bis Vortriebsbeginn enthalten ist, meist zwischen bestehenden Strukturen hergestellt und die Bauabläufe sind besonders kritisch anzusehen. All das sind Gründe dafür, die Festzeit in einzelne Bauphasen mit geänderten Baustelleneinrichtungsflächen und adaptierten Sicherheitskonzepten zu unterteilen. Diese Betrachtung muss zwingend vom Auftraggeber im Zuge der Ausschreibungsvorbereitung durchgeführt werden.

### 6.3 Ausblick

In diesem Abschnitt erfolgt ein Ausblick auf zukünftige Forschungsfelder in Bezug auf flexible Bauzeit- und Vergütungsmodelle. Aus Sicht des Verfassers ergeben sich anhand der Erkenntnisse der vorliegenden Diplomarbeit die folgenden, weiterführenden Fragestellungen:

- Erläuterungen zum Bauzeitmodell – Die Ausschreibungsunterlage Erläuterungen zum Bauzeitmodell stellt u.a. den Kern des flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells dar. Daher ist es von großem Interesse, wie ein solches Dokument aufgebaut sein muss, welche Leistungen dort beschrieben werden, welche Zeiten dort beschrieben sind, wie diese Zeiten und Leistungen beschrieben werden, wie sich das Zusammenspiel zwischen allgemeinen, besonderen und technischen Vertragsbestimmungen und den Erläuterungen zum Bauzeitmodell gestaltet und welche Verknüpfungen zu anderen Ausschreibungsunterlagen in den Erläuterungen zum Bauzeitmodell erforderlich bzw. nicht erforderlich sind.
- Anwendung auf andere Gebiete – Kann die Systematik des flexiblen Bauzeit- und Vergütungsmodells auch auf andere Bauverfahren angewandt werden? Damit ist gemeint, ob die Vorgehensweise mittels Bieterlücken, Leistungs- bzw. Zeitangaben für die Bauzeitermittlung auch auf andere Disziplinen des Bauwesens angewendet werden kann (z.B. für Spezialtiefbaumaßnahmen, Rohrleitungsbau, etc.).
- Digitale Prozessdaten in der Ausführung i.V.m. einem FBVM – Welche digitalen Prozessdaten, die im Zuge der Ausführung generiert werden, können für ein flexibles Bauzeit- und Vergütungsmodell genutzt werden? Wie können diese für AG und AN gleichermaßen ersichtlich gemacht werden, damit bei der Fortschreibung des FBVM allen Vertragspartner dieselbe Datengrundlage zur Verfügung steht.

# Literaturverzeichnis

- [1] D. Adam. *Studienblätter zu der Vorlesung Fels- und Tunnelbau - 3. Tunnelbau im Festgestein und Lockergestein*. Technische Universität Wien – Institut für Geotechnik – Forschungsbereich Grundbau, Boden- und Felsmechanik, 2017. 218 S.
- [2] Bundestanstalt für Straßenwesen (Hrsg.) *Leitfaden für die Behandlung von zeitgebundenen Kosten (ZGK) im Tunnelbau*. Forschungsber. Bergisch Gladbach: Bundestanstalt für Straßenwesen, 2017. 45 S.
- [3] A. Butovic, P. Sourek und V. Horak. „Innerstaedtsche Tunnel in der Tschechischen Republik“. In: *Geomechanics and Tunnelling* 6 (2 2013), S. 113–124.
- [4] B. Chylik. „Vergleich nationaler und internationaler Vertrags- und Vergütungsmodelle im maschinellen Tunnelvortrieb“. Diplomarbeit. Technische Universität Wien – IBPM, 2018.
- [5] Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e.V. *Diskussionspapier zur Erarbeitung konfliktarmer Bauvertraege im Tunnelbau*. Forschungsber. Koeln: Deutscher Ausschus für unterirdisches Bauen e.V.(DAUB), 2014. 173 S.
- [6] G. Girmscheid. *Bauprozesse und Bauverfahren des Tunnelbaus*. 3. Auflage. Berlin: Wilhelm Ernst & Sohn, Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, 2013. ISBN: 978-3-433-03047-9.
- [7] G. Goger. *Studienblätter zur Vorlesung Bauverfahren im Tunnel- und Hohlrumbaue*. Technische Universität Wien – Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement – Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik, 2017. 313 S.
- [8] A. Kropik. *Bauvertrags- und Nachtragsmanagement*. 1. Auflage. A-2380 Perchtoldsdorf: Univ.-Prof. DI Dr. Andreas Kropik, 2014. ISBN: 978-3-200-03502-7.
- [9] L. Mueller. „Grundgedanken und Grundsätze der Neuen Österreichischen Tunnelbauweise“. In: *Felsmechanik Kolloquium Karlsruhe* (1978), S. 247–262.
- [10] C. Nebois und I. Gartner. „U Bahn Wien, Station Neubaugasse – Vorarbeiten und Herausforderungen an der Oberfläche“. In: *Geomechanics and Tunnelling* 12 (5 2019), S. 417–425.
- [11] W. Oberndorfer. *Organisation und Kostencontrolling von Bauprojekten: Bauherrenaufgabe, Kostenplanung und Kostenverfolgung und Risikomanagement*. 2. Auflage. A-3021 Pressbaum: o. Univ.-Prof. i.R. DI Dr. Wolfgang Oberndorfer, 2015. ISBN: 978-3-214-13092-3.
- [12] W. Oberndorfer und H. G. Jodl. *Handwoerterbuch der Bauwirtschaft*. 2. Auflage. A-3021 Pressbaum: Wolfgang Oberndorfer und Hans Georg Jodl, 2010. ISBN: 978-3-85402-219-0.
- [13] ÖNORM A 2050:2006 11 01. *Vergabe von Aufträgen über Leistungen – Ausschreibung, Angebot, Zuschlag – Verfahrensnorm*. Austrian Standards Institute. Wien.
- [14] ÖNORM A 2063:2015 07 15. *Austausch von Leistungsbeschreibungen-, Elementkatalogs-, Ausschreibungs-, Angebots-, Auftrags-, und Abrechnungsdaten in elektronischer Form*. Austrian Standards Institute. Wien.
- [15] ÖNORM B 2110:2013 03 15. *Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen – Werkvertragsnorm*. Austrian Standards Institute. Wien.

- [16] ÖNORM B 2203-1:2001 12 01. *Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 1: Zyklischer Vortrieb*. Austrian Standards Institute. Wien.
- [17] ÖNORM B 2203-2:2005 01 01. *Untertagebauarbeiten – Werkvertragsnorm – Teil 2: Kontinuierlicher Vortrieb*. Austrian Standards Institute. Wien.
- [18] Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr (FSV) (Hrsg.) *Standardisierte Leistungsbeschreibung Verkehr und Infrastruktur (LB-VI): 005*. Forschungsber. Wien: Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse-Schiene-Verkehr (FSV), 2018. 2912 S.
- [19] Österreichische Gesellschaft für Geomechanik. *The Austrian Practice of NATM Tunneling Contracts*. Forschungsber. Österreichische Gesellschaft für Geomechanik, 2011. 42 S.
- [20] Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (Hrsg.) *Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit kontinuierlichem Vortrieb*. Forschungsber. Salzburg: Österreichische Gesellschaft für Geomechanik, 2013. 49 S.
- [21] Österreichische Gesellschaft für Geomechanik (Hrsg.) *Richtlinie für die geotechnische Planung von Untertagebauten mit zyklischem Vortrieb*. Forschungsber. Salzburg: Österreichische Gesellschaft für Geomechanik, 2008. 42 S.
- [22] W. Schlosser. *Vortriebsklassifizierung im konventionellen Tunnelbau – Weiterentwicklung eines leistungsgerechten Vergütungsmodells*. Dissertation. 2005.
- [23] Wiener Linien GmbH u Co KG (Hrsg.) *Ausschreibungsunterlagen der Wiener Linien*. Forschungsber. Wiener Linien GmbH u Co KG, 2019.
- [24] Wiener Linien GmbH u Co KG (Hrsg.) *Standardisierte Leistungsbeschreibung LB U-Bahn-Bau*. Forschungsber. Wien: Wiener Linien GmbH u Co KG, 2018. 768 S.



Die approbierte gedruckte Originalversion dieser Diplomarbeit ist an der TU Wien Bibliothek verfügbar.  
The approved original version of this thesis is available in print at TU Wien Bibliothek.